

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jure GRUDNIK

**VPLIV VELIKOSTI IVERJA IN DELEŽ DODANEGA LEPILA NA
STOPNJO OBLEPLJENOSTI**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**INFLUENCE OF THE PARTICLE SIZES AND ADHESIVE
QUANTITY ON SURFACE COVERED WITH ADHESIVE**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2007

Grudnik J. Vpliv velikosti iverja in delež dodanega lepila na stopnjo oblepljenosti.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v laboratoriju na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete je za mentorja diplomskega dela imenoval doc. dr. Sergeja Medveda, za recenzenta pa doc. dr. Milana Šerneka.

Mentor: doc. dr. Sergej Medved
Recenzent: doc. dr. Milan Šernek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:
Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član:
Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član:
Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Jure Grudnik

KLJUČNA INFORMACIJSKA DOKUMENTACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*862.2
KG iverje/sejalna analiza/oblepljanje iverja/slikovna analiza
AV GRUDNIK, Jure
SA MEDVED, Sergej (mentor)/ŠERNEK, Milan (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2007
IN VPLIV VELIKOSTI IVERJA IN DELEŽ DODANEGA LEPILA NA STOPNJO OBLEPLJENOSTI
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP IX, 50 str., 20 pregl., 30 sl., 5 pril., 13 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Proučevali smo, v kolikšni meri vplivata tako delež dodanega lepila (faktor oblepljanja) kot tudi velikost frakcije iverja na dejansko stopnjo oblepljenosti ivernih delcev. S pomočjo slikovne analize smo prikazali, pri katerih velikostih frakcije in pri kateri stopnji oblepljanja je delež lepila največji. Za lažjo analizo smo lepilu dodali barvilo, ki je pod vplivom fluorescentne svetlobe oblepljeno površino obarvalo rdeče. Z digitalnim fotoaparatom smo preko mikroskopa poslikali vzorce in jih obdelali s programom za analizo slike, ki je omogočal izmero površine celotnega in površine oblepljenega iverja. Izračunali smo stopnjo oblepljenosti iverja pri različnih stopnjah oblepljanja. Ugotovili smo, da je ob višjem faktorju oblepljanja in večji frakciji večja dejanska oblepljenost iverja. S pomočjo slikovne analize smo opazovali tudi nanos lepila na iverne delce in ugotovili, da pri delcih z manjšo površino pride do prekritja z lepilom, medtem ko se pri večjih frakcijah lepilo nanese točkovno.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*862.2
CX particle/sowing analysis/bonding/image analysis
AU GRUDNIK, Jure
AA MEDVED, Sergej (supervisor)/ŠERNEK, Milan (co-supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2007
TI INFLUENCE OF THE PARTICLE SIZES AND ADHESIVE QUANTITY ON SURFACE COVERED WITH ADHESIVE
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO IX, 50 p., 20 fig., 30 ann., 13 ref.
LA sl
AL sl/en
AB It was researched how the blending factor and the size of particles influence the blending level. Using the image analysis it was described which particle sizes and which blending degree contain more glue. To distinct better the blended – red colored from non blended areas of particles a special pigment was added to the glue; then the samples were placed under the fluorescent light. To define areas of the whole parts and those of the blended ones the images, obtained by a digital camera and a microscope, were processed using computer programme for picture analysis. The level of the blended particles was calculated at different blending levels. It was found out that at higher blending levels and larger size particles the blending is higher. Usage of the image analysis helped us to observe how the glue was spread upon the particles; smaller were practically poured all over, while bigger particles had glue spread in spots.

KAZALO VSEBINE

	Ključna informacijska dokumentacija	str. III
	Key words documentation	IV
	Kazalo vsebine	V
	Kazalo preglednic	VII
	Kazalo slik	VIII
	Kazalo prilog	IX
1	UVOD	1
1.1	PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2	DELOVNA HIPOTEZA	2
1.3	CILJI NALOGE	3
2	PREGLED LITERATURE	4
3	MATERIALI IN METODE	7
3.1	MATERIALI	7
3.1.1	Les	7
3.1.2	Lepilo	9
3.2	METODA DELA	10
3.2.1	Določitev vlažnosti iverja	11
3.2.2	Sušenje iverja	11
3.2.3	Oblepljanje iverja	12
3.2.4	Utrjevanje iverja.....	13
3.2.5	Sortiranje iveri - sejalna analiza	14
3.2.6	Slikovna analiza oblepljenega iverja.....	16
4	REZULTATI	19
4.1	REZULTATI SEJALNE ANALIZE IVERJA	19
4.2	REZULTATI STOPNJE OBLEPLJENOSTI	20
4.2.1	Analiza rezultatov pri frakciji 0,237	21
4.2.2	Analiza rezultatov pri frakciji 0,6	22
4.2.3	Analiza rezultatov pri frakciji 1	23
4.2.4	Analiza rezultatov pri frakciji 1,5	25
4.2.5	Analiza rezultatov pri frakciji 2	26
4.2.6	Analiza rezultatov pri frakciji 4	27
4.2.7	Analiza rezultatov pri frakciji 6,14	28
4.3	ANALIZA REZULTATOV PO POSAMEZNIH FRAKCIJAH	30
4.4	ANALIZA REZULTATOV PO STOPNJAH OBLEPLJANJA (f_0).....	32
4.4.1	Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 7,5.....	34
4.4.2	Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 8,75.....	36
4.4.3	Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 10.....	38
4.4.4	Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 11,25.....	40
4.4.5	Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 12,5.....	42
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	44
5.1	RAZPRAVA	44
5.1.1	Povzetek analize po frakcijah	44
5.1.2	Povzetek analize glede na faktor oblepljanja	46

5.2	SKLEPI	47
6	POVZETEK	48
7	VIRI	49

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Rezultati merjenja vlage iverja	19
Preglednica 2: Začetna in končna vlažnost iverja	19
Preglednica 3: Rezultati sejalne analize iverja	19
Preglednica 4: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 0,237	21
Preglednica 5: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 0,6	22
Preglednica 6: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1	23
Preglednica 7: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,27	24
Preglednica 8: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,5	25
Preglednica 9: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 2	26
Preglednica 10: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 4	27
Preglednica 11: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 6,14	28
Preglednica 12: Absolutna in povprečna oblepljenost iverja	30
Preglednica 13: Oblepljenost iverja pri različnih frakcijah	31
Preglednica 14: Stopnja oblepljenosti glede na faktor oblepljanja (f_0)	32
Preglednica 15: % oblepljenega / neoblepljenega iverja pri različnih stopnjah oblepljanja (f_0)	32
Preglednica 16: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 7,5	34
Preglednica 17: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 8,75	36
Preglednica 18: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 10	38
Preglednica 19: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 11,25	40
Preglednica 20: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 12,5	42

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Neoblepljeno iverje	8
Slika 2: Oblepljeno iverje pod mikroskopom s fluorescentno lučjo	8
Slika 3: Sušilnik znamke SO-250N	12
Slika 4: Stroj za oblepljanje iverja	13
Slika 5: Stiskalnica za izdelavo ivernih plošč	14
Slika 6: Razporeditev velikosti sit v laboratorijskem sejalniku	15
Slika 7: Laboratorijski sejalnik	16
Slika 8: Mikroskop	17
Slika 9: Fotografija posneta preko digitalnega fotoaparata in mikroskopa, modra barva predstavlja površino iverja, rdeča pa lepilo (UF lepilo z dodanim barvilom Rhodmin B)	17
Slika 10: Slika oblepljenega iverja; modra barva predstavlja površino iverja, rdeča pa lepilo (UF lepilo z dodanim barvilom Rhodmin B)	18
Slika 11: Stopnja oblepljenosti iverja pri različnih deležih dodanega lepila	20
Slika 12: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 0,237	21
Slika 13: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 0,6	22
Slika 14: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1	23
Slika 15: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,27	24
Slika 16: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,5	25
Slika 17: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 2	26
Slika 18: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 4	27
Slika 19: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 6,14	28
Slika 20: Delež lepila po frakcijah	30
Slika 21: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 7,5	34
Slika 22: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 7,5	35
Slika 23: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 8,75	36
Slika 24: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 8,75	37
Slika 25: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 10	38
Slika 26: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 10	39
Slika 27: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 11,25	40
Slika 28: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 11,25	41
Slika 29: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 12,5	42
Slika 30: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 12,5	43

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Faktor oblepljanja 7,5
- Priloga B: Faktor oblepljanja 8,75
- Priloga C: Faktor oblepljanja 10
- Priloga D: Faktor oblepljanja 11,25
- Priloga E: Faktor oblepljanja 12,5

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Skozi celotno zgodovino se je les uporabljal pretežno v naravni obliki, v začetku 20. stoletja pa so se pojavile prve vezane, furnirne, vlaknene in iverne plošče, ki jim s skupnim imenom pravimo lesni kompoziti. Njihov razvoj je pogojeval tehnološki razvoj in povečanje proizvodnje, kar je bilo povezano z večjo porabo lesne mase. V želji po zmanjšanju količine lesnih ostankov (veje, krajniki, žagovina, sekanci,...) in izdelavi ploskovnega materiala s približno enakimi lastnostmi v različnih smereh obdelave, se je že ob koncu 19. stoletja rodila prva ideja o izdelavi plošče, ki bi bila narejena iz žagovine in iverja lesa ter lepila kot veziva in bi nadomestila desko. Že 1887 leta je Ernst Hubbard opisal proizvodnjo plošč iz žagovine, zlepljene z albuminskim lepilom. Sledili so številni poskusi, vendar so ostali nerešeni številni tehnološko – proizvodni problemi. Šele leta 1943 je Fred Fahrni pod imenom Novopan patentiral industrijski način proizvodnje ivernih plošč. Po letu 1950 se je s pomočjo mehanizacije in avtomatizacije začela intenzivna rast industrije ivernih plošč, nadaljnja raziskovanja pa so pripeljala do novih tehnologij in specialnih ivernih plošč za potrebe v pohištveni industriji in gradbeništvu. Iverne plošče so se s stroškovnega vidika in tehnološke zahtevnosti izkazale kot najprimernejše lesno tvorivo.

Tehnologija proizvodnje ivernih plošč se je v zadnjih desetletjih izredno izpopolnila. Danes nam omogoča izbiro različnih postopkov, tako da se končni proizvodi razlikujejo med seboj po svojih fizikalnih, mehanskih in tehnoloških lastnostih. V samem začetku so izdelovali samo enoslojne iverne plošče, narejene iz iverja približno enake velikosti, kasneje pa so razvili večslojne plošče, pri katerih se uporablja iverje različnih velikosti. V zadnjih letih predstavlja največji del proizvodnje tako imenovana troslojna iverna plošča, sestavljena iz dveh zunanjih in enega srednjega sloja. V srednjem sloju lahko tako uporabimo bolj grobo, medtem ko za zunanja sloja uporabljamo finejše iverje. Ravno tako je tudi odstotek lepila, ki ga dodamo iverju pred samim lepljenjem, različen. Finejšemu iverju za zunanji sloj dodamo 11 do 13% lepila, medtem ko ta odstotek za srednji sloj

znaša od 7 do 9% glede na maso absolutno suhega iverja. Temperatura pri stiskanju se giblje med 180 in 220 °C in tlak med 2,5 in 3,5 N/mm².

Pomemben kazalec kakovosti ivernih plošč so njihove fizikalne in mehanske lastnosti. Za doseganje optimalnih lastnosti vernih plošč morajo biti medsebojno usklajeni številni dejavniki, med katerimi naj omenimo le najpomembnejše, kot so oblika in velikost ter drevesna vrsta iverja, vrsta lepila, delež dodanega lepila (faktor oblepljanja), delež posameznega sloja v prerezu plošče in še mnogo drugih.

Glede na to, da sta tako velikost frakcije ivernih delcev kot tudi delež dodanega lepila pomembna faktorja kakovosti iverne plošče, se bomo pri raziskovanju omejili predvsem na ta dva dejavnika. Znotraj določene stopnje deleža dodanega lepila (faktorja oblepljanja) bomo merili dejansko oblepljenost ivernih delcev različnih frakcij velikosti 0,237; 0,6; 1 in 1,27 za zunanji ter frakcije velikosti 1,5; 2; 4 in 6,14 za notranji sloj ivernih plošč. Nato bomo spreminjali faktor oblepljanja in ugotavljali, če bomo s tem dosegli značilno povečanje oziroma zmanjšanje dejanske oblepljenosti ivernih delcev.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Lastnosti troslojnih ivernih plošč so odvisne od številnih dejavnikov, kot so lesna vrsta, velikost in oblika iverja, vrsta lepila, delež lepila,... Predvidevamo, da na oblepljenost ivernih delcev vpliva tako njihova velikost, izražena z velikostjo frakcije, kot tudi delež dodanega lepila absolutno suhi masi iverja, ki je izražen s faktorjem oblepljanja.

Problem, ki ga v tej nalogi želimo raziskati in pojasniti je, v kolikšni meri vplivata tako delež dodanega lepila (faktor oblepljanja) kot tudi velikost frakcije iverja na dejansko stopnjo oblepljenosti ivernih delcev.

Stopnjo oblepljenosti bomo opazovali s slikovno analizo oblepljenosti iverja.

1.3 CILJI NALOGE

Cilj naloge je ugotoviti stopnjo oblepljenosti posamezne frakcije pri določenem faktorju oblepljanja. Z analizo bomo prikazali, pri katerih velikostih frakcije je večji delež lepila. Poleg tega je naš namen ugotoviti, v kolikšni meri faktor oblepljanja vpliva na dejansko oblepljenost ivernih delcev.

2 PREGLED LITERATURE

Raziskave več avtorjev so pokazale, da so lastnosti ivernih plošč odvisne ne le od lesne vrste in velikosti ter oblike iverja ampak tudi od lepila. Na samem začetku izdelovanja in raziskovanja ivernih plošč je bil vpliv lepila vezan predvsem na različne vrste lepila, kasneje pa so ugotovili, da je pomemben dejavnik tudi penetracija lepila v iver, stopnja oblepljenosti iverja ter porazdelitev lepila po površini.

Ker so iverne plošče, ki jih poznamo v Evropi, izdelane iz finejših delcev manjših frakcij in večinoma lepljene z brezbarvnim UF lepilom, je tudi pristop k proučevanju stopnje oblepljenosti iverja drugačen. Lehmann (1965) je kot možno rešitev tega problema predlagal, da se UF lepilo pred nanosom obarva z ustreznim barvilom, s čimer se poveča kontrast med iverjem in lepilom.

Plath in Plath (1959) sta proučevala različna barvila, ki sta jih razdelila glede na kromoforno skupino (dušikovo [NO] in azo [-N=N-] skupino) ter avksokromno skupino (hidroksilna [OH] in amino [NH₂] skupino). Za obarvanje UF lepila sta priporočala kislav barvila. Avtorja sta izpostavila tudi, da je potrebno dodati barvilo še pred nanosom lepila, saj le-to po utrditvi težko sprejme barvilo oziroma se težko obarva.

Ginzel in Stegmann (1970) sta ugotavljala možnosti naknadnega obarvanja lepila, za določanje penetracije in porazdelitve lepila v iverne plošči. Po uporabi 75 barvil sta ugotovila, da vsa lepila močno obarvajo tudi les oziroma iverje, torej so za naknadno obarvanje neprimerna. Do drugačnih rezultatov sta prišla pri uporabi 0,2% raztopine barvila, kjer sta ugotovila, da je intenziteta obarvanja odvisna od utrjenosti lepila in temperature utrjevanja lepila. Intenziteta obarvanja se večja z večanjem utrjenosti lepila.

Lehmann (1965) je UF lepilo obarval z Rhodaminom B in ugotavljal, kako nanašanje lepila na iverne delce vpliva na lastnosti ivernih plošč. Lepilo je na iverje nanašal na tri načine in ugotovil, da se najboljše lastnosti ivernih plošč dosežejo pri enakomerni razpršenosti lepila, kar se doseže s podtlačnimi šobami.

Lehmann (1968) je s pomočjo mikroskopa z ultravijoličnim virom svetlobe raziskoval razporeditev lepila na iverju in ugotovil, da se ob nanosu na površini iverja pojavijo majhne kapljice (premera med 32 in 56 μm), ki se, zaradi mešanja v stroju za oblepljanje, visoke temperature in tlaka ob stiskanju, združijo v skoraj neprekinjen sloj lepila. Ugotovil je, da se trdnost ivernih plošč z večanjem premera lepilnih kapljic manjša, kar je povezano tudi z zmanjšanjem števila kapljic na površini. Ravno tako je ugotovil, da pride do razslojitve najpogosteje ravno na mestih, kjer sloja lepila ni, oziroma je bil tlak za ustvarjanje tega sloja premajhen.

Duncan (1974) je ob proučevanju porazdelitve lepila in njene korelacije z velikostjo delcev ugotovil, da se je lepilo enakomerno porazdelilo po površini delcev iverja. Ugotovil je tudi, da večji delci z manjšo specifično površino sprejmejo več lepila kot manjši delci, ki specifično gledano prispevajo več lepilne površine.

Wilson in Kraemer (1976) sta za raziskavo stopnje oblepljenosti uporabila vrstični elektronski mikroskop (SEM). Med drugim sta ugotovila, da na trdnost plošče vpliva porazdelitev lepila na iverju, velikost kapljice in površine stika med sosednjim iverjem ter da se z manjšanjem premera kapljice učinek lepila poveča, vendar samo do določene mere, nakar se učinek ponovno zmanjša. Če je kapljica premajhna, ne pride do kontakta s sosednjim iverjem, saj je iverje precej hrapavo, kar je posledica iverjenja. Vendar pa tudi prevelika kapljica ne zagotavlja optimalnega učinka lepila. Pri preveliki kapljici lepilo namreč prekrije skoraj celotno površino iverja. Pri tem nastanejo prazni prostori med iverjem in lepilom, kar onemogoča njun optimalen spoj. Avtorja sta ugotovila, da pri majhnih kapljicah lepila pride do točkovne povezave, pri velikih kapljicah pa do nastanka neprekinjenega filma okoli iverja.

Tudi Hill in Wilson (1978) sta proučevala posledice oblepljenosti iverja na trdnost in elastičnost ivernih plošč. Ugotovila sta, da imajo manjše frakcije večjo specifično površino, zato lahko sprejmejo več lepila kot grobe frakcije z manjšo specifično površino. Ob upoštevanju mase porabljenega lepila in specifične površine posamezne frakcije (relativni delež lepila) sta avtorja ugotovila, da je relativni delež manjši pri finejših

frakcijah. Po njunem mnenju je površina iverja, ki je prekrita z lepilom, najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na trdnost iverne plošče. Poudarila sta, da mora biti lepilo enakomerno porazdeljeno tako na finejših kot tudi na večjih frakcijah iverja, pri čemer naj bi bil relativni delež lepila približno enak pri vseh frakcijah.

Pri ugotavljanju vpliva velikosti iverja na stopnjo oblepljenosti je Dunky (1988) ugotovil, da porazdelitev lepila ni bila enakomerna pri vseh frakcijah, ampak je bilo na večjih frakcijah več lepila. Avtor je svojo ugotovitev razlagal predvsem z velikostjo kapljice lepila, ki naj bi bila večja kot je širina finejših delcev. Ugotovil je, da večja specifična površina finejšega iverja ne pomeni tudi večje stopnje oblepljenosti iverja. Ravno tako je ugotovil, da normalna količina lepila ne zagotavlja enakomerne oblepljenosti vsega iverja, ampak bo več lepila na večjem iverju.

Scott (2001) je za ugotavljanje stopnje oblepljenosti ivernih delcev UF lepilo obarval z ultravijoličnim (UV) barvilom. Ugotovil je, da je rezultat stopnje oblepljenosti v soodvisnosti s količino nanesenega lepila. Poudaril je, da je metodo z obarvanjem lepila mogoče uporabiti tudi v proizvodnji.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Les

Iverni plošči daje osnovno značilnost iverje, ki ga proizvodimo s posebnimi stroji. Način proizvodnje iverja določajo številni dejavniki:

- vrsta surovine; glede na homogenost jo lahko direktno režemo v iverje, oziroma jo moramo predhodno drobiti, kadar surovina ni homogena,
- kakovost in vrsta iverne plošče,
- proizvodni postopek.

Glede na uporabnost proizvodimo predvsem troslojne iverne plošče, za katere ločeno proizvodimo iverje za zunanji in srednji sloj. Zunanji, tanjši sloj proizvodimo iz bolj ali manj enotne surovine v enofazni proizvodnji, ki jo direktno režemo v iverje. Srednji, debelejši sloj pridobivamo predvsem iz heterogenih lesnih ostankov, ki jih najprej predelamo v sekalnikih, v drugi fazi pa sekance režemo v iverje zahtevanih dimenzij.

Za ugotavljanje stopnje oblepljenosti iverja smo uporabili mešanico iverja različnih drevesnih vrst, vzeto iz proizvodnje. Sestavljena je bila pretežno iz iverja iglavcev (78%), med katerimi je bilo največ iverja smreke (*Picea Abies* L.) in bora (*Pinus Silvestris* L.) ter iz lesa listavcev (22%), med katerimi sta bila v največji meri zastopana bukev (*Fagus Sylvatica* L.) in hrast (*Quercus Robur* L.) preostanek so predstavljali ostali listavci (jelša, gaber, breza).

Sestava iverja:

- Iglavci 78 %:
 - smreka (*Picea Abies* L.) - 98%
 - bor (*Pinus Silvestris* L.) – 2%

- listavci 22 %:
 - bukev (*Fagus Sylvatica L.*) - 32%
 - hrast (*Quercus Robur L.*) – 9%
 - ostali listavci (jelša, gaber, breza) – 59%



Slika 1: Neoblepljeno iverje



Slika 2: Oblepljeno iverje pod mikroskopom s fluorescentno lučjo

Poskušali smo ugotoviti, pri kateri frakciji bomo dosegli najvišjo stopnjo oblepljenosti. Enotnost iverja po velikosti smo dosegli s sejanjem iverja oziroma razdelitvijo iverja na

posamezne frakcije velikosti 0,237; 0,6; 1; 1,27; 1,5; 2; 4 in 6,14, ki smo jih ločeno uporabili pri analizi stopnje oblepljanja. Oznaka frakcije pomeni velikost odprtine sita oziroma premer včrtanega kroga, izraženega v mm.

Specifična površina iverja je odvisna od:

- drevesne vrste,
- prostorninske mase,
- geometrije iverja,
- vlažnosti.

3.1.2 Lepilo

Lepilo predstavlja skupaj z lesno surovino glavno komponento ivernih plošč in pomembno vpliva na mehanske lastnosti, kvaliteto in ekonomičnost proizvodnje. Naloga lepila je, da ob prisotnosti visoke temperature in tlaka zlepi iverje. V industriji ivernih plošč se je najbolj uveljavilo urea-formaldehidno lepilo, in sicer zaradi dobrih lastnosti, predvsem pa zaradi relativno nizke cene v primerjavi z nekaterimi drugimi lepili. Količina porabljenega lepila je odvisna od oblike in dimenzije iverja. Splošno je poraba nekoliko višja pri iverju, ki je pripravljeno iz lesa listavcev. Količina porabljenega lepila v proizvodnji ivernih plošč se preračunava na osnovi količine absolutno suhega iverja. Porabo lepila običajno podajamo s faktorjem oblepljanja, ki je v odstotkih izraženo razmerje med količino dozirane suhe substance lepila in količinsko enoto absolutno suhega iverja. Za troslojno iverno ploščo znaša faktor oblepljanja 11 – 13 % za zunanji sloj (ZS) in 7 – 9 % za notranji sloj (NS).

Lepilna mešanica je pripravljena iz lepila, parafinske emulzije, utrjevalca, zadrževalca in vode.

Pri oblepljanju iverja skušamo doseči neprekinjen lepilni film, zato lepilo nanašamo v razpršeni obliki prek številnih šob, ki brizgajo lepilno mešanico pod pritiskom 1,5 do 2 bar, medtem ko lopatice omogočajo dobro mešanje iverja.

Pri izvedbi naloge smo uporabili urea-formaldehidno lepilo (UF lepilo). Lepilna mešanica za oblepljanje iverja je bila sestavljena po recepturi, ki temelji na absolutno suhi masi iverja in je sestavljena iz:

- UF lepilne smole LENDUR 105, proizvajalca NAFTA LENDAVA, v kateri je bila vsebnost suhe snovi 65,5%,
- parafinske emulzije s 60% suhe snovi,
- utrjevalca,
- barvila RHODAMIN B - zaradi brezbarvnega UF lepila je težko ugotoviti stopnjo oblepljenosti iverja, zato smo lepilni mešanici dodali 0,05% barvila (glede na absolutno suho maso lepila) Rhodamin B, ki je lepilno mešanico obarvalo rdeče.

Pri uporabi brezbarvnega UF lepila je težko ugotoviti stopnjo oblepljenosti iverja. Zaradi relativno majhne količine lepila (faktor oblepljanja do 12,5 %) je metoda z obarvanjem lesa neprimerna, saj ne uspemo ločiti lesa od lepila, oziroma oblepljenega dela lesa od neoblepljenega, zato smo se odločili za metodo obarvanja lepila.

3.2 METODA DELA

Po predhodni pripravi iverja (oblepljanje iverja, utrjevanje lepila, sejalna analiza) smo za ugotavljanje vpliva tako velikosti frakcije iverja kot tudi vpliva faktorja oblepljanja na stopnjo oblepljenosti ivernih delcev, uporabili metodo slikovne analize. Za lažjo analizo smo predhodno lepilu dodali barvilo, ki je pod vplivom fluorescentne svetlobe oblepljeno površino obarvalo rdeče. Z digitalnim fotoaparatom smo preko mikroskopa poslikali vzorce in jih obdelali s programom za analizo slike, ki omogoča izmero površine celotnega in površine oblepljenega iverja. Iz dobljenih podatkov (priloga A-E) smo izračunali stopnjo oblepljenosti iverja pri različnih deležih dodanega lepila.

3.2.1 Določitev vlažnosti iverja

Vlažnost iverja smo določili v laboratorijskem merilniku vlage IMAL. Postopek merjenja je enostaven in hiter. Posodo smo vstavili v merilnik, ki po kratkem času prikaže vlažnost iverja. Meritev smo opravili tri-krat in izračunali aritmetično sredino dobljenih rezultatov.

3.2.2 Sušenje iverja

Sušenje je izredno pomembna delovna operacija, saj je od vlage iverja odvisen čas stiskanja v stiskalnici in s tem povezana poraba energije. Iverje sušimo ločeno za zunanji in srednji sloj v sušilnikih različnih konstrukcij.

Tudi čas sušenja iverja je zelo različen. Odvisen je od vrste sušilnika, začetne in končne vlažnosti iverja, drevesne vrste ter oblike in velikosti iverja.

Končno vlago iverja kontroliramo z diferenčnim tehtanjem ali s posebnimi elektronskimi vlagomeri.

Po določitvi vlage iverja je bilo potrebno iverje še dodatno osušiti. Priporočene končne vrednosti vlage iverja so naslednje:

- iverje srednjega sloja $2 \pm 0,5 \%$
- iverje zunanjšega sloja $3 \pm 0,5\%$

Iverje smo razdelili na štiri plošče in ga sušili v sušilniku znamke SO – 250N (proizvajalca ELEKTROMEDICINA) 72 ur pri temperaturi 75 °C. S tem smo dosegli končno vlažnost iverja približno 1,5%.



Slika 3: Sušilnik znamke SO – 250N

3.2.3 Oblepljanje iverja

Sam način oblepljanja iverja je potekal po enakem postopku kot v proizvodnji ivernih plošč. Posušeno iverje smo dali v stroj za oblepljanje kamor smo med delovanjem preko šob pod pritiskom 1,5 do 2 bar dodali lepilno mešanico, ki smo ji predhodno dodali barvilo RHODAMIN B ter s pomočjo mešalnih ročk klinaste oblike dosegli enakomerno oblepljenost ivernih delcev. Sam postopek smo ponovili 5-krat in s tem dosegli oblepljenost iverja s točno določenim faktorjem oblepljanja in sicer 7,5%, 8,75%, 10%, 11,25% in 12,5%.



Slika 4: Stroj za oblepljanje iverja

3.2.4 Utrjevanje iverja

Po oblepljanju iverja smo le-tega za 4 minute izpostavili temperaturi 180°C v stiskalnici z dilatcijskimi letvami, s čimer smo preprečili, da bi se vzorec med sušenjem stisnil v ploščo. S tem smo ustvarili enake pogoje kot so pri izdelavi ivernih plošč. Po 4 minutah sušenja smo iverje ohladili na temperaturo 20⁰C. Za ugotavljanje stopnje oblepljenosti smo uporabili metodo slikovne analize.



Slika 5: Stiskalnica za izdelavo ivernih plošč

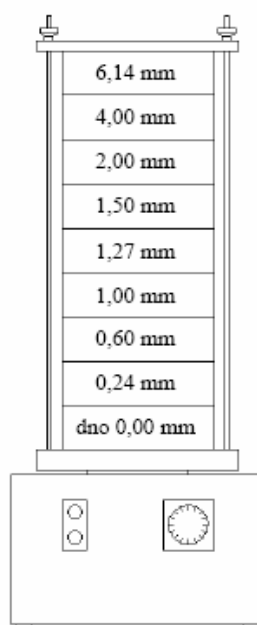
3.2.5 Sortiranje iveri - sejalna analiza

Pri oblepljanju iverja je eden najpomembnejših podatkov geometrija iverja. Določanje debeline in specifične površine je zaradi iverja zelo težavno. Za merjenje dimenzij, določevanje vitkosti in specifične površine iverja se uporablja več metod. Sejalna analiza je najbolj pogosto uporabljen način ločevanja iverja po velikosti. Ločevanje je možno po debelini (vertikalni sejalnik) ali po dolžini iverja (horizontalni sejalnik). S sejalno analizo lahko najhitreje določimo velikost iverja, vendar pri tem ne dobimo podatkov o specifični površini in o vitkosti iverja ampak dobimo delež iverja, ki je ostal na posameznem situ.

Kollmann in sod. (1975), Maloney (1977) in Moslemi (1974) so ugotovili, da je velikost iverja, ki bo ostala na situ z določeno odprtino, odvisna od velikosti te odprtine. Iverje bo namreč padlo skozi sito, če bosta vsaj dve dimenziji manjši od odprtine sita.

Zatehtali smo 100 g iverja, ki smo ga imeli na razpolago in ga 10 min sejali v laboratorijskem sejalniku (slika 7) skozi sita odprtin 6,14; 4,00; 2,00; 1,50; 1,27; 1,00; 0,60 in 0,24 mm. Po končanem sejanju smo stehali iveri, ki so ostale na posameznem situ. Celoten cikel sejanja in tehtanja smo zaradi minimalizacije možnosti napak opravili v petih meritvah in izračunali strukturo iveri.

Tako smo dobili natančen vpogled v posamezne frakcije iverja in jih na podlagi tega sortirali. Sortiranje iverja smo izvedli s sejanjem v laboratorijskem sejalniku. Dobili smo iverje različno finih frakcij.



Slika 6: Razporeditev velikosti sit v laboratorijskem sejalniku



Slika 7: Laboratorijski sejalnik

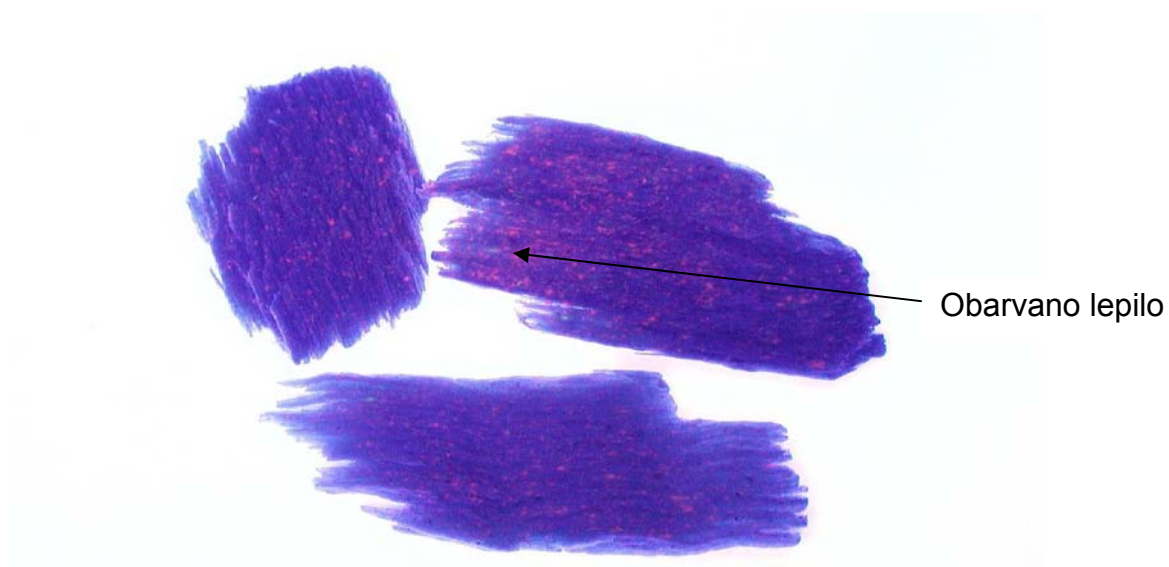
3.2.6 Slikovna analiza oblepljenega iverja

Za ugotavljanje stopnje oblepljenosti smo uporabili metodo slikovne analize oblepljenega iverja, kjer se uporabljajo sodobni pripomočki kot so digitalni fotoaparati, mikroskop ter računalnik z ustreznim programom za analizo slike.

Za zajem slike smo uporabili digitalni fotoaparati, pritrjeni na mikroskop. Mikroskop je imel fluorescentni vir svetlobe, kar je še dodatno povečalo kontrast med lepilom z dodanim barvilom in iverjem. Dobljene fotografije smo prenesli v računalniški program za analizo slike, s pomočjo katerega smo lahko opravili meritve celotne površine iverja in površino oblepljenega dela ivernih delcev.



Slika 8: Mikroskop



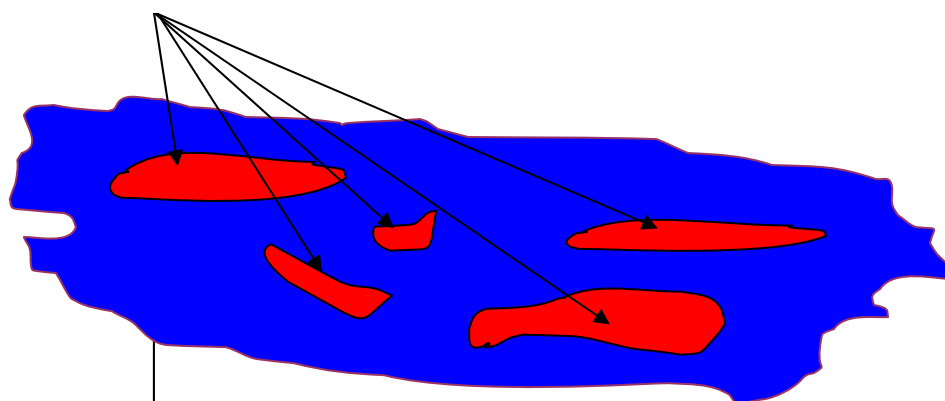
Slika 9: Fotografija posneta preko digitalnega fotoaparata in mikroskopa, modra barva predstavlja površino iverja, rdeča pa lepilo (UF lepilo z dodanim barvilom Rhodmin B)

Stopnjo oblepljenosti iverja smo ugotavljali na posebej za ta poskus oblepljenih vzorcih in jo podali kot razmerje med površino lepila in celotno površino iverja ter jo izračunali po spodnji enačbi:

$$Obl\% = \frac{A_l}{A_{iv}} * 100 \quad \dots (1)$$

- Kjer je :
- A_lpovršina lepila v mm^2
 - A_{iv}celotna površina iverja v mm^2

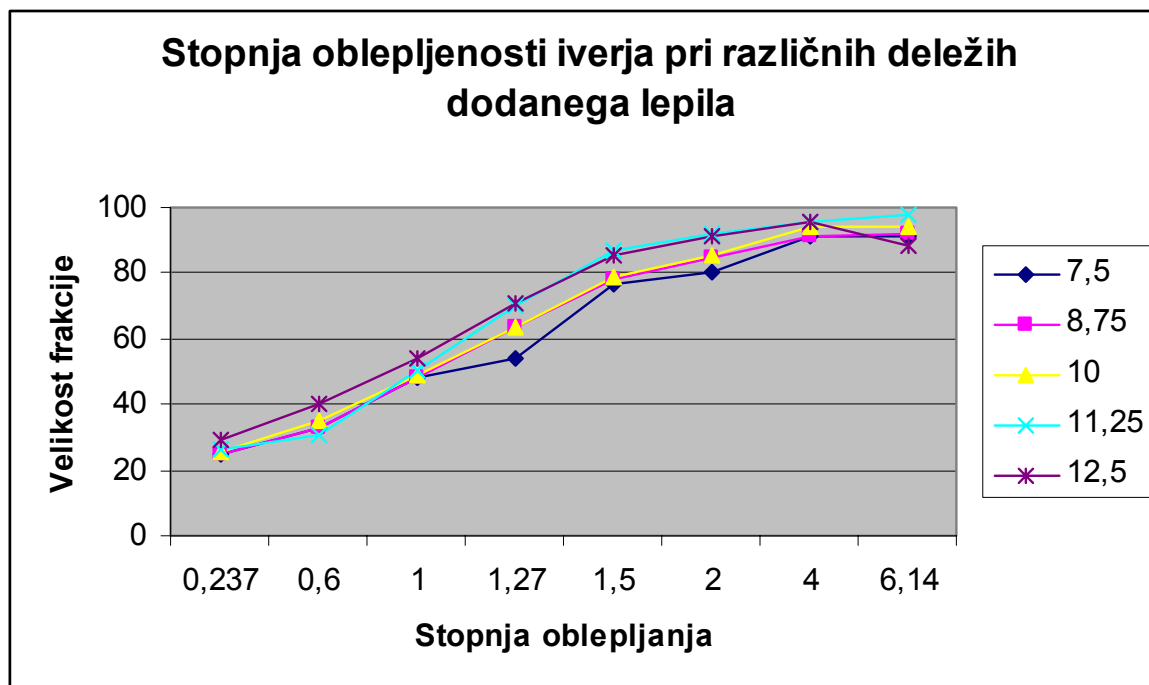
A_l – Površina lepila



A_{iv} – celotna površina iverja

Slika 10: Slika oblepljenega iverja; modra barva predstavlja površino iverja, rdeča pa lepilo (UF lepilo z dodanim barvilom Rhodmin B)

4.2 REZULTATI STOPNJE OBLEPLJENOSTI



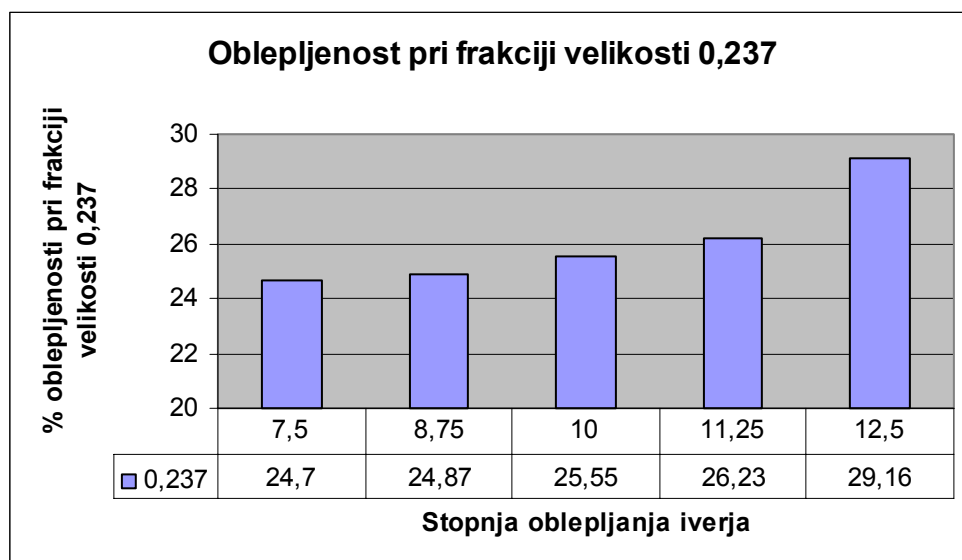
Slika 11: Stopnja oblepljenosti iverja pri različnih deležih dodanega lepila

Iz Slike 11 na podlagi pridobljenih podatkov lahko opazimo minimalne razlike v stopnjah oblepljenosti iverja pri deležih dodanega lepila 11,25 in 12,5 ter pri deležih 10 in 8,75, katerima se z vrednostmi približa tudi faktor 7,5.

4.2.1 Analiza rezultatov pri frakciji 0,237

Preglednica 4: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 0,237

STOPNJA OBLEPLJANJA	OBLEPLJENOST PRI FRAKCIJI VELIKOSTI 0,237
7,5	24,70
8,75	24,87
10	25,55
11,25	26,23
12,5	29,16



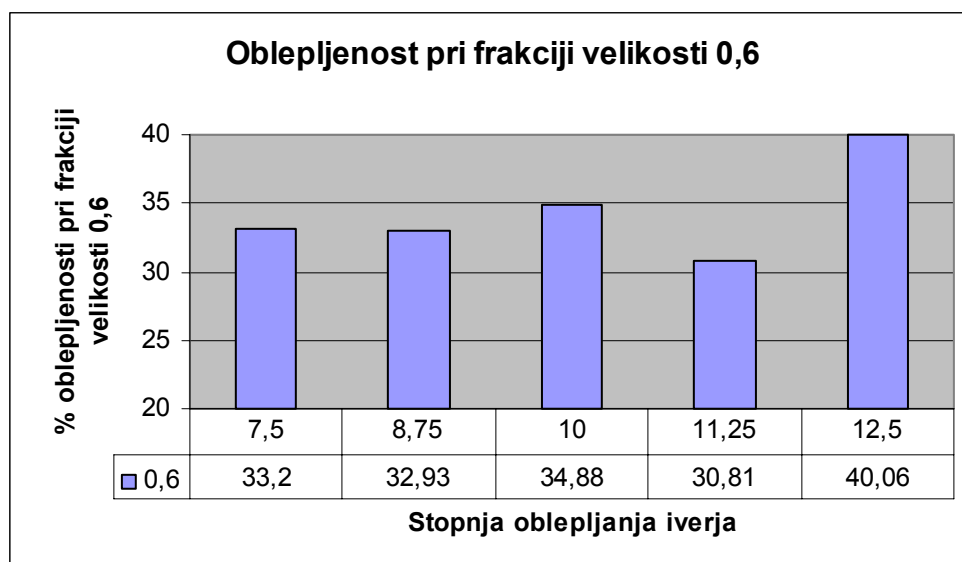
Slika 12: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 0,237

Stopnja oblepljenosti iverja pri frakciji velikosti 0,237 z večanjem deleža dodanega lepila narašča.. Večji porast je opazen pri 12,5-odstotnem deležu lepila, ki predstavlja 4,5% porast glede na začetno merjenje pri 7,5% stopnji oblepljanja. Večje stopnje oblepljenosti pri frakciji velikosti 0,237 nismo pričakovali, saj je verjetnost, da bo kapljica lepila zadela tako majhen delček iverja, zelo majhna. Ravno z manjšo površino delcev iverja lahko pojasnimo, da pri vzorcih vseh opazovanih faktorjev oblepljanja vrednosti pri frakciji 0,237 ne presežejo 30% celotne oblepljene površine iverja.

4.2.2 Analiza rezultatov pri frakciji 0,6

Preglednica 5: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 0,6

STOPNJA OBLEPLJANJA	OBLEPLJENOST PRI FRAKCIJI VELIKOSTI 0,6
7,5	33,20
8,75	32,93
10	34,88
11,25	30,81
12,5	40,06



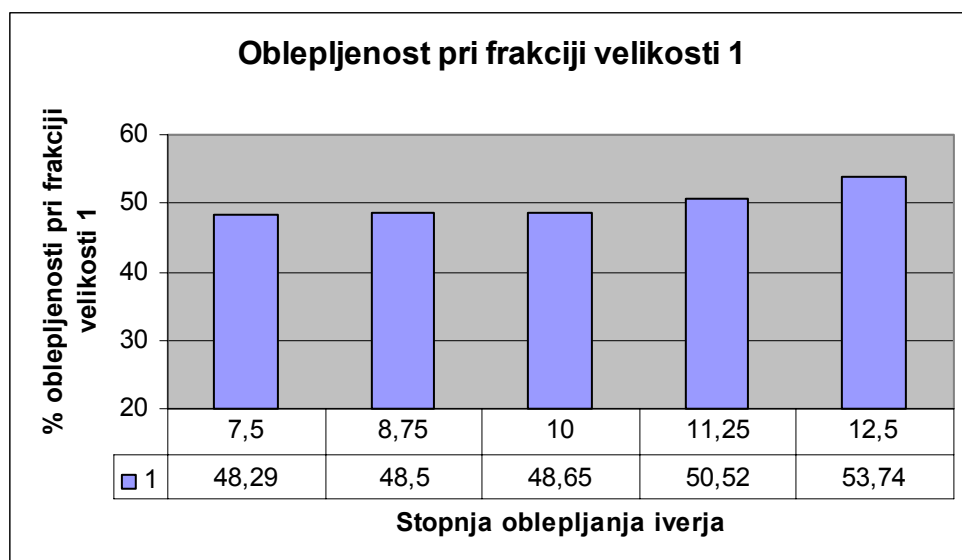
Slika 13: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 0,6

Stopnja oblepljenosti iverja se pri frakciji velikosti 0,6 skoraj ne razlikuje med stopnjami oblepljanja (f_0) 7,5; 8,75 in 10, kjer se giblje okrog tretjine celotne površine ivernih delcev, pri čemer je kljub vsemu še vedno opazen porast. Tudi tu lahko relativno majhno stopnjo oblepljenosti razlagamo z majhno površino delcev iverja, pri katerih je majhna verjetnost, da jih bodo zadele kapljice lepila. Rahel padec je zaznan pri stopnji oblepljanja (f_0) 11,25, ki pa je posledica manjšega števila vzorcev. Večji porast je viden pri vzorcih stopnje oblepljanja (f_0) 12,5, ki sicer ne bi bil opazen, če ne bi vrednosti oblepljenosti pri velikosti frakcije 11,25 padle.

4.2.3 Analiza rezultatov pri frakciji 1

Preglednica 6: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1

STOPNJA OBLEPLJANJA	OBLEPLJENOST PRI FRAKCIJI VELIKOSTI 1
7,5	48,29
8,75	48,50
10	48,65
11,25	50,52
12,5	53,74



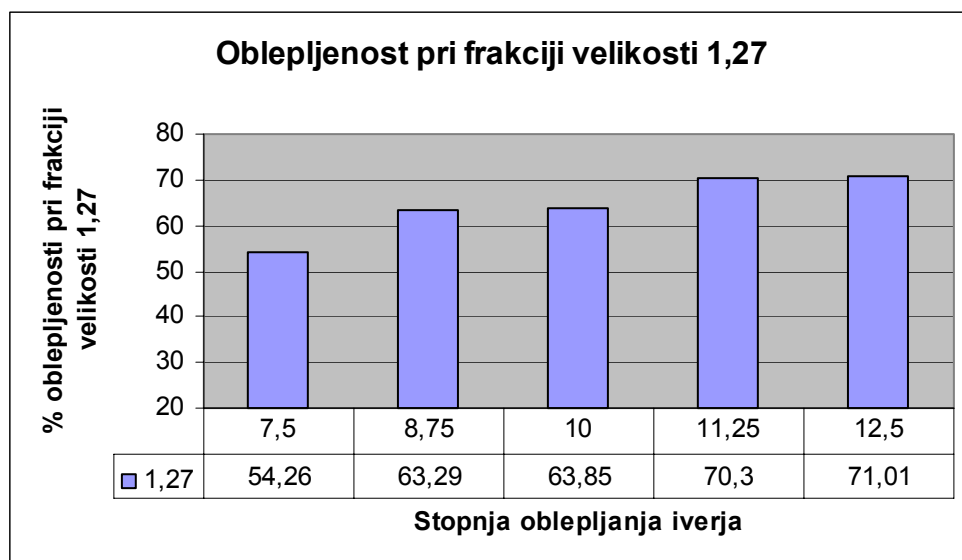
Slika 14: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1

Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1 minimalno narašča do stopnje oblepljanja 10, kar pomeni, da je vpliv spremembe faktorja oblepljanja minimalen. Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1 torej pokaže zanemarljive razlike v odstotku dejanske oblepljenosti ivernih delcev med različnimi stopnjami oblepljanja (f_0). Kljub temu se stopnja oblepljenosti že giblje okrog 50%.

Analiza rezultatov pri frakciji 1,27

Preglednica 7: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,27

STOPNJA OBLEPLJANJA	OBLEPLJENOST PRI FRAKCIJI VELIKOSTI 1,27
7,5	54,26
8,75	63,29
10	63,85
11,25	70,30
12,5	71,01



Slika 15: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,27

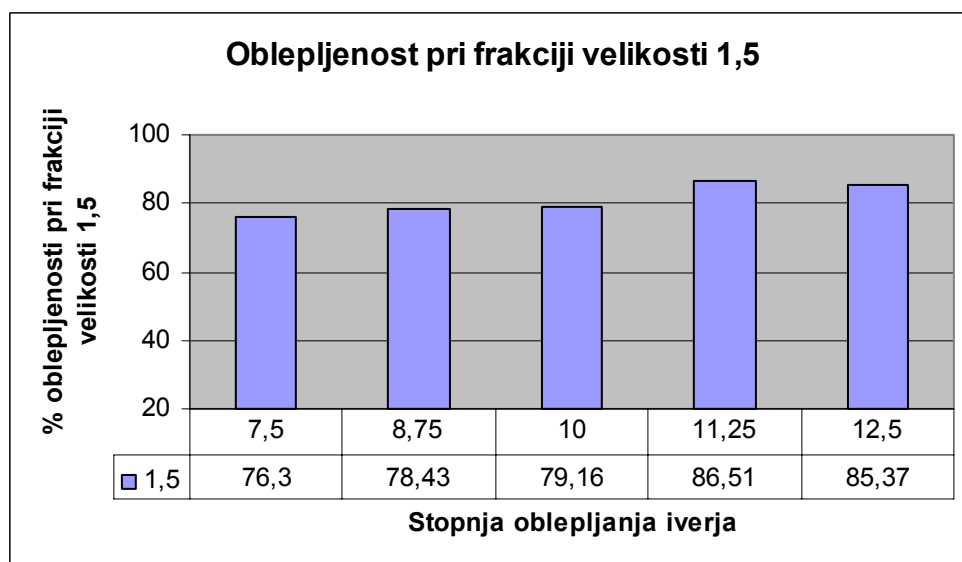
Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,27 lahko opazujemo v treh korakih, in sicer: razlika med stopnjo oblepljenosti med stopnjama oblepljanja 7,5 in 12,5 znaša 17%. Prvi porast za 9% je opazen med deležema dodanega lepila 7,5 in 8,75, kjer se stopnja oblepljenosti praktično izenači z oblepljenostjo pri vzorcih s stopnjo oblepljanja 10. Sledi 6% porast oblepljenosti ivernih delcev pri deležu dodanega lepila 11,25 in še manjši porast oblepljenosti iverja s faktorjem oblepljanja 12,5.

Pri velikosti frakcije iverja 1,27 je že zaznati opazne razlike med oblepljenostjo ivernih delcev med različnimi stopnjami oblepljanja.

4.2.4 Analiza rezultatov pri frakciji 1,5

Preglednica 8: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,5

STOPNJA OBLEPLJANJA	OBLEPLJENOST PRI FRAKCIJI VELIKOSTI 1,5
7,5	76,30
8,75	78,43
10	79,16
11,25	86,51
12,5	85,37



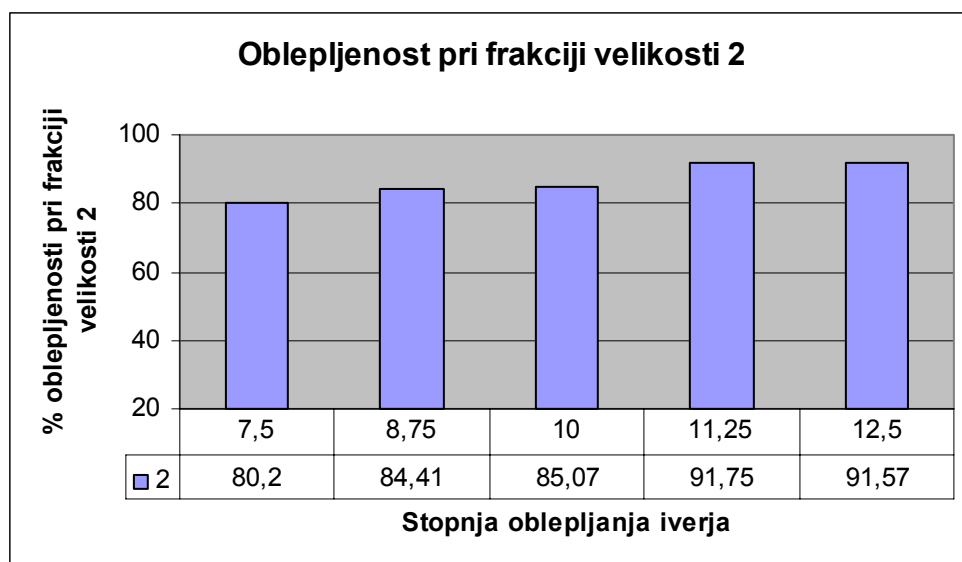
Slika 16: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,5

Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 1,5 enakomerno narašča med stopnjami oblepljanja 7,5; 8,75 in 10. Nato dejanska oblepljenost delcev iverja pri 11,25% stopnji oblepljanja naraste za 7% in se praktično ne razlikuje od oblepljenosti pri 12,5% stopnji oblepljanja.

4.2.5 Analiza rezultatov pri frakciji 2

Preglednica 9: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 2

STOPNJA OBLEPLJANJA	OBLEPLJENOST PRI FRAKCIJI VELIKOSTI 2
7,5	80,20
8,75	84,41
10	85,07
11,25	91,75
12,5	91,57



Slika 17: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 2

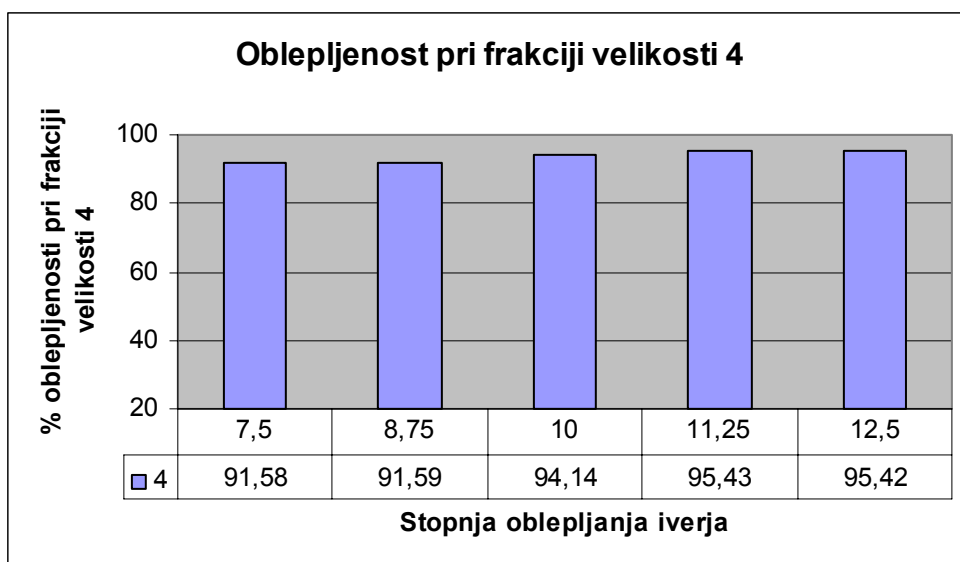
Pri oblepljenosti iverja frakcije velikosti 2 lahko opazujemo dva porasta in dve izenačitvi vrednosti. Prvemu 4% porastu med stopnjo oblepljanja 7,5 in 8,75 sledi izenačenje s stopnjo 10 in ponoven 6% porast do stopnje 11,25, ki se izenači s stopnjo 12,5.

Pri oblepljenosti iverja frakcije velikosti 2 prvič lahko opazimo stopnjo dejanske oblepljenosti nad 90%, kar pomeni, da je skoraj celoten vzorec iverja prekrit z lepilom.

4.2.6 Analiza rezultatov pri frakciji 4

Preglednica 10: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 4

STOPNJA OBLEPLJANJA	OBLEPLJENOST PRI FRAKCIJI VELIKOSTI 4
7,5	91,58
8,75	91,59
10	94,14
11,25	95,43
12,5	95,42



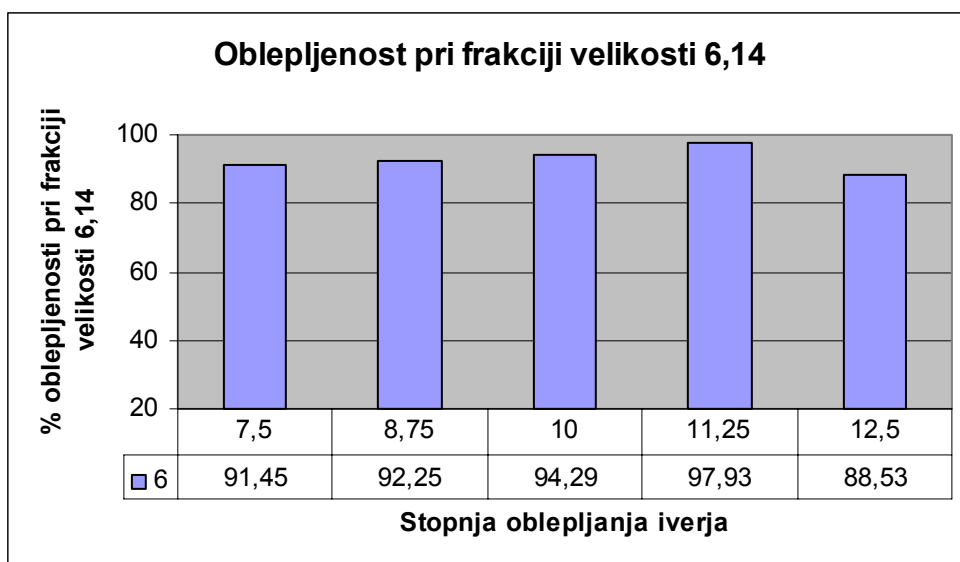
Slika 18: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 4

Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 4 je že pri vseh stopnjah oblepljanja nad 90%, kar praktično pomeni, da med delci ni bistvene razlike v količini dejanske oblepljenosti, kljub temu lahko še vedno opazujemo porast oblepljenosti ob večanju deleža lepila.

4.2.7 Analiza rezultatov pri frakciji 6,14

Preglednica 11: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 6,14

STOPNJA OBLEPLJANJA	OBLEPLJENOST PRI FRAKCIJI VELIKOSTI 6,14
7,5	91,45
8,75	92,25
10	94,29
11,25	97,93
12,5	88,53



Slika 19: Oblepljenost iverja pri frakciji velikosti 6,14

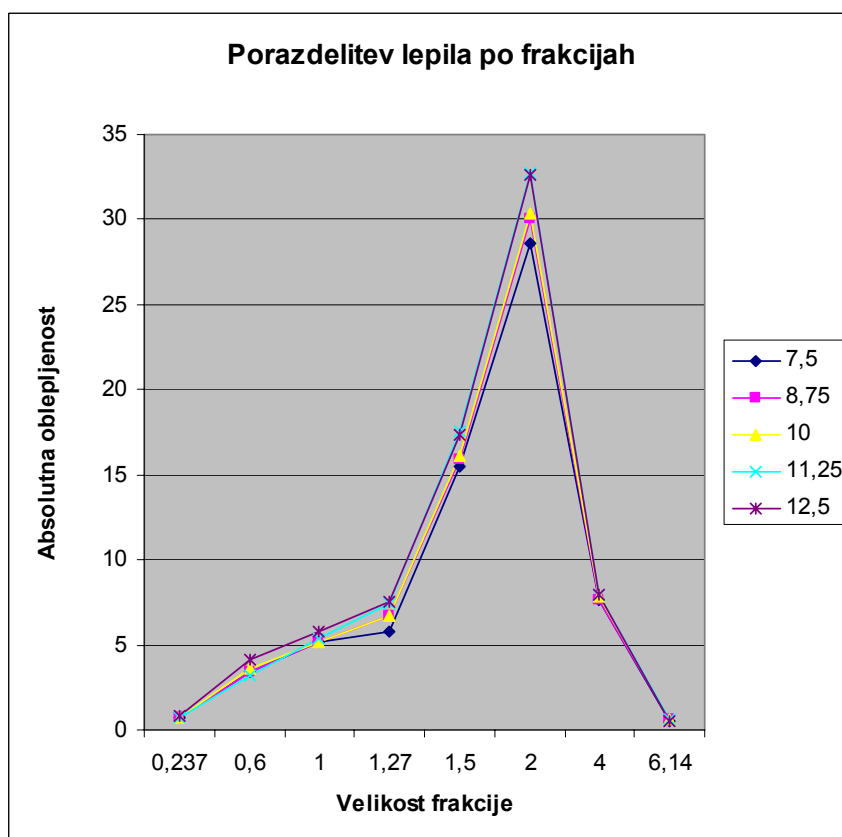
Pri iverju frakcije velikosti 6,14 so vrednosti dejanske oblepljenosti že tako visoke, da težko govorimo o razliki med stopnjo oblepljenosti. Pri oblepljenosti iverja frakcije velikosti 6,14 so delci praktično popolnoma prekriti z lepilom. Glede na to, da rezultati oblepljanja še vseeno naraščajo z večanjem deleža lepila, bi na tem mestu poudarili, da to omenjenih rezultatov pridemo predvsem zato, ker so pri frakciji velikosti 6,14 delci iverja že tako veliki, da je verjetnost, da jih bo zadela kapljica lepila, oz. več kapljic lepila že zelo velika. Z omenjeno razlago lahko torej pojasnimo skoraj popolno prekritje ivernih delcev z lepilom. Predvidevamo, da bi bila dejanska oblepljenost blizu 100%, če bi imeli na voljo

več vzorcev frakcije 6,14 ob stopnji oblepljanja 12,5, saj bi pri taki količini lepila najverjetneje iver zadelo veliko število lepilnih kapljic.

4.3 ANALIZA REZULTATOV PO POSAMEZNIH FRAKCIJAH

Preglednica 12: Absolutna in povprečna oblepljenost iverja

F0 \ FRAKCIJA	7,5	8,75	10	11,25	12,5
0,237	0,69	0,70	0,72	0,74	0,82
0,6	3,41	3,38	3,58	3,16	4,11
1	5,17	5,19	5,21	5,41	5,75
1,27	5,74	6,70	6,76	7,44	7,51
1,5	15,50	15,94	16,09	17,58	17,35
2	28,58	30,08	30,32	32,70	32,64
4	7,66	7,66	7,87	7,98	7,98
6,14	0,57	0,57	0,58	0,61	0,55
Σ	67,32	70,21	71,11	75,60	76,70
povprečje	8,41	8,78	8,89	9,45	9,59



Slika 20: Delež lepila po frakcijah

Stopnja oblepljanja iverja je odvisna od velikosti frakcije oz. velikosti odprtine sita, na katerem po sejalni analizi ostane iverje. Z večanjem frakcije se povečuje debelina, dolžina in specifična površina iverja.

S povečanjem frakcije se povečuje tudi delež porabljenega lepila. Iverje manjših frakcij (do velikosti 1,5) se uporablja za zunanji sloj ivernih plošč in iverje večjih frakcij se uporablja za notranji sloj ivernih plošč. Večji delež lepila se nahaja v notranjem, večjem, sloju, kar je prikazano na Sliki 20.

Preglednica 13: Oblepljenost iverja pri različnih frakcijah

frakcija f ₀ (%)	0,237	0,6	1	1,27	1,5	2	4	6,14
7,5	24,70	33,20	48,29	54,26	76,30	80,20	91,58	91,45
8,75	24,87	32,93	48,50	63,29	78,43	84,41	91,59	92,25
10	25,55	34,88	48,65	63,85	79,16	85,07	94,14	94,29
11,25	26,23	30,81	50,52	70,30	86,51	91,75	95,43	97,93
12,5	29,16	40,06	53,74	71,01	85,37	91,57	95,42	88,53

S slikovno analizo oblepljenosti smo ugotavljali do kakšnih razlik pride ob spreminjanju stopnje oblepljanja (f_0) pri isti velikosti frakcije iverja. Ugotovili smo, da se površina dejanske oblepljenosti ivernih delcev veča z večanjem stopnje oblepljanja (f_0). Sam porast se razlikuje znotraj posameznih stopenj, zato bomo vsako predstavil posebej.

Stopnja oblepljenosti je poleg že omenjenih dejavnikov močno povezana tudi z globino penetracije lepila v iverje. Z večanjem velikosti iverja narašča tudi stopnja penetracije ravno tako kot tudi odstotek oblepljanja. Stopnja penetracije je posledica usmerjenosti vlaken glede na površino iverja oz. na površino, na katero smo nanесли lepilo. Če nanesimo lepilo pretežno prečno oz. pravokotno na površino, lepilo v večji meri penetrira v iverje kot pa se razširi po njem, saj je prevodnost v vzdolžni smeri največja v nasprotju z najmanjšo v radialni smeri.

Pri nanosu lepila na radialno oz. tangencialno površino bo prišlo predvsem do širjenja oz. oblitja ivernih delcev in manj do penetracije, zato bo stopnja oblepljenosti večja.

S pomočjo penetracije lepila v iverje bi lahko pojasnili, da sama oblepljenost z večanjem stopnje oblepljanja narašča, vendar pa ne prihaja do značilnih razlik znotraj posamezne frakcije ob stopnji povečanja deleža lepila.

4.4 ANALIZA REZULTATOV PO STOPNJAH OBLEPLJANJA (f_0)

Preglednica 14: Stopnja oblepljenosti glede na faktor oblepljanja (f_0)

f_0 (%) \n frakcija	7,5	8,75	10	11,25	12,5
6,14	91,45	92,25	94,29	97,93	88,53
4	91,58	91,59	94,14	95,43	95,42
2	80,20	84,41	85,07	91,75	91,57
1,5	76,30	78,43	79,16	86,51	85,37
1,27	54,26	63,29	63,85	70,30	71,01
1	48,29	48,50	48,65	50,52	53,74
0,6	33,20	32,93	34,88	30,81	40,06
0,237	24,70	24,87	25,55	26,23	29,16

S slikovno analizo smo ugotovili, da se vrednosti stopnje oblepljenosti iverja znotraj določene stopnje oblepljanja (f_0) glede na velikost frakcije med seboj razlikujejo. Stopnja dejanske oblepljenosti iverja se z večanjem frakcije znotraj posamezne stopnje oblepljanja (f_0) veča.

Pri vseh stopnjah oblepljanja je zaznan neenakomeren porast dejanske oblepljenosti.

Preglednica 15: % oblepljenega / neoblepljenega iverja pri različnih stopnjah oblepljanja (f_0)

	% obl. iverja pri f_0 7,5	% neobl. iverja pri f_0 7,5	% obl. iverja pri f_0 8,75	% neobl. iverja pri f_0 8,75	% obl. iverja pri f_0 10	% neobl. iverja pri f_0 10
6,14	91,45	8,55	92,25	7,75	94,29	5,71
4	91,58	8,42	91,59	8,41	94,14	5,86
2	80,20	19,80	84,41	15,59	85,07	14,93
1,5	76,30	23,70	78,43	21,57	79,16	20,84
1,27	54,26	45,74	63,29	36,71	63,85	36,15
1	48,29	51,71	48,50	51,50	48,65	51,35
0,6	33,20	66,80	32,93	67,07	34,88	65,12
0,237	24,70	75,30	24,87	75,13	25,55	74,45

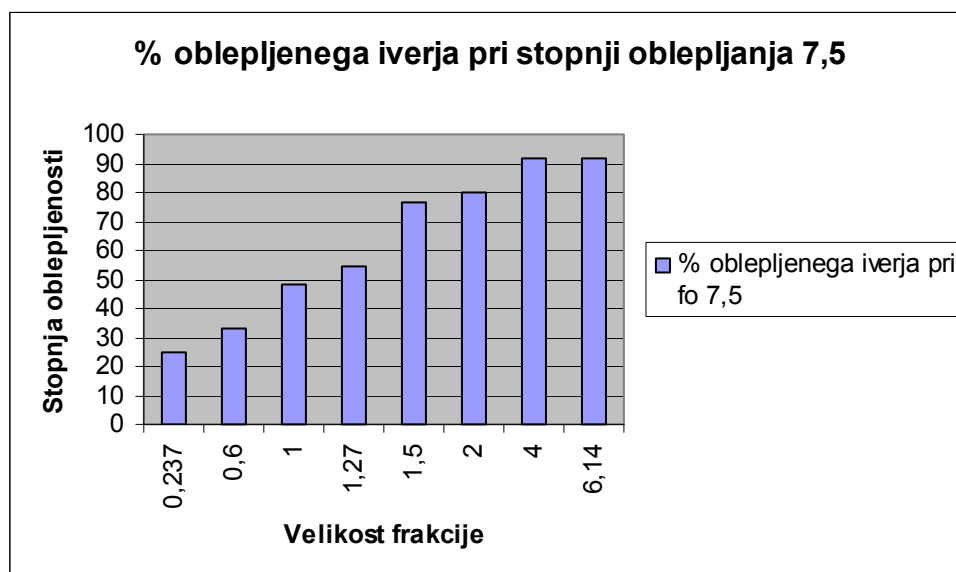
Grudnik J. Vpliv velikosti iverja in delež dodanega lepila na stopnjo oblepljenosti.
 Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2007

	% oblepljenega iverja pri f_0 11,25	% neoblepljenega iverja pri f_0 11,25	% oblepljenega iverja pri f_0 12,5	% neoblepljenega iverja pri f_0 12,5
6,14	97,93	2,07	88,53	11,47
4	95,43	4,57	95,42	4,58
2	91,75	8,25	91,57	8,43
1,5	86,51	13,49	85,37	14,63
1,27	70,30	29,70	71,01	28,99
1	50,52	49,48	53,74	46,26
0,6	30,81	69,19	40,06	59,94
0,237	26,23	73,77	29,16	70,84

4.4.1 Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 7,5

Preglednica 16: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 7,5

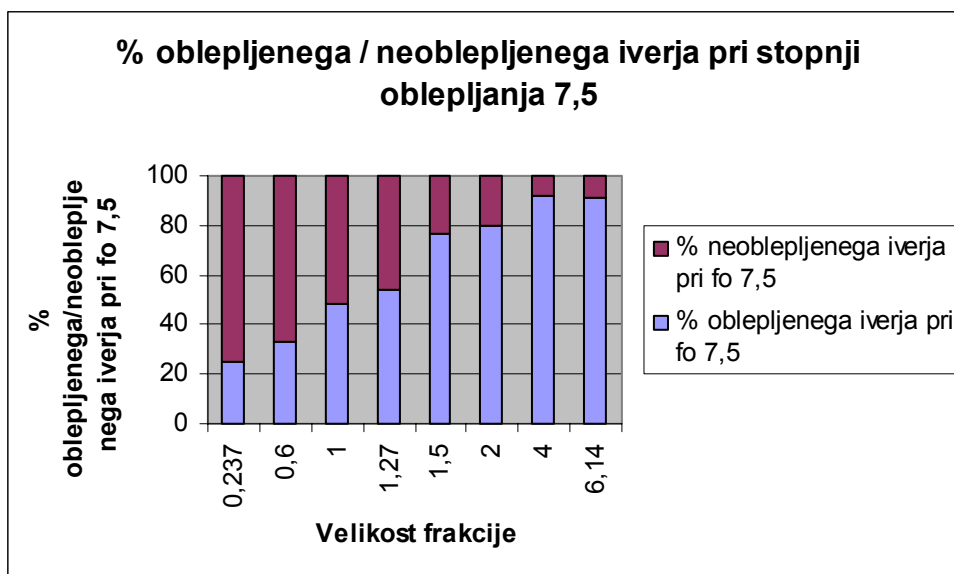
Velikost frakcije	% oblepljenega iverja pri f_0 7,5	% neoblepljenega iverja pri f_0 7,5
6,14	91,45	8,55
4	91,58	8,42
2	80,20	19,80
1,5	76,30	23,70
1,27	54,26	45,74
1	48,29	51,71
0,6	33,20	66,80
0,237	24,70	75,30



Slika 21: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 7,5

Z velikostjo frakcije se večja tudi stopnja oblepljenosti iverja, ki neenakomerno narašča. Do največji razlik pride med frakcijama velikosti 1,27 in 1,5, kjer se stopnja oblepljenosti poveča kar za 22%. Pri vzorcih s faktorjem oblepljanja 7,5 smo ugotovili, da se stopnja oblepljenosti podvoji, če se površina iverja poveča za 4-krat (razmerje povečanja oblepljenosti vzorcev velikosti frakcij 0,237 in 1 ter med frakcijami 1 in 4).

Glede na ostale vzorce z večjim faktorjem oblepljanja sta tu zanimiva še dva porasta, in sicer: prvi porast je opazen med frakcijama 0,6 in 1, saj se stopnja oblepljenosti poveča za 15% in drugi, ki smo ga opazili samo pri $f_0 = 7,5$ se pojavi med frakcijama 2 in 4 in znaša 11%.

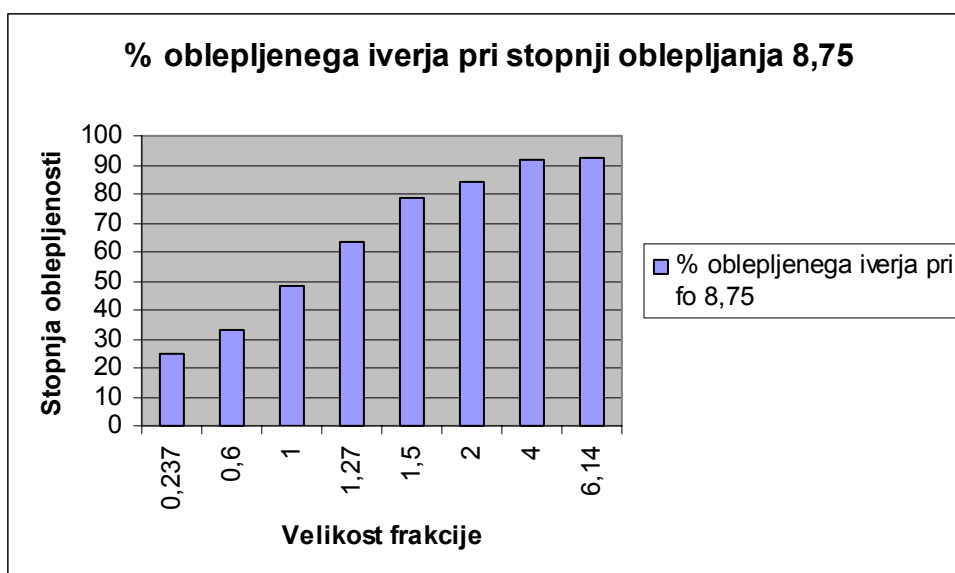


Slika 22: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 7,5

4.4.2 Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 8,75

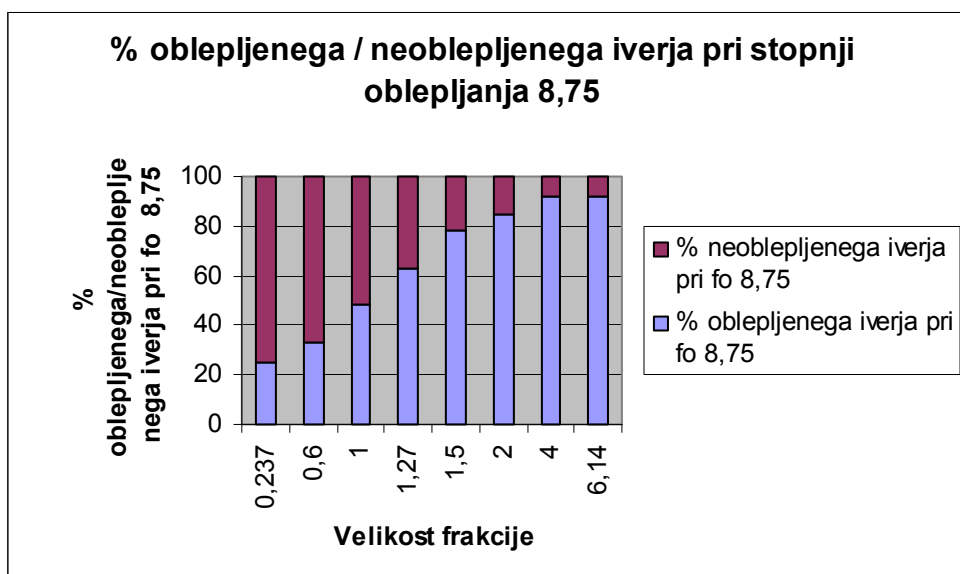
Preglednica 17: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 8,75

Velikost frakcije	% oblepljenega iverja pri f_0 8,75	% neoblepljenega iverja pri f_0 8,75
6,14	92,25	7,75
4	91,59	8,41
2	84,41	15,59
1,5	78,43	21,57
1,27	63,29	36,71
1	48,50	51,50
0,6	32,93	67,07
0,237	24,87	75,13



Slika 23: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 8,75

Pri vzorcih s stopnjo oblepljanja 8,75 lahko rečemo, da prihaja do dveh sorazmerno enakovrednih porastov dejanske oblepljenosti ivernih delcev. Za 15% se poveča stopnja oblepljenosti med frakcijami velikosti 0,6 ter 1 in 1,27. Ravno tako je enakomeren porast (6%) med frakcijami velikosti 1,5 ter 2 in 4, kar je lepo vidno iz Slike 24.

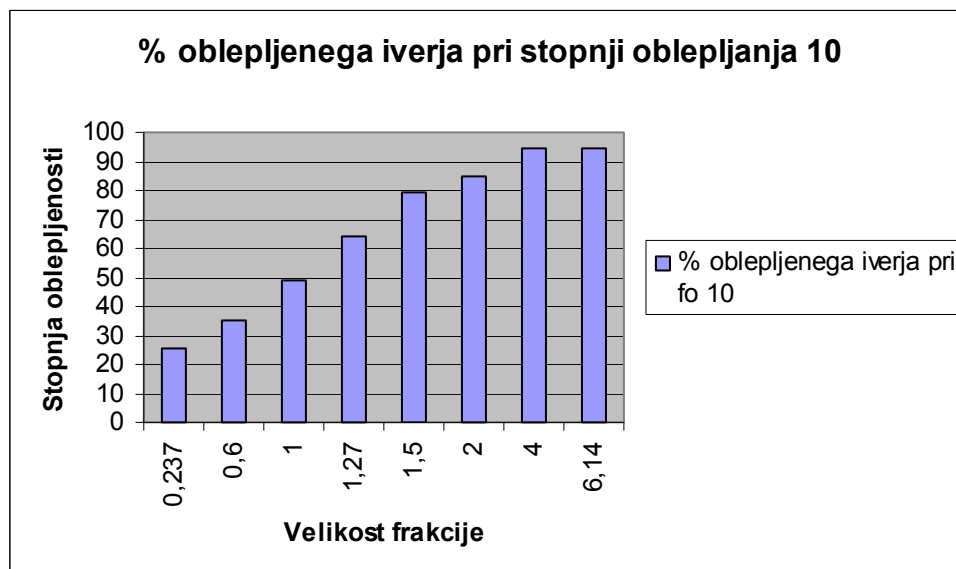


Slika 24: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 8,75

4.4.3 Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 10

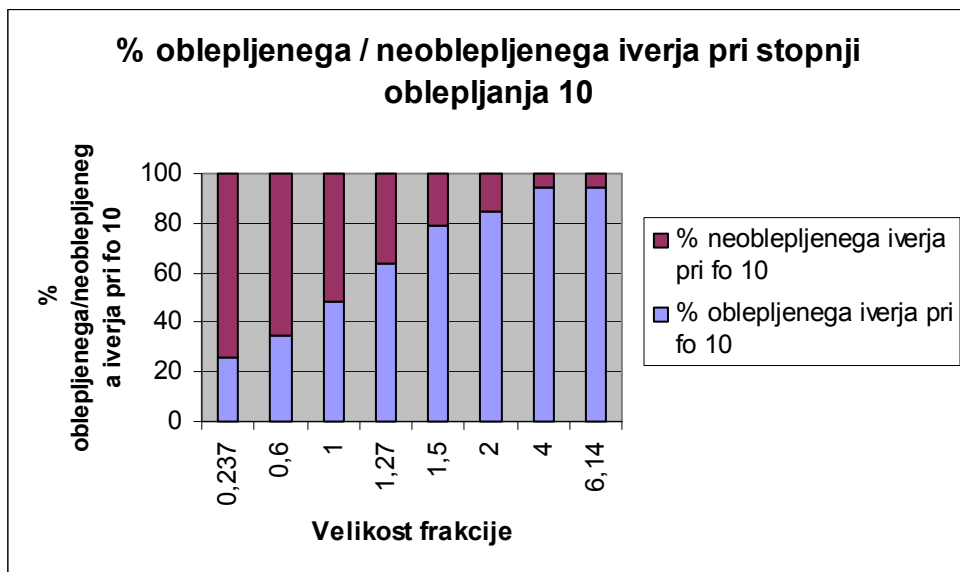
Preglednica 18: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 10

Velikost frakcije	% oblepljenega iverja pri f_0 10	% neoblepljenega iverja pri f_0 10
6,14	94,29	5,71
4	94,14	5,86
2	85,07	14,93
1,5	79,16	20,84
1,27	63,85	36,15
1	48,65	51,35
0,6	34,88	65,12
0,237	25,55	74,45



Slika 25: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 10

Ravno tako kot pri prejšnji sta tudi pri stopnji oblepljanja 10 zaznana dva sorazmerno enakovredna porasta dejanske oblepljenosti ivernih delcev. Za 15% se vsakič poveča stopnja oblepljenosti med frakcijami velikosti 0,6 ter 1 in 1,27. Ravno tako je dokaj enakomeren porast med frakcijami velikosti 1,5 ter 2 in 4. Na spodnji sliki je vidno rahlo odstopanje stopnje dejanske oblepljenosti pri frakciji 2, kar je morda posledica večjega števila vzorcev in zato natančnejšega rezultata.

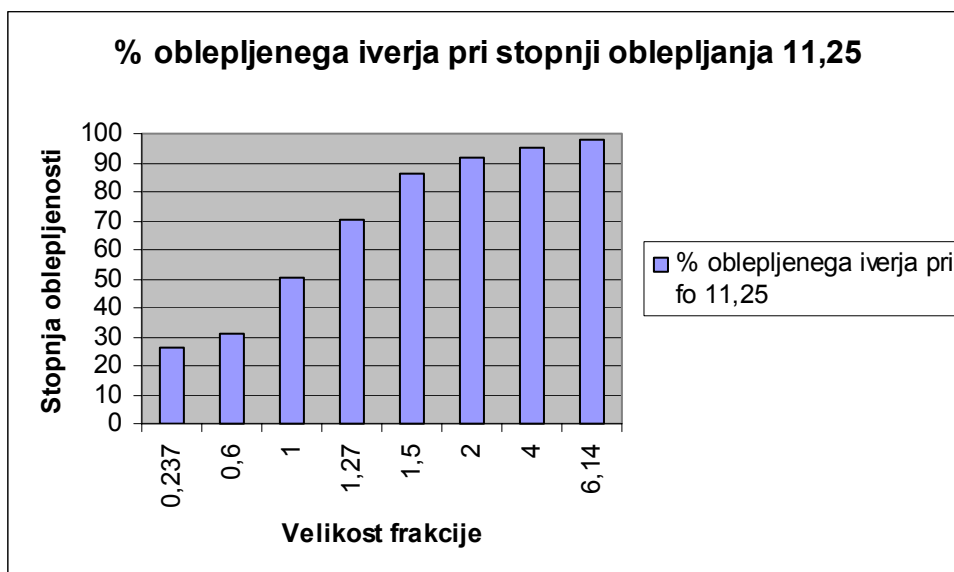


Slika 26: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 10

4.4.4 Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 11,25

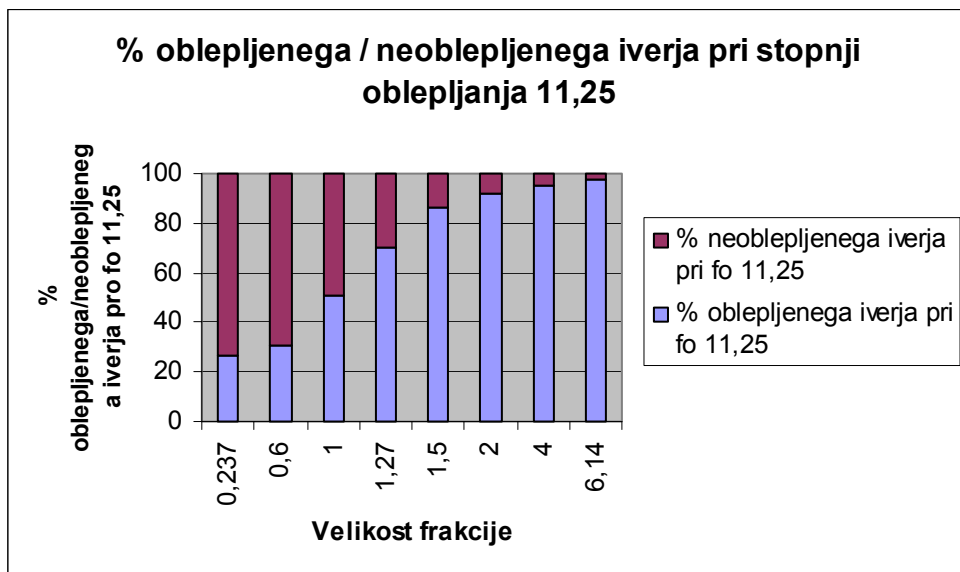
Preglednica 19: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 11,25

Velikost frakcije	% oblepljenega iverja pri f_0 11,25	% neoblepljenega iverja pri f_0 11,25
6,14	97,93	2,07
4	95,43	4,57
2	91,75	8,25
1,5	86,51	13,49
1,27	70,30	29,70
1	50,52	49,48
0,6	30,81	69,19
0,237	26,23	73,77



Slika 27: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 11,25

Stopnja oblepljanja 11,25 ima dva sunkovita skoka za 20% pri frakcijah velikosti 0,6 in 1, nato pa zelo enakomerno narašča, pri čemer je porast majhen.

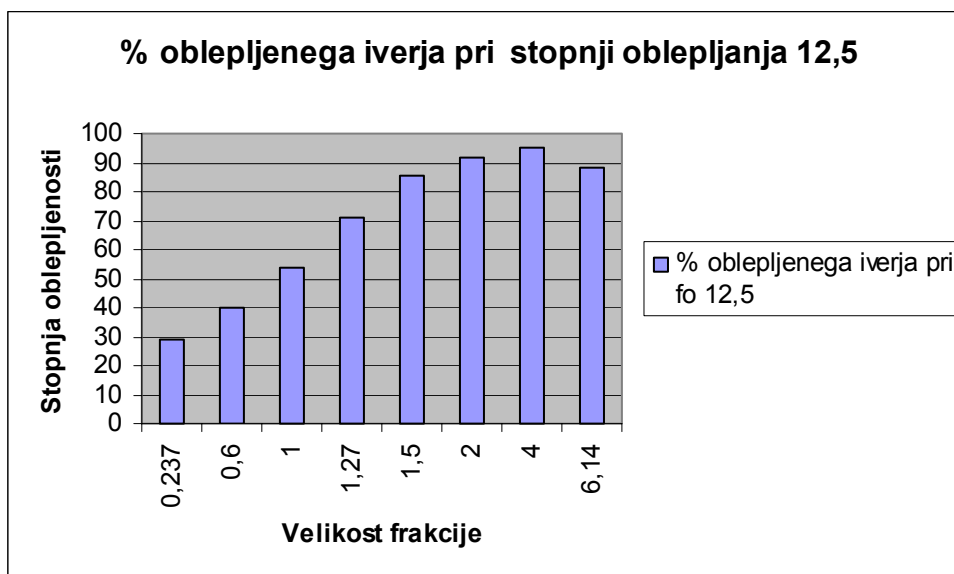


Slika 28: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 11,25

4.4.5 Analiza rezultatov pri stopnji oblepljanja (f_0) 12,5

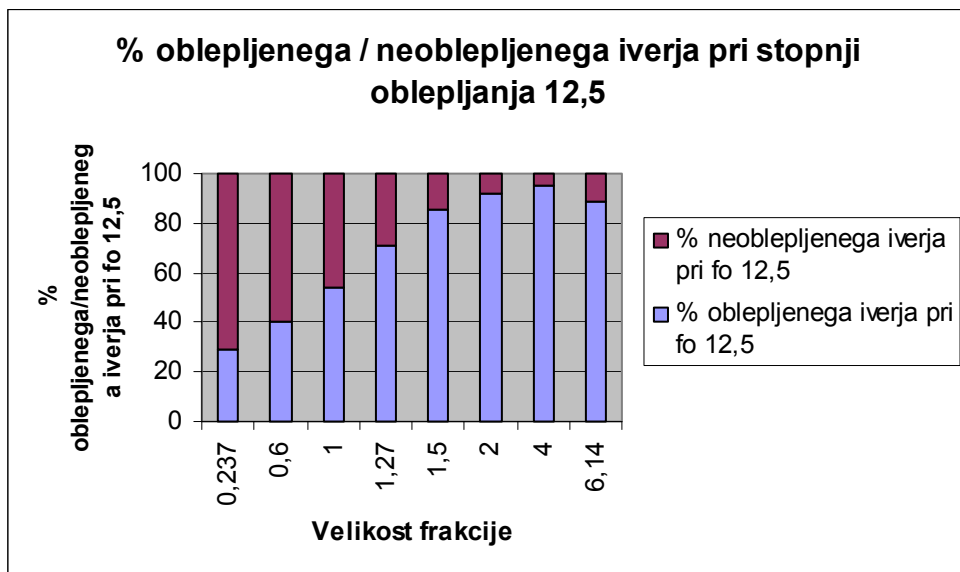
Preglednica 20: Število vzorcev ter rezultati testa slikovne analize oblepljenosti pri stopnji oblepljanja 12,5

Velikost frakcije	% oblepljenega iverja pri f_0 12,5	% neoblepljenega iverja pri f_0 12,5
6,14	88,53	11,47
4	95,42	4,58
2	91,57	8,43
1,5	85,37	14,63
1,27	71,01	28,99
1	53,74	46,26
0,6	40,06	59,94
0,237	29,16	70,84



Slika 29: Stopnja oblepljenosti iverja v odvisnosti od velikosti frakcije pri stopnji oblepljanja 12,5

Pri stopnji oblepljanja 12,5 je opazen porast dejanske oblepljenosti vzorcev iverja med frakcijami do velikosti 1,5, ki se nato umiri. Pri teh meritvah izstopa predvsem rezultat, opravljen na frakciji 6,14, saj se stopnja dejanske oblepljenosti zmanjša za kar 7% v primerjavi z meritvami pri frakciji 4. To pojasnjujemo z zelo majhnim vzorcem frakcije 6,14 in predvidevamo, da ni reprezentativen za celoto.



Slika 30: Površina oblepljenega/neoblepljenega dela iverja pri stopnji oblepljanja 12,5

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Od sredine prejšnjega stoletja je močno narasla poraba ivernih plošč v industriji, predvsem na račun cenejših surovin, saj lahko za izdelavo uporabimo iverje tudi slabše kakovosti lesa. Naslednji pomemben strošek pri izdelavi predstavlja lepilo. Zaradi večje ekonomske učinkovitosti smo naredili analizo dejanske oblepljenosti iverja pri različnih stopnjah oblepljanja kot tudi pri različnih velikostih frakcij iverja. Ugotovili smo, da imata obe spremenljivki vpliv na končno porabo lepila. Z večanjem tako ene ali druge spremenljivke smo ugotovili, da se je povečala stopnja dejanske oblepljenosti. Torej, če smo povečevali delež lepila, so bili iverni delci bolj oblepljeni, ravno tako je bila dejanska oblepljenost večja pri večjih frakcijah ivernih delcev. Sama oblepljenost pa se ni povečevala linearno z večanjem tako ene ali druge spremenljivke, zato bomo v nadaljevanju predstavili, kje je prihajalo do največjih razlik.

5.1.1 Povzetek analize po frakcijah

Pri analizi vzorcev smo ugotovili, da pri frakcijah velikosti 0,237; 0,6; 1; 4 in 6,14 ob večanju odstotka dodanega lepila, ne prihaja do večjih razlik v stopnji dejanske oblepljenosti. Vrednosti se ob 62,5% povečanju stopnje oblepljanja (f_0) med stopnjo oblepljanja (f_0) 7,5 in stopnjo oblepljanja (f_0) 12,5 v povprečju dejansko povečajo le za 5,4%. V omenjenih primerih torej povečanje količine lepila ne pripomore h konkretnemu povečanju odstotka dejanske oblepljenosti vzorcev.

Pri frakciji velikosti 1,5 znaša razlika med faktorjem oblepljanja 7,5 in 12,5 devet odstotkov, medtem ko pri frakcijah 2 in 1,27 preseže 10% in znaša 11% oz. 17%. Omenjene frakcije so zanimive za proučevanje, saj odstotek začetne in končne analizirane stopnje oblepljanja (f_0) že predstavlja določeno razliko. Vendar je tu zanimivo predvsem

dejstvo, da omenjeni odstotek ne narašča enakomerno, ampak ima znotraj posamezne frakcije določene skoke oziroma poraste in izenačenja vrednosti. Pri racionalizaciji porabe lepila je torej smiselno pogledati pri katerih stopnjah oblepljanja (f_0) se odstotki izenačijo in kje narastejo oz. se znižajo.

Vrednosti pri frakcijah velikosti 4 in 6,14 pri vseh deležih dodanega lepila (f_0) presežejo 90% dejansko oblepljenost, kar pomeni, da so delci iverja praktično v celoti oblepljeni, zato povečevanje odstotka lepila ni potrebno, ker skoraj ne spremeni končnega rezultata.

Velikost iverja, ki je razdeljena v različne frakcije, torej vpliva na dejansko oblepljenost ivernih delcev. Količina lepila, razpršenega po vzorcih, ni porazdeljena enakomerno, ampak je večji delež na večjih delcih iverja. O tej ugotovitvi je poročal že Dunky, ki je ugotovil, da je neenakomerna porazdelitev posledica verjetnosti, s kolikšno bo majhna kapljica lepila zadela večji ali manjši delček iverja. Pri večjem iverju je verjetnost, da ga bo kapljica zadela, večja, kot pri finejših delcih. Ravno tako je večja tudi verjetnost, da bo večje iverje zadelo, se po njem razlilo in ga oblepilo večje število kapljic, kot pri manjših, finejših delcih. Obe domnevi potrjujeta tudi naše ugotovitve o večji oblepljenosti iverja z večjo površino, kot je to razvidno iz primerov dejanske oblepljenosti iverja pri frakcijah velikosti 4 in 6,14.

Ugotovili smo torej, da se z večanjem velikosti frakcije znotraj določene stopnje oblepljanja (f_0) poveča tudi stopnja dejanske oblepljenosti, kar bomo predstavili v nadaljevanju.

Zaradi večjega števila kapljic, ki so zadele delce iverja večjih frakcij, in njihove relativno manjše površine, je lepilo na teh vzorcih iverja točkovno nanešeno. Pri iverju manjših frakcij je vidna ploskovna pokritost, saj je površina razpršene kapljice lepila, ki zadene iver, relativno velika proti površini finega iverja manjših frakcij in jo v tem primeru skoraj v celoti prekrije.

5.1.2 Povzetek analize glede na faktor oblepljanja

Pri analizi smo ugotovili, da prihaja znotraj posamezne stopnje oblepljanja (f_0) do porasta dejanske oblepljenosti vzorcev. Pri vseh stopnjah oblepljanja (f_0) je dejanska oblepljenost delcev iverja pri najnižjih opazovanih frakcijah 0,237 približno štirikrat manjša kot je oblepljenost pri največjih opazovanih frakcijah velikosti 6,14.

Analiza vzorcev vseh stopenj oblepljanja (f_0) je pokazala, da vrednosti dejanske oblepljenosti povsod naraščajo, vendar ta porast ni enakomeren. Pri vseh stopnjah oblepljanja (f_0) prihaja do nihanj, ki se kažejo tako v nenadnih skokih, kot tudi v približevanju oz. izenačevanju vrednosti dejanskega oblepljanja med različnimi velikostmi frakcij pri isti stopnji oblepljanja (f_0).

5.2 SKLEPI

Glede na rezultate meritev smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- Oblepljenost iverja se povečuje z večanjem odstotka dodanega lepila.
- Oblepljenost se povečuje z večanjem velikosti ivernih delcev. Z večanjem frakcije se veča tudi dejanska oblepljenost iverja, saj imajo majhne kapljice lepila veliko večjo možnost, da zadenejo večje delce iverja. Poleg tega je tudi večja verjetnost, da bo več kapljic lepila zadelo večje iverje kot pri manjših frakcijah, kjer so finejši deli iverja.
- Večji delci iverja z manjšo specifično površino sprejmejo več lepila kot manjši delci z večjo specifično površino.
- Zaradi večjega števila kapljic, ki zadenejo delce iverja večjih frakcij in njihove relativno manjše površine, je lepilo na teh vzorcih iverja točkovno nanešeno. Pri iverju manjših frakcij je vidna ploskovna pokritost, saj je površina razpršene kapljice lepila, ki zadene iver, relativno velika proti površini finega iverja manjših frakcij in jo v tem primeru skoraj v celoti prekrije.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo proučevali kako delež dodanega lepila (faktor oblepljanja) in velikost frakcije iverja vplivata na stopnjo oblepljenosti iveri. Uporabili smo mešanico iverja iz proizvodnje ivernih plošč, in sicer 78 % iglavcev ter 22% iverja listavcev. Strukturo iverja glede na njihovo velikost smo ugotovili s sejalno analizo. Iverno mešanico smo oblepili z različnimi deleži UF lepila. Delež dodanega lepila je bil med 7,5 in 12,5%, pri čemer se je delež dodanega lepila vsakič povečal za 1,25%. Za lažjo analizo smo lepilu predhodno dodali barvilo (Rhodamin B), ki je pod vplivom fluorescentne svetlobe oblepljeno površino obarvalo rdeče. Za zajem slike smo uporabili digitalni fotoaparatus, pritrjen na mikroskop s fluorescentnim virom svetlobe. S pomočjo slikovne analize smo ugotavljali površino iverja in površino lepila na iverju. Iz dobljenih podatkov smo izračunali stopnjo oblepljenosti iverja tako po velikosti frakcije kot tudi po posameznih stopnjah oblepljanja.

Ugotovili smo, da je ob višjem deležu dodanega lepila in večji frakciji večja dejanska oblepljenost ivernih delcev. Z uporabo slikovne analize smo opazovali tudi nanos lepila na iverne delce in ugotovili, da se pri večjih frakcijah lepilo nanese točkovno, saj je velikost kapljic lepila v primerjavi s površino ivernih delcev majhna in verjetnost, da bodo lepilne kapljice zadele iverje večjih frakcij, večja. Pri iverju manjših frakcij je bila vidna ploskovna pokritost, saj je bila površina razpršene kapljice lepila, ki je zadela iver, relativno velika proti površini finega iverja manjših frakcij in jo v tem primeru skoraj v celoti prekrila.

Ugotovili smo torej, da na stopnjo oblepljenosti vplivata tako delež dodanega lepila kot tudi velikost frakcije. Višji kot je bil delež dodanega lepila ter večja kot je bila frakcija, večja je bila dejanska stopnja oblepljenosti ivernih delcev.

7 VIRI

- Čermak M. 1996. Furnirji in plošče, Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije : Lesarska založba, 204 str.
- Duncan T. F. 1974. Normal Resin Distribution in Particleboard Manufacture. Forest Products Journal, 24, 6: 36-44
- Ginzel W., Stegmann G. 1970. Nachträgliche Anfärbung von Harnstoff-Formaldehydharz-Bindemitteln auf beleimten Holzspänen zur visuellen Beurteilung der Leimverteilung. Holz als Roh- und Werkstoff, 27, 8: 289-299
- Hill M. D., Wilson J. B. 1978. Particleboard Strength as Affected by Unequal Resin Distribution on Different Particle Fractions. Forest Products Journal, 28, 11: 44-48
- Kollmann F., Kuenzi W.E., Stamm J.A. 1975. Principles of wood Science and Technology – Volume II: Wood Based Materials. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag: 312-550
- Lehman W. F. 1965. Resin Distribution in Flakeboard Shown by Ultraviolet Light Photography. Forest Products Journal, 18, 10: 32-34
- Maloney, T. M. 1993. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing, San Francisco, Miller Freeman Publications, Inc.: 681 str.
- Medved S. 2004. Vpliv lastnosti iverja in zgradbe zunanjega sloja na lastnosti večslojnih ivernih plošč. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 149 str.
- Moslemi A.A. 1974a. Particleboard: Volume 2: Materials. Amsterdam, London, Southern Illinois University Press: 244 str.
- Moslemi A.A. 1974b. Particleboard: Volume 2: Materials. Amsterdam, London, Southern Illinois University Press: 244 str.
- Plath E., Plath L. 1959. Färbmethoden für Mikrotomschnitte aus verleimten und Oberflächenbehandelten Holzwerkstoffen. Holz als Roh- und Werkstoff, 17, 6: 245-249
- Scoot K. A. 2001. Economic Feasibility of Implementing a Resin Distribution Measurement System for MDF Fiber: 31-41
<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-04232001-143555/unrestricted/Keithfinalthesis.pdf>

Grudnik J. Vpliv velikosti iverja in delež dodanega lepila na stopnjo oblepljenosti.
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2007

Wilson J. B., Kraemer R. L. 1976. Particleboard: Microscopic Observation of Resin
Distribution and Board Fracture. Forest Products Journal, 26, 11: 42-45

ZAHVALA

Zahvaljujem se doc. dr. Sergeju Medvedu, za mentorstvo, vso pomoč in koristne napotke ter prizadevnost. Nadalje bi se zahvalil recenzentu doc.dr. Milanu Šerneku za opravljeno recenzentsko delo.

PRILOGE