

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Primož FRUMEN

TEHNOLOŠKA PRENOVA LAKIRNICE V LESNEM PODJETJU
DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**TECHNOLOGICAL RENOVATION OF PAINT SHOP IN WOOD
COMPANY**
GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na katedri za žagarstvo in lesna tvoriva Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in v podjetju Liko Vrhnika d.d.

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

Mentor: doc. dr. Milana Šernek

Recenzent: prof. dr. Marko Petrič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Primož Frumen

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 630*829.17
KG	lakirnica/lakiranje/vodni premazi/UV/uredba HOS
AV	FRUMEN, Primož
SA	ŠERNEK, Milan (mentor)/ PETRIČ, Marko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2007
IN	TEHNOLOŠKA PRENOVA LAKIRNICE V LESNEM PODJETJU
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XIV, 105 str., 18 pregl., 50 sl., 7 pril., 124 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Uredba HOS zahteva zmanjšanje emisij hlapnih organskih snovi (HOS), ki nastajajo pri industrijskih dejavnostih. Za doseganje predpisanih vrednosti emisij je potreben prehod na površinske premaze z manjšo vsebnostjo hlapnih organskih snovi. Za doseganje mejnih vrednosti so na voljo: vodni premazi, UV utrjujoči premazi, premazi z visokim deležem suhe snovi, itd. Zamenjava premaza pa privede tudi do potrebe po prilagoditvi opreme ali celo do potrebe po novi. V podjetju Liko Vrhnika d.d., PE Borles smo poizkušali najti najustreznejšo rešitev za zmanjšanje emisij HOS. Ker površinsko obdelujejo že sestavljene stole, je bilo treba za doseganje želene kapacitete proučiti tudi uporabo najnovejše tehnologije. Primerjali smo premaze, ki ustrezajo uredbi HOS, in izbrali najprimernejšega. Predstavili smo tudi opremo, ki je sedaj na voljo za najbolj učinkovito nanašanje premazov, kvalitetno in hitro brušenje laka in hitrejšo sušenje premazov. Glede na prednosti in preizkušnost tehnologije v praksi smo izbrali tudi najprimernejšo opremo za površinsko obdelavo in narisali postavitev take linije. Primerjali smo postavljene in dosežene zahteve. Glede na nedoseganje vseh zastavljenih ciljev smo proučili še uporabo manj preizkušene tehnologije, s katero bi izpolnili skoraj vse zahteve in tudi zanjo narisali načrt postavitve.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 630*829.17
CX paint shop/surface finishing/water-borne coatings/UV/ VOC Decree
AU FRUMEN, Primož
AA ŠERNEK, Milan (supervisor)/ PETRIČ, Marko (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2007
TI TECHNOLOGICAL RENOVATION OF PAINT SHOP IN WOOD COMPANY
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XIV, 105 p., 18 tab., 50 fig., 7 ann., 124 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The VOC Decree (EU VOC Directive) demands reduction of emissions of volatile organic compounds (VOC) from industrial activities. To achieve the VOC emissions under the threshold limit values it is necessary to use coatings with less volatile organic compounds. To decrease emissions under the limit values we can use: water-borne coatings, UV coatings, high solid coatings, etc. Switching to new coatings leads us to accommodation of existing equipment or even to need for new equipment. We tried to find the most suitable solutions to reduce VOC emissions in Liko Vrhnika Company, Borles. Because they paint already composed chairs, we had to study application of latest technology to reach the desired capacity. We first compared coatings complying with the VOC Decree, and then we chose the most suitable one. We also presented the available equipment for coating with a higher transfer efficiency, the best quality and fast sanding, and faster coat drying/curing. Regarding the benefits and establishment of a technology in praxis, we chose the most suitable equipment and drew the finishing installation. We compared the demanded properties with the achieved characteristics of the installation. Because all of the expected goals were not achieved, also the less established technology had to be studied to reach all the expectations. The finishing installation using this technology was drawn as well.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	IX
Kazalo prilog	XII
Okrajšave in simboli	XIII
Slovarček	XIV
1 UVOD	1
2 OPREDELITEV PROBLEMA	2
2.1 PREDSTAVITEV UREDBE HOS	2
2.1.1 Splošne določbe	2
2.1.2 Izpolnjevanje zahtev glede emisij	4
2.1.3 Načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin	6
2.1.4 Vrednotenje parametrov emisije	7
2.1.5 Meritve emisij hlapnih organskih spojin in poročanje	8
2.2 PREDSTAVITEV PODJETJA LIKO VRHNIKA D.D.	9
2.2.1 Predstavitev poslovne enote Borles	13
2.2.1.1 Lakirnica in lakiranje v Borlesu	15
3 DOSEDANJA RAZISKOVANJA	17
3.1 MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE EMISIJ HOS	17
3.1.1 Izboljšanje notranje organizacije	17
3.1.2 Uporaba premazov z visokim deležem suhe snovi	18
3.1.3 Prehod na premaze z drugačnimi topili	19
3.1.4 Uporaba tehnik nanašanja z višjim izkoristkom nanosa	19

3.1.5	Zbiranje in ponovna uporabo overspray-a	20
3.1.6	Regeneracija topil	21
3.1.7	Čiščenje ali sežiganje zajetih plinov	22
3.2	PRIMERI ZMANJŠEVNJA EMISIJE HOS V DRUGIH PODJETJIH	22
3.2.1	Posodobitev lakirnice v podjetju Pennsylvania House	22
3.2.2	Posodobitev lakirnice v podjetju Shafer Commercial Seating	23
3.2.3	Posodobitev lakirnice v podjetju Lowenstein	24
4	MATERIALI IN METODE	28
4.1	POTEK DELA	28
4.2	ZAHTEVE IN ŽELJE PRI POSTAVITVI NOVE LINIJE	29
4.3	PREGLED POTENCIALNO UPORABNIH PREMAZOV	30
4.3.1	Pregled potencialno uporabnih lužil	30
4.3.1.1	Vodna lužila	30
4.3.1.2	Kombinacijska lužila	32
4.3.1.3	UV utrjujoča lužila	33
4.3.2	Pregled potencialno uporabnih lakov	34
4.3.2.1	Vodni laki	36
4.3.2.1.1	Enokomponentni vodni laki	37
4.3.2.1.2	Vodni UV laki	37
4.3.2.2	UV laki	39
4.3.2.3	Laki z visokim deležem suhe snovi (high solid)	40
4.4	PREGLED POTENCIALNO UPORABNE OPREME	41
4.4.1	Možni pristopi pri površinski obdelavi stolov	41
4.4.2	Nanašanje premaza	43
4.4.2.1	Oblivanje	43
4.4.2.2	LVP (low volume low pressure) brizganje	44
4.4.2.3	Vroče in toplo brizganje	45
4.4.2.4	Elektrostatsko brizganje	47
4.4.2.5	Elektrostatsko brizganje vodnih premazov	47

4.4.2.5.1	Izolacija celotnega sistema	48
4.4.2.5.2	Posredno elektrostatsko nabijanje premaza	49
4.4.2.5.3	Izolacija manjšega dela nanašalnega sistema	49
4.4.2.5.4	Popolnoma izoliran sistem	52
4.4.2.6	Lakiranje z lakirnimi roboti	53
4.4.3	Zbiranje in ponovna uporaba overspraya	54
4.4.4	Lakirne kabine in lakirne komore	56
4.4.5	Brušenje temeljnega laka	58
4.4.5.1	Brušenje v bobnu	58
4.4.5.2	Brušenje z robotom	59
4.4.5.3	Brušenje z ročnimi brusilniki	60
4.4.6	Odstranjevanje prahu	61
4.4.7	Sušenje in utrjevanje premaza	64
4.4.7.1	IR sušilni tuneli	64
4.4.7.2	Mikrovalovno sušenje	66
4.4.7.3	Visokofrekvenčno (VF) sušenje	67
4.4.7.4	Kondenzacijsko in adsorpcijsko sušenje	69
4.4.7.5	UV utrjevanje	71
4.4.7.5.1	UV utrjevanje v inertni atmosferi	71
4.4.7.6	Toplozračni sušilni tuneli	76
5	REZULTATI	78
5.1	IZBRANI LAK	78
5.2	IZBRANA TEHNOLOGIJA	79
5.3	PREGLED DOSEŽENIH ZAHTEV	87
6	RAZPRAVA IN SKLEPI	88
7	POVZETEK	90
8	VIRI	92
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Mejne koncentracije hlapnih organskih spojin za zajete očiščene odpadne pline.	5
Preglednica 2: Mejne količine nezajetih emisij.	5
Preglednica 3: Podatki za Liko d.d. iz seznama zavezancev po uredbi HOS.	7
Preglednica 4: Predvidena količin izdelkov glede na površinsko obdelavo v naslednjih letih.	15
Preglednica 5: Lastnosti ponujenih lakov.	79
Preglednica 6: Primerjava naprav za odstranjevanje prahu.	80
Preglednica 7: Tehnični podatki za 30 cm "zračni nož" proizvajalca Ingersol Rand.	81
Preglednica 8: Tehnični podatki za izbrani lakirni kabini.	82
Preglednica 9: Primerjava elektrostatskih brizgalnih pištol.	82
Preglednica 10: Tehnični podatki za Graco-tovo brizgalno enoto WB 100.	83
Preglednica 11: Tehnični podatki za Wagner-jev izolacijski sistem Aquacoat.	84
Preglednica 12: Tehnični podatki za Wagner-jevo kontrolno enoto VM 2900W.	84
Preglednica 13: Tehnični podatki za Wagner-jevo brizgalno pištolo (Wagner, 2007).	85
Preglednica 14: Tehnični podatki za Wagner-jevo dvojno membransko črpalko Cobra 40-10.	85
Preglednica 15: Tehnični podatki za Wagner-jev grelec.	85
Preglednica 16: Primerjava različnih načinov sušenja.	86
Preglednica 17: Primerjava različnih načinov brušenja.	86
Preglednica 18: Tehnični podatki za Fladderjev ročni brusilni stroj s krtačo.	86

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Lokaciji podjetja Liko Vrhnika d.d. označena s pravokotnikom.	10
Slika 2: Proizvodni in skladiščni prostori ter upravna stavba podjetja Liko Vrhnika d.d. na Verdu.	10
Slika 3: Proizvodni in skladiščni prostori podjetja Liko Vrhnika d.d. v Borovnici.	11
Slika 4: Organigram podjetja Liko Vrhnika d.d.	11
Slika 5: Organigram poslovne enote Pohišstvo Verd.	12
Slika 6: Organigram poslovne enote Borles.	13
Slika 7: Proizvodna hala poslovne enote Borles v merilu 1:723.	14
Slika 8: Z UV lužili obdelani elementi.	34
Slika 9: Onesnaževanje okolja pri različnih vrstah lakov pri površinski obdelavi vratnih kril.	37
Slika 10: Brizgalni avtomat za nanos UV lakov s 100 % suhe snovi.	42
Slika 11: Podtlačna komora za oblivanje in UV sušilnik.	42
Slika 12: Oblivalni in odcejevalni del oblivanega tunela.	44
Slika 13: Anest Iwatina High T.E.C. brizgalna pištola.	45
Slika 14: Wagner-jev komplet za vroče brizganje.	46
Slika 15: Celotno izoliran sistem.	48
Slika 16: Elektrostatska pištola s posrednim elektrostatskim nabijanjem.	49
Slika 17: Delovanje Nordsonovega Iso flo voltage blocka.	50
Slika 18: Nordsonov Voltage block in ITW Ransburgov Aqua block.	51

Slika 19: Wagner-jev in Graco-tov popolnoma izoliran sistem.	52
Slika 20: Lakirni robot Motoman robotec-PX1450.	54
Slika 21: Shema delovanja Coolac sistema.	55
Slika 22: Coolac in Paint in paint lakirna kabina za obdelavo prostorskih izdelkov.	55
Slika 23: Primerjava investicijskih in obratovalnih stroškov lakirnih kabin.	56
Slika 24: Lakirna komora.	57
Slika 25: Ionizatorji in prikaz njihovega delovanja.	57
Slika 26: Stroj za avtomatizirano brušenje v bobnu.	58
Slika 27: Brušenje stola z robotom.	59
Slika 28: Primerjava površin, brušenih z običajnimi brusilnimi stroji in z brusilno gladilnimi valji.	60
Slika 29: Fladder-jev in Qiuckwood-ov ročni brusilnik z brusilno krtačo.	61
Slika 30: Ionizacijski napravi za čiščenje prostorskih izdelkov.	62
Slika 31: Sesalna in izpihovalno sesalna pištola.	62
Slika 32: "Zračni nož", sistem za vpetje in ena bolj razširjenih uporab.	63
Slika 33: Brusilna miza s filtri in s priključkom na odsesovalni sistem.	63
Slika 34: Spekter elektromagnetnih valovanj.	64
Slika 35: Emisijske temperature in dolžine različnih IR sevalnikov in slike različnih IR žarnic.	65
Slika 36: Zunanost in notranost katalitskega IR tunela ter tunel s halogenskimi IR žarnicami.	65
Slika 37: Primerjava idealne sušilne krivulje in krivulja sušenja z MOS.	66

Slika 38: Verzije MOS sušilnikov za stole: osnovna, z visečim transporterjem ter laboratorijska.	67
Slika 39: Prikaz kombiniranega sušenja VF + toplozračno.	68
Slika 40: Kondenzacijski sušilni tunel, kondenzacijski agregat in shema delovanja.	69
Slika 41: Shema delovanja adsorpcijskega sušilnika in slika adsorpcijske enote.	70
Slika 42: UV tunel za manjše predmete in UV utrjevanje z robotom.	71
Slika 43: Vpliv koncentracije kisika, atmosfere, temperature, koncentracije iniciatorja, debeline filma, viskoznosti in temperature na UV utrjevanje.	72
Slika 44: Vpliv UV spektra in moči UV žarnic na UV utrjevanje.	73
Slika 45: Prototip kanala za UV utrjevanje v inertni atmosferi.	73
Slika 46: Rippertova linija za utrjevanje UV vodnih lakov v inertni atmosferi.	74
Slika 47: "Uvitec" med obratovanjem.	74
Slika 48: Potrebna oprema za utrjevanje vodnih UV lakov v inertni atmosferi z "Uvitec"-om.	75
Slika 49: Načrt rezervoarja in potrebne opreme za dovod inertnega plina.	76
Slika 50: Shema tehnološkega postopka površinske obdelave stolov, omaric in postelj.	80

KAZALO PRILOG

Priloga A: Slike predstavnikov proizvodnjega programa.

Priloga B: Izhodiščni podatki.

Priloga C: Potrebno število lakirnih kabin in delavcev za brizganje.

Priloga D: Minimalna velikost lakirne in brusilne komore.

Priloga E: Dolžine sušilnih kanalov.

Priloga F: Načrt izbrane linije.

Priloga G: Načrt najprimernejše linije.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

kolo. - kolonialni

kol - količina

UV - ultravijolično

IR - infrardeče

VF - visokofrekvenčno

MOS – (**M**icro **O**nde **S**elezionate) selektivno mikrovalovno valovanje

min - minimalno

maks – maksimalno

SLOVARČEK

Analiza ekološke učinkovitosti: analiza, pri kateri se upošteva ekološki in ekonomski vpliv pri obdelavi nekega izdelka z različnimi materiali, ki imajo isto uporabnost.

Overspray: premaz, ki se pri brizganju odbije od površine izdelka oziroma se ne oprime izdelka.

Airmix: komercialno ime, ki se nanaša na kombinirano brezzračno / zračno brizganje in na opremo za ta postopek nanašanja (firma Kremlin).

Aircoat: komercialno ime, ki se nanaša na kombinirano brezzračno / zračno brizganje in na opremo za ta postopek nanašanja (firma Wagner).

IR sušilnik: sušilnik, ki suši z obsevanjem z infrardečimi žarki.

HVLP brizganje: brizganje z dovajanjem velike količine zraka pod majhnim tlakom.

UV laki: laki, ki utrjujejo pod vplivom UV svetlobe

UV sušilniki: sušilniki ki utrjujejo premaze s sevanjem UV svetlobe.

MOS sušilnik: Komercialno ime za sušilnik, ki suši s selektivnim mikrovalovnim sevanjem.

1 UVOD

Zaradi vedno večjih okoljevarstvenih zahtev in dokaj zastarele opreme v sedanji lakirnici, so bili v podjetju Liko Vrhnika d.d., prisiljeni razmišljati o posodobitvi lakirnice v poslovni enoti Borles.

Pri okoljevarstvenih zahtevah bo imela največji vpliv uredba HOS (Uredba o mejnih vrednostih emisij hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila), ki zahteva zmanjšanje emisij hlapnih organskih spojin v zrak.

Za delovanje lakirnice v okviru dovoljenih emisij bo potreben prehod na lake z večjo vsebnostjo suhe snovi oziroma zamenjava večjega dela hlapnih organskih topil z anorganskimi, kar pa bo povzročilo potrebo po novi opremi.

Posodobitev lakirnice bo potrebna tudi zaradi premajhne zmogljivosti sedanje lakirnice. Za zadostitev potreb kupcev mora lakirnica obratovati dvanajst ur na dan. S sodobnejšo opremo bi bil zopet možen osem urni delovnik. S tem bo pridobljen tudi zelo potreben dodaten odlagalni prostor, saj bo medfazno skladišče pred površinsko obdelavo manjše.

V sedanji lakirnici prihaja med sušenjem in utrjevanjem premazov ter prenašanjem izdelkov do večjega števila poškodb. S popolno ali delno avtomatizacijo transporta se bo zmanjšalo število poškodovanih obdelovancev, kar se bo odražalo v manjših stroških.

Za posodobitev lakirnice bo potrebno izvesti naslednje aktivnosti:

- zagotoviti zadosti prostora,
- napeljati dodatne inštalacije,
- odstraniti staro in postaviti novo opremo,
- izobraziti delavce ali zaposliti kakšnega delavca z višjo izobrazbo.

2 OPREDELITEV PROBLEMA

Cilj diplomske naloge je:

- najti najustržnejše lužilo in lak v skladu z zahtevami Uredbe HOS za površinsko obdelavo stolov, postelj in nočnih omaric,
- poiskati najustrezno tehnološko opremo,
- poiskati postopek površinske obdelave z najvišjo učinkovitostjo nanosa
- najti rešitev za zmanjšanje poškodb izdelkov med transportom in medfaznim skladiščenjem,
- zmanjšati medfazne zaloge in povečati kapaciteto lakirnice.

2.1 PREDSTAVITEV UREDBE HOS

Zadnjih nekaj let proizvajalci premazov usmerjajo razvoj v izdelavo premazov s čim manjšim deležem organskih topil. Proizvajalci opreme za nanos premazov stremijo k čim večji učinkovitosti postopka nanašanja, kjer pa tega ni možno zagotoviti, pa k čim učinkovitejši ponovni uporabi premaza, ki se pri brizganju ne oprime izdelka (v nadaljevanju ovespraya). Pri sušenju oz. utrjevanju premazov gre razvoj v smeri čim hitrejšega sušenja in utrjevanja ter čim manjše porabe energije. Ves ta razvoj je možno pripisati Direktivi sveta Evrope 1999/13/ES (*UL.l št. 85-0013/1999 z vsemi spremembami*) bolj poznano pod imenom VOC direktiva, ki je bila osnova za Uredbo HOS.

Trenutno veljavna Uredba HOS je iz leta 2005 (*Ur.l. RS št. 112-4927/2005*) s popravki iz Uredbe o spremembah in dopolnitvah uredbe HOS (*Ur.l. RS št. 37-1987/2007*). Zaradi obsežnosti Uredbe so predstavljeni samo deli Uredbe, ki so pomembni za površinsko obdelavo lesa.

2.1.1 Splošne določbe

Uredba HOS predpisuje za vse dejavnosti, kjer se uporabljajo hlapne organske spojine:

- mejne vrednosti koncentracij hlapnih organskih spojin v odpadnih plinih,
- mejne količine nezajetih in celotnih emisij hlapnih organskih spojin,
- mejne vrednosti koncentracij rakotvornih, mutagenih in za reprodukcijo strupenih hlapnih organskih spojin,
- merila za odobritev načrta zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin,
- vrednotenje emisije hlapnih organskih snovi in ugotavljanje čezmerne obremenitve,
- obseg obratovalnega monitoringa in
- posebne ukrepe v zvezi z zmanjšanjem tveganja za zdravje ljudi, ki ga povzročajo.

Določbe te Uredbe veljajo za obratovanje naprav, pri katerih je uporaba hlapnih organskih spojin večja od najmanjše letno dovoljene. Najmanjše letne dovoljene količine hlapnih organskih spojin za posamezne dejavnosti so objavljene v prilogi Uredbe. Ne glede na emisije hlapnih organskih spojin pa je potrebno prijaviti vsako napravo, ki uporablja hlapna organska topila. Uredba HOS ne velja pri uporabi organskih topil z vsebnostjo halogeniranih organskih spojin, če je ta večja ali enaka 1 % celotne mase organskih topil, saj le te obravnava druga uredba.

Za pravilno razumevanje uredbe HOS je potrebno poznati pomen naslednjih izrazov v uredbi HOS:

1. Hlapna organska spojina je katerikoli organska spojina s parnim tlakom večjim od 0,01 kPa pri temperaturi 293,15 K ali spojina z enako hlapnostjo pri določenih pogojih uporabe.
2. Organska spojina je vsaka spojina, ki vsebuje vsaj element ogljik in enega ali več naslednjih elementov: vodik, katerikoli halogen, kisik, žveplo, fosfor, silicij ali dušik, razen ogljikovih oksidov ter anorganskih karbonatov in bikarbonatov
3. Organsko topilo je katerakoli hlapna organska spojina, ki se uporablja sama ali skupaj z drugimi snovmi, ne da bi se pri tem kemijsko spremenila, za raztapljanje surovin, izdelkov ali odpadnih snovi ali se uporablja kot čistilno sredstvo za raztapljanje

nečistoč, kot sredstvo za raztapljanje, disperzni medij, sredstvo za uravnavanje viskoznosti ali površinske napetosti, plastifikator ali kot zaščitno sredstvo.

4. Emisija je kakršenkoli izpust hlapnih organskih spojin iz naprave v okolje;
5. Nezajete emisije so emisije hlapnih organskih spojin v zrak, tla ali vodo, ki niso zajete v odpadnih plinih, in če ni drugače določeno s to uredbo, tudi topila v katerih koli izdelkih. Med nezajete emisije so vključene tudi difuzne emisije, ki se izpuščajo v okolje skozi okna, vrata, zračnike in podobne odprtine.
6. Zaprti pogoji so pogoji, v katerih naprava deluje tako, da se hlapne organske spojine, ki se sproščajo pri izvajanju dejavnosti, zbirajo in odvajajo nadzorovano skozi odvodnik odpadnih plinov ali iz naprave za čiščenje odpadnih plinov in tako niso povsem nezajete.
7. Naprave so napeljave in oprema, ki so nepremična tehnična celota, v kateri se izvaja ena ali več dejavnosti, ki lahko vplivajo na emisije hlapnih organskih spojin. Za eno napravo se šteje tudi več istovrstnih naprav na posameznem funkcionalno zaokroženem območju v posesti istega upravljavca, vključno s pripadajočo ali z njimi povezano infrastrukturo in tehnološkimi postopki, v katerih se uporabljajo organska topila.

2.1.2 Izpolnjevanje zahtev glede emisij

Pri načrtovanju, rekonstrukciji in gradnji ter obratovanju naprave ne sme biti presežena nobena od določenih mejnih vrednosti. Z načrtom zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin je potrebno zagotoviti, da od 1.11.2007 ne bo presežena ciljna emisija. Upravljavec mora zagotoviti varnostne ukrepe, ki zagotavljajo čim manjše emisije hlapnih organskih spojin tudi med zagonom in zaustavitvijo naprave. Če upravljavec ali izvajalec meritev ugotovi presežene mejne vrednosti (Preglednica 1 in Preglednica 2 (*Ur.l. RS št. 112-4927/2005*)) je potrebno takoj obvestiti inšpektorja, pristojnega za okolje. V kolikor ta oceni, da koncentracija onesnaževal lahko preseže predpisane ciljne vrednosti mora prepovedati obratovanje naprave.

Preglednica 1: Mejne koncentracije hlapnih organskih spojin za zajete očiščene odpadne pline (Priloga 2a, II del, 9.1.1 Uredbe HOS (*Ur.l. RS št. 112-4927/2005*)).

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

Preglednica 2: Mejne količine nezajetih emisij (Priloga 2a, II del, 9.1.2 Uredbe HOS (*Ur.l. RS št. 112-4927/2005*)).

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

Posebej pa je predpisana mejna koncentracija za hlapne organske snovi, ki lahko:

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

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

V primeru, da je naprava že vpisana v evidenco, pa mora upravljavec najkasneje do konca leta 2012 nadomestiti škodljive snovi (R45, R46, R49, R60, R61) z manj škodljivimi snovmi, če je to tehnično izvedljivo in se zaradi nadomestitve obratovalni stroški naprave ne povečajo za več kot trikrat.

2.1.3 Načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin

Za napravo, ki uporablja hlapne organske spojine, je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje. Za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja mora upravljavec Ministrstvu za okolje in prostor predložiti načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin. Z načrtom zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin je potrebno:

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

Če je prišlo do spremembe obratovanja ali obnove naprave, je potrebno k vlogi za pridobitev okoljevarstvenega dovoljenja predložiti tudi poročilo o obratovalnem monitoringu za preteklo leto in bilanco uporabljenih topil.

Ministrstvo odobri načrt za zmanjševanje emisij (Preglednica 3) hlapnih organskih spojin, če iz izračunov, podatkov v njem in poročila o prvih meritvah izhaja, da bo naprava zadostila vsem zahtevam uredbe HOS. Pri obstoječih napravah je še dodatni pogoj, da največja vrednost letne emisije hlapnih organskih spojin do 1. novembra 2007 ne preseže ciljne vrednosti za več kot 50 % ciljne vrednosti. Po 1. novembru 2007 pa bodo morale

tudi že obstoječe naprave delovati v skladu z uredbo HOS. V kolikor načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin ne izpolnjuje vseh zahtev, ga ministrstvo lahko zavrne ali pa zahteva njegovo dopolnitev.

V primeru, ko je iz predloženega strokovnega poročila razvidno, da na trgu še ni ustreznega premaza brez ali z neznatno količino HOS ali pa so ti še v razvojni fazi, ministrstvo odobri za obdobje največ treh let načrt za zmanjševanje emisij HOS brez zahteve po izpolnjevanju rokov.

Ministrstvo v načrtu za zmanjšanje emisij HOS odobri obratovanje obstoječih naprav tako, da je izpolnjevanje zahtev glede zmanjšanja emisij pri obratovanju obstoječe naprave zagotovljeno z:

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

Preglednica 3: Podatki za Liko d.d. iz seznama zavezancev po uredbi HOS (Seznam zavezancev ..., 2007).

Naziv zavezanca	Naslov naprave	Pošta in kraj	Zaporedna številka naprave	Potrjen načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin
LIKO VRHNIKA D.D.	Mejačeva 2	1353 Borovnica	9.1	da
LIKO VRHNIKA D.D.	Verd 107	1360 Vrhnika	9.1	da

2.1.4 Vrednotenje parametrov emisije

Koncentracija hlapnih organskih spojin se izraža v g ali mg na m³ suhega odpadnega plina pri normalnih pogojih (T=273,15 K, p=101,3 kPa). Koncentracija hlapnih organskih spojin se ugotavlja v zajetih odpadnih plinih iz naprav, ki so razredčeni toliko, kot je tehnično in obratovalno nujno. Količine dovedenega zraka za redčenje ali hlajenje se ne upoštevajo pri

določanju koncentracije hlapnih organskih spojin v zajetem odpadnem plinu. Količina in koncentracija hlapnih organskih spojin se določa posebej za vsoto organskih spojin R40, R45, R 49, R60 in R61 in posebej za preostale hlapne organske spojine. Koncentracija in količina se določata pri polni obremenitvi in na vseh izpustih odpadnih plinov posamezne naprave na podlagi izmerjenih vrednosti. Iz izmerjenih vrednosti koncentracij in pretoka odpadnih plinov se nato izračunajo urne povprečne vrednosti hlapnih organskih spojin.

Vsebnost hlapnih organskih spojin v premaznih sredstvih (v nadaljevanju HOS) se izraža v g/l. Vrednost HOS se določa za premazno sredstvo, ki je že pripravljeno za uporabo, vključno z redčenjem po priporočilih proizvajalca. Vrednost HOS se za premazna sredstva za les izračuna po formuli:

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

Pri čemer je:

ρ_s : gostota premaznega sredstva v g/l

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

m_w : delež vode, izražen v odstotkih mase premaznega sredstva

2.1.5 Meritve emisij hlapnih organskih spojin in poročanje

Uredba HOS predpisuje trajna in občasna merjenja. Trajne meritve so obvezne za odpadne pline iz naprave, opremljene z napravo za čiščenje dimnih plinov, če na njenem izpustu povprečna vrednost masnega pretoka emisije hlapnih organskih spojin presega mejno vrednost masnega pretoka 10 kg/h, izraženo v kg celotnega organskega ogljika. Občasne meritve so potrebne pri napravah z napravo za čiščenje dimnih plinov, v katerih ni presežena mejna vrednost masnega pretoka hlapnih organskih spojin in za naprave brez naprav za čiščenje dimnih plinov. Občasne meritve se izvajajo enkrat letno, izvesti pa je potrebno najmanj tri enourna merjenja.

Ministrstvo lahko v okoljevarstvenem dovoljenju dovoli opustitev občasnih meritev, če so za uporabo organskih topil v posamezni napravi uporabljene tehnologije, ki omogočajo doseganje mejnih vrednosti brez uporabe čistilnih naprav za odpadne pline. Dovoljenje za opustitev trajnih meritev pa lahko izda ministrstvo v okoljevarstvenem dovoljenju, če je z drugim trajnim merjenjem parametrov delovanja same naprave ali naprave za čiščenje odpadnih plinov zagotovljen enakovreden nadzor nad parametri emisij.

Ministrstvo mora najpozneje devet mesecev po koncu vsakega triletnega obdobja poslati poročilo o izvajanju Direktive sveta 1999/13/ES Evropski komisiji. Poskrbeti morajo tudi za javno dostopnost tega poročila. Prvo poročevalsko obdobje je bilo od leta 2004 do leta 2006.

Nadzor nad izvajanjem uredbe HOS opravljajo inšpektorji za varstvo okolja. Za nespoštovanje te uredbe sledijo denarne kazni ali celo zaprtje lakirnice.

2.2 PREDSTAVITEV PODJETJA LIKO VRHNIKA D.D.

Liko Vrhnika d.d. je podjetje, ki se je razvilo iz tovarne parketa v Verdu in iz žage v Borovnici (Slika 1). V okolici Vrhnike je eno od treh večjih podjetij, ki nudi zaposlitev ljudem z Vrhnike in okolice. Trenutno zaposlujejo 565 delavcev. Del proizvodnje in uprava se nahajata v Verdu (Slika 2), v Borovnici pa se nahajata dve poslovni enoti (Slika 3).

Podjetje se deli na več manjših poslovnih enot (PE) (Slika 4), te pa še na več manjših delov (Slika 5 in Slika 6). Zaradi obsežnosti je delitev predstavljena samo do nivoja, ki pripomore k lažjemu razumevanju diplomskega dela.



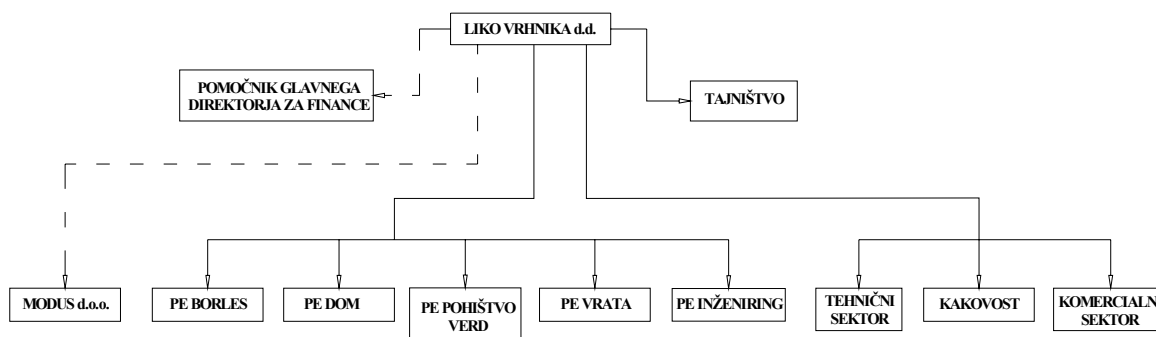
Slika 1: Lokaciji podjetja Liko Vrhnik d.d. označena s pravokotnikom (Lokacija in sliki ..., 2006).



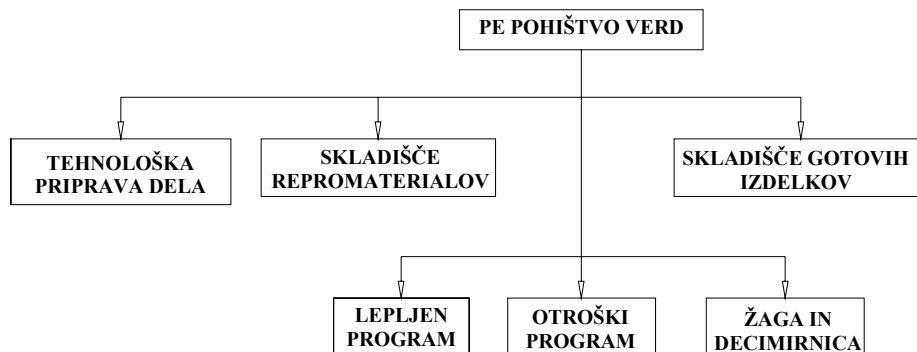
Slika 2: Proizvodni in skladiščni prostori ter upravna stavba podjetja Liko Vrhnik d.d. na Verdu (Lokacija in sliki ..., 2006).



Slika 3: Proizvodni in skladiščni prostori podjetja Liko Vrhnik d.d. v Borovnici (Lokacija in sliki ..., 2006).



Slika 4: Organigram podjetja Liko Vrhnik d.d. (Grebenc in Volk, 2007).



Slika 5: Organigram poslovne enote Pohištvo Verd (Grebenc in Volk, 2007).

Posamezne enote izdelujejo naslednje izdelke:

- Žaga in decimirnica

Se ukvarja z razžagovanjem hlodovine, sušenjem in decimiranjem lesa za svoje potrebe in prodajo.

- Lepljen program

Izdelujejo lepljene plošče iz masivnega lesa za nadaljnjo proizvodnjo in za prodajo, servirne vozičke, mize, kuhinje, jedilnice, sedežne plošče iz masivnega lesa ...

- Otroški program

Proizvajajo otroške posteljice, previjalne mize, postelje ...

- Liko Modus d.o.o.

Je invalidsko podjetje, ki se ukvarja s proizvodnjo zunanjih vhodnih, garažnih in notranjih vrat iz masivnega lesa, mrež za notranja vrata, kuhinj iz masivnega lesa,...Podjetju Liko Vrhnika d.d. nudijo tudi kadrovska službo, pravna dela, službo za varnost in zdravje pri delu, službo za informatiko, finančno operativo in knjigovodstvo.

- Poslovna enota Dom

Proizvaja servirne vozičke za izvoz v Ameriko in nekatere galanterijske izdelke.

- Poslovna enota inženiring

Poslovna enota je še v fazi ustanavljanja, sedaj se njeno delo opravlja po posameznih poslovnih enotah. Ukvarjali se bodo z opremljanjem objektov.

V Borovnici se nahajata poslovni enoti:

- Vrata

Se ukvarjajo s proizvodnjo notranjih vrat.

- Borles

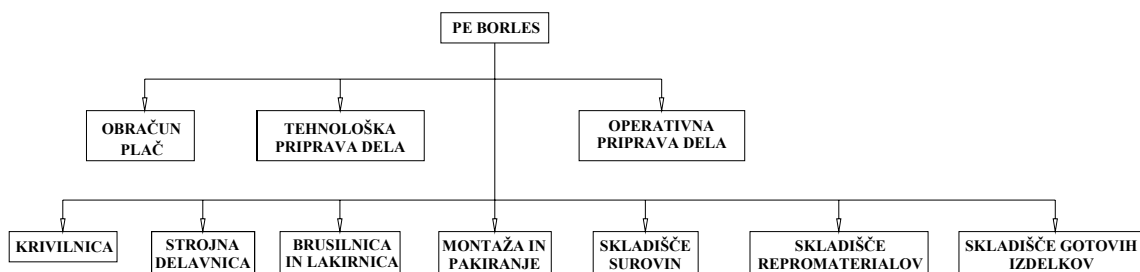
Proizvajajo stole, nočne omarice, postelje, previjalne mize...

Več let je pod Liko Vrhnika d.d. spadal tudi Liko Pris d.o.o., ki se ukvarja z avtomatizacijo proizvodnje, sestavljanjem, servisom in prodajo računalniške opreme in informacijskimi sistemi. Sedaj je Liko Pris d.o.o. samostojno podjetje, zaradi prepoznavnosti pa so obdržali svoje ime.

V primeru preobremenjenosti ene poslovne enote se izdelavo določenih delov ali celotnih izdelkov razporedi med manj zasedenimi enotami.

Vse izdelke, razen notranjih vrat, večinoma prodajo v ZDA, Kanado, Anglijo, Švico, države EU, Hrvaško, Bosno in Hercegovino, v manjši meri pa tudi v ostale države. Domači trg pa je zelo pomemben pri prodaji notranjih vrat.

2.2.1 Predstavitev poslovne enote Borles

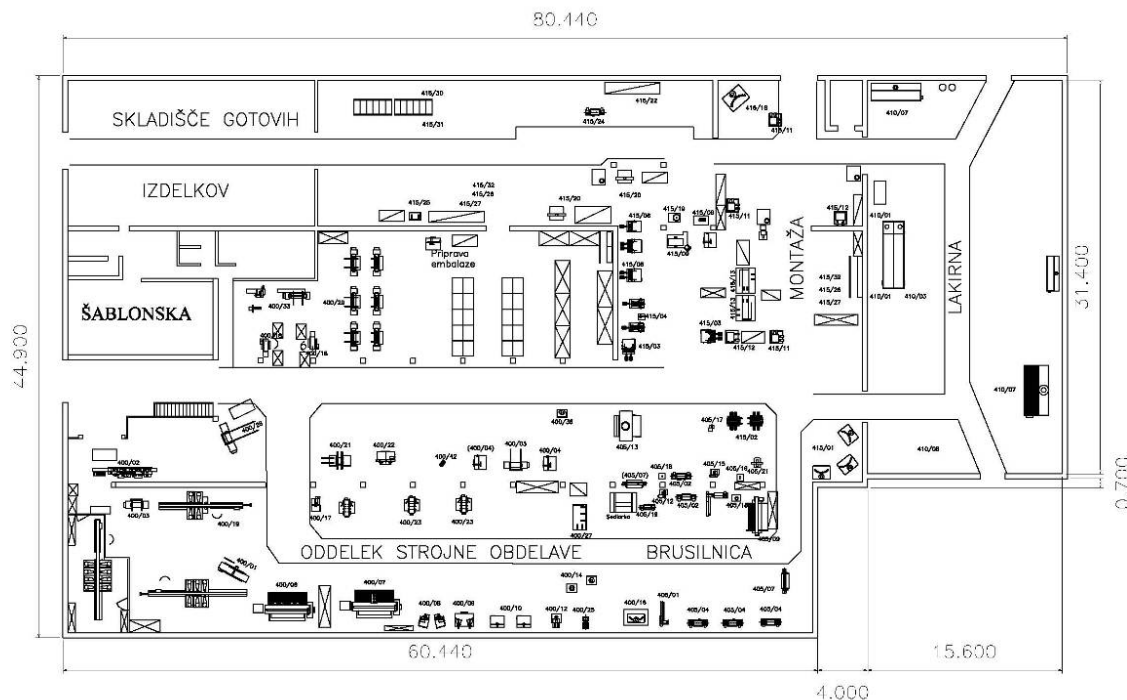


Slika 6: Organigram poslovne enote Borles (Grebenc in Volk, 2007).

Ukvarjajo se s proizvodnjo stolov, otroških posteljc, nočnih omaric in previjalnih miz. Večino izdelkov je iz bukovine, uporabljajo pa tudi hrastov in jesenov les. Na mesec proizvedejo: 2.000 kolonialnih stolov, 9.000 mizarskih stolov, 1.000 nočnih omaric, 1.000 posteljnih okvirjev ter manjše število previjalnih miz.

Zaposlujejo 116 ljudi od tega je 52 moških in 64 žensk. Največ je nekvalificiranih delavcev, sledijo jim delavci s srednjo šolo, malo manj je polkvalificiranih, najmanj pa je delavcev z višjo, visoko ali univerzitetno izobrazbo. V primeru potrebe po dodatnih delavcih se poslužujejo prerazporejanja delavcev znotraj Lika, zaposlovanja preko študentskega servisa in izposoje delavcev.

Za vse svoje proizvode uporabljajo že decimiran les, ki ga dostavijo iz decimirnice ali pa ga kupijo. Sedežne plošče iz masivnega lesa jim v grobem pripravijo v lepljenem programu, nekaj sedežnih plošč iz masivnega lesa ter vse tapecirane in pletene sedežne plošče pa kupijo.



Slika 7: Proizvodna hala poslovne enote Borles v merilu 1:723 (Jurjevčič in Nagode, 2006).

S skladiščenjem vhodnih materialov nimajo problemov, zato pa je popolnoma drugače s skladiščenjem gotovih izdelkov. Skladišče gotovih izdelkov v proizvodni hali (Slika 7) je premajhno, zato si delijo še eno od skladišč s poslovno enoto Vrata. S tem pa problem premajhnega skladišča še ni popolnoma rešen. Za dokončno rešitev problema bo potrebno širiti obstoječi proizvodni prostor ali pa zgraditi še eno skladišče gotovih izdelkov. Zaradi pomanjkanja prostora za medfazne zaloge in možnosti boljše organiziranosti proizvodnje, ki bi jo dosegli s prerazporeditvijo strojev, ter pridobitvijo prostora za postavitev nove lakirnice, se podjetje nagiba k širitvi proizvodne hale.

2.2.1.1 Lakirnica in lakiranje v Borlesu

Sedanja lakirnica se nahaja v prostoru velikosti 15,6 m x 31,4 m. Sprva so uporabljali nitrocelulozne (CN) lake, sedaj jih le, če jih kupec izrecno zahteva, nato pa so prešli na poliuretanske (PU) lake.

Preglednica 4: Predvidena količin izdelkov glede na površinsko obdelavo v naslednjih letih (Jurjevčič in Nagode, 2006).

izdelek / tip stola	količina/mesec	kol. + izmet	lakiranih	luženih	z efekti	oljenih
mizarski stoli	9.000	9.474	7.580	5.306	3.790	1.400
kolo. stol Windsor	1.000	1.053	527	369	264	
kolo. stol Sheaf back	1.000	1.053	527	369	264	
nočne omarice	1.000	1.053	1.053	738	527	
posteljni okvirji	1.000	1.053	1.053	738	527	
skupaj:	13.000	13.686	10.740	7.520	4.845	

V Ameriko prodajo največ razstavljenih surovih stolov, predvsem kolonialnih, (Preglednica 4) v Angliji zahteva kupec površinsko obdelavo z nitroceluloznimi laki, v ostale države pa prodajo oljene ali s poliuretanskimi laki obdelane izdelke.

Nitrocelulozni laki vsebujejo veliko količino lahko hlapnih organskih spojin in se že pri temperaturi 20 °C posušijo v dobri uri. Poliuretanski laki utrjujejo zaradi reakcije z izocianatom in vlago iz zraka, zato ni potrebna povišana temperatura. Tako je bil prehod s CN na PU lake najugodnejša in tudi najprimernejša rešitev. S prehodom na lake, ki

ustrezajo HOS Uredbi, pa se skoraj ni moč izogniti sušilnim kanalom, ali napravam za UV utrjevanje. Pri utrjevanju vodnih UV lakov pa je potreben sušilni tunel in naprava za UV utrjevanje, zato se bo pojavil problem, kam postaviti sušilni kanal ali naprave za UV utrjevanje. Problem bo največji pri uporabi toplozračnih sušilnih tunelov

Lake in lužila nanašajo s kombiniranim brezzračno-zračnim (airmix) brizganjem, želijo pa preiti na elektrostatsko brizganje. Tega so nekoč že uporabljali, vendar so ga zaradi težav raje zamenjali z brezzračnim brizganjem. Sedaj uporabljajo lakirne kabine z vodnim izpiranjem, nato pa bo možna uporaba naprave za zbiranje in ponovno uporabo overspraya (rekuperacijo premazov) ali pa suhih lakirnih kabin.

3 DOSEDANJA RAZISKOVANJA

3.1 MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE EMISIJ HOS

Obstaja več možnosti za zmanjševanje emisij hlapnih organskih spojin. Nekatere od njih so čisto preproste in ne zahtevajo skoraj nikakršnih dodatnih investicij. Spet druge pa zahtevajo velike investicije v opremo in dodatna izobraževanja delavcev, lahko pa se pojavijo še velike težave pri uvajanju nove tehnologije.

3.1.1 Izboljšanje notranje organizacije

V Priročniku za pomoč pri izvajanju direktive HOS, Reihlen in sod. (2005) opisujejo možnosti zmanjšanja HOS z dobro notranjo organiziranostjo.

- Dobava premazov v cisternah namesto v sodih ali kantah

Prednost dobave v cisterni so manjše izgube materiala. Slabost je, da le malo proizvajalcev ponuja dobavo v cisternah. Namesto prelivanja premazov iz embalaže je bolj primerno črpanje, saj je pri tem manjša površina za izhlapevanje topil.

- Dobro in redno zapiranje posod

Z rednim in dobrim zapiranjem posod s premazi, uporabo zaprtih posod za odpadna topila in uporabo zaprtih pomivalnih strojev za čiščenje brizgalnih pištol, dosti pripomoremo k zmanjševanju emisij HOS.

- Skrb za red in čistočo ter izobražene delavce

S sprotnim čiščenjem se izognemo uporabi močnejših topil, ki so ponavadi za ljudi in okolje bolj obremenjujoča. Delavce je potrebno naučiti, da bodo uporabljali najmanjšo možno količino hlapnih organskih topil, redno umerjali merilnike za prekomerno porabo topil, pri mešanju najprej nalili najmanj hlapno sredstvo in nato dodajali bolj hlapna.

Veliko premaza se prihrani s pravilnim brizganjem premazov, zato je priporočljivo na nekaj let za delavce, ki nanašajo premaze, organizirati tečaj pravilnega brizganja.

Vsi zgoraj navedeni ukrepi zmanjšajo izgube HOS zaradi izhlapevanja med skladiščenjem, uporabo in odstranjevanjem topil. Te možnosti so med najcenejšimi, poleg zmanjšanja nezajetih emisij HOS se z njimi doseže tudi znižanje stroškov zaradi večje učinkovitosti.

3.1.2 Uporaba premazov z visokim deležem suhe snovi

Suha snov je tisti del premaza, ki ostane v premazu tudi, ko se ta posuši ali utrdi. Med premaze z visokim deležem suhe snovi spadajo vsi premazi, ki imajo delež suhe snovi večji od 60 %.

Za zadostitev uredbi HOS pa mora biti delež suhe snovi večji ali enak 90 %, v nekaterih primerih pa je lahko tudi manjši. Trenutno tej zahtevi ustrezajo le z ultravijolično svetlobo (UV) utrjujoči premazi in poliestrski (PE) laki. Ker slednji vsebujejo stiren, ki je nezaželen, so se bolj uveljavili UV premazi. Obstajajo tudi epoksidni premazi z deležem suhe snovi med 90 % in 100 % vendar se še niso uveljavili v lesni industriji.

100 % delež suhe snovi je tudi pri praškastih barvah in lakih, vendar se še niso uveljavili pri premazovanju masivnega lesa. Razlog za to je, da še niso uspeli razviti praškastih premazov, ki bi na masivnem lesu nudili enako kvaliteto površine kot tekoči premazi.

Pri UV utrjujočih premazih in nekaterih 2-komponentnih zračno sušičih sistemih 100 % delež suhe snovi ni več nobena redkost. Po navedbah Centofante (2003) je v prihodnosti možno pričakovati, da bodo tudi ostali laki imeli 100 % delež suhe snovi. Glede na hiter razvoj praškastih premazov pa lahko v prihodnosti pričakujemo tudi praškaste premaze za masivni les, ki bodo zagotavljali enako ali še boljšo površino kot tekoči premazi.

Po navedbah R&D Coatings incorporated (2006) in organizacije RadTech (2006) so na voljo tudi UV utrjujoča lužila s 100 % deležem suhe snovi. Vendar so tu mnenja deljena, saj lužilo po definiciji ne tvori filma, pri teh lužilih pa nastane tanek film. Ta lužila se že uveljavljajo pri površinski obdelavi gotovega parketa.

Nižje emisije HOS je možno doseči tudi z laki za "Vapocure" postopek. Visoko reaktivne PU lake, ki so prilagojeni za ta postopek, se nanese na površino. Nato pa se jih izpostavi param terciarnega amina. V kolikor se uporablja lakirno pištolo za zračno ali kombinirano visokotlačno zračno/brezzračno brizganje za dvokomponentne lake, se pare terciarnega amina lahko dovaja že istočasno kot PU lak, drugače pa je potrebna posebna komora.

3.1.3 Prehod na premaze z drugačnimi topili

Vodni premazi so premazi, ki imajo zelo majhen delež HOS, ponavadi 3-5 %, ostalo redčilo pa je voda. Delež suhe snovi znaša od 40-50 %. Uporaba premazov na vodni osnovi zelo uspešno zmanjša emisije HOS, zato se sedaj njihova uporaba izjemno povečuje.

Poleg premazov na vodni osnovi lahko v to skupino štejemo tudi premaze, v katerih je namesto organskih topil superkritični CO₂. Ti premazi ne povzročajo nobenih emisij HOS, vendar se v industriji še niso dobro uveljavili.

Prehod na premaze z drugačnimi topili ponavadi pomeni tudi potrebo po novi opremi ali vsaj prilagoditev stare opreme.

3.1.4 Uporaba tehnik nanašanja z višjim izkoristkom nanosa

Pri tej metodi se zaradi boljše učinkovitosti postopka nanašanja zmanjša emisija HOS. Zaradi boljše učinkovitosti nanašanja je tudi poraba premaza manjša, kar dolgoročno

pomeni velike prihranke in hitro povrnitev investicije. Med najbolj učinkovite metode nanašanja spadajo valjanje in oblivanje v podtlačnih komorah, kjer izkoristek znaša med 90 % in 100 %. Najmanj učinkovita metoda pa je brizganje. Pri brizganju je najboljši izkoristek nanosa pri elektrostatskem brizganju, kjer je ta med 75 % in 95 %.

Zelo visok izkoristek nanosa je tudi pri potapljanju in polivanju, vendar je tu problem velika površina premaza, kar pomeni večje izhlapevanje hlapnih organskih spojin.

Med tehnike z višjim izkoristkom nanosa lahko prištejemo tudi vroče in toplo brizganje. Pri toplem in vročem brizganju mora premaz vsebovati manj lahko hlapnih in več srednje hlapnih topil. Vsebnost topil je lahko manjša, saj s segretjem premaza z 20°C na 70°C do 80°C dosežemo isti učinek kot z razredčenjem s približno 20 % redčila. Zaradi segretega premaza se doseže tudi za 5-10 % višjo učinkovitost nanašanja. Kljub temu, da je ta metoda znana že skoraj 40 let, se je bolj malo uporabljala. Zaradi velikega zmanjšanja emisij HOS in možnosti brizganja zelo viskoznih premazov se ta način brizganja v zadnjih letih vedno več uporablja.

3.1.5 Zbiranje in ponovna uporabo overspray-a

V zadnjih 15 letih so razvili več sistemov, ki omogočajo zbiranje in ponovno uporabo premaza, ki se ni oprijel obdelovanca. Med vsemi sistemi se pogosteje uporabljata le dva. Za vodne lake (Slika 21) je najbolj primeren sistem, kjer se na hlajeni kovinski ali s teflonom prevlečeni plošči nabira overspray. Zaradi hlajene plošče premaz kondenzira, premaz se steka v zbiralnik, nato se ga še filtrira in zmeša s svežo barvo. Po potrebi se plošča še moči, da se ohrani ustrezna viskoznost. Pri UV lakih je uporabljen isti sistem, le da se tu plošča ogreva, s tem se lakom zniža viskoznost, kar omogoči stekanje premaza v zbiralnik. Preden se filtriran premaz zopet nanaša, je že ohlajen in primerne viskoznosti. Pri slednjem sistemu se lahko pojavi problem s čiščenjem, saj se lahko zgodi, da lak zaradi izpostavitve dnevni svetlobi že delno utrdi.

Drugi precej uveljavljen sistem je vertikalni ali horizontalni tekoči trak, na katerem se nabira overspray. Tega na zadnji strani s traku pobirata dva noža, po nožih pa se premaz steka v zbiralnik. Prednost tega sistema je, da je uporaben za vse vrste lakov, velika slabost pa je potreba po občasnem brizganju traku s topili.

Če se premaz malokrat menja, je najprimernejši sistem, pri katerem namesto vode po stenah lakirne kabine teče premaz. Overspray se spira s premazom in nato zopet vrača v uporabo. Žal pa ta sistem zaradi velike površine premaza ni uporaben za premaze z visokim deležem HOS.

Obstaja še več tovrstnih sistemov, ki pa vsi delujejo na podoben način. Drugačen princip je uporabljen pri praškastih premazih, kjer deluje na principu ciklona.

Pri vseh teh sistemih je premaz izkoriščen nad 90 % kar pomeni, da se ob uporabi zračnega brizganja, kjer je izkoristek nanosa v najboljšem primeru 55 %, poraba premaza zmanjša za 35 %.

3.1.6 Regeneracija topil

Vedno večjo veljavo pridobivajo tudi sistemi za regeneracijo topil. Že uporabljena topila, pomešana z drugimi snovmi, je možno v teh sistemih s pomočjo kondenzacije, adsorpcije, destilacije, osmoze ali raznih sit in filtrov prečistiti in pripraviti za ponovno uporabo. Z uporabo enote za regeneracijo topil se občutno zmanjša potreba po nabavi topil. Omogočajo tudi predelavo odpadnih snovi, ki so razvrščene med nevarne odpadke v manj nevarne, za katera ni posebnih zahtev pri odlaganju. Včasih je možno te odpadne snovi tudi vrniti proizvajalcu premazov, ki jih uporabi pri ponovni izdelavi premazov.

3.1.7 Čiščenje ali sežiganje zajetih plinov

Ta metoda je uporabna samo za večje kontinuirane koncentracije hlapnih organskih spojin, zato se v lesnih podjetjih zelo malo uporablja. Sežig poteka pri zelo visokih temperaturah, kar pa povzroča tudi onesnaževanje s CO₂-jem. Oprema za sežig hlapnih organskih spojin je precej draga in zahteva redno vzdrževanje. Možna je tudi filtracija zajetih plinov vendar se zelo malo uporablja.

3.2 PRIMERI ZMANJŠEVNJA EMISIJE HOS V DRUGIH PODJETJIH

Zaradi vedno strožje zakonodaje je vedno več podjetij prisiljenih v posodobitev lakirnih linij. Nekatere od teh posodobitev so tako uspešne, da jih proizvajalci lakirne opreme in proizvajalci premazov uporabljajo v reklamne namene. Razne okoljevarstvene organizacije pa jih navajajo kot primere uspešnega zmanjšanja emisij HOS. Večino objavljenih primerov posodobitve je iz ZDA, kjer že velja uredba, ki je podobna uredbi HOS, razlikuje se predvsem v mejnih vrednostih emisij.

3.2.1 Posodobitev lakirnice v podjetju Pennsylvania House

Podjetje se ukvarja s proizvodnjo lesenih stolov. V začetku leta 1991 so prešli na lake, v katerih so HOS nadomeščene s CO₂-jem, komercialno ime za njih je "Unicarb". Zato je bilo potrebno zamenjati nanašalno opremo, potrebna je posebna lakirna pištola, ki omogoča neprestano kroženje premaza in enota, v kateri se združita suha snov premaza in tekoči CO₂. Potrebno je bilo zmanjšati delež topil v premazu, tako da je bila po združitvi s tekočim CO₂-jem viskoznost premaza še vedno primerna.

S preходом na "Unicarb" lake so ohranili enako kvaliteto površino, zaradi večje učinkovitosti nanosa sedaj porabijo pol manj laka, emisije HOS pa so zmanjšali za 70 %

3.2.2 Posodobitev lakirnice v podjetju Shafer Commercial Seating

Podjetje se ukvarja s proizvodnjo stolov, miz, opremljanjem hotelov in restavracij. Na dan površinsko obdelajo približno 3785 stolov. Leta 1996 so prešli na premaze na vodni osnovi.

Imajo eno linijo za površinsko obdelavo. Izdelke transportirajo na visečih transporterjih, stoli stojijo na paletnih nosilih, ostale izdelke pa obesijo na kljuke. Za stole uporabljajo izključno premaze na vodni osnovi, za ostale izdelke pa še vedno lake na osnovi topil.

Najprej s kombiniranim visokotlačnim zračno brezzračnim brizganjem ("airmix, aircoat"...) nanesejo lužilo in ga nato obrišejo. Sledi brizganje razredčenega lužila (tonerja) s HVLP brizgalno pištolo, da izenačijo barvo lužila. Nato zopet sledi brisanje. Za sušenje po nanosu lužila in tonerja uporabljajo IR sušilnike z ventilatorji. Nato z brezzračnim brizganjem nanesejo temeljni lak in ga posušijo v IR sušilniku in nato ohladijo z dvakratnim prehodom skozi hladilnik. V naslednjem koraku vzamejo stol z linije in ga obrusijo najprej strojno nato še ročno, da odstranijo dvignjena lesna vlakna. Stol še spihajo, da odstranijo prah, nato pa z "airmix" brizganjem nanesejo prvi sloj končnega laka, nakar sledi sušenje v IR sušilniku. Po ročnem brušenju zopet odstranijo prah in nanesejo zaključni sloj končnega laka, ki se zopet osuši v IR sušilniku.

Za čiščenje opreme so prej uporabljali topila, sedaj uporabljajo toplo vodo. Ker imajo za vsako barvo lužila svojo pištolo in nizkotlačno posodo, na vse izdelke pa nanesejo enak temeljni in končni lak, pogosto čiščenje opreme ni potrebno. Redno čistijo šobe brizgalnih pištol, drugo opremo pa po nanašanju barve po željah kupca.

Po prehodu na vodne premaze je trajalo tri mesece, da so dosegli želeni videz in kvaliteto površine. Videz površine pa še vedno poiskujejo bolj približati površini, obdelani s premazi na osnovi organskih topil. Največje težave so imeli zaradi prehoda na vodna lužila. Potreben je bil daljši čas sušenja, zato so morali v IR sušilniku povišati temperaturo

in dograditi ventilatorje za izboljšanje kroženja zraka. Zaradi dviga lesnih vlaken po luženju so morali kupiti stroj za brušenje, saj je pri ročnem brušenju temeljnega laka prihajalo do prebrušenja lužila. Veliko težavo je predstavljala tudi razlika v barvi lužila med različnimi dobavami. Ta problem je bil bolj pogost pri temnejših barvah. Reševali so ga z dodatkom barvila. Za izenačitev barve lužila na izdelkih so morali dodati brizganje tonerja. Tudi videz površine je bil bolj moten v primerjavi z lužili na osnovi organskih topil, ki so jih uporabljali prej.

Zaradi prehoda na premaze na vodni osnovi so morali posodobiti lakirnico, kar jih je stalo okoli 300.000 \$. Za nakup nerjaveče nanašalne opreme so odšteli približno 50.000 \$. Za vodna lužila plačajo do 50 \$/galono (~13 \$/l) več kot so prej za lužila na osnovi organskih topil, pri končnem laku pa je razlika približno 5,5 \$/galono (~ 1,5 \$/l). Ocenjujejo, da so zaradi težav pri površinski obdelavi imeli približno milijon dolarjev izgube. Zaradi prehoda na vodne premaze pa so imeli prihranke pri zavarovanju proti požaru in pri uporabi vroče vode namesto topil za čiščenje opreme.

S preходом na vodne premaze so v treh letih zmanjšali emisije HOS z več kot 80 ton/leto na manj kot 15 ton/leto.

3.2.3 Posodobitev lakirnice v podjetju Lowenstein

V podjetju se ukvarjajo z izdelavo stolov, klopi in stolov brez naslona. Iz Evrope uvozijo razstavljene stole, ki jih sestavijo in površinsko obdelajo. Nudijo več kot 250 modelov v 16 standardnih barvah in več kot 3000 različno obdelanih površin po naročilu.

Leta 1984 so se začeli zanimati za UV utrjujoče premaze z namenom povečanja kvalitete površine in pospešitve utrjevanja premazov. Do leta 1987 so v laboratoriju proizvajalcev testirali različne tehnologije, leta 1988 pa so postavili UV linijo v svoji proizvodnji.

Lužila nanašajo z Aerobel lakirnim sistemom, napake pa popravijo s HVLP brizgalno pištolo. Za nanosom lužil na anilinski osnovi sledi sušenje v sušilnem kanalu. Lake nanašajo na stole z razprševalnim rotacijskim diskom, ki razpršuje v ravnini xy in se z manipulatorjem pomika v ravnini z, napake za rotacijskim diskom pa popravijo z elektrostatskimi brizgalnimi pištolami.

Za površinsko obdelavo klopi uporabljajo ročne elektrostatske brizgalne pištole. Po nanosu temeljnega laka je potrebno nekaj časa, da poteče faza razlivanja in izhlapijo topila, sledi 15-20 sekundno UV utrjevanje. UV utrjevanje poteka v UV sušilniku s šestimi UV žarnicami dolžine 121,92 cm (48 inch) in moči 78,74 W/cm (200W/inch). Po utrditvi temelj ročno zbrusijo, da zagotovijo dovolj gladko površino pred nanosom končnega laka. Ročno brušenje pogojuje hitrost celotne linije. Hitrost linije je možno nastavljanje od 1 do 6 m/min (4-20 feet/min). Nanos končnega laka in popraviljanje napak za diskom za nanos končnega laka se odvija v brezprašni lakirni komori, da dosežejo zelo dobro kvaliteto površine. Utrjevanje končnega laka poteka na isti način in z enako opremo kot utrjevanje temeljnega laka.

Celotna linija je sestavljena iz Aerobel lakirnega sistema, dveh rotacijskih diskov, treh kabin za popraviljanje napak, enega sušilnega kanala, dveh UV sušilnikov in še treh lakirnih kabin za popravila, ki so postavljene izven linije. Ob prehodu na UV lake in novo lužilo pa so se soočili s težavami. Površina je imela po luženju zabrisan videz, stoli, obdelani s črnim visoko sijajnim lakom so imeli videz pomarančne lupine, nekatere barve so imele slabo oprijemnost, beli laki so po utrjevanju rahlo porumeneli, temeljni lak pa se je težko brusil. Naštete težave so rešili s pomočjo dobaviteljev lakov in lužil.

Problem je predstavljala tudi izpostavitve vseh delov polakiranega stola UV svetlobi. Pri prvih poskusih se je premaz zažgal. V sodelovanju z izdelovalci opreme in premazov so rešili tudi to težavo.

Bali so se, da se bodo pojavile tudi težave z doseganjem dobrega elektrostatskega privlaka. Izkazalo se je, da dober elektrostatski privlak dosežejo tudi brez predhodnega nanosa premaza za povečanje električne prevodnosti lesa. Menijo, da je razlog za to transport čez morje. Pri tem naj bi les vpijal vlago iz zraka, z njim pa tudi manjše količine soli, kar poveča elektrostatski privlak. Poleg tega ima površina lesa višjo vlažnost zaradi visoke zračne vlažnosti na jugu Floride, kar pripomore k dobremu elektrostatskemu privlaku premaza.

S preходом na UV utrjujoče premaze so poleg občutnega zmanjšanja emisij HOS dosegli še naslednje:

- dosegli so boljšo kvaliteto in odličen videz površine,
- zaradi elektrostatskega nanašanja dosegajo boljšo atomizacijo in boljšo učinkovitost nanosa, pri rotacijskih diskah zanaša med 80 % in 90 %, pri ročnih elektrostatskih pištolah pa med 70 % in 80 %,
- zaradi visoke vsebnosti suhe snovi porabijo manj premaza,
- zaradi tršega temelja ni več nevarnosti prebrušenja,
- zaradi krajše linije so prihranili 40 % prostora, kar jim je omogočalo širitev brez dograjevanja,
- zaradi krajšega časa utrjevanja (s 40 minut se je skrajšal na 20 sekund) so povečali kapacitete proizvodnje.

Za prehod na UV utrjujoče premaze so porabili dva milijona dolarjev in dve leti za razvijanje njihove lakirne linije. Z novo linijo so se kljub visoki začetni investiciji pojavili prihranki na različnih področjih. Z doseganjem boljše kvalitete in videza površine se je zmanjšal izmet. Zaradi višje vsebnosti suhe snovi ni več potreben dvakratni nanos temelja in končnega laka, zato so kljub dražjemu premazu privarčevali pri nakupu premazov. Poraba električne energije se je zmanjšala zaradi manjšega števila lakirnih kabin. Z avtomatizacijo brizganja in preходом na novo lužilo, ki ga po nanosu ni potrebno brisati, pa so znižali tudi stroške dela. Zaradi hitrejšega utrjevanja so skrajšali dobavne roke in

povečali obseg proizvodnje. Emisije HOS so se zaradi prehoda na UV lake od leta 1987, ko so dosegale 145 ton/leto zmanjšale na zgolj 37 ton/letno v letu 1997, s tem da se je proizvodnja med tem obdobjem močno povečala.

4 MATERIALI IN METODE

4.1 POTEK DELA

Raziskovalni del diplomske naloge se je začel z obiskom poslovne enote Borles. Vodstvo je postavilo naslednje zahteve:

- zmanjšanje porabe in emisij HOS v lakirnici,
- najoptimalnejšo razporeditev strojev po širitvi proizvodnje hale,
- rešitev problema z odlagalnim prostorom za medfazne zaloge,
- rešitev problema s poškodbami izdelkov med sušenjem,
- določitev novih izdelavnih časov.

Povedali so, kakšno vrsto laka, kakšen način nanašanja in sušenja želijo ter kakšne zahteve mora izpolnjevati sušilnik.

Glede na predvideno prodajo v prihodnjih letih so mi dali podatke o številu izdelkov in določili reprezentančne tipe stolov. Priskrbeli so mi v Auto Cadu narisane načrte obstoječe proizvodnje hale in proizvodnje hale po širitvi ter že pred nekaj leti zrisan načrt posodobitve lakirnice. Po elektronski pošti so mi poslali slike stolov; stol z največjimi dimenzijami je bil kotiran. Za rešitev organizacijskih težav so mi priskrbeli še tehnične opise in izdelavne čase za reprezentančne tipe stolov ter nastavitvene čase pomembnejših strojev.

Sledilo je večmesečno iskanje podatkov po spletu in literaturi. Ker so bili sprva zainteresirani za najnovejše tehnologije, sem pridobil največ podatkov preko spleta in s pošiljanjem prošenj za pridobitev podatkov od proizvajalcev premazov in lakirne opreme po elektronski pošti. Nekaj podatkov pa sem uspel pridobiti s telefonskimi pogovori. Velika slabost takega načina dela je bila, da sem izvedel o vsakem laku in opremi samo dobre stvari. Zato sem klical in pisal v več podjetji, ki se ukvarjajo s projektiranjem lakirnic. Od njih sem izvedel tudi slabe stvari o določeni opremi. Obisk jesenskega

pohištvenega sejma pa sem izkoristil še za pogovor s proizvajalci stolov. Od njih sem pridobil informacije o njihovih izkušnjah z določenimi laki in opremo.

Z vsem zbranim gradivom sem se ponovno oglasil v Borlesu, kjer sem direktorju in tehnologom predstavil za njih morebitne ustrezne lake in lakirno opremo. Oni so povedali še svoje mnenje, na koncu pa smo se dogovorili, za kateri lak in opremo narišem načrt postavitve. Takrat sem tudi izvedel, da širitev proizvodnje hale še nekaj let ne bo možna, zato so se opcije za reševanje organizacijskih težav zelo zožile, nekaj pa jih tudi ne bo možno rešiti. Sledilo je iskanje gradiva, projektiranje lakirne linije in pisanje diplomske naloge.

4.2 ZAHTEVE IN ŽELJE PRI POSTAVITVI NOVE LINIJE

V PE Borles želijo preiti na vodne premaze, ker pa so ti dražji od premazov na osnovi topil, želijo uvesti brizganje z višjim izkoristkom nanosa. Izkoristek nanosa je še vedno največji pri elektrostatskem brizganju, druga opcija pa bi bila zbiranje in ponovna uporaba overspraya, kjer bi bil izkoristek celo malce večji kot pri elektrostatskem brizganju.

Za sušenje premazov želijo uporabljati sušilnik, ki čim hitreje, kvalitetno in čim ceneje posuši nanese premaz. Trenutno sta na voljo dva sušilnika, ki to omogočata. Prvi bi bil UV sušilnik, drugi pa mikrovalovni sušilnik. Slabost obeh je, da sta na trgu šele nekaj let in zato v praksi še nepreizkušena.

Pri iskanju laka in lakirne opreme je bil dodatni pogoj čim nižja cena, preizkušnost in hiter ter kvaliteten servis in svetovanje ob morebitnih težavah.

Posebnost PE Borlesa je, da ne testirajo novih materialov. Uporabljajo iste materiale kot PE Pohištvo in PE Vrata, ki pa vse nove materiale testirajo. Zato je bila njihova želja, da bi

uporabljali iste lake in brizgalne pištrole kot v PE Pohištvu. Zato sem se posvetoval tudi s tehnologom, zadolženim za površinsko obdelavo v PE Pohištvu.

4.3 PREGLED POTENCIALNO UPORABNIH PREMAZOV

Glede na zahteve Uredbe HOS ter želje in potrebe PE Borles, pridejo v poštev enokomponentni vodni laki, UV laki, ter laki z visokim deležem suhe snovi. V kolikor pa ne bi upošteval njihovih želja, pa bi prišli v poštev še laki za Vapocur utrjevanje in Unicarb laki. Zaradi uredbe HOS je možno uporabljati le vodna in kombinacijska lužila, ki so kombinacija vodnih in alkoholnih ali vodnih in lužil na osnovi organskih topil. Z uporabo primerne črpalke pa bi bila možna tudi uporaba UV lužil.

Vsak od navedenih lakov in lužil ima svoje prednosti in slabosti. Zato bo pri dokončni izbiri laka potrebno proučiti posamezno lužilo in lak z vseh vidikov in na koncu določiti pomembnost posameznih vidikov.

4.3.1 Pregled potencialno uporabnih lužil

Lužila služijo za zmanjšanje ali povečanje barvne raznolikosti in poživitev teksture lesa ter spremembo barve lesa. Z njimi je možno tudi imitirati druge drevesne vrste, bolj znana primera sta luženje furnirja anigreja na češnjo in hrastovega furnirja na wenge.

Lužila običajno vsebujejo barvila, mikronizirane barvne pigmente ali kovinske soli ter majhne količine veziva.

4.3.1.1 Vodna lužila

Vodna lužila so 5 % do 10 % disperzije sintetičnih barvil. Lahko so jim dodani tudi transparentni pigmenti, v vodni raztopini zelo razredčenega veziva. Najbolj poznan primer

takega lužila je vodno lužilo z dodatkom akrilata. Zaradi daljše obstojnosti jim je dodan še konzervans, običajno pa tudi sredstvo proti penjenju. Vodna lužila proizvajalci dobavijo v prahu in se jih nato pred uporabo raztopi v mrzli ali vroči vodi.

Na prostorsko oblikovane elemente se jih najpogosteje nanaša z umakanjem, oblivanjem ali brizganjem. Za brizganje lužil se lahko uporablja zračno in kombinirano zračno-visokotlačno razprševanje. Pri brizganju vodnih lužil ni priporočljivo brizganje zelo fino razpršenega lužila brez "pribitka", imenovano tudi suho brizganje, saj lahko to povzroči slabšo oprijemnost laka. Pri brizganju lužila s pribitkom in nato brisanjem odvečnega lužila pa se ta problem ne pojavlja.

Prednosti vodnih lužil:

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

Pomanjkljivosti vodnih lužil:

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

Med vodnimi lužili bi bilo najprimernejše vodno lužilo na akrilnem vezivu. Nabrekanje lesa in dvigovanje lesnih vlaken je zanemarljivo v primerjavi z ostalimi vodnimi lužili.

Razlike med obarvanjem čelnih in ostalih površin so neopazne. Sušenje je hitrejše kot pri vodnih lužilih, po njem pa je sloj lužila netopen v vodi in lakih. Sloj lužila zmanjšuje prodiranje laka v podlago kar pripomore k boljši kvaliteti lakiranja. Nanos teh lužil tudi izboljša kvaliteto elektrostatičnega lakiranja. Na voljo je zelo široka paleta barv, možno pa jih je tudi mešati, s čimer pridobimo nove barvne odtenke. Pri uporabi vodnih lakov je možno z njimi obarvati lak.

Sledi odcejanja je potrebno brisati sproti, saj se napak po osušitvi ne da več popravljati. V kolikor se pri brušenju temeljnega laka sloj lužila prebrusi, je potrebno obrusiti do podlage in z gobico ali krpo ponovno nanesti lužilo. Lužilo se bo prijelo le na podlago, z laka pa se ga brez težav obriše. Lužilo je možno nanašati s potapljanjem, oblivanjem ali brizganjem. Kljub vsemu pa so lužila še vedno vodna, zato jih je potrebno hraniti pri temperaturi nad 0 °C. Uporabnost teh lužil je v primerjavi z ostalimi vodnimi večja in manj zahtevna, kvaliteta obdelave pa je višja.

Od slovenskih proizvajalcev premazov jih pod komercialnim imenom Ekohel lužilo ponuja Helios. V njihovem tehničnem listu je navedeno, da se pri temperaturi prostora posušijo v dveh urah, pri sušenju v sušilnem kanalu pri temperaturi do 40 °C pa v 30 minutah. Tudi rok uporabe teh lužil je daljši, saj so hranjeni v originalni embalaži uporabni eno leto od dneva proizvodnje.

4.3.1.2 Kombinacijska lužila

Kombinacijsko lužilo je komercialno ime za alkoholna lužila, razredčena z vodo. V osnovi so še vedno raztopine sintetičnih barvil in disperzije transparentnih pigmentov v zelo razredčeni raztopini veziva v organskem topilu, z dodatkom raznih pomožnih sredstev. Večinoma jih dobavljajo že pripravljena za uporabo ali pa jih je potrebno pred uporabo le razredčiti. Za poenostavljeno dokazovanje izpolnjevanja zahtev Uredbe HOS, vsebnost hlapnih organskih topil ne sme biti večja od 300 g/l. Ker vsebujejo hlapna organska topila,

so namensko pripravljena ali pa se to stori z razredčenjem, za posamezen način nanašanja. Tudi ta lužila omogočajo mešanje med sabo in v manjši količini tudi mešanje z laki.

Prednosti kombinacijskih lužil:

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

Pomanjkljivosti kombinacijskih lužil:

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

4.3.1.3 UV utrjujoča lužila

Ker so bila ta lužila razvita pred kratkim (lani je bila podeljena Radtech-ova nagrada za prvo industrijsko aplikacijo) je o njih znano bolj malo. Lužilo vsebuje 100 % delež suhe snovi, zato ga je možno utrditi že v nekaj sekundah.

Opis njihovega delovanja še ni na voljo. Glede na najdene članke o težavah pregloboke penetracije 100 % UV lakov lahko predvidevamo, da pri UV lužilih izkoriščajo prav pregloboko penetracijo. Zaradi potrebe po dosegu viskoznosti, primerne za brizganje, so pri UV lakih s 100 % deležem suhe snovi uporabljeni monomeri in polimeri z nižjo viskoznostjo. Nižja viskoznost veziva pa v veliko primerih povzroča pregloboko penetracijo.

Lužilo (Slika 8) prodre globlje v les, zato je sloj lužila na površini zelo tanek. Zaradi tankega utrjenega filma na površini je možna tudi nadaljnja obdelava z UV laki s 100 %

deležem suhe snovi, saj film lužila preprečuje pregloboko penetracijo laka. Za njihovo nanašanje je možno uporabiti vse vrste brizganja, polivanja, valjanja, oblivanja vendar je za njihovo črpanje priporočljiva uporaba nizekotlačnih posod in membranskih črpalk.



Slika 8: Z UV lužili obdelani elementi (100% solid UV ... , 2006).

Prednosti UV lužil:

- hitro sušenje,
- ni emisij HOS,
- ne dvigujejo lesnih vlaken,
- barva lužil je konstantna, saj topilo ne izhlapeva.

Slabosti UV lužil:

- niso primerna za potapljanje, saj je možna reakcija z dnevno svetlobo,
- potrebna je posebna črpalka,
- še niso preizkušena,
- višja cena.

4.3.2 Pregled potencialno uporabnih lakov

Lake uporabljamo za poudarjanje in povečanje estetskega videza lesa ter za zaščito površine lesa. Na prvem mestu je estetska funkcija, na drugem pa zaščitna, čeprav ima tudi ta zelo velik pomen.

Laki so sestavljeni iz veziv, topil, redčil, razredčil, pigmentov, barvil, polnil in pomožnih sredstev. Lastnosti lakov so v največji meri odvisne od veziva, zato se lake največkrat

razvršča v skupine po prevladujoči vrsti polimera, ki ga lak vsebuje ali pa nastane z reakcijo med utrjevanjem filma na površini obdelovanca.

- Vezivo so filmogene polimerne snovi. V fizikalno sušecih enokomponentnih lakih so te razvejane ali linearne. Pri kemijsko utrjujočih, dvo ali trokomponentnih lakih, pa imajo polimeri zamreženo strukturo.
- Topilo je pri premaznih sredstvih tekočina ali zmes tekočin, ki lahko raztopijo ali dispergirajo ostale komponente premaza. Do sedaj so bila topila največkrat organska, sedaj pa zaradi okoljevarstvenih zahtev večji pomen pridobivajo tudi ostala topila (voda, CO₂, polimeri in monomeri z nizko viskoznostjo...)
- Redčilo je zmes tekočin (topil in "netopil"), ki jih premazu dodamo z namenom zmanjšanja viskoznosti, boljšega razlivanja in kontroliranja hitrosti sušenja (odparevanja).
- Razredčilo je hlapna tekočina ali mešanica tekočin, ki se kljub temu da ni topilo, lahko uporablja v proizvodnem procesu skupaj s topilom, ne da bi nastali škodljivi učinki. Njegova primarna funkcija pa ni znižanje viskoznosti. Tako redčila kot razredčilo in včasih tudi topilo se lahko uporabljajo za čiščenje opreme.
- Pigmenti so drobni, trdni in v tekoči fazi premaznega sredstva netopni delci. Njihov osnovni namen je obarvanje premaza, dodatne funkcije pa so zagotovitev posebnih učinkov, prekrivanje barve spodnjih slojev, izboljšanje trdnosti utrjenega premaza, izboljšanje adhezije, zmanjšanje sijaja, ščitenje lesa pred vremenskimi vplivi in modifikacija reoloških lastnosti tekočega premaza.
- Barvilo je snov, ki obarva les ali v stiku z lesom razvije barvo. V premazu je topno, z lesom pa reagira na vse možne načine.

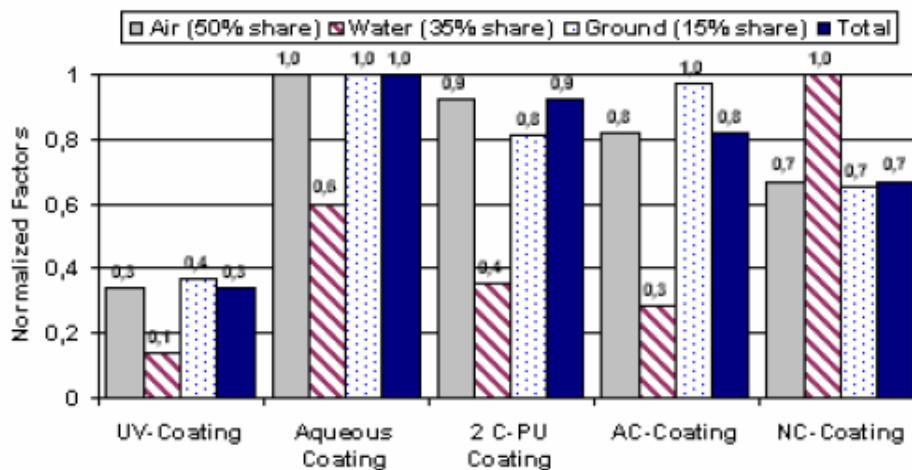
- Dodatki se dodajajo za izboljšanje lastnosti premazov. Bolj pogosti dodatki so:
 - sušila za pospeševanje sušenja,
 - pospešila za pospeševanje reakcij zamreženja,
 - polnila za povečanje volumna, zgoščevala za povečanje viskoznosti,
 - površinsko aktivne snovi za boljše omakanje,
 - antipireni za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

4.3.2.1 Vodni laki

Vodni laki so z vodo razredčljivi laki, pri katerih se največkrat uporablja akrilno in poliuretansko vezivo ali kombinacija obeh veziv, dispergirana v vodi. Tudi vodni laki vsebujejo manjšo količino organskih topil, redkeje pa so celo brez njih. Vodni laki so lahko eno ali dvokomponentni, v zadnjem času pa so se uveljavili tudi vodni laki za UV utrjevanje.

Zaradi majhne vsebnosti HOS in dokaj enostavnega prehoda s premazov na osnovi organskih topil na vodne lake in razvoja sušilnikov, ki omogočajo zelo hitro sušenje (mikrovalovni, adsorpcijski, kondenzacijski sušilniki, karbonske IR žarnice...), se je njihova poraba v zadnjih letih precej povečala.

Vendar je po analizi ekološke učinkovitosti nekaterih strokovnjakov (Menzel, 2002) skupno onesnaženje okolja večje kot pri ostalih premazih. Razlog za to je večja poraba energije za odstranitev vode iz nanesenega premaza, s tem se bolj onesnažuje zrak, zaradi težavne ali včasih celo nemogoče odstranitve organskih topil iz neizkoriščenega premaza pa so bolj onesnažena tudi tla in voda.



Slika 9: Onesnaževanje okolja pri različnih vrstah lakov pri površinski obdelavi vratnih kril (Menzel, 2002).

4.3.2.2 Enokomponentni vodni laki

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

4.3.2.3 Vodni UV laki

Vodni UV laki so se pojavili v zadnjih letih in so se zaradi svojih dobrih lastnosti hitro uveljavili. Lastnosti njihovih filmov se lahko primerjajo z akrilnimi UV laki, zaradi nižje viskoznosti pa so primerni tudi za brizganje in polivanje. Razvili so se, ker so postali UV laki prilagojeni brizganju in polivanju problematični zaradi prevelike vsebnosti topil, pri UV lakih s 100 % deležem suhe snovi pa se pogosto pojavlja problem pregloboke

penetracije laka. Izdelani so iz vodnih disperzij nenasičenih PE smol, raztopljenih v stirenu ali iz akrilno in akripoli-mernih sistemov. Slednji so zaradi škodljivosti stirena bolj razširjeni.

Ena slabših lastnosti UV vodnih lakov je potreba po odstranitvi vode pred UV utrjevanjem. Zato je potrebno 15 - 20 minutno sušenje v sušilnem tunelu pri temperaturi med 40 °C in 60 °C ali 2-3 minutno pri temperaturi 60 °C do 80°C stopinj, če to izdelek dopušča. Za skrajšanje časa sušenja se v praksi veliko uporablja IR, mikrovalovne in šobne sušilnike, s tem se čas sušenja skrajša na 5 do 10 minut. Velika prednost teh lakov pa je možnost pakiranja takoj po UV utrjevanju.

Prednosti vodnih lakov:

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

Slabosti vodnih lakov:

- embalaža in nanašalna oprema morata biti iz nerjavečih materialov,
- pri transportu in skladiščenju mora biti temperatura nad 0 °C,
- pri nanašanju mora biti temperatura zraka, laka in obdelovanca nad 18 °C,
- zaradi dviga lesnih vlaken je površina temeljnega filma bolj hrapava,
- slabše razlivanje zaradi velike površinske napetosti,
- za sušenje je potrebno več energije, zato so potrebni daljši časi ali višja temperatura sušenja ter večje hitrosti kroženja zraka,
- za kvalitetno površino je potrebno pogostejše čiščenje in pranje nanašalne opreme,

- čiščenje z vodo je možno le dokler ne nastane film, nato je potrebno uporabiti topila,
- čiščenje odpadnih vod iz lakirnih kabin je težavnejše,
- višja cena v primerjavi z laki na osnovi topil,
- težko je doseči visoki sijaj,
- pri elektrostatskem nanašanju je potrebno navlaženje zraka na mestu brizganja in prilagojena nanašalna oprema.

4.3.2.4 UV laki

Njihova osnovna sestavina so oligomerni poliakrilati ali epoksiakrilatni prepolimeri, redkeje nenasičene poliestrske smole, raztopljene v poliakrilatnem estru in fotoiniciatorji. Fotoiniciatorji so potrebni za sprožitev kemijske reakcije, ki vodi do utrjenega filma. V svoji sestavi imajo poleg dodatkov in pigmentov (pri barvnih lakih) tudi manjši delež topil, vendar ta ni večji od 10 %.

Obstajajo tudi UV laki s 100 % deležem suhe snovi, ki jih je možno nanašati z brizganjem, vendar jih večina proizvajalcev priporoča za končni lak, ki se ga nanaša na temeljni vodni ali temeljni UV vodni lak. Za učinkovitejše utrjevanje UV lakov na prostorskih izdelkih so bili razviti tako imenovani "dual cure" laki. Ti laki so kombinacija UV in PU lakov, zato reagirajo tudi z vlago. To omogoča utrjen film tudi na delih, ki niso izpostavljeni UV svetlobi.

V zadnjem času se zaradi hitrega razvoja lakov in opreme, dobrih lastnosti utrjenih filmov in ekološke sprejemljivosti, njihova uporaba naglo povečuje. Glede na analizo ekološke učinkovitosti (Menzel, 2002; Slika 9) so UV laki tako z ekološkega kot ekonomskega vidika eni najprimernejših lakov.

Prednosti UV lakov:

- zelo malo ali skoraj nič emisij HOS,
- povečana produktivnost zaradi kratkih časov utrjevanja, ponavadi le nekaj sekund,

- majhna poraba energija, sodobni sistemi porabijo malce več kot kuhinjska pečica,
- laki tvorijo zelo kvalitetne in obstojne filme,
- prihranek prostora zaradi kratkih linij,
- manjša nevarnost požara in eksplozije,
- utrjevanje ni odvisno od vremenskih razmer, kot pri sušenju v sušilnih kanalih,
- možnost zbiranja in ponovne uporabe overspraya.

Slabosti UV lakov:

- začetna investicija v UV linijo je večja kot pri sušilnem tunelu,
- potrebne so močne žarnice, inertna atmosfera, uporaba robota ali uporaba "dual cure" lakov za utrjevanja premaza na prostorskih izdelkih,
- nastanek ozona pri UV utrjevanju, zato je potrebno dobro prezračevanje,
- nevarnost prevelike penetracije laka, pri lakih s 100 % suhe snovi,
- UV laki so dragi,
- UV žarnice največkrat vsebujejo živo srebro, zato so nevarni odpadki.

4.3.2.5 Laki z visokim deležem suhe snovi (high solid)

Sprva se mi niso zdeli primerni, saj še vedno vsebujejo minimalno 20-30 % HOS. S postavitvijo nove lakirne linije in istočasnim preходом s PU na vodne UV lake v PE Vrata, pa se mi zdijo bolj primerni. V PE vrata sedaj uporabljajo večinoma samo UV in vodne UV lake, PU lake pa samo še tam, kjer je to neizogibno, zaradi česar skoraj ni emisij HOS. Celotna proizvodnja Lika v Borovnici je eno odjemno mesto, zato se pri merjenju emisij HOS upošteva emisija iz PE Vrata in PE Borles. Ker je emisija HOS iz PE Vrata zelo majhna, bi bilo možno doseči mejne vrednosti HOS tudi s preходом PE Borles na lake z deležem suhe snovi okoli 70-80 %.

V primeru uporabe premazov z višjim deležem suhe snovi bi še vedno uporabljali PU lake, saj ti zagotavljajo zelo kvalitetne filme, dela z njimi so delavci že vajeni in ne bo potrebe

po postavitvi sušilnih tunelov, pa tudi nanašalna oprema bi lahko ostala ista, v primeru elektrostatskega brizganja pa bi bil prehod enostavnejši, saj ni potrebna "izolacija" nanašalnega sistema.

Prednosti lakov z visokim deležem suhe snovi:

- zmanjšana emisija HOS,
- manjša poraba topil,
- zmanjšana požarna nevarnost,
- zmanjšanje števila nanosov,
- večja odpornost na poškodbe.

Slabosti lakov z visokim deležem suhe snovi:

- občutljivost na temperaturo in vlago,
- včasih je potrebna uporaba grelca,
- težko je nadzorovati debelino filma,
- zahteva redno čiščenje.

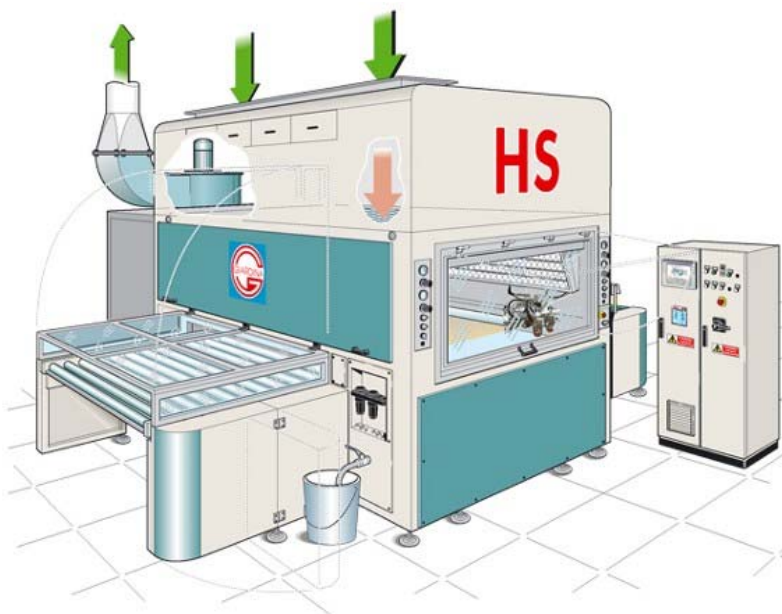
4.4 PREGLED POTENCIALNO UPORABNE OPREME

4.4.1 Možni pristopi pri površinski obdelavi stolov

Pri izbiri opreme za površinsko obdelavo je pomembna oblika izdelkov in elementov, ki jih površinsko obdelujemo. Prva možnost je obdelava razstavljenih, druga pa je obdelava sestavljenih stolov in nočnih omaric. Pri površinski obdelavi stolov se je bolj uveljavila obdelava že sestavljenih stolov.

V kolikor bi se odločili za obdelavo razstavljenih izdelkov, bi bila površinska obdelava enostavnejša. Dovolj bi bilo oblivanje v podtlačni komori (Slika 11) za manjše elemente (noge stolov, mostniki, vezniki, palčke za naslonjala....) in brizganje z avtomatom za

brizganje v ravnini x in y (Slika 10) za večje elemente (sedežne plošče, krivljeni deli naslonjal stranice postelj, sestavne dele omar in previjalnih miz ...) in nato UV utrjevanje, kakršno se uporablja za ploskovne elemente. Vendar bi bilo potrebno zaradi sestavljanja že lakiranih elementov, zamenjati PVA lepilo z epoksidnim in prilagoditi vse stiskalnice, da se med stiskanjem ne bi površina poškodovala. Poleg tega pa že od začetka izdelovanja stolov v Liku površinsko obdelujejo sestavljene stole.



Slika 10: Brizgalni avtomat za nanos UV lakov s 100 % suhe snovi (Spraying machine ... , 2007).



Slika 11: Podtlačna komora za oblivanje in UV sušilnik (UV Finishing ... , 2003).

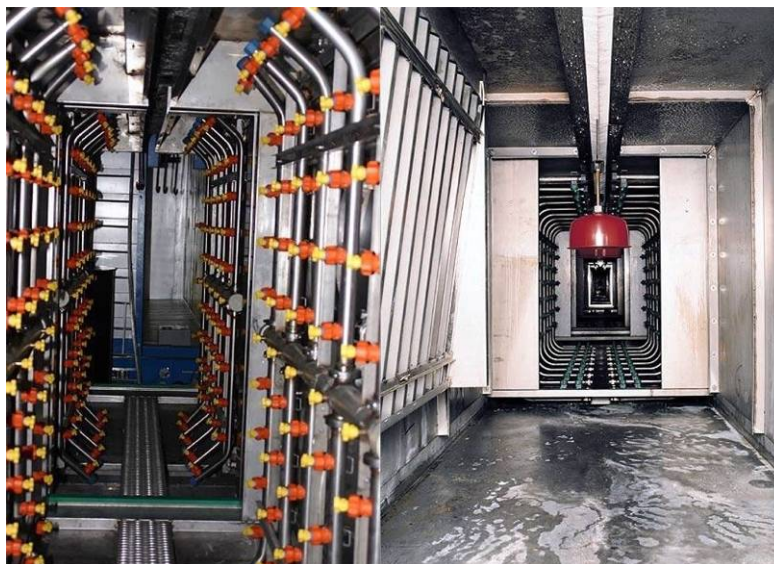
Lakiranje sestavljenih stolov je z vidika lakirne opreme malce bolj zahtevno. Nanos premazov se odvija v lakirnih kabinah ali komorah z brizganjem, v redkih primerih je možno tudi z oblivanjem, sušenje pa poteka največkrat v sušilnih tunelih. V zadnjih letih so se pojavili tudi tuneli za UV utrjevanje v inertni atmosferi, ki omogočajo hitro in učinkovito utrjevanje UV lakov na stolih.

4.4.2 Nanašanje premaza

Glede na željo po uporabi vodnih lakov in dejstva, da so z njimi najboljše kompatibilna vodna lužila, bo morala biti nanašalna oprema iz nerjavečih materialov. Zaradi lažjega dela želijo uporabljati enokomponentne lake. To poenostavi nanašalno opremo in omogoči zbiranje in ponovno uporabo overspraya. Trenutno je na trgu več načinov, ki omogočajo nanašanje z velikim izkoristkom.

4.4.2.1 Oblivanje

Največji izkoristek bi bil vsekakor pri oblivanju (okoli 95 %), vendar je to primerno le za lužila in temeljne lake, v kolikor pa ga uporabimo za končni lak, z njim ne moremo doseči visoke kvalitete površine. Kapacitete oblivalnih kanalov (Slika 12) so precejšnje, nudijo visok izkoristek zaradi vračanja odcejenega in tistega premaza, ki se ni oprijel izdelka. Njihova slabost je potreba po večji količini premaza okoli 20 - 30 l, zato so primerni za velike serije. Pri vodnih premazih pa so zaradi potrebe po nerjavečih materialih cene precej visoke. Ker v Borlesu ni velikih serij, bi lahko oblivalne kanale uporabljali zgolj za nanos temeljnega laka, v kolikor bi na vse izdelke nanašali isti temelj. Vendar je vprašljivo, če bi bila njihova uporaba upravičena, saj zasedejo precej prostora, začetna investicija pa je precej visoka.



Slika 12: Oblivalni in odcejevalni del oblivanega tunela (Flowcoat tunnels, 2006).

4.4.2.2 LVLP (low volume low pressure) brizganje

Visok izkoristek premaza je možno doseči tudi z LVLP brizganjem. Pri LVLP brizganju je uporabljena majhna količina zraka, ki se jo dovaja pod majhnim tlakom. Eden bolj znanih takih načinov brizganja je sistem, ki ga je razvila Anest Iwata in ga ponuja pod komercialnim imenom "High T.E.C" (Slika 13). Izkoristek nanosa je do 95 %, vendar je priporočljiva razdalja brizganja 10 cm do 20 cm, zato bi trajalo precej časa, da bi se delavci navajeni "air-mix" in visokotlačnega brizganja privadili nanj. Zelo podobno brizgalno pištolo, vendar z nižjim izkoristkom nanosa ponuja tudi Nordson. Ta način brizganja se je že precej uveljavil v avtoličarskih delavnicah.

Prednosti LVLP brizganja:

- visok izkoristek nanosa,
- majhna poraba komprimiranega zraka,
- enakomerno razprševanje materiala,
- majhna stopnja glasnosti,

- vsak delavec navajen zračnega brizganja lahko dela z njo,
- visoka kvaliteta površine.

Slabosti LVLP brizganja:

- primerno za premaze z nižjo viskoznostjo (15 - 23 s po F4),
- ne omogoča vročega brizganja (predpisana T_{premaza} je 5 °C – 43 °C),
- ni primerno za nanašanje lužil,
- majhna razdalja brizganja,
- v lesni industriji še ni uveljavljeno.



Slika 13: Anest Iwatana High T.E.C. brizgalna pištola (W400 WB ... , 2006).

4.4.2.3 Vroče in toplo brizganje

Visoke izkoristke nanosa (do 85 %) je možno doseči tudi z vročim in toplim brizganjem. Pri tem načinu se izkorišča odvisnost viskoznosti od temperature - z naraščanjem temperature viskoznost pada. Toplo brizganje je pri segrevanju premazov do 50 °C, če pa segrejemo premaz na 60 °C do 80 °C pa govorimo o vročem brizganju. Med potjo proti obdelovancu temperatura segretega premaza hitro pade, poveča se viskoznost, zato ni problema z zatekanjem na vertikalnih površinah. Gretje premaza poteka v električnih pretočnih grelcih, možno pa je tudi gretje premaza z vročo vodo ali oljem. Vroče brizganje

je možno pri vseh načinih brizganja (Slika 14), najbolj pa se je uveljavil pri visokotlačnem in kombiniranem brezračnem zračnem brizganju (air-mix, aircoat...).



Slika 14: Wagner-jev komplet za vroče brizganje (Thermotechnology ... , 2000).

Prednosti vročega in toplega brizganja:

- omogoča nanašanje bolj viskoznih premazov brez redčenja,
- doseganje debelejših nanosov, kar omogoča zmanjšanje števila nanosov,
- pri vodnih premazov se čas sušenja skrajša najmanj za 25 %,
- visoka kvaliteta površine zaradi boljše atomizacije premaza.

Slabosti vročega in toplega brizganja:

- obvezna protieksplzijska izvedba nanašalne opreme,
- neprimerno za nanos dvokomponentnih premazov (prehitra reakcija zaradi povišane temperature),
- višji stroški začetne investicije.

4.4.2.4 Elektrostatsko brizganje

Z elektrostatskim brizganjem se dosegajo najvišji izkoristki postopka nanašanja, vendar so zanj potrebni tudi posebni pogoji, kar precej podraži začetno investicijo. Pri elektrostatskih razprševalnih diskah in čašah je izkoristek nanosa okoli 98 %, z njimi je možno nanašati najbolj viskozne premaze, zato so se hitro uveljavili pri brizganju UV lakov s 100 % suhe snovi. Elektrostatsko brizganje se največkrat uporablja pri nanašanju premazov z roboti, ker je najhitrejši način brizganja. Zaradi elektrostatskega privlaka največkrat zadošča samo brizganje po diagonali stola, zaradi česar se čas brizganja skrajša za 50 % do 100 % glede na zračno brizganje.

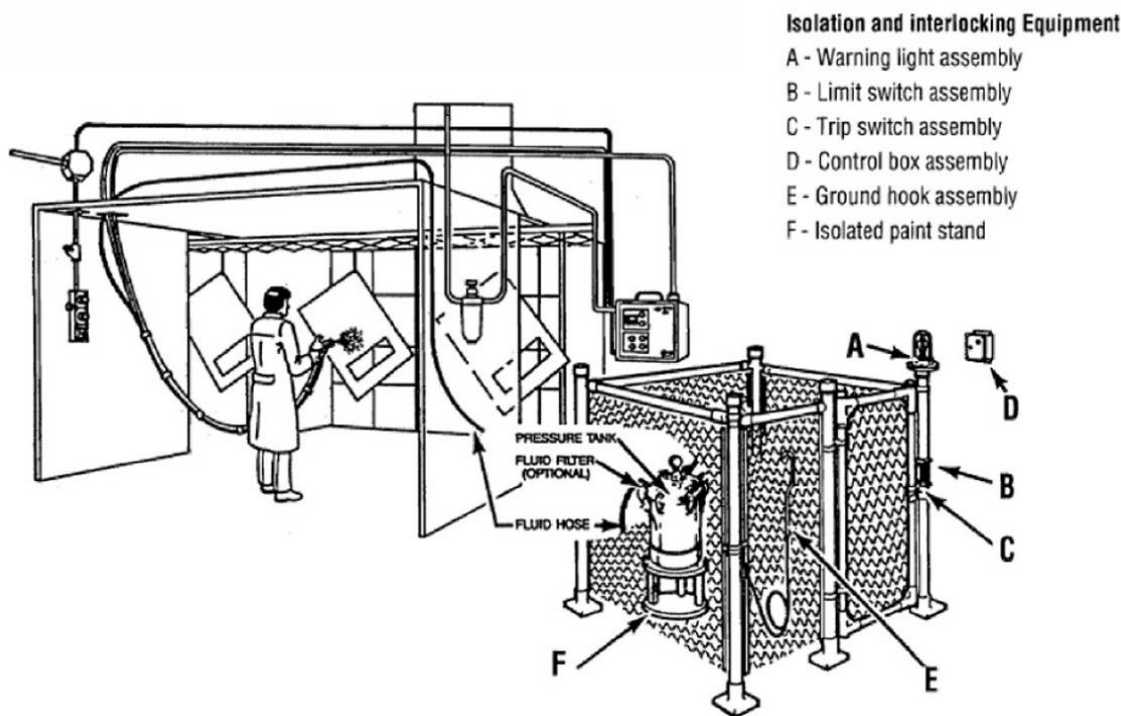
V zadnjem času se vse bolj uveljavlja tudi "Atimix" sistem. Pri tem sistemu se komprimiran zrak ionizira, premaz pa se zmeša z mešanico argona, CO₂ in helija. Zaradi absorbiranja elektrostatskega privlaka iz vseh ostalih delov v bližini brizganja se učinkovitost nanosa poveča za 10 % - 30 %, zaradi plina pa se skoraj popolnoma izniči vpliv oblike obdelovanca na elektrostaticni nanos laka in poveča kakovost površine.

4.4.2.5 Elektrostatsko brizganje vodnih premazov

Elektrostatsko brizganje je primerno tudi za nanašanje vodnih premazov, vendar mora biti brizgalna pištola in vsa napeljava temu prilagojena. Da se napetost ne prenese z barve na okolico, je potrebno izolirati vse dele, ki pridejo v stik z barvo. V kolikor se to ne stori, se lahko napetost z vodnega premaza prenese na katerikoli prevodni del v sistemu, kar poveča nevarnost električnega udara in zmanjša učinkovitost nanašanja. Zaradi dodatne varnosti je napetost v takih sistemih pri ročnih brizgalnih pištolah nižja, namesto 90 kV znaša le 40 do 70 kV, v redkih primerih pa tudi 85 kV. Razlog za uporabo nižje napetosti je tudi večja prevodnost vodnih lakov, kar tudi zniža potrebo po visokih napetostih. Nordson v svojih priporočilih za elektrostatsko brizganje vodnih lakov celo trdi, da znižanje napetosti poveča učinkovitost nanosa. Za varno in učinkovito elektrostatsko brizganje vodnih lakov so na voljo štirje sistemi.

4.4.2.6 Izolacija celotnega sistema

Ta sistem je najstarejši in deluje na principu ozemljitve vsake naprave in vseh cevi v inštalaciji (Slika 15), ki pride v stik z barvo (brizgalne pištrole, črpalke, posode z barvo, grelca, ventilov, cevi...) okoli posode s premazom pa mora biti postavljena kletka.



Slika 15: Celotno izoliran sistem (REA-III and REA-IIIIL ... , 2005).

Prednosti izolacije celotnega sistema:

- omogoča vse načine brizganja,
- največja učinkovitost nanosa, v kolikor uspemo vseskozi vzdrževati popolno izoliranost.

Slabosti izolacije celotnega sistema:

- težavno je vseskozi vzdrževati popolno izoliranost,
- nevarnost električnega udara ni povsem izključena,
- visoki stroški vzdrževanja.

4.4.2.6.1 Posredno elektrostatsko nabijanje premaza

Zaradi slabosti izoliranega sistema so razvili sistem, v katerem se premaz nabije, ko zapusti brizgalno šobo (Slika 16). Premaz se nabije preko elektrode, ki se nahaja v bližini brizgalne šobe.

Prednosti:

- ni potrebe po izoliranosti sistema,
- ni nevarnosti električnega udara,
- uporabno pri vseh načinih brizganja.

Slabosti:

- do 25 % manjša učinkovitost nanašanja.



Slika 16: Elektrostatska pištola s posrednim elektrostatskim nabijanjem (Electrostatic guns ... , 2006).

4.4.2.7 Izolacija manjšega dela nanašalnega sistema

Z izolacijo manjšega dela celotne napeljave se izognemo slabostim celotno izoliranega sistema. Ko se stisne sprožilec na brizgalni pištoli (Slika 17), potuje premaz iz vmesnega

rezervoarja do brizgalne pištole kjer se preko elektrode v šobi lak elektrostatsko nabije, ko pa se spusti sprožilec, priteče premaz iz posode s premazom v vmesni rezervoar. Od črpalke do sistema za izolacijo teče elektrostatsko nenabit premaz, zato ni potrebno obešati cevi pod strop na plastične kljuke. Najbolje je da je sistem postavljen čim bliže brizgalnemu mestu, zato je ponavadi nameščen kar na notranji ali zunanji steni brizgalne kabine.

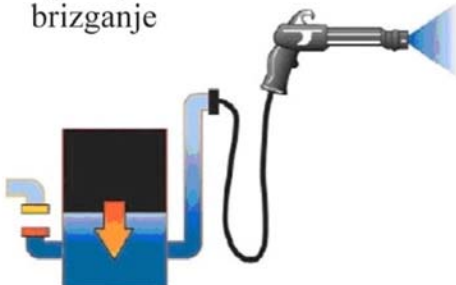
za ročno nanašanje

za avtomatsko nanašanje

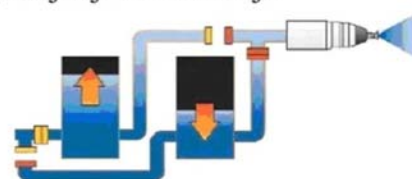
1. Sproščen sprožilec -
polnjenje rezervoarja



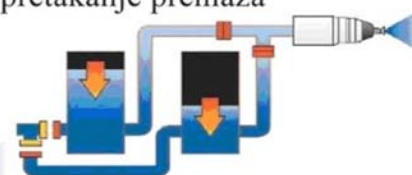
2. Pritisnjen sprožilec -
brizganje



1. Brizganje -
polnjenje rezervoarja



2. Brizganje -
pretakanje premaza



3. Brizganje -
polnjenje rezervorja



Slika 17: Delovanje Nordsonovega Iso flo voltage blocka (povzeto po Nordson Iso-Flo ... , 2006).

Zaradi shranjevanja laka v vmesnem rezervoarju, so primerni zgolj za brizganja, kjer se premaz dovaja pod manjšim pritiskom, (HVLP, LVLP, zračno brizganje). V nekaterih sistemih zaradi boljše izolacije kroži topilo, ki služi kot izolator, hkrati pa tudi čisti cevi, zato je v takih sistemih potrebno samo pol minute za menjavo barve. Sedaj so skoraj vsi

proizvajalci prešli na druge sisteme, le še Nordson in ITW Ransburg (Slika 18) vztrajata na tem sistemu.



Slika 18: Nordsonov Voltage block in ITW Ransburgov Aqua block (Nordson Iso-Flo ... , 2006 in Aquablock, 2000).

Prednosti izolacije manjšega dela nanašalnega sistema:

- zelo visok izkoristek nanosa,
- s primerno postavitvijo se doseže zelo kratke čase menjave premaza,
- majhna nevarnost poškodb (pod napetostjo je le kratek del cevi in brizgalna naprava)
- na en sistem se lahko priklopi do šest avtomatskih brizgalnih naprav ali pa eno brizgalno pištolo,
- primeren je tako za vodne kot za premaze na osnovi topil,
- cenejše vzdrževanje kot pri celotno izoliranem sistemu.

Slabosti izolacije manjšega dela nanašalnega sistema:

- primerno je le za brizganja kjer se uporablja nižji tlak premaza,
- nekateri sistemi potrebujejo topila.

4.4.2.8 Popolnoma izoliran sistem

V zadnjem času so skoraj vsi proizvajalci prešli na popolnoma izolirane sisteme (Slika 19). Izhaja iz celotno izoliranega sistema, ohišje tu nadomešča kletko, v ohišju pa se nahajata črpalka in posoda s premazom. Vsi kovinski deli v ohišju so ozemljeni preko ohišja. Razviti so tako sistemi za zračno, HVLP in kombinirano brezzračno zračno brizganje, zelo redki pa so za brezzračno brizganje. Z njim se dosega visok izkoristek nanosa, delo z njim je zelo enostavno in najbolj varno. Najenostavnejši sistem potrebuje za svoje delovanje le komprimiran zrak. Skoraj vsi sistemi so lahko tudi mobilni. Menjava premaza je hitra in zelo enostavna, potrebno je le zamenjati posodo z barvo, ter z vodo ali topilom splakniti celoten brizgalni sistem. V nekatere sisteme je zaradi omejenega prostora v ohišju težko namestiti grelec. Ostalih slabosti skoraj ni, je pa malce višja začetna investicija.



Slika 19: Wagner-jev in Graco-tov popolnoma izoliran sistem (Electrostatic guns ... , 2006 in WB 100 ... , 2002).

4.4.3 Lakiranje z lakirnimi roboti

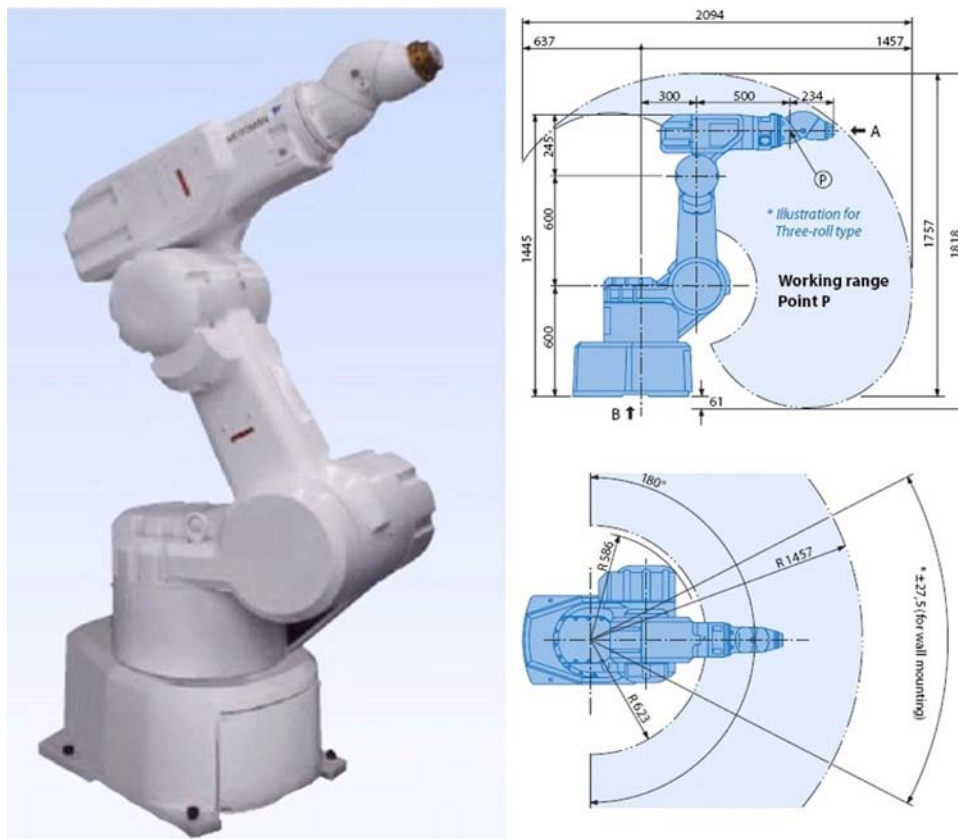
Za najhitrejša brizganja se uporablja pri lakiranju stolov 5 ali 6 osne robote. Hitrosti lakiranja znašajo do 2 m/s. Največkrat se za nanos premaza uporablja elektrostatsko brizganje, redkeje pa tudi kombinirano brezzračno zračno (air-mix, air coat...) in LVLP brizganje. Ostali načini brizganja se zaradi manjše učinkovitosti nanosa skoraj ne uporabljajo. Pri elektrostatskem brizganju je največkrat uporabljena elektrostatska razprševalna čaša. Prednost uporabe brizgalne čaše je kakovosten nanos pri velikih hitrostih transporterja (do 5 m/min), najmanjša izguba laka, zmerna poraba energije in dobro razprševanje tudi viskoznejših premazov. Zaradi slednjega se za nanos UV lakov s 100 % deležem suhe snovi uporabljajo največkrat roboti ali pa manipulatorji. Možen je nanos vodnih premazov, v tem primeru mora biti uporabljen eden od sistemov za izolacijo, in premazov na osnovi organskih topil. Ena večjih slabosti je visoka začetna investicija in večja poraba prostora.

Sprva so bili lakirni roboti razviti za velike serije sedaj pa se vse več uporabljajo tudi za majhne serije. Uporabnost pri manjših serijah omogoča sistem, ki izdelke poskenira in glede na njihovo obliko izbere najprimernejši program. Programiranje robotov je možno preko programov ali pa z vodenjem robotske roke. Pri nas se pri površinski obdelavi stolov še ne uporabljajo pogosto. Presenetljivo pa je, da imajo skoraj vsi večji proizvajalci lakirnih robotov v Sloveniji svoja zastopstva, eden pa ima celo proizvodnjo.

Ker imajo v Borlesu željo po hitrem servisu in hitri pomoči ob morebitnih težavah bi bili za njih najprimernejši lakirni roboti proizvajalca Motoman Robotek (Slika 20). Ta ima svojo proizvodnjo tudi v Ribnici v podjetju Ristro.

Glede dileme, ali je uporaba robota stroškovno upravičena, je najboljša primerjava stroškov dela z robotom in delavcem. Po trditvah nekaterih proizvajalcev robotov, najcenejši delavec dela za 3 \$/h, strošek dela z robotom pa je 0,60 \$/h. Ob tem podatku in

dejstvu, da lakirnim robotom po 5 letih uporabe pade cena skoraj za polovico, se zdi uporaba robotov, predvsem rabljenih, upravičena v več primerih.



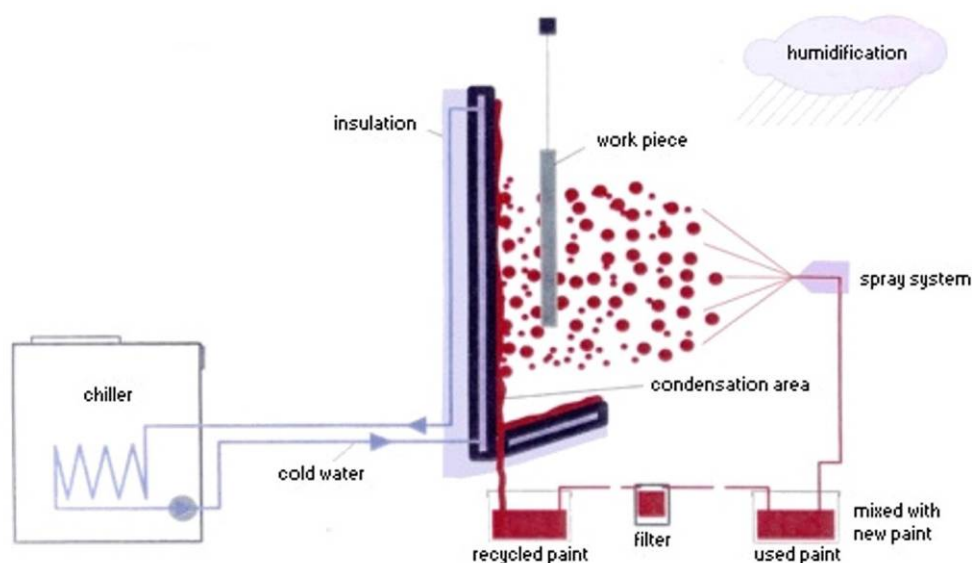
Slika 20: Lakirni robot Motoman robotec-PX1450 (Datasheet for ..., 2006).

4.4.4 Zbiranje in ponovna uporaba overspraya

Za zbiranje in ponovno uporabo premaza bi bila v Borlesu smiselna uporaba "Coolac" sistema (Slika 21) za vodni temeljni lak, ker se uporablja več različnih barv temeljnih lakov, za končni vodni lak pa bi se lahko uporabljalo tudi "paint in paint" lakirno kabino (Slika 22), saj se končni lak malokrat menja. "Coolac" sistem z nekaj prilagoditvami bi lahko uporabili tudi pri nanosu UV lakov s 100 % deležem suhe snovi.

Cena teh sistemov je visoka, zato je potrebno pred odločitvijo o nakupu narediti izračun o količini overspraya in izračun, v koliko letih se nam začetna investicija povrne s

prihrankom laka. V kolikor je količina overspraya premajhna, se zna zgoditi, da "Coolac" sistem ne bo deloval.



Slika 21: Shema delovanja Coolac sistema (Coolac use ... , 2005).



Slika 22: Coolac in Paint in paint lakirna kabina za obdelavo prostorskih izdelkov (Paint recovery ... , 2003 in Paint-in-paint ... , 2006).

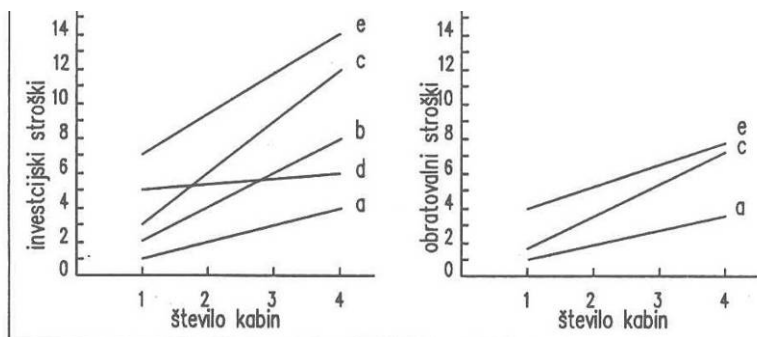
"Colac" in "Paint in paint" sistema skoraj nimata slabosti. Porabita malo energije, delo je enostavno, prihranek premaza je do 50 %. Pri "Coolac" sistemu je le čas čiščenja malce

dolg, 10-15 minut, pri "Paint in paint" pa je slabost, da je uporaben samo za premaze, ki se redko menjajo.

4.4.5 Lakirne kabine in lakirne komore

Ker želijo v Borlesu preiti na elektrostatsko brizganje, bo bolj smiselna uporaba lakirnih kabin s suhim filtrom (Slika 23), saj je njihovo obratovanje cenejše, pa tudi problema z odpadnimi vodami ni. Za brizganje lužil bo zadoščala lakirna kabina s suhim filtrom, za temeljni in končni lak pa je potrebno razmisliti ali ni primerneje uporabiti lakirno komoro.

Diagram značilnih stroškov
za suhe in vodne kabine
a - kabine s suhim filtrom
b - kabine z vodnim izpiranjem
c - kabine z vodnim izpiranjem z
individualnim izločevalcem
odpadnega laka
d - centralni sistem za izločanje
odpadnega laka iz več kabin
e - kabine z vodnim izpiranjem, s
centralnim sistemom za izlo-
čanje odpadnega laka



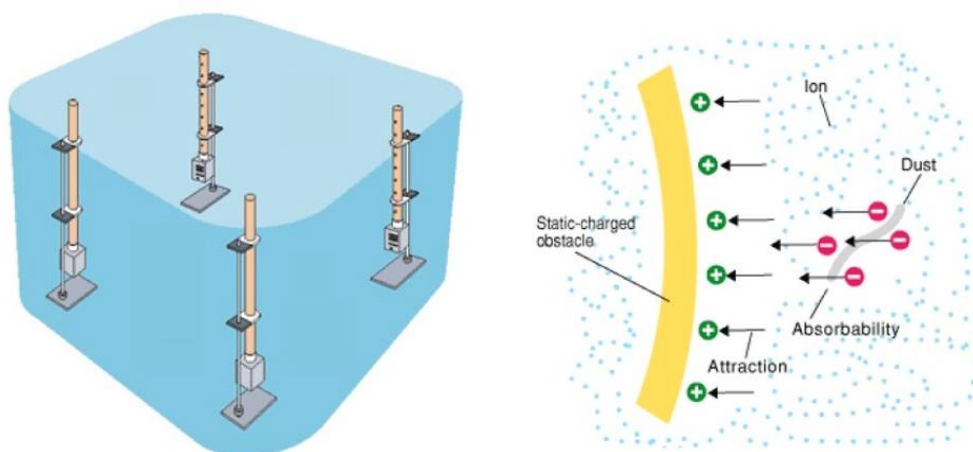
Slika 23: Primerjava investicijskih in obratovalnih stroškov lakirnih kabin (Kotnik, 2003).

Z uporabo lakirne komore (Slika 24) se prepreči dostop prahu do izdelka, lažje se vzdržuje vlago in temperaturo. V primeru uporabe lakirne komore bi bilo bolje, da se obdelovanci transportirajo skozi lakirno komoro, saj bi bila pri ročnem vnašanju in iznašanju izdelkov kapaciteta premajhna. Z lakiranjem v lakirni komori, v kateri je nadtlak, se zelo izboljša pogoje za visoko kvalitetno lakiranje, zmanjša obseg cone eksplozijske ogroženosti in zmanjša širjenje hlapov in hrupa v okolico naprave. Lakirne komore, za uporabo pri površinski obdelavi lesa, se ponavadi izdelujejo glede na želje stranke. Obstaja tako opcija z dvema prostoroma, enim za lakiranje in drugim za sušenje, kot opcija z enim prostorom in izmeničnim delovanjem med lakiranjem in sušenjem. Možna pa je tudi opcija, ki je namenjena samo lakiranju.

Alternativa lakirni komori je postavitve ionizatorjev (Slika 25), ki izmenično dovajajo plus in minus naboj, ki tvori pregrado in tako prepreči vstop prahu. Obstaja pa možnost pojava problemov, saj bi lahko uporaba ionizatorjev, negativno vplivala na elektrostatsko nanašanje premaza.



Slika 24: Lakirna komora. (Pressurized spraying booths, 2003).



Slika 25: Ionizatorji in prikaz njihovega delovanja (What is ... , 2006).

4.4.6 Brušenje temeljnega laka

Brušenje temeljnega laka trenutno opravljajo ročno. Na trgu se je v zadnjih letih pojavilo več strojev za avtomatizirano brušenje sestavljenih stolov, vendar se še niso dobro uveljavili. Drugače pa je z ročnimi brusilnimi stroji. Ti so se že zelo dobro uveljavili, saj nudijo občutno skrajšanje časa brušenja za zmerno ceno, njihova uporaba pa je univerzalna.

4.4.6.1 Brušenje v bobnu

Za avtomatizirano brušenje v Borlesu bi bili primerni opciji brušenja stola v bobnu (Slika 26) ali pa brušenje z robotom. Pri brušenju v bobnu se stol vstavi v boben, v katerem so abrazivne kroglice, ko se boben vrti in se stol premika naprej in nazaj, kroglice obrusijo temeljni lak.



Slika 26: Stroj za avtomatizirano brušenje v bobnu (Model EPF ... , 2004).

Prednosti brušenja v bobnu:

- stol je obrušen v 1-2 minutah,
- brusni prah se odsesava direktno iz bobna, zato se ne širi po lakirnici,
- za delo z njimi niso potrebne posebne izkušnje.

Slabosti brušenja v bobnu:

- možnost obarvanja svetlega izdelka, v kolikor smo prej brusili temnega,
- na težje dostopnih mestih je potrebno ročno brušenje,
- ni mogoče doseči ostrega robu,
- visoka cena.

Quickwood pa je razvil različico, v kateri stol stoji, preko njega pa potujejo numerično krmiljene brusilne krtače. Ta sistem za Borles ne bi bil primeren, saj krtače ne morejo obrusiti dela pod opirali za roke in paličastih naslonjal pri kolonialnih stoli.

4.4.6.2 Brušenje z robotom

Brušenje z roboti (Slika 27) je najhitrejša, potrebna je le minuta časa, za bolj komplicirane oblike pa malo več. Ročno popravljanje skoraj ni potrebno, saj imajo roboti 5-6 osi, pa tudi brusilno sredstvo je oblikovano tako, da lahko obrusijo vse dele stola. Za pisanje programov se uporablja posebna metoda samoučenja robota, ki je bila razvita posebej za ta namen. Eden prvih robotov, ki je bil za to uporabljen, je bil Motoman robotec-ov, tako da je možno pričakovati hiter servis ob morebitnih težavah. Kljub vsem prednostim pa se zaradi visoke začetne investicije malo uporablja.

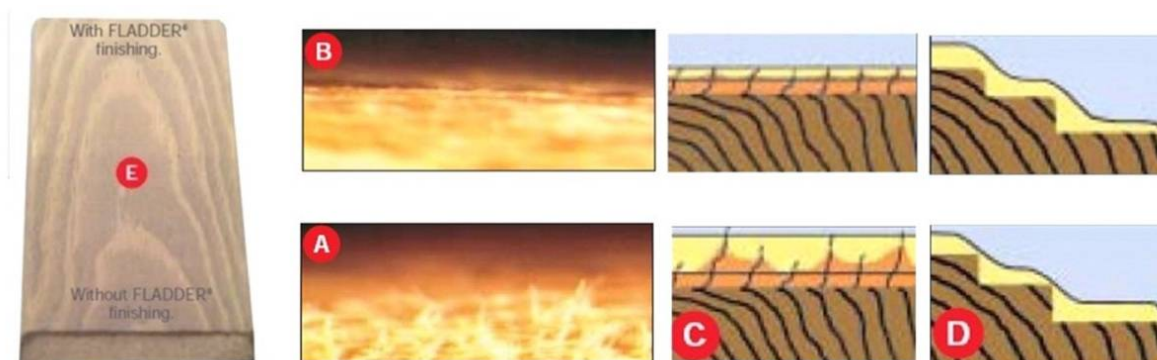


Slika 27: Brušenje stola z robotom (Chair sanding, 2006).

4.4.6.3 Brušenje z ročnimi brusilniki

Za brušenje stolov z ročnimi brusilniki se največkrat uporabljajo brusilne krtače z brusilnim platnom, narezanim na ozke trakove. Krtača je sestavljena iz ozkih obročev, na katerega so po obodu nameščeni 5-7 mm široki in od 80 do 100 mm dolgi trakovi, in distančnih obročkov, nameščenih izmenično na cevno jedro. Dolžina takih krtač meri od 100 do 150 mm, njihov premer znaša od 150 do 300 mm, vrtijo pa se s hitrostjo 500 do 1500 /min. Večji učinek se doseže z višjim številom vrtljajev in majhnim pritiskom. Krtače brusijo tako s površino kot z robovi trakov, njihova uporabnost pa je pri pravilni rabi 4 do 10 ur. Ker je delo z njimi lahko (teža naprave s krtačo je okoli 1 kg), imajo široko možnost uporabe in v veliki meri izničijo potrebo po ročnem brušenju. Zato so se zelo hitro uveljavile pri obdelavi masivnega lesa.

Kot prednost navajajo proizvajalci do 50 % prihranek temeljnega laka in bolj enakomerno barvo po luženju (Slika 28), saj poleg brušenja krtača tudi gladi površino. Zato se priporoča brušenje z njimi takoj po osužitvi vodne impregnacije ali lužila z dodatkom akrilata. Neodbrušena prosta lesna vlakna krtača vtisne v topel termoplasten film veziva, ki jih prilepi, zato se pri nanosu temeljnega laka ne dvignejo več (Kotnik, 2003).



Slika 28: Primerjava površin, brušenih z običajnimi brusilnimi stroji in z brusilno gladilnimi valji (Fladder for the ... , 2002).



Slika 29: Fladder-jev in Qiuckwood-ov ročni brusilnik z brusilno krtačo (Manual machines ... , 2005 in 1-hand tool ... , 2003).

Ročne brusilne stroje takega tipa (Slika 29) ponuja več proizvajalcev, vendar ima samo Fladder svoje zastopstvo in prodajno mesto v Sloveniji.

4.4.7 Odstranjevanje prahu

Pred nanosom lužila in po brušenju temeljnega laka je potrebno z obdelovanca odstraniti prah. Največkrat se to počne z zračno izpihovalno pištolo ali pa kar z lakirno pištolo pred nanosom premaza v brizgalni ali pa v prav posebej zato namenjeni kabini. Za odstranitev prahu in preprečitvijo nadaljnjega nabiranja prahu na prostorsko oblikovane obdelovance pa se uporablja modificirane ionizacijske naprave (Slika 30). Vendar lahko imajo neugoden vpliv na elektrostatično nanašanje premaza.

V zadnjih letih pa se je pojavilo še nekaj novosti. Ena od njih je sesalna in sesalno izpihovalna pištola, ki deluje na principu vakuumu. Ko se pritisne sprožilec pištole, komprimiran zrak ustvari vakuum, ki odstrani prah in ostale trde delce s površine. Za težko dostopne dele pa so razvili sesalno izpihovalne pištole (Slika 31). Najprej se iz težko dostopnih delov s komprimiranim zrakom izpiha trde delce, nato pa se jih z vakuumom odstrani. Ker je v sklopu sesalne pištole tudi 30 l posoda za odsesani prah, bi bila zelo primerna za odsesovanje prahu temeljnega laka, saj ne bi bilo potrebno postavljati posebnega filtra za brusni prah lakov.



Slika 30: Ionizacijski napravi za čiščenje prostorskih izdelkov (Technical brochure ... , 2005 in Dynamic ionisation ... , 2005).



Slika 31: Sesalna in izpihovalno sesalna pištola (Micro-cleaning ... , 2006).

Odstranjevanje prahu pri avtomatiziranem nanašanju se je ponavadi opravljalo s turbo šobami, ki so se nahajale v zaprti kabini s sprotnim odsesovanjem prahu. Danes se vse več namesto turbo šob uporabljajo "zračni noži" (Slika 32). Pri njih skozi zelo ozko režo piha komprimiran zrak. Zaradi zelo ozke reže je hitrost zraka zelo velika, do 70 m/s. Zračni noži niso ravno novost, saj se že dlje časa uporabljajo v živilski industriji za sušenje opranih steklenic. Prednost "zračnih nožev" je manjša poraba komprimiranega zraka in večja hitrost zraka, kar omogoča višje hitrosti obdelovalcev. Kljub vsemu pa je še vedno bolje, da se jih zapre v kabino, v kateri se prah sproti odsesava. Če ni kabine, pa mora biti vsaj odsesovalno ustje.



Slika 32: "Zračni nož", sistem za vpetje in ena bolj razširjenih uporab (Ingersoll Rand ... , 2005 in Universal air... 2006).

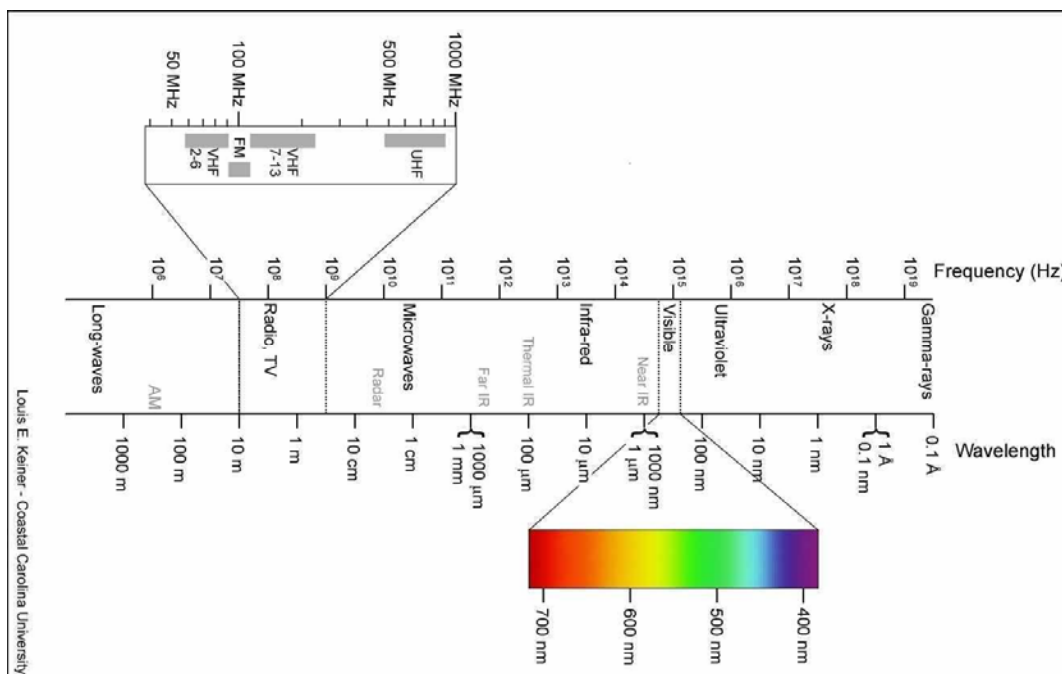
Samo brušenje temeljnega laka se bo odvijalo v brusilni komori, v kateri je majhen podtlak, ki preprečuje širjenje prahu v okolico. Vprašanje je le, ali se bo brusilo na brusilnih mizah (Slika 33), ki sproti odstranjujejo brusni prah, ali pa kar na navadnih mizah. V kolikor se bo brusilo na navadnih mizah in za odstranitev prahu uporabilo sesalno pištolo, ne bo potrebe po posebnem filtru za brusni prah, vendar pa bo potrebno bolj pogosto skrbeti za čistočo komore in miz.



Slika 33: Brusilna miza s filtri in s priključkom na odsesovalni sistem (Grinding, 2006).

4.4.8 Sušenje in utrjevanje premaza

Za sušenje prostorskih izdelkov se najpogosteje uporablja sušilni tunel s toplim zrakom. Dokler so se uporabljali laki na osnovi topil, se skoraj ni iskalo alternativ. Sedaj, ko so zaradi vodnih lakov časi sušenja v sušilnih tunelih s toplim zrakom daljši, pa se išče boljše opcije. Danes se za hitrejša sušenja uporablja IR, mikrovalovno, visokofrekvenčno (Slika 34), kondenzacijsko in adsorpcijsko sušenje ter vedno pogosteje tudi UV utrjevanje.



Slika 34: Spekter elektromagnetnih valovanj (Keiner, 2005).

4.4.8.1 IR sušilni tuneli

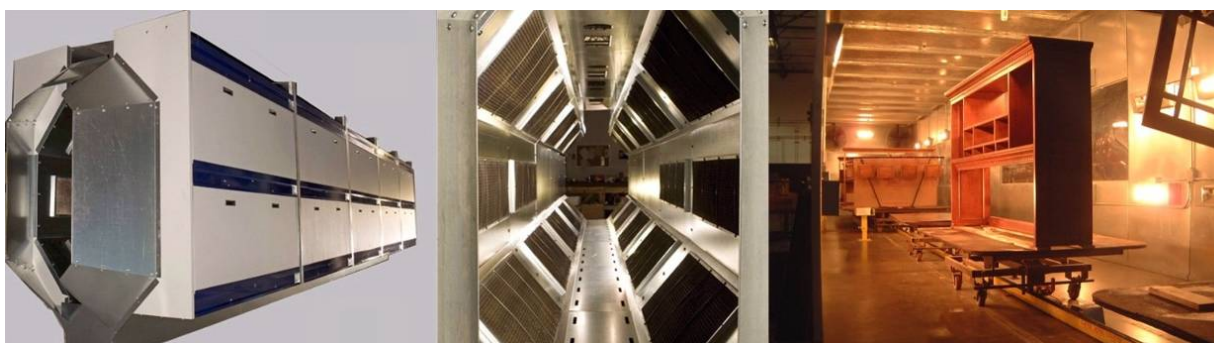
IR sušilni tuneli so bili prva alternativa sušilnim tunelom s toplim zrakom, za sušenje prostorskih izdelkov pa jim je bilo potrebno dodati še ventilatorje, da se je omogočilo dobro kroženje zraka. Med IR sušenjem se uniči tudi nekaj HOS, časi sušenja pa se občutno skrajšajo. Tako je za sušenje vodnih lužil z dodatkom akrilata potrebno le 2 do 3 minute namesto 30 minut, kolikor jih zahteva toplo zračno sušenje. Hitrost sušenja je zelo odvisna od uporabljenih IR žarnic (Slika 35). V lesni industriji se največ uporabljajo IR-M (srednje valovne) in v zadnjem času tudi karbonske ter halogenske IR žarnice. Možno je tako električno kot katalitsko IR sušenje. Pri katalitskem IR sušenju propan ali butan

reagirata s s platino prevlečeno površino IR seval, ki spremeni nastalo energijo v dolgovalovno IR sevanje. Možna je tudi izvedba, ki omogoča predgretje obdelovancev. Največja slabost IR sušilnikov pa je velika poraba energije, kar je tudi razlog, da se v lesni industriji niso bolj uveljavili.



Slika 35: Emisijske temperature in dolžine različnih IR sevalnikov in slike različnih IR žarnic (Infrared modules ... , 2005 in. Medium wave ... , 2000).

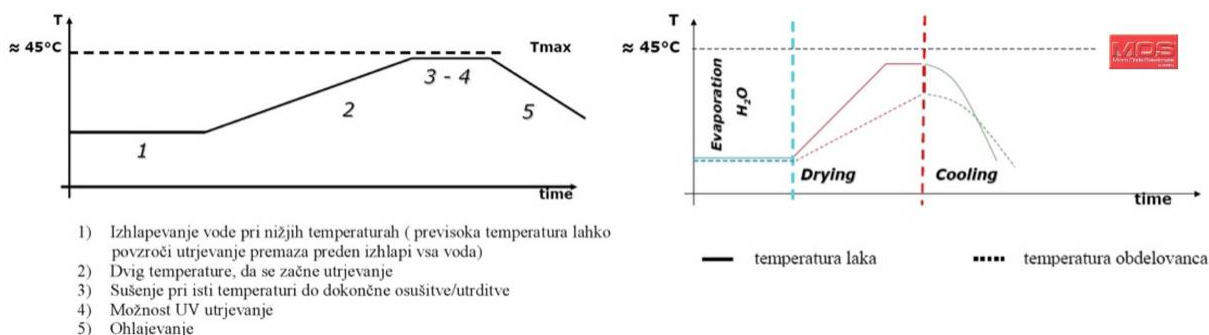
V Borlesu bi bili IR sušilni tuneli (Slika 36) zelo primerni za sušenje lužil, hkrati pa bi se predgrela tudi obdelovanci, kar bi vplivalo na manjši dvig lesnih vlaken in hitrejšo sušenje temeljnega laka.



Slika 36: Zunanost in notranjost katalitskega IR tunela ter tunel s halogenskimi IR žarnicami (Infrared ovens ... , 2006 in Halogen drying ... , 2005).

4.4.8.2 Mikrovalovno sušenje

Pri tem sušenju se izkorišča lastnost molekul vode, da vibrirajo, če so izpostavljene mikrovalovom. Zaradi vibriranja pride to trkov med molekulami, kar povzroči trenje, ki sproži izparevanje vode. Namenjeni so sušenju vodnih premazov, vendar je možno sušiti tudi premaze na osnovi topil.



Slika 37: Primerjava idealne sušilne krivulje in krivulja sušenja z MOS (povzeto po Drying of ... , 2005).

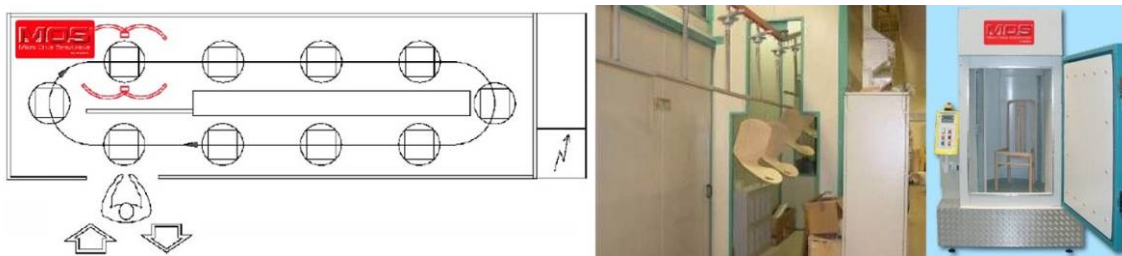
Časi sušenja so zelo kratki (Slika 37), 20 sekund za izhlapevanje vode pod mikrovalovi in 7 do 10 minutno sušenje s toplim zrakom pri temperaturi do 50°C, da se zagotovi reakcijo smol. Za najbolje izkoriščen prostor in lažjo prilagoditev proizvodnemu procesu jih izdelujejo tudi po željah kupcev (Slika 38).

Prednosti mikrovalovnih sušilnikov:

- porabijo malo energije (osnovni kanal za sušenje stolov porabi 12 kW/h električne in 5000 kcal toplotne energije),
- zavzamejo malo prostora,
- omogočajo vgradnjo talnega in visečega transporterja,
- delo z njimi je enostavno,
- dvigovanje lesnih vlaken je manjše zaradi hitrega izhlapevanja vode iz notranjega sloja premaza proti površini (po navedbah nekaterih avtorjev (Burja 2003) je celo tako majhno, da brušenje ni potrebno).

Slabosti mikrovalovnih sušilnikov:

- mikrovalovno sevanje, je 6-10 krat nižje od zakonsko predpisanega, vendar zelo občutljivim ljudem lahko povzroči kakšne nevšečnosti (slabo počutje, glavobol...),
- visoke cene, že osnovne laboratorijske izvedbe sušilnika za stole stanejo 37.500 €,
- nepreizkušnost (sušilniki za prostorske izdelke so na trgu šele dve leti)

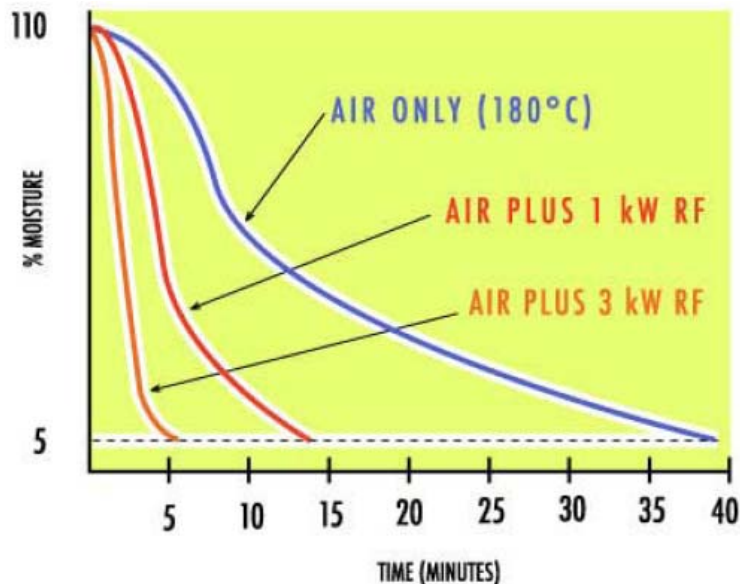


Slika 38: Verzijske MOS sušilnikov za stole: osnovna, z visečim transporterjem ter laboratorijska (MOS installation... , 2006).

Kljub visokim cenam in nepreizkušnosti se precej hitro uveljavljajo, saj je edini sušilnik, ki omogoča tako hitro sušenje vodnih premazov pri tako nizki porabi energije. Veliko se uporablja v prvi fazi sušenja UV utrjujočih vodnih lakov na prostorskih izdelkih. S tem se utrjevanje zaključi v 10-tih minutah namesto 20-tih, kolikor jih je potrebno, če se za prvo fazo uporabi toplozračni sušilni kanal. V Borlesu bi ga lahko uporabili za sušenje temeljnega in končnega vodnega laka.

4.4.8.3 Visokofrekvenčno (VF) sušenje

Visokofrekvenčno sušenje je precej podobno mikrovalovnemu, podobni so tudi časi sušenja, frekvenca pa je bistveno nižja. Zaradi možnosti globljega prodiranja valov so namenjeni sušenju debelejših nanosov. Namenjeni so sušenju in utrjevanju vodnih lakov, vendar jih je možno uporabiti tudi za premaze na osnovi topil. Izhlapljanje vode povzroči hitra menjava polaritete grelcev, kateri se molekule vode prilagajajo, kar pa povzroči trenje, posledica tega pa je izhlapevanje vode. Za boljše utrjevanje je še vedno potrebno nekaj minutno toplozračno sušenje (Slika 39).



Slika 39: Prikaz kombiniranega sušenja VF + toplozračno (Combination systems, 2003).

Prednosti visokofrekvenčnih sušilnikov so:

- možnost sušenja plošč in prostorskih izdelkov,
- kratki časi sušenja (od 10 do 15 minut),
- majhna poraba energije,
- neodvisnost sušenja od vremenskih razmer.

Slabosti visokofrekvenčnih sušilnikov so:

- elektromagnetno sevanje, lahko povzroči zdravstvene težave,
- nepreizkušnost (prvi industrijski sušilnik za vodne lake so postavili lani),
- visoke cene.

V nasprotju z mikrovalovnim sušenjem se malo uporabljajo, vendar se zaradi vseh prednosti in daljše uporabe visokih frekvenc v lesni industriji lahko pričakuje povečanje njihove uporabe v naslednjih letih.

Zaradi nepreizkušnosti pri industrijski uporabi, bi ga v Borlesu lahko uporabili za sušenje temeljnih in končnih vodnih lakov, le če bi bil precej ugodnejši od mikrovalovnega sušilnika ali pa, da bi bil zagotovljen hitrejši servis in svetovanje ob morebitnih težavah.

4.4.8.4 Kondenzacijsko in adsorpcijsko sušenje

Kondenzacijsko in adsorpcijsko sušenje poteka podobno kot kondenzacijsko sušenje lesa, le da se tu obdelovanci pomikajo mimo sušilnih agregatov. Ne glede na to ali je sušilnik kondenzacijski ali adsorpcijski, je princip sušenja enak. Pri kondenzacijskem sušenju (Slika 40) se zrak ob prehodu skozi kondenzacijski agregat ohladi do točke rosišča, s tem se izloči vlaga iz zraka, nato se suh zrak ogreje na temperaturo 23 °C do 30 °C in se ga z večjo hitrostjo pelje preko obdelovanca. Ker ima zrak le 25-38 % vlage, lahko sprejeme več vlage iz nanesenega laka, nakar se celoten cikel ponovi.



Slika 40: Kondenzacijski sušilni tunel, kondenzacijski agregat in shema delovanja (Rajasinghe, 1996).

Pri adsorpcijskem sušenju (Slika 41) pa se vlažen zrak pelje skozi snov, ki nase veže vlago, nato pa se suh zrak ogreje in dovaja z večjo hitrostjo preko izdelka. Primerna ste le za sušenje vodnih premazov.

Prednosti kondenzacijskega in adsorpcijskega sušilnika:

- sušenje premazov je neodvisno od vremenskih razmer,
- majhna poraba prostora, saj zaradi nizkih temperatur sušenja ni potreben hladilni del sušilnega kanala,
- čas sušenja se skrajša za minimalno 30 %,
- poraba energije je manjša kot pri toplozračnem sušilnem tunelu,
- možna je dograditev k že obstoječemu toplozračnemu sušilnemu kanalu,
- majhen izpust ogretega zraka, saj pri obeh sistemih zrak kroži,

- začetna investicija je nizka,
- nizka temperatura sušenja ugodno vpliva na les.

Slabosti kondenzacijskih in adsorpcijskih sušilnikov:

- primerna sta samo za vodne premaze,
- poraba elektrike je večja, kot pri toplozračnih sušilnih tunelih



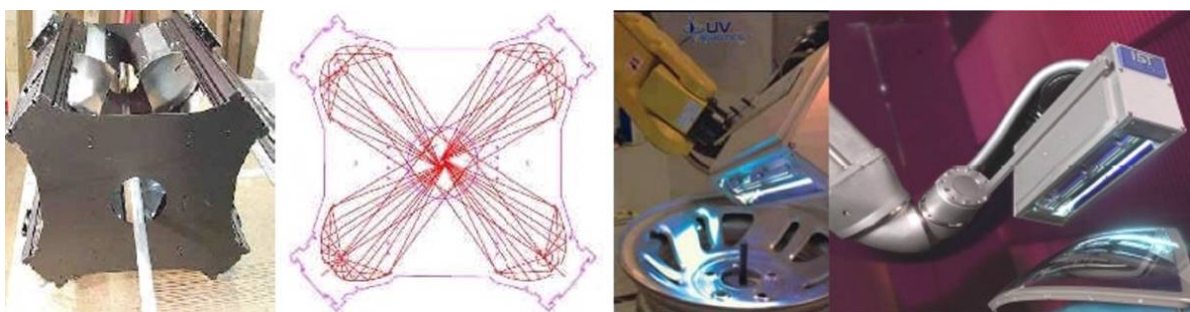
Slika 41: Shema delovanja adsorpcijskega sušilnika in slika adsorpcijske enote (Dry air, 2002).

Tako kondenzacijsko kot adsorpcijsko sušenje se že precej uporabljata, ker je možna naknadna dograditev adsorpcijskega oziroma kondenzacijskega agregata na obstoječi sušilni kanal in predstavljata eno najcenejših možnosti posodobitve.

V Borlesu bi bila zelo primerna za sušenje končnega in temeljnega vodnega laka ali pa za odstranitev vode pred UV utrjevanjem UV vodnega laka. V kombinaciji z vročim brizganjem bi se čas sušenja skrajšal za minimalno 50 %.

4.4.8.5 UV utrjevanje

Klasično UV utrjevanje ni najprimernejše za prostorske izdelke. Potrebne so močne žarnice in poseben "dual cure" lak (kombinacija UV in PU laka), da utrdi tudi del, ki ni izpostavljen UV svetlobi. Zaradi tega se je pojavilo utrjevanje z robotom (Slika 41). Na robotski roki je nameščena mikrovalovna UV žarnica (ustvari več svetlobe in manj toplote) ali pa led UV žarnica (led dioda, ki oddaja UV svetlobo), ki je ponavadi krmiljena enako kot brizgalna pištola, s čimer se doseže osvetljenost vseh delov. Ker je začetna investicija visoka, so iskali še druge rešitve. V kolikor imamo dva lakirna robota, bi za tekoče delo potrebovali še dva robota za utrjevanje. Ob uporabi enega robota za utrjevanje in dveh robotov za brizganje, je kapaciteta robota za utrjevanje premajhna in je potrebno medfazno skladišče.

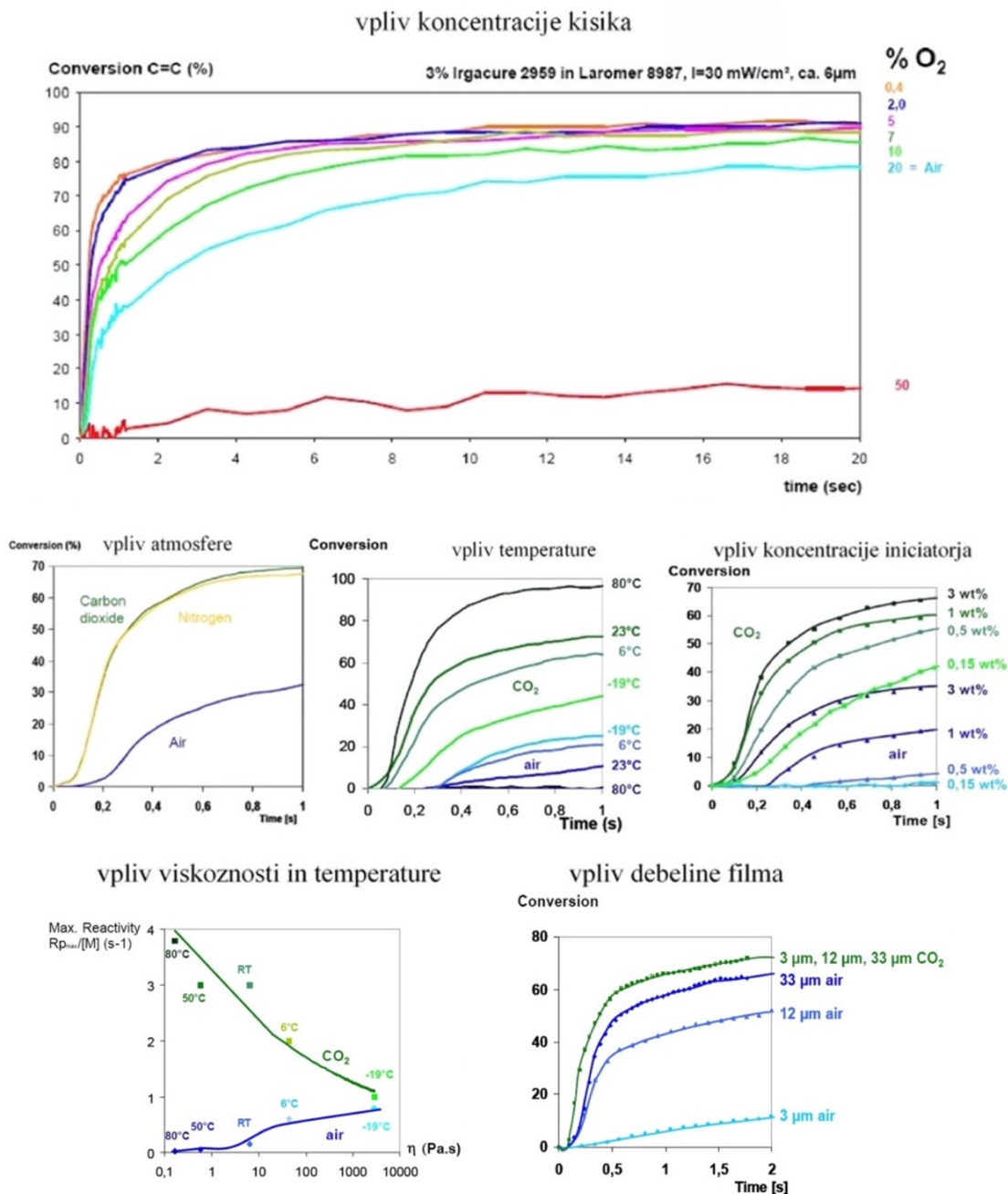


Slika 42: UV tunnel za manjše predmete in UV utrjevanje z robotom (Cure tunnel ... , 2006 in Eight good ... , 2006).

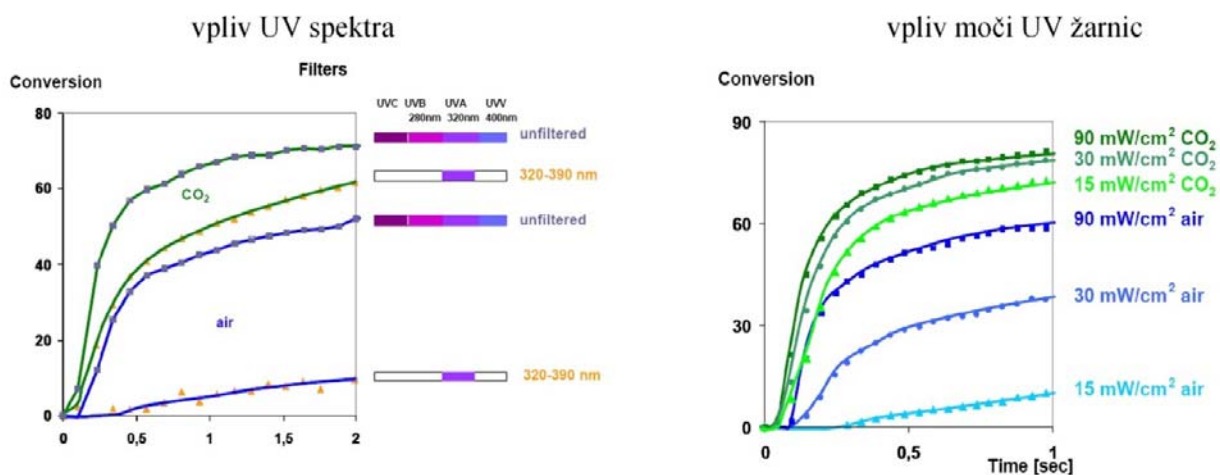
4.4.8.6 UV utrjevanje v inertni atmosferi

Največji problem pri UV utrjevanju predstavlja razdalja med UV lučjo in obdelovancem. Ta mora biti zaradi zaviralnega učinka kisika čim manjša. V kolikor je razdalja večja od 15 cm, se na proste vezi veže kisik, kar onemogoči utrditev laka. Pri Bayer-ju so leta 2003 razvili in patentirali sistem za UV utrjevanje v inertni atmosferi, imenovan "Larolux". Utrjevanje poteka v kanalu z aluminjasti stranicami, kar izboljša odboj UV svetlobe. Del kanala, kjer poteka UV utrjevanje, je napolnjen z inertnim plinom, ponavadi z dušikom ali CO₂ v taki meri, da je koncentracija kisika le 2-4 %. S tem so zagotovili dobro UV

utrjevanje. Zaradi majhne koncentracije kisika (Slika 44) in dobrega odboja svetlobe so lahko uporabljene šibkejše žarnice (Slika 43), zaradi česar sistem porabi zelo malo energije in tudi količina iniciatorja je lahko manjša, kar poceni lak.



Slika 43: Vpliv koncentracije kisika, atmosfere, temperature, koncentracije iniciatorja, debeline filma, viskoznosti in temperature na UV utrjevanje (povzeto po Beck in sod., 2003).

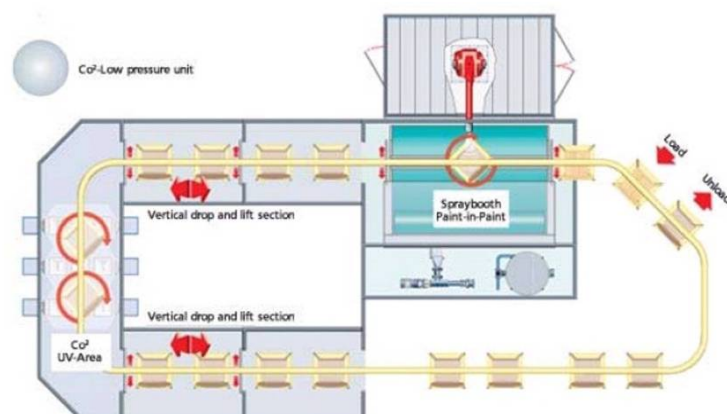


Slika 44: Vpliv UV spektra in moči UV žarnic na UV utrjevanje (povzeto po Beck in sod., 2003).

V podjetju Rippet so izdelali prototip (Slika 45 in Slika 46) in ga nato preizkušali, ter izvajali meritve. Kljub vsem prednostim pa je imel ta sistem tudi slabosti. Njegova največja slabost je bila velika poraba CO₂, znašala je kar 25 kg/h.



Slika 45: Prototip kanala za UV utrjevanje v inertni atmosferi (Beck in sod., 2003).



Slika 46: Rippertova linija za utrjevanje UV vodnih lakov v inertni atmosferi (Ultra-violet ... , 2005).

Glede na meritve, izvedene v prototipu, je Finsko podjetje Tikkurila Coatings razvilo sistem, imenovan "Uvitec" (Slika 47), ki je odpravil večje slabosti. Namesto vhodne in izhodne odprtine s strani so naredili manjše odprtine z vrha tunela, z možnostjo zaprtja s pokrovom, ki deluje usklajeno s transporterjem. Žarnice so namestili zunaj naprave za kremenovo steklo, da so čimbolj znižali temperaturo v kanalu. S tem so znižali porabo inertnega plina na 5-10 kg/uro.



Slika 47: "Uvitec" med obratovanjem (Knif, 2006).

Utrjevanje poteče v 10-20 s, hitrost transporterja je 3-5 m/ min, zaradi boljšega utrjevanja se stol v kanalu še vrti. V kanalu je možno utrditi izdelke širine 700 mm, globine 700 mm ter višine 1200 mm. Celoten kanal z zaščito je dolg 7,5 m, širok 4,5 m in visok 4,5 m. Sistem ima vgrajeno napravo, ki meri koncentracijo inertnega plina v tunelu in koncentracijo kisika v zaščiti, tako da je bojazen zastrupitve z dušikom ali CO₂ odveč. Za ta sistem so leta 2005 prejeli tudi Radtech-ovo nagrado za inovativnost.

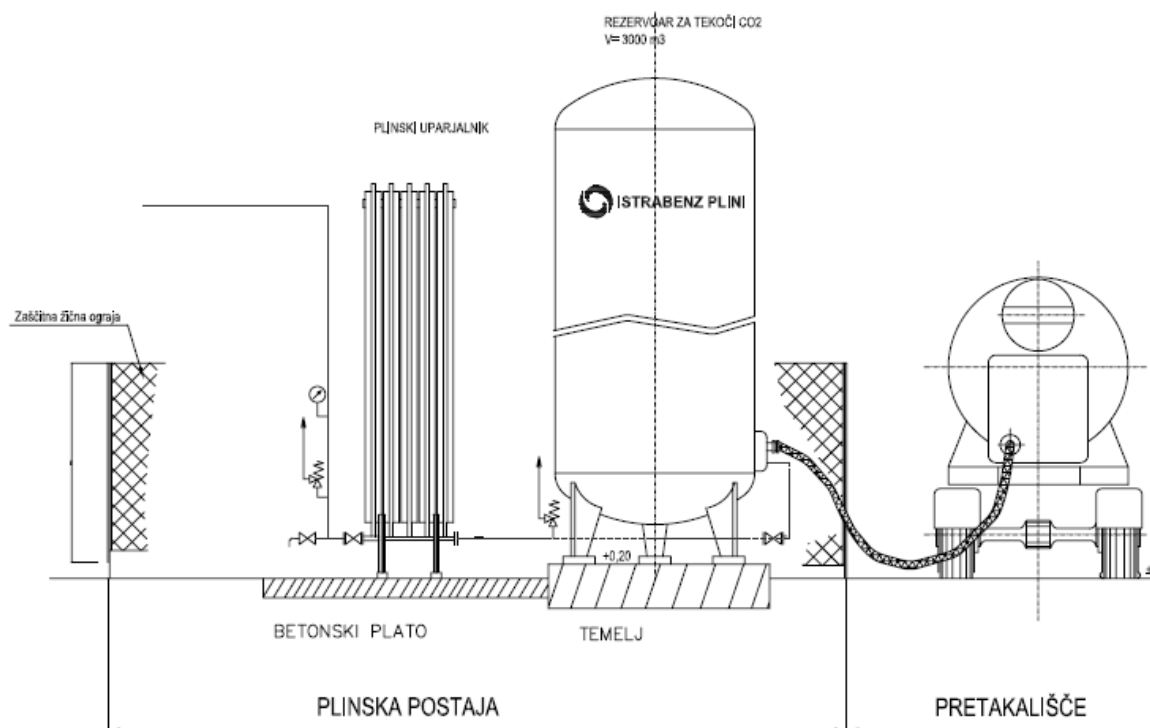
Sistem je bil narejen za utrjevanje vodnih UV lakov, zato ga nudijo tudi v kompletu s "Coolac" sistemom, sušilnim kanalom, transporterjem in UV enoto (Slika 48). Celotna linija je dolga 19 m, široka 11 m in visoka 5 m. Vso opremo razen UV enote lahko priskrbi njihov Italijanski partner, podjetje Finiture, UV enote pa izdeluje Finsko podjetje Sasmator, ki je izdelalo tudi prototip in do sedaj prodane enote. Investicija v tako linijo bi znašala okoli 200.000 €.



Slika 48: Potrebna oprema za utrjevanje vodnih UV lakov v inertni atmosferi z "Uvitec"-om. (Soljamo, 2006).

Inertni plin je možno dovajati iz jeklenk ali pa iz rezervoarja. Glede na odgovor iz podjetja Istrabenz plini se glede na letno porabo ($10 \text{ kg} \times 8 \text{ h} \times 5 \text{ dni/teden} \times 48 \text{ tednov/leto} = 19.200 \text{ kg/leto}$ izraženo v litrih $= 19.200 \times 1,3 = \text{cca } 25.000,0 \text{ litrov/leto}$) bolj splača postaviti rezervoar prostornine 3000 l, katerega bi polnili enkrat mesečno. Celotna investicija v rezervoar in ostalo napeljavo (Slika 49) se povrne v dobrih treh letih, saj je cena za kilogram plina kar 3 krat nižja (0,22 €/kg) od cene za kilogram plina v jeklenki (0,65 €/kg). Investicija v plinsko postajo bi znašala dodatnih 25.000 € + stroški transporta

Milano - Borovnica, vendar jo zaradi potrebe po rednem vzdrževanju raje dajo v najem za 200 €/mesec.



Slika 49: Načrt rezervoarja in potrebne opreme za dovod inertnega plina. (Pišlar, 2007).

V primeru uporabe končnega UV laka s 100 % deležem suhe snovi bi bil za Borles najprimernejši "Uvitec", saj krajšega utrjevanja ni moč doseči na noben drug način. Z uporabo UV olj bi bilo mogoče utrditi tudi oljene stole. Ker je izdelke možno pakirati takoj po utrditvi premaza, bi s tem zmanjšali število poškodovanih izdelkov.

4.4.8.7 Toplozračni sušilni tuneli

Toplozračni sušilni tuneli so najstarejši način pospešenega sušenja premazov. Kljub dolgim časom sušenja se še vedno veliko uporabljajo saj je to najbolj preizkušen način.

Sušilni tuneli so sestavljeni iz :

- odsesovalnika, ki odsesa pare topil na mestu vlaganja sveže obdelanih obdelovancev, med tem časom poteka tudi razlivanje oz umirjanje filma,
- umirjevalnega tunela, ki suši premaz v fazi razlivanja z minimalno intenzivnostjo,
- odparjevalnika v katerem se zaradi protismernega toka zraka in včasih povišane temperature z veliko intenzivnostjo izločajo topila,
- sušilnika, ki zaradi dviga temperature in povečane hitrosti zraka dokončno osuši premaz,
- hladilnika, ki obdelovance ohladi na temperaturo 40-50 °C.

Predvsem italijanski proizvajalci ločujejo posamezne dele sušilnih kanalov z zračnimi zavesami. Po izkušnjah g. Kravtuha iz ETE d.o.o. pa se doseže boljši učinek, če ima vsak del sušilnega tunela svoj dovod svežega zraka in odvod s parami topil nasičenega zraka.

Zaradi dolžine sušilnih tunelov bi jih morali v Borlesu postaviti zunaj proizvodne hale, kar predstavlja potrebo po dodatni izolaciji sušilnega kanala. Ker se bo premaz nanašal v proizvodni hali, bi moral biti sušilni tunel zgrajen v obliki črke U. Zaradi oblike črke U ne bo možno za transport obdelovancev skozi sušilni kanal uporabiti letvastega transporterja. Preostanejo še valjčni in verižni transporterji ter vozički, v primeru valjčnega in verižnega transporterja bodo stoli in omarice naloženi na podložne plošče. Zaradi možnosti zgoščevanja v sušilnem kanalu bi bila primernejša verižni ali valjčni transporter. V podjetju Inovacija so mi svetovali verižni transporter, saj je z njim lažje premostiti velike razdalje, lažje je izvesti prenos za 90°, pa tudi vzdrževanje je lažje in cenejše. Zaradi uporabe verižnega transporterja v sušilnem kanalu bo najlažje, če se tudi pri nanašanju premaza uporabi verižni transporter. Z uporabo verižnega transporterja pri nanašanju premaza bo tudi lažja vgradnja in izdelava naprave ki obdelovanec obrne za 90°, da se ga lahko površinsko obdelava z vseh strani.

5 REZULTATI

Na podlagi kriterijev za dosego želene kvalitete površinske obdelave in želj tehnologov in direktorja Borlesa sem se odločil za najprimernejši lak, izbiro lužila pa je pogojeval izbrani lak. Opremo za površinsko obdelavo so izbrali tehnologi in direktor PE Borles po predstavitvi vseh tehnologij, jaz pa sem med različnimi ponudniki izbral po mojem mnenju najprimernejšega.

5.1 IZBRANI LAK

Glede na spisek želj in zahtevanih lastnosti lakov, ki je bil poslan največjemu slovenskemu proizvajalcu lakov in zastopnikom tujih podjetji, sem prejel informacije o posameznih lakih, katere sem nato primerjal med seboj.

Zahteve za vodne lake in lužila so bile sledeče:

- zaradi enostavnejšega dela in možnosti rekuperacije bi morali biti enokomponentni,
- imeti bi morali približno tako odpornost kot jo imajo PU laki na osnovi organskih topil,
- prilagojeni bi moral biti za elektrostatsko brizganje,
- s primerno viskoznostjo za vroče kombinirano zračno-brezračno brizganje,
- omogočati bi morali zlaganje obdelovancev takoj po sušenju,
- na voljo bi morali biti v barvni in brezbarvni verziji,
- lužila (če ne lužila pa lak) bi morala biti dobro obstojna na svetlobi,
- čas sušenja lužil bi moral biti čim krajši,
- dvig vlaken po luženju bi moral biti čim manjši.

Prejel sem ponudbe dveh podjetji za štiri lake (Preglednica 5), ki so povsem ali vsaj delno ustrezali tem zahtevam.

Preglednica 5: Lastnosti ponujenih lakov (Brelj in Kogoj, 2007 ter Burja, 2006).

Lastnosti	Proizvajalec in lak			
	Helios Ekohel	Helios Hidroheli	Ilva polimeri Aquatech tem	Ilva polimeri Aquatech konč
Enokomponentni	da	da	da	da
odpornost primerljiva s PU	nižja	nižja	možno z dodatki	možno z dodatki
elektrostatsko brizganje	s prilagoditvijo	s prilagoditvijo	da	da
možno vroče brizganje	z dodatki	z dodatki	z dodatki	z dodatki
možnost zlaganja	po 2 urah	po 8 urah	takoj	takoj

Ker laka Aquatech potrebujeta manj prilagoditev in omogočata zlaganje obdelovancev takoj po sušenju, sta bolj primerna za uporabo v Borlesu. Enak lak uporablja za elektrostatsko brizganje in nato mikrovalovno sušenje že italijanski proizvajalec stolov.

Najmanjša možnost težav je ob uporabi lužil istega proizvajalca, zato bi bilo najprimernejše kombinacijsko lužilo PF5, ki je namenjeno brizganju, v kolikor bi bila potreba po hitrejšem sušenju ali manjšem dvigu lesnih vlaken, je možna tudi prilagoditev.

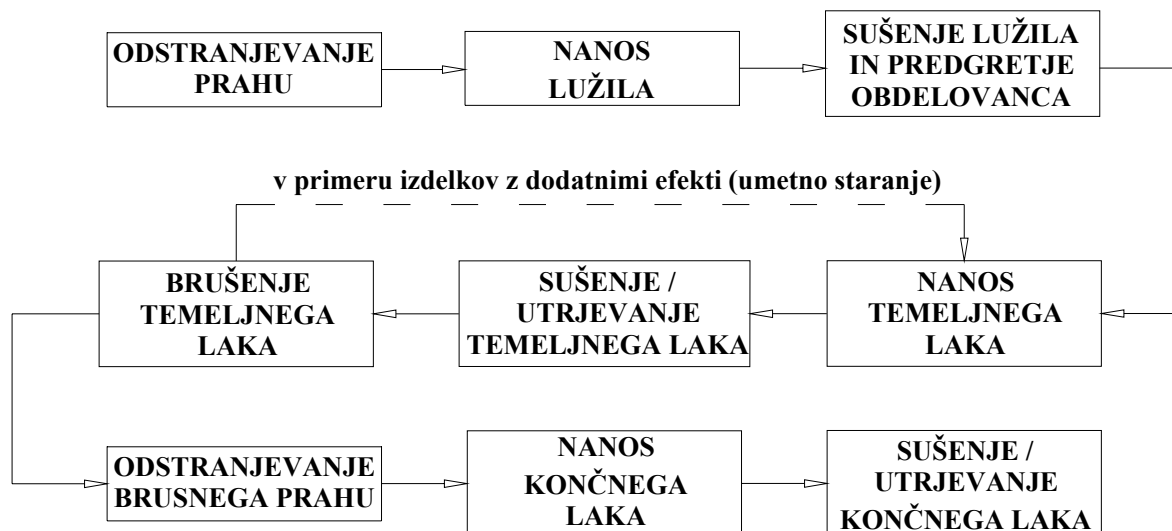
Različne barve laka je možno doseči z dodatkom konverterjev, boljše kemično in mehansko odpornost pa z dodatkom utrjevalca. V kolikor bi želeli za končni sloj uporabiti UV lak, jih ima proizvajalec tudi v svojem proizvodnem programu.

5.2 IZBRANA TEHNOLOGIJA

Tehnološki postopek površinske obdelave stolov, omaric, in postelj bo sledeč:

1. odstranitev prahu,
2. nanos lužila,
3. sušenje in predgretje obdelovanca,
4. nanos temeljnega laka,
5. sušenje temeljnega laka,
6. brušenje temeljnega laka,
7. odstranjevanje brusnega prahu,

8. nanos končnega laka,
9. sušenje končnega laka.



Slika 50: Shema tehnološkega postopka površinske obdelave stolov, omaric in postelj.

Prah lahko odstranimo z zračno izpihovalno ali lakirno pištolo v lakirni ali odsesovalni kabini, s sesalno in sesalno izpihovalno pištolo, modificirano ionizacijsko napravo, rotirajočimi šobami ali "zračnim nožem" (Preglednica 6).

Preglednica 6: Primerjava naprav za odstranjevanje prahu.

	potreben delavec	poraba energije vrsta	količina	podajalna hitrost	višina investicije
zračna izpihovalna pištola	da	komprimiran. zrak	velika	majhna	majhna
sesalna/sesalno izpih. pištola	da	komprimiran. zrak	majhna	majhna	majhna
ionizacijska naprava	ne	elektrika, komp. zrak	velika	velika	velika
turbo šobe	ne	komprimiran. zrak	velika	velika	srednja
zračni noži	ne	komprimiran. zrak	majhna	velika	srednja

Za odstranjevanje prahu bo služil "zračni nož" (Preglednica 7), da ne bo potrebna postavitev komore, bo na obeh straneh postavljeno odsesovalno ustje. Ta prah še ne vsebuje delcev laka, zato se ga lahko shranjuje v že postavljene filtre.

Preglednica 7: Tehnični podatki za 30 cm "zračni nož" proizvajalca Ingersol Rand (Ingersoll Rand ... , 2005).

Pressure Supply		Air Consumption Per Inch		Velocity @ 6"		Sound Level @ 3'	Force Per Inch @ 6"	
psig	bar	cfm	L/min	fpm	m/s	dBA	oz	g
20	1.4	1.1	31	5,000	25.4	57	0.6	17
40	2.8	1.7	48	7,000	35.6	61	1.1	31
60	4.7	2.3	65	9,600	48.8	65	1.8	51
80	5.5	2.9	82	11,800	57.9	69	2.5	71
100	6.9	3.5	99	13,500	66	72	3.2	91

Nanašanje lužil in laka se bo izvajalo v suhih lakirnih kabinah. V načrtu sem predvidel Prolak-ove lakirne kabine (Preglednica 8). Lakirna komora se je kljub svojim prednostim zaradi večje porabe prostora izkazala za neprimerno. V kolikor se bo pokazala potreba po sistemu za zbiranje in vračanje overspray-a bo možna naknadna dograditev. Lakirne kabine za nanos temeljnega in končnega laka so večje, kar omogoča, da dva delavca brizgata v eni lakirni kabini, oziroma postavitev lakirnega robota.

Potrebna minimalna velikost lakirnih kabin :

$$\text{min globina lakirne kabine} = \text{maks globina izdelka} + 0,5 \text{ m} \quad \dots(2)$$

$$\text{min širina lakirne komore} = \text{maks širina izdelka} + 1 \text{ m} \quad \dots(3)$$

$$\text{min širina lakirne komore (nanos z robotom)} = \text{maks hod roke} + 0,1 \text{ m} \quad \dots(4)$$

Preglednica 8: Tehnični podatki za izbrani lakirni kabini (Lakirna kabina ..., 2004).

tip kabine		Enota	LKS					
število modulov			2	3	4	5	6	
ZUNANJE DIMENZJE	širina	mm	1600	2350	3100	3850	4600	
	višina		2340					
	globina		1500	1500	2250	2250	2250	
ODSESOVANJE		m3/s	0.80	1.20	1.60	2.00	2.50	
MOČ VENTILATORJA		KW	1.5	2.0	2.5	3.6	5.0	
RAZSVETLJAVA		W	80	120	180	220	260	

Za elektrostatsko nanašanje lužil bo najbolje uporabiti Graco-tovo elektrostasko brizgalno pištolo (Preglednica 10), ki za svoje delovanje potrebuje samo komprimiran zrak. Elektrostatično napetost ustvari turbina, ki jo poganja stisnjen zrak. V kolikor bodo želeli za brizganje uporabiti elektrostatično "air-coat" ali "air-mix" brizgalno pištolo, bo potreben Wagnerjev ali Kremlin-ov sistem (Preglednica 9), ki pa zasede malo več prostora, zato je tudi vrisan v načrt.

Preglednica 9: Primerjava elektrostatskih brizgalnih pištol (navodila za uporabo primerjanih lakirnih pištol).

proizvajalec	Graco	Nodrdson	Kremlin	Wagner		ITW Ransburg
model	WB100	Kinetix Watermark	ISO bubble II	Aquacoat Air	Air-coat	Vector R Waterborne
način brizganja	zračno	HVLP/zračno	airmix/zračno	zračno	aircoat	HVLP/zračno
način izolacije	popolna	voltage block	popolna	popolna	popolna	celotenega sistema
varnost	najvišja	visoka	najvišja	najvišja	najvišja	visoka
potrebna energija	komp. zrak	el. in komp. zrak	el. in komp. zrak	el. in komp. zrak		el. in komp. zrak
napetost	30-60 kV	60 kV	85 kV	70 kV	70 kV	85 kV
namestitve grelca	ni možna	samo za premaz	ni možna	možno po naročilu		možna
višina investicije	nizka	nizka	srednja	srednja	srednja	visoka
stroški vzdrževanja	nizki	nizki	nizki	nizki	nizki	visoki

Preglednica 10: Tehnični podatki za Graco-tovo brizgalno enoto WB 100 (WB 100 ... , 2002).

maksimalni delovni pritisk premaza	0.7 MPa, 7 bar
maksimalni delovni pritisk zraka	0.7 MPa, 7 bar
minimalni pritisk zraka ob vstopu v brizgalno pištolo	0.28 MPa, 2.8 bar
maksimalna temperatura premaza	48°C
napetost	60 kV oz. 30-60 kV odvisno od cevi
glasnost pri brizganju (merjeno po ISO 9216)	pri 0.28 MPa, 2.8 bar: 90.4 dB (A) pri 0.7 MPa, 7 bar: 105.4 dB (A)
glasnost pr brizganju (merjeno 1 m od pištrole)	pri 0.28 MPa, 2.8 bar: 87 dB (A) pri 0.7 MPa, 7 bar: 99 dB (A)
teža brizgalne pištrole	788 g
dolžina brizgalne pištrole	28.2 cm
teža izolacijskega sistema	156.3 kg
višina izolacijskega sistema	1118 mm
širina izolacijskega sistema	610 mm
globina izolacijskega sistema	737 mm

Za brizganje temeljnega in končnega laka bo najbolje uporabiti Wagner-jev Aquacoat aircoat sistem (Preglednica 12 in

Preglednica 13), saj bi ob uporabi dvojne membranske črpalke (Preglednica 14) ostalo še dovolj prostora za namestitev električnega grelca (Preglednica 15) znotraj izolacijskega sistema (Preglednica 11).

Preglednica 11: Tehnični podatki za Wagner-jev izolacijski sistem Aquacoat (Translation of the ... , 2007).

masa (brez črpalke in barve)	70 kg
temperatura obratovanja	5-40°C
maksimalna temperatura premaza	60°C
maksimalna temperatura zraka	43°C
višina	1930
širina	1000
globina	616

Preglednica 12: Tehnični podatki za Wagner-jevo kontrolno enoto VM 2900W (Translation of the ... , 2007).

dovedena napetost	85-264 VAC 47-440 Hz
potrebna električna energija.	25 W
omejevalec visoke napetosti	70 kV DC
masa (brez kabla)	6.2 kg
delovna temperatura	5-40°C

Preglednica 13: Tehnični podatki za Wagner-jevo brizgalno pištolo (Translation of the ... , 2007).

maksimalni pritisk zraka	0.8 MPa 8 bar
maksimalni pritisk premaza	0.8 MPa 8 bar
dolžine cevi	7.5 m, 10 m, 15 m, 20 m
masa brez cevi	0.7 kg
delovna temperatura	5-40°C
maksimalna temperatura premaza	60°C
glasnost pri 0.2 MPa; 2 bar; pritiska zraka	65 - 79 dB(A) odvisno od uporabljene šobe

Preglednica 14: Tehnični podatki za Wagner-jevo dvojno membransko črpalko Cobra 40-10 (Translation of the ... , 2005).

razmerje	40:1
pritisk dovedenega zraka	2,5-6 bar
maksimalni delovni pritisk	250 bar
dovoljen naklon črpalke	+/-10°
dovoljen pH premaza	3,5-9 pH
glasnost pri največjem pretoku	72 dBA
delovna temperatura	10-60 °C,
temperatura premaza	10-80 °C
masa	19 kg
višina	313mm
dolžina	505 mm
širina	182 mm

Preglednica 15: Tehnični podatki za Wagner-jev grelec (Produktinformation: Flow ... , 2005).

potrebna električna energija	3,2 kW
maksimalni pritisk premaza A 32 Ex 2R	250 bar
regulacija temperature	0-82°C
maksimalna temperatura	106 °C
masa	19,4 kg
višina	680 mm
širina	180 mm
globina	150 mm

Sušenje vseh nanosov se bo izvajalo v toplozračnem sušilnem kanalu. Čeprav zasedejo toplozračni kanali največ prostora (Preglednica 16) in časi sušenja vodnih lakov znašajo približno eno uro, je to še vedno najbolj preizkušena tehnologija. Ker vodo ogrevajo z lesnimi odpadki iz svoje proizvodnje, je tudi ena najbolj ekonomičnih opcij. Sušenje lužil bo potekalo pri temperaturi do 40 °C, sušenje laka pa pri temperaturi od 21 do 50 °C odvisno od faze sušenja. Tunel za sušenje lužil bo služil tudi za predgretje obdelovancev

pred nanosom temeljnega laka, zato bo brez hladilnika. V kolikor se bo adsorpcijsko sušenje vodnih premazov v praksi izkazalo za uspešno, je možna tudi kasnejša dograditev adsorpcijske enote.

Brušenje temeljnega laka (Preglednica 17) bo potekalo v komori z ročnim brusilnikom s krtačo (Preglednica 18). S tem se bodo skrajšali časi brušenja in povečala se bo kvaliteta površine.

Preglednica 16: Primerjava različnih načinov sušenja.

način sušenja	toplozračno	kondenzacijsko in adsorpcijsko	IR	MOS	VF	UV v inertni atmosferi
			za prostorske izdelke			
hitrost sušenja (min)	~ 60	~ 30	~ 15	~ 10	~ 10	20 sek
dolžina tunela (m)	~ 40	~ 20	~ 15	~ 10	~ 10	7,5
poraba toplote (MJ/h)	~ 4000	~ 2000	0	~ 20,94	~ 20,94	0
poraba elektrike	majhna	20 - 40 kW/h	velika	~ 12 kW/h	~ 20 kW/h	~ 10 kW/h
odvisnost od vremena	da	ne	ne	ne	ne	ne
uporaba v industriji	več desetletji	od leta 2002	~ 40 let	od leta 2006	od leta 2006	od leta 2006
nevarnost za zdravje	ne	ne	samo v primeru poškodovanja zaščite			

Preglednica 17: Primerjava različnih načinov brušenja.

način brušenja	v bobnu	z robotom	z ročnim brusilnikom
potreben delavec	da	da (programiranje)	da
omejitev z obliko	da	ne	ne
potrebna komora	ne	da	da
potrebno popraviljanje	da (v vogalih)	ne	da (v vogalih)
kapaciteta	0,5 - 1 stol / min	~ 1 stol / min	0,25 - 0,5 stola / min
potreben prostor (m)	4,72 x 1,60 x 3,02	R roke ~ 2	~ 2 x 1 (miza za brušenje)
možnost prenašanja	ne	ne	da
investicija	srednja	visoka	nizka
stroški obratovanja	srednji	nizki	visoki (večje št. delavcev)

Preglednica 18: Tehnični podatki za Fladderjev ročni brusilni stroj s krtačo (Manual machines ... , 2005).

pritisk komprimiranega zraka	maks10 bar
poraba komprimiranega zraka	300 l/min.
dolžina vretena	80 mm
premer vretena	Ø50 mm
število brusilnih kolutov	10 kosov
vrsta brusilnih obročev	150/50
distančniki	50/8
masa (z brusilnimi obročji)	800 g

Transport stolov in sestavljenih omaric bo potekal po verižnem transporterju. Stoli in omarice bodo stali na podložnih ploščah, kar bo omogočalo zgoščevanje izdelkov v sušilnem tunelu in zmanjšalo potrebno dolžino sušilnega tunela. Ostali obdelovanci pa se bodo transportirali na visečem transporterju.

5.3 PREGLED DOSEŽENIH ZAHTEV

Z uvedbo elektrostatskega brizganja se je povečala kapaciteta lakirnice, s tem se je tudi pridobilo dodatni prostor, saj je medfazno skladišče pred lakirnico sedaj manjše. Zaradi prehoda na vodne lake ni emisij HOS, oziroma so te zanemarljive. Število poškodb bi se moralo zmanjšati, saj se izdelki lahko zložijo (embalirajo) takoj ko pridejo iz sušilnega kanala, pa tudi ročnega prenašanja izdelkov skoraj ni več.

Še vedno pa niso rešene poškodbe, ki nastanejo med utrjevanjem olj. Ena od rešitev bi bila postavitve visečega transporterja, ki bi oljene izdelke dvignil pod strop, kjer se poškodbe ne bi smele dogajati.

Tudi zadostnega odlagalnega prostora še vedno ni. Nekaj dodatnega prostora bi pridobili, če bi zmanjšali medfazne zaloge, nekaj s planiranjem po principu ozkih grl in pa s Kanban metodo. Največ odlagalnega prostora pa bi pridobili s postavitvijo skladiščnih regalov. Problem z odlagalnim prostorom in premajhnim skladiščem končnih izdelkov pa bo možno dokončno rešiti le s širitvijo oziroma z izgradnjo še enega skladišča.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

Kljub vsem novostim na področju površinske obdelave, se v praksi še vedno najbolj pogosto uporablja najbolj preizkušene naprave in premaze. Zaradi Uredbe HOS je trenutno uporaba vodnih premazov v porastu, čeprav je pri delu z njimi več težav kot z UV utrjujočimi premazi. Uporaba vodnih lakov narašča hitreje kot uporaba UV utrjujočih lakov. Razlog za to je v zelo dragih in še nepreizkušenih napravah za UV utrjevanje prostorskih izdelkov. Pri prehodu na uporabo vodnih lakov je potrebno le posodobiti nanašalne naprave, sušenje premazov pa lahko še vedno poteka v istem sušilnem tunelu.

Lužilo je največkrat pogojeno z lakom, saj večina proizvajalcev lakov ne priznava reklamacij, če ni uporabljeno tudi njihovo priporočeno lužilo. Z uporabo vodnih lužil z dodatkom akrilata ali kombinacijskih lužil bo luženje enostavno, dosežena bo majhna emisija HOS. Zaradi dobrih lastnosti lužil bo kvaliteta lužene površine ostala enaka ali pa bo še boljša. Z uporabo UV lužil bi zmanjšali še čas sušenja s 30 minut na približno 20 s ter dosegli bolj odporno površino.

Z uporabo vročega elektrostatskega brizganja se bo zmanjšalo emisije HOS, povečal se bo izkoristek nanosa ter skrajšal čas sušenja za najmanj $\frac{1}{4}$ (približno 20 minut pri toplozračnem sušenju). Z uporabo lakirnih robotov pa bi znižali še stroške dela, povečali kapaciteto lakirnice in povečali izkoristek nanosa za minimalno 5 %.

Za sušenja premazov je še vedno najbolj preizkušen sušilni tunel. Velika prednost je tudi možnost naknadne dograditve kondenzacijske ali adsorpcijske enote. Linija je zasnovana tako, da omogoča kasnejšo postavitev lakirnih robotov in "Coolac" sistemov. Največja slabost predvidene linije pa je velika poraba prostora in precej dolg čas sušenja. Zaradi postavitve sušilnih tunelov tudi nadaljnja širitev proizvodnje hale ne bo možna. V kolikor bi želeli ohraniti prostor za nadaljnjo širitev proizvodnje hale bi morali sušilnik postaviti

pod strop. S postavitjo visečega transporterja bi tudi preprečili poškodbe izdelkov med transportom v lakirnici in sušenjem.

Dosti krajša linija bi bila, če bi za sušenje lužil postavili IR sušilnik, za sušenje temeljnega laka MOS sušilnik in za končni lak "Uvitec". Taka linija bi bila dolga približno 29 m in široka približno 15 m. V tem primeru bi bila investicija zelo visoka, vendar bi vse naprave lahko postavili v obstoječi prostor lakirnice. S tem bi privarčevali prostor, kar bi omogočalo tudi kasnejšo širitev proizvodnje hale. S prehodom na UV lak in olje bi dosegli tudi bolj odporno površino. Zaradi zelo kratkega časa utrjevanja UV olj bi se tudi popolnoma izognili poškodbam med utrjevanjem oljenih izdelkov.

7 POVZETEK

V podjetju Liko Vrhnika d.d., PE Borles se zaradi zastarele lakirnice in HOS direktive, ki začne veljati 1.11.2007 srečujejo s potrebo po posodobitvi lakirnice in prehodom na lake z manjšo vsebnostjo HOS. Eden od najbolj razširjenih načinov je prehod na vodne lake. Ker so vodni laki ponavadi dražji, so se hitro razvili sistemi za elektrostatsko brizganje in sistemi za zbiranje ter ponovno uporabo overspraya. Zaradi visoke vsebnosti vnesene vode v les se pojavi problem dvigovanja lesnih vlaken, ta problem so rešili z novimi brusilnimi materiali. Daljše čase sušenja vodnih lakov pa z novimi sušilniki.

Drug zelo pogost način zmanjševanja emisij HOS je prehod na UV utrjujoče lake. UV utrjevanje je bilo dobro rešeno za ploskovne izdelke, ker pa ima veliko prednosti, so ga poizkušali na več načinov uporabiti tudi za utrjevanje prostorskih izdelkov. Trenutno se je najbolj uveljavilo UV utrjevanje v inertni atmosferi.

Pri postavitvi linij za površinsko obdelavo sedaj res ni problem najti ustrezne opreme, večji problem je, ker so novejši sistemi sušenja, utrjevanja in nanašanja precej dragi in nepreizkušeni. Zato se še vedno veliko uporabljajo klasični sušilni tuneli in bolj preizkušeni načini nanašanja "air-mix", "HVLP", "LVLP"...

V Likovi poslovni enoti Borles želijo zaradi uredbe HOS preiti na vodne lake. Za dober izkoristek nanosa vodnih lakov so na trgu sistemi za zbiranje in ponovno uporabo "overspraya" in sistemi za elektrostatsko brizganje vodnih lakov. Ker sistemi za zbiranje in ponovno uporabo "overspraya" v praksi še niso tako preizkušeni kot sistemi za elektrostatsko brizganje vodnih lakov, so se v Borlesu odločili za elektrostatsko brizganje. V kolikor pa bo izkoristek nanosa slab, pa bo možno tudi naknadno postaviti sistem za zbiranje in ponovno uporabo "overspraya".

Ravno zaradi nepreizkušnosti novih sistemov za sušenje in utrjevanje so se v PE Borles odločili za toplozračne sušilne tunele. Prednost sušilnih tunelov je tudi uporaba odpadkov iz lastne proizvodnje za segrevanje vode. Klasični sušilni tunel omogoča tudi naknadno dograditev kondenzacijske ali adsorpcijske enote in IR žarnic, s čimer se lahko poveča kapaciteto sušilnega kanala, če je to potrebno.

Poleg problema z lakirnico se srečujejo tudi s problemom pomanjkanja skladiščnega prostora za končne izdelke in medfazne zaloge. Problem s prostorom za medfazne zaloge je možno rešiti s povečano kapaciteto lakirnice. Največji problem s prostorom za medfazne zaloge je pri strojih, ki predstavljajo ozko grlo, zato je problem rešljiv tudi z nakupom zmogljivejših strojev oziroma s postavitvijo še enega stroja. Problem s skladiščnim prostorom za končne izdelke pa bo težko rešiti drugače kot s širitvijo proizvodnje hale.

8 VIRI

100 % solid UV stains. 2006. R & D Coatings Inc.

<http://www.rdcoatings.com/whatsnew.html> (21. okt. 2006)

1-hand tool for Sanding - Finishing - Sealer sanding: Model F6. 2003. Quickwood.

http://www.quickwood.com/upload_img/F6-F15-LQ.pdf (27. nov. 2006)

2D-Zeichnung (DWG) im ZIP-Format. 2001. Motoman Robotec Gmbh.

http://www.motoman.de/database/robots/rob2d/px/px1850-l/px1850-l_dwg.zip (19. feb. 2007)

Aqublock. 2000. ITW Ransburg electrostatic systems.

<http://www.itwransburg.com/servicepdfs/AQUABLOCsm.PDF> (24. jan. 2007)

Beck E., Studer K., Decker C., Schwalm R. 2003. UV curing in carbon dioxide. Basf AG (12. maj 2004)

<http://www.vilf.de/pdf/fachvortraege/269.pdf> (19. jul. 2007)

Becker E. UV curing for everybody. 2001. Basf AG. Radtech Europe. (27. nov. 2002)

http://www.radtech-europe.com/files_content/beckpapernovember.pdf (19. jul.

Bejek D. 2007 "Informacije o CO₂-ju." Koper, Istrabenz plini, plini in plinske tehnologije, d.o.o. (osebni vir, 22. mar. 2007)

Biehler M., Beck E., Menzel K., Titusson S., Daiss A. Soljamo K., Fagerholm K. 2005. UV becomes 3-dimensional. Radtech Europe (7 sep. 2005)

http://www.radtecheurope.com/files_content/august%20papers%202005/biehlerpape-raugust2006.pdf (1. avg. 2006)

Brelih M., Kogoj M., 2007. "Informacije o vodnih lakih Aquatechn proizvajalca Ilva polimeri spa." Škofja Loka, Brelih d.o.o. (osebni vir, 3. jan. 2007)

- Buehlmann U., Schleusener J. 2002. European finishing technologies coming to IWF;
Part I: Finishing materials, sanding and spray technologies. Wood & Wood product.
July 2002
<http://63.146.63.60/www/200207/eurofinish.htm> (29. dec. 2006)
- Buehlmann U., Schleusener J. 2002. European finishing technologies coming to IWF;
Part II: Roller, curtain, and vacuum coating and drying. Wood & Wood product.
August 2002
<http://63.146.63.60/www/200208/eurofinish2.htm> (29. dec. 2006)
- Burja K. 2003. Vodni laki-korak k bolj zdravi prihodnosti. Barve govorijo, 8:3
http://www.helios.si/pdf/barve_8.pdf (17. okt. 2006)
- Burja K. 2006. "Heliosovi vodni laki in emajli: predstavitev in priporočila za delo".
Domžale, Helios (osebni vir, 16. nov. 2006)
- Case studies: Low-voc/hap wood furniture coatings. 2000. EPA Researc and
development.. (1. jun.2000)
<http://www.epa.gov/ttn/atw/wood/low/index.html> (24. mar. 2007)
- Centofante A.D. 2003 High solids coatings. PF Online
<http://www.pfonline.com/articles/pfd0327.html> (19.mar.2007)
- Chair sanding. 2006. 24a Automation
<http://www.24a.dk/default.asp?contentID=542> (20. feb. 2007)
- Combination systems. 2003 PSC
http://www.pscrfheat.com/combination_systems.htm (19. maj 2007)
- Coolac use all of the paint. 2005. Nutro Corporation.
<http://www.coolacusa.com/works.htm> (15. avg. 2006)

Coolac. 2003. r+h - Systemtechnik Range + Heine GmbH.

<http://www.range-heine.de/englisch/506129966b0b05c04/506129966b0b1e112/506129966b0b1f214/index.htm> (15. avg. 2006)

Cure tunnel: Tremendous 3D, High Speed Curing Power 2006 Epak electronics Ltd.
(25. jan 2006)

<http://www.epakelectronics.com/newproducts.htm#newaitstuff> (17. jun. 2006)

Datasheet for PX1450. 2006. Motoman Robotec GmbH.

http://www.motoman.de/database/robots/robpdf/px/px1450/Moto_PX1450_E.pdf
(19. feb. 2007)

Dehmel M. 2007. "Dry air drying process." Herzebrock-Clarholz, Rippert
Anlagentechnik GmbH & Co. KG (osebni vir, 30. jan. 2007)

Di Cerbo C. 2007. "MOS okvirna cena." Figino Serenza, Giardina Officine
Aeromeccaniche S.p.a. (osebni vir, 5. feb. 2007)

Dry air. 2002. Rippert Anlagentechnik GmbH & Co. KG.

<http://www.rippert.de/html/e-dryair.htm> (30.12.2006)

Drying of water-based finishing products: Use of microwaves installations also for
tridimensional pieces. 2005. Giardina officine aeromeccaniche s.p.a. (01. feb. 2006)

http://www.giardinagroup.com/home/prodotti/pdf/t_e_mos_gb.pdf (19. jul. 2006)

Drying systems for water – based products. 2006. Giardina officine aeromeccaniche
s.p.a.

http://www.giardinagroup.com/home/prodotti/pdf/t_e_mos_gb.pdf (26. maj 2006)

Dynamic ionisation blow-off station. 2005. Rippert Anlagentechnik GmbH & Co. KG.

<http://www.rippert.de/download/dyniongb.pdf> (1. nov. 2006)

Efficient painting of small batch sizes. 2005. LacTec Gmbh.

http://www.lactec.com/english/produkte/lackiermaschinen/lackierroboter/00LOS_e.pdf (4. feb. 2007)

Eight good reasons to try robotic UV curing. 2006. UV Robotics.

http://www.uvrobotics.com/files/Eight_Reasons_Application_Note.pdf (9. jan.

Ekart R. 2007 "Informacije o transportnih napravah." Miklavž na Dravskem polju, Inovacija d.o.o. (osebni vir, 8. mar. 2007)

Electrostatic guns: For manual and automatic application. 2006. Wagner. (sep. 2006)

http://www.wagnergroup.de/portal/loader.php?seite=industry_wet_downloads_en_wag&navigation=1049&pfad_seite=1 (22. okt. 2006)

Electrostatic guns: For manual and automatic application. 2006. Wagner. (avg. 2006).

http://www.wagnergroup.de/portal/loader.php?seite=industry_wet_downloads_en_wag&navigation=1049&pfad_seite=1 (16. avg. 2006)

Elektrostatsko brizganje vodnih lužil " " 2007. Ljubljana, Air-g d.o.o. (osebni vir, 26. jan. 2007)

Fladder for the wood Industry details. 2002. Fladder Danmark A/S. (27. jan. 2004)

<http://www.fladder.com/download/English/trae.pdf> (21. feb. 2007)

Flowcoat tunnels. 2006. LBtec Indufinish.

<http://www.lbtecindufinish.com/UK/natlakken.php?cont=22> (18. avg. 2006)

Frierss G. 2007. "Informacije o UV laki s 100 % deležem suhe snovi za nanašanje z brizganjem." HG Klagenfurt, Henelit Gesmbh (osebni vir, 27.mar. 2007)

From oscilation to heat. 2002. Plustherm Point GmbH.

<http://www.plustherm.ch/eng/Starte.html> (5. okt. 2006)

Furniture factory Korhonen the first globally to employ Tikkurila's "Uvitec" method.

2006. STT Pressi.

<http://www.pressi.com/int/printable/101959.html> (25.07.2006)

Grebenc A., Volk S. 2007 "Podatki o podjetju Liko Vrhnika d.d." Verd, Liko Vrhnika d.d. (osebni vir, mar. 2007)

Grinding. 2006. Rippert Anlagentechnik GmbH & Co. KG.

http://www.rippert.de/pdf/PI_Schleiftische.pdf (18. maj 2007)

Halogen drying oven s. 2005. Rhodes Systems International Incorporated.

<http://www.rsisystemsinc.net/images/photos/18.jpg> (20.04.2007)

Infrared modules for industrial processes. 2005. Heraeus noblelight GmbH

http://www.heraeusnoblelight.com/fileadmin/user_upload/PDF/IR/InfraredModulesProcesses.pdf (16. nov. 2006)

Infrared Ovens from Vulcan Catalytic ltd. 2006. Vulcan Catalytic Systems Ltd.

<http://www.infraredovens.us/> (10. maj 2007)

Ingersoll Rand point-of-use accessories. 2005. Ingersoll Rand.

http://www.irtools.com/partsandaccessories/catalog_pdfs/User_Point_of_Use.pdf
(25. jan. 2007)

Instruction manual: Iso bubble II. 2004. Kremlin Rexson. (8. jan. 2007)

http://srvlinux.incit.com/kremlin_base_docu/Anglais/Iso-bubble/Iso-bubble_2/Instruction_manual/173112-0701.pdf (27. jan. 2007)

Instruction manual: W 400 WB spray gun. 2006. Anest Iwata (feb. 2006)

<http://www.anest-iwataeu.com/objects/documents/manuals/w400wben.pdf> (12. okt. 2006)

- Iseghem C.V.L. Wood finising with UV-curable coatings. 2006. Radtech (08.sep.2006).
http://d67576.u25.creativedg.com/Industry/pdf_articles/woodfinishmayjun06.pdf
(17. mar. 2007)
- Izzo C. 2006. Today's paint-application methods. PF Online (29. nov. 2006).
<http://www.pfonline.com/articles/pfdizzo02.html> (17. avg. 2006)
- Jaić M., Živanović T.R. 2000. Površinska obrada drveta : teorijske osnove, tehnološki procesi. Beograd. Jaić M.: 400 str.
- Japelj J. 2007. "Informacije o vročem brizganju vodnih in UV lakov." Vrhnika, Jales d.o.o. (osebni vir, 17. jan. 2007)
- Jurjevčič K., Nagode G. 2006 "Izhodiščni podatki za diplomsko nalogo." Borovnica, Liko Vrhnika d.d., PE Borles (osebni vir, 11. apr. 2006 in 16. avg. 2006)
- Kaluža N. 2004. Dvigovanje lesnih vlaken pri luženju z vodnimi lužili. Barve govorijo, 12:3
http://www.helios.si/pdf/barve_12.pdf (15. okt. 2006)
- Kavčič R. 2002. Koristni nasveti za uporabo lužil. Barve govorijo, 4.:3
http://www.helios.si/pdf/barve_4.pdf (9. okt. 2006)
- Keiner E. L. Electromagnetic spectrum. 2003-2005 Coastal Carolina University
<http://kingfish.coastal.edu/marine/Animations/Images/Electromagnetic-Spectrum-3.png> (19. maj 2007)
- Kinetix Electrostatic spray gun manual version 60 kV air spray and KVLP waterborne. 2006. Nordson corporation.
<http://emanuals.nordson.com/finishing/files/Cont-Liq/334596h03.pdf> (13. jan. 2007)

- Knehtl B. 2002. Premazi na vodni osnovi v industriji stavbnega pohištva. Barve govorijo, 4.:3
http://www.helios.si/pdf/barve_4.pdf (9. okt. 2006)
- Knehtl B. 2003. Industrijski lesni premazi v skladu z VOC direktivo. Barve govorijo, 5:3
http://www.helios.si/pdf/barve_5.pdf (15. sep. 2006)
- Knez D. 2006. "Podatki o napravah za ionizacijo in izpihovanje." Žalec, Elektron Knez d.o.o. (osebni vir, 20. nov. 2006)
- Knif M. 2006. "Uvitec" leaflet" Vantaa, Tikkurila coatings Oy, Industrial wood coatings. (osebni vir, 27. nov. 2006)
- Knif M. 2006. "More informations about "Uvitec"" Vantaa, Tikkurila coatings Oy, Industrial wood coatings. (osebni vir, 27. nov. 2006)
- Knif M. 2007. "Further informations about "Uvitec"" Vantaa, Tikkurila coatings Oy, Industrial wood coatings. (osebni vir, 18. jan. 2007)
- Kobe A. Kocjan B. 2007. "Venyakob Hydrex drying" Ljubljana, Lesnina inženiring d.d. (osebni vir, 18. jan. 2007)
- Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. 2 izdaja. Brezobvica. Finitura d.o.o.:183 str.
- Kotnik D. 2006. "Podatki o napravah za zbiranje in ponovno uporabo overspeya." Brezovica, Finitura d.o.o. (osebni vir, 14. avg. 2007)
- Kovačič R. 2002. Vodna lužila na akrilnem vezivu. Barve govorijo, 2.:3
http://www.helios.si/pdf/barve_2.pdf (10. avg. 2006)
- Kvartuh S. 2007 "Informacije o sušilnih tunelih" Ljubljana, Ete d.o.o. (osebni vir, 21. jan. 2007)

Lakirna kabina LKS s suhim sistemom čiščenja. 2004. Prolak d.o.o.

<http://www.prolak.si/prodajni-program/lakirnice/> (13. jul. 2006)

Ljubič J. 2006. Novosti s področja vodnih premazov za pohištvo. Barve govorijo, 19.:3

http://www.helios.si/pdf/barve_19.pdf (13.12.2006)

Lokacija in sliki podjetja Liko Vrhnika d.d. 2006. Geodetska uprava republike

Slovenije. <http://prostor.gov.si/iokno/iokno.jsp> (08. apr. 2007)

Malone R. Technology Costs: Buy a robot and save America. 2006. Forbes .com.

http://www.forbes.com/logistics/2005/12/30/robots-logistics-warehouse-china-cx_rm_0103robots.html?pa (7. feb. 2007)

Manual Iso-Flo HD Voltage Block System. 2003. Nordson corporation.

http://emanuals.nordson.com/finishing/files/Cont-Liq/107157g_ver2.pdf (19. jan. 2007)

Manual machines: Flader 150/micro. 2005. Fladder Danmark A/S.

<http://www.fladder.com/manual.aspx> (21. feb. 2007)

Medium wave infrared emitters:Efficient and economical. 2000. Heraeus noblelight GmbH (06. jan. 2003)

http://www.noblelight.net/products/resources/pDF_central/infrared/medwave.pdf
(16. nov. 2006)

Menzel K. UV Curing under the aspect of ecoefficiency analysis. 2002. Basf AG.

http://www.radtech-europe.com/templates/mercury.asp?page_id=1622
(18.mar.2007)

Micro-cleaning for your products 2006. 2006. Wandres micro-cleaning.

http://www.wandres.com/download/saug-blaspistolet/saug_blaspl_en.pdf (28. jan. 2007)

Mlakar B. 2007. "Avtomatizirano brizganje vodnih lakov." Krško, Prolak d.o.o. (osebni vir, 17. jan. 2007)

- Močnik M. 2002. UV utrjujoči laki. Barve govorijo, 2.:3
http://www.helios.si/pdf/barve_2.pdf (10. avg. 2006)
- Model EPF 3-Denibber/sander. 2004. Cattinair finishing.
<http://www.cattinair.com/sanding.cfm#epf> (30. jul. 2006)
- Modjewski R., Dulany L. Why switch to UV/EB curing? 2003. PF Online (09. jul 2003).
- MOS installation for chairs at il catas. 2006. Giardina officine aeromeccaniche s.p.a., CATAS.
http://www.giardinagroup.com/home/prodotti/pdf/mos_news/Documents/GB/MOS_3D_se_GB_72.pdf (26. sep. 2006)
- MOS installations 3D pieces. 2006. Giardina officine aeromeccaniche s.p.a.
http://www.giardinagroup.com/home/prodotti/pdf/t_e_mos_i_3d.pdf (26. maj 2006)
- Nordson Iso-Flo HD Voltage Block System Brochure. 2006. Nordson corporation.
<http://www.nordson.com/NR/rdonlyres/B7098965-4E00-46B8-B095-D05A57A9ABFA/0/LQL4002.pdf> (08. jan. 2007)
- Nozza F. 2006. "Informacije o mikrovalovnem sušenju." Figino Serenza, Giardina Officine Aeromeccaniche S.p.a. (osebni vir, 4. okt. 2006)
- Owned J. 2001. Considerations for applying UV coatings. PF Online
http://www.pfonline.com/articles/article_print1.cfm (28. feb. 2007)
- Paint recovery system REVER. 2003. Finiture srl.
<http://www.finiture.it/eng/pdf/rever.zip> (17. avg. 2006)
- Paint-in-paint spray procedure 2006. Rippert Anlagentechnik GmbH & Co. KG.
<http://www.rippert.de/html/e-spritz.htm> (20. avg.2006)

- Pišlar I. 2007. "Informacije o CO₂ -ju." Koper, Istrabenz plini, plini in plinske tehnologije, d.o.o., Sektor aplikativnih tehnologij. (osebni vir, 23. mar. 2007)
- Pišlar I. 2007. "Načrt rezervoarja in potrebne opreme za dovod inertnega plina" Koper, Istrabenz plini, plini in plinske tehnologije, d.o.o., Sektor aplikativnih tehnologij. (osebni vir, 23. mar. 2007)
- Pressurized spraying booths. 2003. Finiture srl.
<http://www.finiture.it/eng/pdf/color.zip> (17. feb. 2007)
- Produktinformation: AquaCoat - AirCoat. 2006. Wagner.
http://www.wagnergroup.de/portal/loader.php?seite=industry_wet_downloads_en_wag&navigation=1049&pfad_seite=1 (22. okt. 2006)
- Produktinformation: Flow heater A 32 Ex. 2005. Wagner.
http://www.wagnergroup.de/portal/loader.php?seite=industry_wet_downloads_en_wag&navigation=1049&pfad_seite=1 (22. okt. 2006)
- Rajasinghe N. Optimum Rapid Dry - System for drying waterborne coatings, drying after wash, and drying and curing waterborne UV/EB coatings. 1996 Optimum Air Corporation
http://www.optimumaircorp.com/system_problem_solution.htm (31. jun. 2007)
- R-E-A 90 electrostatic air spray or R-E-A 90L electrostatic HVLP spray. 2001. ITW Ransburg electrostatic systems.
<http://www.itwransburg.com/productpdfs/REA90Lit.pdf> (1. avg. 2006)
- R-E-A III electrostatic air spray or R-E-A IIIL electrostatic HVLP spray. 1995. ITW Ransburg electrostatic systems.
<http://www.itwransburg.com/productpdfs/REAIILit.pdf> (31. jul. 2006)

REA-III and REA-III delta electrostatic spray guns dual atomization technology.

2005. ITW Ransburg electrostatic systems.

<http://www.itwransburg.com/servicepdfs/REAIIIHandSM.pdf> (27. jan. 2007)

Reihlen A., Tebert C., Jepsen D., Hackmack U. 2004. Priročnik za pomoč pri izvajanju direktive HOS. (5. jan. 2007)

<http://www.gzs.si/pripone/8333/oei18562d8333a276a9550a.pdf> (25. mar. 2007)

Relac. 2005. Brainflash Patententwicklungs-GmbH.

http://www.brainflash.at/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=34&lang=en (3. okt. 2006)

Sass K. 2006. A comparison of application methods for the wood coatings market.

https://radtech.secureserver50.com/Industry/pdf_articles/woodctgsmayjun06.pdf (17. mar. 2007)

Scheufler R., Corson K. 2001. No-heat drying systems for waterborne coatings.

Industrial Paint & Powder November 2001.

<http://www.optimumaircorp.com/No%20Heat%20Drying.htm> (31. jul. 2007)

Seznam zavezancev po Uredbi o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila. 2007. Agencija republike Slovenije za okolje. (8. avg. 2007)

http://www.arso.gov.si/zrak/emisije%20snovi%20v%20zrak/podatki/Seznam%20zavezancev_HOS_%20HHOS_objavaAvg07%20.xls (15. aprl. 2007)

Soljamo K. 2006. Coatings of 3D objects enters a new age. Tikkurila Coatings Journal for customers no 12/2006: 32-35.

http://192.40.78.71/pdf/coatings/journal/Tikkurila_Coatings_Journal_No12_2006.pdf (24. jul. 2007)

Spraying machine Dualtech 401 HS. 2007. Giardina Finishing Systems, INC.

<http://www.giardina-usa.com/mainframe.php> (3. jun. 2007)

Šlibar M. 2004. Korak k bolj zdravi prihodnosti (nadaljevanje-2. del). Barve govorijo, 9:3

http://www.helios.si/pdf/barve_9.pdf (18. okt. 2006)

Šlibar M. 2005. Povzetek novosti s konference Radtech. Barve govorijo, 16:3

http://www.helios.si/pdf/barve_16.pdf (15. avg. 2006)

Technical brochure about our non contact cleaning system Taifun-clean. 2005. Dr.

Escherich Steuerungstechnik GmbH.

<http://www.dr-escherich.de/gfx/pdf/taifunclean.pdf> (19. nov. 2006)

The new Worldwide standard of spray gun painting! 2006. Anest Iwata.

<http://www.anest-iwataeu.com/products.asp?Lin=1> (12. okt. 2006)

Thermotechnology Puma Leopard. 2000. Wagner.

http://www.wagnergroup.de/portal/loader.php?seite=industry_wet_downloads_en_wag&navigation=1049&pfad_seite=1 (15. feb. 2007)

Translation of the original operating manual: Aqua coat - AirCoat. 2007. Wagner. (feb. 2007)

http://www.wagnergroup.de/portal/loader.php?seite=industry_wet_downloads_en_wag&navigation=1049&pfad_seite=1 (24. mar. 2007)

Translation of the original operating manual: Double diaphragm pump cobra 40-10. 2005. Wagner. (maj 2005)

http://www.wagnergroup.de/portal/loader.php?seite=industry_wet_downloads_en_wag&navigation=1049&pfad_seite=1 (25. okt. 2006)

Ultra-violet drying process. 2005. Rippert Anlagentechnik GmbH & Co. KG.

<http://www.rippert.de/html/e-uv.htm> (18. jul. 2006)

Universal air knife mounting system. 2006. Exair Corporation.

<http://www.exair.com/Cultures/enUS/Primary+Navigation/Products/Air+Knives/Universal+Air+Knife+Mounting+System.htm> (18. maj. 2007)

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

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

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

UV Finishing Line. 2003. Delle Vedove.

http://www.dellevedove.com/products/finishing/lines/uv_line.htm (3. jun. 2007)

Vector R series cascade applicators. 2007. ITW Ransburg electrostatic systems.

<http://www.itwransburg.com/servicepdfs/VectorCAsm.pdf> (14. jan. 2007)

Vezočnik B. 2004. High solid premazi. Barve govorijo, 12:2

http://www.helios.si/pdf/barve_12.pdf (15. okt. 2006)

Vidmar Ž. 2007. "Informacije o vročem elektrostatskem brizganju." Ljubljana, Invitra d.o.o. (osebni vir, 29. jan. 2007)

W400 WB Manual spray gun. 2006. Anest Iwata. (feb. 2006)

http://www.anest-iwataeu.com/objects/documents/brochures/w400wb_en.pdf (12. okt. 2006)

WB 100 Waterborne isolation system. 2002. Graco.

<http://public.graco.be/0/media/doc/320474E.pdf> (12. jul. 2006)

WB 100: Waterborne isolation system and PRO Xs3 spray gun. 2002. Graco.

[http://www.graco.com/Distributors/DLibrary.nsf/Files/309293/\\$file/309293H.pdf](http://www.graco.com/Distributors/DLibrary.nsf/Files/309293/$file/309293H.pdf)

(15. feb. 2007)

What is Catlytic IR? 2005. Schubert Techincal Services Ltd.

<http://www.schuberts.co.uk/whatiscatir.php> (15. nov. 2006)

What is the static-free space ionizer? 2006. Trinc.org.

http://www.trinc.org/en/tec/eria_tec_index.html (10. mar. 2007)

Wood products value-added manufacturing and finishing manual: Pennsylvania House case study. (17. jun. 1998).

<http://www.uwex.edu/ces/ag/sus/wood/pdfcschk/csvii4.pdf> (24. mar. 2007)

ZAHVALA

Zahvaljujem se doc. dr. Milanu Šerneku, prof dr. Marku Petriču in vsem ostalim na katedri za površinsko obdelavo lesa, ki ste mi pomagali s svojimi nasveti in priskrbljenimi podatki ter asistentu Igorju Lipuščku za pomoč pri iskanju rešitev povezanih z organizacijo proizvodnje.

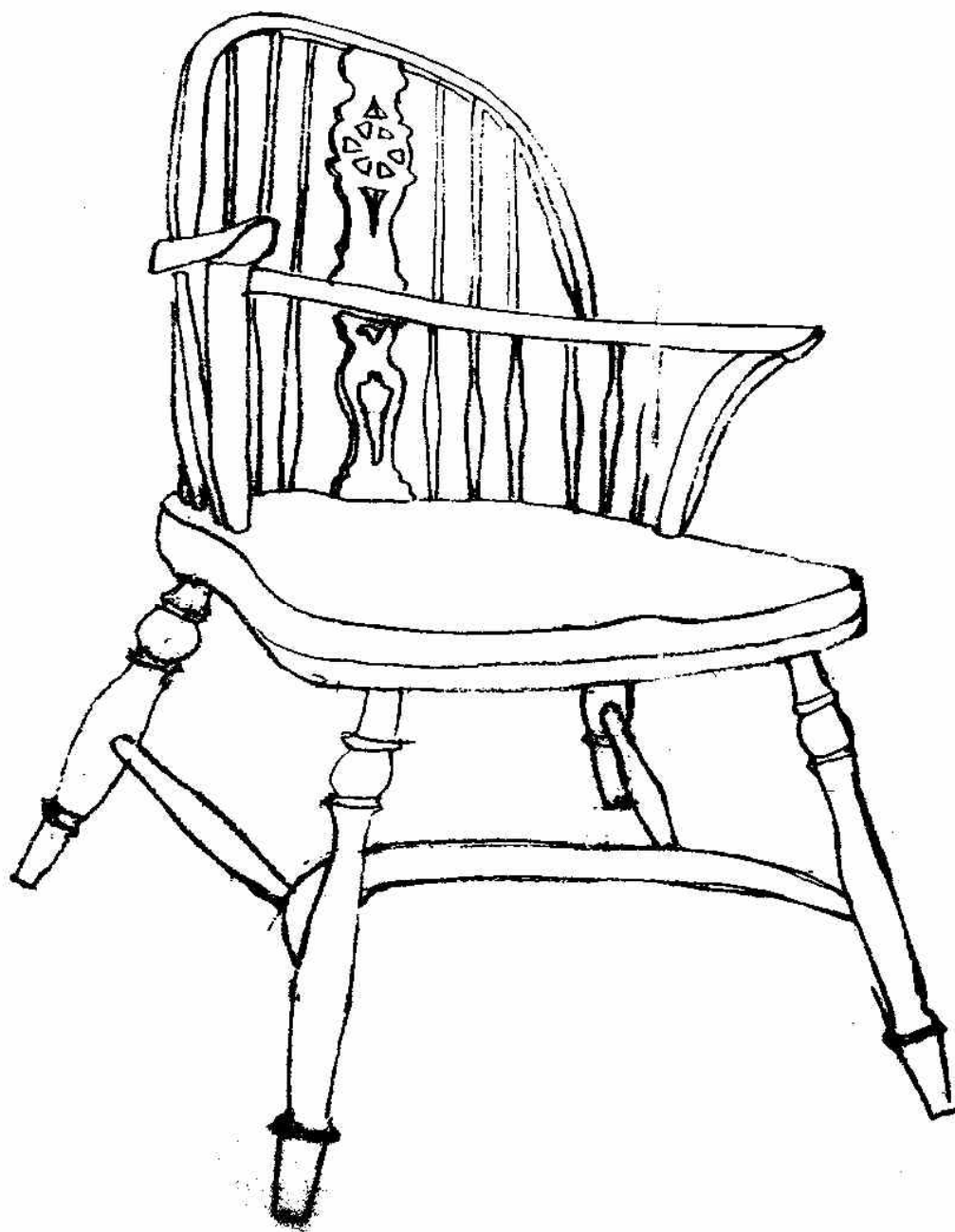
Še posebej pa se moram zahvaliti g. Kotniku iz podjetja Finitura d.o.o. in g. Kravtuhu iz podjetja Ete d.o.o., ki sta mi pomagala pri določanju velikosti lakirnih kabin in sušilnih kanalov in s podatki iz prakse.

Za priskrbljene podatke o lakih se zahvaljujem g. Klemenu Burji iz Heliosa d.d., g. Janezu Japlju iz podjetja Jales d.o.o, g. Miroslavu Kogoju in g. Matjažu Brelihu iz podjetja Brelih d.o.o. ter g. Gerhardu Frierssu iz podjetja Henelit. Za podatke o nanašalni opremi pa se moram zahvaliti podjetju Invitra d.o.o., podjetju Air-g d.o.o in podjetju Prolak d.o.o. Zahvala za podatke o ostali opremi in napravah pa gre podjetjem Lesnina inženiring d.d., Inovacija d.o.o., Rippert GmbH, Tikkurila coatings Oy, Giardina Officine Aeromeccaniche S.p.a., Elektron Knez d.o.o in Istrabenz plini.

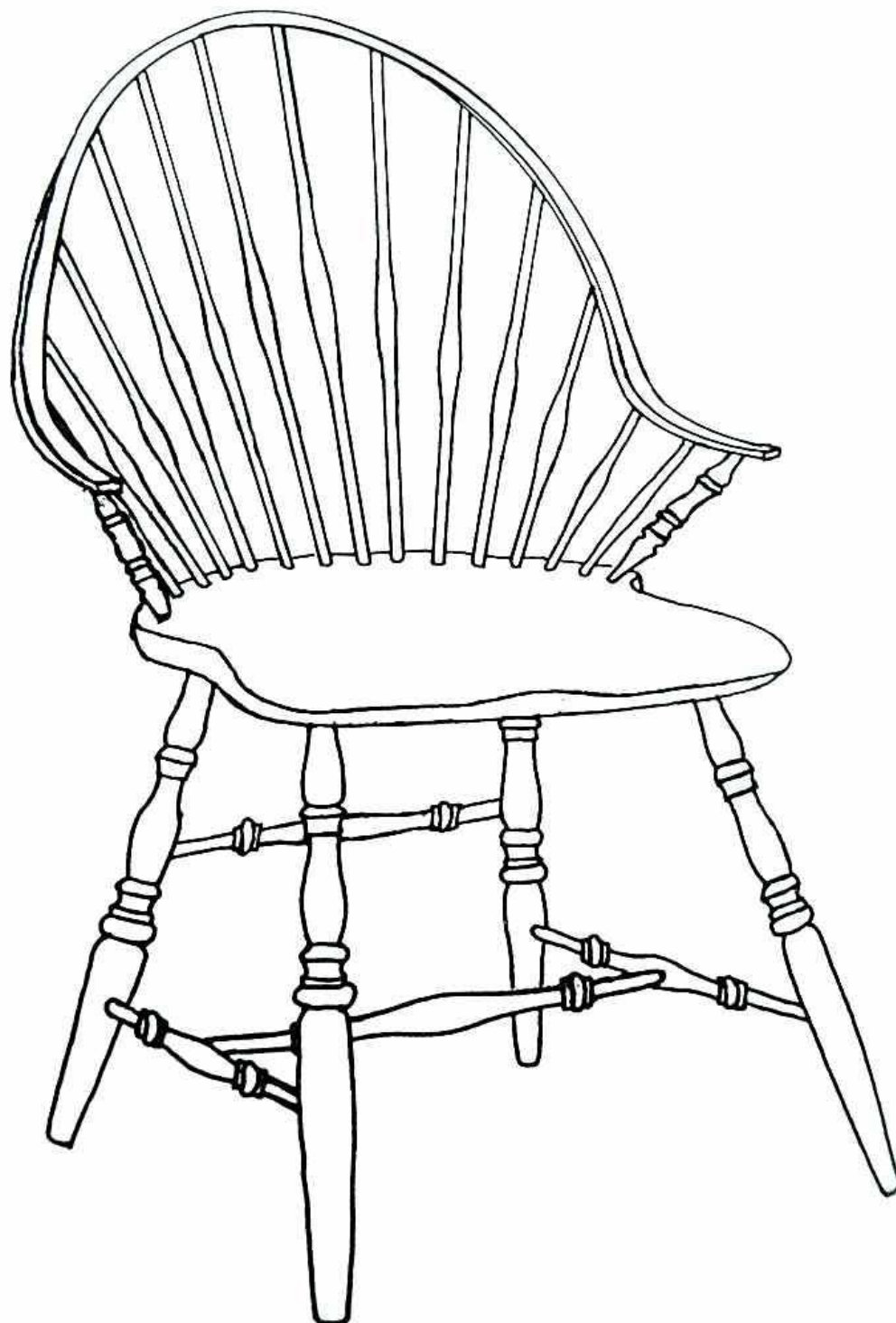
Za pomoč se zahvaljujem tudi vsem v podjetju Liko Vrhnika d.d., ki so mi pomagali pri zbiranju podatkov o podjetju. Tehnologom in direktorju v PE Borles in tehnologu za površinsko obdelavo iz PE pohištvo, ki so mi pomagali s svojimi izkušnjami z laki in opremo za površinsko obdelavo.

Priloga A: Slike predstavnikov proizvodnjega programa.

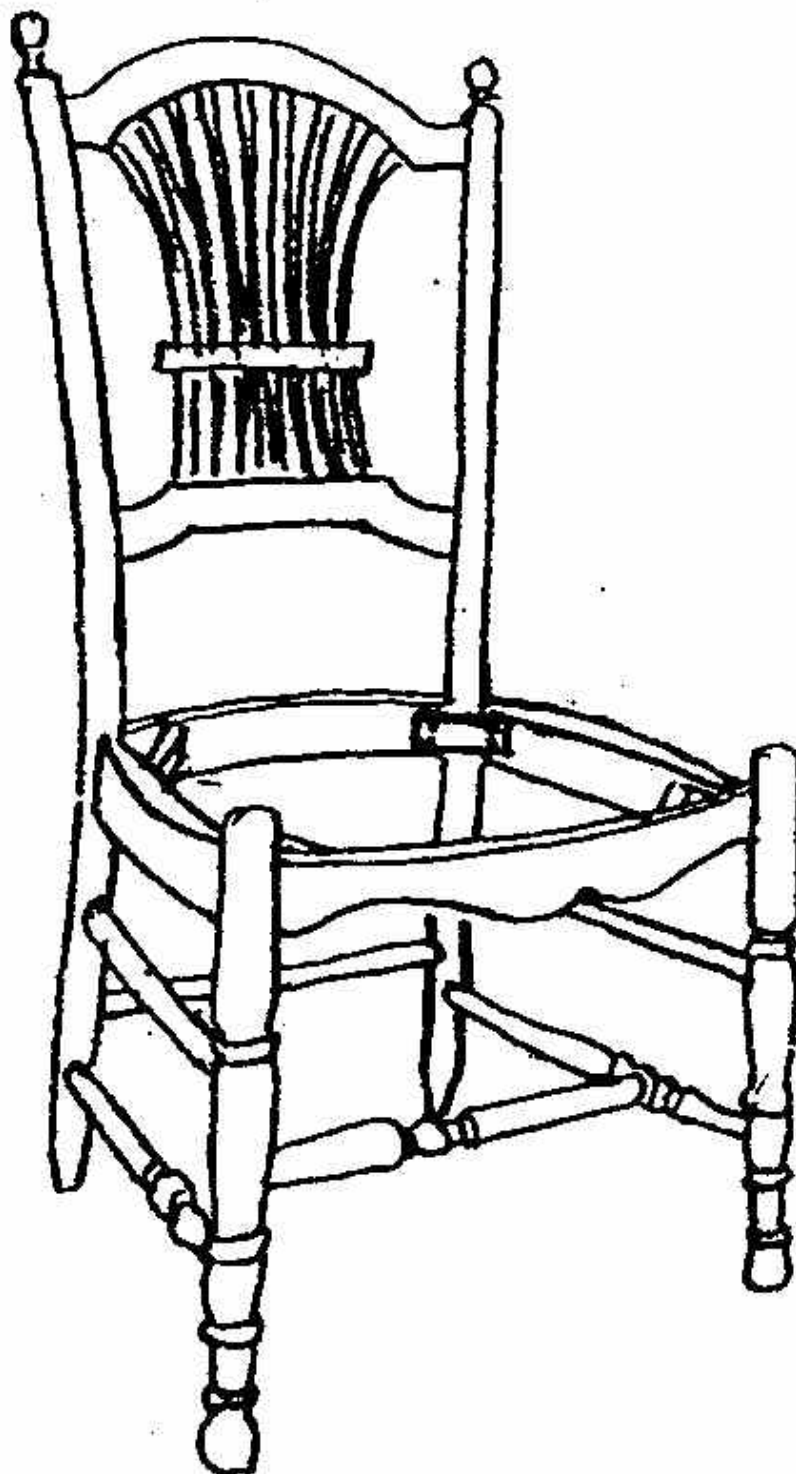
- Tip 647



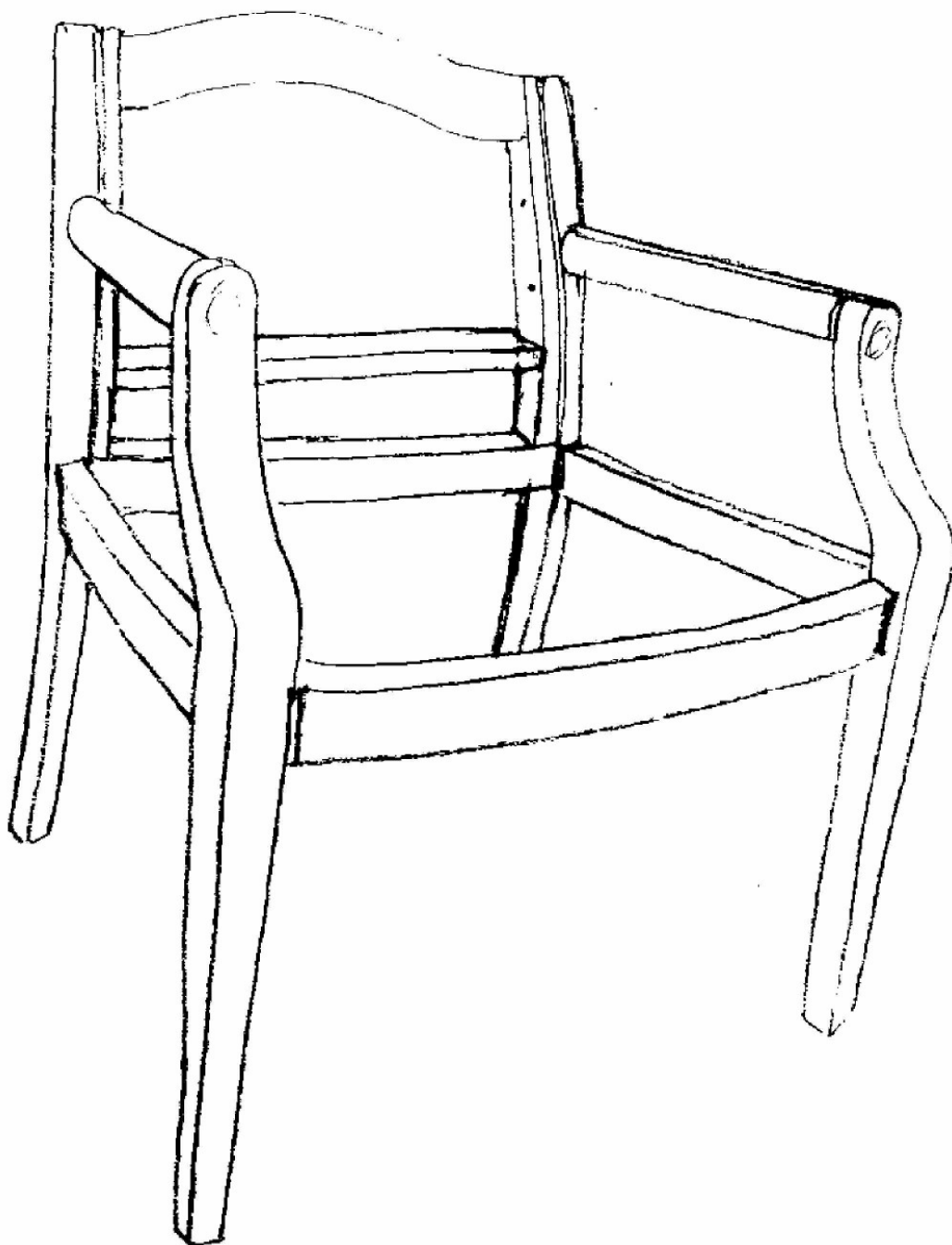
- Tip 966



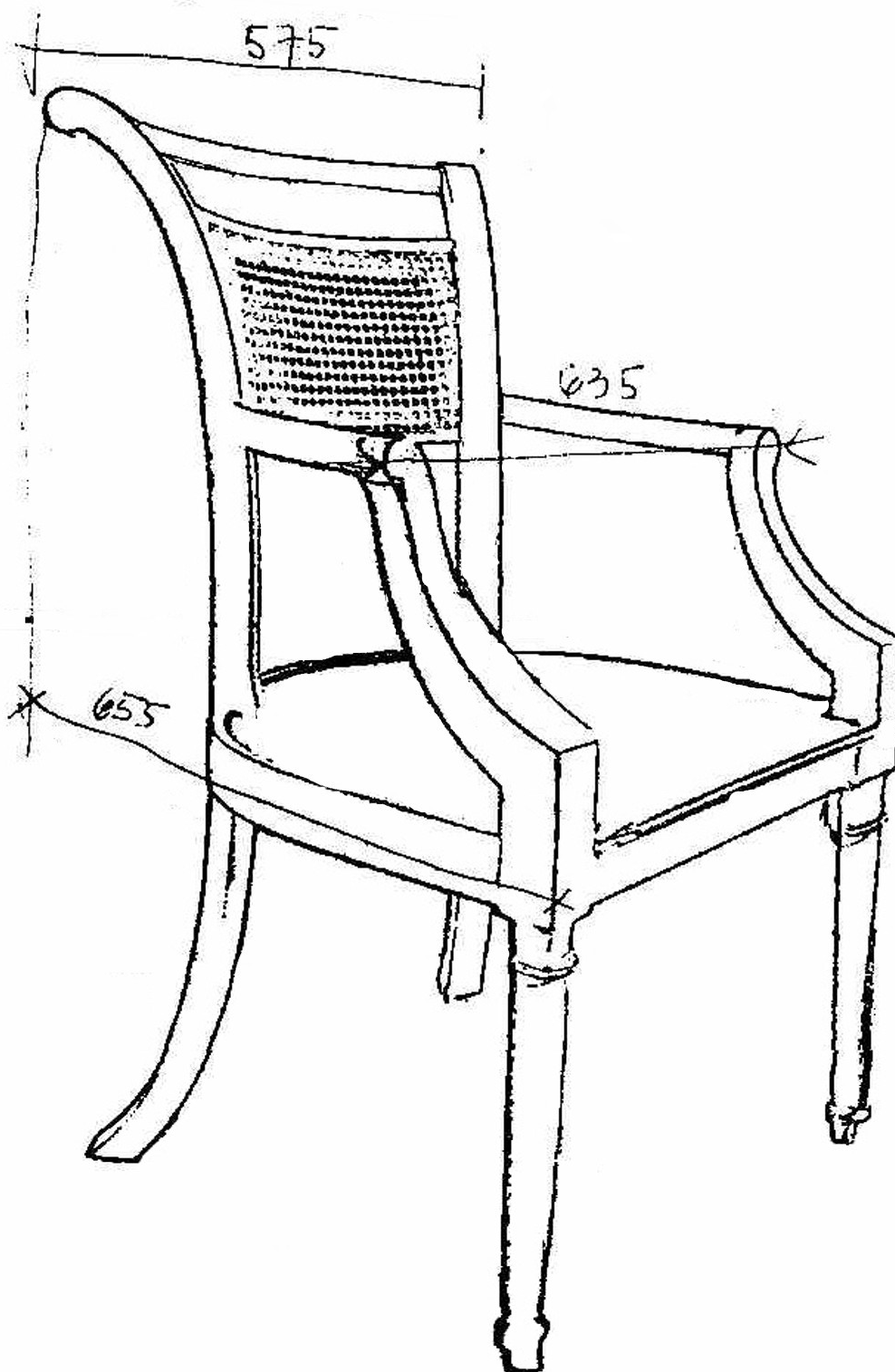
- Sheaf back 905



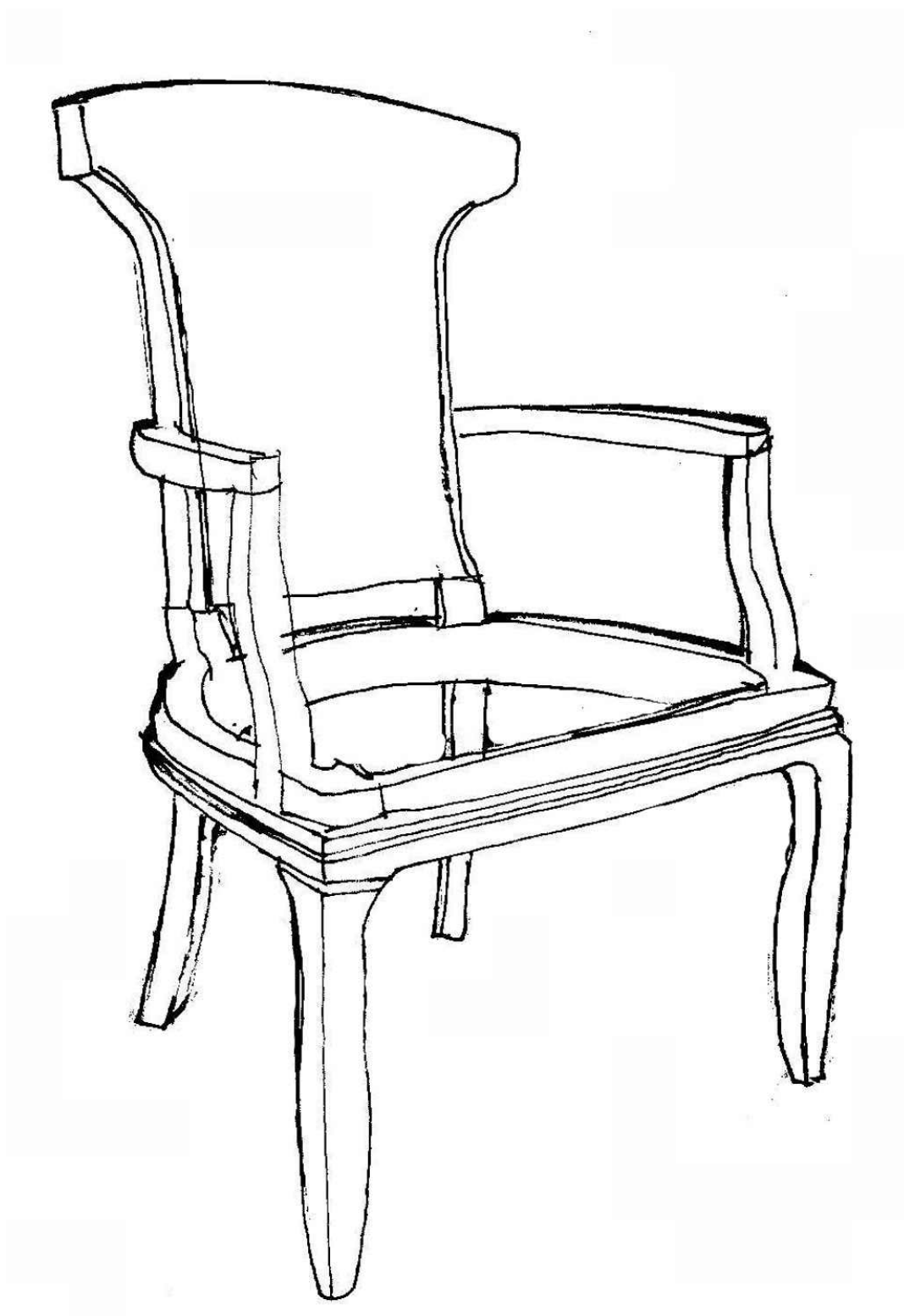
- Tip 18



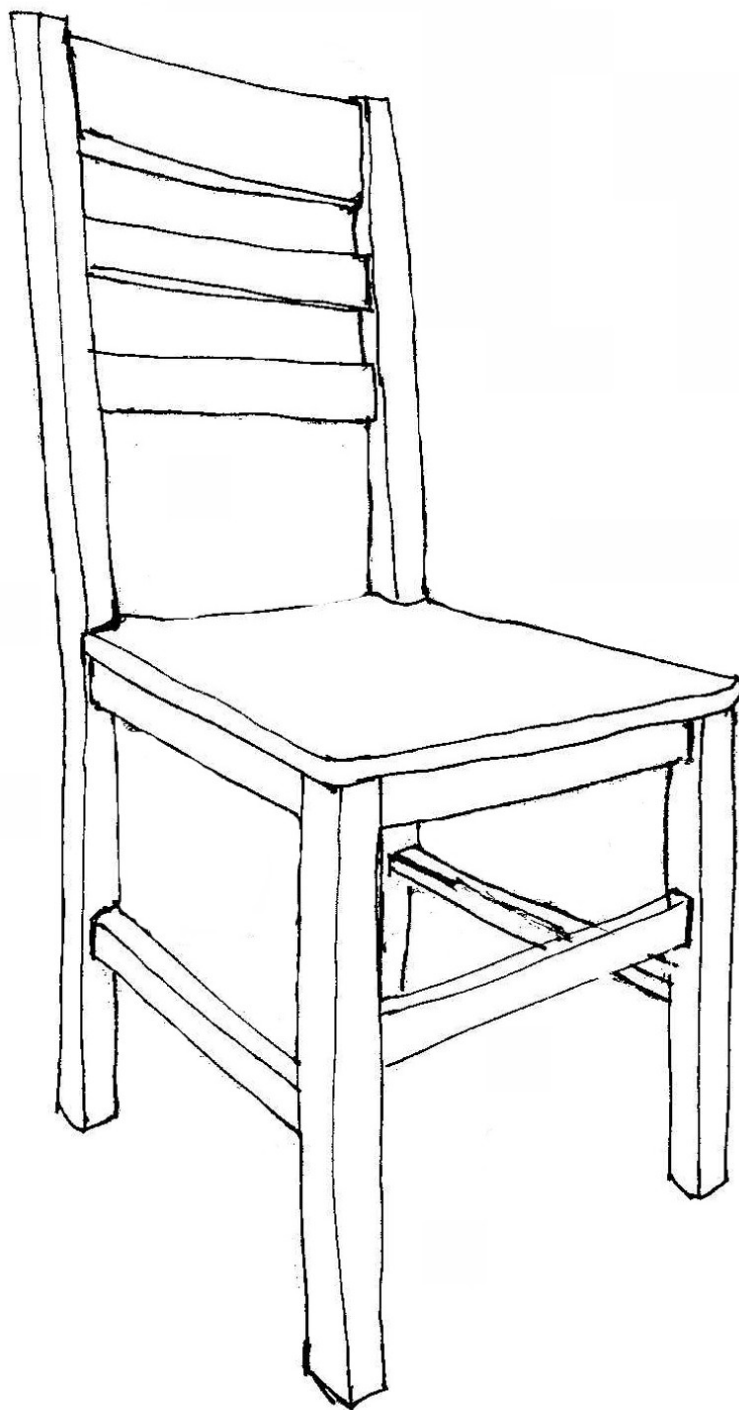
- Tip 314A



- Tip 8003



- Mark



Priloga B: Izhodiščni podatki.

1) Izračun fonda časa

delovnih dni na leto	250
delovnih ur na izmeno	8
	12
število izmen na dan	1
faktor izkoristka časa	0,75
povprečni izmet (%)	5

letni fond časa $_{12 \text{ urni delavnik}} = 250 \cdot 12 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 0,75 = 135.000 \text{ min}$

mesečni fond časa $_{12 \text{ urni delavnik}} = 135.000 : 12 = 11.250 \text{ min}$

dnevni fond časa $_{12 \text{ urni delavnik}} = 11.250 : 20 = 562,5 \text{ min} = 9 \text{ h } 22 \text{ min}$

letni fond časa $_{8 \text{ urni delavnik}} = 250 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 0,75 = 90.000 \text{ min}$

mesečni fond časa $_{8 \text{ urni delavnik}} = 90.000 : 12 = 7.500 \text{ min}$

dnevni fond časa $_{8 \text{ urni delavnik}} = 7.500 : 20 = 375 \text{ min} = 6 \text{ h } 15 \text{ min}$

2) Izračun potrebne kapacitete lakirnice

			lakiranih		luženih		dodatni efekti		oljenih	
stol	kol./mesec	kol. + izmet	%	kosov	(%)	kosov	%	kosov	%	kosov
mizarski stoli	9.000	9.474	80	7.580	70	5.306	50	3.790	14,78	1.400
Windsor	1.000	1.053	50	527	70	369	50	264		
sheat back	1.000	1.053	50	527	70	369	50	264		
nočne omarice	1.000	1.053	100	1.053	70	738	50	527		
posteljni okvirji	1.000	1.053	100	1.053	70	738	50	527		
skupaj:	13.000	13.686		10.740		7.520		4.845		

Luženje:

- talni transporter

potrebno število na mesec = 6.782 kosov

potrebno število na dan = $6.782 : 20 = 339,10 = 340 \text{ kosov/dan}$

potrebno število na uro $_{12 \text{ urni delavnik}} = 340 : 12 \cdot 0,75 = 37,78 = 38 \text{ kosov/h}$

potrebno število na uro $_{8 \text{ urni delavnik}} = 340 : 8 \cdot 0,75 = 56,67 = 57 \text{ kosov/h}$

- viseči transporter

potrebno število na mesec = 738 kosov

potrebno število na dan = $738 : 20 = 36,90 = 37$ kosov/dan

potrebno število na uro $_{12 \text{ urni delavnik}} = 37 : 12 \text{ } 0,75 = 4,10 = 5$ kosov/h

potrebno število na uro $_{8 \text{ urni delavnik}} = 37 : 8 \text{ } 0,75 = 6,15 = 7$ kosov/h

Lakiranje:

Isti sušilni tunel se uporablja za sušenje temeljnega in končnega laka.

- talni transporter

potrebno število na mesec = 24.219 kosov (2 · št. lakiranih izdelkov + izdelkov z efekti)

potrebno število na dan = $24.219 : 20 = 1.210,95 = 1.211$ kosov/dan

potrebno število na uro $_{12 \text{ urni delavnik}} = 1.211 : 12 \text{ } 0,75 = 134,55 = 135$ kosov/h

potrebno število na uro $_{8 \text{ urni delavnik}} = 1.211 : 8 \text{ } 0,75 = 201,83 = 202$ kosov/h

- viseči transporter

potrebno število na mesec = 2.633 kosov

potrebno število na dan = $2.633 : 20 = 131,65 = 132$ kosov/dan

potrebno število na uro $_{12 \text{ urni delavnik}} = 132 : 12 \text{ } 0,75 = 14,67 = 15$ kosov/h

potrebno število na uro $_{8 \text{ urni delavnik}} = 132 : 8 \text{ } 0,75 = 22$ kosov/h

Ločena sušilna tunela za temeljni in končni lak.

Temeljni lak:

- talni transporter

potrebno število na mesec = 14.532 kosov (št. lakiranih izdelkov + izdelkov z efekti)

potrebno število na dan = $14.532 : 20 = 726,60 = 727$ kosov/dan

potrebno število na uro $_{12 \text{ urni delavnik}} = 727 : 12 \text{ } 0,75 = 80,78 = 81$ kosov/h

potrebno število na uro $_{8 \text{ urni delavnik}} = 727 : 8 \text{ } 0,75 = 121,16 = 122$ kosov/h

- viseči transporter

potrebno število na mesec = 1.580 kosov

potrebno število na dan = $1580 : 20 = 79$ kosov/dan

potrebno število na uro 12 urni delavnik = $79 : 12 \cdot 0,75 = 14,63 = 15$ kosov/h

potrebno število na uro 8 urni delavnik = $79 : 8 \cdot 0,75 = 21,94 = 22$ kosov/h

Končni lak:

- talni transporter

potrebno število na mesec = 9.687 kosov

potrebno število na dan = $9.687 : 20 = 484,35 = 485$ kosov/dan

potrebno število na uro 12 urni delavnik = $485 : 12 \cdot 0,75 = 53,82 = 54$ kosov/h

potrebno število na uro 8 urni delavnik = $485 : 8 \cdot 0,75 = 80,83 = 81$ kosov/h

- viseči transporter

potrebno število na mesec = 1.035 kosov

potrebno število na dan = $1.035 : 20 = 52,65 = 53$ kosov/dan

potrebno število na uro 12 urni delavnik = $53 : 12 \cdot 0,75 = 5,88 = 6$ kosov/h

potrebno število na uro 8 urni delavnik = $53 : 8 \cdot 0,75 = 8,83 = 9$ kosov/h

Priloga C: Potrebno število lakirnih kabin in delavcev za brizganje.

1) Čas brizganja s sedanjo lakirno pištolo in elektrostatsko lakirno pištolo.

material	stolov na uro			čas za en stol (min)		
	airmix	elekt. min	elekt. max	airmix	elekt. min	elekt. max
lužilo	30,0	45,0	60,0	2,00	1,33	1,00
temeljni lak	40,0	60,0	80,0	1,50	1,00	0,75
končni lak	35,0	52,5	70,0	1,71	1,14	0,86

2) Potrebno število lakirnih kabin in delavcev.

- 8 urni delavnik

material	potrebno št. na uro	potrebno št. delavcev		št. delavcev na lak. kabino	št. lakirnih kabin	skupno št. delavcev
		elekt. min	elekt. max			
lužilo	63	1,4	1,05	1	2	2
temeljni lak	143	2,4	1,79	2	2	4
končni lak	90	1,7	1,29	1	2	2

- 12 urni delavnik

material	potrebno št. na uro	potrebno št. delavcev		št. delavcev na lak. kabino	št. lakirnih kabin	skupno št. delavcev
		elekt. min	elekt. max			
lužilo	42	0,9	0,70	1	1	1
temeljni lak	96	1,6	1,20	2	1	2
končni lak	60	1,1	0,86	1	2	2

Priloga D: Minimalna velikost lakirne in brusilne komore.

- velikost lakirne komore

mere obdelovancev		prostor za motor, filtre...	odmik od stene komore	prostor za brizganje	transporter	velikost kabine	
dolžina	širina					dolžina	globina
2000	655	750	500	1000	750	6000	2805

- velikost brusilne komore

Za brušenje z ročnim brusilnikom z brusilno gladilnim valjem, je čas brušenja enega stola 2-4 minute. V eni uri lahko en delavec zbrusi 15 do 30 izdelkov. Zato potrebujemo minimalno 6 delavcev.

mere brusiln mize		razmik med mizami / stenami		število brusilnih miz		velikost komore	
dolžina mize	širine mize	po dolžini	po širini od sten	po dolžini	po širini	dolžina	širina
2200	1000	750	1000	3	2	9850	4000

Priloga E: Dolžine sušilnih kanalov.

1) Potreben prostor za izdelek.

potreben prostor	globina stola	razmik med stoli	skupaj (mm)	m za stol	m za vzdolžne posteljne el.
	655	200	855	0,855	2,4

2) Predvideni časi sušenja

- sušenje vodnih lužil z dodatkom akrilata

način sušenja	MOS ali VF	tunelski IR s carbonskimi žarnicami	toplozračni sušilni tunel	
			T= 40-60°C	T = 60-90 °C
čas sušenja (min)	2	2	30	3

- sušenje vodnih lakov

način sušenja	MOS ali VF	"Uvitec" (vodni UV lak)	kondenz.acijsko ali adsorpcijsko	katalitski IR	električni IR (carbonske žarnice)	toplozračni sušilni tunel
čas sušenja (min)	10	15	20	15	10	65

3) Sušilni tunel za sušenje lužil

- letna pot in optimalna širina transporterja

	transporter		elementov po širini
	talni	viseči	
letna pot (s letna)	99.388,62	30.326,40	1
vp _{min} (m/min)	1,10	0,34	1
vp _{z rezervo} (m/min)	1,5	1	1

stolov po širini	širina transporterja	podajalna hitrost	
		minimalna	maksimalna
1	85	1,10	1,50
2	160	0,52	0,75
3	235	0,35	0,50
4	310	0,26	0,38

- minimalna dolžina

način sušenja	MOS ali VF	tunelski IR s carbonskimi žarnicami	toplozračni sušilni tunel	
širina transporterja			T= 40-60°C	T = 60-90 °C
85	2,209	2,209	33,130	3,313
160	1,035	1,035	15,529	1,553
235	0,690	0,690	10,353	1,035
310	0,518	0,518	7,765	0,776

- maksimalna dolžina

način sušenja	MOS ali VF	tunelski IR s carbonskimi	toplozračni sušilni tunel	
širina transporterja			T= 40-60°C	T = 60-90 °C
85	3,000	3,000	45,000	4,500
160	1,500	1,500	22,500	2,250
235	1,000	1,000	15,000	1,500
310	0,750	0,750	11,250	1,125

4) Sušilni tunel za sušenje laka

Isti sušilni kanal se uporablja za sušenje temeljnega in končnega laka

- letna pot in optimalna širina transporterja

	transporter		elementov po širini
	talni	viseči	
letna pot (s letna)	248.486,94	75.830,40	1
vp _{min} (m/min)	2,76	0,84	1
vp _{z rezervo} (m/min)	3	1,5	1

stolov po širini	širina transporterja	podajalna hitrost	
		minimalna	maksimalna
1	85	2,76	3,000
2	160	1,38	1,500
3	235	0,92	1,000
4	310	0,69	0,750

- minimalna dolžina sušilnega kanala

način sušenja	MOS ali VF	kondenzacijsko ali adsorpcijsko	katalitski IR	električni IR (carbanske žarnice)	toplozračni sušilni tunel
širina transporterja					
85	27,610	55,219	41,414	16,566	317,51
160	13,805	27,610	20,707	8,283	158,76
235	9,203	18,406	13,805	5,522	105,84
310	6,902	13,805	10,354	4,141	79,38
385	5,522	11,044	8,283	3,313	63,50
460	4,602	9,203	6,902	2,761	52,92

- maksimalna dolžina sušilnega kanala

način sušenja širina transporterja	MOS ali VF	kondenzacijsko ali adsorpcijsko	katalitski IR	električni IR (carbonske žarnice)	toplozračni sušilni tunel
85	30,000	60,000	45,000	18,000	345
160	15,000	30,000	22,500	9,000	172,5
235	10,000	20,000	15,000	6,000	115
310	7,500	15,000	11,250	4,500	86,25
385	6,000	12,000	9,000	3,600	69
460	5,000	10,000	7,500	3,000	57,5

- Maksimalna dolžina sušilnega kanala za sušenje UV vodnih lakov z "Uvitec"-om.

potreben prostor	globina stola	razmik med stoli	skupaj (mm)	m za stol	m za vzdolžne posteljne el.
	655	1500	2155	2,155	2,4

način sušenja	"Uvitec"	
tunelov po širini	podajalna hitrost	maksimalna dolžina
1	3-5 m/min	82
2	3-5 m/min	44,5
3	3-5 m/min	32
4	3-5 m/min	25,75
5	3-5 m/min	22
6	3-5 m/min	19,5

5) Toplozračni sušilni tunel za sušenje temeljnega laka.

- letna pot in optimalna širina transporterja

	transporter		elementov po širini
	talni	viseči	
letna pot (s letna)	149.098,32	45.504,00	1
vp _{min} (m/min)	1,66	0,51	1
vp _{z rezervo} (m/min)	2	1,2	1

stolov po širini	širina transporterja	podajalna hitrost	
		minimalna	maksimalna
1	85	2,76	2,000
2	160	1,38	1,000
3	235	0,92	0,667
4	310	0,69	0,500

- dolžina sušilnega kanala za sušenje temeljnega laka po conah:

umirjevalni tunel

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	2,00	25	21	50,00
160	1,00	25	21	25,00
235	0,67	25	21	16,67
310	0,50	25	21	12,50

odparjevalnik (po parametrih iz podjetja Podgorje Šentjernej)

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	2,00	25	50	50,00
160	1,00	25	50	25,00
235	0,67	25	50	16,67
310	0,50	25	50	12,50

odparjevalnik (po priporočilih Ilve polimeri spa)

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	2,00	40	35	80,00
160	1,00	40	35	40,00
235	0,67	40	35	26,67
310	0,50	40	35	20,00

sušilnik

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	2,00	25	40	50,00
160	1,00	25	40	25,00
235	0,67	25	40	16,67
310	0,50	25	40	12,50

hladilnik

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	2,00	25	21	50,00
160	1,00	25	21	25,00
235	0,67	25	21	16,67
310	0,50	25	21	12,50

- skupna dolžina sušilnega tunela za temeljni lak

širina transporterja	po priporočilih Ilve polimeri spa	po priporočilih Ilve polimeri spa v obliki U	po parametrih iz Podgorja Šentjernej	po parametrih iz Podgorja Šentjernej v obliki U
85	230,00	115,00	200,00	100,00
160	115,00	57,50	100,00	50,00
235	76,67	38,33	66,67	33,33
310	57,50	28,75	50,00	25,00

6) Toplozračni sušilni tunel za sušenje končnega laka.

- letna pot in optimalna širina transporterja

	transporter		elementov
	talni	viseči	po širini
letna pot (s letna)	99.388,62	30.326,40	1
vp_{min} (m/min)	1,10	0,34	1
$vp_{z\ rezervo}$ (m/min)	1,5	0,8	1

stolov po širini	širina transporterja	podajalna hitrost	
		minimalna	maksimalna
1	85	2,76	1,500
2	160	1,38	0,750
3	235	0,92	0,500
4	310	0,69	0,375

- dolžina sušilnega kanala za sušenje temeljnega laka po conah:

umirjevalni tunel

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	1,50	25	21	37,50
160	0,75	25	21	18,75
235	0,50	25	21	12,50
310	0,38	25	21	9,38

odparjevalnik (po parametrih iz podjetja Podgorje Šentjernej)

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	1,50	25	50	37,50
160	0,75	25	50	18,75
235	0,50	25	50	12,50
310	0,38	25	50	9,38

odparjevalnik (po priporočilih Ilve polimeri spa)

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	2,00	40	35	80,00
160	1,00	40	35	40,00
235	0,67	40	35	26,67
310	0,50	40	35	20,00

sušilnik

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	1,50	25	40	37,50
160	0,75	25	40	18,75
235	0,50	25	40	12,50
310	0,38	25	40	9,38

hladilnik

širina transporterja	maksimalna v_p	čas sušenja	temperatura °C	dolžina dela (m)
85	1,50	25	21	37,50
160	0,75	25	21	18,75
235	0,50	25	21	12,50
310	0,38	25	21	9,38

- skupna dolžina sušilnega tunela za temeljni lak

širina transporterja	po priporočilih Ilve polimeri spa	po priporočilih Ilve polimeri spa v obliki U	po parametrih iz Podgorja Šentjernej	po parametrih iz Podgorja Šentjernej v obliki U
85	172,50	86,25	150,00	75,00
160	86,25	43,13	75,00	37,50
235	57,50	28,75	50,00	25,00
310	43,13	21,56	37,50	18,75

Priloga F: Načrt izbrane linije.

Priloga G: Načrt najprimernejše linije.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Primož FRUMEN

**TEHNOLOŠKA PRENOVA LAKIRNICE V LESNEM
PODJETJU**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007