

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Roman ŠČERNJAVIČ

**VPLIV DELEŽA SKORJE NA MEHANSKE LASTNOSTI IVERNIH
PLOŠČ**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**THE IMPACT OF BARK SHARE ON MECHANICAL PROPERTIES OF
PARTICLEBOARD**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete je za mentorja visokošolske strokovne diplomske naloge imenoval. doc. dr. Sergeja Medveda za recenzenta pa izr. prof. dr. Milana Šerneka.

Mentor: doc. dr. Sergej Medved

Recenzent: izr. prof. dr. Milan Šernek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Roman ŠČERNJAVIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*862.2
KG iverna plošča/skorja/mehanske lastnosti
AV ŠČERNJAVIČ, Roman
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 2009
IN VPLIV DELEŽA SKORJE NA MEHANSKE LASTNOSTI IVERNIH PLOŠČ
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP IX, 53 str., 8 pregl., 33 sl., 8 pril., 32 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Raziskovali smo mehanske lastnosti ivernih plošč z različnim deležem skorje. Iverje je bilo iz lesa smreke, jelke in bora, ter skorje macesna, smreke, bora in pinije. Izdelali smo 5 vrst ivernih plošč z deležem skorje 0, 10, 20, 40 in 50 %. Izdelanim ploščam smo določili vsebnost vlage, debelino, gostoto, debelinski nabrek po potopu v vodo, razslojno in upogibno trdnost ter modul elastičnosti. Izvedli smo tudi sejnalno analizo iverja lesa in iverja skorje. Ugotovili smo, da je delež večjega iverja večji pri lesu, pri manjših frakcijah pa je ta večji pri skorji. Pri merjenju vlažnosti ivernih plošč smo ugotovili, da so bile razlike v vlažnosti minimalne. Merjenje debeline ivernih plošč je pokazalo, da se je z večanjem deleža skorje v iverni plošči debelina zmanjševala, gostota pa se povečevala. Meritev debelinskega nabreka ivernih plošč po potapljanju v vodi je pokazala, da se z večanjem deleža skorje debelinski nabrek zmanjšuje. Pri merjenju upogibne in razslojne trdnosti smo ugotovili, da je imela iverna plošča z 10 % deležem skorje najvišje vrednosti. Najvišjo vrednost modula elastičnosti pa je imela plošča brez skorje. Modul elastičnosti se je zmanjševal s povečanjem deleža skorje v iverni plošči.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*862.2
CX particleboard/bark/mechanical properties
AU ŠČERNJAVIČ, Roman
AA SERGEJ, Medved (supervisor)/ŠERNEK Milan (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2009
TI IMPACT OF BARK SHARE ON MECHANICAL PROPERTIES OF PARTICLEBOARDS
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO IX, 53 p., 8 tab., 33 fig., 8 ann., 32 ref.
LA sl
AL sl/en
AB We have studied the mechanical properties of particleboards with different proportions of bark. Splinter wood was from spruce wood, fir and pine trees, splinter bark was from larch, spruce, pine and stone pine trees. We prepared 5 types of splinter wood boards with bark proportions of 0, 10, 20, 40 and 50 %. We cut out the testing samples from the splinter wood boards, and measured the moisture content, thickness, density, thickness swelling after deluge into the water, layered and bending strength and modulus of elasticity. We also performed separate sowing analysis for splinter wood of timber and splinter wood of bark. It was found out that the proportion of greater splinter wood was greater in the wood, and with smaller fractions the proportion of splinter wood was greater in bark. In measuring the humidity, it was found out that there were minimal differences in the humidity. Measuring the thickness of splinter wood boards showed that by increasing the proportion of bark, the thickness of splinter wood boards was decreasing, and the density increasing. The measurement of thickness swelling, after samples being sunk into water, revealed that by increasing the proportion of bark the thickness swelling was decreasing. Measuring the bending and layer strength showed that the splinter wood board with a 10 % share of bark had the maximum values, however, a board without bark had the maximum value of modulus of elasticity, and by increasing the proportion of bark it was decreasing.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD).....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG.....	IX
1 UVOD.....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
1.3 CILJ RAZISKOVANJA.....	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 PREGLED RAZVOJA IVERNIH PLOŠČ	3
2.2 IVERNA PLOŠČA	3
2.3 LASTNOSTI IVERNIH PLOŠČ IN NJHOVA UPORABA	3
2.4 SUROVINE IN MATERIALI ZA IZDELAVO IVERNIH PLOŠČ.....	4
2.4.1 Iveri.....	5
2.4.1.1 Morfologija iverja	5
2.4.2 Skorja	6
2.4.2.1 Lastnosti in uporaba drevesne skorje	6
2.4.2.2 Anatomska zgradba skorje	8
2.4.2.3 Kemijska zgradba skorje	10
2.5 VPLIV SKORJE V IVERNI PLOŠČI.....	14
2.6 DOSEDANJE OBJAVE.....	16
3 MATERIAL IN METODE.....	21
3.1 MATERIALI.....	21
3.1.1 Iveri.....	21
3.1.2 Skorja	21
3.1.3 Lepilna mešanica	21
3.1.3.1 Lepilna smola	21
3.1.3.2 Katalizator	22
3.1.3.3 Hidrofobno sredstvo	22
3.2 METODA DELA	22

3.2.1	Mletje in sušenje sekancev lesa in sekancev skorje.....	22
3.2.2	Sejalna analiza.....	24
3.2.3	Merjenje vrednosti pH.....	25
3.2.3.1	Merjenje vrednosti pH po hladnem postopku	25
3.2.3.2	Merjenje vrednosti pH po vročem postopku	25
3.2.4	Izračuni za izdelavo ivernih plošč:	26
3.2.5	Priprava lepilne mešanice.....	26
3.2.6	Oblepljanje.....	27
3.2.7	Natresanje – oblikovanje iverne pogače.....	27
3.2.8	Stiskanje	28
3.2.9	Kondicioniranje.....	29
3.2.10	Razžagovanje	30
3.2.11	Ugotavljanje vlažnosti ivernih plošč.....	30
3.2.12	Ugotavljanje debeline in gostote ivernih plošč	32
3.2.13	Ugotavljanje debelinskega nabreka po potapljanju v vodi	32
3.2.14	Ugotavljanje mehanskih lastnosti ivernih plošč	33
3.2.14.1	Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti	34
3.2.14.2	Ugotavljanje razslojne trdnosti ivernih plošč.....	35
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	37
4.1	LASTNOSTI IVERJA	37
4.1.1	Sejalna analiza iverja lesa in iverja skorje	37
4.1.2	Vrednosti pH iverja lesa in iverja skorje	37
4.2	LASTNOSTI IVERNIH PLOŠČ.....	38
4.2.1	Ugotavljanje vlažnosti ivernih plošč.....	39
4.2.2	Debelina ivernih plošč.....	39
4.2.3	Gostota ivernih plošč.....	40
4.2.4	Debelinski nabrek ivernih plošč.....	41
4.2.5	Ugotavljanje razslojne trdnosti ivernih plošč.....	43
4.2.6	Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti ivernih plošč	45
5	SKLEP.....	48
6	POVZETEK.....	49
7	VIRI.....	51

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Vrednost pH vodnih ekstraktov skorje in lesa (Tišler, 1987)	11
Preglednica 2: Kemijska zgradba nekaterih drevesnih skorij (Tišler, 1986)	12
Preglednica 3: Nekater lastnosti iverne plošče glede na delež skorje v iverni plošči (Nemli, 2004)	16
Preglednica 4: Povprečni rezultati nekaterih mehanskih in fizikalnih lastnosti.....	38
Preglednica 5: Vrednosti statistike za vlažnost ivernih plošč z različnim deležem skorje	39
Preglednica 6: Osnovna statistika za vrednosti debeline ivernih plošč z različnim deležem skorje	40
Preglednica 7: Osnovna statistika za vrednosti gostote ivernih plošč z različnim deležem skorje	41
Preglednica 8: Osnovna statistika vrednosti razslojne trdnosti ivernih plošč z različnim deležem skorje	43

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Različne vrste ivernih plošč	5
Slika 2: Iverje skorje (levo) in iverje lesa (desno)	5
Slika 3: Drevesna skorja.....	7
Slika 4: Primer anatomske zgradbe skorje jelke (levo) in anatomske zgradbe lesa smreke (desno).....	9
Slika 5: Razmerje med gostoto zunanjega sloja (ZS) in gostoto srednjega sloja (SS) ivernih plošč iz skorje v odvisnosti od časa zgostitve (Volz, 1973).....	19
Slika 6: Izdelana iverna plošča po stiskanju	21
Slika 7: Laboratorijski iverilnik za iverjenje (pomlevanje) Condux LT 61 – CSK/N1	23
Slika 8: Laboratorijski sušilnik za sušenje iverja Elektromed LT 59	23
Slika 9: Laboratorijski merilnik za merjenje vlažnosti iverja Imal – Mo LT 50 – U 200	24
Slika 10: Laboratorijski stresalnik (sejalnik) za izvedbo sejalne analize Pal LT 62.....	24
Slika 11: Aparatura za merjenje pH	26
Slika 12: Laboratorijski mešalnik za oblepljanje iverja Lodige LT 64 – FM 130 D12F.....	27
Slika 13: Leseni okvir za formiranje laboratorijske iverne plošče (pogače).....	28
Slika 14: Enoetažna laboratorijska stiskalnica LT 63	29
Slika 15: Diagram stiskanja iverne plošče	29
Slika 16: Preizkušanci za ugotavljanje mehanskih in fizikalnih lastnosti ivernih plošč.....	30
Slika 17: Eksikator	31
Slika 18: Laboratorijska tehtnica	31
Slika 19: Merjenje dimenzij preizkušancev za ugotavljanje gostote	32
Slika 20: Vodna kopel za namakanje preizkušancev v vodi (določevanje debelinskega nabreka)	33
Slika 21: Naprava za merjenje mehanskih lastnosti ZWICK Z100	33
Slika 22: Shema testa za preizkus mehanskih lastnosti (SIST EN 310) - upogibna trdnost	34
Slika 23: Prikaz ugotavljanja upogibne trdnosti	35
Slika 24: Taljenje lepila na prijemalu za ugotavljanje razslojne trdnosti ivernih plošč.....	36
Slika 25: Prikaz testiranja vzorcev na razslojno trdnost	36
Slika 26: Posamezne povprečne vrednosti frakcij za iverje lesa in iverje skorje.....	37
Slika 27: Debelinski nabrek ivernih plošč glede na uporabljen delež iveri skorje v iverni plošči.....	42
Slika 28: Debelinski nabrek po 24-urnem namakanju preizkušancev v vodi brez vsebnosti iverja skorje (levo) in preizkušanec s 50 % deleža skorje (desno).....	43
Slika 29: Prikaz oblepljenega iverja lesa v iverni plošči.....	44
Slika 30: Prikaz oblepljenega iverja lesa in iverja skorje v iverni plošči.....	44
Slika 31: Prikaz loma iverja lesa, ki se mora prilagoditi iverju skorje	45
Slika 32: Povprečna vrednost upogibne trdnosti glede na delež uporabljene skorje v iverni plošči	46
Slika 33: Povprečna vrednost meritve modula elastičnosti glede na delež iverja lesa in iverja skorje uporabljenega v iverni plošči.....	47

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Rezultati meritev sejalne analize iverja lesa in iverja skorje
- Priloga B: Rezultati meritev debeline ivernih plošč
- Priloga C: Rezultati meritev prostorninske mase ivernih plošč
- Priloga D: Rezultati meritev vlažnosti ivernih plošč
- Priloga E: Rezultati merjenja debelinskega nabreka ivernih plošč po potapljanju v vodi
- Priloga F: Rezultati meritev razslojne trdnosti ivernih plošč
- Priloga G: Rezultati meritev upogibne trdnosti in modula elastičnosti ivernih plošč
- Priloga H: Potrebne količine posameznega materiala v iverni plošči

1 UVOD

Les je najstarejši in najpomembnejši naravno obnovljiv material, ki ga človek intenzivno izkorišča že dolga tisočletja. Uporablja ga za gradbene namene, mostove, pohištvo, orodja, plovila, bivališča, kurjavo itd. Prednost lesa pred drugimi materiali se kaže v njegovi obnovljivosti, razširjenosti, vsestranski uporabi in visoki trdnosti glede na gostoto. Poleg dobrih lastnosti pa ima les tudi slabe lastnosti, kot so nehomogena zgradba, higroskopsnost, dimenzijska nestabilnost itd. Sprva so les uporabljali le v naravni obliki, za številne namene pa osnovna oblika, kakršna je v naravi, ni več ustrezala. Uporaba lesa je bila omejena predvsem z njegovimi dimenzijami. Izkoristek lesa je bil zelo majhen in je znašal cca. 30 % volumna debla, ostalo pa so uporabljali za kurjavo. Zaradi izgube pri predelavi in obdelavi lesa, kot so ocelki, žagovina, oblovina in krajniki, se je pojavilo vprašanje, kako drugače izkoristiti neuporabljen del lesa in lesne ostanke, ki so ga nekoč uporabljali predvsem za kurjavo. Neizkoriščen del lesa je bil tudi slabo cenovno ovrednoten, zato so iskali alternative, da bi ceno ostankov povečali in ga izkoristili v druge namene kot le za kurjavo. Pri tem so nastali različni načini obdelave lesa, s katerimi so mu spremenili obliko ali pa ga celo kemično razgradili in iz njega dobili nove materiale.

Z naraščanjem porabe lesne mase in s tem povečanjem količine lesnih ostankov se je začel razvoj lesnih kompozitov. K razvoju teh kompozitov pa je botrovalo tudi znanje o masivnem lesu, razvoj novih in naprednejših tehnologij ter predvsem razvoj sintetičnih lepil. Z razvojem lesnih kompozitov in tehnik lepljenja so nekatere slabe lastnosti lesa skoraj v celoti odpravljene, poleg tega pa so dobre lastnosti lesa izboljšane in bolj poudarjene.

Lesni kompoziti so se namreč kazali v prednosti pred lesom naravne oblike, s praktično poljubnimi dimenzijami in oblikami, izenačenimi ali izboljšanimi fizikalni in mehanskimi lastnosti. Manj kakovostno ovrednotena lesna surovina, kot so lesni ostanki, krajniki, oblovina, žagovina, ocelki idr., pa je postala surovina za izdelke z dodano vrednostjo. V Evropi in tudi pri nas se v vedno večjem obsegu izkoriščajo nekdanje malo uporabljene lesno industrijske ostanke, kot so žagovina, skobljanci in lesni prah. Za izdelavo plošč pa se uporabljajo tudi krajniki, ocelki, veje in odpadni les ter les, ki ni več za uporabo npr. palete, zaboji in staro pohištvo.

Pomemben pokazatelj kakovosti ivernih plošč so njihove fizikalne in mehanske lastnosti. Za doseganje kakovosti morajo biti med seboj usklajeni številni dejavniki, kot so velikost iverja, vrsta lepila, količina lepila, vlažnost iverja, delež skorje, parametri lepljena in stiskanja itd.

S širjenjem uporabe ivernih plošč se je povečala tudi poraba lesne surovine. Kvaliteta in lastnost ivernih plošč je v osnovi pogojena z uporabljenim materialom. Lesna surovina ima pri tem najpomembnejši vpliv. Iverne plošče so sestavljene iz različnih drevesnih vrst, zato je potrebno poznati, kako vplivajo različne drevesne vrste in drugi materiali kot npr. skorja in lepilo na mehanske in fizikalne lastnosti ivernih plošč. Ker se lastnosti ivernih plošč z uporabo različnih surovin spreminjajo, bom v diplomski nalogi ugotavljal vpliv deleža skorje v iverni plošči na nekatere njene mehanske in fizikalne lastnosti.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Les se v svetovnem merilu vse več izkorišča. Izkoriščanje lesa pa pomeni tudi vse več skorje, ki je slabo ovrednoten material. Večinoma ga izkoriščamo za kurjavo, vendar ima slabo kurilno vrednost, saj ga pretežno kurimo vlažnega. Cenovno poskušamo zvišati vrednost skorje, zato iščemo načine, kako bi jo lahko uporabili v razne namene. Eden od načinov je, da velik del skorje vključimo v proizvodnjo ivernih plošč in s tem zmanjšamo potrošnjo lesa, ki bi ga lahko uporabili v druge namene npr. za proizvodnjo lepljenih nosilcev in plošč, katerih uporaba se v zadnjih letih večja.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Po podatkih iz literature (Maloney, 1993) prevelik delež skorje poslabša pomembnejše mehanske lastnosti ivernih plošč. Predvidevamo, da bomo s povečanjem deleža skorje v ivernih ploščah zmanjšali debelinski nabrek. Po drugi strani pa bomo s povečanjem deleža skorje v ivernih ploščah poslabšali nekatere mehanske lastnosti, kot so razslojna in upogibna trdnost ter modul elastičnosti. Predvidevamo, da bomo pri iverjenju lesa in skorje dobili različne deleže frakcije, zaradi različne anatomske in kemijske zgradbe lesa in skorje.

1.3 CILJ RAZISKOVANJA

Cilj raziskovanja je ugotoviti, kako spreminjanje deleža skorje v iverni plošči vpliva na pomembnejše mehanske in fizikalne lastnosti. Cilj je potrditi ali zavreči delovno hipotezo, da se upogibna trdnost, modul elastičnosti in razslojna trdnost z deležem skorje zmanjšujejo. Prav tako je cilj potrditi ali zavreči delovno hipotezo, da se debelinski nabrek z večanjem deleža skorje v ivernih ploščah zmanjšuje.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PREGLED RAZVOJA IVERNIH PLOŠČ

Ideja, da se iz žagovine in iverja lesa ter lepila kot veziva izdelajo plošče, ki bi nadomestila desko, je zelo stara. Leta 1887 je Ernst Hubbard opisal proizvodnjo plošč iz žagovine, zlepljene z albuminskim lepilom. Patent za izdelavo plošč iz sekancev so patentirali Nemci, in sicer leta 1889. Masonit je leta 1924 patentiral t. i. masonitov postopek, dve leti kasneje pa so se pojavili zapiski o izdelavi plošč iz skobljancev zlepljenimi s takrat znanimi vezivnimi sredstvi. Šest let kasneje so se pojavili zapiski o izdelavi plošč pri visoki temperaturi z oblepljanjem skobljancev in žagovine. Leta 1936 je sledil patent za linijo za izdelavo ivernih plošč in leta 1938 ter 1940 je tovarna Trofit – Werge G. A. Haseke dobila patent za metodo izdelave ivernih plošč. Farni je leta 1943 predstavil priporočljive vsebnosti vlage v iverju za izdelavo ivernih plošč in pod imenom "Novopan" patentiral industrijski način proizvodnje ivernih plošč. Kasneje so se začele postavljati tovarne ivernih plošč po celem svetu. Po drugi svetovni vojni se je začel pospešen razvoj kakovostnih lepil, predvsem UF. Danes so razvite iverne plošče za različne namene različnih tipov, zlepljene z različnimi lepili kot so izocianatna, MF in FF (Čermak, 1996).

Razlogi za lepljenje lesa oz. proizvodnjo lesnih kompozitov so različni: omejenost masivnega lesa v dimenzijah, izboljšanje izkoristka lesa, izboljšanje mehanske, fizikalne in reološke lastnosti, relativno homogena struktura, možna proizvodnja v velikih količinah, enostavna nadaljnja obdelava in predelava, nizka cena, možna uporaba v različne namene.

2.2 IVERNA PLOŠČA

Iverno ploščo razvrščamo med lesne kompozite, ki so se pojavili v prvi polovici 20. stoletja z razvojem duromernih lepil in tehnološkim razvojem.

Iverne plošče so definirane kot tvorivo, ki so izdelane iz lignoceluloznih materialov (v večini primerov je to les), v obliki majhnih koščkov ali delcev iz vlaken – iveri v kombinaciji s sintetičnimi ali drugimi polimernimi vezivi. Med seboj so povezani s pomočjo visoke temperature in visokega tlaka. Celotna vez med delci je tako vzpostavljena s pomočjo dodanega veziva. Kot vezivno sredstvo se uporablja predvsem urea- in fenol-formaldehidna lepila, uporabijo pa se lahko tudi rezorcinska, izocianatna in razna modificirana lepila (Maloney, 1993).

2.3 LASTNOSTI IVERNIH PLOŠČ IN NJIHOVA UPORABA

Nezaželeno heterogenost, anizotropijo in variabilnost lesa je mogoče zmanjšati ter hkrati povečati trdnost in dimenzije lesnih izdelkov z (1) rezanjem in luščenjem furnirjev, žaganjem gredic, letvic in desk ter njihovim zlepljanjem in oblikovanjem v razne tipe vezanega lesa ali lepljenih lameliranih nosilcev; (2) dezintegracijo v različno oblikovane iveri in njihovim zlepljanjem v razne tipe ivernih plošč in (3) razvlaknjevanjem in rekombiniranjem v plošče z vezivi ali brez njih (Čufar, 2002).

V primerjavi z drugimi lesnimi ploščami imajo standardne iverne plošče vrsto slabih lastnosti: dimenzijsko so nestabilne (debelinski nabrek), sproščajo formaldehid, robovi se krušijo, imajo razmeroma majhno upogibno trdnost, nizek modul elastičnosti, slabo držijo vijake, slabše se obdelujejo itd. Različne tehnične rešitve v proizvodnji ivernih plošč zmanjšujejo njihove negativne lastnosti in odpirajo nova področja uporabe.

Kljub nekaterim neugodnim lastnostim imajo iverne plošče zelo široko področje uporabe. Surove in oplemenitene iverne plošče uporabljamo v proizvodnji bivalnega pohištva, za vrata in druge elemente stavbnega pohištva, za obloge itd. Tanke plošče uporabljamo za hrbtišča omar in razne obloge. V gradbeništvu se uporabljajo standardne iverne plošče odporne proti vodi in posebne gradbene plošče, kot so OSB, OWB, ki jih zaradi dobrih mehanskih lastnosti uporabljajo tudi za strešne konstrukcije, za embalažo, izolacijo tal, za izdelavo montažnih hiš in predelnih sten.

Pomemben vpliv uporabljenega materiala (lesa) pri proizvodnji lesnih tvoriv predstavljajo gostota lesne vrste, velikost delcev (debelina, dolžina, širina, specifična površina, vitkost, zgostitev) ipd.

Lesnim ploščam preizkušamo fizikalne, mehanske ter druge lastnosti (ugotavljanje vsebnosti formaldehida, gorljivost, gostota profila ipd.), ki so odvisne od različnih parametrov izdelave (vhodna surovina, tlak stiskanja, temperatura stiskanja, delež skorje, faktor oblepljanja).

2.4 SUROVINE IN MATERIALI ZA IZDELAVO IVERNIH PLOŠČ

Za izdelavo ivernih plošč (slika 1) uporabljamo praviloma enake surovine in materiale kot v proizvodnji lesnih vlaken in so izključno iz manj vrednih lesnih sortimentov in lesnih ostankov, zato so iverne plošče razmeroma poceni. Osnovni elementi ivernih plošč so lesne iveri, oblepljene s sintetičnimi lepili ter stisnjene pri visoki temperaturi in visokem tlaku.

Sodobni tehnološki postopki omogočajo proizvodnjo plošč iz različnih vrst lesa. Masiven les nima enakih lastnosti, kot jih ima v plošči. Njihove mehanske in fizikalne lastnosti pa so že vnaprej opredeljene z značilnostmi uporabljenih drevesnih vrst. Najugodnejši je les iglavcev in mehkih listavcev, ker lažje drevesne vrste lahko bolj zgostimo, sodobna tehnologija pa omogoča proizvodnjo kakovostnih plošč tudi iz lesa trdih listavcev, predvsem iz bukovine in hrastovine. Vse bolj izkoriščamo nekdanje malo vredne lesne ostanke, kot so žagovina, oblovina, veje, očelki, odvrženi zaboji, palete, furnirni ostanki, skobljanci, poškodovana oblovina, krajniki ter drugi lignocelulozni materiali npr. trsi, koruzna stebela in slama.



Slika 1: Različne vrste ivernih plošč

2.4.1 Iveri

Lesne iveri (slika 2) so majhni delci lesa, ki nastanejo pri procesu iverjenja v tangencialni, radialni ali prečni smeri na iverilnikih (valjšni, kolutni iverilniki, križni mlini, mlini s kladivi ipd.) (Maloney, 1977).



Slika 2: Iverje skorje (levo) in iverje lesa (desno)

2.4.1.1 Morfologija iverja

Številni strokovnjaki so v svojih raziskavah ugotavljali koleracijske (medsebojne povezave) odnose med fizikalnimi in mehanskimi lastnosti iverne plošče ter morfologijo iverja (morfologija – znanost o oblikah).

Morfološke značilnosti iverja so opredeljene z njegovimi dimenzijami, obliko, površino in stopnjo vitkosti. Debelino iverja štejemo med najvažnejše dejavnike, ki vplivajo na gostoto in trdnost iverne plošče. Določamo jih s pravilno namestitvijo nožev v iverilniku.

Upogibna in razslojna trdnost upada s povečanjem debeline iverja, zato pri izdelavi t. i. "normalnega" iverja stremimo za tem, da se debeline gibljejo od 0,1 do 0,3 mm za zunanji in od 0,3 do 0,6 mm za srednji sloj. Širina iverja bistveno ne vpliva na lastnosti plošč, vendar se kot optimalne priporočajo naslednje vrednosti: za zunanji sloj od 2 do 5 mm in za srednji od 2 do 10 mm. Dolžina iverja naj ne bi presegala 40 mm. Predolgo iverje pri nasipanju formira "mostove" in votline, zato dobimo preveč porozno ploščo (Čermak 1996).

Po začetni razvojni dobi ivernih plošč, med katero so bile iverne plošče proizvedene z lomljenjem odpadkov in drugega lesa nizke vrednosti v neenake delce, so raziskave pokazale, da je velikost delcev odločilen dejavnik, ki vpliva na lastnost proizvoda. Pomembna so dolžina, širina in gostota delcev iverja. Npr. upogibna trdnost in modul elastičnosti v statičnem upogibanju so manjši pri večji gostoti in večji pri povečani dolžini delcev iverja. Širina nima bistvenega pomena na lastnosti, a lahko vpliva na druge spremenljivke, kot so tok delcev med proizvodnjo, enotnost teksture plošče in gladkost površine (Tsoumis, 1991).

Na trdnost in kakovost ivernih plošč vpliva tudi oblika oz. način izdelave iverja. Izdelovalci strojne opreme so razvili najrazličnejšo tehnologijo proizvodnje iverja, tako da se vsak proizvajalec ivernih plošč lahko odloči za optimalen proizvodno-tehnični sistem. Izbiro tega pogojuje osnovna surovina na eni in struktura ter kakovost iverne plošče na drugi strani.

2.4.2 Skorja

2.4.2.1 Lastnosti in uporaba drevesne skorje

Pri predelavi hlodovine v žagan les nastanejo ostanki v obliki kosovnih ostankov (žamanje, krajniki, očelki), žagovine, lubja in odpadkov (prah, rese, trske). Skorjo kot oblika ostankov se večinoma uporablja za kurjavo ali pa se skladišči na deponijah ter tako obremenjuje okolje. V industriji ivernih in vlaknenih plošč prisotnost skorje pri ostankih ni tako moteča, čeprav dosega ostanki brez prisotne skorje nekoliko višjo odkupno ceno. V Sloveniji so največji predelovalci in porabniki žagarskih ostankov proizvajalci ivernih in vlaknenih plošč ter tovarne celuloze.

Čeprav je drevesna skorja (slika 3) potencialna surovina za izdelavo številnih novih proizvodov, danes žal še vedno velikokrat pomeni samo odpadek, ki je nemalokrat deponiran na ekološko zelo kočljivih lokacijah (vrtače, kraške jame ...) oziroma se uporablja kot kurivo (Gornik Bučar, 1997).



Slika 3: Drevesna skorja

Skorja posameznih drevesnih vrst je lahko izhodna surovina za številne kemikalije, saj je kemijska zgradba skorje zelo raznolika in kompleksna. Danes najpogosteje izkoriščajo polifenolne substance lesne skorje, ki pa so v posameznih drevesnih vrstah zastopane zelo različno. Med posameznimi drevesnimi vrstami se razlikujejo po količini in po vrsti, kar narekuje tudi nadaljnjo uporabo ekstraktov drevesnih skorij. Danes je najbolj znana industrijska uporaba skorje za izdelavo tanina, predvsem za potrebe usnjarske industrije. Vsekakor so raziskave o možnosti uporabe skorje zelo perspektivne, saj lahko med drugim ekstrakte drevesnih skorij uporabimo kot komponente v lepilih za les, ionske izmenjevalce, flokultante in lužila za les z biocidnim delovanjem.

Skorja v lesni industriji predstavlja odpad, katerega odstranjevanje predstavlja vedno večji problem. Skorja se pretežno uporablja za kurilne namene, vendar ima raba skorje za kurjavo deljena mnenja. Kuri se pretežno z visokim deležem vlage, kar pa ima za posledico manjšo kurilno vrednost. Kurilna vrednost z naraščanjem vlage hitro pada, kar je zelo očitno pri kurjenju skorje, ki jo pogosto kurimo vlažno. Pri vlažnosti 80 % je kurilna vrednost skorje le še desetino kurilne vrednosti, ki jo ima skorja z vlažnostjo 10 % (Gornik Bučar, 1997).

Praviloma v reprodukcijske namene uporabljamo ostanke iglavcev, medtem ko so ostanki lesa listavcev in skorja namenjeni skoraj izključno za pridobivanje energije.

Drevesna skorja je velik vir obnovljivih surovin, ki se le redko uporablja. Ena od težav pri predelavi drevesne skorje je njena kemijska sestava, ki je bolj komplicirana kot pri lesu. Razmerja med posameznimi komponentami so drugačna. Kemijska zgradba skorje je različna od lesa predvsem zaradi prisotnosti polifenolov in suberina, nižje vsebnosti polisaharidov in večje količine ekstraktivnih snovi.

Skorja ima v primerjavi z lesom drugačno obnašanje pri nabrekanju: je manj anizotropna, njen koeficient toplotne prevodnosti je nekoliko nižji, njene mehanske lastnosti pa so bistveno slabše.

Wagennfür (1984) navaja za najvažnejše domače drevesne vrste naslednje deleže skorje: bor 12...14 %, smreka 10 %, jelka 10...12 %, macesen 16...24 %, jelša 8...14 %, bukev

6...9 %, beli gaber 6...7 %, jesen 9...14 %, breza 10...12 %, brest 13 % in hrast 12...14 %.

Gozdni ostanki so morda uporabni na različne načine (Reinke, 1965). Brez upoštevanja kakršnihkoli ekoloških, gozdarskih in kurilnih vrednosti gozdnih ostankov se lahko temu materialu zmanjša vrednost v proizvodnji ivernih plošč. Proizvodnja panelnih proizvodov z zvišano vrednostjo je morda najučinkovitejša raba takšnih odpadnih ostankov (Lehman in Geimer, 1974).

Industrija gozdnih izdelkov vsako leto proizvede velike količine skorje; 66 % te skorje je uporabljene za proizvodnjo termične energije. Kakorkoli že, pomemben del lubja ostane neuporabljen (Blanchet, 2000).

V zunanjem delu skorje je dosti lignina, kar povzroča, da je ta del skorje trd in krhek. Posledica tega je, da se pri iverjenju zunanjega dela skorje zdrobi v velik del majhnih delcev in prah. Delež skorje variira glede na starost, geografsko lego in višino drevesa. Pri smreki je delež skorje od 8 do 21 %, pri boru pa je tako od 8 do 40 %.

Skorja sama ne predstavlja okolju škodljivega problema, ker je biološko razgradljiva, vendar predstavlja podjetju odstranjevanje skorje strošek ter po takem samo odstranjevanje škodljiv učinek zaradi porabe energije, ki jo porabijo stroji (Deppe, Hoffmann, 1971).

Eden od izzivov lesne industrije je uporaba skorje. Na razpolago so precejšnje količine skorje, saj skorja predstavlja cca. 10–15 % vsakega hloda, pri nekaterih drevesnih vrst lahko tudi več. Skorja in jedrovina nekaterih drevesnih vrst vsebujeta velike količine vodotopnih izvlečkov, kot so polifenoli, ki so primerni kot začetna snov za proizvodnjo lepil (Roffael, 2000). Medtem ko se nekaj skorje uporablja kot kurivo in v kmetijske namene, pa precejšnja količina skorje ostaja neuporabljena. Zaradi prepovedi sežiga ostankov skorje postaja odlaganje skorje resen problem (Anderson, 1975).

2.4.2.2 Anatomska zgradba skorje

Skorja je netehnični izraz za vsa tkiva zunaj vaskularnega kambija ali ksilema. V starejših drevesih lahko sestoji iz mrtve (zunanje) skorje ali lubja in žive (notranje) skorje ali "ličja". (Torelli, 1990).

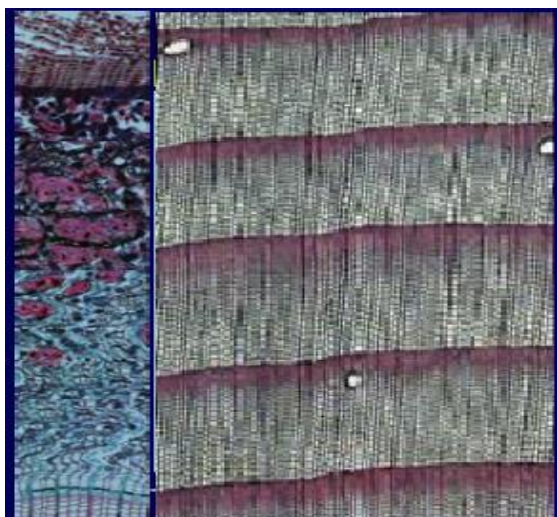
Skorja predstavlja vsa tkiva zunaj vaskularnega kambija, ki so rezultat delovanja dveh sekundarnih lateralnih merisistemov: vaskularnega in plutnega kambija (felogena). Prvi prispeva sekundarni floem, drugi pa felem in feloderm, ki skupaj s felogenom tvorita periderm – sekundarno krovno tkivo (Torelli, 1990). Skorja opravlja krovno funkcijo in prevajanje asimilatov iz listov po vejah in deblu do korenin.

V različnih obdobjih rasti rastlinsko telo pokrivajo različna krovna tkiva. Primarno rastlinsko telo pokriva primarno krovno tkivo ali epiderm. Epiderm je praviloma tog in s prehodom v sekundarno (debelinsko) rast debela in vej razpoka in odpade. Nadomesti ga periderm ali sekundarno krovno tkivo. Pri večini drevesnih vrst prvi površinski periderm

prej ali slej nadomestijo novi globlje ležeči peridermi, ki se običajno razvijejo v sekundarnem floemu.

Meja med lesom in skorjo je kambij. Kambij je živa plast celic, ki proizvaja ksilemske celice proti notranjosti debla (les) in floemske celice proti zunanji strani (skorja). Skorjo delimo na živi del, ki sega od vaskularnega kambija do najmlajšega oz. najglobljega periderma, in zunanji mrtvi del (ritidom ali lubje).

Floem ali notranji del skorje iglavcev je sestavljen iz sitastih celic, aksialnih parenhimskih celic, vlaken in radialnih floemskih trakovih, ki običajno sestojijo iz parenhimskih in "Strassburgerjevih" celic (slika 4). Zgradba sekundarnega floemu listavcev pa sestavljajo sitaste cevi, ki jih spremljajo celice spremljevalke. Sestavljajo jo še aksialne parenhimske celice, vlakna in trakovi iz parenhimskih celic, ki pa so lahko enoredni ali večredni.



Slika 4: Primer anatomske zgradbe skorje jelke (levo) in anatomske zgradbe lesa smreke (desno)

Skorja je krovno tkivo. Glavna naloga žive skorje je prevajanje asimilatov iz krošnje navzdol po deblu do kambija in korenin. To nalogo opravljajo le žive celice, ki so sitaste celice pri iglavcih in sitaste cevi pri listavcih, ki so evolucijsko naprednejše od sitastih celic iglavcev. Sitastim celicam iglavcev preživetje omogočajo specializirane parenhimske celice, "Strassburgerjeve" celice, s katerimi so fiziološko povezane. Sitaste celice in cevi opravljajo prevoz asimilatov le dokler so del prevodnega floema. Znak, da celice niso več prevodne, je pojav kaloze, ki zatesni sitasta polja.

Osnovna naloga floemskih parenhimskih celic je prevajanje in skladiščenje hrane. V starejši skorji vsebuje razne ergastične substance, kot so kristali in podobno. Parenhimske celice so žive dokler so del žive skorje in se lahko po potrebi delijo in rastejo. Floemska vlakna povečujejo trdoto in trdnost skorje in so pri listavcih pogostejša kot pri iglavcih, kjer pogosto manjkajo.

Predvsem zaradi dimenzionalnih sprememb debla sitaste celice in sitaste cevi zunanjšega dela notranje skorje sčasoma nehajo delovati. Sitaste celice in cevi se zamašijo s kolapso, parenhimske celice pa se znatno povečajo. Floem se spremeni in postane novo tkivo, ki ga

imenujemo zunanja skorja ali ritidom. Proces nastanka ritidoma imenujemo obliteracija. Mrtvi del skorje sestavljata periderm in ritidom. Periderm sestoji iz treh tkiv: felogena ali plutnega kambija, felema ali plute in feloderma, ki ju felogen producira navzven oz. navznoter. Zgradba felogena je samo iz enega tipa celic.

Celična stena felema vsebuje plasti suberina in voska, ki ga naredijo nepropustnega za pline in vodo iz zraka v notranjost. Felogen namreč proizvaja več felema kot feloderma. Pri večini vrst prvi, površinski felogen, slej ali prej nadomestijo novi, postopoma vse globlje ležeči felogeni oz. peridermi. Vsak novi, globlje ležeči periderm s svojim felemom prekine dovod hrane in vode vsem periferno ležečim tkivom, ki zato odmrejo. Izmenjava plinov skozi neprepustni periderm je mogoča le preko lenticel. Felem ali pluta periderma pa predstavlja razmeroma majhen del lubja.

Ritidom imenujemo mrtvo tkivo, katerega funkcija je zaščititi drevo pred mikroorganizmi in izgubo vode. Ker se ne more širiti pri debelinski rasti debela, pride do globokih razpok in luščenja skorje.

Izgled skorje je odvisen od oblike peridermov in njihove zgradbe. Če so peridermi v obliki prekrivajočih se lusk, se tudi lubje odstranjuje v obliki lusk. Luskasto lubje je značilno za hrast, bor in hruško. Če peridermi potekajo vzporedno s kambijem, potem se v obliki votlih valjev odstranjuje tudi odmrlo tkivo. To imenujemo obročasto lubje, značilno za brezo in česnjo. Trskasto lubje je posebna oblika obročastega lubja, kjer vzdolžni parenhimski pasovi prekrivajo obročaste plasti plute.

Glavna vloga lubja v rastočem (živem) drevesu je delovati kot zaščitni ovoj okrog kambija oziroma tkivne generacijske plasti, katero ovija leseno deblo. Njegova funkcija se izraža v nizki specifični teži, kratkih vlaknih in nizki žilavosti. Proizvodi so slabše kakovosti zaradi manjše vsebnosti vlaken. V glavnem se v proizvodnji uporablja le lesni del brez skorje, saj se le-to v večini proizvodnih procesov odstrani. Prisotnost skorje v sveži rastlini upočasni odstotek izsuševanja. Hrastovo lubje spada med pripadnike največjega odpadnega materiala. Nekatere vrste lubja se močno skrčijo in puščajo sledove na površini, nekatere počrnijo na pritisk.

2.4.2.3 Kemijska zgradba skorje

Anatomske razlike med floemom in ritidomom se zrcalijo tudi v kemijski zgradbi. Na splošno količina ekstraktivnih snovi in polisaharidov pada, količina lignina in polifenolnih snovi pa raste od notranje k zunanji skorji. V nasprotju z lesom vsebuje skorja več anorganskih snovi, celo pogostost elementov je različna. Količina pepela ponavadi presega 10 %, pri čemer prevladuje kalcij (82–95 %), sledita mu kalij in magnezij. Vseh ostalih elementov je manj kot 1 %. Skorja vsebuje več snovi, ki dajejo kislo reakcijo, kot les, zato imajo njeni vodni ekstrakti nižjo vrednost pH kot ekstrakti iz lesa (preglednica 1).

Preglednica 1: Vrednost pH vodnih ekstraktov skorje in lesa (Tišler, 1987)

Drevesna vrsta	Skorja		Les	
	mrzla voda pH	vroča voda pH	mrzla voda pH	vroča voda pH
Smreka - <i>Picea abies</i>	3,9	3,6	4,9	4,6
Bor - <i>Pinus sylvestris</i>	3,8	3,5	4,4	4,2
Bukev - <i>Fagus sylvatica</i>	5,4	5,0	5,5	5,3
Hrast - <i>Quercus robur</i>	4,2	3,9	4,9	4,8

Vrednost pH zunanega dela skorje je nižja od pH vrednosti notranje skorje. S staranjem drevesa nastopa manjše znižanje pH vrednosti skorje.

Skorjo sestavljajo ogljikovi hidrati, lignin, vosek in suberin, terpentini, monomerni polifenoli in njihovi glikozidi, poliflavonoidi.

Skorja se razlikuje od lesa po morfološki in kemijski zgradbi. Glavne komponente skorje so ekstraktivi, celuloze, polioze, lignin, suberin in pektin. Skorja smreke v povprečju sestoji iz 65 % holoceluloze, 48 % celuloze, 38 % lignina, 21 % ekstraktivnih snovi, 17 % je polioz in 2 % pepela. Skorja iglavcev vsebuje smolne kanale, to so medcelični prostori, ki so napolnjeni s smolo.

Kemijska zgradba drevesne skorje je komplicirana ter variira glede na drevesno vrsto in morfološke elemente, ki jih vsebuje. Za skorjo je tipična visoka količina nekaterih topnih sestavin, kot so fenolne spojine, pektin in suberin.

Skorjo lahko v grobem razdelimo na frakcije: vlakna, plutne celice in fina substanca, ki vključuje parenhimske celice. Vlaknasta frakcija je kemijsko podobna lesnim vlaknom in je sestavljena iz celuloze, hemiceluloze in lignina. Ostali dve frakciji vsebujeta velike količine ekstraktivnih snovi. Stene plutnih celic so impregnirane s suberinom, polifenoli so koncentrirani v fini frakciji. V preglednici 2 je prikazana kemijska analiza nekaterih skorij različnih drevesnih vrst.

Preglednica 2: Kemijska zgradba nekaterih drevesnih skorij (Tišler, 1986)

Drevesna vrsta	Ekstarktivne snovi (%)	Holoceluloza (%)	Celuloza (%)	Polioza (%)	Lignin (%)	Suberin (%)	Pepel (%)
Smreka - <i>Picea abies</i>	21,0	65,3	47,9	17,4	37,8	/	2,1
Bor - <i>Pinus silvestris</i>	20,7	54,6	37,0	15,6	44,7	/	1,1
Macesen - <i>Larix sibirica</i>	/	51,6	26,6	18,3	39,9	2,7	/
Bukev - <i>Fagus sylvatica</i>	11,4	61,6	38,1	23,1	39,0	/	7,3
	20,3	83,4	23,8	16,9	43,0	4,3	6,3
Hrast - <i>Quercus robur</i>	15,7	63,2	53,9	9,3	38,1	/	2,2

Ogljikovi hidrati

Znano je, da je delež celuloze in hemiceluloze, ki delno sestavljata celično steno skorje, bistveno manjši kot pri lesu. Delež monosaharidov je dosti nižji kot pri lesu. Pri hidrolizi skorje je izkoristek monosaharidov nižji kot pri lesu. Vodna ekstrakcija skorje smreke odstrani od 20 do 24 % celokupnih ogljikovih hidratov, kjer je velik delež glukana. Ekstrakcija z vročo vodo večine drevesnih skorij pa ne odstrani velikih količin ogljikovih hidratov.

- **Celuloza:** Izolacija in čiščenje celuloze iz drevesnih skorij je težavna. Izkoristek celuloze se zelo spreminja glede na vrsto in znaša od 20 do 40 % glede na drevesno skorjo brez ekstraktivnih snovi. Celuloza skorje se bistveno razlikuje od celuloze lesa. Stopnja polimerizacije celuloze skorje in stopnja kristalizacije je znatno nižja kot pri lesu.
- **Lesne polioze:** Raziskave so pokazale, da so polioze skorje enake strukture kot polioze lesa. Možne so le nekatere variacije v zgradbi.
- **Pektin:** Notranja skorja vsebuje dosti več pektina kot les.

Lignin

Po Freudenburgu je lignin sistem termoplastičnih, trodimenzionalnih polimerov, izpeljanih iz fenilpropanovih derivatov. Lignin je za celulozo najbolj razširjen polimer v rastlinskem svetu. V lesovih ga je od 20 do 40 %. Na splošno lignin označimo kot aromatsko substanco, ki se razlikuje od ogljikovih hidratov in utrdi polisaharide v rastlinah ter tkivo pretvori v les. Zanj je značilna visoka vsebnost metoksilnih skupin. Histokemijske raziskave drevesne skorje so pokazale, da so celične stene vlaken in sklereid lignificirane in da tudi celice periderma in ritidoma dajejo ligninsko reakcijo. Dosedanje študije kažejo sorodno strukturo lignina lesa in skorje, čeprav nastopajo spremembe predvsem v razmerjih med posameznimi komponentami.

Akcesorji

Mnoge akcesorne snovi so topne v nevtralnih organskih topilih ali hladni vodi. Akcesorne snovi kot beljakovine in anorganske snovi so delno ali netopne v topilih, v katerih se raztapljajo ekstraktivne snovi. Med ekstraktivne snovi spada veliko število spojin, od katerih so mnoge karakteristične za posamezno drevesno vrsto. Ekstraktivne snovi se nahajajo v skorji, listju, iglicah, vejicah, cvetovih, plodovih in semenih čisto v večjih količinah kot v lesu. Akcesorji drevesne skorje so predvsem voski, terpentini, polifenoli in mineralne snovi. V nekaterih skorjah je količina teh snovi že tako velika, da akcesorne snovi postanejo osnovne sestavine skorje.

Vosek in suberin: Ritidom različnih drevesnih skorij vsebuje velike količine plutastih celic. V skorji duglazije (*Pseudotsuga taxifolija*) lahko srednjo lamelo ločimo od primarne celične stene. Primarna stena je sestavljena iz orientiranih mikrofibrilov, srednja lamela pa iz fenolnih in pektinskih snovi.

Skorja je potencialni vir za pridobivanje voskov, redkih maščobnih kislin in maščobnih alkoholov, ki jih lahko dobimo iz suberina skorje. Voski drevesnih skorij, ki se nahajajo v plutastih celicah zunanje skorje, so estri maščobnih kislin npr. lignocerne, behenske, dvobaznih in hidroksimaščobnih kislin z maščobni alkoholi kot npr. lignoceril ali behenil alkohol. Voski skorje iglavcev vsebujejo velike količine ferulne kisline, voski listavcev pa sinapsko kislino.

Drevesne skorje vsebujejo tudi maščobe, ki se nahajajo v parenhimu notranje skorje, podobno kot v beljavi. Prevladujejo estri glicerola z oljevo, linolno in linolensko kislino.

Suberin je netopna komponenta zunanje skorje in je v plutastih celicah. Skorja hrasta *Quercus robur* vsebuje 40–45 % suberina, 12 % ogljikovih hidratov ter 27 % lignina, voskov, taninov in komponent, ki sestavljajo pepel. Suberin je poliestar, zgrajen predvsem iz dolgih verig maščob in hidromaščobnih kislin

- **Terpentini:** V drevesni skorji se nahajajo v glavnem diterpeni tako kot npr. v skorji bora *Pinus* teada, kjer so jih odkrili 0,25 %.
- **Akcesorji fenolnega značaja:**

Monomerni polifenoli: Polifenoli skorje predstavljajo veliko število sorodnih spojin izpeljanih predvsem iz flavanskih derivatov. Skorje nekaterih drevesnih vrst vsebujejo polifenole z nizko molekulsko maso v velikih količinah, da jih lahko industrijsko izkoriščamo. Mnogi med njimi so prepovedani zaradi kancerogenosti in neučinkovitosti njihovih farmacevtskih preparatov. Delimo jih glede na topnost in na njihovo molekulsko maso. Monomerne polifenole delimo na flavonoide, salicine, hidrolizirajoče tanine, stibeltine ter ostale pomembnejše razrede spojin.

Flavonoidi: Kvercetin in dihidro-analog taksifolin sta naobičajnejša flavonoida drevesne skorje iglavcev. Tudi skorje nekaterih listavcev so pomembne zaradi

flavonoidnih spojin. Med njih spadajo skorje hrastov, iz katerih lahko pridobivamo tudi kvercetin.

Salicini: Salicini so spojine, ki se nahajajo v skorjah in listih dreves vrste Salicacea v velikih količinah, da se uporabljajo za farmacijo. V skorji poleg salicinov najdemo tudi hidrolizirajoče tanine, stibeltine, poliflavonoide, proantocianidine in poliflavonoidne polimere.

- **Anorganske snovi:** Skorja ponavadi vsebuje večje količine anorganskih snovi kot les. Pri sežigu skorje dobimo več kot 10 % pepela, kar je lahko do desetkrat več kot pri sežigu lesa. Prevladujoči element je kalcij (82–95 %) sledita mu kalij in magnezij. Anorganske snovi so razporejene po celičnih stenah. Večje količine so v trakovih in smolnih kanalih. V sitastih celicah in longitudinalnem parenhimu so kristali kalcijevega oksalata, zaradi katerega je količina kalcija v skorji visoka.

2.5 VPLIV SKORJE V IVERNI PLOŠČI

Velik delež skorje predstavlja najbolj moteč dejavnik pri proizvodnji ivernih plošč. Skorjo je pri celolesnih ostankih težko odstraniti, pri deblu pa jo odstranimo, saj obstajajo različne naprave za odstranjevanje skorje. Odstranjevanje skorje je potrebno, saj skorja bistveno zmanjša trdnost iverne plošče. Največji delež skorje, ki se uporablja v iverni plošči je 10 %, pri vlaknenih ploščah pa je ta delež manjši in znaša 5 %. Pri večjem deležu skorje je poslabšanje trdnosti plošče bolj evidentno, medtem ko se debelinski nabrek pri povečanju deleža skorje zmanjšuje.

Vrednost pH skorje je nižja od lesa zaradi kemijske sestave, ki je drugačna kot pri lesu. Vrednost pH skorje je približno 5. Les ima pH vrednost višjo, zato skorja bistveno vpliva na proces utrjevanja lepila, kakor tudi na proces hidrotermične obdelave materiala pri izdelavi vlaken oz. iverja. Ker ima skorja nižjo pH vrednost, lahko povzroči hitrejše utrjevanje lepila. Urea-formaldehidno lepilo utrjuje v kislem področju in če se delež skorje poveča, lepilo prehitro utrdi, vezi med vezivnim sredstvom, iverjem lesa in skorje se zlomijo ali pa so šibke.

Skorja je zaradi svoje anatomske in kemične sestave bolj krhka od lesa, zato se pri hidrotermični obdelavi les bolj zmečka, kar je pri stiskanju iverne plošče pozitivno, saj lahko ploščo bolj zgostimo. Spoj med iverji je boljši, saj boljši stik med delci povzroči boljši prenos lepila na sosednjo površino, omočitev, penetracijo in utrjevanje ter tako bolj kvaliteten spoj. Ker je skorja bolj krhka od lesa in na lastnost iverne plošče v veliki meri vpliva uporabljena surovina, so mehanske lastnosti iverne plošče z visokim deležem skorje slabše.

Drevesna skorja vsebuje minerale, razne kovine in večjo količino lignina od lesa, kar povzroča krhanje rezil. Pri spravilu lesne mase iz gozda se na skorji naberejo razne umazanije, kot so kovinski delci, kamenje, zemlja, pesek in druga umazanija, kar prav tako povzroča večjo obrabo rezil pri iverjenju v sekance ali iveri. Zaradi večje obrabe rezil, zato skorjo pred iverjenjem odstranimo, kar pa pomeni, da morajo podjetja imeti stroje za

odstranjevanje skorje, kar predstavlja strošek. Skorjo odstranimo na hlodovini, na celolesnih ostankih pa je ne odstranjujejo, ker je le to težavno. Pri izdelanih lesnih kompozitih, ki vsebujejo skorjo hitreje obrabljajo rezila kot iverne plošče, ki skorje ne vsebujejo, ali pa je njihov delež majhen.

Pomemben dejavnik pri izdelavi ivernih plošč je morfologija iverja. Pri enakih pogojih iverjenja lesa in skorje je več delcev iverja skorje manjših oblik. Skorja se pri procesu iverjenja zaradi večje količine lignina in drugih substanc lomi in drobi v krajše in širše oblike oz. bolj enakomerne oblike, medtem ko se les bolj "trga" in je ožje in daljše oblike. Pri ožjem in podolgovatem iverju lesa je prepletenost iverja boljša s tem pa se mu izboljšajo mehanske lastnosti.

Prav tako je vlažnost iverja skorje ponavadi višja od vlažnosti iverja lesa, zato je pri enakem (normalnem) procesu sušenja lesnih iveri in skorje, vlažnost skorje po končanem sušenju višja kot od lesa. Višja vlažnost skorje ima pozitiven kakor tudi negativen učinek. V procesu stiskanja plošče se voda v skorji upari, kar lahko povzroči, da ob odprtju stiskalnice povišan tlak vodne pare ploščo raznese (raztrga). Naredijo se zračni mehurji ali mikro razpoke, ki jih s prostim očesom ne vidimo ter tako oslabijo ploščo. Povišan tlak v iverni plošči zaradi večje vlažnosti skorje med stiskanjem, povzroči tudi večji fenomen imenovan "sprinback", kar pomeni, da se po stiskanju iverne plošče zaradi tlaka poveča debelina. Višja vlažnost skorje od lesa pa povzroči hitrejši prenos toplote v iverni plošči medtem, ko se voda upari. S tem se skrajša čas stiskanja iverne plošče. Višja vlažnost pa povzroči tudi boljši omočitev iverja z lepilom.

Iverje skorje ima praviloma pri procesu oblepljanja iverja z lepilom pri enaki masi večjo specifično površino kot iverje lesa. Na enoto površine pri enakem deležu lepila je lepila manj pri iverju skorje. Prav tako se lahko v procesu oblepljanja iverja skorje zaradi majhnih delcev naredijo večje ali manjše kepe oz. grude, kar je za natresanje pogače moteč dejavnik. V izdelani iverni plošče grude povzročijo da, je plošča nehomogena. Posamezni deli plošč so tako gostejši od ostale iverne plošče.

Danes je že več kot polovica ivernih plošč oplemenitenih z različnimi materiali. Zaradi skorje, ki je temnejša od lesa in zaradi polifenolov v skorji, se na površini plošč pojavijo moteči madeži, ki vplivajo na nadaljnji proces obdelave lesnega kompozita (barvanje, lakiranje, oplašanje ipd.). Skorja vsebuje smolo, suberin in voske, ki so moteči dejavniki, zaradi tega je površina mastna ter se tako lepilo ne prime na površino plošče, kakor tudi zaradi tega skorje ni mogoče barvati kot lahko barvamo lesna vlakna. Vsebnost ekstrakcijskih komponent v skorji pri lesnih kompozitih s skorjo preidejo iz notranjosti na površino in na površini zasedejo proste radikale, na katere bi se drugače vezalo lepilo, zato je kvaliteta lepilnega spoja (adhezijske in kohezijske sile) slaba.

Skorja ima poleg slabih lastnosti pri izdelavi ivernih plošč tudi dobro lastnost. Vsebnost prostega formaldehida, ki uhaja v okolico, se z naraščanjem deleža skorje zmanjšuje. Vzrok tega je, da polifenoli skorje vežejo nase formaldehid, ki se ni vezal pri procesu stiskanja in je uhajal v okolico.

Formaldehid (HCHO) je najenostavnejši aldehyd, ki so ga umetno sintetizirali že na koncu 19. stol. Sčasoma je postal ena najbolj razširjenih bazičnih surovin v proizvodnji sintetičnih smol, lepil, premazov, izolacijskih in drugim materialov. V normalnih razmerah je formaldehyd brezbarven, ostro dišeč plin, ki je visoko reaktiven in kancerogen. Najpomembnejši vir prostega formaldehida v bivalnih prostorih so iverne plošče, lepljenje z urea-formaldehidnim lepilom, sproščajo pa ga tudi drugi različni gradbeni materiali, tekstil, oblazinjeno pohištvo idr. Formaldehyd počasi izhlapeva še dolgo po vgraditvi, vsako povišanje temperature pa poveča njegovo izhajanje v okolico. Večina razvitih držav je sprejela stroge predpise, ki omejujejo koncentracijo prostega formaldehida. Formaldehyd je strupen le v prosti obliki, v vezani obliki, kot sta smola in lepilo, pa je povsem neškodljiv.

2.6 DOSEDANJE OBJAVE

Nemli (2004) je skupaj s sodelavci ugotavljal učinek uporabe skorje mimoze v ivernih ploščah na izhajanje emisij formaldehida ter fizikalne in mehanske lastnosti ivernih plošč. V študiji so izdelali trislojne iverne plošče iz iverja lesa rožičevca, ki so v srednjem sloju vsebovali skorjo mimoze v različnih razmerjih. Plošče izdelane le iz iverja lesa rožičevca brez dodatka skorje so imele najvišje mehanske lastnosti, plošče, tiste ki pa so v jedrnih plasteh vsebovale skorjo mimoze, pa so imele nižje mehanske lastnosti. Uporaba skorje je zmanjšala emisijo formaldehida in debelinski nabrek ivernih plošč. V preglednici 3 so zbrane meritve nekaterih lastnosti ivernih plošč z dodatkom skorje mimoze, ki so jih opravili v raziskavi.

Preglednica 3: Nekatere lastnosti iverne plošče glede na delež skorje v iverni plošči (Nemli, 2004)

Iverna plošča	Delež skorje v plošči (%)	Upogibna trdnost (N/mm ²)	Modul elastičnosti (N/mm ²)	Razslojna trdnost (N/mm ²)	Debelinski nabrek (%)	Emisija formaldehida (mg CH ₂ O)
A	0,00	14,93	180,02	0,48	14,47	1,45
B	6,25	14,76	1793,36	0,46	14,31	1,38
C	12,50	13,48	1679,94	0,36	12,66	1,05
D	25,00	12,24	1545,33	0,27	10,54	0,83
E	50,00	11,07	1414,25	0,18	8,23	0,66

Prav tako je Nemli s sodelavci (2004) proučeval mehanske in fizikalne lastnosti ter izhajanje prostega formaldehida iz ivernih plošč, izdelanih iz iverja lesa prepojenih z ekstraktom skorje mimoze. V študiji so izdelali 5 % ekstrakta skorje pripravljenega iz skorje mimoze, ki je bil izločen v vodi pri 100 °C. Surovo iverje lesa so v izvlečku skorje namakali 3 ure. Po končanem namakanju so jih posušili na vlažnost 3 %. Ugotovili so, da imajo iverne plošče, izdelane iz iverja prepojenih z izvlečkom skorje mimoze, nižje mehanske in fizikalne vrednosti ter nižje vrednosti izhajanja emisije formaldehida v primerjavi s ploščami, izdelanimi iz neprepojenih iveri lesa.

Nemli je s sodelavci leta 2005 izdelal iverne plošče iz iverja lesa, ki so bila impregnirana z izvlečkom skorje brucijskega bora in sicer z deležem ekstrakta 0, 1, 2.5, in 5 %. Raziskava je obsegala merjenje mehanskih in fizikalnih lastnosti ter odpornosti na razkroj ivernih plošč. Vključene meritve so bile upogibna trdnost, modul elastičnosti, razslojna trdnost, debelinski nabrek in izguba teže izmerjena po evropskih standardih.

Merjenje pH vrednosti iverne plošče je pokazalo, da se s povečanjem koncentracije ekstrakta skorje brucijskega bora, pH vrednost plošče manjša. Rezultati merjenja modula elastičnosti in upogibne trdnosti so pokazali, da imajo iverne plošče narejene iz iverja lesa, impregniranega z ekstraktom skorje, nižje vrednosti od ivernih plošč, katere niso bile impregnirane. Ugotovili so, da je lahko posledica znižanja pH vrednosti zaradi prisotnosti reaktivnih elementov v skorji, kot je tanin. Od pH vrednosti iverja lesa oziroma skorje je odvisno strjevanje lepila, ki bazira na formaldehidu. Zaradi znižanja pH vrednosti se lepilna smola prehitro utrjuje, zato so plasti lepila šibke in luskaste. Lepilo se strdi še pred stiskanjem iverne plošče, zato so po zaključku stiskanja smolnate vezi uničene. Povišanje koncentracije ekstrakta skorje v impregniranem iverju lesa je bilo po pričakovanju in je zelo zmanjšalo mehanske lastnosti.

Poskus debelinskega nabreka ivernih plošč je pokazal, da so plošče izdelane iz impregniranega iverja lesa zmanjšale debelinski nabrek. Predvidevajo, da je do tega prišlo zaradi visoke količine smolnatih ali vosku podobnih snovi.

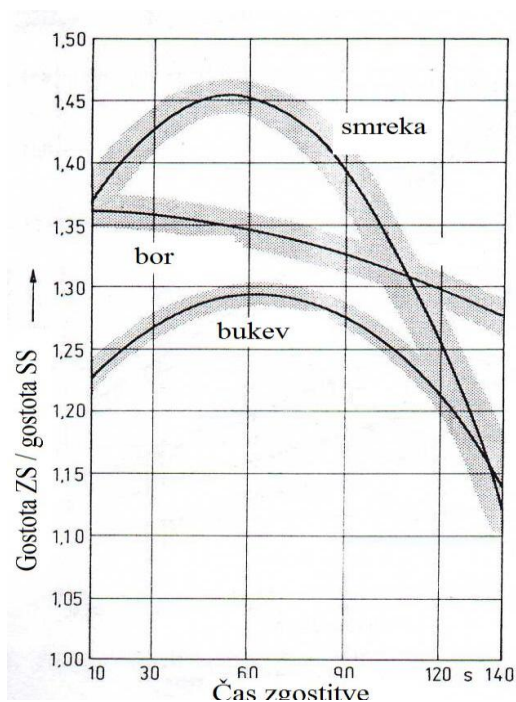
Na inštitutu Wilhelm-Klauditz, tehniški univerzi Braunschweig v Nemčiji (1973) so ugotavljali vpliv uporabe različnih drevesnih skorij na izdelavo in karakteristike ivernih plošč. V ta namen so izdelali štiri različne enoslojne iverne plošče s 100 % deležem skorje. Pri izdelavi posameznih plošč so uporabili skorjo smreke (1) in bora pridobljeno s kolutnim iverilnikom, skorjo bukve pridobljeno z valjčnim iverilnikom po suhem postopku, ter skorjo smreke (2) pridobljene z valjčnim iverilnikom po mokrem postopku. Raziskovali so, kako skorja posameznih drevesnih vrst vpliva na lastnosti ivernih plošč ter možnost vplivanja na postopek izdelave teh plošč. Spreminjali so različne parametre, kot je temperatura stiskanja, tlak stiskanja itd. Rezultati raziskave so pokazali, da je čas segrevanje iverne plošče in tlak stiskanja močno odvisen od uporabljene vrste drevesne skorje. Različna upogljivost različnih drevesnih vrst iverja skorje je vodilo do različnih karakterističnih gostotnih profilov v prečnem prerezu. Temu primerno so se razlikovale tudi mehanske in fizikalne lastnosti ivernih plošč iz iverja skorje.

Ugotovili so, da na čas prehoda toplote vplivata dva pomembna faktorja, to sta vlažnost iverne plošče in temperatura stiskanja. Pokazalo se je, da skorja bora potrebuje dalj časa, da se sredina iverne plošče segreje do 100 °C, kot pa skorja bukve in smreke. Med ploščama izdelanima iz skorje smreke (1) in (2) se ta čas bistveno ni razlikoval. Pomemben faktor je tudi hitrost zgoščevanja oz. čas zapiranja stiskalnice. Najbolj ugodena hitrost stiskanja je bila od 80 do 100 mm/min. Počasnejša in hitrejša hitrost stiskanja sta pokazali, da se je čas segretja sredine plošče povečeval. Ugotovili so, da obstaja povezava med gostoto posamezne skorje, z zgostitvenim profilom, in časom prehoda toplote do sredine plošče. Čas prehoda toplote pri plošči iz skorje bukve, se s povečanjem gostote plošče skrajševal, pri plošči iz skorje bora pa se je s povečanjem gostote plošče povečeval.

Gostota po podatkih (Holz, Plickat, 1961) znaša za skorjo smreke $0,7 \text{ g/cm}^3$, za skorjo bora $0,35 \text{ g/cm}^3$ in za skorjo bukve $0,8 \text{ g/cm}^3$. Razmerje med gostoto skorje in ivernimi ploščami z gostoto od $0,5$ do $0,8 \text{ g/cm}^3$ znaša za skorjo bukve od $0,6$ do 1 , za skorjo smreke od $0,7$ do $1,1$ in za bor od $1,5$ do $2,3$. Ugotovili so, da je razmerje med gostoto skorje in izdelane plošče najbolj ugodno od 1 do $1,4$. Z razmerjem med gostoto skorje in iverne plošče je povezan prenos toplote skozi ploščo. Med prerezom iverne plošče so se pokazali tako večji ali manjši prostori z zrakom, kar je pogojeno z anatomsko zgradbo skorje, ki so jo uporabili pri posamezni plošči. S tem je bila ključno povezana hitrost prenosa toplote z vodno paro. Pri velikem praznem prostoru, je bila možnost uhajanja vodne pare ob strani plošče, po drugi strani pa je zaprt prazen prostor deloval kot izolator. Pri zelo zgoščenem materialu so zelo majhni prazni prostori preprečevali vodni pari prenos toplote do sredine plošče.

Glede na uporabljeno vrsto drevesne skorje se je razlikoval maksimalen tlak stiskanja, ki je bil potreben, da so iverno ploščo stisnili na predvideno debelino z določeno hitrostjo. Večje ali manjši prostor med iverji je imel stiskanju plošče določen vpliv. Vodna para je pri povišanju temperature, povzročala večji ali manjši upor. Ta upor se je čutil, kot nasprotno delujoči pritisk na stiskalne plošče. Zaradi tega je bil potreben pri stiskanju plošče iz skorje bora (zgostitveno razmerje plošča/skorja od $1,5$ do $2,3$), večji tlak stiskanja, kot za ploščo iz skorje smreke in bukve. Zaradi večje možnosti preoblikovanja skorje smreke je potrebovala plošča iz skorje bora večji pritisk stiskanja. Prav tako je pomembna faza odpiranja stiskalnice, zaradi različnega sproščanja pritiska v stisnjeni plošči. Ko so bile iveri oz. iverna plošča v elastični fazi se je ploščam po odprtju stiskalnice nekoliko poveča debelina.

Raziskava je obsegala tudi upogibno trdnost, modul elastičnosti, razslojno trdnost kakor tudi debelinski nabrek in sprejem vlage po potapljanju v vodi. Pri stiskanju iverne plošče se je pokazalo, da je razmerje med gostotnim profilom sredice plošče in površine plošče, najbolj izrazit pri smrekovi skorji. V raziskavi so ugotovili, da skorja smreke najbolj vpija vlago. Sposobnost vpijanja vlage, je pojasnjevalo največje razmerje gostotnega profila površine plošče in sredice iverne plošče. Majhno razmerje je imela plošča iz skorje bora, še manjšo izrazito pa plošča iz skorje bukve, katero je bilo najtežje zgostiti. Z zmanjšanjem hitrosti zapiranja stiskalnice se je razmerje med gostoto sredice in gostoto zunanega sloja plošče zmanjševala (slika 5).



Slika 5: Razmerje med gostoto zunanega sloja (ZS) in gostoto srednjega sloja (SS) ivernih plošč iz skorje v odvisnosti od časa zgostitve (Volz, 1973)

V raziskavi sta plošči iz skorje smreke imeli najvišjo upogibno trdnost, plošča iz bukke pa najnižjo. Plošča iz skorje smreke (2) je imela večjo upogibno trdnost kot plošča iz skorje smreke (1). Za večjo vrednost skorje smreke (2) so bili mnjenja, da je imela skorja večji delež vlaknastih delcev in da je lepilo bolje delovalo, ker je vsebovala manj ekstraktov, ki so se izločili pri namakanju. Upogibna trdnost se je povečala tudi pri vseh štirih ploščah, če je bilo povečano razmerje med gostoto površine in sredice plošče.

Preizkus razslojne trdnosti je pokazal, da je imela plošča iz skorje bukke daleč največjo vrednost, plošči iz smreke in bora pa se vrednosti nista bistveno razlikovali. Pri povišanju gostote pri plošči iz skorje smreke se je vrednost bistveno povečala, pri ploščah iz bora pa je bila ta sprememba vrednosti manj izrazita.

Bistvene razlike med vrstami drevesne skorje so se pokazale v merjenju debelinskega nabreka in vpitju vlage po 24-urnem potopu v vodi. Vse plošče so bile izdelane brez vodoodbojnega dodatka. Bukova plošča je pri merjenju debelinskega nabreka imela najnižjo vrednost, nekoliko večjo vrednost je imela plošča iz bora, najvišji vrednosti pa sta pokazali smrekovi plošči. Najmanjšo vsebnost vlage je po namakanju v vodi imela plošča iz bora, najvišji vrednosti pa sta pokazali smrekovi plošči. Pri povečanju gostote plošč se je povečal tudi debelinski nabrek. Plošča iz bora je imela zaradi velike zgostitve in plošča iz smreka zaradi manjše razslojne trdnosti debelinski nabrek večji. Predvidevali so, da je skorja smreke zaradi svoje naravne vpojnosti vlage, imela večji debelinski nabrek od skorje bora.

S povečanjem zgostitve plošč se je prazen prostor med delci zmanjševal, s tem pa se zmanjševalo tudi vpijanje vlage. Menili so, da se zaradi manjše elastične napetosti plošče,

volumni praznih prostorov med delci pri potapljanju plošč v vodo manj povečajo. Zaradi tega je imela plošča iz skorje bora, ki je imela najvišjo razmerje med gostoto skorje in ploščo, ter dokaj dobro razslojno trdnost, najmanjšo vrednost vpijanja vlage oz. vode. Smrekova plošča je pri stiskanju plošče zaradi manjše zgostitve materiala, kar je pomenilo večji prazen prostor med delci iverja, imela največjo vrednost navzema vlage.

V laboratoriju v zveznem zavodu za testiranje materialov v Nemčiji so izdelali iverne plošče iz iverja skorje in iverja lesa. Za raziskavo so uporabili skorjo smreke in skorjo bora. Izdelali so trislojne iverne plošče z različnim deležem skorje v zunanjem in srednjem sloju. Pri izdelavi ivernih plošč so uporabili izocionatno lepilo in fenol-formaldehidno lepilo.

Plošče zlepljene z izocionatnim lepilom so imele boljše vrednosti kot plošče zlepljene z fenol-formaldehidnim lepilom, kjer so se pojavile težave. Menili so, da je bil vzrok v pH vrednosti skorje. V raziskavi se je pokazalo, da je iverje skorje bistveno bolj stisljivo kot iverje lesa oz. debelina plošč je bila pri ivernih ploščah iz skorje manjša. Gostota ivernih plošč iz skorje so imele od 10 do 20 % višjo prostorninsko maso kot iverne plošče iz lesa. Iverne plošče iz skorje so reagirale na padec gostote s poslabšanjem lastnosti plošče bistveno močnejše kot plošče iz lesnih iveri. Pri enaki gostoti ivernih plošč so bile mehanske lastnosti slabše pri ploščah iz skorje. Kot so pričakovali, se je vrednost upogibne trdnosti in razslojne trdnosti s povečanjem deleža skorje v zunanjem sloju zmanjševala. Opazili so, da je pri uporabi izocionatnega lepila upogibna trdnost pri enaki prostorninski masi ivernih plošč za 20 do 30 % večja kot pri uporabi fenol-formaldehidnega lepila.

3 MATERIAL IN METODE

Za ugotavljanje fizikalnih in mehanskih lastnosti ivernih plošč (slika 6) (debelina, prostorninska masa, vsebnost vlage, debelinski nabrek, razslojna trdnost, upogibna trdnost, modul elastičnosti) smo v laboratoriju izdelali deset enoslojnih ivernih plošč iz iverja smreke, jelke in bora, ki so vsebovale različne deleže skorje. Uporabljene skorje so bile skorja macesna, bora, smreke in pinije. Poizkusne iverne plošče so vsebovale 0, 10, 20, 40 in 50 % skorje.



Slika 6: Izdelana iverna plošča po stiskanju

3.1 MATERIALI

3.1.1 Iveri

Iverje za izdelavo enoslojnih ivernih plošč smo izdelali iz lesa smreke, jelke in bora. Te lesne vrste iglavcev se poleg mehkih listavcev najpogosteje uporabljajo v industriji ivernih plošč. Iz obrata proizvodnje ivernih plošč smo lesno surovino dobili v obliki surovih sekancev, ki smo jih v laboratorijskem iverilniku zmleli v lesne iveri.

3.1.2 Skorja

Od proizvajalca Humko d.o.o. smo dobili skorjo macesna, bora, smreke in pinije. Vhodna surovina skorje je bila v obliki grobih sekancev in z visokim deležem vlage. V laboratorijskem iverilniku smo sekance zmleli v velikost iverja.

3.1.3 Lepilna mešanica

3.1.3.1 Lepilna smola

Lepilna smola, ki smo jo uporabili pri izdelavi ivernih plošč, je bila urea – formaldehidna s 65,5 % deležem suhe snovi in vrednostjo pH 7,9. Proizvajalec lepila je bila Nafta Lendava.

UF lepilo je bilo emisijskega razreda E₁. Lepilno mešanico smo pripravili po recepturi glede na vsebnost vlage iverja lesa in iverja skorje oz. maso absolutno suhega iverja.

3.1.3.2 Katalizator

Katalizatorji pospešujejo kemijsko utrjevanje lepilne mešanice. Kot katalizator lepila smo uporabili 20 % raztopino amonklorida (NH₄Cl) v vodi. Delež katalizatorja v iverni plošči, ki smoga uporabili, je bil 0,275 %.

3.1.3.3 Hidrofobno sredstvo

Parafin se uporablja predvsem kot hidrofobno sredstvo v obliki vodne emulzije. Kot hidrofobno sredstvo ivernim ploščam smo dodali parafinsko emulzijo s 60 % koncentracijo. Delež parafinske emulzije v ivernih ploščah je znašal 1 %.

3.2 METODA DELA

Cilj diplomske naloge je bil raziskati vpliv deleža skorje v ivernih ploščah na mehanske in fizikalne lastnosti, saj smo ob pregledu literature ugotovili, da uporaba različnega deleža skorje v ivernih ploščah zmanjša mehanske (razslojno trdnost, upogibno trdnost, modul elastičnosti) lastnosti, fizikalne (debelinski nabrek) pa izboljša. Iverne plošče, ki smo jih potrebovali za merjenje mehanskih in fizikalnih lastnosti, smo izdelali na Biotehniški fakulteti, Oddelku za lesarstvo, v laboratoriju za lesna tvoriva.

3.2.1 Mletje in sušenje sekancev lesa in sekancev skorje

Sveže sekance lesa smreke, jelke in bora, ki smo jo dobili od proizvajalca ivernih plošč, smo zmleli v obliko iverja v laboratorijskem iverilniku za iverjenje (pomlevanje) Condux LT 61 (slika 7). Sveže mleto iverje lesa smo nato natresli na posodo iz pločevine ter jo dali v laboratorijsko sušilno komoro Elektromed LT 59 (slika 8). Sušenje je potekalo 1 teden oz. dokler ni bila končna vlažnost iverja 2 ± 1 %, pri temperaturi 100 ± 3 °C.

Prav tako smo svežo skorjo v obliki sekancev, ki smo jo dobili od proizvajalca Humko d.o.o., zmleli v laboratorijskem iverilniku za iverjenje Condux LT 61. Zmleto iverje skorje smo natresli na posodo iz pločevine in jo prav tako sušili v isti laboratorijski sušilni komori kot iverje lesa. Iverje skorje smo sušili skupaj z iverjem lesa. Sušenje je prav tako potekalo 1 teden oz. dokler iverje ni doseglo primerne vlažnosti pri 100 ± 3 °C.



Slika 7: Laboratorijski iverilnik za iverjenje (pomlevanje) Condux LT 61 – CSK/N1

V sušilni komori smo zaradi majhne kapacitete sušilne komore sušili količino iverja lesa in iverja skorje samo za eno serijo ivernih plošč. Med samim sušenjem iverja lesa in iverja skorje smo material večkrat premešali, da je bila vlažnost materiala čimbolj enakomerna.

Vsebnost vlage posušenega iverja lesa in skorje smo merili v laboratorijskem merilniku vlage Imal – Mo LT 50 (slika 9), ki deluje na principu merjenja razlike v masah od vlažnega do absolutno suhega stanja. Merilec vlage ima vgrajeno občutljivo tehtnico in sušilnik, ki avtomatsko izmeri vlago in jo poda v %.



Slika 8: Laboratorijski sušilnik za sušenje iverja Elektromed LT 59



Slika 9: Laboratorijski merilnik za merjenje vlažnosti iverja Imal – Mo LT 50 – U 200

3.2.2 Sejalna analiza

Po končanem sušenju smo izvedli sejalno analizo iverja lesa in iverja skorje. Sejalno analizo smo izvedli pri normalnih pogojih. Izvedli smo jo trikrat za iverje lesa in trikrat za iverje skorje. Na laboratorijskem stresalniku (sejalnik) Pal LT 62 (slika 10) smo uporabili sita z odprtiniami rež 6.14, 4.00, 2.00, 1.5, 1.27, 1.00, 0.6, in 0.237 mm. Za vsako sejalno analizo smo odtehtali 100 g in jih stresli na zgornjo sito z največjo odprtino sit. Čas trajanja posamezne sejalne analize je trajal 10 min. Po koncu vsakega sejanja smo maso posamezne frakcije stehali in izračunali povprečno vrednost za iverje lesa in iverje skorje.



Slika 10: Laboratorijski stresalnik (sejalnik) za izvedbo sejalne analize Pal LT 62

3.2.3 Merjenje vrednosti pH

Uporabili smo metodo po Subramanianu (Subramanian s sod. 1983) in sicer z ekstrakcijo z destilirano vodo. Vrednost pH iverja je zelo pomemben dejavnik za izdelavo ivernih plošč. Vrednost pH materiala namreč vpliva na utrjevanje lepila pri postopku izdelave ivernih plošč, zato glede na pH vrednost materiala, ki ga uporabljamo, pripravimo lepilno mešanico.

Za iveri skorje in iveri lesa smo določili vrednost pH. Vrednost pH iverja skorje in iverja lesa smo merila po dveh postopkih in sicer po hladnem in vročem postopku. pH vrednost iverja lesa in iverja skorje smo izmerili z napravo za merjenje pH (slika 11).

3.2.3.1 Merjenje vrednosti pH po hladnem postopku

Iverje lesa in iverje skorje smo posebej odtehtali po 25 g. Vlažnost iverja lesa in iverja skorje je bila 0 %. V posamezno čašo smo posebej stresli odtehtano iverje lesa in iverje skorje. V vsako čašo z materialom smo nato nalili 300 ml destilirane vode. Vzorce smo pustili v vodi namočene 24 ur. Vodo z iverjem skorje in iverjem lesa posebej smo prefiltrirali skozi filtrirni papir in zlili v čisto čašo. Vzorec smo nato še 4-krat izprali s 175 ml destilirane vode. Izprano vodo smo zlili v čašo, kjer je že bila prefiltrirana voda, ter jo dopolnili z destilirano vodo do 1000 ml. Izmerili smo vrednost pH posameznega materiala.

3.2.3.2 Merjenje vrednosti pH po vročem postopku

Merjenje pH vrednosti po vročem postopku je enako postopku po hladni metodi. Razlikuje se po tem, da vzorca nismo pustili 24 ur v destilirani vodi, ampak smo iverje lesa in iverje skorje posebej kuhali v vodi. Čašo z vzorcem in vodo smo dali na grelec ter ga kuhali, da je vzorec vrel v vodi štiri minute. Čas štirih minut smo določili zato, ker čas stiskanja iverne plošče znaša prav toliko časa. Vzorca smo nato enako filtrirali in izpirali kot po hladnem postopku. Izmerili smo vrednost pH vsakega materiala posebej.



Slika 11: Aparatura za merjenje pH

3.2.4 Izračuni za izdelavo ivernih plošč:

Za pripravo materiala za iverne plošče smo naredili izračun za plošče z različnim deležem skorje. Ostali izračuni za vsako vrsto iverne plošče z različnim deležem skorje je navedeno v prilogi H.

Osnovni ciljni podatki izdelave iverne plošče z različnim deležem skorje:

Dolžina plošče: 50 cm
Širina plošče: 50 cm
Debelina plošče: 16 mm
Vlaga plošče: 8 %
Prostorninska masa iverne plošče: $0,650 \text{ g / cm}^3$
Faktor oblepljanja: 11,5 %
Koncentracija parafinske emulzije: 60 %
Koncentracija trdilca: 20 %
Delež utrjevalca v iverni plošči 0,275 %
Delež suhe snovi lepilne smole 65,5 %

3.2.5 Priprava lepilne mešanice

Za pripravo lepilne mešanice smo uporabili amonijev klorid (katalizator), parafinsko emulzijo, urea-formaldehidno smolo in vodo. Za vsako serijo iverne plošče z različnim deležem skorje smo lepilno mešanico pripravili posebej. Na laboratorijski tehtnici smo odtehtali posamezne deleže surovine, ki sestavljajo lepilno mešanico. Za pripravo lepilne mešanice smo odtehtane surovine dali v čašo in mešali s stekleno palčko, da ni bilo

strdkov. Lepilno mešanico smo uporabili za oblepljanje mešanice lesnih iveri in iveri skorje.

3.2.6 Oblepljanje

V laboratorijski stroj za oblepljanje iveri Lodige LT 64 (slika 12) smo dali iverje lesa in iverje skorje le za eno serijo oz. vrsto iverne plošče z določenim deležem skorje. Iveri skorje in iveri lesa za eno serijo iverne plošče smo najprej stresli v mešalnik (boben) stroja za oblepljanje iveri in premešali, da je bila mešanica iverja enakomerno premešana. V posodo za lepilo smo nato dodali prej pripravljeno količino lepilne mešanice. Naprava je s pomočjo stisnjenega zraka, ki je v posodi za lepilo ustvarjal vakuum, skozi šobe v mešalnik enakomerno dodajala lepilno mešanico. Lepilna mešanica je enakomerno oblepljala iverje. Po končanem oblepljanju smo mešanico iverja skorje in iverja lesa mešali še 1 min, da se je iverje enakomerno premešalo.



Slika 12: Laboratorijski mešalnik za oblepljanje iverja Lodige LT 64 – FM 130 D12F

3.2.7 Natresanje – oblikovanje iverne pogače

Oblepljeno mešanico iverja lesa in skorje ene serije iverne plošče z različnim deležem skorje smo iz rektorja stresli v posodo. Na laboratorijski tehničnici smo odtehtali oblepljen material za dve enoslojni iverni plošči. Pogačo iverne plošče smo oblikovali ročno. Odtehtano mešanico iverja lesa in skorje oblepljeno z lepilom ene iverne plošče smo stresli na aluminijasto ploščo z lesenim okvirjem (slika 13). Okvir je imel dimenzijo 50 cm x 50 cm in je služil kot merilo za velikost iverne plošče. Mešanico smo z "glavnikom" enakomerno razporedili po površini, da smo dobili iverno "pogačo" z enakomerno debelino. Enakomerno razporejeno "pogačo" iverne plošče smo z ravno ploščo ročno

potlačili, da se ob odstranitvi lesenega okvirja pogača ob robovih ni raztresla. Ob strani pogače smo dali dva kovinska distančnika z debelino 16 mm, ki sta služila za višino (debelino) enoslojne iverne plošče. Na vrh pogače smo dali kovinsko ploščo. Med kovinski plošči in pogačo iz oblepljenega iverja lesa in iverja skorje smo dali folijo za peko, zaradi tega, da se iverna plošča po končanem stiskanju ni sprijela na kovinsko ploščo.



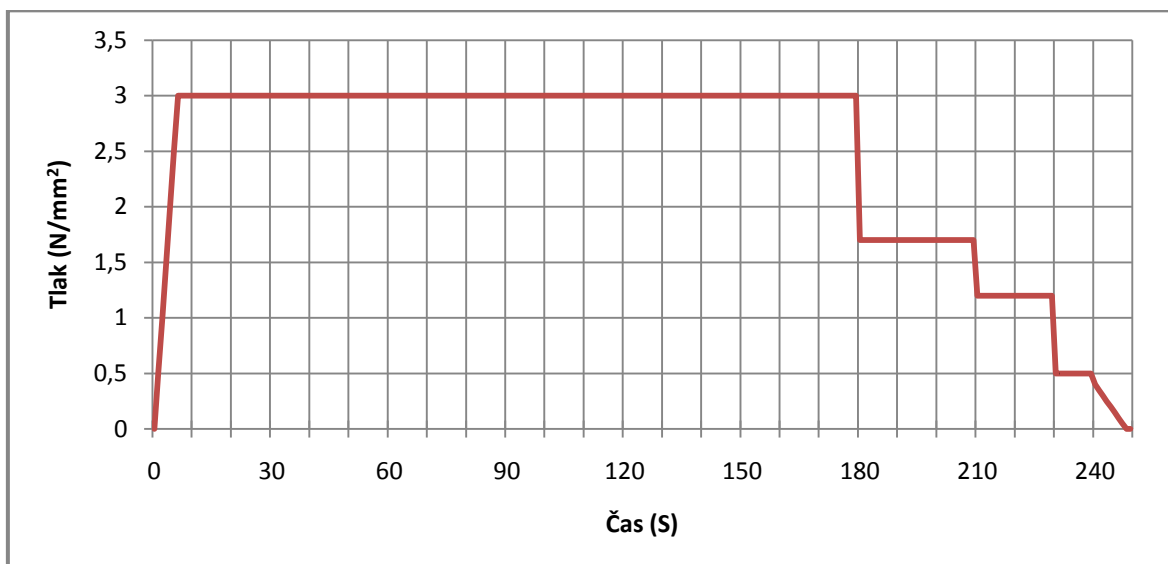
Slika 13: Leseni okvir za formiranje laboratorijske iverne plošče (pogače)

3.2.8 Stiskanje

Formirano pogačo smo stisnili z laboratorijsko enoetažno hidravlično stiskalnico LT 63 (slika 14). Stiskalno površino hidravlične stiskalnice smo predhodno segreli na 180 °C. Kovinsko ploščo, na kateri je bila formirana iverna plošča, dve distančni letvi, zgoraj in spodaj kovinska plošča, smo dali v stiskalnico ter jo zaprli. Stiskanje iverne plošče je potekalo 4 min z tlakom stiskanja 3 N/mm². Po stiskanju smo ploščo vzeli iz stiskalnice in jo položili na mizo. Počakali smo, da se plošča ohladi, ter jo označili s primernimi oznakami. Dimenzije plošč po stiskanju so bile 50 cm x 50 cm in debeline 16 mm. Diagram stiskanja iverne plošče je prikazan na sliki 15.



Slika 14: Enoetažna laboratorijska stiskalnica LT 63



Slika 15: Diagram stiskanja iverne plošče

3.2.9 Kondicioniranje

Po končanem stiskanju plošče smo iverne plošče kondicionirali, da smo ploščam po celotnem preseku izenačili vlažnost, temperaturo in napetosti, ki so se ustvarile pri stiskanju. Kondicioniranje plošč je potekalo v normalni klimi s temperaturo 20 ± 2 °C in relativno vlažnostjo zraka 65 %.

3.2.10 Razžagovanje

Plošče smo razžagali na formatnem krožnem žagalnem stroju. Po klimatiziranju smo plošče razžagali na primerne dimenzije. Iverne plošče smo najprej 20 mm od roba odžagali, da smo dobili raven rob in da smo odstranili del plošče, ki ni homogen z ostankom plošče. Za merjenje modula elastičnosti in upogibne trdnosti smo izžagali preizkušance dimenzije 50 mm x 370 mm. Za merjenje debeline, gostote, vlažnosti in razslojne trdnosti pa smo izžagali preizkušance dimenzij 50 mm x 50 mm. preizkušanci za ugotavljanje mehanskih in fizikalnih lastnosti ivernih plošč so prikazani na sliki 16.



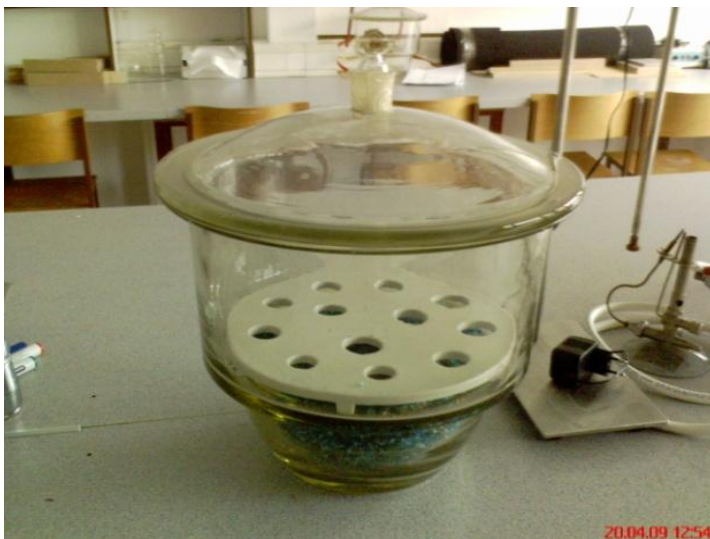
Slika 16: Preizkušanci za ugotavljanje mehanskih in fizikalnih lastnosti ivernih plošč

3.2.11 Ugotavljanje vlažnosti ivernih plošč

Vlažnost ivernih plošč smo ugotovili po standardu SIST EN 322 : 1993, lesne plošče – določevanje vsebnosti vlage. Štirim vzorcem iverne plošče iz vsake serije z različnim deležem skorje smo izmerili vsebnost vlage z gravimetrično metodo. Na laboratorijski tehtnici (slika 17) smo stehali vzorce na dve decimalki natančno. Stehtane vzorce smo dali v laboratorijski sušilnik in jih sušili do konstantne mase. Temperatura sušenja je bila 103 ± 2 °C. Po končanem sušenju smo vzorce za 15 minut dali v eksikator (slika 18), da so se preizkušanci ohladili. Vzorce v absolutnem suhem stanju smo ponovno stehali na 0,01 g natančno.



Slika 17: Laboratorijska tehnica



Slika 18: Eksikator

Vlažnost preizkušancev smo izračunali po naslednji enačbi:

$$H = \frac{m_h}{m_0} = \frac{m_h - m_0}{m_0} \times 100$$

Legenda:

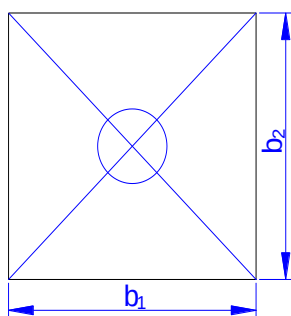
H... vsebnost vlage (%)

m_h ... masa vlažnega preizkušanca (g)

m_0 ... masa absolutno suhega preizkušanca (g)

3.2.12 Ugotavljanje debeline in gostote ivernih plošč

Debelino in gostoto ivernih plošč smo ugotavljali po standardu SIST EN 323 : 1993, lesne plošče: določevanje gostote. Za merjenje debeline in gostote smo uporabili iste vzorce in sicer šest preizkušancev za vsako serijo posebej, z dimenzijami 50 mm x 50 mm x 16 mm. Preizkušancem smo izmerili tri dimenzije (dolžino, širino, debelino) in maso. Širino in dolžino smo izmerili s kljunastim merilom na 0,01 mm natančno, medtem ko smo debelino merili z mikrometrom prav tako na 0,01 mm natančno. Debelino smo izmerili na središču diagonal preizkušancev kot kaže slika 18. Maso preizkušancev pa smo tehtali na laboratorijski tehtnici na 0,01 g natančno. Gostoto plošče smo iz g/cm^3 pretvorili v kg/m^3 .



Slika 19: Merjenje dimenzij preizkušancev za ugotavljanje gostote

Gostoto ivernih plošč (ρ) smo izračunali po naslednji enačbi:

$$\rho = \left(\frac{m}{b_1 \times b_2 \times t} \right) \times 10^6$$

Legenda:

- $\rho \dots$ gostota (kg/m^3)
- $m \dots$ masa (g)
- $b_1 \dots$ širina preizkušanca (mm)
- $b_2 \dots$ dolžina preizkušanca (mm)
- $t \dots$ debelina preizkušanca (mm)

3.2.13 Ugotavljanje debelinskega nabreka po potapljanju v vodi

Metodo preizkušanja ivernih plošč na nabrek po potapljanju v vodo določuje standard SIST EN 317 : 1993, iverne in vlaknene plošče: Določitev nabreka debeline po potapljanju v vodi. Za ugotavljanje debelinskega nabreka, smo iz vsake serije plošč z različnim deležem skorje preizkušali po osem preizkušancev. Dimenzija vzorcev je bila 50 mm x 50 mm x 16 mm. Vodna kopel (slika 21), v katero smo potopili preizkušance, je imela

temperaturo 21 ± 1 °C. Pred potopom v vodo smo izmerili debelino preizkušancev z mikrometrom. Preizkušanci so bili v vodi potopljeni 24 ur. Da smo preprečili izplavanje preizkušancev, smo preko njih namestili mrežo, ki je imela dovolj velike odprtine, da je voda lahko nemoteno krožila. Gladina vode nad preizkušanci je bila najmanj 25 mm. Preizkušanci se med sabo niso dotikali. Po namakanju smo preizkušancem ponovno izmerili debelino. Spremembo dimenzije smo izračunali v %.



Slika 20: Vodna kopel za namakanje preizkušancev v vodi (določevanje debelinskega nabreka)

3.2.14 Ugotavljanje mehanskih lastnosti ivernih plošč

Teste vseh mehanskih lastnosti ivernih plošč z različnim deležem skorje smo izvajali na napravi ZWICK Z100 (slika 21), na katedri za Žagarstvo in lesna tvoriva na Oddelku za lesarstvo na Biotehniški fakulteti. Ugotavljali smo modul elastičnosti, upogibno trdnost po standardu SIST EN 310 in razslojno trdnost, ki jo narekuje standard SIST EN 319.

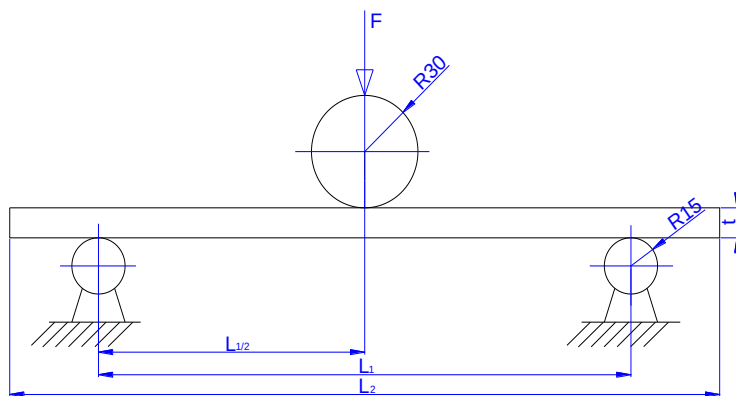


Slika 21: Naprava za merjenje mehanskih lastnosti ZWICK Z100

3.2.14.1 Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti

Upogibno trdnost in modul elastičnosti smo ugotavljali na preizkušancih dimenzij 370 mm x 50 mm x 16 mm. Iz vsake serije ivernih plošč smo preizkušali šest vzorcev. Preizkušancem smo izmerili debelino in širino na 0,01 mm natančno. Nato smo v program na računalniku, ki je povezan z napravo za testiranje upogibne trdnosti, vnesli prej izmerjene parametre, ki jih je program zahteval in smo jih prej izmerili (debelino in širino). Preizkušanec smo položili na napravo za testiranje mehanskih lastnosti. Nato smo izvedli preizkus. Računalniški program je rezultate preizkusa podal kot modul elastičnosti, silo loma in upogibno trdnost. Preizkus, je potekal pri temperaturi zraka 20° C in relativni zračni vlažnosti 65 %. Preizkušance smo polagali na napravo tako, da smo merili silo upogiba polovici preizkušancev na zgornji strani, polovici preizkušancev pa na nasprotni strani glede na položaj ivernih plošč v stiskalnici. Zgornja in spodnja stran iverne plošče, ki smo jih preizkušali, se namreč razlikujeta, ker pri natresanju pogače iverne plošče, manjši delci iverja lesa in iverja skorje padejo na dno, večji delci pa ostanejo zgoraj. Finih delcev iverja je zato na spodnji strani več kot na zgornji. Tako smo dobili povprečne vrednosti meritev. Program je v obliki tabele in grafa podal meritev upogibne trdnosti in hkrati izračunal modul elastičnosti preizkušancev.

Način merjenja upogibne trdnosti je prikazan na sliki 22 in 23.



Slika 22: Shema testa za preizkus mehanskih lastnosti (SIST EN 310) - upogibna trdnost

Upogibno trdnost (f_m) smo izračunali po naslednji formuli:

$$f_m = \frac{3 \times F_{max} \times L_1}{2 \times b_2 \times t^2}$$

Legenda:

F_{max} ... sila loma (N)

L_1 ... razdalja med podporama (mm)

b_2 ... širina preizkušanca (mm)

t ... debelina preizkušanca (mm)

Modul elastičnosti (E_m) smo izračunali po naslednji formuli:

$$E = \frac{L_1^3 \times (F_{40} - F_{10})}{4 \times b_1 \times t^3 \times (a_{40} - a_{10})}$$

Legenda:

F_{10} ... 10 % maksimalne sile (N)

F_{40} ... 40 % maksimalne sile (N)

b_2 ... širina preizkušanca (mm)

t ... debelina preizkušanca (mm)

a_{10} ... uklon pri 10 % maksimalne sile (mm)

a_{40} ... uklon pri 40 % maksimalne sile (mm)

L_1 ... razdalja med podporama



Slika 23: Prikaz ugotavljanja upogibne trdnosti

3.2.14.2 Ugotavljanje razslojne trdnosti ivernih plošč

Preizkus razslojne trdnosti pravokotno na površino smo opravili po standardu SIST EN 319. Preizkušanci za razslojno trdnost so imeli dimenzije 50 mm x 50 mm. Preizkušancem smo izmerili širino in dolžino na 0,01 mm. Na obe ploskvi preizkušanca smo s talilnim lepilom nalepili kovinska prijemala. Talilno lepilo je imelo večjo razslojno trdnost kot

iverna plošča, ki smo jo preizkušali. Kovinsko prijemalo smo dali na električno pečico, in sicer navzgor s tisto stranjo, ki je bila prilepljena na preizkušane. Na kovinsko prijemalo smo dali nekaj zrnc talilnega lepila in počakali, da se je lepilo stalilo (slika 24). Prijemalo z lepilom smo tako zlepili na obe strani iverne plošče. Napravo za testiranje razslojne trdnosti smo pripravili, kot je zahteval standard. Nato smo v računalnik, ki je povezan z napravo za testiranje mehanskih lastnosti ZWICK Z100, vnesli potrebne parametre, ki jih je program zahteval (t.j. širina in dolžina preizkušanca). Preizkušane smo vpeli med dvema prijemalom. Rezultat meritve kolikšna sila je potrebna za razslojitev preizkušanca nam je računalniški program podal v tabeli in grafu.



Slika 24: Taljenje lepila na prijemalu za ugotavljanje razslojne trdnosti ivernih plošč

Način merjenja razslojne trdnosti je prikazan na sliki 25.



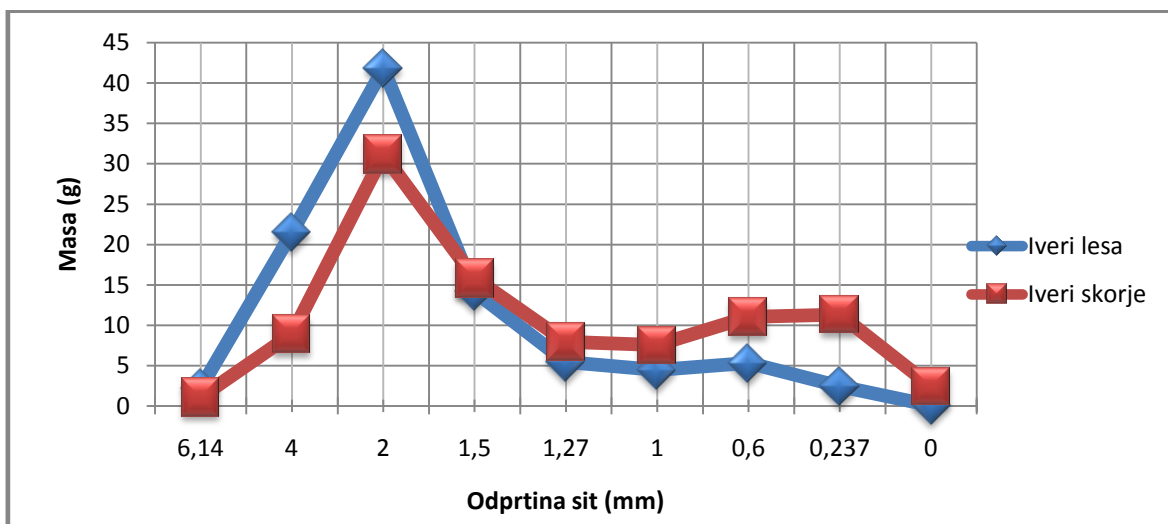
Slika 25: Prikaz testiranja vzorcev na razslojno trdnost

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 LASTNOSTI IVERJA

4.1.1 Sejalna analiza iverja lesa in iverja skorje

Na sliki 26 so prikazani rezultati sejalne analize, za iverje skorje in iverje lesa.



Slika 26: Posamezne povprečne vrednosti frakcij za iverje lesa in iverje skorje

Iz slike 26 je razvidno, da je največji delež iverja lesa in iverja skorje pri frakciji oz. odprtini sit 2 mm. Ugotovili smo, da je pri enakih pogojih iverjenja obeh materialov razlika v deležu iverja lesa pri različnih frakcijah večja kot pri skorji. Pri odprtini sit od 6,14 mm do 2 mm je delež iverja lesa večji od skorje, nato pa se pri velikosti odprtine sita 1,5 mm delež iverja lesa zmanjša pod delež iverja skorje. Pri odprtini sita 1,5 mm in manj je delež iverja skorje večji od deleža iverja lesa.

Zaradi različne anatomske in kemične sestave lesa in skorje se oblika materiala po iverjenju že na grobo razlikuje. Les ima drugačno funkcijo od skorje. Skorja na drevesu ima zaščitno funkcijo ter les ščiti pred vremenskimi vplivi, les pa daje drevesu mehansko funkcijo. Skorja vsebuje več lignina kot les zato je bolj krhka. Zaradi tega ima iverje lesa po iverjenju podolgovato in ožjo obliko. Posledica tega je, da je vitkost iverja lesa večja, medtem ko se skorja pri iverjenju lomi na krajše in širše oblike, zato je vitkost iverja skorje manjša.

4.1.2 Vrednosti pH iverja lesa in iverja skorje

Vrednosti pH iverja in skorje se razlikujeta, tako po namakanju iverja v hladni vodi kot tudi v vreli vodi. Iverje lesa je imelo vrednost pH po namakanju oz. kuhanju v vreli vodi 7,6, po 24 urnem namakanju v hladni vodi pa 6,98. Iverje skorje je imelo vrednost pH nižjo

od iverja lesa, in sicer po namakanju oz. kuhanju v vreli vodi je znašala vrednost pH 6,48, po 24 urnem namakanju v hladni vodi pa 6,74.

Glede na vrednost pH materiala v proizvodnji ivernih plošč pripravijo lepilno mešanico. Lepilo glede na vrednost pH utrjuje različno hitro. Nižja je vrednost pH materiala za izdelavo plošč hitreje UF lepilo, ki bazira na formaldehidu, utrjuje.

4.2 LASTNOSTI IVERNIH PLOŠČ

Različni delež skorje v iverni plošči povzroči, da se nekatere lastnosti iverne plošče izboljšajo druge pa poslabšajo. Skorja se pri spreminjajočih pogojih obnaša drugače kot les. Kemijsko in anatomsko se skorja razlikuje od lesa in je bolj komplicirana kot pri lesu. Les sestavljajo predvsem celuloza, hemiceluloza in lignin, skorjo pa sestavljajo predvsem polifenoli, suberin in ekstraktivne snovi. V osnovi je skorja bolj krhka in ima nižje mehanske lastnosti kot les.

V preglednici 4 je prikaz povprečnih rezultatov nekaterih mehanskih in fizikalnih lastnosti ivernih plošč, glede na delež iverja lesa in iverja skorje v iverni plošči.

Preglednica 4: Povprečni rezultati nekaterih mehanskih in fizikalnih lastnosti

Delež iverja lesa/ iverja skorje (%)	Vsebnost vlage (%)	Debelina (mm)	Gostota (kg/m^3)	Debelinski nabrek (%)	Razslojna trdnost (N/mm^2)	Upogibna trdnost (N/mm^2)	Modul elastičnosti (N/mm^2)
100/0	5,49	16,90	614	53,27	0,21	11,4	2474
90/10	5,75	16,27	656	31,14	0,76	13,32	2233
80/20	6,96	16,12	661	28,42	0,34	11,22	2115
60/40	6,11	16,23	664	30,84	0,42	10,50	1779
50/50	7,02	16,03	687	23,55	0,28	8,30	1633

Ugotovili smo, da se vlažnost ivernih plošč z različnim deležem skorje po končanem klimatiziranju bistveno ne razlikuje. Predvidevamo, da je do majhnih razlik prišlo zaradi različne vlažnosti iverja lesa in iverja skorje po sušenju iverja v sušilni komori in pred stiskanjem v iverno ploščo med samimi serijami oz. tipi ivernih plošč.

V diplomski nalogi smo ugotovili, da debelina plošč z deležem skorje pada. Iz preglednice 4 je razvidno, da gostota ivernih plošč narašča z deležem skorje. Po potapljanju v vodi se je pokazalo, da z naraščanjem deleža skorje debelinski nabrek pada. Največji nabrek je imela iverna plošča brez dodatka skorje, najmanjšega pa z 50 % deležem skorje.

Iz meritev razslojne trdnosti smo ugotovili, da ima iverna plošča z 10 % deležem skorje najvišjo razslojno vrednost, najmanjšo pa ima plošča brez skorje. Iz tega lahko predvidevamo, da je pri iverni plošči z 10 % povezanost iverja lesa, skorje in lepila optimalna. Predvidevamo, da majhni delci skorje zapolnijo prazne prostore med velikimi lesnimi ivermi in tako ustvarijo povezovalne mostove med iverjem ter tako pozitivno

vplivajo na povezanost med delci. Največjo upogibno vrednost smo prav tako kot pri razslojni trdnosti ugotovili pri ivernih ploščah z 10 % deležem skorje. Vzrok tega je prav tako kot pri razslojni trdnosti med optimalni povezavi med iverjem lesa, iverjem skorje in lepilom. Predvidevamo, da majhen deleža skorje pozitivno vpliva na utrjevanje lepila. Vrednost upogibne trdnosti se je z večanjem deleža skorje nad 10 % zmanjševala. Iz meritev vrednosti modula elastičnosti ugotovimo, da s povečanjem deleža skorje v iverni plošči modul elastičnosti pada. Najvišjo vrednost modula elastičnosti je namreč imela plošča brez skorje.

4.2.1 Ugotavljanje vlažnosti ivernih plošč

Ivernim ploščam z različnim deležem skorje smo po končanem kondicioniranju izmerili vlažnost. Vlažnost ivernih plošč smo izračunali po gravimetrični metodi. Štirim vzorcem iz vsake serije ivernih plošč z različnim deležem skorje smo izračunali vlago, nato pa smo izračunali povprečje. Povprečje smo izračunalo za vsako vrsto ivernih plošč posebej. Rezultati meritev so prikazani v preglednici 5.

Preglednica 5: Vrednosti statistike za vlažnost ivernih plošč z različnim deležem skorje

Delž iverja lesa / Iverja skorje (%)	Vsebnost vlage (%)			Standardni odklon	Koficient variacije
	Povprečje	Max	Min		
100/0	5,49	5,57	5,41	0,07	1,25
90/10	5,75	5,82	5,69	0,06	1,02
80/20	6,96	7,16	6,77	0,16	2,30
60/40	6,11	6,28	5,93	0,17	2,73
50/50	7,02	7,21	6,75	0,19	2,78

Iz preglednice 5 je razvidno, da povprečna vlažnost ivernih plošč z večanjem deleža skorje le rahlo narašča, z izjemo iverne plošče z 40 % deležem skorje. Razlike med vrstami ivernih plošč niso velike. Najnižjo vlažnost je imela iverna plošča brez skorje, najvišjo pa iverna plošča s 50 % deležem skorje. Razlika med najnižjo in najvišjo vlažnostjo ivernih plošč je samo 1,5 %. Ne moremo sklepati, da delež skorje bistveno vpliva na vlažnost ivernih plošč. Predvidevamo, da je do razlik v vlažnosti ivernih plošč prišlo zaradi različne končne vlažnosti iverja lesa in iverja skorje po končanem sušenju iverja. Pred stiskanjem iverne plošče, smo naenkrat sušili le iverje za eno iverno ploščo. Končna vlažnost iverja za posamezno vrsto ivernih plošč, se je po končanem sušenju lahko razlikovala, saj smo iverje sušili na vlažnost 2 ± 1 %.

4.2.2 Debelina ivernih plošč

Pri vseh ivernih ploščah, ki smo jih izdelovali, je bila ciljna debelina 16 mm. Končno debelino sta predstavljali distančni letvi, ki smo ju uporabili pri stiskanju plošče in je bila pri vseh ivernih ploščah enaka. Kljub enakim parametrom stiskanja pa se debeline ivernih plošč z različnimi deleži skorje razlikujejo (preglednica 6).

Preglednica 6: Osnovna statistika za vrednosti debeline ivernih plošč z različnim deležem skorje

Delež iverja lesa / ilverja skorje (%)	Debelina ivernih plošč			Standardni odklon	Koefficient variacije
	Povprečje	Max	Min		
100/0	16,90	17,08	16,73	0,16	0,93
90/10	16,27	16,45	16,11	0,14	0,83
80/20	16,12	16,33	16,00	0,12	0,75
60/40	16,23	16,35	16,09	0,10	0,61
50/50	16,03	16,15	15,95	0,07	0,46

Največjo debelino plošč je imela iverna plošča brez skorje, najmanjšo pa iverna plošča s 50-odstotnim deležem skorje.

Predvidevamo, da je pri uporabi po obliki manjšega iverja, ki ga je pri enaki masi več pri iverju skorje kot pri iverju lesa, delež praznih prostorov v iverni plošči manjši. Manjši delci skorje med stiskanjem iverne plošče zapolnijo prazne prostore med delci večjih iveri, zaradi česar je faktor zgostitve večji in debelina plošče manjša. Predvidevamo, da je pri ploščah z manjšim deležem skorje in večjem deležu lesnih iveri volumen praznih prostorov večji, kar ima za posledico, da je faktor zgostitve manjši. Iz grafa sejalne analize (slika 26) je razvidno, da je delež lesnih iveri pri večji frakciji večji, pri manjših frakcijah pa je manjši od iverja skorje. Tako je pri ivernih ploščah z manjšim deležem skorje lesnih iveri več, ki so po obliki večje od iverja skorje, zato je lahko v iverni plošči brez skorje več praznih prostorov, plošča pa je lahko bolj porozna.

V literaturi (Nadelholzrinde für Holzspanplatten) je navedeno, da je iverje skorje bolj stisljivo kot iverje lesa. Predvidevamo, da imajo lesne iveri bolj izrazito lastnost kot iveri skorje, da se po končanem stiskanju iverne plošče oz. po odprtju stiskalnice, boj sprostijo napetosti med iverji, zaradi tega se debelina ivernih plošč nekoliko poveča. Ta fenomen imenujemo "sprinback", ko se iz stisnjenih iveri sprošča tlak. Ta sprememba je delno posledica vlage v zraku, torej gre za fenomen nabrekanja, plošča pa se po izgubi vlažnosti ne povrne v prejšnje dimenzije. Iverne plošče, ki vsebujejo več iverja skorje, pa po končanem stiskanju oz. pri odprtju stiskalnice nimajo tako velike elastične napetosti kot iverje lesa, ki bi se rade vrstile v prvotno stanje pred stiskanjem, zato je t.i. "springback" manjši.

4.2.3 Gostota ivernih plošč

Gostota izdelanih ivernih plošč se razlikuje in povečuje s povečanjem deleža skorje. Rezultati meritev so zbrani v preglednici 7.

Preglednica 7: Osnovna statistika za vrednosti gostote ivernih plošč z različnim deležem skorje

Delež iverja lesa / iverja skorje (%)	Gostota (kg/m ³)			Standadni odklon	Koeficient variacije
	Povprečje	Max	Min		
100/0	614	685	516	62,15	10,11
90/10	656	700	620	34,01	5,19
80/20	661	721	615	44,87	6,79
60/40	664	731	606	42,14	6,35
50/50	687	738	641	34,47	5,02

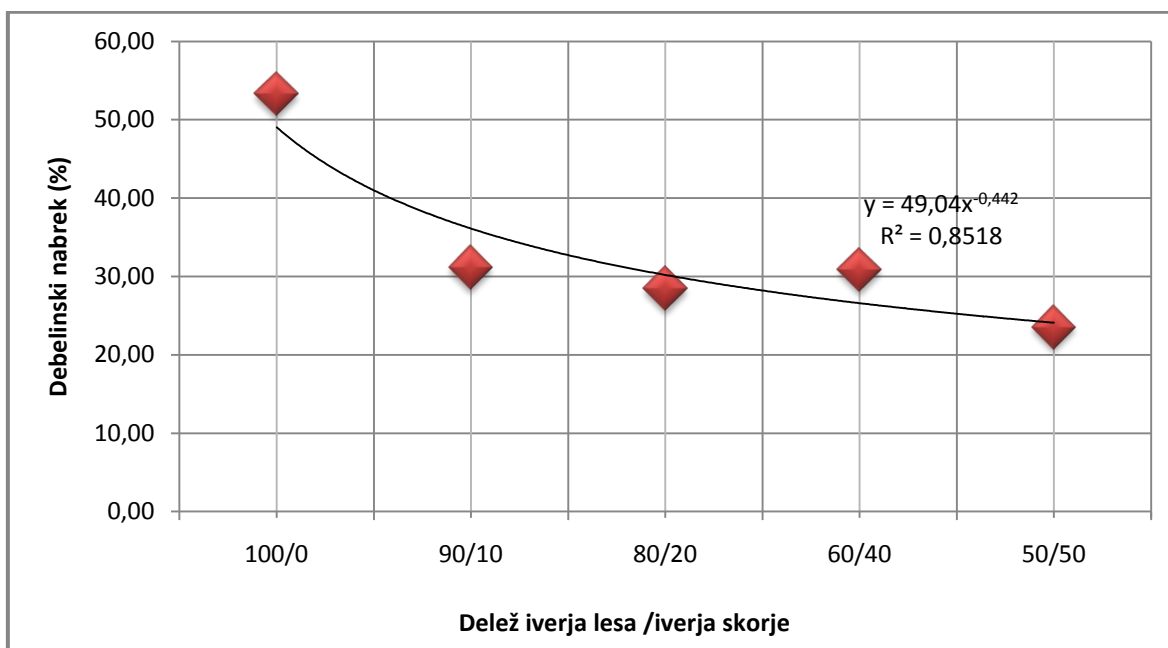
Najvišjo gostoto je imela iverna plošča s 50 % deležem skorje, najmanjšo gostoto pa je imela iverna plošča brez skorje. Med ivernimi ploščami z 10, 20 in 40 % deležem skorje so razlike v gostoti majhne in se med sabo le rahlo razlikujejo. Med ivernimi ploščami z 10, 20 in 40 % deležem skorje se je gostota z večanjem deleža skorje rahlo zviševala.

Pri izdelavi ivernih plošč je bila vsota mas materiala, ki smo ga uporabili za vsako vrsto ivernih plošč z različnim deležem skorje posebej, ciljno enaka. Pri merjenju debeline ivernih plošč smo ugotovili, da imajo plošče z manjšim deležem skorje pri enakih parametrih stiskanja večjo debelino od tistih, ki vsebujejo več skorje, kar vpliva na gostoto ivernih plošč. Debelina in gostota ivernih plošč sta v obratnem sorazmerju. Z večanjem deleža skorje v ivernih ploščah debelina pada, gostota pa se povečuje.

4.2.4 Debelinski nabrek ivernih plošč

Na sliki 28 je v obliki grafa prikazano povprečje rezultatov merjenja debelinskega nabreka ivernih plošč. Debelinski nabrek je za posamezno serijo ivernih plošč prikazan v odstotkih. Iz grafa je razvidno, da je iverna plošča, ki ni vsebovala skorje, imela največji debelinski nabrek. Preizkušanci, ki so vsebovali 50 % skorje pa so imeli najmanjši debelinski nabrek. Pri ivernih ploščah z 10, 20 in 40 % deležem dodane skorje pa se nabrek med njimi ni bistveno razlikoval. Trendna črta na grafu iz slike 27 nakazuje, da se z večanjem deleža skorje debelinski nabrek zmanjšuje.

Dejavniki, ki vplivajo na krčenje in nabrekanje ivernih plošč po debelini, so geometrija delcev iverja, vrsta materiala in delež smole. Sprememba dimenzij je manjša pri ivernih ploščah, ki so narejene iz manjših delcev (Tsoumis, 1991). Ivorna plošča brez skorje ima med ploščami največji delež velikih iveri in največji nabrek, najmanjši delež velikih iveri pa ima iverna plošča s 50 % deležem skorje ter najmanjši nabrek.



Slika 27: Debelinski nabrek ivernih plošč glede na uporabljen delež iveri skorje v iverni plošči

Predvidevamo, da je zmanjševanje debelinskega nabreka s povečanjem deleža skorje eden od vzrokov, da s povečanjem deleža skorje pada debelina ivernih plošč. Iz preglednice 6 je razvidno, da je debelina plošč brez skorje največja in se zmanjšuje s povečanjem deleža skorje.

Čeprav na splošno večina ivernih plošč z višjo gostoto bolj nabreka, pri našem poskusu ugotovimo, da se s povečanjem deleža skorje poveča gostota plošč, nabrek pa se zmanjšuje. Potrebno je upoštevati, da imamo iverne plošče sestavljene iz različnih deležev lesnih iveri in iverja skorje, ki sta si anatomske in kemijsko različna materiala. Vrednost debelinskega nabreka pri ploščah z deležem skorje 10, 20, in 40 % se bistveno ne razlikuje veliko, saj je tudi gostota plošč približno enaka. Debelinski nabrek ivernih plošč je sorazmeren z debelino. Večja je debelina ivernih plošč, večji je debelinski nabrek in manjša je debelina ivernih plošč, manjši je debelinski nabrek.

Predvidevamo, da je padanje debelinskega nabreka z večanjem deleža skorje v ivernih ploščah posledica tega, da skorja vsebuje veliko ekstraktivnih snovi, proteinov, smole, suberina in vosku podobne snovi, ki povzročijo, da se pri procesu oblepljanja in stiskanja iverne plošče, lepilo razlije na površini iverja, ter tako zapre pore, v katere bi lahko prišla vlaga. Skorja vsebuje tudi več lignina kot les, ki prav tako deluje hidrofbno. Prav tako predvidevamo, da se debelinski nabrek manjša z večanjem deleža iverja skorje zaradi njegove geometrije. Predvidevamo, da ima iverje skorje na enoto površine večjo površino prečnega preseka od iverja lesa, ker je širše in krajše oblike, lesne iveri pa so ožje in daljše oblike. Ker je prečna površina bolj porozna od vzdolžne smeri lepilo pri oblepljanju bolj penetrira v notranjost iverja, kar ima za posledico, da je na prečni površini iverja skorje lepila malo in ga je zato več v notranjosti iverja. Sloj lepila je tako na prečni površini iverja skorje pust. Tako lepilo, ki globlje prodre v skorjo, zapre pore, v katere bi se ujela voda.

Skorja pri navlaževanju tako ne more sprejeti velike količine vlage, zato je nabrek plošče z večjim deležem skorje manjši.

V iverni plošči brez skorje je iverje, ki ima velik delež iverja lesa večjih dimenzij kot iverne plošče s skorjo. Iverje skorje se pri iverjenju zdrobijo v krajše in širše oblike, lesne iveri, pa v daljše in ožje oblike. Predvidevamo, da je iverna plošča brez skorje bolj porozna kot plošča, ki vsebujejo velik delež skorje. Tako imajo iverne plošče brez skorje več praznih prostorov med iverji, med katere se lahko vrinejo molekule vode, iverna plošča pa tako lahko debelinsko nabrekne.

Na sliki 28 je prikazan preizkušane iverne plošče po potapljanju v vodi brez dodatka skorje in preizkušane iverne plošče s 50 % deležem skorje.



Slika 28: Debelinski nabrek po 24-urnem namakanju preizkušancev v vodi brez vsebnosti iverja skorje (levo) in preizkušane s 50 % deleža skorje (desno)

4.2.5 Ugotavljanje razslojne trdnosti ivernih plošč

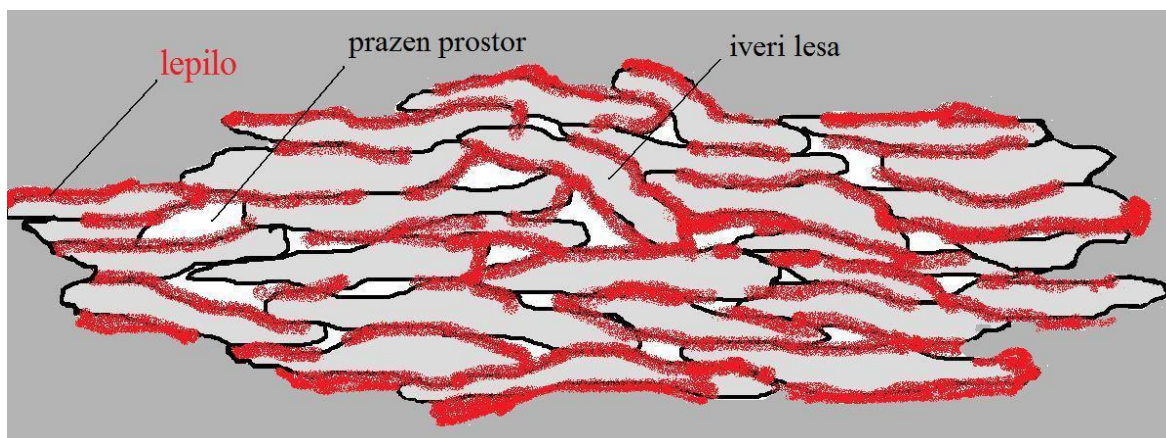
Rezultati meritev razslojne trdnosti so prikazani v preglednici 8. Iz nje je razvidno, da najvišjo razslojno vrednost dosegamo pri plošči z deležem skorje 10 %. Trend razslojne trdnosti kaže, da pada s povečanjem deleža skorje. Najnižjo vrednost razslojne trdnosti smo dosegli pri iverni plošči brez skorje. Najvišjo vrednost pri 10 % lahko razlagamo, da skorja pozitivno vpliva na utrjevanje lepila, saj je pH vrednost skorje nižji od iverja lesa, kar verjetno pozitivno vpliva na utrjevanje lepila.

Preglednica 8: Osnovna statistika vrednosti razslojne trdnosti ivernih plošč z različnim deležem skorje

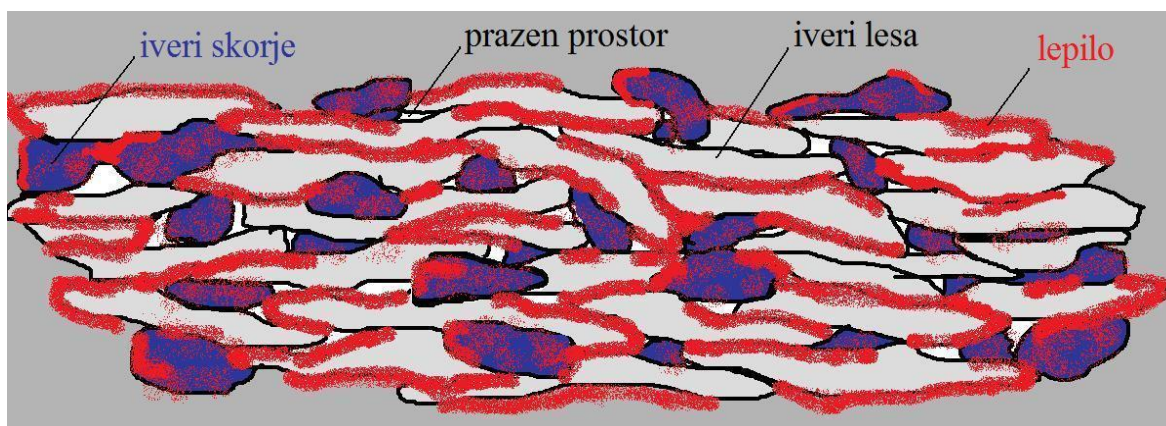
Delež iverja lesa / iverja skorje (%)	Razslojna trdnost (N/mm ²)			Standardni odklon	Koeficient variacije
	povprečje	max	min		
100/0	0,21	0,33	0,11	0,08	36,98
90/10	0,76	0,89	0,63	0,08	10,97
80/20	0,34	0,43	0,22	0,07	21,35
60/40	0,42	0,52	0,29	0,08	18,30
50/50	0,28	0,35	0,21	0,05	16,14

Predvidevamo, da vzrok za padanje razslojne trdnosti pojasnjuje tudi morfologija iverja lesa in iverja skorje. Iverje lesa ima podolgovato in ožjo obliko, iverje skorje pa je bolj enakomerne oblike.

Vrednost razslojne trdnosti je največja pri ivernih ploščah z 10 % deležem skorje, ker dosežemo optimalno povezanost med iverjem lesa, iverjem skorje in lepilom. Najmanjšo vrednost razslojne trdnosti smo dosegli pri iverni plošči brez skorje. Iz tega lahko predvidevamo, da so pri iverni plošči brez skorje preveliki prazni prostori (slika 29), čeprav je prepletenost med lesnimi ivermi zaradi podolgovate oblike velika. Vzrok za to je preveč porozna iverna plošča. Pri iverni plošči z 10 % deležem skorje (slika 30) pa smo te prazne prostore delno zapolnili in tako dosegli boljšo povezanost med iverjem in lepilom. Predvidevamo, da je vzrok za padanje vrednosti razslojne trdnosti z večanjem deleža skorje nad 10 %, poslabšanje prepletenosti med iverji, saj so iveri skorje krajše in širše oblike, njihov delež pa se večja. Za manjšo vrednost razslojne trdnosti pa lahko tudi predvidevamo, da manjši delci skorje, ki so bolj enakomerne oblike od iverja lesa, pri stiskanju iverne plošče poškodujejo podolgovate iveri oz. vlakna lesnih iveri, ker se morajo daljše lesne iveri prilagoditi geometriji iverja skorje. Lesne iveri se tako lahko po dolžini zlomijo (slika 31).



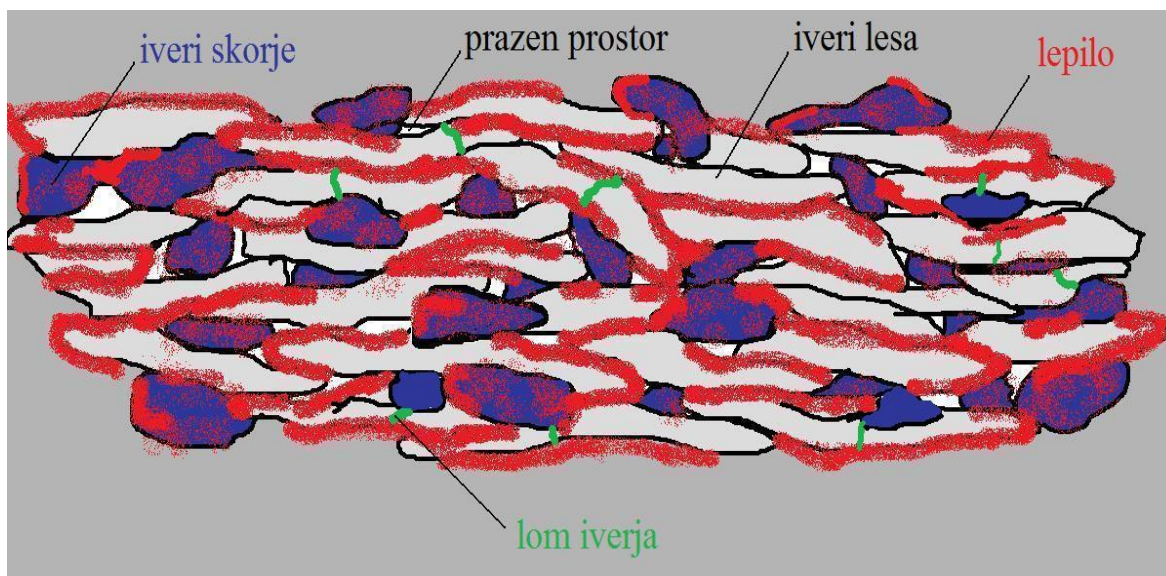
Slika 29: Prikaz oblepljenega iverja lesa v iverni plošči



Slika 30: Prikaz oblepljenega iverja lesa in iverja skorje v iverni plošči

Padanje razslojne trdnosti ivernih plošč s povečanjem deleža skorje nad 10 % lahko razložimo tudi z omočitvijo in penetracijo lepila. Skorja vsebuje veliko lignina, suberina, voskov, smole, minerale in druge snovi kar, negativno vpliva na omočitev in penetracijo lepilne smole. Z večanjem deleža skorje v iverni plošči se tudi snovi, ki preprečujejo dobro povezanost iverja in lepila povečujejo. Tako velik delež skorje negativno vpliva na adhezijsko in kohezijsko trdnost vezi lepila in iverja.

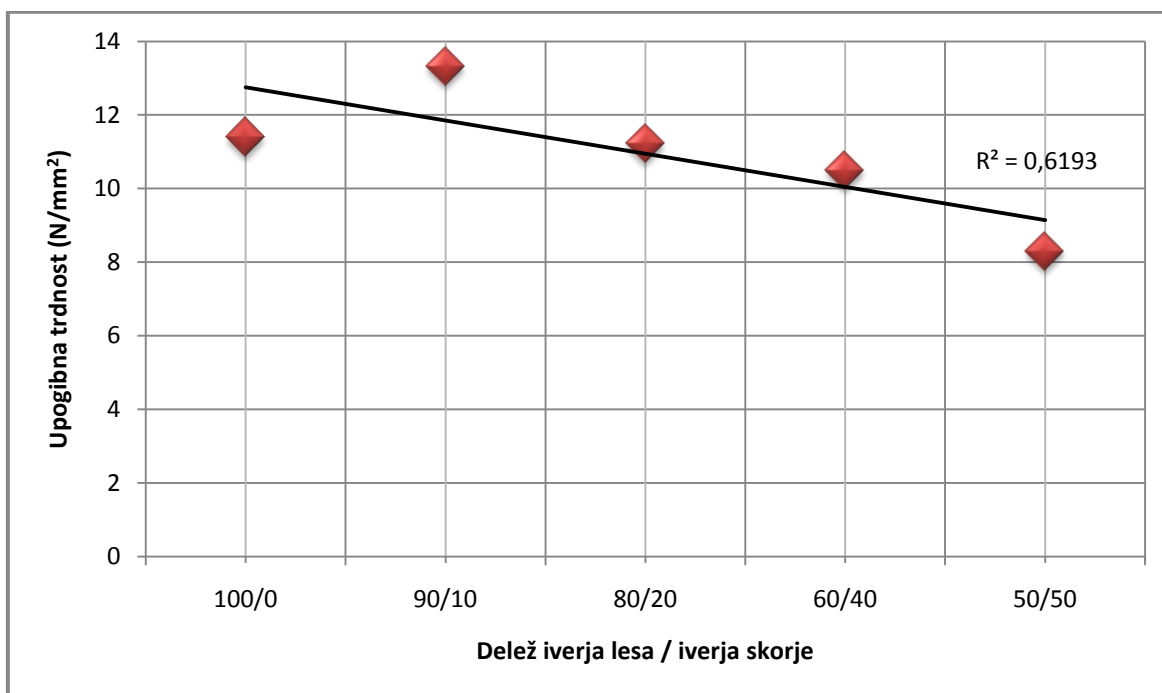
Predvidevamo, da je površina posameznega krajšega iverja manjša kot površina daljšega iverja. Pri enaki količini in enakih sejalnih pogojih imajo delci iverja pri manjši frakciji na enoto mase večjo specifično površino kot delci pri frakciji večjih velikosti, zato je pri manjši frakciji prostih površin za lepljenje več kot pri večjem iverju. Pri vseh poizkusnih ploščah smo na iverje nanesli enako količino lepilne mešanice, zato je prosta površina pri oblepljanju iverja večja pri manjših frakcijah, tega pa je več pri iverju skorje. Predvidevamo, da ima iverje v iverni plošči z večjim deležem skorje večjo specifično površino, na katerega se lahko veže lepilo. Tako je pri enakih pogojih oblepljanja iverja lesa in iverja skorje, na voljo manj lepila na enoto površine pri iverju skorje, kot za oblepljanje iverja lesa. Pri manjšem deležu lepila na enoto površine, je tako spoj med iverji pust.



Slika 31: Prikaz loma iverja lesa, ki se mora prilagoditi iverju skorje

4.2.6 Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti ivernih plošč

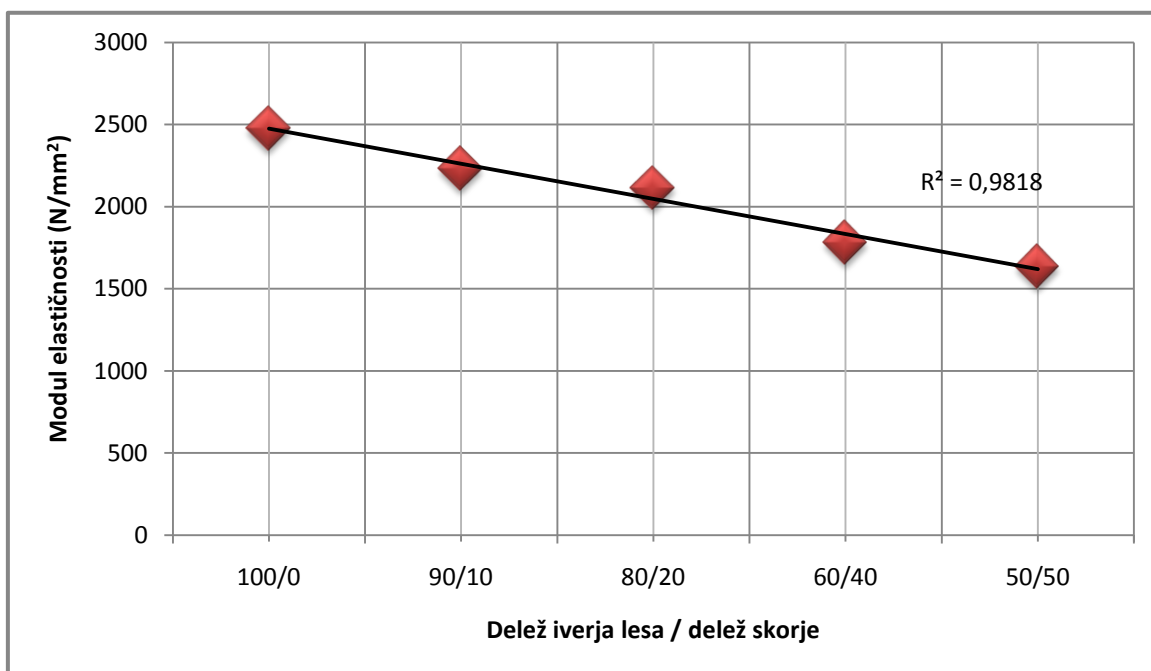
Vrednost upogibne trdnosti je največja pri 10 % deležu skorje v ivernih ploščah. Upogibna trdnost prav tako kot razslojna trdnost z naraščanjem deleža skorje pada. Rezultati so prikazani grafično na sliki 32.



Slika 32: Povprečna vrednost upogibne trdnosti glede na delež uporabljene skorje v iverni plošči

Predvidevamo, da je najvišja upogibna vrednost pri 10 % deležu skorje visoka prepletenost iverja lesa, ki ima podolgovato in ozko geometrijo, saj je delež frakcije pri odprtini sita 2 mm velik. Prav tako predvidevamo, da 10 % delež skorje pozitivno vpliva na utrjevanje lepila in povezuje ter zapolnjuje prazne prostore med lesnimi ivermi, ter tako vzpostavi mostove, ki držijo skupaj iverje in lepilo. Poskusne plošče brez skorje imajo nižjo upogibno trdnost, kar je verjetno posledica razlike v gostoti ivernih plošč. Tsoumis (1991) je navedel, da je pri večji gostoti modul elastičnosti in upogibna trdnost manjša, pri večji dolžini iverja pa sta večja.

Rezultati meritev modula elastičnosti so grafično prikazani na sliki 33.



Slika 33: Povprečna vrednost meritve modula elastičnosti glede na delež iverja lesa in iverja skorje uporabljenega v iverni plošči

Najvišjo vrednost modula elastičnosti smo dosegli pri ivernih ploščah brez skorje. Ugotovili smo, da se vrednost modula elastičnosti zmanjšuje z debelino plošč in je obratno sorazmerna z gostoto. Povezavo ugotovimo tudi z meritvami razslojne trdnosti, saj prav tako s povečanjem deleža skorje nad 10 % pada.

Vzrok za slabše vrednosti modula elastičnosti pri povišanju deleža skorje je v morfologiji iverja lesa in iverja skorje. Oblika oz. morfologija iverja je eden izmed odločilnih dejavnikov, ki vplivajo na lastnost ivernih plošč.

Lesne iveri so med seboj bolj enakomerno prepletene, ker imajo podolgovato in ozko obliko, z dodatkom skorje pa se iverje skorje s krajšo in širšo obliko vrine med lesne iveri in zapolni prazne prostore. Oblika iverja skorje je krajša, širša in debelejša, zato predvidevamo, da med stiskanjem plošče poškodujejo celice lesnim iverem. Prav tako je prepletenost med iverji slabša, ker so iveri skorje krajše oblike.

5 SKLEP

Za splošno uporabo ivernih plošč so pomembne predvsem njihove mehanske lastnosti. Na mehanske lastnosti ivernih plošč lahko vplivamo z različnimi dejavniki kot npr. s parametri sušenja, s parametri stiskanja, z debelino plošč, z izbiro lepila, z dodajanjem dodatkov itd. Mehanske lastnosti pa so že v veliki meri odvisne od uporabljenega osnovnega materiala, iz katerega je sestavljena iverna plošča.

Na podlagi opravljenih meritev smo ugotovili:

- da so iveri skorje imele nižjo pH vrednost od iverja lesa.
- da je bil delež iverja lesa pri sejalni analizi pri enakih pogojih iverjenja pri večjih frakcijah večji od skorje, pri frakciji manjši od 2 mm pa je bil delež iverja skorje večji od iverja lesa.
- da se je z večanjem deleža iverja skorje debelina ivernih plošč zmanjševala.
- da se je z večanjem deleža iverja skorje v iverni plošči povečevala gostota.
- da je pri merjenju debelinskega nabreka ivernih plošč po 24-urnem potapljanju v vodi imela iverna plošča brez skorje največji debelinski nabrek in se je z večanjem deleža skorje zmanjševal.
- da je merjenje vrednosti razslojne trdnosti pokazalo najvišjo vrednost pri iverni plošči z 10 % deležem skorje.
- da je bila vrednost upogibne trdnosti najvišja pri iverni plošči z 10% deležem skorje.
- da je imela največjo vrednost modula elastičnosti iverna plošča brez skorje.
- da se je vrednost modula elastičnosti z večanjem deleža iverja skorje in gostoto ivernih plošč zmanjševala.
- da so bile z vidika mehanskih lastnosti najbolj primerne iverne plošče z 10 % deležem skorje.

V nadaljnjih raziskavah bi bilo smiselno proučiti še ostale lastnosti ivernih plošč z velikim deležem skorje, kot je toplotna in zvočna izolativnost, v pogojih, kjer mehanske lastnosti teh ivernih plošč ne igrajo pomembno vlogo. Prav tako bi bilo smiselno pogledati, kaj bi se dogajalo s temi ivernimi ploščami skozi daljše časovno obdobje in kako so odporne proti biološkim in anorganskim dejavnikom, ter jih primerjati z običajnimi ivernimi ploščami.

V nadaljnjih raziskavah bi bilo zanimivo preizkušati plošče, ki bi bile sestavljene iz odpadnega materiala, kot so konoplja, odpadni papir, koruzna stebila in listi, slamo in drugih podobnih materialov, ki jih slabo izkoriščamo in jih je količinsko veliko.

6 POVZETEK

Les se v svetovnem merilu vse več uporablja. Z večanjem uporabe lesa se večja tudi odpad, ki ga dobimo pri predelavi lesa. Vedno več odpada pa pomeni tudi več skorje, ki jo največ izkoriščamo za kurjavo ali pa je sploh ne izkoriščamo. Skorja je cenovno slabo ovrednoten material, zato iščemo načine, kako bi jo uporabili za različne namene.

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kako različen delež skorje v ivernih ploščah vpliva na nekatere mehanske in fizikalne lastnosti ivernih plošč. Cilj je bil potrditi ali zavreči tezo, da z večanjem deleža skorje v ivernih ploščah poslabšamo nekatere mehanske in fizikalne lastnosti.

V raziskavi smo najprej sveže sekance lesa in skorje zmleli v obliko iverja. Opravili smo sejalno analizo za iverje lesa in iverje skorje, da smo dobili količino posameznega materiala za posamezno frakcijo. Material smo presejali skozi sita z 8 različnimi odprtinami rež na situ. Sita so imela odprtine rež 6.16, 4.00, 2.00, 1.5, 1.27, 1.00, 0.6 in 0.237 mm. Delež iverja lesa je bil pri sitih z večjimi odprtinami rež večji od deleža iverja skorje. Pri sitih z manjšimi odprtinami rež pa je bil delež iverja skorje večji od iverja lesa. Iverjem lesa in skorje smo izmerili pH vrednost po Subramanianu, in sicer z destilirano vodo po vročem in hladnem postopku. Vrednost pH iverja skorje je bila nižja od pH iverja lesa.

Za ugotavljanje mehanskih in fizikalnih lastnosti smo izdelali iverne plošče z 0, 10, 20, 40 in 50 % deleža skorje. Iverne plošče smo stiskali v laboratorijski stiskalnici 4 minute s pritiskom 3 N/mm^2 . Po končanem stiskanju smo plošče klimatizirali v normalni klimi s temperaturo $20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ in relativno zračno vlažnostjo $55 \pm 5 \text{ } \%$. S klimatiziranjem smo izenačili temperaturo, vlažnost in napetost ivernih plošč po celotnem prerezu. Za merjenje vlažnosti, debeline, gostote, debelinskega nabreka in razslojne trdnosti ivernih plošč smo iz vsake serije ivernih plošč izrezali preizkušance dimenzije 50 mm x 50 mm. Za ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti smo iz ivernih plošč izrezali preizkušance dimenzije 50 mm x 370 mm.

Vlažnost ivernih plošč smo ugotavljali z gravimetrično metodo po standardu SIST EN 322 : 1993. Vlažnost se med posameznimi serijami ivernih plošč ni bistveno razlikovala. Ciljna debelina ivernih plošč, ki so med stiskanjem iverne plošče predstavljale distančne letve, je bila 16 mm. Ugotavljanje debeline in gostote ivernih plošč smo izvedli po standardu SIST EN 323 : 1993. Meritev je pokazala, da se je z večanjem deleža skorje v iverni plošči debelina plošč zmanjševala. Z večanjem deleža skorje v iverni plošči je gostota naraščala.

Debelinski nabrek smo ugotavljali po standardu SIST EN 317 :1993. Preizkušance smo za 24 ur potopili v vodno kopel. Vodna kopel je imela temperaturo $21 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Ugotovili smo, da se je debelinski nabrek ivernih plošč po namakanju v vodi z večanjem deleža skorje v iverni plošči zmanjševal.

Teste mehanskih lastnosti ivernih plošč z različnim deležem skorje smo izvajali na napravi za testiranje mehanskih lastnosti ZWICK Z 100. Rzslojno trdnost smo ugotavljali po standardu SIST EN 319. Preizkušance smo vstavili v napravo in v program vnesli podatke,

ki smo jih rabili. Računalniški program nam je v obliki grafa in tabele podal podatke. Meritev razslojne trdnost ivernih plošč je pokazala, da je bila najvišja vrednost pri iverni plošči z 10 % deleža skorje in se je z večanjem deleža skorje v iverni plošči zmanjševala. Najnižjo vrednost razslojne trdnosti smo dosegli pri ivernih ploščah brez skorje.

Ugotavljanje upogibne trdnosti in elastičnega modula smo izvedli po standardu SIST EN 310. Iverne plošče z 10 % deleža skorje so imele tako kot razslojno trdnost tudi upogibno trdnost najvišjo. Z večanjem deleža skorje nad 10 % se je upogibna trdnost zmanjševala. Modul elastičnosti je bil največji pri iverni plošči brez skorje in se je zniževal z večanjem deleža skorje v ivernih ploščah.

7 VIRI

1. Anderson A.B., Breuer R.J., Nicholas G.A. 1961. Bonding particleboards with bark extracts. *Forest Product Journal*, 11,5: 226-227
2. Blanchet P., Cloutier A., Riedl B. 2000. Particleboard made from hammer milled black spruce bark residues. *Wood Science and Technology*, 34: 11-19
3. Čermak M. 1996. Furnirji in plošče. 3 izdaja. Ljubljana. Lesarska založba: 204 str.
4. Čermak M. 2001. Furnirji in plošče. 4 izdaja. Ljubljana. Lesarska založba: 123 str.
5. Čufar K. 2002. Anatomija lesa: nerecenzirano študijsko gradivo za leto 2002-2003, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
6. Deppe HJ. 1971. Nadelholzrinde für Holzspanplatten. *Holz-Zentralblatt*, 97, 152: 2195-2197
7. Deppe HJ., Ernst K. 1971. Isocyanate als Spanplattenbindemittel. *Holz als Roh und. Werkstoff*: 45
8. Gornik Bučar D. 1997. Izkoriščanje žagarskih dodatkov. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 53: 127-137
9. Koren D. 2006. Vpliv deleža skorje na izdelavo lesnih plošč iz dezentregiriranega lesa: Seminarska naloga, Vlakninska in iverna tvoriva. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
10. Lehmann W.F., Geimer R.L. 1974. Properties of structural particleboards from douglas-fir forest residues. *Forest Products Journal*, 24: 17-25
11. Maloney TM. 1993. Modern particleboard & dry-process fiberboard. San Francisco: Miller Freeman: 681str.
12. Maloney TM. 1977. Modern Particleboard and dry-process Fiberboard manufacturing, Miller-Freeman-Publ. San Francisco
13. Medved S. 2006. Vlakninska in iverna obdelava: nerecenzirano študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
14. Medved S. 1994. Vpliv uporabljenih drevesnih vrst na mehanske in fizikalne lastnosti ivernih plošč: visokošolska diplomska naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 109 str.
15. Medved S. 2004. Vpliv lastnosti iveri in zgradbe zunanjega sloja na lastnosti večslojnih ivernih plošč: Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo : 149 str.

16. Nemli G. 2004. Effects of Mimosa Bark Usage on Some Properties of Particleboard. Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Trabzon : 29, 227–230
17. Nemli G. 2006. Evalution of the mechanical, physical properties and decay resistance of particleboard made from particles impregnated with *Pinus brutia* bark exractivess. Science direct, Bioresource Technology 97 : 2059 – 2064
18. Reineke L.H. 1965. Use for forest resudies. Res. Note FPL-092. USDA Serv., Forest Products Laboratory, Madison. WI, USA
19. Roffael E., Dix B., Okum J. 2000. Use of spruce tannin as a binder in particleboards and medium density fiberboard. Holz als Roh- und Werkstoff 58,5: 301-305
20. SIST EN 322 : 1993. Lesne plošče: Določevanje vsebnosti vlage
21. SIST EN 323 : 1993. Lesne plošče: Določevanje gostote
22. SIST EN 317 : 1993. Iverne in vlaknene plošče: Določitev nabreka debeline po potapljanju v vodi
23. SIST EN 310 : 1996. Lesne plošče: Določevanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti
24. SIST EN 319: 1996. Iverne plošče in vlaknene plošče: Določevanje natezne trdnosti navpično na ravnino ploskve
25. Subramanian R.V., Somasekharan K.N., Johns W.E. 1983. Acidity of wood. Holzforschung, 37: 117-120
26. Tišler V. 1987. Kemija in uporaba drevesnih skorij: letno poročilo za leto 1987. Ljubljana, VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo.
27. Tišler V. 1986. Kemija lesa: nerecenzirano študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
28. Torelli N. 1987. Les. Nastanek in zgradba: za interno uporabo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo, Katedra za tehnologijo lesa : 43
29. Torelli N. 1990. Les in skorja: slovar strokovnih izrazov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo, Katedra za tehnologijo lesa : 47
30. Tsoumis G. 1991. Science and Technology of Wood, Structure, Properties, Utilization : 361-387

31. Volz KR. 1973. Herstellung und Eigenschaften von Fichten-, Kiefern- und Buchrindeplatten. Holz als Roh und Werkstof 31: 221-229
32. Wagenführ R. 1984. Anatomie des Holzes : unter besonderer Berücksichtigung der Holztechnik, Fachbuchverlag : 320 str.

ZAHVALA

Skozi študijski čas sem pridobil znanje za izdelavo diplomske naloge. Zahvaljujem se celotnemu kolektivu Biotehniške fakultete, oddelka za lesarstvo, ki mi je omogočilo, da sem razširil in dopolnil znanje, ki ga bom potreboval v nadaljnjem življenju.

Posebej bi se zahvalil mentorju doc. dr. Sergeju Medvedu, za pomoč pri zasnovi in izdelavi diplomske naloge ter številne strokovne nasvete. Zahvalil bi se tudi recenzentu izr. prof. dr. Milanu Šerneku za opravljeno strokovno recenzijo, strokovnemu sodelavcu Janiju Renku za pomoč pri izvajanju testiranj ter nastanku diplomskega dela in ostalim, ki so mi kakorkoli in na kakršen koli način pomagali skozi študijski čas in pri izdelavi diplomske naloge.

PRILOGE

Priloga A: Rezultati meritev sejalne analize iverja lesa in iverja skorje

Frakcija (odprtina sit v mm)	Masa iverja lesa (g)			Masa iverja skorje (g)		
	Sejalna analiza 1	Sejalna analiza 2	Sejalna analiza 3	Sejalna analiza 1	Sejalna analiza 2	Sejalna analiza 3
6,14	2,09	1,88	2,68	1,37	0,63	1,22
4	23,05	21,99	19,38	9,68	8,93	8,01
2	40,65	43,48	41,4	31,32	32,03	30,1
1,5	13,7	13,97	14,88	15,7	16,16	15,65
1,27	5,29	5,21	5,8	7,95	7,75	8,15
1	4,31	4,23	4,78	7,45	7,27	7,87
0,6	5,16	4,92	5,83	10,56	10,53	11,97
0,237	3	2,15	2,06	11	10,66	12,3
0	0,07	0,05	0,03	2,17	2,46	2,58
Σ	97,32	97,88	96,84	97,2	96,42	97,85

Priloga B: Rezultati meritev debeline ivernih plošč

Št. preizkušanca	Debelina ivernih plošč (mm)				
	Delež iverja lesa / iverja skorje (100/0)	Delež iverja lesa / iverja skorje (90/10)	Delež iverja lesa / iverja skorje (80/20)	Delež iverja lesa / iverja skorje (60/40)	Delež iverja lesa / iverja skorje (50/50)
1	16,45	16,05	16,25	16,25	15,95
2	16,3	16,12	16,28	16,28	15,99
3	16,4	16,04	16,35	16,35	16,09
4	16,11	16	16,29	16,29	16,15
5	16,17	16,33	16,14	16,14	15,99
6	16,19	16,18	16,09	16,09	16,02

Priloga C: Rezultati meritev prostorninske mase ivernih plošč

Št. preizkušanca	Gostota ivernih plošč (mm)				
	Delež iverja lesa / iverja skorje (100/0)	Delež iverja lesa / iverja skorje (90/10)	Delež iverja lesa / iverja skorje (80/20)	Delež iverja lesa / iverja skorje (60/40)	Delež iverja lesa / iverja skorje (50/50)
1	607	623	711	667	684
2	620	691	621	643	738
3	685	620	615	606	701
4	516	659	721	652	657
5	583	700	648	684	698
6	676	644	651	731	641

Priloga D: Rezultati meritev vlažnosti ivernih plošč

Št. preizkušanca	Vlažnost ivernih plošč (%)				
	Delež iverja lesa / iverja skorje (100/0)	Delež iverja lesa / iverja skorje (90/10)	Delež iverja lesa / iverja skorje (80/20)	Delež iverja lesa / iverja skorje (60/40)	Delež iverja lesa / iverja skorje (50/50)
1	5,47	5,82	7,16	6,01	7,09
2	5,57	5,69	6,94	6,28	7,01
3	5,41	5,78	6,77	6,22	6,75
4	5,52	5,72	6,98	5,93	7,21

Priloga E: Rezultati merjenja debelinskega nabreka ivernih plošč po potapljanju v vodi

Št. preizkušanca	Debelinski nabrek ivernih plošč (%)				
	Delež iverja lesa / iverja skorje (100/0)	Delež iverja lesa / iverja skorje (90/10)	Delež iverja lesa / iverja skorje (80/20)	Delež iverja lesa / iverja skorje (50/50)	Delež iverja lesa / iverja skorje (60/40)
1	28,92	30,24	27,43	30,55	30,55
2	67,74	29,88	29,09	32,78	32,78
3	49,03	32,93	30,81	31,03	31,03
4	58,08	29,15	28,16	36,89	36,89
5	51,39	30,25	31,94	28,20	28,20
6	56,92	30,16	26,25	28,23	28,23
7	57,80	35,38	27,20	29,53	29,53
8	56,25	31,28	26,45	29,53	29,53

Priloga F: Rezultati meritev razslojne trdnosti ivernih plošč

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (100/0)				
	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Površina (mm ²)	Maksimalna razslojna sila (N)	Razslojna trdnost (N/mm ²)
1	50,36	50,38	2537	neveljavna meritev	neveljavna meritev
2	50,42	50,39	2541	596	0,23
3	50,39	50,35	2537	596	0,23
4	50,38	50,36	2537	287	0,11
5	50,41	50,29	2535	843	0,33
6	50,29	50,34	2532	438	0,17
7	50,35	50,39	2537	338	0,13
8	50,37	50,41	2539	668	0,26

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (90/10)				
	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Površina (mm ²)	Maksimalna razslojna sila (N)	Razslojna trdnost (N/mm ²)
1	50,37	50,39	2538	1850	0,73
2	50,34	50,4	2537	2020	0,8
3	50,37	50,38	2538	2030	0,8
4	50,36	50,44	2540	1680	0,66
5	50,44	50,46	2545	1600	0,63
6	50,34	50,31	2533	2260	0,89
7	50,42	50,27	2535	1950	0,77
8	50,38	50,39	2539	1990	0,78

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (80/20)				
	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Površina (mm ²)	Maksimalna razslojna sila (N)	Razslojna trdnost (N/mm ²)
1	50,34	50,38	2536	789	0,31
2	50,34	50,33	2534	976	0,39
3	50,31	50,38	2535	1060	0,42
4	50,37	50,33	2535	846	0,33
5	50,31	50,39	2535	569	0,22
6	50,31	50,35	2533	700	0,28
7	50,3	50,43	2537	1090	0,43
8	50,35	50,34	2535	811	0,32

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (60/40)				
	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Površina (mm ²)	Maksimalna razslojna sila (N)	Razslojna trdnost (N/mm ²)
1	50,42	50,34	2538	974	0,38
2	50,36	50,35	2536	1320	0,52
3	50,36	50,4	2538	1080	0,42
4	50,39	50,34	2537	1020	0,4
5	50,32	50,37	2535	725	0,29
6	50,33	50,38	2536	1250	0,49
7	50,38	50,36	2537	neveljavna meritev	neveljavna meritev
8	50,39	50,34	2537	1180	0,47

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (50/50)				
	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Površina (mm ²)	Maksimalna razslojna sila (N)	Razslojna trdnost (N/mm ²)
1	50,36	50,34	2535	545	0,21
2	50,23	50,36	2530	881	0,35
3	50,34	50,39	2537	783	0,31
4	50,37	50,4	2539	597	0,24
5	50,2	50,38	2529	728	0,29
6	50,37	50,36	2537	784	0,31
7	50,39	50,4	2540	643	0,25
8	50,44	50,42	2543	773	0,3

Priloga G: Rezultati meritev upogibne trdnosti in modula elastičnosti ivernih plošč

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (100/0)				
	Debelina (mm)	Širina (mm)	Modul Elastičnosti (N/mm ²)	Maksimalna upogibna sila loma (N)	Upogibna trdnost (N/mm ²)
1	16,72	50,33	2544	345	11,76
2	16,84	50,31	2654	421	14,15
3	16,57	50,34	2667	334	11,59
4	16,54	50,35	2515	319	11,13
5	17,11	50,35	2072	255	8,29
6	16,96	50,35	2391	345	11,45

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (90/10)				
	Debelina (mm)	Širina (mm)	Modul Elastičnosti (N/mm ²)	Maksimalna upogibna sila loma (N)	Upogibna trdnost (N/mm ²)
1	16,09	50,35	2341	385	14,18
2	16,1	50,34	2257	354	13,03
3	16,07	50,32	2300	409	14,79
4	16,23	50,4	2398	391	14,14
5	16,33	50,32	2305	372	13,31
6	16,37	50,36	1799	294	10,45

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (80/20)				
	Debelina (mm)	Širina (mm)	Modul Elastičnosti (N/mm ²)	Maksimalna upogibna sila loma (N)	Upogibna trdnost (N/mm ²)
1	16,03	50,37	2380	362	13,42
2	16,04	50,36	2327	378	14,02
3	15,97	50,3	2227	293	10,95
4	15,98	50,35	1886	244	9,09
5	15,97	50,37	1969	278	10,39
6	15,98	50,32	1901	253	9,44

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (60/40)				
	Debelina (mm)	Širina (mm)	Modul Elastičnosti (N/mm ²)	Maksimalna upogibna sila loma (N)	Upogibna trdnost (N/mm ²)
1	16,05	50,21	1877	282	10,48
2	16,37	50,36	1865	356	12,64
3	16,02	50,34	1895	271	10,07
4	16,19	50,3	1847	317	11,55
5	16,12	50,35	1734	253	9,27
6	16,05	50,34	1458	243	9

Št. preizkušanca	Delež iverja lesa / iverja skorje (50/50)				
	Debelina (mm)	Širina (mm)	Modul Elastičnosti (N/mm ²)	Maksimalna upogibna sila loma (N)	Upogibna trdnost (N/mm ²)
1	15,93	50,33	1611	212	7,96
2	16,28	50,33	1557	205	7,37
3	15,92	50,35	1661	220	8,29
4	16,06	50,37	1668	248	9,17
5	16,06	50,35	1651	243	8,97
6	15,92	50,34	1651	213	8,02

Priloga H: Potrebne količine posameznega materiala v iverni plošči

Delež iverja lesa / iverja skorje (100/0)				
	Material za eno ploščo		Material za 2,1 plošče	
	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)
iverje	2336,18	0,00	4905,98	0,00
lepilo	404,92	0,00	850,30	0,00
parafin	38,44	0,00	80,72	0,00
utrjevalec	31,71	0,00	66,59	0,00
voda	120,52	0,00	253,10	0,00
Σ vsota	2931,77	0,00	6156,69	0,00

Delež iverja lesa / iverja skorje (90/10)				
	Material za eno ploščo		Material za 2,1 plošče	
	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)
iverje	2102,56	235,00	4415,38	493,50
lepilo	364,41	40,49	765,27	85,03
parafin	34,59	3,84	72,65	8,07
utrjevalec	28,54	3,17	59,39	6,66
voda	108,47	10,67	227,79	22,40
Σ vsota	2638,57	293,17	5540,48	615,66

Delež iverja lesa / iverja skorje (80/20)				
	Material za eno ploščo		Material za 2,1 plošče	
	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)
iverje	1868,94	470,00	3924,78	987,01
lepilo	323,92	80,98	680,24	170,06
parafin	30,75	7,69	64,57	16,14
utrjevalec	25,37	6,34	53,27	13,32
voda	96,42	21,34	202,48	44,81
Σ vsota	2345,40	586,35	4925,34	1231,34

Delež iverja lesa / iverja skorje (60/40)				
	Material za eno ploščo		Material za 2,1 plošče	
	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)
iverje	1401,71	940,01	2943,59	1974,01
lepilo	242,94	161,96	510,18	340,12
parafin	23,06	15,37	48,43	32,29
utrjevalec	19,03	12,68	39,95	26,64
voda	72,31	42,67	151,86	89,62
Σ vsota	1759,05	1172,69	3694,01	2462,68

Delež iverja lesa / iverja skorje (50/50)				
	Material za eno ploščo		Material za 2,1 plošče	
	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)	iverje lesa (g)	iverje skorje (g)
iverje	1168,09	1175,01	2452,99	2467,52
lepilo	202,45	202,45	425,15	425,15
parafin	19,22	19,22	40,36	40,36
utrjevalec	15,86	15,86	33,3	33,3
voda	60,26	53,34	126,55	112,02
Σ vsota	1465,88	1465,88	3078,35	3078,35

