

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Sebastjan SEVER

**IZBOLJŠANJE UPOGIBNE TRDNOSTI FURNIRNIH
PLOŠČ Z DODAJANJEM SINTETIČNIH VLAKEN**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Sebastjan SEVER

**IZBOLJŠANJE UPOGIBNE TRDNOSTI FURNIRNIH PLOŠČ Z
DODAJANJEM SINTETIČNIH VLAKEN**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**IMPROVEMENT OF BENDING STRENGTH OF VENEER
PLYWOOD BY ADDING SYNTHETIC FIBRES**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v laboratoriju Katedre za žagarstvo in lesna tvoriva Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani in v laboratoriju podjetja JAVOR PIVKA d.d.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Sebastjan SEVER

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 630*832.281
KG	vezan les/furnirna plošča/sintetična mreža/steklena vlakna/upogibna trdnost
AV	SEVER, Sebastjan
SA	ŠERNEK, Milan (mentor)/MEDVED, Sergej (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2010
IN	IZBOLJŠANJE UPOGIBNE TRDNOSTI FURNIRNIH PLOŠČ Z DODAJANJEM SINTETIČNIH VLAKEN
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 58 str., 13 pregl., 32 sl., 6 pril., 31 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Raziskovali smo lastnosti različnih furnirnih plošč, v katerih smo kombinirali topolov in bukov furnir ter dodajali sintetično mrežo. Uporabili smo 3 standardne kombinacije, in sicer »combo« (vsaka druga plast plošče je bila topolova, vmes je bila bukova), »sendvič« (vrhnji plasti plošče sta bili bukovi, vmes so bile topolove) in »čisto topolovo« furnirno ploščo (vsi furnirji so bili iz topolovine). Dodali smo jim 2 tipa sintetične mreže iz steklenih vlaken. Prvi tip te mreže iz steklenih vlaken, ki je bil impregniran z melaminsko smolo, smo dodali na zunanjo plast furnirne plošče. Neimpregnirano sintetično mrežo iz steklenih vlaken pa smo dodali med prvi in drugi sloj furnirja v plošči. Glavni namen raziskave je bilo iskanje kombinacije z največjo upogibno trdnostjo plošče in kombinacije z najboljšim razmerjem trdnost-gostota plošče. Preskušancem z 9 različnimi kombinacijami smo skladno s standardi SIST EN 310, SIST EN 323 in SIST EN 326-1 izmerili upogibno trdnost, modul elastičnosti in gostoto. Posameznim uporabljenim sintetičnim mrežam smo izmerili tudi natezno trdnost. Prišli smo do zaključka, da ima zaradi večjega deleža bukovega furnirja največjo upogibno trdnost sestava »combo«. Ugotovili smo, da je najbolj primerno razmerje trdnost-gostota v sestavi »sendvič« in da fasadna sintetična mreža iz steklenih vlaken brez impregnacije v lepilnem spoju zmanjšuje upogibno trdnost furnirne plošče. Z melaminsko smolo impregnirana fasadna sintetična mreža iz steklenih vlaken izboljša upogibno trdnost furnirnih plošč le z dovolj velikim vtisom ali oprijemom na furnir.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC UDC 630*832.281

CX plywood/veneer board/synthetic net/glass fibre/bending strength

AU SEVER, Sebastjan

AA ŠERNEK, Milan (supervisor)/MEDVED, Sergej (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2010

TI IMPROVEMENT OF BENDING STRENGTH OF VENEER PLYWOOD
BY ADDING SYNTHETIC FIBRES

TD Graduation Thesis (University studies)

NO X, 58 p., 13 tab., 32 fig., 6 ann., 31 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The thesis brings a research into the properties of different combinations of poplar and beech plywood in veneer boards with synthetic nets. We used 3 standard combinations for veneer boards – combo (every second layer is poplar with beech wood in between), sandwich (2 outer layers are made of beech wood with poplar layers between) and pure poplar (only poplar plywood is used). To these we added 2 types of glass fibre nets. The first was impregnated with melamine resin and was added on top of outer layers of veneer boards. A non-impregnated synthetic net, however, was added between the first and the second layer of the veneer boards. The main purpose of the research was to find the combination with the highest bending strength and the combination with the best strength/density ratio. Samples with 9 different combinations were measured for bending strength, elastic modulus and density in accordance with SIST EN 310, SIST EN 323 and SIST EN 326-1 standards. Tensile strength of the synthetic nets used was also measured. The results show that, due to the higher share of beech plywood, combo has the highest bending strength, while the most suitable strength/density ratio is in sandwich boards. Non-impregnated glass-fibre nets on the outer layers meanwhile reduce the bending strength of veneer boards in the joint, and melamine resin-impregnated nets on the outer layers improve bending strength of veneer boards only with sufficient sink or absorption.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	3
1.3 CILJ NALOGE	4
2 PREGLED OBJAV	5
2.1 FURNIRNE PLOŠČE	5
2.1.1 Predstavitev furnirne plošče	5
2.1.2 Tehnološki postopek izdelave furnirne plošče	6
2.1.3 Uporaba furnirnih plošč	8
2.1.4 Visoko nosilne furnirne plošče	9
2.3 SINTETIČNE MREŽE	11
2.3.1 Vlakena	11
2.3.2 Možnosti uporabe sintetičnih polimernih vlaken v lesni industriji	12
3 MATERIALI IN METODE	15
3.1 ZASNOVA RAZISKAVE	15
3.2 MATERIALI	17
3.2.1 Furnir	17
3.2.1.1 Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	17
3.2.1.2 Topol (<i>Populus ssp</i>)	18
3.2.2 Lepilo	18
3.2.3 Tfix smola	20
3.2.4 Sintetična mreža	20
3.3 METODE	22
3.3.1 Izdelava preskušancev	22
3.3.2 Ugotavljanje mehanskih lastnosti	23

3.3.2.1	Ugotavljanje mehanskih lastnosti plošč	23
3.3.2.2	Ugotavljanje mehanskih lastnosti sintetične mreže	25
3.3.3	Ugotavljanje gostote plošč	28
4	REZULTATI	29
4.1	UPOGIBNA TRDNOST IN MODUL ELASTIČNOSTI PLOŠČ	29
4.1.1	Sestava plošče A	29
4.1.1.1	Sestava plošče A1	29
4.1.1.2	Sestava plošče A2	30
4.1.1.3	Sestava plošče A3	31
4.1.2	Sestava plošče B	33
4.1.2.1	Sestava plošče B1	33
4.1.2.2	Sestava plošče B2	34
4.1.2.3	Sestava plošče B3	36
4.1.3	Sestava plošče C	37
4.1.3.1	Sestava plošče C1	37
4.1.3.2	Sestava plošče C2	39
4.1.3.3	Sestava plošče C3	40
4.2	NATEZNA TRDNOST SINTETIČNE MREŽE	41
4.2.1	Natezna obremenitev sintetične mreže	42
4.2.1.1	Natezna obremenitev rumene sintetične mreže I. tipa	42
4.2.1.2	Natezna obremenitev bele sintetične mreže II. tipa	43
4.2.2	Natezna obremenitev posamezne preje iz sintetične mreže	45
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	49
5.1	RAZPRAVA	49
5.2	SKLEPI	53
6	POVZETEK	54
7	VIRI	56

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Razporeditev napetosti v upogibno obremenjeni furnirni plošči, kjer prečni furnirji ne prenašajo obremenitev	3
Slika 2: Delitev vezanega lesa	5
Slika 3: Sestava izdelanih plošč	16
Slika 4: Sintetična mreža tip I (rumena mreža)	21
Slika 5: Sintetična mreža tip II (bela mreža)	21
Slika 6: Preskušanci za ugotavljanje natezne trdnosti sintetične mreže	23
Slika 7: Izvedba preskusa upogibne obremenitve preskušanca po standardu SIST EN 310	24
Slika 8: Univerzalni testirni stroj Zwick Z100	24
Slika 9: Vpet preskušanelec iz sintetične mreže pred natezno obremenitvijo	26
Slika 10: Preskušanelec iz sintetične mreže po natezni obremenitvi	26
Slika 11: Prikaz vpetja posamezne preje v čeljusti stroja Zwick Z100	27
Slika 12: Pletenost fasadnih sintetičnih mrež	28
Slika 13: Sestava preskušancev iz plošče A1	30
Slika 14: Sestava preskušancev iz plošče A2	31
Slika 15: Sestava preskušancev iz plošče A3	32
Slika 16: Sestava preskušancev iz plošče B1	34
Slika 17: Sestava preskušancev iz plošče B2	35
Slika 18: Detajl preloma preskušanca sestave B2 pri obremenitvi na upogib	35
Slika 19: Sestava preskušancev iz plošče B3	37
Slika 20: Sestava preskušancev iz plošče C1	38
Slika 21: Sestava preskušancev iz plošče C2	39

Slika 22: Sestava preskušancev iz plošče C3	40
Slika 23: Izgled preskušanca nateznih trdnosti sintetične mreže	41
Slika 24: Grafični prikaz največje dosežene natezne obremenitve v odvisnosti od raztezka vseh preskušancev iz rumene sintetične mreže I. tipa	43
Slika 25: Grafični prikaz največje dosežene natezne obremenitve v odvisnosti od raztezka vseh preskušancev iz bele sintetične mreže II. tipa	44
Slika 26: Ravni-vzdolžni preji rumene sintetične mreže I. tipa in ravni-vzdolžni preji bele sintetične mreže II. tipa	45
Slika 27: Sukani-prečni preji rumene sintetične mreže I. tipa in sukani-prečni preji bele sintetične mreže II. tipa	46
Slika 28: Preja rumene sintetične mreže II. tipa med dosegom največje natezne obremenitve	46
Slika 29: Grafični prikaz največje dosežene natezne obremenitve v odvisnosti od raztezka vseh prej (preja z zaporedno številko 1 - rdeča, 2 - zelena, 3 - temno modra, 4 - oranžna, 5 - roza, 6 - svetlo modra, 7 - rumena, 8 - vijolična)	48
Slika 30: Primerjava povprečnih vrednosti upogibne trdnosti med različnimi sestavami plošč v vzdolžno in prečno orientiranih preskušancih	50
Slika 31: Primerjava povprečnih vrednosti modula elastičnosti med različnimi sestavami plošč v vzdolžno in prečno orientiranih preskušancih	50
Slika 32: Primerjava povprečnih vrednosti gostote med različnimi sestavami plošč v vzdolžno in prečno orientiranih preskušancih	52

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Mehanske lastnosti nekaterih sintetičnih vlaken (Chawla, 1998)	13
Preglednica 2: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev A1	30
Preglednica 3: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev A2	31
Preglednica 4: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev A3	32
Preglednica 5: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev B1	33
Preglednica 6: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev B2	34
Preglednica 7: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev B3	36
Preglednica 8: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev C1	38
Preglednica 9: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev C2	39
Preglednica 10: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev C3	40
Preglednica 11: Rezultati meritev pri natezni obremenitvi rumene sintetične mreže I. tipa	42
Preglednica 12: Rezultati meritev pri natezni obremenitvi bele sintetične mreže II. tipa	44
Preglednica 13: Rezultati meritev pri natezni obremenitvi obeh primerov sintetičnih mrež	47

KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati meritev in izračunov za gostoto preskušancev sestave plošč A

Priloga B: Rezultati meritev in izračunov za gostoto preskušancev sestave plošč B

Priloga C: Rezultati meritev in izračunov za gostoto preskušancev sestave plošč C

Priloga D: Podatki upogibnih obremenitev preskušancev sestave plošč A

Priloga E: Podatki upogibnih obremenitev preskušancev sestave plošč B

Priloga F: Podatki upogibnih obremenitev preskušancev sestave plošč C

1 UVOD

Les ima v primerjavi z ostalimi obdelovalnimi materiali številne prednosti. Ima dobre fizikalne, mehanske in estetske lastnosti. Je naraven in edini obnovljivi material (Šernek, 2009a). Glede na lastno težo ima nekajkrat večjo nosilnost kot jeklo (Zbašnik-Senegačnik, 2001). Zaradi teh lastnosti lahko iz lesa izdelujemo najrazličnejše proizvode.

Vsak proizvod ima drugačne mehanske lastnosti. Pri lesnih proizvodih lahko na le-te vplivamo s pravilno izbiro lesne vrste. Ker pa je les tudi znotraj lesne vrste heterogen, anizotropen in variabilen, mu z različnimi postopki poskušamo izničiti te lastnosti ter hkrati povečati trdnost (Čufar, 2006). Skušamo mu predvsem izločiti nezaželene napake, s predelavo in modifikacijo spremeniti strukturo, z lepljenjem spajati različne ali podobne lesne sortimente in ga kombinirati z drugimi materiali.

Na mehanske lastnosti lesa najbolj vpliva gostota. Lesovi z večjo gostoto imajo večjo upogibno, tlačno in natezno trdnost (Šernek, 2009a). S predelavo in obdelavo lahko nizko gostotne ter komercialno nezanimive lesne vrste zgostimo v izdelke z dobrimi mehanskimi lastnostmi. To lahko dosežemo z impregnacijo, s stiskanjem v prečni smeri ali kombinacijo impregniranja in stiskanja (Kutnar in Šernek, 2007).

Postopek zgoščevanja lesnih vrst in razvoj lepilnih sredstev sta pripeljala do razvoja vezanega lesa. Tehnologijo izdelave vezanega lesa je poenostavila izdelava furnirja, kar je omogočalo izdelavo tankih in trdnih furnirnih plošč.

Teža, trdnost in modul elastičnosti so pomembne lastnosti povsod, kjer uporabljamo furnirne plošče, še zlasti pa v pohištveni industriji, gradbeništvu, avtomobilski industriji, pri izdelavi železniških vagonov, ladjedelništvu, športnih letalih, sedežnem pohištvu ipd.

Posebne zahteve so definirane za plošče uporabljene v transportu, ladjedelništvu, gradbeništvu in drugih konstrukcijah. Plošče uporabljene v te namene morajo imeti poleg dobrih mehanskih lastnosti tudi majhno debelino in težo. Tukaj si pojmi nasprotujejo, kajti kot je bilo že omenjeno, imajo gostejše (in posledično težje) lesne vrste višjo trdnost.

Težavo trdnost-teža rešujemo tako, da vgrajujemo gostejše (trdnejše) sloje lesa le na mesta s povečano obremenitvijo. Ta mesta so pri upogibni obremenitvi spodnja in zgornja stran plošče.

Glavno težavo pri doseganju tega cilja predstavljajo talne površine, ki morajo prenašati velike točkovne ali površinske obremenitve pri prevozu težkih tovorov ali drugih predmetov. Da bi združili majhno težo, veliko nosilnost in majhno obrabo ter površinsko trdnost, je lesna industrija pričela uporabljati fenolne filme (trgovsko ime Tfix).

S pravilno izbiro materiala, njegovo kakovostjo, kombinacijo različnih materialov, postopki in delom je dober rezultat (furnirna plošča, ki zadovoljuje tudi najvišja pričakovanja in standarde) mogoče doseči.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Vezane plošče, ki jih dobimo v prosti prodaji, včasih ne zadostijo visokim trdnostnim zahtevam. Pri transportu težkih tovorov večkrat ploskovno in točkovno obremenjujemo talne in stenske plošče. S temi težavami se ne srečujemo samo v tovrnem prometu, pač pa povsod, kjer sta potrebni majhna teža in visoka trdnost.

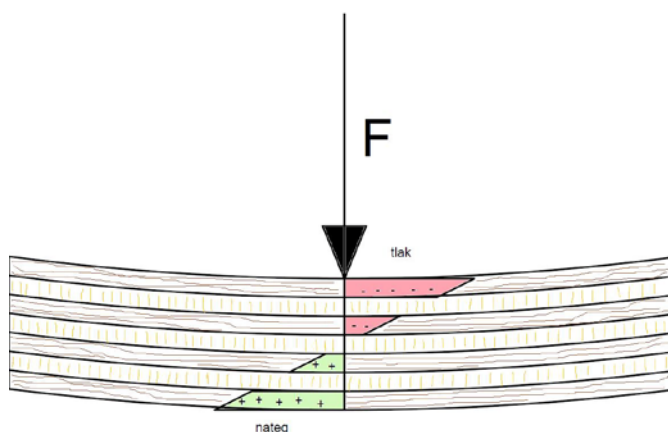
Včasih je za učinkovito rešitev določenega problema potreben le kanček domišljije. V industrijsko inženirskem svetu je to največkrat uporaba novega, še nepreskušene materiala. Tak material ima lahko v prvotnem namenu čisto drugo funkcijo.

Naša ideja je bila vgraditi med furnirne sloje plošče sintetično mrežo iz steklenih vlaken, ki se uporablja kot fasadna mreža v gradbeništvu. Plošča, sestavljena iz bukovega in topolovega furnirja ter sintetične mreže, bi morala kljubovati visokim obremenitvam.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Korist mreže v plošči na račun povečanja trdnosti in elastičnega modula se lahko pokaže šele, ko se mreža vtisne v furnir. Menimo, da bo to pripomoglo k ohranjanju trdnosti in preprečitvi odstopa lepilnega spoja na mestu mreže. Z drugimi besedami: če se v lepilnem spoju mreža ne vtisne v furnir, naredimo v tem spoju najšibkejše vezi v plošči. Predvidevamo, da se bomo z uporabo mehkejšega topolovega furnirja znebili tega nezaželenega pojava. Verjetno bi z večanjem površine preseka niti iz mreže povečevali trdnost, vendar pa bi ta tudi zmanjšal vtis v furnir.

Pri upogibni obremenitvi nastajajo v spodnjih furnirnih listih plošče natezne napetosti, v zgornjih pa tlačne (slika 1). Iz predpostavke, da ima sintetična mreža dobro natezno in zanemarljivo tlačno trdnost, bomo sintetično mrežo vgradili le na eno (spodnjo oziroma natezno) stran plošče. Ker je natezna napetost največja v zunanjem sloju, je torej smiselna postavitev ojačitve z mrežo čim bolj proti površini plošče.



Slika 1: Razporeditev napetosti v upogibno obremenjeni furnirni plošči, kjer prečni furnirji ne prenašajo obremenitev

1.3 CILJ NALOGE

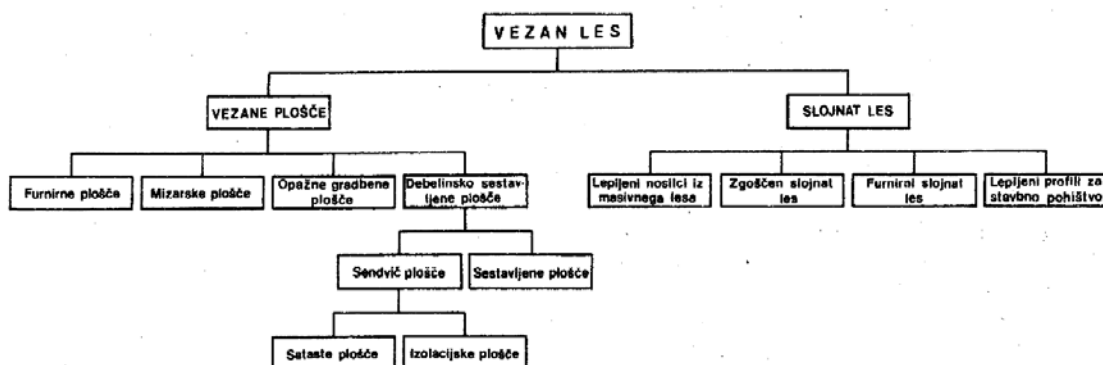
Namen naloge je ugotoviti gostoto, upogibno trdnost in modul elastičnosti plošč, ki bodo sestavljene iz furnirjev različnih drevesnih vrst in sintetičnih mrež ter ugotoviti katera sestava ima najboljše lastnosti. Vse plošče bodo zlepljene z melamin-urea-formaldehidnim lepilom. Poskušali bomo tudi ugotoviti vpliv mreže na upogibno trdnost plošče z ozirom na natezno trdnost uporabljene mreže. Primerjava rezultatov nam bo v pomoč pri ugotavljanju dejavnikov, ki vplivajo na lastnosti plošče.

2 PREGLED OBJAV

2.1 FURNIRNE PLOŠČE

2.1.1 Predstavitev furnirne plošče

Furnirno ploščo po standardu SIST EN 313-1 uvrščamo v skupino VEZAN LES in podskupino VEZANE PLOŠČE (slika 2). Vezane plošče prepoznamo po večjem (lihem) številu zlepljenih slojev lesa, ki se med seboj razlikujejo po različni usmerjenosti lesnih vlaken v slojih. Število, usmerjenost lesnih vlaken, lesna vrsta in debelina lesnih zlepljencev si vedno simetrično sledijo od sredine (osi) proti površini v obe smeri (Šernek, 2007).



Slika 2: Delitev vezanega lesa

Pri furnirni plošči kot liho število zlepljenih lesnih sortimentov nastopi furnir, ki je med seboj pravokotno zlepljen glede na lesna vlakna. Rezultat je plošča, ki v preseku vizualno spominja na »napolitanko«. S spreminjanjem sestavnih delov, kot so furnir, lepilo in dodatki, lahko občutno vplivamo na maso, trdnost in vodoodpornost plošče.

Z lepljenem lesa so dosežene bistvene prednosti, kot so (Šernek, 2007):

- izločitev napak ali nepravilnosti,
- enakomerna porazdelitev napetosti,

- višja trdnost v določeni smeri,
- boljša dimenzijska stabilnost,
- boljši izkoristek materiala,
- večje dimenzije,
- različne oblike,
- večja funkcionalnost;
- večja razpoložljivost, ...

2.1.2 Tehnološki postopek izdelave furnirne plošče

S pravilno izbiro hlodovine in natančno ter pravilno sečnjo je zagotovljena kakovostna hlodovina. Le-ta je bila v začetnem obdobju uporabe plošč, ki so bile namenjene manj zahtevnim potrebam, slabše kakovosti. Kakovostnejšo hlodovino, namenjeno izdelovanju furnirja, so uporabljali le za estetsko lepši rezan (pohištveni) furnir. Šele kasneje, ko so bile potrebe po furnirnih ploščah zahtevnejše, se je tako imenovana furnirska hlodovina uporabljala tudi za luščenje furnirja v namene nosilnih furnirnih plošč. V takšnih ploščah namreč ne sme biti popravljenega in zakrpanega slabšega furnirja (Smulski, 1997).

Hlodovino se skladišči v posebnih bazenih ali na površinah opremljenih s škropilnimi napravami. Mehanski pripravi hlodovine sledi parjenje ali kuhanje v vroči vodi, kar pripomore k lažjemu luščenju. Po hidrotermični obdelavi se hlodovino centrira in vpne v luščilni stroj. Luščilni stroj je v osnovi podoben stružnici, ki ima vlogo vrteti hlod centrično ali ekscentrično glede na njegovo os. Z velikim podolgovatim nožem, ki se približuje vpeti osi in reže furnir iz hloda, nastavljammo debelino furnirja. Luščen furnir se transportira v medoperacijsko skladišče in se kasneje še vlažen kroji in izrezuje napake na stroju imenovanem mokre škarje. Vlažen furnir se nato v pretočnih sušilnicah suši na vlažnost lesa, ki odgovarja uporabi izdelane furnirne plošče. Sortiranje in odlaganje furnirja poteka v večini proizvodenj še vedno ročno, v sodobnejših obratih pa je ta operacija v večji meri izvedena strojno in računalniško vodeno (Šernek, 2007).

Pod pripravo furnirja štejemo popravilo napak, spahovanje robov z paketnim rezkarjem ali škarjami, dolžinsko in širinsko spajanje furnirja.

Pred sestavo plošče je potrebno pripraviti lepilo, kar velikokrat odredi kar proizvajalec letega. Način nanosa lepila je odvisen od:

- lepilne mešanice oziroma fizikalnega stanja, viskoznosti in kemijskega izvora;
- lepljenca oziroma njegove debeline, velikosti, oblike, površine in izvora;
- posebnih zahtev oziroma hitrosti nanašanja, ekonomičnosti nanašanja, oblike nanesenega lepila, ekoloških vidikov in varnostih vidikov.

Nanašanje lepila je lahko ročno ali strojno. Ročnega nanašanja z valjčki, plastenkami ali čopiči se poslužujejo večinoma v primerih manjših in poskusnih količin izdelave plošč. Pri strojnem nanašanju je najbolj uporabljen način valjčno nanašanje, medtem ko so ostali načini še brizganje, ekstrudiranje, polivanje, polaganje lepilnih filmov, lepil v prahu in izpostavljanje razpršenim delcem lepila (Šernek, 2007).

Cilj vsakega proizvajalca je zmanjšati izgube lepila in povečati čas lepilne mešanice (tako imenovani »pot life«), ki je končno tudi povezan z izgubo lepila (npr. neuporabljene pripravljene mešanice). V ta namen so uvedli izpopolnjeno izvedbo hlajenja naprav za pripravo lepilne mešanice in naprav za nanašanje lepila ter izpopolnjen, mikroprocesorsko voden sistem za sprotno pripravo lepilne mešanice. V osemdesetih letih 20. stoletja so v ZDA uvedli »ekstrudorsko nanašanje upenjenega lepila«, ki je prineslo pomembno znižanje stroškov lepljenja. S penasto obliko lepila so dosegli povečanje njegove prostornine do šestkratne vrednosti. S tako imenovanimi ekstrudorji, pri katerih se lepilo nanaša na furnir iz posebnih glav s šobami, pa so dosegli enakomerno in kontrolirano razporejanje po površini pred in med stiskanjem plošče. Ugotovili so, da ima opisan način nanašanja tudi do štirikrat manjše izgube kot valjčni način nanašanja lepila (Resnik, 1990).

Po sestavi plošč se velikokrat podjetja odločijo za predstiskanje, kar poveča omočitev, izboljša penetracijo lepila in zmanjša debelino lepilnega spoja. Vendar moramo zaradi

nevarnosti prehitrega reagiranja in prevelike penetracije lepila paziti, da čas predstiskanja ni predolg (Marra, 1992).

Velika novost v koncu osemdesetih letih prejšnjega stoletja je bilo lepljenje s furnirjem višje vlažnosti, kar naj bi zmanjšalo predvsem visoke stroške sušenja furnirja, povečalo kapaciteto sušilnic furnirja, zmanjšalo nanos lepila, izboljšalo predstiskanje plošč, zmanjšalo tolerance lepljenja in izboljšalo olepljenje furnirja. Z višjo vlažnostjo lepljenega furnirja so se približali končni vlažnosti plošče, kar naj bi tudi zmanjšalo čas kondicioniranja. Medtem ko so bile prednosti bolj izrazite v hladnem predstiskanju, so večje težave nastajale pri končnem vročem stiskanju. Zaradi prezahtevne kontrole in prevelikih vpreškov v vročih stiskalnicah se mnoga podjetja ne poslužujejo tega načina (Resnik, 1990).

Po lepljenju v vroči stiskalnici se morajo plošče ohladiti, da ne pride do krčenja oziroma raztezanja med obrezovanjem. Sledijo kondicioniranje, kontrola in popravilo napak. Za lažjo nadaljnjo obdelavo, boljšo odpornost, bolj ravno površino in lepši videz plošče brusijo in po potrebi površinsko obdelajo. Preden pridejo plošče pred oko kupca, jih je potrebno še klasificirati in primerno skladiščiti (Šernek, 2007).

2.1.3 Uporaba furnirnih plošč

Najdbe starih zapisov kraljestva Faraonov v starem Egiptu govorijo o uporabi plošč, podobnih furnirnim ploščam v dekorativne in pohištvene namene že 3500 let nazaj. Plošče, kakršne poznamo danes pod imenom furnirne plošče, je prvič predstavilo podjetje Portland Manufacturing Company of St. Johns v Oregonu v ZDA leta 1905. Takrat so furnirne plošče uporabljali večinoma v pohištvene namene in na področjih nezahtevne rabe. Z odkritjem vodoodpornih sintetičnih lepil in drugo svetovno vojno se je uporaba furnirnih plošč močno povečala in razširila tudi na konstrukcijsko zahtevnejša področja. Tako se je uporabi v ladjarstvu, letalstvu in prevozništvu s »house boom-om« v petdesetih letih prejšnjega stoletja pridružila velika uporaba v gradbeništvu (Smulski, 1997).

Kadar govorimo o furnirnih ploščah imamo v mislih eno najbolj univerzalnih lesnih plošč, ki se uporablja na skoraj vseh področjih. Tako jo predvsem zaradi svoje majhne teže, visoke trdnosti in stabilnosti uporabljajo v gradbeništvu kot pregradne stene, obloge zidov, talne plošče in v ostalih elementih, kjer so pomembne te dobre lastnosti. V pohištveni industriji jih uporabljajo kot elemente miznih plošč, sedežnega pohištva, kuhinjskih pultov, vratnih in okenskih kril ter povsod, kjer je potreba tako po ravnih kot po krivljenih elementih. Zaradi majhne teže glede na nosilnost pa so še posebej zanimive na področjih letalstva, ladjedelništva in avtomobilizma (Šernek, 2007).

2.1.4 Visoko nosilne furnirne plošče

Raba lesa je iz ekološkega vidika prednostna v primerjavi z drugimi gradbenimi materiali, zato je smiselno vzpodbujati gradnjo z lesom in povečati rabo lesa v konstrukcijah in nosilnih delih. Za ta namen je poleg masivnega žaganega lesa razvitih veliko inženirskih lesnih proizvodov, ki imajo dobre mehanske lastnosti, so estetski, na pogled atraktivni in zelo funkcionalni (Šernek, 2009b).

Furnirna plošča, ki je uporabljena na mestih z visoko obremenitvijo, mora imeti podobne lastnosti kot elementi uporabljeni v gradbeno-konstrukcijske namene. Po sestavi in lastnostih bi jo lahko primerjali s konstrukcijskimi kompozitnimi nosilci. Konstrukcijski kompozitni les ali SCL (structural composite lumber) je ime za proizvode, ki so sestavljeni bodisi iz listov furnirja (LVL), trakov furnirja (PSL) ali dolgih in tankih ploščatih iveri (LSL) ter zlepljeni v obliko določenega konstrukcijskega proizvoda. V našem primeru nas bolj zanima primerjava z LVL (slojnat furnirni les ali ang. laminated veneer lumber) nosilci, zaradi vsebnosti podobne surovine. Glavna razlika je v usmerjenosti vlaken oziroma listov furnirja. V LVL nosilcu so vsi listi furnirja usmerjeni v eno stran (vzdolžno), kar mu daje v primerjavi s furnirno ploščo v vzdolžni smeri večjo upogibno, natezno in tlačno trdnost ter večji modul elastičnosti. Navzkrižna razporeditev furnirnih listov pa daje furnirni plošči širšo uporabnost. Tako LVL kot tudi furnirna plošča pa imata v primerjavi z masivnim lesom in lameliranimi lepljenimi nosilci v vzdolžni smeri primerljivi ali večji modul elastičnosti, upogibno trdnost, natezno trdnost, tlačno trdnost in strižno trdnost. Razlog za to je izločitev napak lesa ali njihova razpršitev v prostornini

nosilca ali plošče. Kombinacijo obeh kompozitov uporabljajo v I nosilcu, v katerem so pasnice iz LVL, sredica pa iz furnirne plošče (Šernek, 2009b).

Razvoj poteka tudi v smeri dodajanja drugih (sintetičnih, kovinskih itd.) materialov lesnim kompozitom z namenom izboljšanja trdnosti. Največkrat se srečujemo z jeklenimi vezmi oziroma ojačitvami lesenih kompozitov na mestu vpetja. Manj pogosto pa z oblaganjem ali vstavljanjem drugih materialov v lesene nosilce ali plošče. Trenutna ponudba takih lesnih kompozitov je majhna predvsem zaradi težavnega spajanja in različnega delovanja lesa in drugih materialov pri spremembi temperature in vlažnosti (Hrovatin, 2005).

2.2 LEPLJENJE FURNIRNIH PLOŠČ

Odkritje lepila je poenostavilo veliko stvari. Kar se je razbilo, razrezalo ali kako drugače razčlenilo, se je lahko tudi nazaj sestavilo. Kar je bilo premajhno, se je lahko povečalo. Stvari so dobile nove dimenzije in lastnosti. Sprva so si ljudje pomagali z enostavnimi lepili kot so smole, blato, jajca, kri, mleko in druga enostavna lepljiva sredstva. Tako kot so zahteve v lepljenju postale višje, so tudi lepila doživljala spremembe in izboljšave.

Vendar ni vsako sredstvo, ki spaja različne materiale, lepilo. V namen lažjega razumevanja in preprečevanja nesoglasij so razvili definicijo: lepilo je nekovinska snov, ki je zmožna zlepiti dve površini zaradi površinskega zlepljenja in notranjih sil adhezije in kohezije (Šernek, 2007).

Prelomnica v svetu lepil je nedvomno prvo sintetično lepilo iz fenolnih smol iz časa pred prvo svetovno vojno. Nadaljnje razvijanje sintetičnih lepil je privedlo do lepilnih sredstev, ki so odporna proti vlagi, povišani temperaturi, staranju in mnogim dejavnikom, ki so nekoč predstavljali velike težave. Taka lepila so zmožna zlepiti najrazličnejše materiale in prenašati velike obremenitve. V zadnjem času poteka razvoj v smeri ekonomičnih, enostavnih, ekoloških, zdravju neškodljivih, kemično nevtrálnih, elastičnih, utrjevalno obvladljivih, obstojnih lepil in lepil, ki ne krhajo rezil (Marra, 1992).

Podobno kot ostale materiale, tudi les lepimo predvsem zaradi dimenzijske stabilnosti, izločanja napak, pridobivanja večjih dimenzij, oblik, izboljšanja mehanskih lastnosti, pridobivanja lesnih kompozitov, konstrukcijskih povezav, zvečanja izkoristkov, oplemenitenja in zaščite pred zunanjimi dejavniki.

Pri lepljenju furnirnih plošč so najbolj pogosta urea-formaldehidna (UF), melamin-formaldehidna (MF), fenol-formaldehidna (FF), poliizocianatna (pMDI), resorcinol-formaldehidna (RF) ali polivinilacetatna (PVA) lepila. Izbira lepila je odvisna od končne uporabe plošče. Za uporabo plošče v suhih in nenavlaženih pogojih se večinoma uporablja PVA in UF lepila, medtem ko se za težavnejše razmere uporablja MF, FF, pMDI in RF lepila. Za lepljenje vezanih plošč je največkrat uporabljena mešanica MF in UF, imenovana melamin-urea-formaldehidno lepilo (MUF). Prednost teh lepil je, da lahko dajejo različne stopnje vodoodpornosti in različne vremenske odpornosti pri zunanji uporabi, vlažnosti in notranji klimi. Te lastnosti dajejo ploščam široko področje uporabnosti in sprejemljivo ceno (Šernek, 2007).

2.3 SINTETIČNE MREŽE

2.3.1 Vlakna

Vlakno je material v podaljšani obliki, ki ima bolj ali manj enakomeren premer ali debelino pod 250 μm in razmerje med dolžino in premerom vlakna večje od 100 (Prevoršek, 1998).

Vlakna lahko delimo na vlakna za oblačila in vlakna, ki niso namenjena za izdelavo oblačil, npr. aramidna, polietilenska, jeklena, bakrena, ogljikova, steklena, SiC (iz silicijevega karbida) in Al_2O_3 (iz glinice). Iz vlaken, ki niso namenjena za izdelavo oblačil, izdelujejo npr. korde avtomobilskih plaščev, vrvi in kompozitne materiale. Ta vlakna imajo visoko togost in natezno trdnost, toda manjšo razteznost ter so znatno bolj občutljiva na vpliv majhnih razpok, ki jim zelo poslabšajo trdnost in žilavost. Drugi način delitve vlaken je glede na dolžino. Lahko so kontinuirana (neprekinjena) ali vlakna z dolžinami 10-400 mm, ki se jih uporablja za predenje (Kovač, 1999a).

Posebno skupino predstavljajo monokristalna (whisker) vlakna, ki imajo ekstremno trdnost, ki je posledica odsotnosti napak v kristalni zgradbi (diskoloracij in kristalnih mej). Monokristalna vlakna se običajno pridobiva iz pare zmesi s kondenzacijo v kristalno obliko. Običajna debelina monokristalov je nekaj mikrometrov in dolžina nekaj milimetrov. Njihovo razmerje med dolžino in premerom lahko znaša od 50 do 10000. Največja slabost monokristalnih vlaken so njihove neenake dimenzije in zato velika nihanja v lastnostih. Zelo težavno je tudi rokovanje z monokristalnimi vlakni v matrici kompozitnega materiala. Vlakna z visoko togostjo in trdnostjo uporabljamo v vlogi ojačitve v kompozitnih materialih. Njihove lastnosti temeljijo na treh pomembnih značilnostih:

- Majhnemu premeru glede na velikost kristalnih zrn oziroma drugih značilnih dimenzij mikrostrukturne zgradbe. Majhen premer omogoča doseganje višjega deleža teoretične trdnosti kot pri velikih prerezih. To je posledica vpliva velikosti, kajti manjša kot je velikost prereza, manjša je verjetnost, da imamo v materialu napako s kritično velikostjo, ki se lahko razvije v lom. Vsakemu materialu v obliki vlaken se z zmanjševanjem premera vlaken trdnost povečuje.
- Velikosti upogljivosti, ki je posledica majhnega premera in visokega elastičnega modula. Velika upogljivost omogoča izdelavo kompozitnih materialov po različnih metodah.
- Velikemu razmerju med dolžino in premerom, kar omogoča prenos velikega deleža obremenitve preko matrice na toga in visokotrдна vlakna v kompozitu.

Vlaknata oblika materialov, ki so v velikih prerezih togi in krhki (npr. steklo, Al_2O_3), omogoča tkanje, pletenje in posebne postopke pletenja (Kovač, 1999d).

2.3.2 Možnosti uporabe sintetičnih polimernih vlaken v lesni industriji

Sintetična polimerna vlakna se pridobiva v obliki preje (sveženj več ali manj vzporednih kontinuiranih vlaken, ki so lahko sukana ali nesukana). Pridobivajo jih iz taline ali raztopine. Za izdelavo preje iz taline uporabljajo organske polimere in anorganska stekla,

ki temeljijo na SiO_2 . Pri izdelavi preje iz raztopine pa tehnologija temelji na izločevanju topila (Kovač, 1999b).

Uporabo sintetičnih polimernih vlaken največkrat dirigirajo njihove mehanske lastnosti. Te lastnosti nekaterih pomembnih sintetičnih vlaken so prikazane v preglednici 1.

Preglednica 1: Mehanske lastnosti nekaterih sintetičnih vlaken (Chawla, 1998)

Material (vlakna)	Elastični modul v GPa	Natezna trdnost v GPa	Tlačna trdnost v GPa	Gostota v g/cm^3
jeklo	200	2,8	-	7,8
Al-zlitine	71	0,6	-	2,7
Ti-zlitine	106	1,2	-	4,5
Al_2O_3	350-380	1,7	6,9	3,9
bor	415	3,5	5,9	2,5-2,6
SiC	200	2,8	3,1	2,8
S-steklo	90	4,5	>1,1	2,46
ogljik P100 (na osnovi katrana)	725	2,2	0,48	2,15
Ogljik M60J (na osnovi PAN)	585	3,8	1,67	1,94
aramid (Kevlar 49)	125	3,5	0,39-0,48	1,45
aramid (Kevlar 149)	185	3,4	0,32-0,46	1,47
PBZT	325	4,1	0,26-0,41	1,58
PBZO (polifenilen benzobistiazol)	360	5,7	0,2-0,4	1,58
polieten Spectra 1000	172	3,0	0,17	1,0
polimer na osnovi tekočih kristalov Vectran HS	65	2,9	-	1,4
aramid Technora HM50	70	3,0	-	1,39
Poliamid 66 (Nylon 66)	6	1,0	0,1	1,14
Textile PET (polieten tereftalat)	12	1,2	0,09	1,39

Nekatera pomembna sintetična polimerna vlakna z nizkim elastičnim modulom so:

- poliamidna vlakna (PA),
- poliesterska vlakna (PET),
- poliolefinska vlakna (poliolpropilenska vlakna - PP, polietilenska vlakna - PE),
- polidiacetilenska monokristalna vlakna,
- elastomerna vlakna.

Sintetična polimerna vlakna so uporabna na mnogih področjih: oblačila, cevi, podloge, pohištvene obloge, preproge, zavese, vrvi, varnostne pasove, korde avtomobilskih plaščev, šotori itd. Med te izdelke spadajo tudi kompoziti oziroma dodatki za izboljšanje določenih lastnosti lesnih kompozitov (Kovač, 1999c).

Nekatera lesna podjetja skušajo izboljšati mehanske lastnosti svojih kompozitov z vlakni iz anorganskih stekel, ki temeljijo na SiO_2 , drugače poznana kot steklena vlakna (ang. Fibre glass). Stekleno vlakno je iz majhnih, med seboj prepletenih steklenih vlaken izdelan material, ki se uporablja za izolacijo zgradb ali ojačitev plastike, ki se nato uporabi za izdelavo različnih konstrukcij, npr. za karoserije avtomobilov in čolnov (Fiberglass/stekleno vlakno ...).

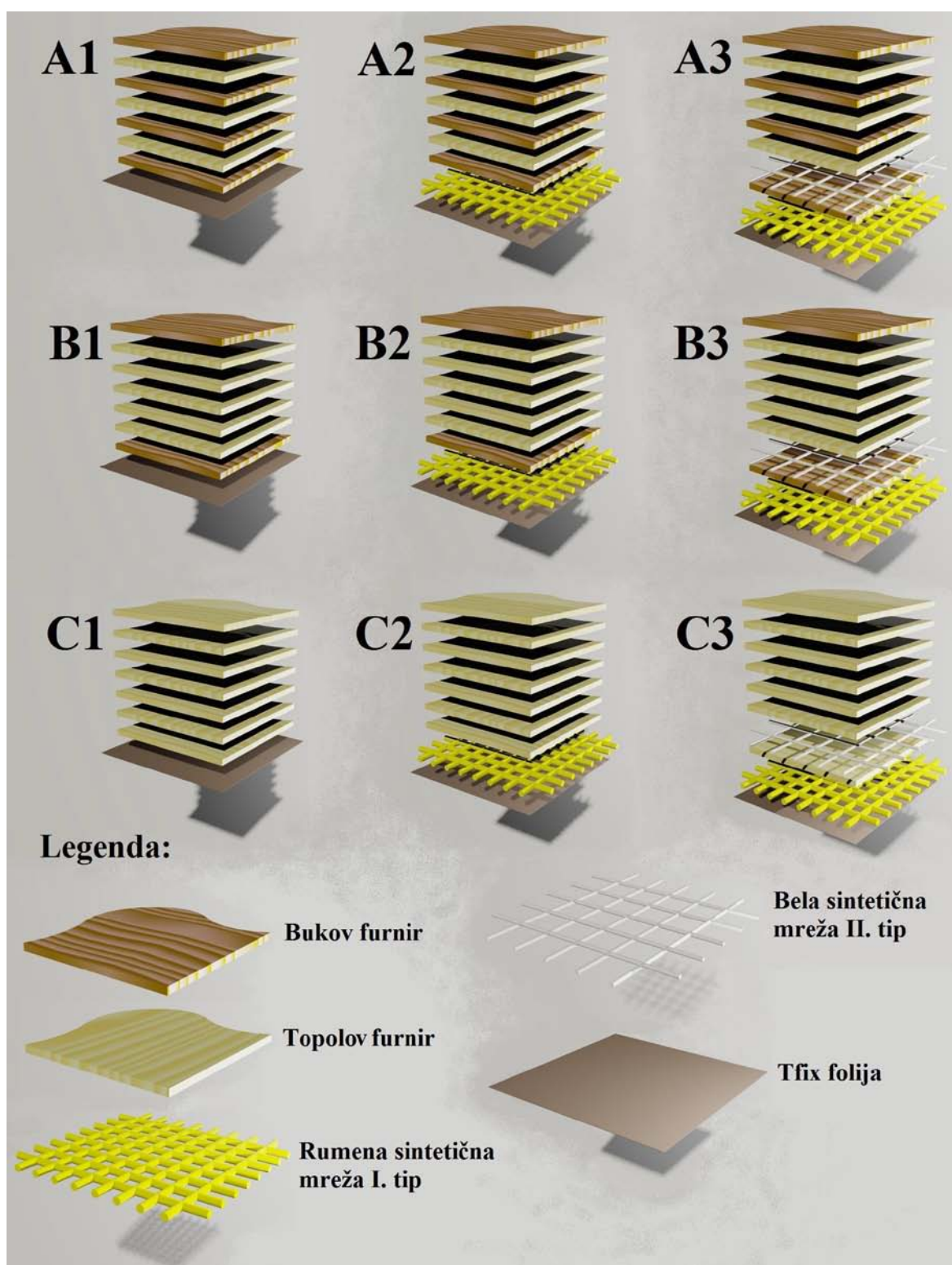
Sprva so steklena vlakna uporabljali v izolacijske namene, šele kasneje so odkrili tudi njihove mehanske odlike. Silicij, ki je glavni element v kemijski sestavi steklenega vlakna, nima prave točke utekočinjenja in se razgrajuje šele pri 2000°C . Ima tudi odlične izolacijske lastnosti, ne vpija vlage, ima visoke natezne in tlačne trdnosti in velik upogibni modul. Z nekaj izboljšavami so privedli stekleno vlakno do točke, ko bi ga lahko uporabljali skoraj povsod. Temu kljubujejo negativne lastnosti, kot so povzročanje srbenja kože, težko združevanje teh majhnih vlaken in po nekaterih raziskavah tudi možna rakotvornost. Dobre lastnosti steklenih vlaken so poznane, vprašanje je samo še kako jih združiti z odličnim lesnim materialom (Fiberglass, 2010).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 ZASNOVA RAZISKAVE

Začetna ideja v raziskavi je bila primerjati čim več različno sestavljenih furnirnih plošč iz bukovega in topolovega furnirja ter jim dodati čim več razpoložljivih primerov sintetičnih mrež. Zaradi časovne in finančne omejitve smo se odločili uporabiti devet različnih sestav furnirnih vezanih plošč (slika 2).

Le-te smo razdelili v tri glavne skupine, glede na sestavo furnirja. Znotraj teh skupin so bile po tri različne plošče glede na postavitev in vrsto vstavljene sintetične mreže. Furnir je bil luščen v podjetju JAVOR PIVKA. Vse plošče smo lepili z MUF lepilom MELDUR H97 proizvajalca Melamin Kočevje. Tfix folijo je izdelalo podjetje Coveright Surfaces Germany GmbH, sintetično mrežo pa podjetje P-D Glasseiden GmbH Oschatz. Vse plošče so imele enako število slojev in enako debelino furnirja. Iz plošč smo izžagali preskušance dolžine 350 mm in širine 50 mm ter jim izmerili upogibno trdnost in modul elastičnosti s tritočkovno obremenitvijo. Za lažje razumevanje vpliva mreže na upogibno trdnost furnirne plošče, smo natezno obremenili še sintetični mreži in ugotovili natezno trdnost.



Slika 3: Sestava izdelanih plošč

3.2 MATERIALI

3.2.1 Furnir

Upogibne preskušance smo izdelali iz bukovega in topolovega luščenega furnirja debeline 2,1 mm. Furnirne liste širine 600 do 700 mm in dolžine 1800 mm smo s paketnim čelilnim strojem razrezali na približno enakomerne kvadratne oblike s širino stranic 600 mm. Vlažnost furnirja je bila okoli 7 %. Furnir je bil predhodno sortiran in nespojen ter brez grč, razpok ali drugih velikih napak.

3.2.1.1 Bukev (*Fagus sylvatica* L.)

Bukov furnir je bil v celoti izdelan v podjetju JAVOR PIVKA d.d. Izdelan je bil po postopku predhodne termične obdelave in lupljenja. Natančno centrično luščenje, obrez na mokrih škarjah in pravilno sušenje nam je omogočalo lahko izbiranje kakovostnih listov za izdelavo preskušancev.

Bukov les ima rdečkasto belo barvo in je brez obarvane jedrovine. Bukev štejemo med difuzno porozne listavce. Pogosta napaka pri rasti bukve je rdečerjavo diskoloriran les v sredini debla imenovan »rdeče srce«. Za »rdeče srce« je značilno močno otiljenje trahej, kar otežuje impregnacijo. Kasni in rani les se ločita po barvi in gostoti. Najbolj značilna estetska razpoznavnost bukve so kot zrcalca ali temne črtice vidni tangencialni in radialni trakovi. Bukov les ima visoko gostoto ($\rho_0 = 490 - 880 \text{ g/m}^3$), je trd ter se zelo krči in nabreka. Glede na gostoto ima zelo dobre upogibne trdnostne lastnosti (vzporedno s potekom aksialnih elementov $105 - 120 \text{ N/mm}^2$) z nekoliko slabšim elastičnim modulom (vzporedno s potekom aksialnih elementov $14\,000 \text{ do } 16\,000 \text{ N/mm}^2$). Nezaščiten les je zelo podvržen okužbam z glivami in insekti. Prodaja se kot parjena ali neparjena hlodovina, žagan les, furnir in razni polizdelki. Iz masivnega lesa izdelujejo stopnice, opaže, parket, pohištvo itd. Iz sekancev ali manjših kosov se izdeluje iverne plošče, celulozo, oglje in kurivo. Kot furnir se uporablja predvsem za oplemenitenje ivernih in ostali plošč ali izdelavo vezanega lesa (Čufar, 2001).

3.2.1.2 Topol (*Populus ssp*)

Topolov furnir nam je priskrbelo podjetje JAVOR PIVKA d.d. Luščen je bil v Srbiji in posušen ter zapakiran v paletah pripeljan v Slovenijo. Kakovost tega furnirja je bila nekoliko slabša, vendar smo ga pred uporabo temeljito pregledali, sortirali in uporabili le najboljšega.

Topolov je okoli 100 vrst. Pri nas in v območju bivše Jugoslavije rastejo predvsem tri vrste: črni topol (*Populus nigra* L.), beli topol (*Populus alba* L.) in trepetlika (*Populus tremula* L.). Za potrebe lesne industrije se najbolj uporabljata beli topol in plantažno gojen evroameriški topol (*Populus euroamericana*), medtem ko se črni topol uporablja v manjših količinah (Mlakar, 1985).

Les topola je belosive ali svetlo rdeče in rjave barve. Pogosto je progast. Branike so pogosto vpadljivo široke. Tako po videzu kot tudi po lastnostih se ga lahko hitro zamenja za vrbovino. Odlikuje ga nizka gostota ($r_0 = 370 - 520 \text{ kg/m}^3$), majhen odstotek krčenja, lahka obdelava hitro sušenje in dobra impregniranost. Glavne pomanjkljivosti so pogosto vlaknata površina (tenzijski les), velika možnost nastanka pok, obarvanost površine in slaba odpornost proti atmosferilijam insektov in glivam. Največ se ga uporablja kot luščen furnir ali žagan les. Kot masivni les se ga uporablja za rezljanje, struženje, kot lesno volno, svinčnike, vžigalice, embalažo, za kemično predelavo in iverne plošče. Kot furnir se ga pa uporablja v letalstvu, embalaži in vezanem lesu (Čufar, 2001).

3.2.2 Lepilo

Vse plošče smo lepili z melamin-urea-formaldehidnim (MUF) lepilom blagovne znamke MELDUR H97. Pri lepljenju smo se držali navodil, ki jih je predpisal proizvajalec MELAMIN kemična tovarna d.d. Kočevje.

Lepilo MELDUR H97 se uporablja za vroče lepljenje lesa za vodoodporne izdelke E-1 emisijskega razreda. Prav tako je primerno v proizvodnem procesu, kjer imajo pred vročim stiskanjem tudi hladno predstiskanje.

MELDUR H97 je mlečno bela tekočina z okoli 63 % vsebnostjo suhe snovi. Njena viskoznost oziroma iztočni čas znaša 80 do 200 sekund (DIN čaša s premerom odprtine 4 mm pri 20 °C). Vsebnost prostega formaldehida je največ 0,5 %, pH vrednost pa med 9,2 in 9,5. Stabilnost pri 20 °C je dva meseca.

Meša se v razmerju 100 delov lepila MELDUR H97, 5 -7 delov ržene ali pšenične moke in en del katalizatorja (NH_4Cl ali 2 - 3 dele $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). V posodi se meša z električnim mešalcem 15 do 20 minut. Tako pripravljena mešanica je pri 20 °C stabilna 8 ur. Priporočajo dodajanje katalizatorja v prahu, saj se z dodatkom raztopine mešanici znižuje viskoznost, kar moramo nato uravnovesiti z dodajanjem polnila (moke), s čimer pa se poslabša vodoodpornost lepljencev. Priporočen nanos lepila je 180 - 250 g/m², razen pri lepljenju furnirja na iverne plošče, ko je priporočen nanos 100 - 200 g/m². Optimalna vlažnost lesa je med 6 in 12 %. Preveč suh oziroma preveč vlažen les lahko povzroči nepravilnosti pri lepljenju. Pri visokofrekvenčnemu lepljenju je potrebno povečati količino katalizatorja, ki pa jo je potrebno optimizirati. Lepilni spoj utrjujemo pri 125 -135 °C in tlaku 1,8 - 2,5 N/mm². Po nanosu lepila znaša odprti čas 15 - 30 minut pri 25 °C. Čas stiskanja izračunamo po enačbi (1):

$$t_s = \frac{d}{2} \times k + t_o + t_d \quad \dots (1)$$

- t_s (min) - čas stiskanja,
- d (mm) - nazivna debelina lepljenca,
- t_o (min) - osnovni čas (2 min),
- t_d (min) - dodatni čas za taljenje melaminske smole v Tfix-u in sintetični mreži (5 min).
- k (1min/mm) – čas v minutah za prehod toplote skozi lepljenec debeline 1 mm

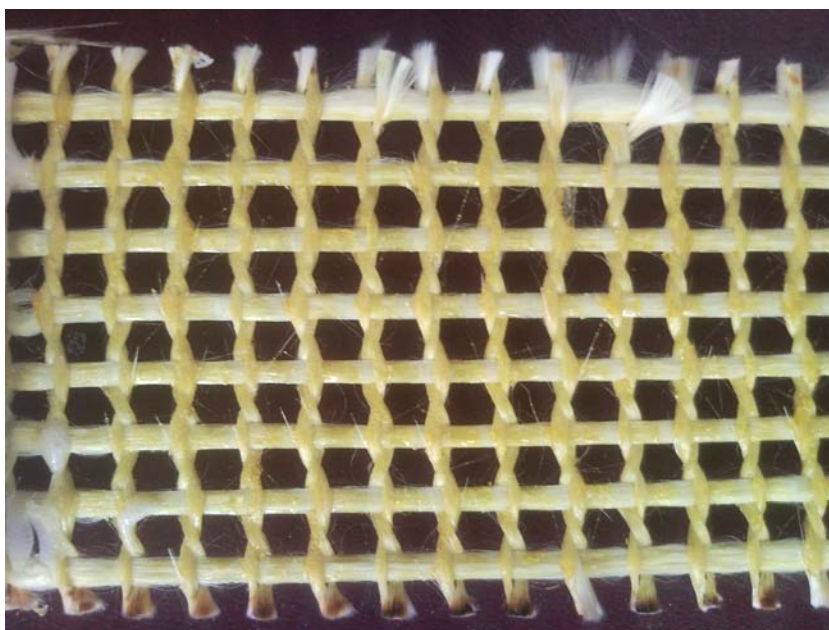
MELDUR H97 vedno vsebuje nekaj prostega formaldehida. Ta se pri lepljenju sprošča kot plin, ki draži sluznico in občutljivo kožo ter lahko pri občutljivih ljudeh povzroči neprijetna vnetja. Temu se izognemo s prezračevanjem prostorov, rednim umivanjem rok, uporabo zaščitnih krem in zaščitnih sredstev (rokavice, predpasniki) (Melamin Kočevje d.d., 2002).

3.2.3 Tfix smola

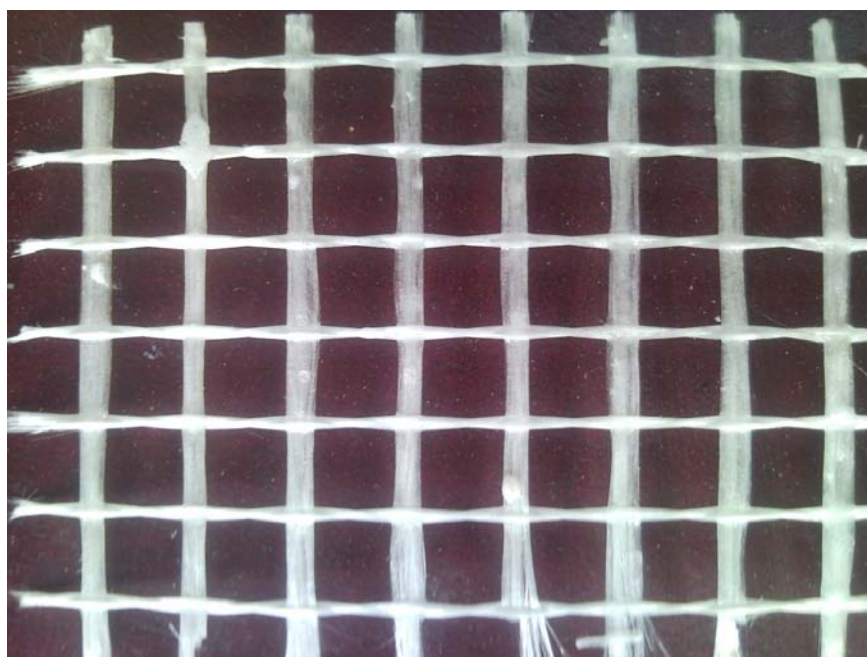
Tfix smola je ime blagovne znamke proizvajalca Coveright Surfaces Germany GmbH. V osnovi je folija sestavljena iz fenolne smole in ima pod povišano temperaturo lepilno funkcijo. Je rjave barve, se ne lepi na kovino (neporozen material) in je krhkih lastnosti. Zlahka jo raztrgamo, zato delo z njo zahteva veliko previdnosti. Na furnirne plošče jo lepimo z namenom vodoodbojnosti in povečanja obrabne trdnosti. Z vtisom raznih oblik ploščo naredimo manj drsečo. V primeru naše raziskave nam je preprečevala tudi lepljenje sintetične mreže s ploščo stiskalnice.

3.2.4 Sintetična mreža

Sintetične mreže, ki smo jih uporabili pri izdelavi plošč, so bile izdelane iz steklenih vlaken v podjetju P-D Glasseiden GmbH Oschatz. Namensko so bile izdelane za armiranje stavbnih fasad. Uporabili smo dva tipa mreže. Prvi tip mreže (slika 4) z bolj gostim pletenjem (8 vzdolžnih prej na širini 50 mm), večjo gostoto (600 g/m^2) in z impregnacijo z rumeno melaminsko smolo, smo dodajali samo na zunanji sloj furnirne plošče. Drugi tip mreže (slika 5) z redkejšim pletenjem (7 vzdolžnih prej na širini 50 mm), manjšo gostoto (80 g/m^2) in brez impregnacije pa smo dodajali le med zunanji in naslednji sloj furnirne plošče.



Slika 4: Sintetična mreža tip I (rumena mreža)



Slika 5: Sintetična mreža tip II (bela mreža)

3.3 METODE

3.3.1 Izdelava preskušancev

Vsi materiali, ki smo jih uporabili pri izdelavi plošč, so bili vzeti iz proizvodnje vezanih plošč podjetja JAVOR PIVKA PC VEZANE PLOŠČE. Glede na razpoložljivo opremo in rezultate preliminarne raziskave smo se odločili, da bomo izdelali 6 plošč enake sestave, iz katerih bomo izžagali 9 preskušancev. Skupno smo torej izdelali 54 plošč oziroma 486 preskušancev.

Najprej smo vsakemu listu furnirja izmerili širino in dolžino, da smo lahko izračunali količino lepila za nanos. Za tem smo izmerili še debelino furnirja na vseh štirih vogalih.

Za lepljenje smo uporabili lepilo MELDUR H97. Lepilno mešanico smo pripravili v razmerju smola:moka:katalizator = 100:6:1,5. Kot moko smo uporabili pšenično moko tip 500 proizvajalca Mlinotest Ajdovščina, kot katalizator pa NH_4Cl . Mešanico (2000 g smole, 120 g moke in 30 g katalizatorja v prahu) smo pripravili za vsako sestavo plošče posebej. Vsak list furnirja smo posebej postavili na tehtnico in nanj razlili 46 g lepilne mešanice, kar je ustrezalo nanosu 200 g/m^2 . Lepilno mešanico smo ročno enakomerno razporedili po površini z zobato lopatico. Sintetične mreže in Tfix folije smo z ostrim nožem razrezali na dimenzije $480 \text{ mm} \times 480 \text{ mm}$ in jih brez dodatnega nanašanja lepila polagali na furnir. Dokončno sestavljene plošče smo vstavili v stiskalnico in jih stiskali 14 minut pri specifičnem tlaku $0,9 \text{ N/mm}^2$ in temperaturi 131°C . Nato smo plošče založili eno na drugo, jih obtežili in 10 dni kondicionirali pri 20°C .

Pri podobnih pogojih smo zlepili tudi preskušance za ugotavljanje natezne trdnosti sintetične mreže (slika 6).

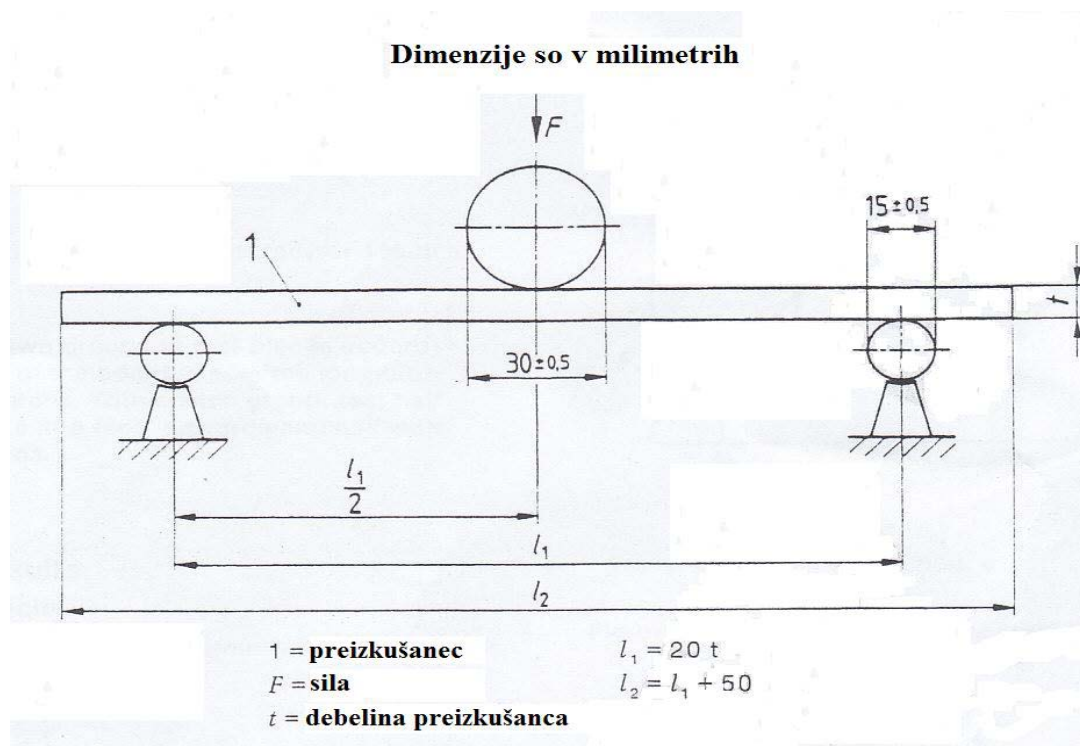


Slika 6: Preskušanci za ugotavljanje natezne trdnosti sintetične mreže

3.3.2 Ugotavljanje mehanskih lastnosti

3.3.2.1 Ugotavljanje mehanskih lastnosti plošč

Preskušance dimenzij 350 mm x 50 mm smo po standardu SIST EN 310 obremenili tritočkovno na upogib (slika 7). Testiranja so potekala v laboratoriju Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani na stroju Zwick Z100 (slika 8).



Slika 7: Izvedba preskusa upogibne obremenitve preskušanca po standardu SIST EN 310



Slika 8: Univerzalni testirni stroj Zwick Z100

Pred postavitvijo preskušanca na podpore smo vsakemu natančno izmerili debelino in širino ter ju vpisali v program Zwick/Roell testXpert II, s katerim smo upravljali stroj in ugotavljali mehanske lastnosti. Upogibno trdnost smo izračunali po enačbi (2) in elastični modul po enačbi (3):

$$f_m = \frac{3 * F_{max} * l_1}{2 * b * l_1} \quad \dots(2)$$

$$E_m = \frac{l_1^3 * (F_2 - F_1)}{4 * b * t^3 * (a_2 - a_1)} \quad \dots(3)$$

- F_{max} (N) - maksimalna sila,
- f_m (N/mm²) - upogibna trdnost,
- l_1 (mm) - dolžina med centroma podpornikov,
- b (mm) - širina preskušanca,
- t (mm) - debelina preskušanca,
- E_m (N/mm²) - elastični modul,
- $F_2 - F_1$ (N) - povečanje obremenitve med dvema točkama meritev, F_1 je pri približno 10 % največje dosežene obremenitve, F_2 pa pri približno 40%,
- $a_2 - a_1$ (mm) - poves oziroma razlika v uklonu preskušanca, merjen na sredini dolžine preskušanca v istih točkah kot F_2 in F_1 .

3.3.2.2 Ugotavljanje mehanskih lastnosti sintetične mreže

Na istem testirnem stroju, le z drugačno postavitvijo prijemal (slika 9), smo natezno obremenili obe uporabljeni vrsti sintetičnih mrež. Najprej smo poskušali obremeniti le zlepljene preskušance s topolovim furnirjem (slika 10), vendar smo se kasneje zaradi neprimerljivih podatkov poslužili ugotavljanja natezne trdnosti z obremenitvijo posameznih prej (slika 11). Le-te so sestavljene iz skupka več manjših vlaken (slika 12). Pri uporabljenem načinu preskušanja smo uporabili po dve nepleteni vzdolžni preji in dve pleteni prečni preji rumene sintetične mreže ter dve nepleteni vzdolžni in dve pleteni prečni preji bele sintetične mreže.



Slika 9: Vpet preskušanelec iz sintetične mreže pred natezno obremenitvijo

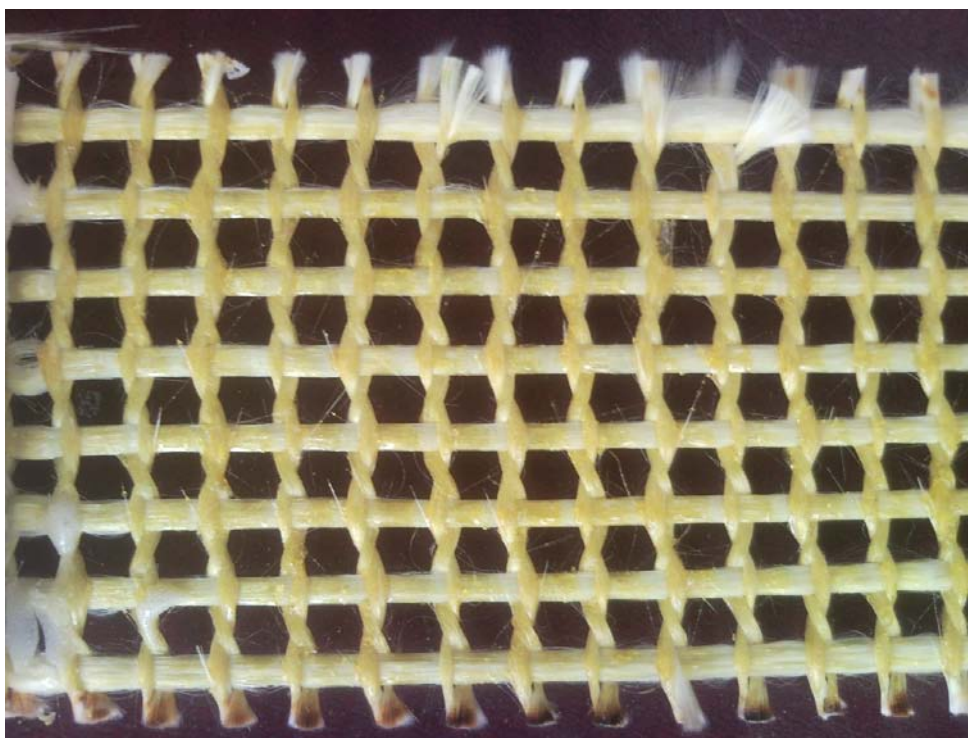


Slika 10: Preskušanelec iz sintetične mreže po natezni obremenitvi



Slika 11: Prikaz vpetja posamezne preje v čeljusti stroja Zwick Z100

Različna usmerjenost vlaken preje je posledica pletenja mreže. V prečno smer je mreža drugače pletena kot v vzdolžno (slika 12). Kot izhodne podatke testiranja smo uporabili največjo doseženo silo, čas do loma in raztezek.



Slika 12: Pletenost fasadnih sintetičnih mrež

3.3.3 Ugotavljanje gostote plošč

Iz preskušancev za ugotavljanje upogibnih lastnosti smo izžagali manjše preskušance z dimenzijami 50 mm x 50 mm, jih klimatizirali v standardni klimi pri temperaturi 20 °C in 65 % relativni zračni vlažnosti. Nato smo jih stekali in jim izmerili dimenzije ter v skladu s standardom SIST EN 323 ugotovili gostoto po enačbi (4):

$$\delta = \frac{m}{b_1 * b_2 * t} * 10^6 \quad \dots(4)$$

- δ (kg/m³) - gostota preskušanca,
- m (g) - masa preskušanca,
- b_1 (mm) - dolžina preskušanca,
- b_2 (mm) - širina preskušanca,
- t (mm) - debelina preskušanca.

4 REZULTATI

4.1 UPOGIBNA TRDNOST IN MODUL ELASTIČNOSTI PLOŠČ

Lastnosti kot so upogibna trdnost, modul elastičnosti in gostota plošč, so odvisne od sestave, torej od deleža bukovega oziroma topolovega furnirja, vrste in deleža sintetične mreže ter od mesta nahajanja teh sestavnih delov v furnirni plošči. Z meritvami smo prišli do rezultatov, ki smo jih prikazali za vsako sestavo plošč posebej. V preglednicah v nadaljevanju so podane povprečne vrednosti, najmanjše in največje dosežene vrednosti, standardni odklon ter koeficient variacije za upogibno trdnost, modul elastičnosti in gostoto uporabljenih preskušancev, ki so bili orientirani vzdolžno in prečno v plošči. Nekateri vizualni ugotovitve in razlike so prikazane s slikami. Rezultati za posamezne preskušance so prikazani v prilogah.

4.1.1 Sestava plošče A

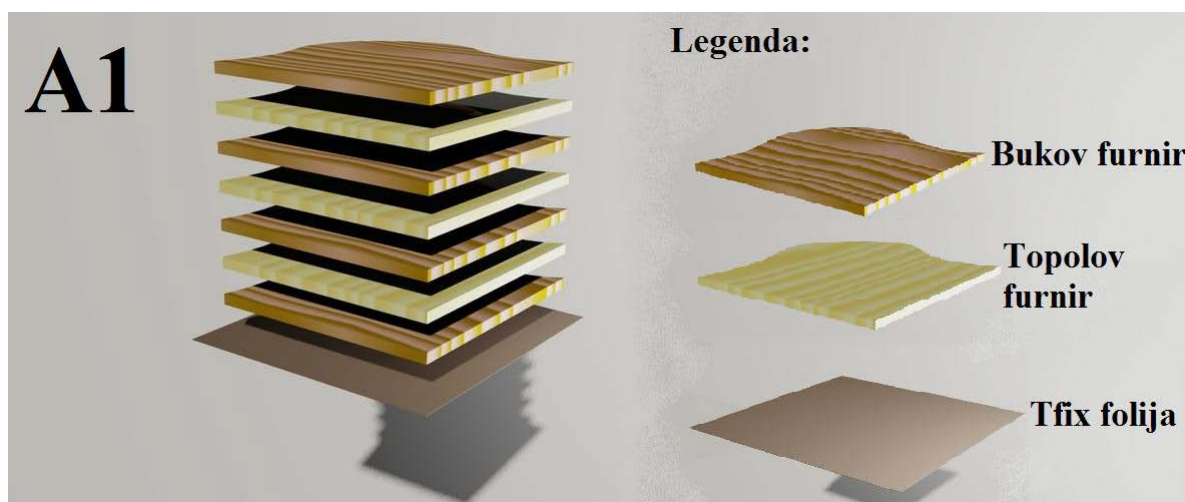
Sestava plošče A je bila osnova za lepljenje sestav plošč A1, A2, in A3. Listi furnirja so bili zlepljeni po sistemu »combo«, torej je vsakemu furnirju iz bukovine sledil furnir iz topolovine. Zunanja sloja plošče sta bila vedno iz bukve. Znotraj te sestave smo vstavili dve različni sintetični mreži na dva različna načina (sestavi A2 in A3). Za primerjavo smo zlepili tudi primer plošč brez sintetične mreže (sestava A1).

4.1.1.1 Sestava plošče A1

Lastnosti preskušancev sestave A1 (slika 13) so prikazane v preglednici 2. Podobne lastnosti med preskušanci dokazuje majhen koeficient variacije. Izjema je le upogibna trdnost preskušancev s prečno usmeritvijo vlaken zunanjega bukovega sloja. Te večje razlike gre pripisati slabši mehanski kakovosti vzdolžno usmerjenega topolovega furnirja, ki prevzame glavno nosilno vlogo pri tako orientirani plošči.

Preglednica 2: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev A1

A1	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	85,3	8848	657	34,8	3598	631
Najmanjša vrednost	78,5	7998	625	28,8	3196	596
Največja vrednost	96,6	9777	681	44,4	3946	660
Standardni odklon	4,4	450	14	3,9	205	15
Koeficient variacije (%)	5,2	5,1	2,1	11,3	5,7	2,4



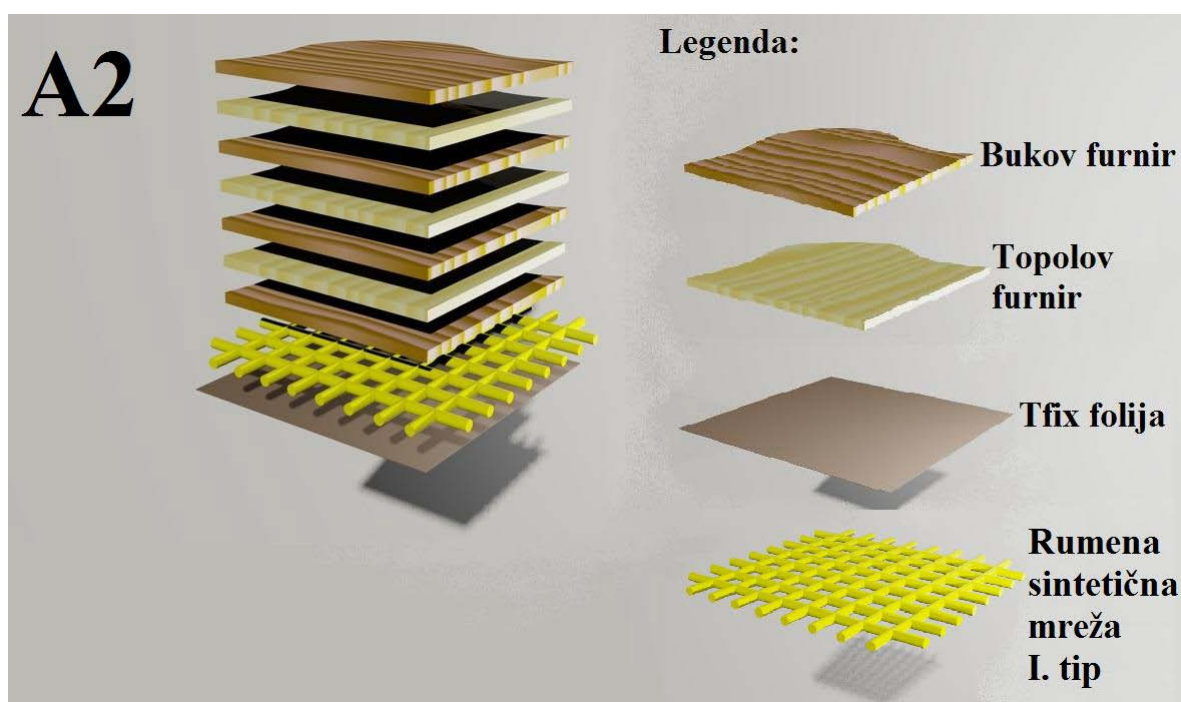
Slika 13: Sestava preskušancev iz plošče A1

4.1.1.2 Sestava plošče A2

Preglednica 3 prikazuje lastnosti preskušancev sestave A2 (slika 14), ki so podobne kot v primeru sestave A1. Pri vzdolžno usmerjenem zunanjem sloju furnirja se prisotnost sintetične mreže ne pozna pri mehanskih lastnostih, medtem ko pri prečno usmerjenem vidno pripomore tako k upogibni trdnosti kot tudi k modulu elastičnosti.

Preglednica 3: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev A2

A2	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	81,4	8385	681	47,2	4113	648
Najmanjša vrednost	71,3	7477	634	39,8	3602	631
Največja vrednost	93,4	9416	710	53,5	4657	698
Standardni odklon	5,8	612	19	3,4	299	14
Koeficient variacije (%)	7,2	7,3	2,8	7,3	7,3	2,2



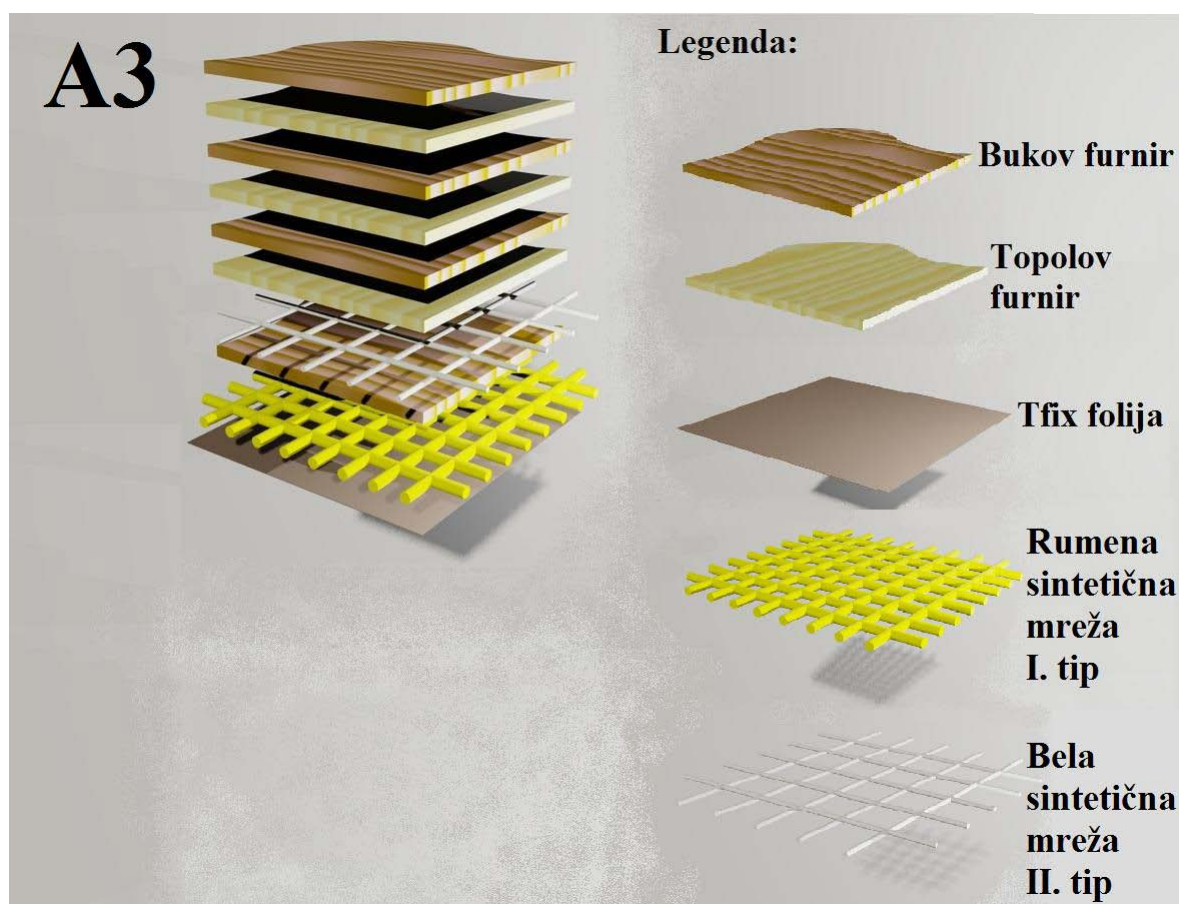
Slika 14: Sestava preskušancev iz plošče A2

4.1.1.3 Sestava plošče A3

Velik koeficient variacije elastičnega modula pri prečni usmeritvi zunanjega sloja furnirja v plošči s sestavo A3 (preglednica 4 in slika 15) pripisujemo slabemu lepilnemu spoju na mestu prisotnosti bele sintetične mreže.

Preglednica 4: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev A3

A3	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	76,9	8711	660	43,0	3555	645
Najmanjša vrednost	71,6	7615	617	37,0	3010	621
Največja vrednost	85,4	9398	684	49,9	4601	669
Standardni odklon	3,2	502	16	3,1	411	14
Koeficient variacije (%)	4,1	5,8	2,4	7,3	11,6	2,2



Slika 15: Sestava preskušancev iz plošče A3

4.1.2 Sestava plošče B

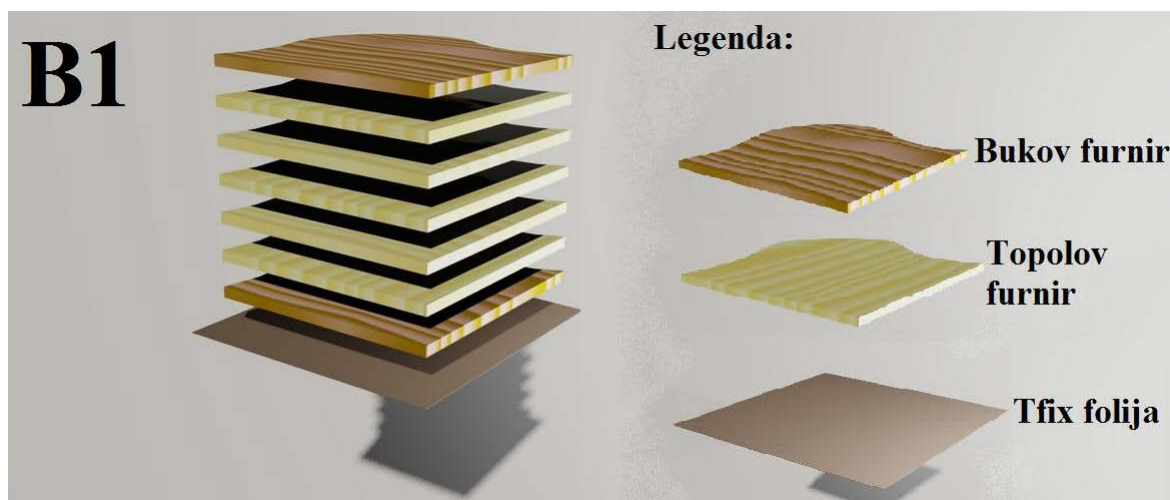
Osnovna sestava plošč B (B1, B2 in B3) je bila lepljena po sistemu »sendvič«, na obeh zunanjih straneh je bil vedno furnirni sloj iz bukovine, vsi ostali furnirni sloji pa so bili iz topolovine. Ravno tako kot pri sestavah A, smo imeli tudi znotraj sestav B primerjalne preskušance sestave B1 in dve različni sestavi z dvema različnima sintetičnima mrežama (sestavi B2 in B3).

4.1.2.1 Sestava plošče B1

V preglednici 5 so predstavljene lastnosti plošče s sestavo B1 (slika 16). Primerjava vzdolžno usmerjenih preskušancev sestave B s sestavo A nam nakazuje prve ocene o večji trdnosti sestave A, zaradi večjega deleža mehansko trdnjšega bukovega furnirja. Kljub temu je glavna prednost plošče sestave B nižja teža; gostota sestave plošče B je v povprečju za skoraj 100 kg/m^3 manjša od gostote sestave plošče A.

Preglednica 5: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev B1

B1	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	75,7	8603	569	37,4	3485	575
Najmanjša vrednost	67,7	7619	538	28,3	2740	523
Največja vrednost	81,8	9640	626	47,2	4218	615
Standardni odklon	3,7	601	18	5,0	331	27
Koeficient variacije (%)	4,9	7,0	3,2	13,4	9,5	4,7



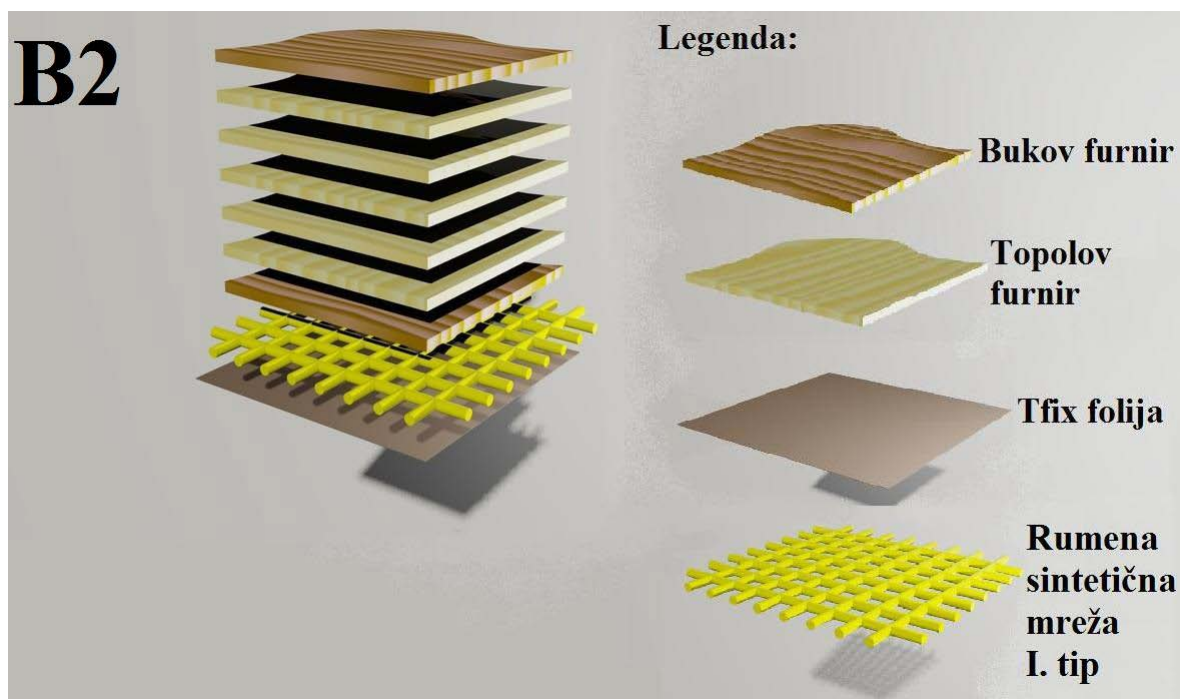
Slika 16: Sestava preskušancev iz plošče B1

4.1.2.2 Sestava plošče B2

V preglednici 6 so prikazane lastnosti sestave plošče B2 (slika 17). Razvidni so veliki standardni odkloni in koeficienti variacije. Vrednosti upogibne trdnosti in elastičnega modula so podobne kot pri sestavi B1. To dokazuje, da rumena sintetična mreža ni imela želenih učinkov na mehanske lastnosti plošče. Razlog za to je slab oprijem in vtis le-te v zunanji bukov furnir (slika 18).

Preglednica 6: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev B2

B2	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	68,7	7897	572	41,2	3651	577
Najmanjša vrednost	60,3	7079	523	28,2	2976	515
Največja vrednost	83,4	8932	653	52,7	4587	645
Standardni odklon	7,3	519	49	6,1	376	23
Koeficient variacije (%)	10,6	6,6	8,5	14,7	10,3	4,0



Slika 17: Sestava preskušancev iz plošče B2



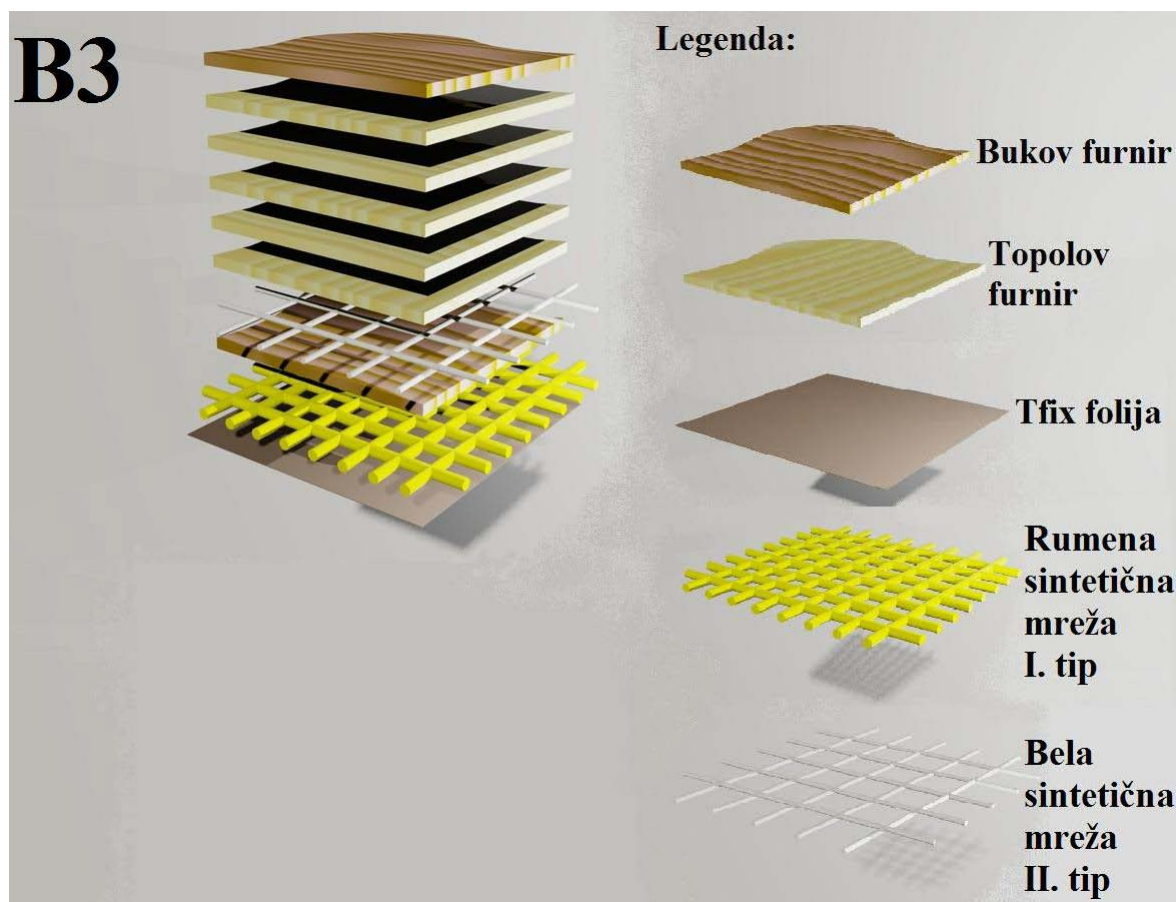
Slika 18: Detajl preloma preskušanca sestave B2 pri obremenitvi na upogib

4.1.2.3 Sestava plošče B3

Sestava plošče B3 (slika 19) je prinesla zelo spodbudne rezultate za prečno usmerjene preskušance (preglednica 7). Elastični modul in zlasti upogibna trdnost teh preskušancev sta bila v primerjavi s sestavama B1 in B2 znatno večja. Pri vzdolžno usmerjenih preskušancih takega izboljšanja mehanskih lastnosti nismo ugotovili. Večjo upogibno trdnost in elastični modul prečno usmerjenih preskušancev sestave plošče B3 pripisujemo ojačitvi drugega notranjega furnirja z bolj zlepljeno in vtisnjeno belo sintetično mrežo v topolov furnir.

Preglednica 7: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev B3

B3	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	68,8	7707	561	50,7	4154	606
Najmanjša vrednost	63,6	7141	532	43,0	3419	544
Največja vrednost	76,6	8277	629	58,7	4778	648
Standardni odklon	2,8	262	22	5,3	474	28
Koeficient variacije (%)	4,1	3,4	3,9	10,4	11,4	4,6



Slika 19: Sestava preskušancev iz plošče B3

4.1.3 Sestava plošče C

Osnovna sestava plošče C (C1, C2 in C3) je bila lepljena samo iz topolovega furnirja. Posledica tega so nizke vrednosti gostote, kar je po eni strani nedvomno prednost. Preskušali smo primerjalne sestave plošče C1 in dve različni sestavi z dvema različnima sintetičnima mrežama (C2 in C3).

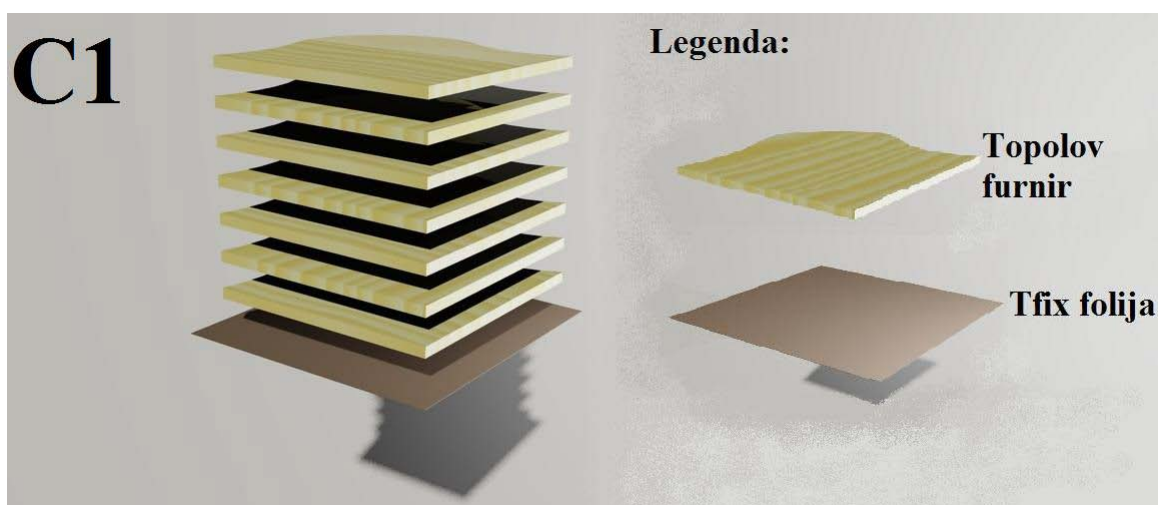
4.1.3.1 Sestava plošče C1

Za preskušance iz plošče C1, ki je bila brez sintetične mreže (slika 20), lahko ugotovimo (preglednica 8) zelo nizko gostoto v primerjavi s prejšnjimi sestavami plošč. Gostota sestave plošče C je tudi za več kot 100 kg/m^3 manjša kot gostota sestave plošče B. Prav tako lahko ugotovimo manjše vrednosti upogibnih trdnosti in elastičnih modulov pri

vzdolžno usmerjenih preskušancih. V prečno usmerjenih preskušancih so te vrednosti primerljive s prejšnjimi sestavami (A in B), zaradi vzdolžno orientiranega topolovega furnirja v vseh sestavah.

Preglednica 8: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev C1

C1	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	55,1	6237	468	34,1	3102	471
Najmanjša vrednost	35,2	4740	405	23,8	2418	408
Največja vrednost	65,5	7690	504	45,1	3786	519
Standardni odklon	7,9	884	29	6,2	388	35
Koeficient variacije (%)	14,3	14,2	6,1	18,3	12,5	7,4



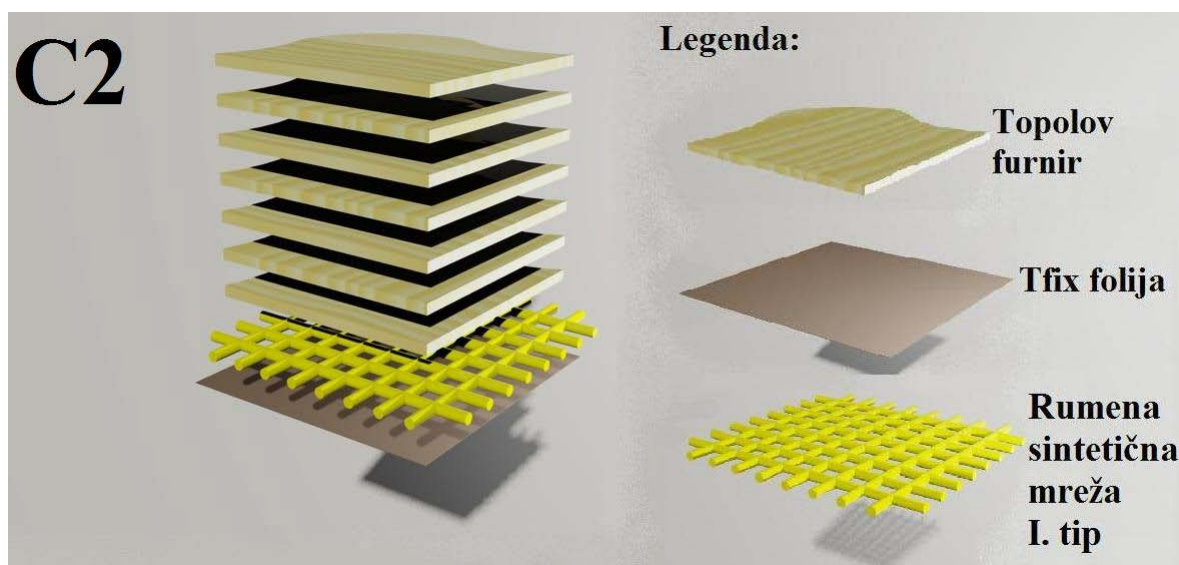
Slika 20: Sestava preskušancev iz plošče C1

4.1.3.2 Sestava plošče C2

Sestava plošče C2 je bila, kot že omenjeno, sestavljena iz topolovega furnirja in ene plasti sintetične mreže (slika 21). Da je bila le-ta dobro vtisnjena in zlepljena v vrhnji topolov furnir, nam kažejo vrednosti upogibne trdnosti in modula elastičnosti v preglednici 9. Vrednosti so nekoliko višje kot pri sestavi plošče C1.

Preglednica 9: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev C2

C2	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	55,8	6496	488	37,9	3339	464
Najmanjša vrednost	45,9	5473	427	32,8	3026	437
Največja vrednost	65,6	7449	537	42,7	3640	512
Standardni odklon	5,7	566	36	2,4	155	19
Koeficient variacije (%)	10,2	8,7	7,4	6,4	4,6	4,1



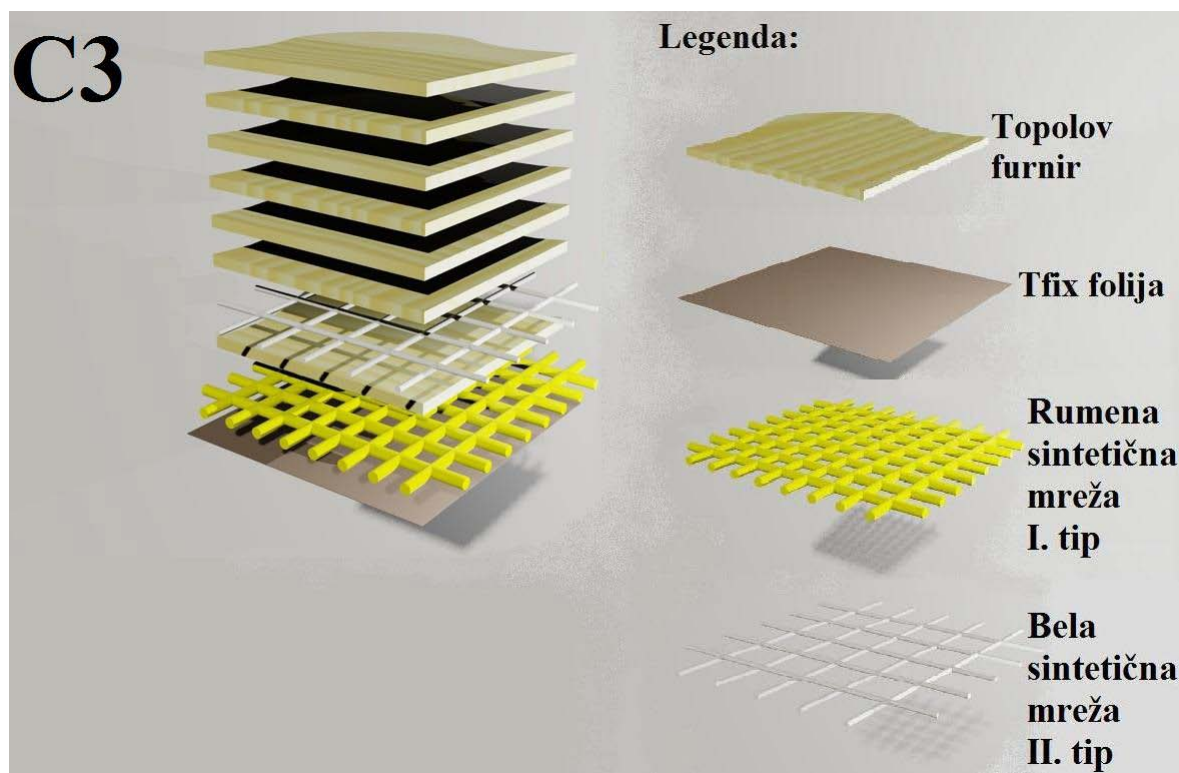
Slika 21: Sestava preskušancev iz plošče C2

4.1.3.3 Sestava plošče C3

V preglednici 10 so prikazani rezultati mehanskih testov, ki nakazujejo na neučinkovitost notranje mreže v sestavi plošče C3 (slika 22). Vse vrednosti so manjše kot v ostalih dveh primerih plošč (C1 in C2), kar pripisujemo slabi trdnosti bele sintetične mreže in zaradi njene prisotnosti tudi slabšemu lepilnemu spoju.

Preglednica 10: Rezultati povprečnih meritev upogibne trdnosti, modula elastičnosti in gostote preskušancev C3

C3	Vzdolžno usmerjen zunanji sloj			Prečno usmerjen zunanji sloj		
	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)	f_m (N/mm ²)	E_m (N/mm ²)	δ (kg/m ³)
Aritmetična sredina	45,7	5257	450	37,0	3085	449
Najmanjša vrednost	40,2	4507	427	32,4	2707	428
Največja vrednost	50,2	5839	485	43,7	3518	478
Standardni odklon	2,6	371	14	2,7	203	13
Koeficient variacije (%)	5,7	7,1	3,0	7,3	6,6	2,9



Slika 22: Sestava preskušancev iz plošče C3

4.2 NATEZNA TRDNOST SINTETIČNE MREŽE

Z natezno obremenitvijo uporabljenih sintetičnih mrež smo poskušali pojasniti vpliv mreže na upogibno trdnost in modul elastičnosti furnirne plošče. Ti podatki so uporabni le ob točno določenih vrstah sintetičnih mrež, kajti natezne trdnosti steklenih vlaken zaradi prezahtevnega merjenja preseka preje nismo ugotavljali.

V prvem preskusu smo se odločili za obremenitev 5 cm širokega traka bele in rumene sintetične mreže, ki smo jo uporabili tudi v furnirnih ploščah. Z namenom lažjega vpenjanja preskušanca v testirni stroj, so bili trakovi mrež na obeh koncih zlepljeni med dva lista topolovega furnirja (slika 23). Zaradi dvomov, da s tem preskusom ne bi dobili želenih informacij (zaradi neenakomerne obremenitve na vse niti v mreži), smo nato natezno obremenili še vsako prejo mreže posebej.



Slika 23: Izgled preskušanca nateznih trdnosti sintetične mreže

4.2.1 Natezna obremenitev sintetične mreže

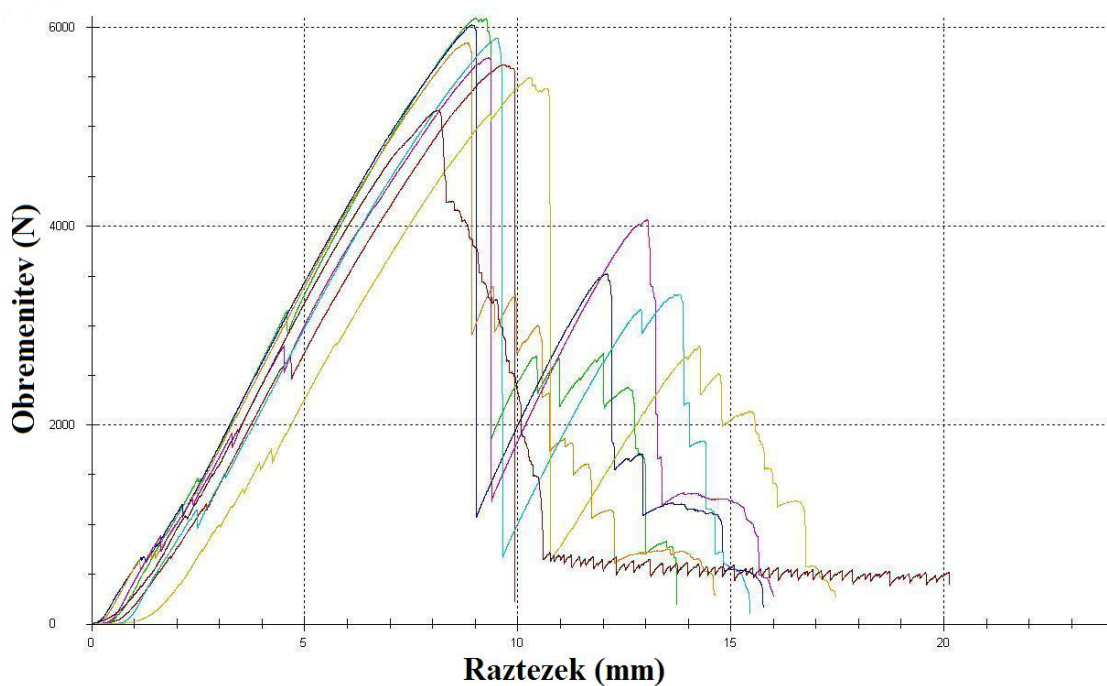
4.2.1.1 Natezna obremenitev rumene sintetične mreže I. tipa

Glede na rezultate natezne obremenitve rumene sintetične mreže I. tipa impregnirane z melaminsko smolo lahko ugotovimo (preglednica 11), da sta standardni odklon in koeficient variacije majhna. Povprečna dosežena sila na eno prejo v mreži je znašala 716 N. Podatek nam približno pove kolikšno obremenitev naj bi prenesla ena preja, vendar pa zaradi neenakomerne porazdelitve obremenitev na vse preje (zamaknjenost vlaken in vzorca) ne moremo trditi, da je relevanten.

Preglednica 11: Rezultati meritev pri natezni obremenitvi rumene sintetične mreže I. tipa

Številka preskušanca	Dosežena maks. sila (N)
1	5624
2	6090
3	6025
4	5841
5	5695
6	5889
7	5492
8	5166
Najmanjša vrednost	5166
Največja vrednost	6090
Povprečna vrednost	5728
Standardni odklon	302,7
Kvociient variacije (%)	5,3
Povprečna dosežena sila na prejo (8 prej v 5 cm mreže)	716

Na sliki 24 je razvidno, da so vse mreže dosegle največjo doseženo silo pri raztežku okoli 10 mm. Kasnejša nihanja v grafu so nastala pri lomu preostalih vlaken, ki niso bila predhodno obremenjena.



Slika 24: Grafični prikaz največje dosežene natezne obremenitve v odvisnosti od raztezka vseh preskušancev iz rumene sintetične mreže I. tipa

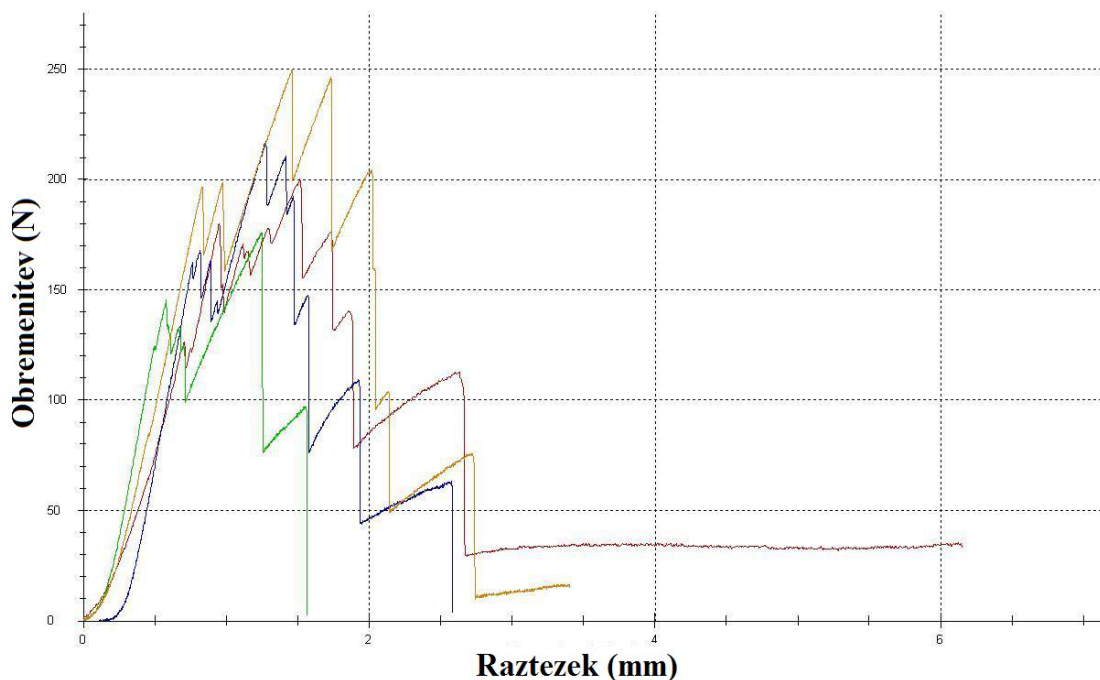
4.2.1.2 Natezna obremenitev bele sintetične mreže II. tipa

V preglednici 12 so rezultati nateznih obremenitev bele sintetične mreže II. tipa brez impregnacije. Opazimo lahko, da so vrednosti znatno manjše od vrednosti rumene sintetične mreže. Povprečna dosežena sila na eno prejo v mreži je znašala 30 N. Čeprav ne poznamo razlike v številu in presečni površini vlaken, lahko trdimo, da k natezni trdnosti mreže veliko pripomore melaminska smola, s katero je bila impregnirana rumena sintetična mreža I. tipa.

Preglednica 12: Rezultati meritev pri natezni obremenitvi bele sintetične mreže II. tipa

Številka preskušanca	Dosežena maks. sila (N)
1	200
2	176
3	217
4	250
Najmanjša vrednost	176
Največja vrednost	250
Povprečna vrednost	211
Standardni odklon	31,1
Kvociient variacije (%)	14,8
Povprečna dosežena sila na prejo (7 prej v 5 cm mreže)	30

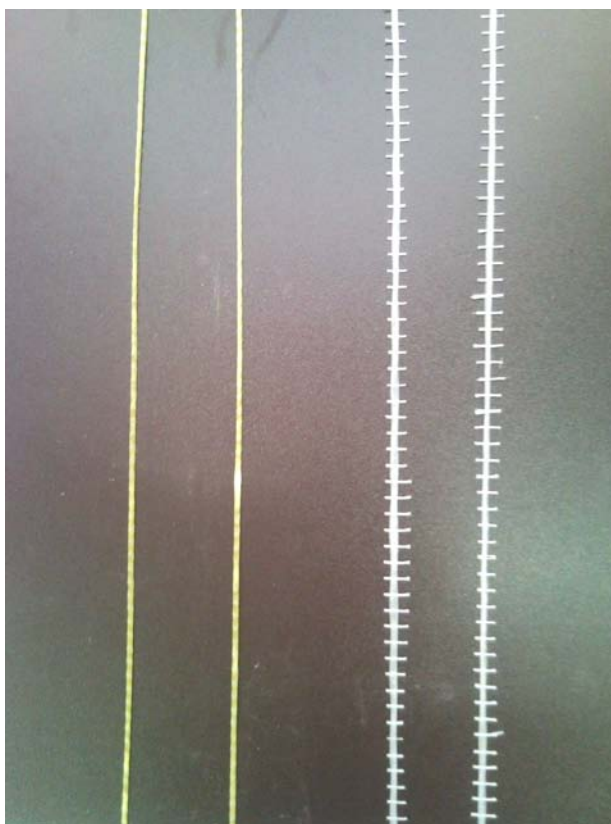
Slabše lastnosti bele sintetične mreže so grafično prikazane na sliki 25. Bela sintetična mreža II. tipa se je vedno pretrgala preden je dosegla raztezek 2 mm.



Slika 25: Grafični prikaz največje dosežene natezne obremenitve v odvisnosti od razteza vseh preskušancev iz bele sintetične mreže II. tipa

4.2.2 Natezna obremenitev posamezne preje iz sintetične mreže

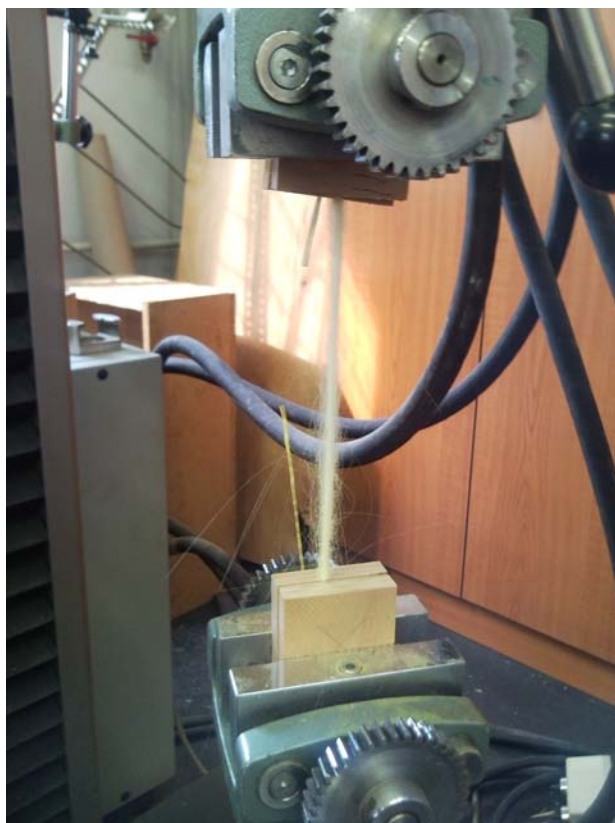
Sintetične mreže uporabljene v tej nalogi so bile različno pletene, in sicer prečno ali vzdolžno. Zato smo iz posameznega tipa mreže izrezali po dve ravni-vzdolžni (slika 26) in dve sukani-prečni preji (slika 27). V sukani preji smo pustili odrezane koščke ravne preje, ki poteka skozi sukano prejo. Šest preskušancev oziroma prej smo nato natezno obremenili (slika 28).



Slika 26: Ravni-vzdolžni preji rumene sintetične mreže I. tipa in ravni-vzdolžni preji bele sintetične mreže II. tipa



Slika 27: Sukani-prečni preji rumene sintetične mreže I. tipa in sukani-prečni preji bele sintetične mreže II. tipa



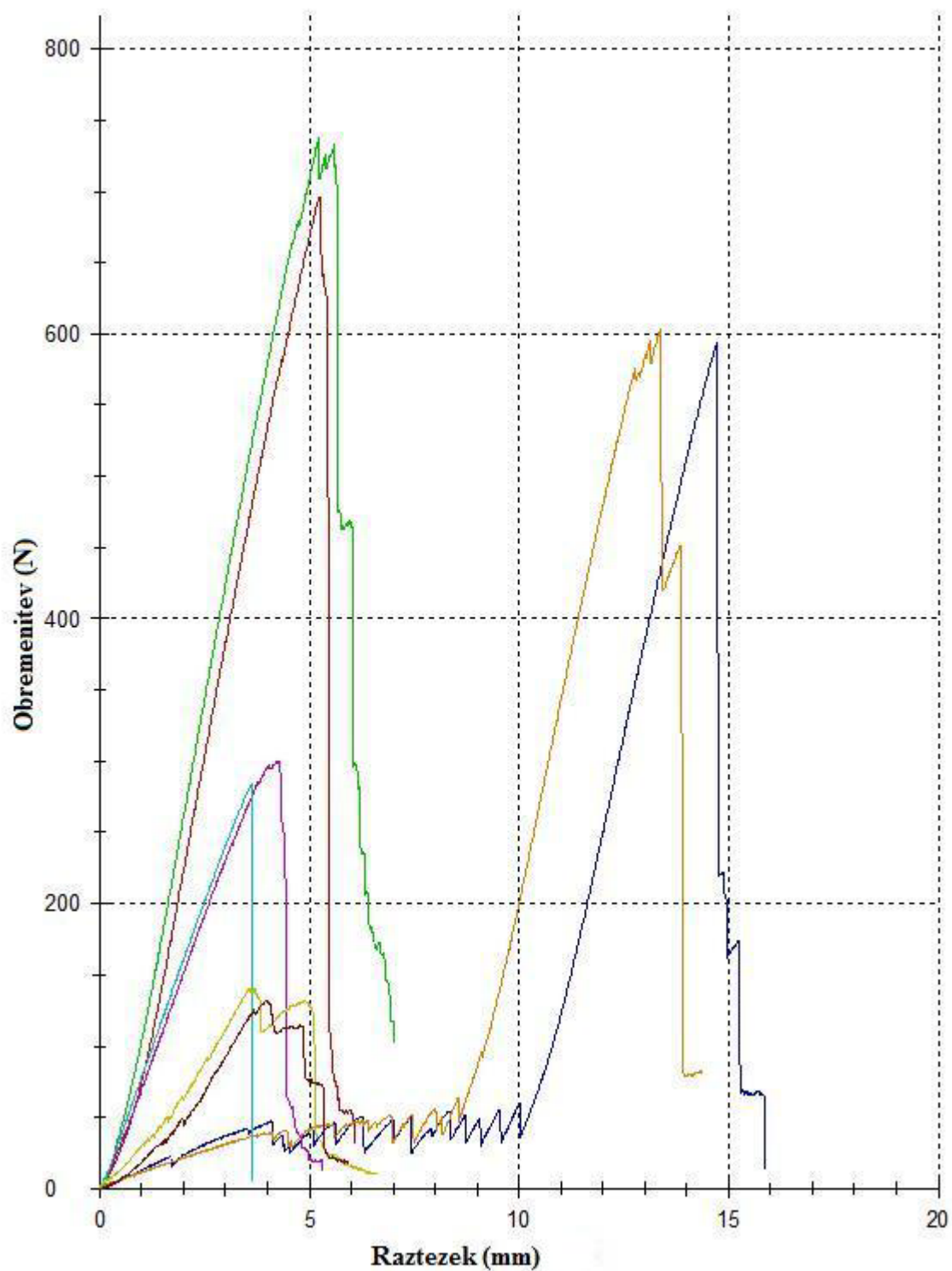
Slika 28: Preja rumene sintetične mreže II. tipa med dosegom največje natezne obremenitve

Rezultati, ki so podani v preglednici 13, kažejo mnogo večjo sposobnost prenašanja natezne obremenitve preje iz rumene sintetične mreže. Prav tako lahko ugotovimo, da sukana vlakna prenesejo manjše natezne obremenitve kot ravna.

Preglednica 13: Rezultati meritev pri natezni obremenitvi obeh primerov sintetičnih mrež

Tip mreže	Pletenje	Številka preskušanca	Dosežena maks. sila (N)	Trajanje obremenitve (s)	Povprečne vrednosti dosežene maks. sile (N)
I. rumeni tip sintetične mreže s smolo	Ravna	1	696	73	717
		2	737	86	
	Sukana	3	594	191	599
		4	603	174	
II. beli tip sintetične mreže brez smole	Ravna	5	300	64	292
		6	284	44	
	Sukana	7	141	81	137
		8	132	72	

Na sliki 29 vidimo veliko večji raztezek sukane preje iz rumene mreže I. tipa (temno modra in oranžna krivulja) kot ostalih prej. Ta raztezek pripisujemo daljši preji, ki se raztegne šele, ko dosežemo večjo obremenitev in ko melaminska smola v njej počí (nihanja obremenitve v območju od 4 do 10 mm).



Slika 29: Grafični prikaz največje dosežene natezne obremenitve v odvisnosti od raztezka vseh prej (preja z zaporedno številko 1 - rdeča, 2 - zelena, 3 - temno modra, 4 - oranžna, 5 - roza, 6 - svetlo modra, 7 - rumena, 8 - vijolična)

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Podobno kot Šernek (2009a) pri raziskavi različnih konstrukcijskih kompozitov, smo tudi mi zaznali različno variabilnost upogibne trdnosti in modula elastičnosti med lesnimi vrstami in znotraj iste lesne vrste.

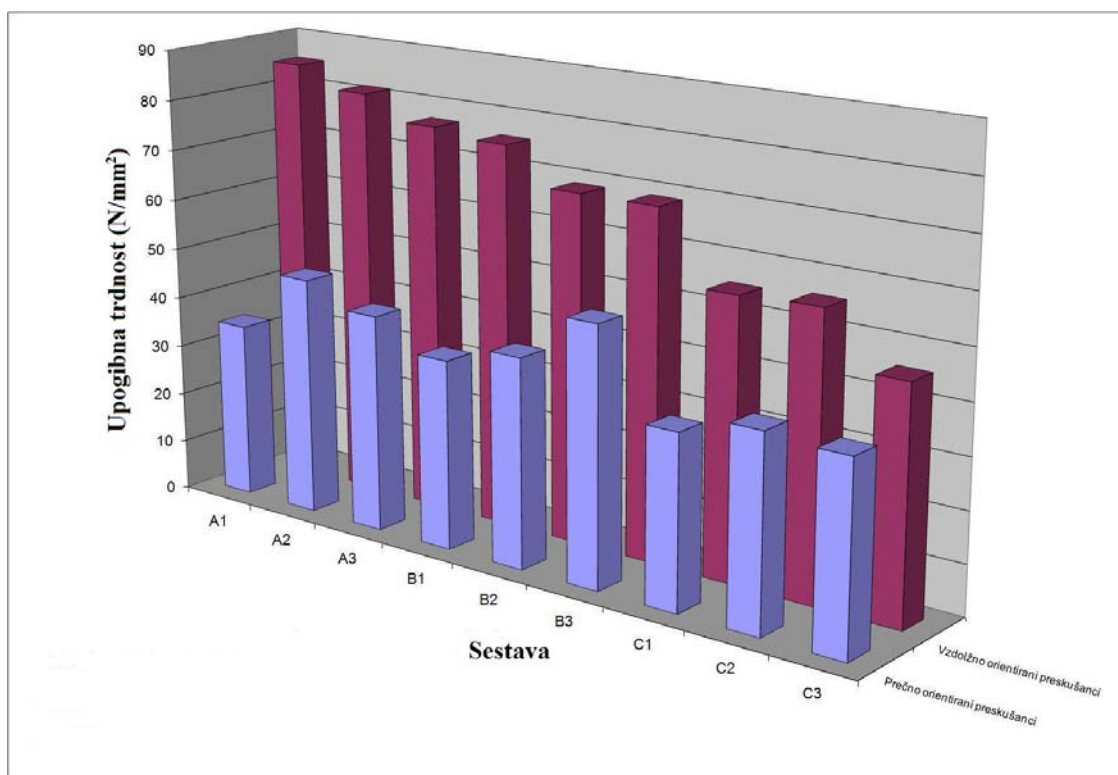
Lastnost posamezne lesne vrste, ki je vplivala na to variabilnost, je bila predvsem gostota. Znano je, da imajo lesovi z večjo gostoto večjo upogibno trdnost (Šernek, 2009a).

Variabilnost znotraj iste lesne vrste je bila odvisna predvsem od:

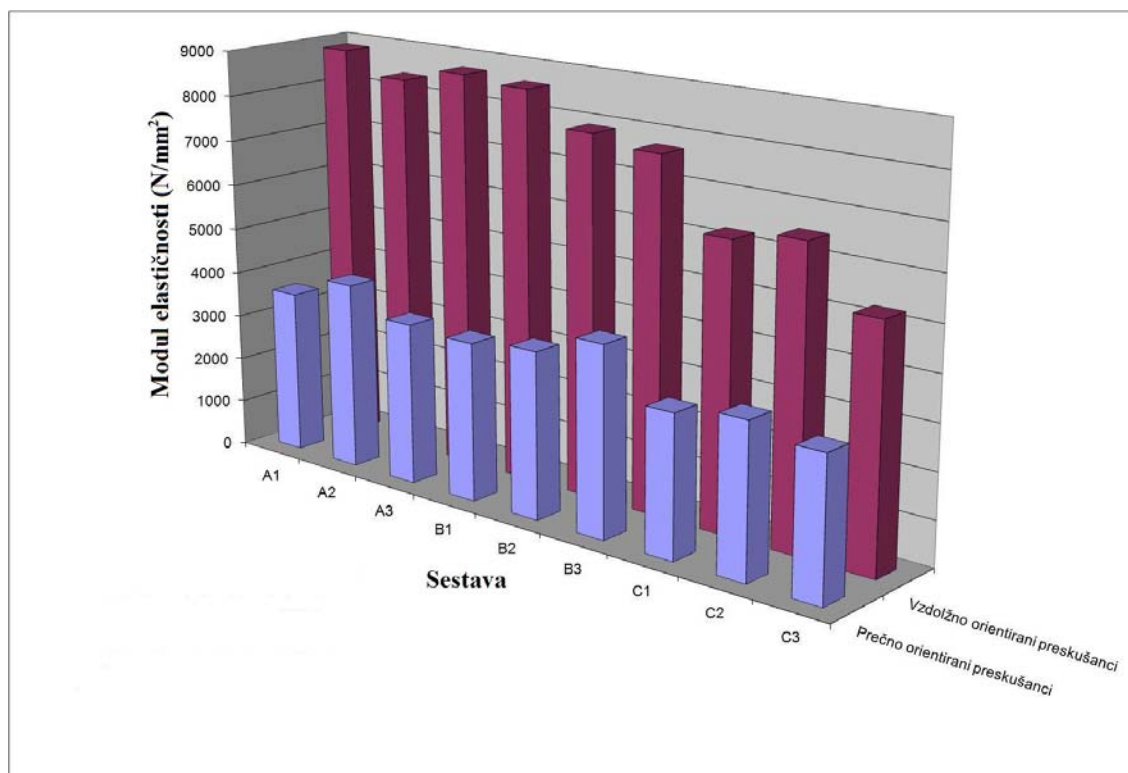
- rastnih sprememb v lesu, ki vplivajo na mehanske lastnosti,
- predhodne lokacije luščenega furnirja v deblu drevesa,
- gostote lesne vrste in rastnih razmer drevesa ter
- vseh tehnoloških obdelav furnirja do vgraditve v ploščo.

Šernek (2009a) je ugotovil največji relativni porast (glede na gostoto lepljenja) upogibne trdnosti pri kompozitu z zunanjimi sloji iz bukovine in notranjimi sloji iz lesne vrste z nižjo gostoto. Ta porast smo tudi mi opazili pri podobni sestavi plošč B1, B2 in B3. Da bi upogibno trdnost še povečali, smo osnovnim sestavam vgradili različne sintetične mreže.

Pri primerjavi rezultatov upogibnih lastnosti preskušancev glede na razporeditev furnirja v plošči smo ugotovili, da so imeli največjo upogibno trdnost in modul elastičnosti preskušanci sestave plošče A. Upogibna trdnost (slika 30) v vzdolžni smeri se je za te preskušance gibala okoli 85 N/mm^2 , modul elastičnosti (slika 31) pa okoli 9000 N/mm^2 . Sledili so jim preskušanci sestave plošč B in C.



Slika 30: Primerjava povprečnih vrednosti upogibne trdnosti med različnimi sestavami plošč v vzdolžno in prečno orientiranih preskušancih



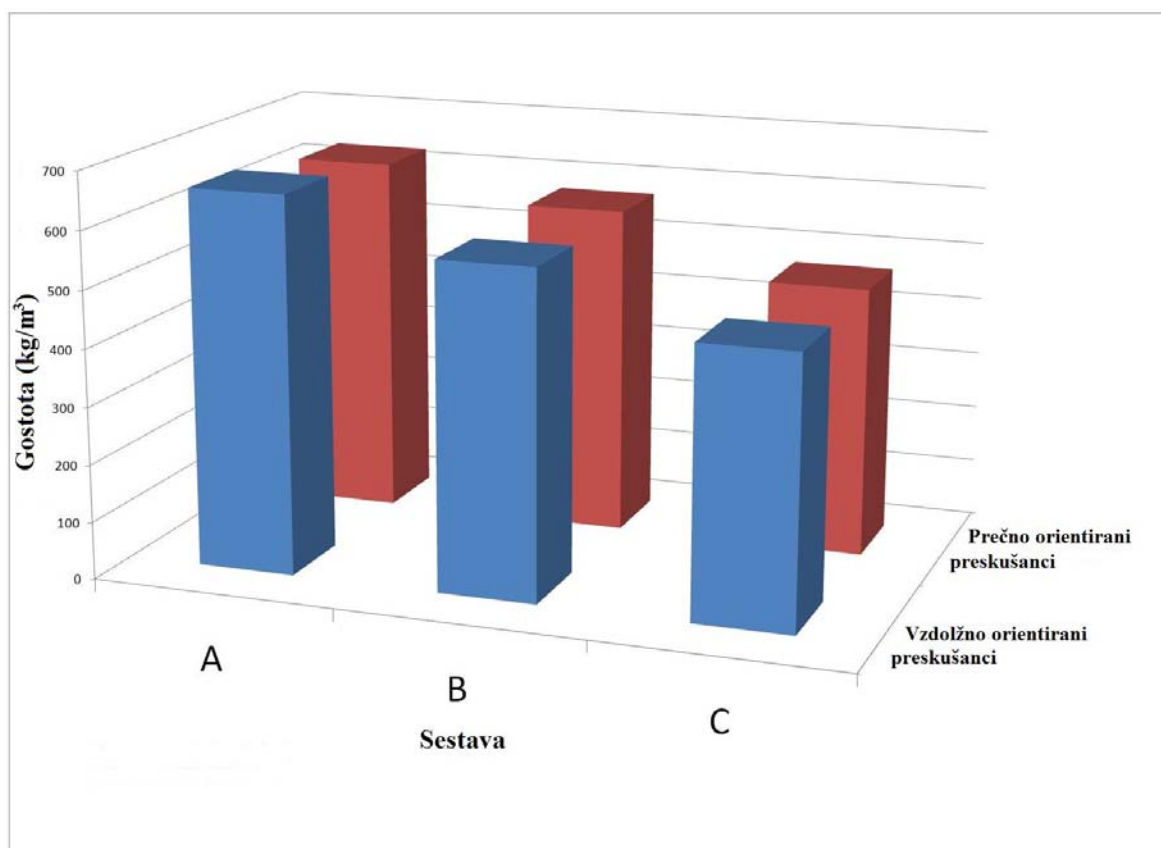
Slika 31: Primerjava povprečnih vrednosti modula elastičnosti med različnimi sestavami plošč v vzdolžno in prečno orientiranih preskušancih

Da so imele vse plošče veliko manjše vrednosti upogibne trdnosti in modula elastičnosti v prečni smeri, si razlagamo z manjšim številom vzdolžno orientiranega furnirja. Pri sestavi plošče A je razlika še toliko večja, zaradi vzdolžno orientiranega topolovega in prečno orientiranega bukovega furnirja, medtem ko je pri sestavi plošče C, zaradi vsebnosti izključno topolovega furnirja, razlika med prečno in vzdolžno orientiranimi preskušanci manjša. Zaradi zanemarljive trdnosti furnirja v prečni smeri, bi lahko v grobem sklenili, da smo pri sestavi plošče A vzdolžno obremenjevali bukovino, prečno pa topolovino. To je tudi razlog, da so imele vse sestave plošč v prečni smeri primerljive rezultate. Torej smo pri vseh prečno orientiranih preskušancih vedno obremenjevali predvsem topolov les.

Vpliv sintetične mreže na upogibno trdnost furnirne plošče smo ugotavljali z dvema preskusoma natezne obremenitve obeh uporabljenih sintetičnih mrež. Pri teh poskusih je imela rumena sintetična mreža impregnirana z melaminsko smolo v primerjavi z belo sintetično mrežo znatno večje vrednosti. Te razlike bi lahko pripisali melaminski smoli, kar še posebej potrjuje natezna obremenitev posameznih prej. Sukana preja bele sintetične mreže se je pretrgala že pri zelo nizkih obremenitvah (povprečno 137 N). Sklepali bi lahko, da so kratka (nekaj mikrometrov) steklena vlakna v preji slabo sprijeta. Ta, že tako slab sprijem s sukanjem (lomom) še zmanjšamo. Možnost njegovega izboljšanja pa predstavlja uporaba melaminske smole, kar nam dokazujejo rezultati poskusov natezne obremenitve rumene sintetične mreže.

Na podlagi dobljenih podatkov lahko trdimo, da bela neimpregnirana mreža ne bi imela bistvenega vpliva na izboljšanje upogibne trdnosti furnirnih plošč tudi ob dovolj velikem oprijemu s furnirjem. Upogibno trdnost in modul elastičnosti furnirnih plošč lahko le zmanjša, kajti vezi med vlakni v preji so bolj krhke kot vezi v utrjenem lepilnem filmu.

Osnovna sestava plošč B (sestava B1) je imela v povprečju za skoraj 100 kg/m^3 manjšo gostoto kot osnovna sestava plošč A (slika 32), medtem ko sta upogibna trdnost in modul elastičnosti le malo manjša. Sestava plošče B je torej imela najboljše razmerje trdnost-gostota.



Slika 32: Primerjava povprečnih vrednosti gostote med različnimi sestavami plošč v vzdolžno in prečno orientiranih preskušancih

Težave smo imeli z oprijemom rumene, debelejše sintetične mreže z bukovim furnirjem. To je bilo videti pri vzdolžno orientiranih preskušancih plošč sestave A2, A3, B2 in B3, ki so imeli manjšo upogibno trdnost v primerjavi s preskušanci iz plošč brez mreže A1 in B1.

Zaradi majhne upogibne trdnosti vzdolžno orientiranih preskušancev iz plošč A3, B3 in C3 (v primerjavi z ostalimi sestavami plošč iz iste osnovne sestave plošč) ter majhne vrednosti nateznih obremenitev bele sintetične mreže II. tipa, lahko trdimo, da le-ta ni primerna za uporabo v furnirnih ploščah.

Upogibna trdnost plošč sestave C2 dokazuje, da je za pozitiven učinek sintetične mreže na mehanske lastnosti furnirne plošče, potrebna sintetična mreža impregnirana z melaminsko smolo in furnir s sposobnostjo velikega vtiskanja (nizka gostota lesa).

5.2 SKLEPI

Uporaba furnirne plošče je odvisna predvsem od njenih mehanskih lastnosti, ki pa zelo variirajo glede na uporabljeno lesno vrsto. Običajnim furnirnim ploščam lahko dodajamo različne sintetične dodatke, ki vplivajo na trdnost plošč.

Na podlagi rezultatov raziskave lahko zaključimo, da:

- imajo plošče sestavljene iz redkejših drevesnih vrst manjšo težo (gostoto),
- se upogibna trdnost in modul elastičnosti povečujeta z uporabo gostejših lesnih vrst,
- z uporabo gostejših lesnih vrst v zunanjih slojih in redkejših ter komercialno nezanimivih lesnih vrst v notranjih slojih dobimo ploščo, ki ima primerljive mehanske lastnosti s ploščo iz gostejših lesnih vrst,
- ima v furnirno ploščo vgrajena sintetična mreža iz steklenih vlaken pozitiven učinek na mehanske lastnosti plošče le, če je impregnirana z melaminsko smolo in dovolj vtisnjena ter zlepljena s furnirjem.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo želeli ugotoviti najbolj primerno kombinacijo bukovega furnirja, topolovega furnirja in sintetične mreže iz steklenih vlaken za izdelavo furnirnih plošč, ki bodo namenjene za visoke upogibne obremenitve. Plošče smo izdelovali skladno s standardom SIST EN 326. Iz bukovega in topolovega furnirja smo sestavili plošče, znane tudi pod imeni »combo«, »sendvič« in navadne plošče. Plošča, sestavljena po načinu »combo«, je imela vsak drugi furnir iz topolovine, ostale pa iz bukovine; zunanja sloja sta bila iz bukovine. Sestava »sendvič« je imela na zunanjih slojih bukov furnir, notranji sloji pa so bili iz topolovine. Navadna plošča pa je vsebovala le topolov furnir.

Lastnosti teh sestav smo skušali izboljšati z vgrajevanjem dveh različnih sintetičnih mrež iz steklenih vlaken: na površje smo dodali debelejšo, z melaminsko smolo impregnirano sintetično mrežo, med sloje furnirja pa tanjšo, neimpregnirano sintetično mrežo. Izdelali smo devet različnih sestav furnirnih plošč, ki se po debelini furnirja, lepilu in načinu stiskanja niso razlikovale. Po predpisanih standardih smo jim ugotovili upogibno trdnosti, modul elastičnosti in gostoto.

Iz plošč smo po standardu SIST EN 310 izžagali preskušance in jih upogibno obremenili. Tem preskušancem smo nato po standardu SIST EN 323 določili gostoto. V namen lažjega razumevanja vpliva sintetične mreže na upogibno trdnost plošče, smo natezno obremenili oba tipa sintetične mreže.

Ugotovili smo, da ima gostota lesa odločilno vlogo pri upogibni trdnosti plošče, saj ima »combo« furnirna plošča najboljše mehanske lastnosti. Z lepljenjem gostejših drevesnih vrst v zunanje in redkejših v notranje sloje dobimo podobno upogibno trdnost kot pri plošči iz samo gostega lesa, ki je težja. To nam je dokazala sestava »sendvič« z nizko gostoto.

Pri natezni obremenitvi obeh sintetičnih mrež smo prišli do ugotovitve, da ima neimpregnirana sintetična mreža iz steklenih vlaken neprimerne lastnosti za uporabo v furnirnih ploščah za visoke obremenitve. Iz vrednosti upogibne trdnosti in modula elastičnosti sestav plošč je razvidno, da ima rumena sintetična mreža iz steklenih vlaken

impregnirana z melaminsko smolo pozitiven vpliv na mehanske lastnosti furnirne plošče, le pod pogojem, da je dovolj vtisnjena in zlepljena s furnirjem.

7 VIRI

Chawla K.K. 1998. Fibrous materials. Cambridge, Cambridge University Press: 180 str.

Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

Čufar K. 2001. Opisi lesnih vrst. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 55 str.

Fiberglass. 2010. Wikipedia

<http://en.wikipedia.org/wiki/fiberglass> (10. apr. 2010)

Fiberglass/stekleno vlakno. Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor

http://kpv.arso.gov.si/Gemet_search/Gemet_search/Gemet_report/report_gemet_term?ID_CONCEPT=3175&L1=94&L2=302 (15. apr. 2010)

Hrovatin J. 2005. Konstruiranje in oblikovanje. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Kovač M. 1999a. Izrazi za opis vlaken. PlastForma, 4, 2: 18-19

Kovač M. 1999b. Sintetična polimerna vlakna. PlastForma, 4, 2: 20

Kovač M. 1999c. Uporaba sintetičnih polimernih vlaken. PlastForma, 4, 2: 21

Kovač M. 1999d. Vlakna. PlastForma, 4, 2: 18

Kutnar A., Šernek M. 2007. Densification of wood. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 82: 53-62

Marra A.A. 1992. Technology of wood bonding: Principles and practice. New York, Van Nostrand Reinhold: 454 str.

Melamin – urea – formaldehidne (MUF) smole. 2006. Fenolit
<http://www.fenolit.si/index.php?lang=sl&page=1&id=1> (7. apr. 2010)

Meldur H97. 2007. Kočevje, Melamin Kočevje d.d., 1 str.

Mlakar J. 1985. Dendrologija; Drevesa in grmi Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 164 str.

Prevoršek D.C. 1998. Visokozmogljiva vlakna iz gibkih polimerov: teorija in tehnologija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo: 494 str.

Resnik J. 1990. Razvoj in inovacije v izdelavi vezanih plošč. Les, 42, 3/4: 77-82

SIST EN 310: 1993 Lesne plošče – Določanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti. Wood-based panels – Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. 1993

SIST EN 313-1: 2000 Vezan les – Razvrstitev in terminologija – 1. del: Razvrstitev. Plywood – Classification and terminology – Part 1: Classification. 2000

SIST EN 323: 1993 Lesne plošče – Določanje gostote. Wood-based panels – Determination of density. 1993

SIST EN 326-1: 1994 Lesne plošče – Vzorčenje, izrez in pregled lesnih plošč – 1. del: Vzorčenje, izrez in izražanje rezultatov preizkušanja. Wood-based panels – Sampling, cutting and inspection – Part 1: Sampling and cutting of test pieces and expression of test results. 1994

SIST EN 326-2: 1998 Lesne plošče – Vzorčenje, razžagovanje in kontrola – 2. del:

Kontrola kakovosti v tovarni. Wood-based panels – Sampling, cutting and inspection – Part 2: Quality control in the factory. 1998

SIST EN 326-3: 2004 Lesne plošče – Vzorčenje, razžagovanje in kontrola – 3. del:

Kontrola posamezne partije plošč. Wood-based panels – Sampling, cutting and inspection – Part 3: Inspection of an isolated lot of panels. 2004

SIST EN 636: 2003 Vezane plošče – Specifikacije. Plywood – Specifications. 2003

Smulski S. 1997. Engineered Wood Products. Wisconsin, PFS Research Foundation: 294 str.

Šernek M. 2007. Furnir in lepljen les. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Šernek M. 2009a. Uporaba različnih lesnih vrst za konstrukcijske kompozite. V: Trajnostna raba lesa v kontekstu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi. Humar M., Kraigher H. (ur.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica: 115-123

Šernek M. 2009b. Konstrukcijski kompozitni les
http://www.lesna-gradnja.si/html/img/pool/Konstrukcijski_kompozitni_les.pdf (21. maj 2010)

Technical films. 2009. Coveright

http://www.coveright.com/pdf/cov_technicalfilms.pdf (16. apr. 2010)

Woven glass scrims. 2006. Glasseide Oschatz

<http://www.glasseide-oschatz.de/2006/Englisch/Frames/index2.php> (15. apr. 2010)

Zbašnik-Senegačnik M. 2001. Hiša iz masivnega lesa. Les, 53, 10: 339-344

ZAHVALA

Pri izdelavi diplomske naloge mi je pomagalo veliko pomembnih ljudi.

Najprej se zahvaljujem svoji ljubezni Anji Primožič, ki mi je pomagala pri preskusih, pisanju in pregledovanju diplomske naloge ter mi bila vedno v podporo.

Da je naloga uspela, ima veliko zaslug tudi izr. prof. dr. Milan Šernek. S svojimi izkušnjami, znanjem in dobrosrčnostjo je veliko prispeval pri nastajanju tega izdelka.

Doc. dr. Sergej Medved je s svojim odličnim strokovnim in splošnim znanjem recenziral diplomsko nalogo.

Nesebično deljenje časa in znanja v. p. mag. Bogdana Šege pri preskusnem delu naloge je vrlina vredna vsega spoštovanja.

Asist. Mirko Kariž in tehnični sodelavec Jani Renko sta mi bila v veliko pomoč pri izdelavi in merjenju preskušancev.

Prijatelju Alešu Lampetu se zahvaljujem, ker mi je svojim odličnim znanjem angleškega jezika zelo pomagal.

G. Zoran Guštin in Franko Dolgan sta mi velikokrat koristno svetovala.

Zahvaljujem se tudi podjetju Javor Pivka d.d. za ves priskrbljen material, ki je bil osnova te naloge.

Ne nazadnje gre zahvala tudi moji družini, ki mi je vedno stala ob strani.

PRILOGE

Priloga A: Rezultati meritev in izračunov za gostoto preskušancev sestave plošč A

	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Debelina (mm)	Masa (g)	Gostota (kg/m ³)
A111	50,6	50,7	14,2	24,0	660,1
A112	50,6	50,6	14,0	23,3	647,5
A113	50,6	50,5	14,0	22,9	641,0
A114	50,6	50,5	14,0	23,2	646,3
A115	50,5	50,6	14,1	22,8	634,6
A116	50,7	50,5	14,1	23,5	652,6
A117	50,5	50,7	14,2	23,8	656,2
A118	50,6	50,5	14,2	24,2	667,7
A119	50,4	50,7	14,2	23,7	656,0
A121	50,5	50,6	14,1	23,6	655,5
A122	50,1	50,5	14,0	23,2	657,3
A123	50,4	50,5	14,0	23,7	665,8
A124	50,7	50,4	14,0	24,0	669,4
A125	50,8	50,7	14,0	23,9	662,4
A126	50,8	50,5	14,0	24,0	667,9
A127	50,8	50,5	14,1	24,6	681,1
A128	50,5	50,7	14,1	24,4	678,5
A129	50,8	50,5	14,1	23,7	655,9
A131	50,7	50,6	14,3	24,2	657,6
A132	50,6	50,6	14,4	23,9	649,9
A133	50,0	50,6	14,4	23,7	652,8
A134	50,4	50,7	14,4	24,5	667,4
A135	50,4	50,6	14,4	24,3	662,9
A136	50,7	50,5	14,3	24,9	678,2
A137	50,8	50,5	14,4	24,6	668,6
A138	50,8	50,4	14,4	23,9	650,5
A139	50,4	50,0	14,4	24,1	666,0
A141	50,6	50,8	14,2	23,4	641,2
A142	50,5	50,2	14,1	22,7	631,4
A143	50,7	50,6	14,2	23,3	642,1
A144	50,7	50,5	14,2	23,3	642,6
A145	50,6	50,5	14,1	22,8	630,3
A146	50,7	50,7	14,1	22,9	632,6
A147	50,7	50,5	14,0	23,2	647,3
A148	50,8	50,5	14,0	22,6	629,4
A149	50,6	50,5	13,9	22,7	640,1
A151	50,6	50,4	13,6	22,1	639,6
A152	50,6	50,4	13,7	21,9	628,1
A153	50,7	50,5	13,7	21,9	625,4

A154	50,6	50,4	13,7	22,0	627,2
A155	50,6	50,5	13,8	21,6	616,4
A156	50,7	50,5	13,8	22,2	629,7
A157	50,5	50,9	13,8	22,2	626,7
A158	50,7	50,5	13,8	22,1	627,1
A159	50,7	50,6	13,7	22,5	639,3
A161	50,5	50,6	13,9	22,2	624,9
A162	50,3	50,7	14,1	21,4	595,6
A163	50,6	50,5	14,1	21,8	606,8
A164	50,7	50,6	14,1	22,2	614,5
A165	50,7	50,6	14,1	22,4	620,1
A166	50,7	50,5	14,1	22,0	610,3
A167	50,7	50,6	14,0	22,5	625,3
A168	50,6	50,4	13,9	22,4	632,8
A169	50,5	50,8	13,9	22,4	629,2
A211	50,3	50,6	14,9	24,5	647,0
A212	50,5	50,7	14,9	24,3	640,5
A213	50,5	50,8	15,0	24,7	644,1
A214	50,6	50,8	15,0	24,6	639,9
A215	50,6	50,6	15,0	24,9	652,7
A216	50,6	50,5	15,0	24,7	646,0
A217	50,7	50,6	14,9	24,2	631,0
A218	50,6	50,7	14,9	25,1	656,4
A219	50,7	50,5	14,8	24,3	641,4
A221	50,6	50,6	14,8	24,1	635,3
A222	50,7	50,7	14,7	24,4	646,8
A223	50,6	50,5	14,8	24,2	641,3
A224	50,6	50,5	14,8	24,5	649,0
A225	50,7	50,5	14,8	24,2	637,8
A226	50,7	50,5	14,8	24,0	630,7
A227	50,7	50,5	14,8	24,4	647,4
A228	50,6	50,9	14,8	24,3	635,6
A229	50,7	50,6	14,8	24,1	633,0
A231	50,5	50,5	14,8	24,0	633,7
A232	50,7	50,6	14,7	24,6	651,5
A233	50,4	50,6	14,7	24,3	646,7
A234	50,6	50,6	14,7	24,3	643,9
A235	50,4	50,4	14,8	24,4	649,7
A236	50,7	50,6	14,7	24,4	645,2
A237	50,6	50,7	14,8	24,7	651,7
A238	50,6	50,7	14,8	24,6	649,1
A239	50,6	50,7	14,7	24,7	653,2
A241	50,6	50,6	14,9	25,8	677,2
A242	50,5	50,6	14,7	25,9	689,5

A243	50,7	50,7	14,7	26,3	696,8
A244	50,8	50,6	14,7	25,7	681,2
A245	50,4	50,7	14,7	25,8	685,9
A246	50,6	50,4	14,7	26,6	709,7
A247	50,5	50,6	14,7	26,0	690,8
A248	50,7	50,5	14,8	26,0	685,3
A249	50,3	50,7	14,9	25,8	683,3
A251	50,6	50,7	15,0	26,9	698,0
A252	50,6	50,7	15,0	26,9	698,2
A253	50,5	50,7	15,0	27,3	709,3
A254	50,5	50,3	15,0	26,6	699,5
A255	50,3	50,7	15,0	25,9	675,2
A256	50,7	50,6	15,0	26,6	689,9
A257	50,4	50,2	15,0	26,2	687,5
A258	50,6	50,6	15,0	26,8	696,4
A259	50,3	50,7	15,1	26,3	684,6
A261	50,6	50,6	15,0	25,5	665,1
A262	50,7	50,6	15,0	25,8	673,3
A263	50,7	50,7	14,9	26,3	685,9
A264	50,7	50,6	15,0	26,2	682,2
A265	50,6	50,7	14,9	25,9	677,0
A266	50,5	50,6	14,9	25,8	676,7
A267	50,6	50,6	15,0	25,6	668,0
A268	50,5	50,7	14,9	25,8	673,2
A269	50,5	50,9	15,0	25,3	659,0
A311	50,6	50,6	14,8	25,0	659,2
A312	50,9	50,6	15,0	26,0	674,6
A313	50,5	50,6	14,9	26,1	684,1
A314	50,5	50,6	14,9	25,3	664,3
A315	50,6	50,6	14,8	25,1	662,5
A316	50,6	50,7	14,8	25,5	672,0
A317	50,4	50,6	14,8	25,6	679,6
A318	50,5	50,6	14,7	25,7	681,4
A319	50,4	50,7	14,8	25,2	667,9
A321	50,5	50,6	14,7	25,0	663,6
A322	50,5	50,6	14,9	25,0	655,6
A323	50,6	50,7	14,8	25,2	662,7
A324	50,6	50,6	14,8	24,8	653,4
A325	50,5	50,6	14,8	24,6	648,6
A326	50,5	50,8	14,8	24,4	642,8
A327	50,5	50,7	14,8	24,4	644,0
A328	50,5	50,7	14,8	24,7	651,7
A329	50,7	50,6	14,7	24,9	660,1
A331	50,7	50,6	14,8	25,1	662,7

A332	50,5	50,6	14,7	24,7	657,2
A333	50,5	50,7	14,7	25,4	675,4
A334	50,4	50,7	14,7	25,2	673,3
A335	50,4	50,6	14,7	25,1	670,3
A336	50,5	50,6	14,7	25,4	675,1
A337	50,4	50,6	14,7	24,8	658,7
A338	50,3	50,6	14,8	24,6	653,5
A339	50,6	50,7	14,8	24,8	653,1
A341	50,6	50,6	14,7	23,7	630,7
A342	50,7	50,5	14,7	24,5	652,8
A343	50,7	50,3	14,7	24,5	655,4
A344	50,6	50,6	14,7	25,2	668,8
A345	50,6	50,4	14,8	24,4	647,6
A346	50,2	50,5	14,8	24,5	654,5
A347	50,6	50,6	14,7	24,6	653,6
A348	50,5	50,5	14,7	24,9	661,7
A349	50,6	50,5	14,7	24,8	659,0
A351	50,6	50,5	14,9	23,5	616,6
A352	50,6	50,6	14,8	23,6	624,2
A353	50,6	50,4	14,8	23,9	631,1
A354	50,7	50,6	14,9	23,8	625,0
A355	50,6	50,5	14,9	24,3	638,5
A356	50,7	50,6	14,9	24,3	636,0
A357	50,7	50,6	14,9	23,9	627,9
A358	50,6	50,3	14,9	23,5	620,7
A359	50,6	50,6	14,9	23,7	622,8
A361	50,5	50,6	14,8	24,7	650,8
A362	50,5	50,6	14,8	23,9	633,7
A363	50,7	50,7	14,8	24,6	649,5
A364	50,7	50,4	14,8	24,5	650,7
A365	50,6	50,6	14,8	24,4	645,1
A366	50,6	50,5	14,8	24,3	640,1
A367	50,6	50,5	14,7	24,3	644,1
A368	50,6	50,6	14,8	24,5	645,9
A369	50,6	50,6	14,8	24,1	637,6

Priloga B: Rezultati meritev in izračunov za gostoto preskušancev sestave plošč B

	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Debelina (mm)	Masa (g)	Gostota (kg/m ³)
B111	50,6	50,6	14,1	20,9	579,0
B112	50,6	50,5	14,0	20,1	561,9
B113	50,6	50,5	14,0	19,8	554,6
B114	50,8	50,5	13,9	19,6	550,4
B115	50,6	50,7	14,0	19,2	537,8

B116	50,5	50,7	14,1	19,8	549,9
B117	50,6	50,7	14,1	20,1	554,8
B118	50,6	50,7	14,1	19,9	550,1
B119	50,5	50,7	14,2	19,9	548,4
B121	50,6	50,6	13,8	19,4	551,0
B122	50,2	50,6	13,9	19,7	558,9
B123	50,6	50,6	13,8	20,4	575,4
B124	50,4	50,7	13,8	20,2	572,7
B125	50,5	50,7	13,8	20,2	573,1
B126	50,4	50,7	13,7	20,1	572,6
B127	50,5	50,7	13,8	19,5	552,9
B128	50,6	50,7	13,8	19,9	564,5
B129	50,6	50,8	13,8	19,8	559,2
B131	50,6	50,7	14,0	20,9	579,3
B132	50,5	50,7	14,0	20,1	563,1
B133	50,5	50,6	13,9	20,4	573,4
B134	50,5	50,6	14,0	20,6	575,1
B135	50,5	50,7	14,0	21,4	598,2
B136	50,5	50,7	14,0	21,5	597,0
B137	50,6	50,7	14,1	20,9	577,6
B138	50,6	50,7	14,1	20,8	575,0
B139	50,4	50,7	14,2	20,7	571,7
B141	50,5	50,7	14,0	20,5	572,2
B142	50,5	50,4	14,1	18,8	522,6
B143	50,6	50,5	14,2	19,2	530,8
B144	50,6	50,6	14,1	19,7	544,8
B145	50,7	50,6	14,2	19,9	546,6
B146	50,6	50,6	14,1	19,8	546,7
B147	50,5	50,7	14,2	19,5	536,5
B148	50,7	50,6	14,1	19,7	542,8
B149	50,7	50,6	14,1	20,2	561,3
B151	50,6	50,6	14,1	21,0	581,9
B152	50,7	50,6	14,1	21,3	589,5
B153	50,6	50,2	14,1	21,4	598,2
B154	50,6	50,5	14,0	21,0	586,3
B155	50,7	50,7	14,1	20,6	571,1
B156	50,7	50,5	14,1	20,8	576,1
B157	50,6	50,6	14,1	20,9	578,5
B158	50,5	50,5	14,0	20,3	567,3
B159	50,7	50,5	14,0	20,9	584,8
B161	50,6	50,5	13,7	22,0	626,4
B162	50,6	50,5	13,7	21,0	597,2
B163	50,6	50,5	13,7	21,2	604,2
B164	50,7	50,5	13,8	21,3	603,9

B165	50,7	50,6	13,8	20,8	588,9
B166	50,6	50,7	13,7	21,4	608,9
B167	50,6	50,5	13,8	21,5	610,5
B168	50,3	50,7	13,8	21,3	606,9
B169	50,6	50,6	13,7	21,6	614,5
B211	50,6	50,6	14,4	21,3	576,1
B212	50,5	50,4	14,5	21,3	577,6
B213	50,5	50,6	14,5	21,3	574,3
B214	50,4	50,5	14,5	21,2	573,3
B215	50,7	50,6	14,5	20,8	558,1
B216	50,7	50,5	14,5	21,1	568,3
B217	50,6	50,6	14,5	21,6	582,1
B218	50,7	50,5	14,5	21,4	576,2
B219	50,7	50,6	14,5	20,9	562,2
B221	50,5	50,8	14,3	21,3	578,7
B222	50,6	50,5	14,5	21,1	568,0
B223	50,6	50,5	14,5	21,2	570,8
B224	50,6	50,7	14,5	20,5	550,9
B225	50,6	50,7	14,5	20,4	550,4
B226	50,7	50,6	14,5	21,2	570,8
B227	50,7	50,5	14,5	21,5	580,1
B228	50,7	50,5	14,4	21,7	591,0
B229	50,7	50,5	14,4	21,3	580,1
B231	50,6	50,6	14,6	22,6	603,9
B232	50,6	50,3	14,6	21,9	588,8
B233	50,7	50,4	14,7	22,6	601,2
B234	50,6	50,6	14,7	21,7	576,9
B235	50,7	50,5	14,7	21,7	577,1
B236	50,7	50,5	14,7	21,9	580,2
B237	50,6	50,5	14,7	22,2	589,1
B238	50,7	50,6	14,7	22,9	608,1
B239	50,7	50,5	14,6	22,5	605,6
B241	50,5	50,6	14,7	19,3	515,1
B242	50,5	50,7	14,7	19,9	527,2
B243	50,5	50,7	14,7	20,4	542,5
B244	50,4	50,7	14,7	19,8	526,3
B245	50,5	50,7	14,7	19,8	526,8
B246	50,6	50,7	14,7	19,8	525,2
B247	50,5	50,6	14,7	19,9	529,3
B248	50,6	50,6	14,7	20,0	529,5
B249	50,5	50,7	14,7	20,3	539,1
B251	50,7	50,7	14,5	20,6	554,1
B252	50,5	50,7	14,5	19,5	522,7
B253	50,5	50,7	14,5	19,6	527,5

B254	50,5	50,7	14,5	19,9	535,0
B255	50,7	50,6	14,5	20,1	540,4
B256	50,5	50,7	14,5	20,3	545,0
B257	50,7	50,7	14,5	20,5	548,8
B258	50,5	50,7	14,6	20,7	553,5
B259	50,5	50,7	14,6	20,5	550,4
B261	50,6	50,5	15,0	24,7	645,4
B262	50,5	50,7	14,9	24,9	653,4
B263	50,5	50,7	14,9	24,4	639,7
B264	50,5	50,7	14,9	24,3	637,7
B265	50,6	50,6	14,9	24,8	650,9
B266	50,5	50,6	14,9	24,2	634,4
B267	50,6	50,6	14,9	24,2	634,0
B268	50,5	50,7	14,9	24,5	639,9
B269	50,4	50,6	15,0	24,3	635,6
B311	50,5	50,6	15,2	24,4	628,7
B312	50,5	50,4	15,1	24,5	637,4
B313	50,8	50,4	15,1	24,1	625,6
B314	50,6	50,5	15,1	24,5	633,3
B315	50,6	50,5	15,2	24,4	628,0
B316	50,6	50,4	15,2	23,6	611,4
B317	50,7	50,4	15,2	24,7	639,2
B318	50,7	50,5	15,1	24,9	645,0
B319	50,6	50,5	15,1	25,0	648,1
B321	50,6	50,7	14,8	23,5	618,7
B322	50,6	50,6	14,7	23,7	630,3
B323	50,7	50,5	14,7	23,5	623,8
B324	50,6	50,4	14,8	23,4	621,7
B325	50,7	50,6	14,8	23,0	606,7
B326	50,7	50,4	14,9	23,3	613,4
B327	50,7	50,5	14,9	23,2	608,3
B328	50,7	50,5	14,8	23,5	621,2
B329	50,6	50,5	14,8	23,1	611,0
B331	50,6	50,6	14,9	22,1	581,9
B332	50,5	50,4	14,6	22,3	597,4
B333	50,6	50,2	14,7	21,9	585,5
B334	50,7	50,5	14,8	22,4	592,3
B335	50,7	50,5	14,8	22,5	593,1
B336	50,7	50,5	14,8	22,2	588,3
B337	50,7	50,6	14,8	21,9	575,7
B338	50,7	50,6	14,8	22,0	578,4
B339	50,6	50,5	14,9	21,8	573,2
B341	50,6	50,6	14,8	21,1	555,0
B342	50,5	50,6	14,9	21,4	560,7

B343	50,5	50,6	14,9	21,5	565,9
B344	50,4	50,6	14,9	21,0	554,9
B345	50,6	50,6	14,8	21,2	559,6
B346	50,5	50,6	14,7	21,2	562,8
B347	50,5	50,6	14,8	21,2	560,4
B348	50,5	50,7	14,8	21,2	559,6
B349	50,5	50,6	14,8	21,0	552,8
B351	50,6	50,5	14,9	20,7	543,6
B352	50,6	50,6	15,0	20,7	541,4
B353	50,5	50,6	14,9	20,8	545,9
B354	50,6	50,7	15,0	20,9	543,7
B355	50,5	50,9	14,9	20,4	532,0
B356	50,5	50,6	15,0	21,2	554,4
B357	50,6	50,7	14,9	21,0	550,3
B358	50,5	50,7	14,9	20,6	538,9
B359	50,5	50,7	15,0	20,4	531,6
B361	50,7	50,6	14,8	21,5	568,1
B362	50,6	50,6	14,7	20,9	552,7
B363	50,5	50,6	14,7	21,3	569,6
B364	50,6	50,6	14,7	21,4	566,5
B365	50,2	50,7	14,7	20,7	551,0
B366	50,3	50,6	14,8	21,1	560,8
B367	50,6	50,6	14,8	21,5	569,3
B368	50,6	50,5	14,8	21,3	563,2
B369	50,5	50,4	14,8	21,5	568,4

Priloga C: Rezultati meritev in izračunov za gostoto preskušancev sestave plošč C

	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Debelina (mm)	Masa (g)		Gostota (kg/m ³)
C111	50,6	50,5	13,5	15,2		441,7
C112	50,6	50,6	13,5	16,0		465,0
C113	50,5	50,6	13,4	14,9		434,5
C114	50,6	50,7	13,4	15,7		457,4
C115	50,6	50,7	13,4	14,6		422,1
C116	50,6	50,6	13,5	14,6		422,8
C117	50,6	50,7	13,5	15,1		434,6
C118	50,5	50,6	13,5	15,1		435,8
C119	50,6	50,6	13,5	14,9		429,4
C121	50,6	50,5	14,2	16,9		465,5
C122	50,6	50,6	14,2	16,9		466,2
C123	50,5	50,6	14,1	17,2		476,0
C124	50,5	50,6	14,1	17,5		484,3
C125	50,6	50,7	14,1	17,6		485,5
C126	50,5	50,6	14,2	17,4		480,6

C127	50,7	50,6	14,2	17,2		473,4
C128	50,5	50,6	14,2	16,7		460,5
C129	50,5	50,6	14,2	16,7		459,3
C131	50,6	50,6	14,1	17,3	manjka del koščka	480,8
C132	50,6	50,6	14,1	18,0		499,9
C133	50,5	50,6	14,0	17,7		493,9
C134	50,5	50,6	14,1	17,5		484,4
C135	50,6	50,7	14,1	17,5		483,2
C136	50,5	50,7	14,1	17,9		495,8
C137	50,6	50,7	14,1	18,2		504,4
C138	50,5	50,7	14,1	18,0		501,2
C139	50,5	50,4	14,1	17,7		493,0
C141	50,5	50,5	14,0	17,9		501,0
C142	50,7	50,6	14,1	17,7		492,4
C143	50,7	50,5	14,1	18,2		503,8
C144	50,6	50,5	14,1	17,8		492,6
C145	50,6	50,5	14,1	18,3		507,8
C146	50,6	50,6	14,1	18,1		503,8
C147	50,7	50,4	14,1	18,4		511,3
C148	50,7	50,7	14,1	18,7		519,1
C149	50,6	50,4	14,0	18,2		511,2
C151	50,6	50,6	13,8	17,0		481,9
C152	50,6	50,3	13,8	17,5		498,2
C153	50,6	50,5	13,8	17,8		503,1
C154	50,3	50,6	13,8	16,8		476,7
C155	50,7	50,4	13,9	16,5		466,1
C156	50,7	50,5	13,9	17,1		482,2
C157	50,7	50,5	13,9	17,0		478,0
C158	50,6	50,5	13,8	17,4	grča na vidnem furnirju	490,9
C159	50,6	50,4	13,8	17,0		482,4
C161	50,5	50,6	14,1	14,6		404,8
C162	50,6	50,6	14,1	14,8		408,2
C163	50,7	50,5	14,1	15,6		430,8
C164	50,7	50,6	14,1	16,5		456,1
C165	50,6	50,5	14,2	15,2		419,9
C166	50,6	50,6	14,2	15,3		419,3
C167	50,6	50,6	14,2	15,6		429,8
C168	50,7	50,6	14,2	15,3		420,9
C169	50,7	50,5	14,1	15,1		418,7
C211	50,6	50,4	15,0	19,6		512,2
C212	50,6	50,4	15,0	20,1		522,7

C213	50,6	50,7	15,0	20,0		519,9
C214	50,6	50,6	15,0	19,7		511,0
C215	50,5	50,6	15,0	20,5		532,7
C216	50,5	50,7	15,0	20,6		536,0
C217	50,5	50,7	15,0	20,5		534,0
C218	50,6	50,5	15,0	19,7		512,6
C219	50,3	50,6	15,1	20,0		522,2
C221	50,6	50,5	14,8	18,0		476,6
C222	50,6	50,5	14,7	18,4		488,5
C223	50,7	50,6	14,7	17,9		473,0
C224	50,6	50,6	14,7	17,4		461,9
C225	50,6	50,6	14,8	17,5		461,5
C226	50,4	50,6	14,7	17,7		470,5
C227	50,5	50,6	14,8	17,6		466,3
C228	50,5	50,6	14,7	17,6		466,2
C229	50,4	50,7	14,8	17,7		468,3
C231	50,6	50,6	14,3	16,3		444,4
C232	50,6	50,6	14,3	15,8		431,8
C233	50,6	50,6	14,2	16,8		461,7
C234	50,5	50,7	14,3	16,4		450,4
C235	50,5	50,8	14,2	16,4		450,0
C236	50,6	50,7	14,3	16,0		438,7
C237	50,6	50,7	14,3	16,2		440,9
C238	50,6	50,7	14,3	15,7		426,8
C239	50,6	50,6	14,3	15,9		433,7
C241	50,5	50,7	14,8	18,2		478,6
C242	50,6	50,5	14,9	18,5		486,4
C243	50,7	50,6	14,9	18,2		478,3
C244	50,7	50,6	15,0	18,4		480,9
C245	50,7	50,6	15,0	17,9		466,3
C246	50,6	50,6	15,0	18,1		470,5
C247	50,6	50,5	14,9	17,8		466,8
C248	50,7	50,2	14,9	17,4		460,1
C249	50,7	50,5	14,8	18,4		483,2
C251	50,6	50,6	14,9	19,7		514,5
C252	50,6	50,6	14,9	19,6		513,6
C253	50,5	50,6	14,8	19,2		507,3
C254	50,5	50,6	14,7	19,5		518,5
C255	50,5	50,7	14,7	19,5		520,2
C256	50,5	50,6	14,6	20,1		537,4
C257	50,5	50,6	14,6	20,0		536,6
C258	50,5	50,5	14,6	19,6		527,1
C259						
C261	50,6	50,6	14,5	16,9		454,5

C262	50,6	50,6	14,6	16,3		436,9
C263	50,7	50,6	14,7	16,5		438,5
C264	50,7	50,5	14,7	16,5		439,4
C265	50,7	50,5	14,6	16,9		451,9
C266	50,7	50,6	14,6	17,2		459,9
C267	50,7	50,6	14,6	17,0		456,0
C268	50,8	50,5	14,5	16,8		451,8
C269	50,7	50,4	14,4	17,1		464,0
C311	50,6	50,6	15,0	16,8		436,7
C312	50,6	50,6	14,9	17,1		448,7
C313	50,7	50,6	14,8	17,4		458,4
C314	50,7	50,5	14,9	17,4		456,8
C315	50,6	50,5	14,9	17,1		450,2
C316	50,7	50,6	14,9	17,5		457,1
C317	50,6	50,7	14,9	17,1		446,1
C318	50,7	50,6	15,0	16,8		437,7
C319	50,7	50,6	15,0	17,3		448,9
C321	50,6	50,5	15,0	17,7		462,0
C322	50,6	50,5	14,9	16,3		428,1
C323	50,6	50,6	14,8	17,1		451,3
C324	50,6	50,5	14,7	16,7		442,9
C325	50,6	50,5	14,8	16,9		446,5
C326	50,6	50,5	14,8	17,0		448,7
C327	50,6	50,6	14,9	16,4		431,0
C328	50,6	50,5	14,9	16,5		434,5
C329	50,7	50,5	14,9	16,7		438,2
C331	50,7	50,6	14,8	17,2		451,7
C332	50,7	50,6	14,9	17,4		456,2
C333	50,6	50,7	14,8	17,1		449,6
C334	50,7	50,5	14,7	17,7		470,5
C335	50,7	50,4	14,7	18,2		485,4
C336	50,5	50,7	14,8	17,8		470,2
C337	50,6	50,7	14,8	17,8		469,9
C338	50,7	50,6	14,8	17,4		457,5
C339	50,5	50,6	14,9	16,9		443,9
C341	50,6	50,6	14,6	16,7		446,0
C342	50,5	50,6	14,6	15,9		427,9
C343	50,7	50,5	14,6	16,5		441,9
C344	50,6	50,7	14,6	16,8		447,3
C345	50,6	50,5	14,6	16,7		445,8
C346	50,4	50,7	14,6	16,4		438,3
C347	50,6	50,6	14,6	16,6		443,1
C348	50,5	50,8	14,7	17,0		451,5
C349	50,5	50,7	14,6	16,5		441,3

C351	50,6	50,5	14,5	15,8		426,6
C352	50,4	50,7	14,5	16,9		456,1
C353	50,3	50,7	14,5	17,0		458,4
C354	50,7	50,5	14,5	17,0		458,9
C355	50,7	50,6	14,5	16,5		442,7
C356	50,8	50,5	14,6	16,4		437,8
C357	50,5	50,7	14,5	16,1		433,1
C358	50,7	50,5	14,5	16,0		429,3
C359	50,7	50,8	14,5	16,0		429,5
C361	50,6	50,7	15,0	17,3		452,0
C362	50,7	50,7	14,9	17,3		450,4
C363	50,5	50,7	15,0	17,5		455,4
C364	50,7	50,6	15,0	17,7		461,9
C365	50,7	50,5	15,0	17,4		452,7
C366	50,6	50,3	15,0	17,8		467,0
C367	50,5	50,7	15,0	17,6		460,0
C368	50,6	50,6	14,9	17,9		470,3
C369	50,5	50,6	14,9	18,2		477,8

Priloga D: Podatki upogibnih obremenitev preskušancev sestave plošč A

A1 preskuš.	Debelina (mm)	Širina (mm)	Sila loma (N)	Upog. Trd. (N/mm ²)	El. Modul (N/mm ²)	Gostota (kg/m ³)
A111	14,1	50,6	938,0	39,3	3946,0	660,1
A112	14,0	50,6	1958,0	82,7	8961,0	647,5
A113	14,0	50,7	1956,0	82,6	8861,0	641,0
A114	14,0	50,7	1951,0	82,4	8808,0	646,3
A115	14,0	50,7	2020,0	85,1	9116,0	634,6
A116	14,1	50,7	2078,0	87,0	9777,0	652,6
A117	14,2	50,7	2072,0	85,5	9311,0	656,2
A118	14,2	50,7	2115,0	87,2	9131,0	667,7
A119	14,2	50,6	2068,0	85,1	9554,0	656,0
A121	14,0	50,7	1011,0	42,9	3723,0	655,5
A122	14,0	50,6	2022,0	86,1	8882,0	657,3
A123	13,9	50,5	2107,0	90,4	9208,0	665,8
A124	14,0	50,7	2165,0	91,9	9378,0	669,4
A125	14,0	50,7	2102,0	88,8	9282,0	662,4
A126	14,1	50,9	2309,0	96,6	9188,0	667,9
A127	14,1	50,9	2247,0	93,9	9157,0	681,1
A128	14,1	50,8	2107,0	88,3	8837,0	678,5
A129	14,0	50,7	2084,0	87,9	9138,0	655,9
A131	14,3	50,6	968,0	39,2	3637,0	657,6
A132	14,4	50,7	2031,0	80,9	8288,0	649,9
A133	14,5	50,7	2114,0	83,7	8492,0	652,8
A134	14,5	50,7	2032,0	80,4	8223,0	667,4
A135	14,5	50,8	2129,0	83,5	8225,0	662,9
A136	14,5	50,8	2121,0	83,3	8527,0	678,2
A137	14,5	50,7	2063,0	81,4	8586,0	668,6
A138	14,5	50,8	2135,0	83,9	8534,0	650,5
A139	14,5	50,3	2030,0	80,8	8413,0	666,0
A141	14,2	50,6	2083,0	85,7	8506,0	641,2
A142	14,1	50,5	917,0	38,5	3902,0	631,4
A143	14,1	50,6	997,0	41,4	3934,0	642,1
A144	14,2	50,6	1075,0	44,4	3886,0	642,6
A145	14,2	50,7	871,0	36,0	3657,0	630,3
A146	14,1	50,7	862,0	35,8	3717,0	632,6
A147	14,1	50,7	860,0	35,7	3631,0	647,3
A148	14,1	50,7	810,0	33,9	3647,0	629,4
A149	14,0	50,4	733,0	31,3	3821,0	640,1
A151	13,8	50,6	1800,0	78,5	8516,0	639,6
A152	13,6	50,7	738,0	33,1	3216,0	628,1
A153	13,7	50,7	751,0	33,4	3196,0	625,4
A154	13,7	50,7	716,0	31,5	3395,0	627,2
A155	13,7	50,6	701,0	30,9	3483,0	616,4
A156	13,8	50,7	760,0	33,2	3420,0	629,7
A157	13,8	50,6	775,0	34,0	3378,0	626,7
A158	13,8	50,7	755,0	33,0	3334,0	627,1
A159	13,8	50,6	830,0	36,4	3547,0	639,3
A161	14,1	50,7	1892,0	78,6	7998,0	624,9
A162	14,2	50,6	797,0	33,0	3596,0	595,6
A163	14,1	50,5	809,0	33,8	3690,0	606,8
A164	14,2	50,7	776,0	32,1	3615,0	614,5
A165	14,1	50,7	752,0	31,2	3654,0	620,1
A166	14,1	50,6	714,0	29,6	3414,0	610,3
A167	14,1	50,7	691,0	28,8	3446,0	625,3
A168	14,1	50,7	814,0	34,2	3671,0	632,8
A169	14,0	50,7	778,0	33,1	3585,0	629,2

A2 preskuš.	Debelina (mm)	Širina (mm)	Sila loma (N)	Upog. Trd. (N/mm ²)	El. Modul (N/mm ²)	Gostota (kg/m ³)
A211	15,0	50,6	1953,0	72,1	7780,0	647,0
A212	14,8	50,7	1176,0	44,3	3828,0	640,5
A213	14,8	50,6	1216,0	45,8	3897,0	644,1
A214	14,9	50,7	1218,0	45,5	3901,0	639,9
A215	14,8	50,6	1259,0	47,4	4132,0	652,7
A216	14,8	50,6	1391,0	52,4	4438,0	646,0
A217	14,9	50,7	1251,0	46,8	4015,0	631,0
A218	14,9	50,6	1306,0	49,1	4248,0	656,4
A219	14,8	50,4	1189,0	45,5	3900,0	641,4
A221	14,9	50,6	1932,0	72,7	8402,0	635,3
A222	14,6	50,7	1129,0	43,9	3884,0	646,8
A223	14,6	50,7	1166,0	45,2	4007,0	641,3
A224	14,7	50,6	1032,0	39,8	3602,0	649,0
A225	14,7	50,6	1134,0	43,4	3721,0	637,8
A226	14,8	50,6	1224,0	46,5	3872,0	630,7
A227	14,8	50,6	1251,0	47,7	3907,0	647,4
A228	14,7	50,6	1171,0	44,8	3651,0	635,6
A229	14,7	50,5	1182,0	45,2	3805,0	633,0
A231	14,8	50,6	1881,0	71,3	8433,0	633,7
A232	14,7	50,7	1387,0	53,5	4425,0	651,5
A233	14,7	50,7	1329,0	51,0	4314,0	646,7
A234	14,7	50,6	1269,0	48,8	4548,0	643,9
A235	14,7	50,6	1236,0	47,4	4316,0	649,7
A236	14,8	50,6	1227,0	46,6	4173,0	645,2
A237	14,8	50,6	1357,0	51,7	4350,0	651,7
A238	14,7	50,7	1286,0	49,3	4331,0	649,1
A239	14,7	50,6	1064,0	41,0	4115,0	653,2
A241	14,7	50,4	1277,0	49,3	4466,0	677,2
A242	14,8	50,7	2285,0	86,7	8924,0	689,5
A243	14,7	50,7	2306,0	88,4	9416,0	696,8
A244	14,8	50,7	2305,0	87,9	9330,0	681,2
A245	14,8	50,7	2467,0	93,4	9107,0	685,9
A246	14,8	50,9	2353,0	88,9	9162,0	709,7
A247	14,8	50,6	2321,0	87,9	9243,0	690,8
A248	14,8	50,7	2283,0	86,3	9404,0	685,3
A249	14,9	50,6	2318,0	87,2	9291,0	683,3
A251	15,0	50,7	1424,0	52,9	4657,0	698,0
A252	15,1	50,7	2305,0	83,8	7960,0	698,2
A253	15,1	50,7	2155,0	78,4	8039,0	709,3
A254	15,1	50,4	2230,0	81,6	7767,0	699,5
A255	15,1	50,7	2101,0	76,4	7477,0	675,2
A256	15,1	50,7	2086,0	76,2	7672,0	689,9
A257	15,0	50,5	2076,0	76,5	7857,0	687,5
A258	15,1	50,7	2022,0	73,9	7834,0	696,4
A259	15,1	50,6	2284,0	83,2	8289,0	684,6
A261	14,9	50,5	1347,0	50,7	4544,0	665,1
A262	15,0	50,6	2103,0	77,3	7973,0	673,3
A263	15,0	50,7	2121,0	77,7	8006,0	685,9
A264	15,0	50,7	2247,0	82,5	8187,0	682,2
A265	15,0	50,7	2170,0	79,7	8212,0	677,0
A266	15,0	50,7	2320,0	85,7	7881,0	676,7
A267	15,0	50,7	2170,0	79,9	8013,0	668,0
A268	15,0	50,7	2173,0	80,0	8425,0	673,2
A269	15,0	50,6	2215,0	81,6	8311,0	659,0

A3 preskuš.	Debelina (mm)	Širina (mm)	Sila loma (N)	Upog. Trd. (N/mm ²)	El. Modul (N/mm ²)	Gostota (kg/m ³)
A311	14,8	50,6	1221,0	46,1	3514,0	659,2
A312	15,0	50,6	1968,0	72,6	8700,0	674,6
A313	15,0	50,6	1971,0	73,2	8886,0	684,1
A314	14,9	50,6	1911,0	71,6	8743,0	664,3
A315	14,8	50,7	1952,0	73,7	8539,0	662,5
A316	14,8	50,6	2015,0	76,5	8669,0	672,0
A317	14,8	50,7	2058,0	78,1	9281,0	679,6
A318	14,8	50,5	2137,0	81,5	9341,0	681,4
A319	14,7	50,5	2087,0	79,8	8841,0	667,9
A321	14,8	50,5	1196,0	45,4	3870,0	663,6
A322	14,9	50,6	2081,0	77,5	8999,0	655,6
A323	14,9	50,7	2050,0	76,4	8926,0	662,7
A324	14,9	50,7	2091,0	78,5	9300,0	653,4
A325	14,8	50,7	2104,0	79,6	9370,0	648,6
A326	14,8	50,7	2053,0	77,8	9041,0	642,8
A327	14,8	50,7	2070,0	78,4	9398,0	644,0
A328	14,8	50,6	2070,0	78,3	9190,0	651,7
A329	14,8	50,5	2012,0	76,1	9235,0	660,1
A331	14,6	50,6	1028,0	40,0	4601,0	662,7
A332	14,8	50,7	2007,0	75,8	8546,0	657,2
A333	14,8	50,6	2106,0	79,7	8654,0	675,4
A334	14,8	50,7	1979,0	74,7	8289,0	673,3
A335	14,8	50,7	2079,0	78,7	8287,0	670,3
A336	14,8	50,7	2130,0	80,7	8460,0	675,1
A337	14,8	50,7	2048,0	77,3	8398,0	658,7
A338	14,8	50,6	1973,0	74,7	8425,0	653,5
A339	14,8	50,8	1949,0	73,3	7615,0	653,1
A341	14,8	50,7	1917,0	72,3	7681,0	630,7
A342	14,7	50,6	1216,0	46,6	3851,0	652,8
A343	14,7	50,6	1110,0	42,7	3583,0	655,4
A344	14,7	50,6	1195,0	45,7	3747,0	668,8
A345	14,8	50,7	1240,0	47,0	4054,0	647,6
A346	14,8	50,4	1189,0	45,3	3728,0	654,5
A347	14,8	50,7	1320,0	49,9	3984,0	653,6
A348	14,8	50,7	1155,0	43,9	4146,0	661,7
A349	14,8	50,4	1212,0	46,4	4224,0	659,0
A351	14,9	50,7	2008,0	74,8	7802,0	616,6
A352	14,8	50,6	1158,0	44,1	3331,0	624,2
A353	14,8	50,5	1183,0	44,8	3427,0	631,1
A354	14,8	50,7	1167,0	44,1	3621,0	625,0
A355	14,9	50,7	1157,0	43,4	3573,0	638,5
A356	14,9	50,7	1155,0	43,3	3375,0	636,0
A357	14,9	50,7	987,0	37,0	3133,0	627,9
A358	14,8	50,6	1113,0	42,2	3078,0	620,7
A359	14,9	50,5	1116,0	42,0	3153,0	622,8
A361	14,8	50,5	2255,0	85,4	8581,0	650,8
A362	14,7	50,5	1013,0	39,0	3084,0	633,7
A363	14,7	50,5	1054,0	40,6	3349,0	649,5
A364	14,7	50,7	1119,0	42,9	3617,0	650,7
A365	14,7	50,6	1042,0	39,9	3523,0	645,1
A366	14,8	50,7	1054,0	40,1	3288,0	640,1
A367	14,8	50,5	1069,0	40,8	3092,0	644,1
A368	14,7	50,6	984,0	37,6	3010,0	645,9
A369	14,7	50,2	1021,0	39,6	3018,0	637,6

Priloga E: Podatki upogibnih obremenitev preskušancev sestave plošč B

B1 preskuš.	Debelina (mm)	Širina (mm)	Sila loma (N)	Upog. Trd. (N/mm ²)	El. Modul (N/mm ²)	Gostota (kg/m ³)
B111	14,0	50,6	1112,0	47,2	4218,0	579,0
B112	14,1	50,6	1708,0	71,6	7619,0	561,9
B113	14,1	50,6	1724,0	71,9	7658,0	554,6
B114	14,1	50,7	1633,0	67,7	7680,0	550,4
B115	14,1	50,7	1747,0	72,7	7815,0	537,8
B116	14,2	50,7	1786,0	73,9	7904,0	549,9
B117	14,2	50,7	1842,0	76,3	7998,0	554,8
B118	14,3	50,7	1823,0	74,4	7970,0	550,1
B119	14,3	50,6	1796,0	73,0	7834,0	548,4
B121	13,8	50,6	825,0	36,2	3761,0	551,0
B122	13,8	50,6	1706,0	74,5	9009,0	558,9
B123	13,8	50,7	1668,0	72,8	9473,0	575,4
B124	13,7	50,7	1804,0	79,3	9640,0	572,7
B125	13,7	50,7	1836,0	80,6	9471,0	573,1
B126	13,8	50,7	1632,0	71,4	9017,0	572,6
B127	13,7	50,7	1647,0	72,4	8924,0	552,9
B128	13,7	50,6	1771,0	78,0	8925,0	564,5
B129	13,7	50,5	1671,0	73,9	8990,0	559,2
B131	14,0	50,6	973,0	41,3	3592,0	579,3
B132	14,1	50,7	1779,0	74,3	8806,0	563,1
B133	14,1	50,6	1877,0	78,9	8543,0	573,4
B134	14,1	50,5	1888,0	78,9	8664,0	575,1
B135	14,1	50,7	1961,0	81,6	8949,0	598,2
B136	14,1	50,7	1836,0	76,5	8723,0	597,0
B137	14,1	50,8	1954,0	80,8	8963,0	577,6
B138	14,2	50,6	1932,0	80,2	9108,0	575,0
B139	14,2	50,5	1860,0	77,0	8567,0	571,7
B141	14,2	50,7	1768,0	72,3	8224,0	572,2
B142	14,2	50,7	684,0	28,3	2740,0	522,6
B143	14,1	50,5	712,0	29,6	2843,0	530,8
B144	14,2	50,6	792,0	32,6	3224,0	544,8
B145	14,2	50,6	767,0	31,5	3167,0	546,6
B146	14,2	50,6	814,0	33,6	3187,0	546,7
B147	14,2	50,5	856,0	35,3	3380,0	536,5
B148	14,1	50,6	960,0	40,0	3502,0	542,8
B149	14,1	50,6	741,0	31,0	3300,0	561,3
B151	14,2	50,6	1848,0	76,5	8752,0	581,9
B152	14,1	50,6	893,0	37,5	3251,0	589,5
B153	14,1	50,4	899,0	37,4	3287,0	598,2
B154	14,1	50,6	808,0	33,6	3238,0	586,3
B155	14,2	50,6	888,0	36,7	3468,0	571,1
B156	14,1	50,6	841,0	35,1	3493,0	576,1
B157	14,1	50,5	779,0	32,8	3352,0	578,5
B158	14,0	50,4	1051,0	45,0	3748,0	567,3
B159	13,9	50,6	972,0	41,7	3743,0	584,8
B161	13,8	50,6	1884,0	81,8	9042,0	626,4
B162	13,7	50,6	1008,0	44,3	3718,0	597,2
B163	13,8	50,7	974,0	42,2	3515,0	604,2
B164	13,8	50,6	985,0	42,9	3686,0	603,9
B165	13,8	50,7	868,0	37,9	3682,0	588,9
B166	13,9	50,6	804,0	34,7	3369,0	608,9
B167	13,9	50,5	864,0	37,4	3719,0	610,5
B168	13,8	50,6	973,0	42,4	3956,0	606,9
B169	13,8	50,4	944,0	41,2	3944,0	614,5

B2	Debelina	Širina	Sila loma	Upog. Trd.	El. Modul	Gostota
preskuš.	(mm)	(mm)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kg/m ³)
B211	14,5	50,6	1685,0	66,2	7299,0	576,1
B212	14,4	50,5	1117,0	44,6	3967,0	577,6
B213	14,4	50,7	1128,0	44,8	3953,0	574,3
B214	14,5	50,6	1068,0	42,4	3870,0	573,3
B215	14,5	50,8	1237,0	48,9	4086,0	558,1
B216	14,5	50,7	1072,0	42,3	3990,0	568,3
B217	14,5	50,7	1320,0	52,1	4042,0	582,1
B218	14,4	50,6	1139,0	45,3	3686,0	576,2
B219	14,4	50,6	1230,0	49,5	4070,0	562,2
B221	14,5	50,6	1605,0	63,2	7534,0	578,7
B222	14,5	50,6	1179,0	46,7	3877,0	568,0
B223	14,5	50,5	1096,0	43,4	3907,0	570,8
B224	14,5	50,7	1036,0	41,0	3495,0	550,9
B225	14,5	50,7	1027,0	40,4	3631,0	550,4
B226	14,5	50,7	1019,0	40,3	3710,0	570,8
B227	14,5	50,7	1013,0	40,0	3633,0	580,1
B228	14,4	50,6	1007,0	40,2	3430,0	591,0
B229	14,4	50,6	1079,0	43,4	3643,0	580,1
B231	14,8	50,7	1918,0	73,1	7815,0	603,9
B232	14,7	50,7	951,0	36,4	3357,0	588,8
B233	14,7	50,6	964,0	37,1	3321,0	601,2
B234	14,7	50,6	983,0	37,8	3118,0	576,9
B235	14,7	50,7	867,0	33,2	3059,0	577,1
B236	14,7	50,7	738,0	28,2	3161,0	580,2
B237	14,7	50,7	780,0	29,9	3209,0	589,1
B238	14,7	50,7	1103,0	42,2	3599,0	608,1
B239	14,7	50,5	1018,0	39,3	3646,0	605,6
B241	14,6	50,6	917,0	35,7	2976,0	515,1
B242	14,8	50,7	1713,0	64,6	7340,0	527,2
B243	14,8	50,7	1732,0	65,8	7474,0	542,5
B244	14,7	50,7	1692,0	64,7	7552,0	526,3
B245	14,8	50,7	1780,0	67,6	7474,0	526,8
B246	14,7	50,7	1604,0	61,5	7396,0	525,2
B247	14,7	50,7	1728,0	66,5	7364,0	529,3
B248	14,7	50,7	1602,0	61,1	7079,0	529,5
B249	14,7	50,4	1567,0	60,3	7281,0	539,1
B251	14,5	50,6	879,0	34,8	3551,0	554,1
B252	14,6	50,7	1567,0	60,9	7826,0	522,7
B253	14,6	50,7	1633,0	63,7	7564,0	527,5
B254	14,6	50,7	1733,0	67,2	7884,0	535,0
B255	14,6	50,7	1610,0	62,9	8000,0	540,4
B256	14,5	50,6	1553,0	61,3	8058,0	545,0
B257	14,6	50,7	1669,0	65,3	8160,0	548,8
B258	14,6	50,6	1702,0	66,6	7950,0	553,5
B259	14,5	50,7	1593,0	62,7	7857,0	550,4
B261	14,8	50,6	1394,0	52,7	4587,0	645,4
B262	15,0	50,7	2261,0	83,4	8932,0	653,4
B263	14,9	50,6	2212,0	82,4	8653,0	639,7
B264	14,9	50,7	2126,0	79,1	8636,0	637,7
B265	15,0	50,7	2064,0	76,5	8486,0	650,9
B266	14,9	50,6	2037,0	76,0	8091,0	634,4
B267	14,9	50,6	2070,0	77,0	8139,0	634,0
B268	15,0	50,6	2110,0	78,1	8734,0	639,9
B269	15,0	50,5	2095,0	77,5	8653,0	635,6

B3	Debelina	Širina	Sila loma	Upog. Trd.	El. Modul	Gostota
preskuš.	(mm)	(mm)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kg/m ³)
B311	15,3	50,7	2174,0	76,6	7874,0	628,7
B312	15,1	50,6	1551,0	56,8	4689,0	637,4
B313	15,1	50,5	1444,0	53,0	4444,0	625,6
B314	15,2	50,7	1460,0	52,7	4347,0	633,3
B315	15,1	50,8	1465,0	53,0	4353,0	628,0
B316	15,2	50,6	1436,0	51,7	4174,0	611,4
B317	15,2	50,6	1461,0	52,6	4262,0	639,2
B318	15,1	50,6	1590,0	57,9	4676,0	645,0
B319	15,2	50,3	1525,0	55,5	4741,0	648,1
B321	14,9	50,5	1959,0	73,7	7969,0	618,7
B322	14,7	50,6	1521,0	58,7	4778,0	630,3
B323	14,7	50,6	1467,0	56,3	4520,0	623,8
B324	14,7	50,6	1401,0	53,7	4444,0	621,7
B325	14,7	50,6	1428,0	54,6	4410,0	606,7
B326	14,8	50,7	1486,0	56,5	4559,0	613,4
B327	14,7	50,6	1488,0	56,9	4611,0	608,3
B328	14,7	50,5	1401,0	53,9	4680,0	621,2
B329	14,7	50,5	1339,0	51,5	4552,0	611,0
B331	14,8	50,5	1800,0	68,0	8277,0	581,9
B332	14,6	50,6	1160,0	45,0	3742,0	597,4
B333	14,7	50,5	1134,0	43,8	3547,0	585,5
B334	14,7	50,6	1132,0	43,5	3464,0	592,3
B335	14,7	50,7	1195,0	46,0	3667,0	593,1
B336	14,8	50,7	1134,0	43,0	3419,0	588,3
B337	14,8	50,6	1198,0	45,3	3583,0	575,7
B338	14,9	50,6	1220,0	45,9	3649,0	578,4
B339	14,8	50,5	1231,0	47,1	3803,0	573,2
B341	14,8	50,6	1208,0	45,5	3934,0	555,0
B342	14,9	50,6	1843,0	68,7	7465,0	560,7
B343	14,9	50,6	1796,0	66,9	7358,0	565,9
B344	14,9	50,7	1857,0	69,4	7394,0	554,9
B345	14,9	50,7	1893,0	71,2	7717,0	559,6
B346	14,8	50,6	1855,0	69,9	7854,0	562,8
B347	14,9	50,7	1779,0	66,7	7536,0	560,4
B348	14,9	50,6	1756,0	65,9	7607,0	559,6
B349	14,8	50,4	1682,0	63,6	7804,0	552,8
B351	14,9	50,6	1190,0	44,5	3486,0	543,6
B352	15,0	50,6	1790,0	66,2	8009,0	541,4
B353	14,9	50,6	1837,0	68,3	7978,0	545,9
B354	14,9	50,7	1800,0	66,9	7879,0	543,7
B355	14,9	50,8	1795,0	66,8	7873,0	532,0
B356	14,9	50,7	1886,0	70,0	8058,0	554,4
B357	14,9	50,7	1800,0	66,9	7846,0	550,3
B358	15,0	50,6	1806,0	67,1	7800,0	538,9
B359	15,0	50,5	1754,0	64,6	7646,0	531,6
B361	14,8	50,6	1164,0	44,2	3612,0	568,1
B362	14,9	50,6	1920,0	72,1	7710,0	552,7
B363	14,9	50,7	1895,0	70,7	7637,0	569,6
B364	14,9	50,8	1892,0	70,7	7851,0	566,5
B365	14,9	50,7	1868,0	69,4	7517,0	551,0
B366	15,0	50,7	1925,0	71,4	7475,0	560,8
B367	15,0	50,7	1905,0	70,3	7539,0	569,3
B368	15,0	50,7	1824,0	66,8	7283,0	563,2
B369	15,1	50,6	1876,0	68,4	7141,0	568,4

Priloga F: Podatki upogibnih obremenitev preskušancev sestave plošč C

C1 preskuš.	Debelina (mm)	Širina (mm)	Sila loma (N)	Upog. Trd. (N/mm ²)	El. Modul (N/mm ²)	Gostota (kg/m ³)
C111	13,3	50,7	738,0	34,6	2984,0	441,7
C112	13,6	50,6	1089,0	48,7	5326,0	465,0
C113	13,6	50,6	1053,0	47,4	5700,0	434,5
C114	13,6	50,6	1068,0	47,6	5451,0	457,4
C115	13,7	50,7	1037,0	46,2	5196,0	422,1
C116	13,7	50,6	998,0	44,4	5130,0	422,8
C117	13,6	50,7	1018,0	45,6	5138,0	434,6
C118	13,6	50,7	1188,0	53,3	5356,0	435,8
C119	13,6	50,5	1094,0	48,9	5416,0	429,4
C121	14,1	50,5	645,0	26,8	2418,0	465,5
C122	14,2	50,6	855,0	35,2	5468,0	466,2
C123	14,2	50,6	1456,0	60,2	5965,0	476,0
C124	14,2	50,7	1403,0	57,9	6122,0	484,3
C125	14,2	50,7	1488,0	61,5	6294,0	485,5
C126	14,1	50,7	1253,0	52,0	6177,0	480,6
C127	14,2	50,7	1447,0	59,8	6613,0	473,4
C128	14,2	50,6	1315,0	54,6	6103,0	460,5
C129	14,1	50,5	1384,0	57,6	6254,0	459,3
C131	14,0	50,7	843,0	35,6	3327,0	480,8
C132	14,3	50,6	1524,0	61,9	6947,0	499,9
C133	14,2	50,6	1475,0	60,4	6995,0	493,9
C134	14,3	50,6	1460,0	59,6	7191,0	484,4
C135	14,3	50,6	1429,0	58,3	7047,0	483,2
C136	14,2	50,7	1552,0	63,8	7483,0	495,8
C137	14,2	50,8	1546,0	63,6	7690,0	504,4
C138	14,2	50,7	1588,0	65,5	7606,0	501,2
C139	14,2	50,4	1531,0	63,7	7560,0	493,0
C141	14,1	50,6	1539,0	63,9	6954,0	501,0
C142	14,1	50,6	856,0	35,7	3355,0	492,4
C143	14,1	50,6	842,0	35,2	3309,0	503,8
C144	14,1	50,7	902,0	37,5	3283,0	492,6
C145	14,2	50,7	869,0	35,9	3310,0	507,8
C146	14,1	50,6	839,0	34,9	3266,0	503,8
C147	14,1	50,7	777,0	32,3	3196,0	511,3
C148	14,1	50,6	1011,0	42,1	3410,0	519,1
C149	14,1	50,6	1042,0	43,7	3461,0	511,2
C151	13,9	50,8	1393,0	59,7	6487,0	481,9
C152	13,7	50,7	918,0	40,8	3665,0	498,2
C153	13,8	50,7	1031,0	45,1	3751,0	503,1
C154	13,8	50,7	1030,0	44,9	3786,0	476,7
C155	13,8	50,6	983,0	42,6	3552,0	466,1
C156	13,9	50,8	759,0	32,7	2977,0	482,2
C157	13,9	50,7	721,0	31,0	2958,0	478,0
C158	13,9	50,6	795,0	34,3	3117,0	490,9
C159	13,8	50,2	846,0	37,1	3218,0	482,4
C161	14,2	50,6	1108,0	45,4	4740,0	404,8
C162	14,2	50,6	686,0	28,4	2568,0	408,2
C163	14,2	50,7	658,0	27,2	2673,0	430,8
C164	14,2	50,7	647,0	26,6	2609,0	456,1
C165	14,2	50,7	578,0	23,8	2667,0	419,9
C166	14,2	50,8	709,0	29,0	2768,0	419,3
C167	14,2	50,7	661,0	27,0	2769,0	429,8
C168	14,2	50,7	658,0	27,3	2647,0	420,9
C169	14,1	50,6	685,0	28,5	2715,0	418,7

C2	Debelina	Širina	Sila loma	Upog. Trd.	El. Modul	Gostota
preskuš.	(mm)	(mm)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kg/m ³)
C211	15,0	50,6	1097,0	40,5	3508,0	512,2
C212	15,1	50,7	1507,0	54,7	6432,0	522,7
C213	15,1	50,6	1615,0	58,6	6578,0	519,9
C214	15,2	50,7	1590,0	57,4	6989,0	511,0
C215	15,1	50,6	1611,0	58,5	6935,0	532,7
C216	15,1	50,8	1524,0	55,6	6951,0	536,0
C217	15,1	50,7	1566,0	56,9	7245,0	534,0
C218	15,1	50,7	1491,0	54,4	6305,0	512,6
C219	15,1	50,6	1590,0	57,9	6704,0	522,2
C221	14,8	50,6	1124,0	42,7	3640,0	476,6
C222	14,8	50,7	1500,0	56,8	6655,0	488,5
C223	14,7	50,7	1513,0	57,8	6481,0	473,0
C224	14,7	50,6	1405,0	53,7	6465,0	461,9
C225	14,8	50,6	1460,0	55,7	6299,0	461,5
C226	14,8	50,7	1507,0	57,4	6218,0	470,5
C227	14,7	50,7	1436,0	54,9	6207,0	466,3
C228	14,7	50,6	1496,0	57,2	6306,0	466,2
C229	14,8	50,8	1388,0	52,8	6345,0	468,3
C231	14,2	50,7	943,0	38,7	3306,0	444,4
C232	14,4	50,7	1156,0	46,5	5473,0	431,8
C233	14,3	50,7	1133,0	45,9	5508,0	461,7
C234	14,3	50,6	1203,0	49,0	5672,0	450,4
C235	14,3	50,7	1171,0	47,4	6046,0	450,0
C236	14,3	50,7	1262,0	51,1	6016,0	438,7
C237	14,3	50,7	1252,0	50,4	5944,0	440,9
C238	14,4	50,7	1193,0	47,9	5815,0	426,8
C239	14,4	50,7	1197,0	48,1	5703,0	433,7
C241	15,1	50,6	1299,0	47,6	6354,0	478,6
C242	14,9	50,7	940,0	34,9	3431,0	486,4
C243	15,0	50,6	955,0	35,4	3277,0	478,3
C244	15,0	50,8	1021,0	37,5	3472,0	480,9
C245	15,0	50,7	986,0	36,4	3230,0	466,3
C246	15,0	50,7	1053,0	38,9	3392,0	470,5
C247	15,0	50,7	1010,0	37,2	3344,0	466,8
C248	14,9	50,6	880,0	32,8	3394,0	460,1
C249	14,9	50,5	963,0	36,0	3484,0	483,2
C251	14,9	50,5	1628,0	61,3	6957,0	514,5
C252	14,8	50,6	1710,0	64,8	7317,0	513,6
C253	14,8	50,6	1638,0	62,5	6984,0	507,3
C254	14,7	50,7	1661,0	63,6	6877,0	518,5
C255	14,7	50,6	1699,0	65,6	7449,0	520,2
C256	14,7	50,7	1700,0	65,6	7211,0	537,4
C257	14,6	50,6	1579,0	61,2	7254,0	536,6
C258	14,6	50,4	1594,0	62,5	7344,0	527,1
C261	14,7	50,5	1448,0	56,0	5831,0	454,5
C262	14,6	50,6	974,0	38,2	3043,0	436,9
C263	14,6	50,7	998,0	38,9	3281,0	438,5
C264	14,6	50,7	1092,0	42,5	3457,0	439,4
C265	14,6	50,6	955,0	37,3	3026,0	451,9
C266	14,6	50,7	1017,0	39,8	3263,0	459,9
C267	14,5	50,6	965,0	37,9	3169,0	456,0
C268	14,5	50,6	955,0	37,8	3322,0	451,8
C269	14,4	50,6	926,0	36,9	3406,0	464,0

zadnje dve plošči ne sledite trendu, zato ker so bile prve, ki smo jih rezali in smo poskušali vseh 9 rezat v eno stran rezat.

Pri C25 nam jih je uspelo 9 v eno stran izrezat, pri C26 pa ni uspelo in jih je tako samo 8. kasneje smo vse ostale vzorce rezali po pravilu 8-1.

C3	Debelina	Širina	Sila loma	Upog. Trd.	El. Modul	Gostota
preskuš.	(mm)	(mm)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kg/m ³)
C311	14,9	50,6	1062,0	39,9	3415,0	436,7
C312	15,0	50,7	1257,0	46,6	5432,0	448,7
C313	14,9	50,7	1278,0	47,8	5379,0	458,4
C314	14,9	50,8	1201,0	45,0	5168,0	456,8
C315	14,9	50,7	1227,0	46,0	5255,0	450,2
C316	14,9	50,8	1131,0	42,2	4760,0	457,1
C317	14,9	50,7	1109,0	41,5	4765,0	446,1
C318	14,9	50,7	1161,0	43,3	4950,0	437,7
C319	15,0	50,7	1222,0	45,1	5072,0	448,9
C321	14,8	50,6	926,0	35,0	2981,0	462,0
C322	15,0	50,7	1182,0	43,5	5542,0	428,1
C323	15,0	50,7	1212,0	44,9	5744,0	451,3
C324	14,9	50,7	1318,0	49,2	5566,0	442,9
C325	15,0	50,7	1220,0	45,2	5548,0	446,5
C326	14,9	50,7	1334,0	49,9	5487,0	448,7
C327	14,9	50,6	1263,0	47,1	5624,0	431,0
C328	15,0	50,6	1227,0	45,5	5669,0	434,5
C329	15,0	50,5	1164,0	43,0	5501,0	438,2
C331	14,7	50,5	950,0	36,4	2921,0	451,7
C332	14,8	50,6	1180,0	44,5	4747,0	456,2
C333	14,8	50,7	1331,0	50,2	5285,0	449,6
C334	14,8	50,6	1224,0	46,2	5063,0	470,5
C335	14,8	50,9	1299,0	49,3	5133,0	485,4
C336	14,7	50,6	1285,0	49,3	5162,0	470,2
C337	14,7	50,7	1137,0	43,4	4646,0	469,9
C338	14,8	50,6	1189,0	45,0	5262,0	457,5
C339	14,8	50,6	1209,0	45,8	5008,0	443,9
C341	14,6	50,6	1178,0	45,7	5833,0	446,0
C342	14,5	50,6	905,0	35,8	3019,0	427,9
C343	14,5	50,6	867,0	34,2	2850,0	441,9
C344	14,5	50,6	925,0	36,3	2866,0	447,3
C345	14,5	50,7	1016,0	40,0	2976,0	445,8
C346	14,6	50,7	917,0	35,8	2982,0	438,3
C347	14,6	50,7	929,0	36,3	3043,0	443,1
C348	14,6	50,6	931,0	36,5	3117,0	451,5
C349	14,6	50,6	949,0	37,2	3110,0	441,3
C351	14,5	50,6	1015,0	40,2	4507,0	426,6
C352	14,4	50,6	916,0	36,8	3017,0	456,1
C353	14,4	50,7	988,0	39,4	3164,0	458,4
C354	14,4	50,7	915,0	36,5	2903,0	458,9
C355	14,4	50,7	1007,0	40,1	3143,0	442,7
C356	14,5	50,7	860,0	34,1	2786,0	437,8
C357	14,5	50,6	849,0	33,5	2707,0	433,1
C358	14,5	50,7	910,0	35,9	2854,0	429,3
C359	14,5	50,7	817,0	32,4	3123,0	429,5
C361	15,1	50,6	1314,0	47,8	5839,0	452,0
C362	15,0	50,6	1058,0	39,0	3107,0	450,4
C363	15,0	50,6	982,0	36,2	3231,0	455,4
C364	15,0	50,7	1151,0	42,2	3378,0	461,9
C365	15,0	50,6	1189,0	43,7	3518,0	452,7
C366	15,1	50,7	1010,0	36,9	3281,0	467,0
C367	15,1	50,6	994,0	36,3	3316,0	460,0
C368	15,0	50,8	1086,0	39,8	3336,0	470,3
C369	15,0	50,5	907,0	33,5	3161,0	477,8