

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Klemen MERHAR

LASTNOSTI LESA BRŠLJANA

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2010

POPRAVKI :

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Klemen MERHAR

LASTNOSTI LESA BRŠLJANA

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

WOOD PROPERTIES OF IVY

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v laboratoriju Katedre za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Primoža Ovna, za recenzenta pa prof. dr. Željka Goriška.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Klemen Merhar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 630*812:582.794.2
KG navadni bršljan/mehanske lastnosti/vlažnost/sorpcija/gostota
AV MERHAR, Klemen
SA Oven, Primož (mentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2010
IN LASTNOSTI LESA BRŠLJANA
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP X, 49 str., 11 pregl., 50 sl., 6 pril., 14 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Raziskali smo tiste izbrane lastnosti lesa navadnega bršljana (*Hedera helix* L.), ki bi utegnile predvideti njegovo uporabo. Raziskali smo anatomske zgradbe in makroskopske posebnosti, vlažnost v svežem stanju, gostoto, anizotropijo krčenja in nabrekanja, kazalnike dimenzijske stabilnosti ter tlačno in upogibno trdnost bršljanovega lesa. Raziskava je pokazala, da bršljanov les spada med polvenčasto porozne drevesne vrste. Gostota absolutno suhega lesa je 522 kg/m^3 . Vlažnost svežega lesa, ki jo zasledimo, znaša povprečno 92 %. Anizotropija krčenja in nabrekanja je zelo variirala, vendar lahko povzamemo, da so skrčki in nabreki primerljivi z lesovi z nižjo gostoto. Kazalniki dimenzijske stabilnosti so ugodni ali normalni, razen sorpcijskega kvocienta in vrednosti anizotropije, ki sta neugodna. Mehanske lastnosti lahko primerjamo z lipo, topolom in smreko. Bršljanov les je primeren za galerijske izdelke.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 630*812:582.794.2
CX *Hedera helix*/mechanical properties/humidity/sorption/density
AU MERHAR, Klemen
AA Oven, Primož (supervisor)/GORIŠEK, Željko (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 WOOD PROPERTIES OF IVY
DT Graduation Thesis (University studies)
NO X, 49 p., 11 tab., 50 fig., 6 ann., 14 ref.
LA sl
AL sl/en
AB We investigated those selected properties of plain wood ivy (*Hedera helix* L.), which could anticipate for its use. We studied the anatomical structure and macroscopic specialities, humidity in fresh state, density, shrinkage and swelling anisotropy, indicators of dimensional stability and compressive and flexural strength of ivy wood. The research showed that ivy wood is semi-ring-porous tree species. Absolutely dry wood density is 522 kg/m³. Average humidity of fresh wood is 92 %. Anisotropy of shrinkage and swelling is very varied, but the constrictions and swelling can be compared to woods with lower density. Dimensional stability indicators are favourable or normal, with the exception of sorption quotient and anisotropy, which are unfavourable. Mechanical properties can be compared with linden, poplar and spruce woods. Ivy wood is suitable for haberdashery products.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG.....	X
1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA	1
1.1 CILJI	2
2 PREGLED LITERATURE	3
2.1 BOTANIČNI OPIS BRŠLJANA	3
2.2 ZGRADBA LESA	3
2.3 VODA V LESU	4
2.3.1 Vlažnost lesa	4
2.3.1.1 Razporeditev vlažnosti v živem drevesu	5
2.3.2 Točka nasičenosti celičnih sten	5
2.4 GOSTOTA LESA	7
2.5 KRČENJE IN NABREKANJE LESA	8
2.6 SORPCIJSKE LATNOSTI LESA	10
2.7 KAZALNIKI DIMENZIJSKE OBSTOJNOSTI LESA	11
2.7.1 Diferencialno nabrekanje	11
2.7.2 Koeficient nabrekanja	11
2.7.3 Sorpcijski kvocient	11
2.8 MEHANSKE LASTNOSTI LESA	12
2.8.1 Tlačna trdnost	12
2.8.2 Upogibna trdnost	13
3 MATERIAL IN METODE	15
3.1 IZBOR TESTNEGA MATERIALA	15
3.2 SHEMA RAZREZA MATERIALA	16
3.2.1 Priprava vzorcev za makroskopski opis lesa	17
3.2.2 Priprava vzorcev za anatomske preiskave	17
3.2.3 Analiza vlažnosti in gostote svežega lesa	18
3.2.4 Priprava materiala in izvedba sorpcijskega poizkusa	19
3.2.5 Priprava materiala in izvedba poskusa mehanskih lastnosti lesa	21
3.2.5.1 Preizkušanje tlačne trdnosti lesa	22
3.2.5.2 Preizkus upogibne trdnosti lesa	22
4 REZULTATI	24
4.1 MAKROSKOPSKI OPIS	24
4.2 MIKROSKOPSKI OPIS	26
4.3 GOSTOTA IN VLAŽNOST SVEŽEGA LESA	28
4.3.1 Vlažnost svežega lesa	28
4.3.1.1 Bršljan št. 1	28
4.3.1.2 Bršljan št. 2	29

4.3.1.3	Bršljan št. 3	30
4.3.1.4	Bršljan št. 4	30
4.3.1.5	Bršljan št. 5	31
4.3.1.6	Bršljan št. 6	32
4.3.1.7	Bršljan št. 7	32
4.3.1.8	Bršljan št. 8	33
4.4	GOSTOTA LESA	34
4.5	KRČENJE IN NABREKANJE LESA	36
4.6	SORPCIJSKE LASTNOSTI	38
4.6.1	Ravnovesna vlažnost	38
4.6.2	Kazalniki dimenzijske stabilnosti	39
4.7	MEHANSKE LASTNOSTI	40
4.7.1	Tlačni test	40
4.7.2	Upogibni test	41
4.8	VREDNOSTI PREISKOVANIH LASTNOSTI LESA NAVADNEGA BRŠLJANA (<i>Hedera helix</i> L.)	43
5	RAZPRAVA	44
5.1	VLAŽNOST SVEŽEGA LESA	44
5.2	GOSTOTA LESA	44
5.3	KRČENJE IN NABREKANJE LESA	44
5.4	KAZALNIKI DIMENZIJSKE STABILNOSTI	44
5.5	MEHANSKE LASTNOSTI	45
6	SKLEPI	46
7	POVZETEK	47
8	VIRI	49
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1: Nabrekanje in sorpcija treh listavcev z difuzno poroznim lesom in treh z venčasto porozno strukturo lesa (Torelli študijsko gradivo, 1998).....	12
Preglednica 2 : Fizikalne in mehanske lastnosti treh listavcev z difuzno poroznim lesom in treh z venčasto porozno strukturo lesa (Torelli študijsko gradivo, 1998).....	13
Preglednica 3: Premeri debel izbranih vzorcev bršljana	15
Preglednica 4: Relativne zračne vlažnosti nad nasičeno raztopino soli pri $T = 20^{\circ}\text{C}$, ki smo jih uporabili za uravnovešanje lesa v sorpcijskem poskusu	20
Preglednica 5: Primerjava gostote v absolutno suhem stanju in osnovne gostote	34
Preglednica 6 : Podatki povprečnega radialnega, tangencialnega, longitudinalnega in volumskega nabreka ter skrčka bršljanovega lesa	37
Preglednica 7: Ravnovesna vlažnost bršljanovega lesa v šestih klimah z različno relativno zračno vlažnostjo.....	38
Preglednica 8 : Kriterij za ocenitev dimenzijske stabilnosti (Torelli študijska skripta 1982) .	39
Preglednica 9: Kazalniki dimenzijske stabilnosti	39
Preglednica 10: Dobavljeni podatki tlačnega testa bršljana	40
Preglednica 11: Dobavljeni podatki upogibnega testa bršljana	42

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Rastišče bršljana, Založje pri Ribnici	1
Slika 2: Značilni radialni vlažnostni profil iglavca (a), značilni radialni vlažnostni profil listavca (b) (Gorišek, 2004).....	5
Slika 3: Odvisnost ravnovesne vlažnosti lesa od relativne zračne vlažnosti (Dietenberger s sod., 1999).....	10
Slika 4: Rastišče Založje pri Ribnici. Bršljan z ravnim debлом ob bukvi.	15
Slika 5: Shema razreza testnega materiala	16
Slika 6: Razrez kolobarja za izdelavo preparatov	17
Slika 7: Izžagan vzorec za določitev radialne vlažnosti in gostote.....	18
Slika 8: Radialni vzorec za določitev vlažnosti in gostote.....	18
Slika 9: Naprava po BREUIL-u za merjenje volumna lesa	19
Slika 10: Palice za izdelavo vzorcev desorpcijskega poskusa	20
Slika 11: Vzorci za desorpcijski poizkus	20
Slika 12: (a) Merjenje dimenziј vzorcev s kljunastim merilom; (b) vzorci desorpcijskega poskusa v komori z nadzorovano relativno zračno vlažnostjo in temperaturo	21
Slika 13: Vzorci za upogibni in tlačni test v klimatizirani komori	21
Slika 14: (a) Obdelani vzorci za preizkus tlačne trdnosti lesa; (b) stroj za preizkušanje mehanskih trdnosti ZWICK Z100, tlačni test	22
Slika 15: Preizkušanje upogibne trdnosti lesa na stroju ZWICK Z100	23
Slika 16: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Slika debla s skorjo (a), brez skorje (b) in diskoloracija v radialnem prerezu (c).....	24
Slika 17: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Prečni prerez s skorjo.	25
Slika 18: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Vzdolžni prerezi radialni (a), tangencialni (b) in cepljeni vzorec (c).	25
Slika 19: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Prečni prerez: (a) les s skorjo, (b) debelostena libriforemska vlakna.....	26
Slika 20: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialni prerez: (a) traheje in intervaskularne piknje, (b) trakovni parenhim s piknjami in piknje med trakom in trahejo.	26
Slika 21: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Tangencialni prerez: (a) velika gostota delež trakov, (b) dolgi večredni trakovi.....	27
Slika 22: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Prečni (a) in radialni (b) prerez diskoloracije. Traheje so močno otiljene, tile pa sklerozirane.....	27
Slika 23: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Vlažnost lesa posameznih debel bršljana v svežem stanju.	28
Slika 24: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . KC – kambijeva cona, S – stržen. Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.	29
Slika 25: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.), deblo št. 1. Vidna širina vzorcev za vlažnostni preizkus.	29
Slika 26: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.....	29
Slika 27: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.), deblo št. 2. Vidna širina vzorcev ter nasekane politanke za vlažnostni preizkus.	30
Slika 28: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.....	30
Slika 29: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.), deblo št. 3.....	30

Slika 30: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.....	31
Slika 31: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.), deblo št. 4.....	31
Slika 32: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.....	31
Slika 33: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.), deblo št. 5.....	31
Slika 34: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.....	32
Slika 35: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.), deblo št. 6.....	32
Slika 36: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.....	33
Slika 37: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.), deblo št. 7.....	33
Slika 38: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.....	33
Slika 39: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.), deblo št. 8.....	33
Slika 40: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Porazdelitev gostote v absolutno suhem stanju. KC – kambijeva cona, S – stržen.	35
Slika 41: Navadni bršljan (<i>Hedera helix</i> L.). Gostota absolutno suhega lesa posameznih debel bršljana.	35
Slika 42: Radialni skrček (β) in nabrek (α) bršljanovega lesa	36
Slika 43: Tangencialni skrček (β) in nabrek (α) bršljanovega lesa	36
Slika 44: Longitudinalni skrček (β) in nabrek (α) bršljanovega lesa	36
Slika 45: Volumski skrček (β) in nabrek (α) bršljanovega lesa	37
Slika 46: Ravnovesna vlažnost bršljana	38
Slika 47: Tlačna trdnost bršljana, poves v odvisnosti sile	41
Slika 48: Porušena zgradba vzorca po tlačnem testu	41
Slika 49: Upogibna trdnost bršljana, poves v odvisnosti sile.....	42
Slika 50: Porušeni vzorci upogibnega testa	42

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Premeri debel za izvedbo poskusov

Priloga 2: Nabreki bršljanovega lesa

Priloga 3: Skrčki bršljanovega lesa

Priloga 4: Kazalniki dimenzijske stabilnosti

Priloga 5: Gostota in vlažnostni profil bršljanovega lesa

Priloga 6: Sorpcijski preizkus bršljanovega lesa, meritve

1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA

V človekovi naravi je, da iščemo nekaj novega, nekaj bolj posebnega, tudi v gozdarstvu in lesarstvu je to prisotno z raziskovanjem in odkrivanjem novih možnosti uporabe naravnih virov.

V vseh teh letih smo zaradi povečanega povpraševanja po lesni masi počasi, a vztrajno gozdove osiromašili. Hkrati se v svetu pojavljajo vse večje klimatske spremembe, pri katerih imajo pomemben delež gozdovi kot veliki ponori ogljikovega dioksida (Schaan in alpMedia, 2001). To nas je pripeljalo do tega, da smo začeli ohranjati velike gozdne sestoje in ponovno uporabljati lokalne drevesne vrste. Mnogo domačih vrst je znanih že vrsto let, vendar kljub temu mnoge izmed njih niso podrobnejše raziskane.

V biotski raznovrstnosti gozda prevladujejo lesne rastline, med njimi tudi ovijalke – vzpenjavke. V naših gozdovih jih najdemo predvsem ob gozdnih robovih, a jih pogosto zasledimo tudi v globokem gozdu. Ena bolj znanih vzpenjavk v slovenskem gozdu je navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Čeprav lahko doseže večje premere, les te vrste doslej ni bil zadovoljivo raziskan. Pregled literature je razkril, da podatki o lastnostih lesa bršljana tako rekoč manjkajo, izjema so anatomske opisi lesa. Prav zato smo se odločili raziskati tiste izbrane lastnosti lesa bršljana, ki bi utegnile predvideti njegovo uporabo.



Slika 1: Rastišče bršljana, Založje pri Ribnici

1.1 CILJI

V diplomi želimo raziskati naslednje lastnosti lesa bršljana:

- anatomsko zgradbo in makroskopske posebnosti
- vlažnost lesa v svežem stanju
- anizotropijo krčenja, nabrekanja
- kazalnike dimenzijske stabilnosti
- tlačno in upogibni trdnost

V razpravi bomo izbrane lastnosti bršljana primerjali z lastnostmi komercialno zanimivih lesnih vrst, ki so opisane v strokovni literaturi.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 BOTANIČNI OPIS BRŠLJANA

Rod *Hedera* L. – bršljan vključuje vednozelene vzpenjavke z zračnimi koreninami, s katerimi se priraščajo na plezalno podlago. V našem okolju uspeva ena vrsta - navadni bršljan (*Hedera helix* L.). V različnih kulturah ga že vrsto let uporabljajo kot vrtno rastlino (Grosser, 1977). Za pokončno rast potrebuje oporo – drevesa, pri tem zraste do 30 metrov visoko (Brus, 2008). Doživi starost do 450 let (Enzyklopädie der Holzgewächse, 1994). Premer debla doseže tudi do 20 cm. Mladi poganjki so prekriti z majhnimi dlačicami, na debelejših debelcih je skorja sivkasta. Listi so vednozeleni, usnjati, zgoraj temno zeleni, spodaj rumenkasto zeleni. Cvetovi so rumeni, dišeči in so združeni v polkrožna kobulasta socvetja. Plodovi so okrogli, modro črne barve, debeli do 10 mm.

Najdemo ga na svežih, globokih in hranljivih tleh, najraje na apnenu, a prenese tudi slabša tla. Ustreza mu blaga oceanska klima, rad ima stalno vlogo v zraku. Dobro prenaša senco, prav tako dobro uspeva na soncu. Zimski mraz prenaša dobro. Areal ima po celi Evropi ter na ozemlju vse do Kavkaza, kjer ga zasledimo do nadmorske višine 2000 m.

Bršljan je vrsta, ki gozdu povečuje estetsko vrednost in je lahko tudi pomembna hrana za živali. Po drugi strani je lahko škodljiva rastlina. Čeprav ni niti polzajedalska rastlina, saj ima svoje korenine in zelene liste, drevo potrebuje le za oporo, ki mu pomaga do svetlobe, z oprijemalnimi koreninami pa se samo oprimjemlje podlage, lahko drevesu škoduje. To se zgodi, kadar se tako razraste, da drevesu v krošnji zmanjka svetlobe. Kadar se premočno razraste, ga je potrebno odstranjevati.

Je priljubljena in uporabna okrasna rastlina, primerna za preraščanje sten, ograj in podobnih površin. Rastlinski deli vsebujejo več zdravilnih učinkovin, vendar moramo biti pri njihovi uporabi previdni. Vsa rastlina, še zlasti semena vsebujejo strupeno snov hederin (Brus, 2008).

2.2 ZGRADBA LESA

Opis anatomske zgradbe, ki sledi v poglavju, je povzet iz Schweingruber (1990). Jedrovina je nerazločna. V prečnem prerezu zaznamo polvenčasto do difuzno porazdelitev por. Pore se nahajajo v skupinah, pretežno orientirane v tangencialni smeri. Priložnostno so prisotne tile. Letnice so pogosto valovite. Na letnici so trakovi inflirani. Celice osnovnega tkiva so v splošnem razporejene v tangencialnih pasovih, aksialen parenhim je pičel, apotrahealen in paratrahealen.

Na tangencialnem prerezu so razpoznavni 4-8 redni trakovi. V širokih trakovih se pojavljajo ovalni medcelični prostori.

Na radialnih prerezih so trakovi homogeni in heterogeni, pogosto s tremi nizi kvadratnih ali pokončnih marginalnih celic. Trakovne celice so debelostene, piknje med trakovi in trahejami pa velike. Perforirane ploščice so enostavne. Librifomska vlakna so občasno septirana. Pogoste so vazicentrične traheide (Schweingruber, 1990).

2.3 VODA V LESU

2.3.1 Vlažnost lesa

Vlažnost lesa (u) je v lesni tehnologiji izražena kot količina vode na maso lesa v absolutno suhem stanju (Gorišek, 2005):

$$u = \frac{m_{vode}}{m_0} = \frac{m_{vl} - m_0}{m_0} \quad [\text{kg/kg}] \quad \dots (1)$$

$$\text{Oz. } U = \frac{m_{vl} - m_0}{m_0} \times 100 \quad [\%] \quad \dots (2)$$

Manj pogosto določamo absolutno vlažnost (x), ki je definirana kot razmerje med maso vode v lesu in maso vlažnega lesa:

$$x = \frac{m_{vode}}{m_{vl}} = \frac{m_{vl} - m_0}{m_{vl}} \quad [\text{kg/kg}] \quad \dots (3)$$

pri tem velja

$$u = \frac{x}{1+x} \quad \text{in} \quad x = \frac{u}{1+u} \quad \dots (4) \quad \dots (5)$$

Osnovni podatek pri uporabi, predelavi in uporabi je ravnovesna vlažnost (u_r). To je vlažnost lesa v higroskopskem ravnovesju. Ravnovesna vlažnost se spremeni, če se spremenita relativna zračna vlažnost ali temperatura zraka (Geršak s sod., 1998). Ker ravnovesno vlažnost opisujeta dve spremenljivki, lahko to odvisnost odčitamo tudi iz grafov.

Med zimskim in letnim časom imamo klimatske spremembe s tem tudi spremembe ravnovesne vlažnosti in delovanja lesa, ki lahko povzroči napake pri izdelkih. Pri uporabi in vgradnji moramo poleg pravilne vlažnosti lesa zagotoviti tudi stalno enakomerno temperaturo in relativno vlažnost zraka.

Ravnovesno vlažnost lahko izračunamo:

$$u_r(\varphi) = \frac{m_\varphi - m_0}{m_0} \times 100 \quad [\%] \quad \dots (6)$$

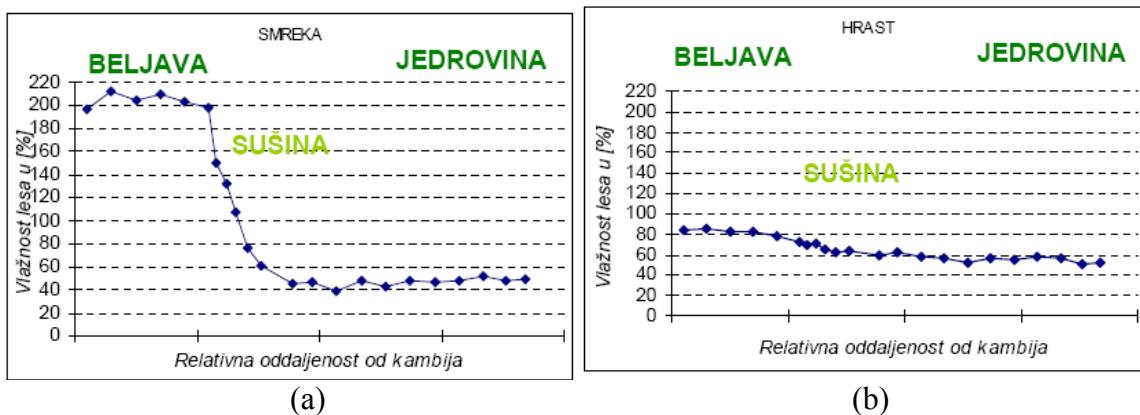
$u_r(\varphi)$ – ravnovesna vlažnost lesa v odvisnosti od relativne zračne vlažnosti

m_φ – masa vzorca, ki je uravnovešen na kontrolirano zračno vlažnost

m_0 – masa absolutno suhega vzorca

2.3.1.1 Razporeditev vlažnosti v živem drevesu

Voda v svežem lesu je odraz prevajalne vloge sekundarnega ksilema, ki prevaja vodo iz koreninskega sistema v krošnjo (Gorišek, 2005). Delež vode v svežem lesu se med drevesnimi vrstami, pa tudi med drevesi iste vrste, močno razlikuje. Bolj ali manj nasičena z vodo je beljava, ki v živem drevesu prevaja vodo iz koreninskega sistema v krošnjo. Vlažnost beljave se proti meji z jedrovino znižuje, na meji z jedrovino pa strmo upade, kar spremljajo jedrovinski procesi, kot je odlaganje jedrovinskih snovi v celične lumne ali stene, pri iglavcih se pojavi aspiracija obokanih pikenj, pri listavcih pa otiljenje. Kljub nižji vlažnosti jedrovine ostanejo celične stene še vedno napojene, to je z vlažnostjo nad točko nasičenja celičnih sten. Vlažnost lesa v vežem stanju je odvisna še od časa sečnje in transporta, vrste lesa, starosti, velikosti krošnje, radialne in vertikalne distribucije v drevesu (beljava-jedrovina-višina). Svež les takoj po poseku vsebuje velike količine vode, ki ne zagotavlja dimenzijske stabilnosti in biološke odpornosti. Pri številnih vrstah pride po predhodni izsušitvi (dehidraciji) v jedrovini do vnovičnega navlaževanja oziroma akumulacije vode. Govorimo o mokrinah in mokrem srcu (mokro srce pri jelki), njihova vloga pa ni znana. Tudi diskoloriran les ima lahko večje količine vode, zato ga včasih uvrščamo v isto kategorijo (rdeče srce pri bukvi, rjavo srce pri topolu in jesenu). Razlika vlažnosti med beljavo in jedrovino je pri iglavcih nekajkratna (slika 2), pri listavcih pa ni vedno tako izrazita (Železnik, 2009).



Slika 2: Značilni radialni vlažnostni profil iglavca (a), značilni radialni vlažnostni profil listavca (b) (Gorišek, 2004)

2.3.2 Točka nasičenosti celičnih sten

Točka nasičenosti celičnih sten je eden najpomembnejših pojmov v lesarski znanosti. Teoretično je točka nasičenosti celičnih sten (TNCS) definirana kot lesna vlažnost pri kateri so celične stene nasičene, medtem ko v lumnih in piknjah ni proste (kapilarne) vode (Torelli, 2000). Vlažnost TNCS (u_{TNCS}) je približno enaka ravnovesni vlažnosti lesa, ki se vzpostavi v klimi s 100 % relativno zračno vlažnostjo. Definiciji TNCS sta zaradi svoje enostavnosti zelo sprejemljivi, pri čemer pa so vrednosti zaradi anatomskeh, strukturnih in kemijskih razlik med posameznimi tkivi zelo različne in variabilne, zato je mnenje, da je vlažnost točke nasičenja celičnih sten 30 %, zmotno. Zaradi prisotnosti vlažnostnih gradientov velja TNCS za les kot celoto le kot mejna vrednost, pa tudi eksperimentalno je

težko natančno določljiva, največkrat z ekstrapolacijo, zato v praksi večkrat obravnavamo območje nasičenja celičnih sten in ne le točko (Gorišek, 2005). Podobno kot za druge lastnosti lesa tudi za TNCS drži, da je enako variabilna. Les difuzno poroznih listavcev z nerazločno jedrovino (lipa, vrba, topol, jelša, breza, bukev) in beljava venčastoporoznih in polvenčastoporoznih listavcev (robinija, kostanj, hrast, jesen, oreh in češnja) ima TNCS od 32 do 35 %. Les iglavcev z neobarvano jedrovino (smreka, jelka) in beljava iglavcev s črnjavo (bor, macesen) ima TNCS od 30 do 35 %. Jedrovina iglavcev z zmernim deležem smol (macesen, duglazija) ima TNCS od 26 do 28 %. Jedrovina iglavcev z velikim deležem smol ima TNCS od 22 do 24 %. Obarvane jedrovine venčastoporoznih in polvenčastoporoznih lesnih vrst (robinija, kostanj, hrast, jesen, oreh in češnja) imajo TNCS od 23 do 25 %.

Pri listavcih, ki imajo večji delež bolj higroskopnih polioz, je vlažnost nasičenja celičnih sten nekoliko višja kot pri iglavcih. Ekstraktivi znižujejo ravnovesno vlažnost v zgornjem območju relativnih zračnih vlažnosti, zato sta tudi ravnovesna vlažnost in TNCS beljave vselej višji od ravnovesne vlažnosti in jedrovine. Prav tako sta ravnovesna vlažnost in TNCS ekstrahirane jedrovine vselej višji od ravnovesne vlažnosti in TNCS neekstrahirane jedrovine. Trakovi imajo nižjo TNCS od osnovnega aksialnega tkiva, verjetno zaradi drugačne kemične strukture.

V literaturi je mogoče zaslediti nekaj pregledov metod določanja TNCS. Naslednje naštete metode so ene najvažnejših; (1) ekstrapolacija volumenskih ali linearnih skrčkov do vrednosti 0, (2) metoda z določitvijo kompresije adsorbirane vode z meritvijo gostote vlažne celične stene zimerzijo v bezenu in ekstrapolacijo do vlažnosti, kjer ni zgostitve in ki ustreza TNCS, (3) merjenje vlažilne toplote W ali sorpcijske toplote Q_L , (4) mehansko določanje TNCS z zvezo med mehansko trdnostjo in lesno vlažnostjo, (5) zveza med specifično električno upornostjo ali prevodnostjo in lesno vlažnostjo, (6) metoda ekstrapolacija sorpcijske izoterme, (7) metoda porozne tlačne ploskve, (8) metoda s centrifugacijo, (9) metoda izključitve polimera (Torelli, 2000). TNCS je mogoče izračunati po enačbi:

$$u_{TNCS} = \frac{\beta_V \times \rho_{vode}}{R} \quad [\%] \quad \dots (7)$$

u_{TNCS} ... vlažnost lesa pri točki nasičenja celičnih sten

β_V ... totalni volumski skrček

ρ_{vode} ... gostota adsorbirane vode (1130 kg/m^3)

R ... osnovna gostota

2.4 GOSTOTA LESA

Od vseh fizikalnih in mehanskih lastnosti lesa je gostota v najtesnejši odvisnosti z drugimi fizikalnimi in mehanskimi lastnostmi (Gorišek, 2005; Torelli, 1998). Gostota ρ je definirana kot masa na enoto volumna. Matematično jo definiramo kot:

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}, \quad \dots (8)$$

kjer je m masa [kg] in V volumen [m^3]. Predpostavka kontinuirane homogene porazdelitve mase dovoljuje uporabo spodnje enačbe za telesa končne velikosti:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (Torelli, 1998).} \quad \dots (9)$$

Zaradi odvisnosti tako mase kot volumna od lesne vlažnosti ločimo v lesni tehnologiji več načinov izražanja gostote.

Gostota lesa (kot poroznega materiala) pri določeni vlažnosti ρ_u je definirana z razmerjem med maso lesa pri vlažnosti u in njegovim volumnom pri isti vlažnosti ($\rho_u = m_u/V_u$). Če sta masa in volumen merjena pri vlažnosti 0 % je to gostota v absolutno suhem stanju ρ_0 ($\rho_0 = m_0/V_0$):

$$\rho_u = \frac{m_u}{V_u} \quad \rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \quad \dots (10)$$

Maso vlažnega lesa izračunamo iz naslednje enačbe:

$$m_u = m_0(1+u) \quad \dots (11)$$

Volumen vlažnega lesa v higroskopskem območju lahko izračunamo, če poznamo diferencialni volumenski nabrek, ki je od absolutno suhega stanja do vlažnosti 25 % konstanten (Gorišek, 2005):

$$V_u = V_0(1+u q_V) \quad \dots (12)$$

Pri nominalni gostoti R_u določimo maso v absolutno suhem stanju, volumen pa pri poljubni vlažnosti ($R_u = m_0/V_u$). Najpogosteje uporabljenia nominalna gostota je izražena z maksimalnim volumnom, to je pri vlažnosti nad točko nasičenja celičnih sten. Imenujemo jo osnovna gostota R :

$$R = \frac{m_0}{V_{maks}} \quad \dots (13)$$

Posebno v angleški literaturi se zelo pogosto uporablja relativna gostota d_u (angl. Specific gravity), ki je po definiciji razmerje med nominalno gostoto in gostoto vode pri 4 °C. Relativna gostota z naraščajočo vlažnostjo pada in doseže pri točki nasičenja celičnih sten svojo najmanjšo vrednost, ki ostane z nadaljnjam zviševanjem lesne vlažnosti nespremenjena:

$$d_u = \frac{R}{\rho_{vode}} \quad \dots (14)$$

Gostoto ugotavljamo po standardu (SIST ISO 3131).

Na gostoto vplivajo še številni drugi dejavniki, kot so vlažnost, drevesna vrsta, starost drevesa, del drevesa, jedrovina ali beljava, širina branik, anatomska zgradba, kemična sestava, zdravstveno stanje drevesa ter rastišče (Pipa, 1990; Torelli, 1998).

2.5 KRČENJE IN NABREKANJE LESA

Krčenje lesa štejemo med njegove najneugodnejše lastnoti, saj zaradi higroskopnosti dimenzijske neostajajo stabilne niti po osušitvi na primerno vlažnost. Volumensko krčenje in nabrekanje je količinsko enako volumnu oddane oz. sprejete higroskopske vode, upoštevaje njenogostitev v celični steni, pri čemer se celični lumni v procesu krčenja skoraj ne spremenijo. Zaradi anatomske, kemične in fizikalne anizotropije se tudi krčenje in nabrekanje razlikujeta glede na anatomske smeri (Gorišek, 2005).

Krčenje in nabrekanje se glede na smer zelo razlikuje. V longitudinalni smeri je delovanje zanemarljivo. Grobo razmerje med longitudinalnim, radialnim in tangencialnim krčenjem je 1 : 10 : 20.

Totalni skrček v longitudinalni smeri smo določili kot razmerje med razliko v dolžini svežega in absolutno suhega vzorca (ΔL) in dolžino vlažnega vzorca (L_{vl}). Podobno dobimo totalni skrček v radialni in tangencialni smeri.

$$\beta_L = \frac{\Delta L}{L_{vl}} \times 100 \quad [\%] \quad \Delta L = L_{vl} - L_0 \quad \dots (15)$$

$$\beta_T = \frac{\Delta T}{T_{vl}} \times 100 \quad [\%] \quad \Delta T = T_{vl} - T_0 \quad \dots (16)$$

$$\beta_R = \frac{\Delta R}{R_{vl}} \times 100 \quad [\%] \quad \Delta R = R_{vl} - R_0 \quad \dots (17)$$

Volumenski totalni skrček:

$$\beta_V = \frac{\Delta V}{V_{vl}} \times 100 \quad [\%] \quad \Delta V = V_{vl} - V_0 \quad \dots (18)$$

β_L ... totalni skrček v longitudinalni smeri

β_T ... totalni skrček v tangencialni smeri

β_R ... totalni skrček v radialni smeri

L_{vl}, T_{vl}, R_{vl} ... longitudinalna, tangencialna in radialna dimenzija vlažnega vzorca

L_0, T_0, R_0 ... longitudinalna, tangencialna in radialna dimenzija absolutno suhega vzorca

Podobno smo izračunali totalni nabrek kot odstotek razlike v dolžini (med svežim in absolutno suhim vzorcem) od dolžine absolutno suhega vzorca.

$$\alpha_L = \frac{\Delta L}{L_{vl}} \times 100 \quad [\%] \quad \Delta L = L_{vl} - L_0 \quad \dots (19)$$

$$\alpha_T = \frac{\Delta T}{T_{vl}} \times 100 \quad [\%] \quad \Delta T = T_{vl} - T_0 \quad \dots (21)$$

$$\alpha_R = \frac{\Delta R}{R_{vl}} \times 100 \quad [\%] \quad \Delta R = R_{vl} - R_0 \quad \dots (22)$$

Volumenski totalni nabrek:

$$\alpha_V = \frac{\Delta V}{V_{vl}} \times 100 \quad [\%] \quad \Delta V = V_{vl} - V_0 \quad \dots (23)$$

α_L ... totalni nabrek v longitudinalni smeri

α_T ... totalni nabrek v tangencialni smeri

α_R ... totalni nabrek v radialni smeri

L_{vl}, T_{vl}, R_{vl} ... longitudinalna, tangencialna in radialna dimenzija vlažnega vzorca

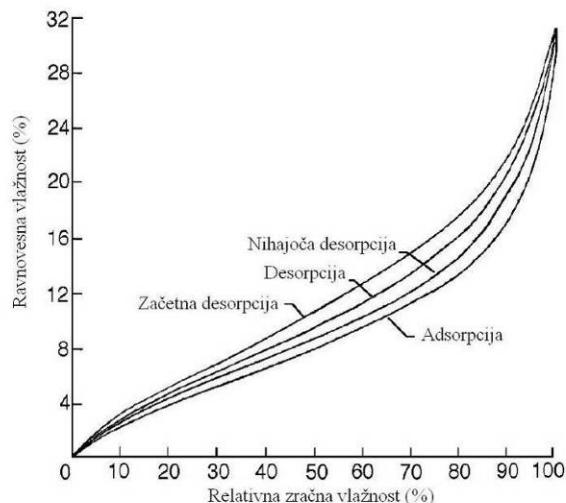
L_0, T_0, R_0 ... longitudinalna, tangencialna in radialna dimenzija absolutno suhega vzorca

2.6 SORPCIJSKE LATNOSTI LESA

Zveza med lesom in vodo je pomembna z dveh vidikov: pri sušenj lesa in pri vplivu klimatskih oscilacij na sistem voda-les po začetnem sušenju. Naloga sušenja je čim hitreje odstraniti vodo iz lesa ob njegovi najmanji degradaciji, medtem ko pri lesu v uporabi težimo k temu, da bi na minimum zmanjšali njegovo vlažnostno delovanje.

Med najneugodnejše lastnosti lesa vsekakor štejemo njegovo higroskopsko krčenje in nabrekanje, ki je posledica oddajanja in sprejemanja vezane ali higroskopsko vezane vode v tako imenovanem higroskopskem območju (od absolutne suhosti do točke nasičenosti celičnih sten). V tem vlažnostnem intervalu se realizirajo higroskopske lastnosti lesa v procesu sorpcije. Izraz sorpcija uporabljam, ko želimo skupaj označiti kombinirana procesa adsorpcije in desorpcije. Adsorpcija je površinsko vezanje plina, tekočine iz parne faze ali pa topljenca iz raztopine na drobnem prahu, porozni snovi ali na nabreklijivi gelni snovi (Torelli in Čufar, 1983).

Sorpcijo lahko prikažemo grafično z razmerjem u_{ads}/u_{des} kot funkcijo relativne vlažnosti, to imenujemo sorpcijska histereza.



Slika 3: Odvisnost ravnovesne vlažnosti lesa od relativne zračne vlažnosti (Dietenberger s sod., 1999)

Na sorpcijo odločilno vplivajo tudi sekundarne spremembe v lesu, pri čemer mislimo predvsem na transformacijo beljave v jedrovino, ko se v celični steni inkrustirajo nizkomolekularne jedrovinske snovi, ki »zasedejo« mesto vezani vodi. Posledica tega je, da je ravnovesna vlažnost jedrovine praviloma nižja kot pri beljavi iste drevesne vrste.

Na splošno je volumenski skrček lesa enak volumnu oddane vezane vode in obratno, volumetrično nabrekanje je enako volumnu adsorbirane vode. Trditev temelji na dejstvu, da se celični lumni v procesu krčenja in nabrekanja skoraj ne spremenijo (Torelli in Čufar, 1983).

V uporabi je bistvena stabilnost lesa, ki jo dosežemo, ko lesno vlažnost izenačimo z ravnovesno, ki ustreza okolici, v nasprotnem primeru bo prišlo do krčenja ali nabrekanja

lesa. Za določanje stabilnosti lahko uporabimo kazalnike stabilnosti, ki opišejo, kako se les odziva na spremembo klime.

2.7 KAZALNIKI DIMENZIJSKE OBSTOJNOSTI LESA

S kazalniki dimenzijske stabilnosti relativno enostavno predpostavimo krčenje in nabrekanje na orientiranih elementih, ko obdelavnostne ravnine sovpadajo z osnovnimi anatomskimi.

2.7.1 Diferencialno nabrekanje

Diferencialno nabrekanje je primeren kazalnik dimenzijskih sprememb. Dimenzijsko obnašanje lesa velja za ugodno, če je diferencialno nabrekanje v tangencialni in radialni smeri majhno. Anizotropija kvazilinearega območja (kvazilinarno območje med ravnovesnima vlažnostma $u = 7\%$ in $u = 20\%$ pri relativni zračni vlažnosti $\varphi \approx 30\%$ do $\varphi \approx 90\%$) ki je podana z razmerjem med diferencialnim nabrekanjem v tangencialni in radialni smeri (q_T/q_R), nakazuje stabilnost oblike v oscilirajoči klimi.

Diferencialno nabrekanje v radialni (q_R) in tangencialni (q_T) smeri podaja spremembo prečnih dimenzij lesa, če se lesna vlažnost spremeni za 1 %:

$$q_T = \frac{\Delta \alpha_T}{\Delta u} \quad \dots (24) \quad q_R = \frac{\Delta \alpha_R}{\Delta u} \quad \dots (25)$$

2.7.2 Koeficient nabrekanja

Koeficient nabrekanja v radialni (h_R) in tangencialni (h_T) smeri nakazuje spremembo dimenzijske, če se relativna zračna vlažnost spremeni za 1 %:

$$h_T = \frac{\Delta \alpha_T}{\Delta \varphi} \quad \dots (26) \quad h_R = \frac{\Delta \alpha_R}{\Delta \varphi} \quad \dots (27)$$

2.7.3 Sorpcijski kvocient

Sorpcijski kvocient (s) je neposredna mera lesne higroskopnosti, saj pove, za koliko se spremeni lesna vlažnost, če se relativna zračna vlažnost spremeni za 1 %:

$$s = \frac{h}{q} = \frac{\Delta u}{\Delta \varphi} \quad \dots (28)$$

Preglednica 1: Nabrekanje in sorpcija treh listavcev z difuzno poroznim lesom in treh z venčasto porozno strukturo lesa (Torelli, 1998)

Drevesna vrsta	ρ_{12}	q_T	q_R	q_T/q_R	s	h_T	h_R	h_T-h_R
	kg/m ³	%/%	%/%	/	%/%	%/%	%/%	/
<i>Betula verrucosa</i> Ehrt. navadna breza	650	0,41	0,29	1,4	0,22	0,091	0,065	0,026
<i>Carpinus betulus</i> L. beli gaber	830	0,39	0,23	1,7	0,21	0,061	0,049	0,032
<i>Fagus sylvatica</i> L. bukev	720	0,41	0,2	2,1	0,17	0,071	0,034	0,037
<i>Fraxinus excelsior</i> L. veliki jesen	690	0,45	0,2	2,3	0,22	0,098	0,043	0,055
<i>Quercus robur</i> L. dob	690	0,36	0,16	2,2	1,9	0,069	0,031	0,038
<i>Robinia pseudacacia</i> L. robinija	770	0,38	0,24	1,6	0,22	0,084	0,053	0,031

2.8 MEHANSKE LASTNOSTI LESA

Mehanske lastnosti lesa so mera za njegov odpor na zunanje sile, ki ga poskušajo preoblikovati. Odpor lesa na takšne sile je odvisen od velikosti sile in načina obremenitve (nateg, tlak). V nasprotju s kovinami in drugimi materiali s homogeno strukturo izkazuje les v različnih ksilotomskih smereh drugačne mehanske lastnosti, kar pomeni, da je mehansko anizotropen (Tsoumis, 1991).

Med mehanske – tehničke lastnosti lesa sodijo tiste, ki se pojavijo takrat, ko na les delujejo kakšne zunanje – mehanske sile. Zunanje sile, ki delujejo na les, povzročajo spremembo prostornine in oblike lesa. Spremembe imenujemo deformacije, velikost teh je odvisna od vrste lesa oz. njegove zgradbe, jakosti sile in smeri obremenitve (glede na ortotropnost lesa) (Tsoumis, 1991).

2.8.1 Tlačna trdnost

Tlačna trdnost je ena najpomembnejših lastnosti lesa. Kot vse mehanske lastnosti se razlikuje glede na anizotropijo lesa. Najpomembnejša in največja je v aksialni smeri (glej preglednico 2). Njen pomen vidimo pri pilotih, jamskem lesu (podpore v rudniških rovih), lesenih nogah pri stolih in mizah, zlasti pri lesenih gradbenih konstrukcijah, kot so ostrešja in podobno. Pogosto zasledimo tlačno obremenitev lesa v prečni smeri glede na potek vlaken pri železniških pragovih, stiskanju lesa v stiskalnicah in drugje.

Pri določanju tlačnih lastnosti mora imeti preizkuševalec enakomeren prerez po celotni dolžini, končni obremenjevalni ploskvi pa morata biti čim bolj vzporedni. Obremenjevanje poteka z rahlo zaokroženo površino, tako da je onemogočeno upogibanje. Povečevanje sile poteka s konstantno hitrostjo (0,001 mm/s), tako da je dosežena porušitev v 180 do 420 sekundah (300 ± 120 s). Tlak se vrši na kvadratno površino, velikosti 20 x 20 mm pri evropskih standardih in 50 x 50 mm pri ameriških. Rezultati trdnosti so manjši pri večjih dimenzijah.

Tlačno trdnost vzporedno z vlakni smo izračunali po enačbi:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{b \times t} \quad [\text{N/mm}^2] \quad \dots (29)$$

pri tem je:

- σ – tlačna trdnost
- F_{maks} – sila porušitve
- b – širina vzorca
- t – debelina vzorca

Preglednica 2 : Fizikalne in mehanske lastnosti treh listavcev z difuzno poroznim lesom in treh z venčasto porozno strukturo lesa (Torelli, 1998)

Drevesna vrsta	Gostota ρ_{12} [kg/m ³]	β_r [%]	β_t [%]	Modul elastičnosti II [GPa]	Natezna trdnost II [Mpa]	Tlačna trdnost II [Mpa]	Upogibna trdnost II [MPa]
<i>Acer pseudoplatanus</i> L. gorski ali beli javor	630	3	8	9,4	82	49	95
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn. črna jelša	550	4,4	9,3	9,5 11,7	94	55	97
<i>Fagus sylvatica</i> L. bukev	720	5,8	11,8	16	135	62	123
<i>Quercus robur</i> L. dob	690	4,0 4,6	7,8 10,0	11,7	90	61	88
<i>Robinia pseudacacia</i> L. robinija	770	4,4	6,9	11,3	136	72	136
<i>Tilia</i> spp. lipa	530	5,5	9,1	7,4	85	52	106

2.8.2 Upogibna trdnost

Test določanja statičnega upogiba je ena od najpogosteješih metod določevanja trdnostnih karakteristik lesa. Upogibna trdnost je pri lesu večja od tlačne in manjša od natezne trdnosti. Pomembna je v rudarstvo, ladjedelnству, pri lesenih mostovih in najrazličnejših drugih gradbenih konstrukcijah, kjer se uporabljo masivni in lepljeni nosilci (Pipa, 1990). Standardni vzorci za določanje imajo dimenzijo prerezna 20 x 20 mm, njihova dolžina je 300 mm. Vzorce testiramo na valjčnih podporah z razmikom 280 mm in z obremenjevanjem na sredini podpor (tritočkovni test). Obremenjevanje poteka vzporedno z letnicami in s konstantno hitrostjo 0,11 mm/s. Med izvajanjem eksperimenta se poleg spremeljanja povečevanja sile beleži še upogib (Gorišek, 2005).

Iz začetnega linearne dela izračunamo E-modul:

$$E_{L3} = \frac{L^3 \Delta F}{4 \times b \times t^3 \Delta a}, \quad \dots (30)$$

pri tem je:

E_{L3} ... modul elastičnosti

ΔF ... povečanje sile v linearinem deformacijskem območju ($F_2 \approx 40\% F_{\text{maks}}$; $F_1 \approx 10\% F_{\text{maks}}$)

L ... razdalja med podporama [mm]

b ... širina vzorca [mm]

t ... debelina vzorca [mm]

Δa ... povečanje deformacije, merjeno na sredini vzorca pri spremembji sile $F_2 - F_1$

Pri največji sili je dosežena upogibna trdnost oziroma največja napetost, ki jo element še zdrži (zrušilna napetost).

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{3 \times F_{\text{max}} \times L^2}{2 \times b \times t^2}, \quad \dots (31)$$

σ_{max} ... upogibna trdnost [N/mm^2]

F_{max} ... maksimalna sila [N]

L ... razdalja med podporama [mm]

b ... širina vzorca [mm]

t ... debelina vzorca [mm]

3 MATERIAL IN METODE

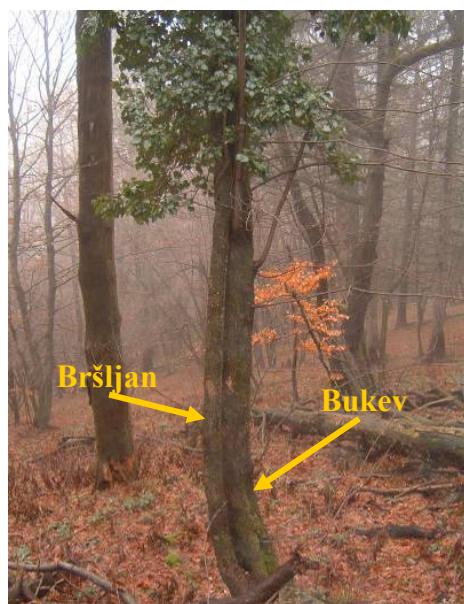
3.1 IZBOR TESTNEGA MATERIALA

Pri meritvah smo uporabljali bršljanov les vrste navadni bršljan (*Hedera helix* L.) z območja Založja pri Ribnici (slika 1). Rastišče je del jelovo-bukovega sestoja na nadmorski višini 726 m ter na prisojni legi. Testni material smo posekali 14. 1. 2008. Posekali smo 8 naključno izbranih vzpenjavk, pri katerih je premer znašal maksimalno 14,2 cm (preglednica 3).

Preglednica 3: Premeri debel izbranih vzorcev bršljana

Št. vzorca	Premer debla [mm]
1	99
2	142
3	118
4	105
5	118
6	90
7	111
8	108

Pri izbiri vzpenjavk smo pazili, da so bila drevesa ravna v prsni višini, kjer smo odvzeli testni material, da niso imela vidnih površinskih poškodb in da je bil njihov presek čim bolj okrogel. Iz vsakega drevesa smo izzagali vzorce dolžine 45 cm in jih shranili v plastične vreče, da se niso sušili. Testni material smo nato dostavili na Biotehniško fakulteto na oddelek za lesarstvo.

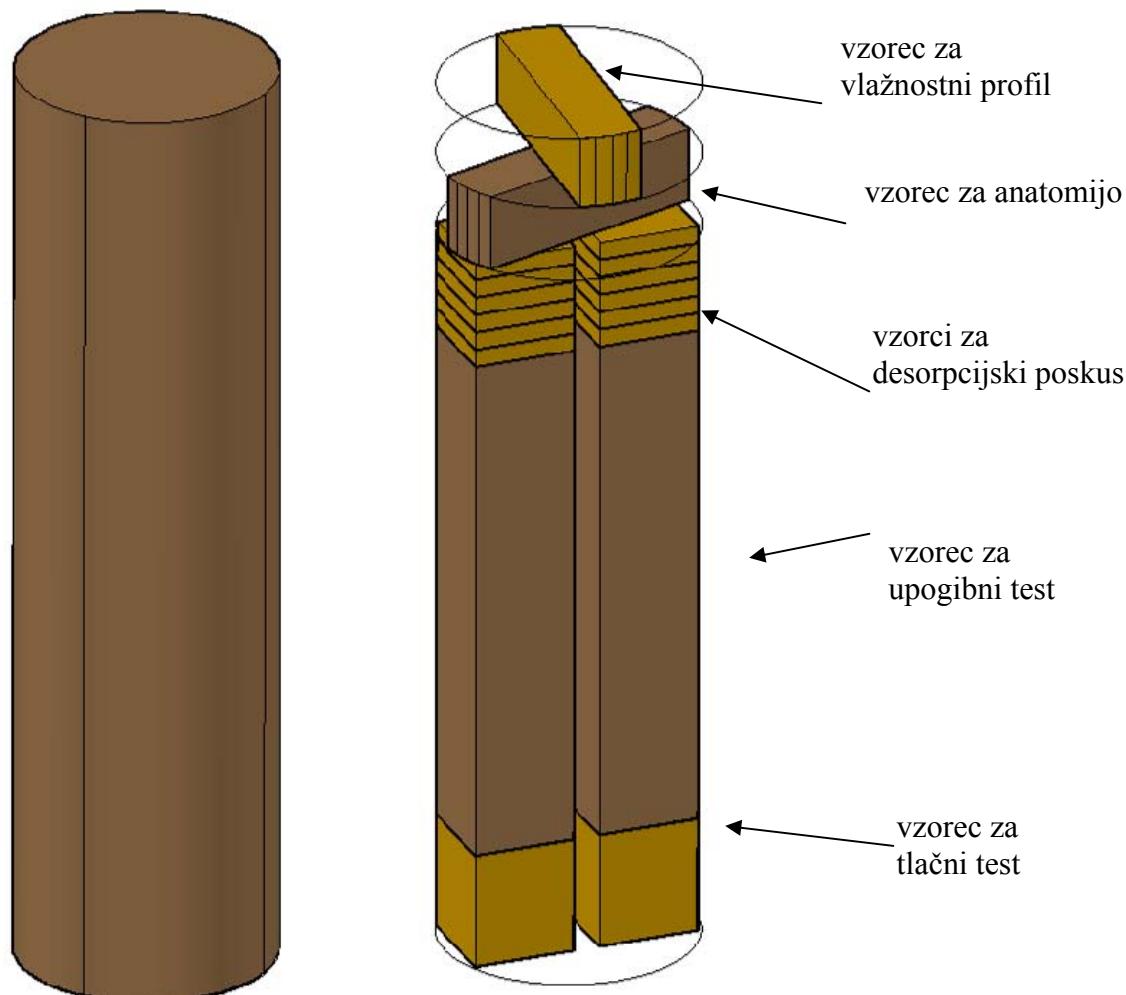


Slika 4: Rastišče Založje pri Ribnici. Bršljan z ravnim debлом ob bukvi.

3.2 SHEMA RAZREZA MATERIALA

Po strokovnem pregledu materiala smo se na osnovi ciljev raziskave odločili za način vzorčenja materiala.

Iz enega debla je bilo potrebno pridobiti vzorce za mehanski in desorpcijski poskus, vlažnostni profil ter anatomijsko, zato smo osnovali shemo razreza, ki smo jo uporabili pri vseh preizkušenih deblih.



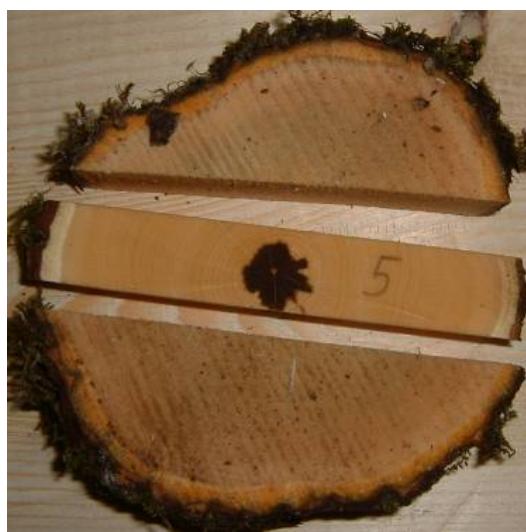
Slika 5: Shema razreza testnega materiala

3.2.1 Priprava vzorcev za makroskopski opis lesa

Vzorce za makroskopski opis lesa smo izdelali iz zračno posušenega lesa vlažnosti $u = 12\%$. Debla smo razrezali tako, da so bili dobro vidni vsi trije prerezzi, prečni radialni in tangencialni, in na njih zabeležili vse s prostim očesom vidne zgradbene posebnosti. Vzorce smo razrezali na krožnem žagальнem stroju in jih nato brusili s papirjem granulacije 150.

3.2.2 Priprava vzorcev za anatomske preiskave

Za izdelavo preparatov smo iz valja izrezali kolobar debeline 25 mm. Kolobar smo razrezali, kot prikazuje slika 6. Dimenzijske vzorce so 25×25 mm in dolžina glede na premer drevesa. Anatomske preparate smo pripravili na Biotehniški fakulteti oddeleka za lesarstvo. Vzorcem smo odstranili odvečni ritidom in ksilem. Z mikrotomom smo odrezali histološke rezine, ki so se zaradi nehomogenosti tkiv pogosto strgale. Tkivne rezine smo s čopičem prenesli na urno steklo. Sledilo je diferencialno barvanje in vklapljanje rezin. V urno steklo smo najprej nakapljali barvilo safranin ($0,5\%$ v 95% alkoholu), ki je lignin obarvalo rdeče. Rezine preparatov so v tem barvilu pustili 5–10 minut, sledilo je spiranje z 95% alkoholom. Nato so rezine 30 sekund barvali še z barvilkom astra modro ($0,5\%$ v 95% alkoholu) in s tem obarvali še preostale komponente v rezini, predvsem celulozo. Sledilo je spiranje s 95% alkoholom tako dolgo, da ni bilo več sledi barvil. S pinceto smo rezine prenesli na čisto objektino steklo. Zvijanje rezin na objektnem steklu smo preprečili z laboratorijsko iglo. Tkivo, prepojeno z vklopnim medijem Euparal, smo prekrili s krovnim stekлом, s pomočjo igel in pincete pa smo odstranili nezaželeno zračne mehurčke izpod krovnega stekla in iz rezin. Preparate smo obtežili z 200 g kovinskimi utežmi in jih označili enako kot pripadajoče vzorce. Pri anatomskem opisu lesa smo uporabljali bazo INSIDE WOOD, ki je dostopna na medmrežju, hkrati pa tudi anatomski opis, ki ga navaja Grosser (1977).



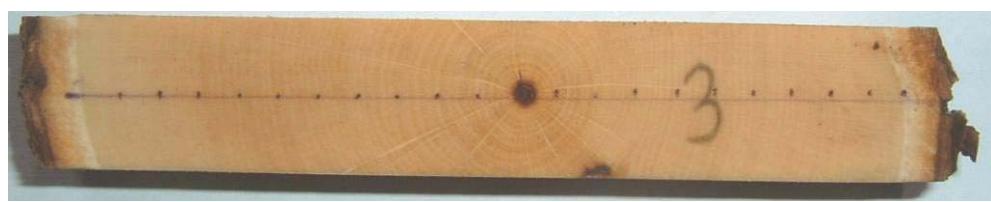
Slika 6: Razrez kolobarja za izdelavo preparatov

3.2.3 Analiza vlažnosti in gostote svežega lesa

Najprej smo izdelali vzorce za analizo vlažnosti v radialni smeri in gostote. Pri tem smo iz vsakega debla izrezali kolobar debeline 25 mm. Iz kolobarja smo nato izžagali radialni vzorec tako, da smo zajeli stržen kakor prikazuje slika 7. Vzorec smo nasekali z dletom na napolitanke debeline 5 mm (slika 8). Debeline napolitank smo označili s pomočjo metra (slika 8). Napolitanke so imele tangencialno in aksialno dimenzijo 20 mm, dolžina pa je bila različna glede na premer drevesa. Pri izdelavi vzorcev smo stržen razpolovili ter s prve in zadnje rezine odstranili skorjo. Vzorci so bili brez grč.



Slika 7: Izžagan vzorec za določitev radialne vlažnosti in gostote



Slika 8: Radialni vzorec za določitev vlažnosti in gostote

Za izračun vlažnosti lesa je bilo treba izmeriti maso vzorcev, za določitev gostote pa tudi njihov volumen. Vzorce smo najprej stehtali na analitski tehnici Sartorius z natančnostjo 0.001 g, zatem pa izvedli tudi meritve volumna za izračun gostote. Ker so bili vzorci nepravih oblik, smo njihov volumen merili s potapljanjem vzorcev v živem srebru.

Za to smo uporabili napravo po BREUIL-u (slika 9). Med merjenjem smo vzorce zavarovali pred izsušitvijo, tako da smo jih shranili v polivinilasti vrečki.

Ko smo vsem vzorcem izmerili volumen in maso, smo jih za 24 ur postavili v sušilnik na $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ter jih sušili do konstantne mase. Po sušenju je bilo potrebno počakati, da se vzorci ohladijo. Nato smo ponovno izmerili volumen in maso ter tako pridobili podatek o absolutno suhem stanju lesa. Med merjenjem smo vzorce zavarovali pred navlažitvijo, tako da smo jih shranili v polivinilasti vrečki.



Slika 9: Naprava po BREUIL-u za merjenje volumena lesa

Maso smo izmerili z elektronsko tehnico v laboratoriju. Tako smo dobili podatke za izračunavanje osnovne gostote in vlažnost lesa v svežem stanju.

Gostoto lesa smo podali z izrazom za osnovno gostoto in za gostoto v absolutno suhem stanju:

$$R = \frac{m_0}{V_{maks}} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \dots (32)$$

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \dots (33)$$

Vlažnost:

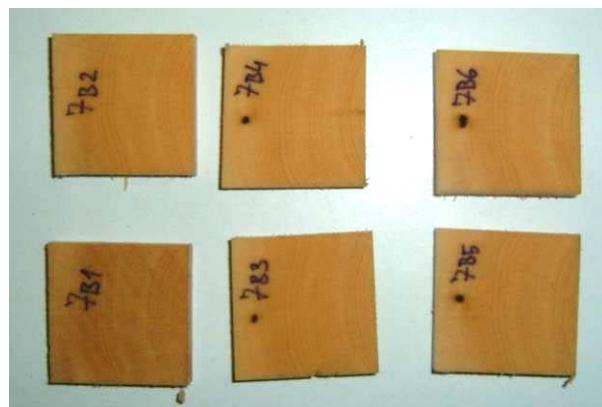
$$U = \frac{m_{vl} - m_0}{m_0} \times 100 \quad [\%] \quad \dots (34)$$

3.2.4 Priprava materiala in izvedba sorpcijskega poizkusa

Za izdelavo desorpcijskega poskusa smo iz debla izžagali palice (glej sliko 10), ki so bile dobro orientirane, radialno, tangencialno in aksialno. Iz vsakega drevesa smo izžagali dve palici. Dimenziije palic so bile $30 \times 30 \times 450$ mm. Iz vsake palice pa smo izrezali 6 vzorcev za desorpcijski poskus. Vzorci, pridobljeni s teh palic, so bili dimenzij ($R \times T \times L$) $30 \times 30 \times 5$ mm, preostanek palice smo uporabili pri upogibnem testu (glej poglavje 3.2.5).



Slika 10: Palice za izdelavo vzorcev sorpcijskega poskusa.



Slika 11: Vzorci za sorpcijski poizkus.

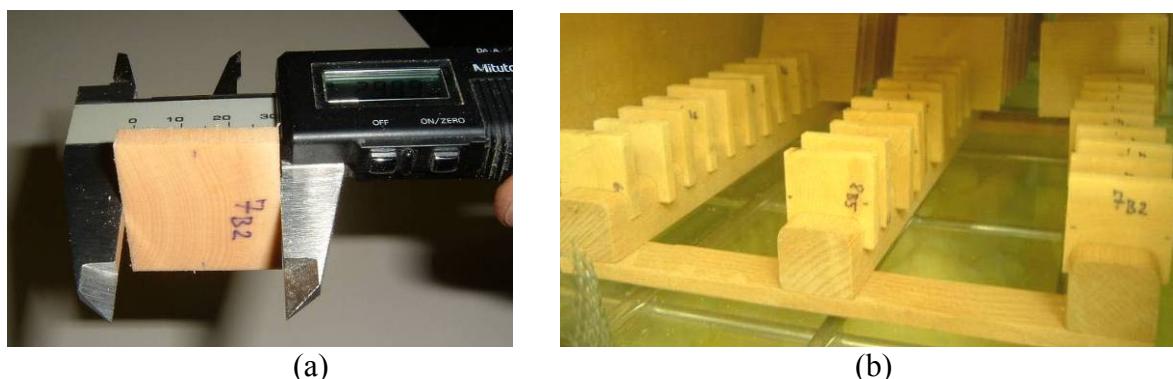
Vzorce smo nato natančno premerili in stehtali. Merili smo vse tri dimenziije ($R \times T \times L$) z natančnostjo 0,01 mm in maso na 0,001 g, pri tem smo si označili mesto merjenja na sredini vzorca, kot prikazuje slika 12. Vzorce smo nato postavili v klimo, $\varphi = 65\%$, in na temperaturo 20 °C za toliko časa, da so se uravnovesili.

Nato smo vzorce vsakega drevesa razdelili na pol. Tri vzorce smo izpostavili desorpciji, tri adsorpciji. Vzorce smo uravnovešali v komorah z nadzorovano relativno zračno vlažnostjo, ki jo dosežemo z raztopinami ustreznih soli. Pri tem je bila temperatura konstantna $20 \pm 2^\circ\text{C}$. V našem poskusu smo uravnovešali nad nasičenimi raztopinami soli CH_3COOK , MgCl_3 , K_2CO_3 , NaCl , NaNO_2 , ZnSO_4 (preglednica 4).

Preglednica 4: Relativne zračne vlažnosti nad nasičeno raztopino soli pri $T = 20^\circ\text{C}$, ki smo jih uporabili za uravnovešanje lesa v sorpcijskem poskusu

sol	$\varphi (\%)$
ZnSO_4	87
NaCl	75
NaNO_2	65
K_2CO_3	44
MgCl_2	33
CH_3COOK	20

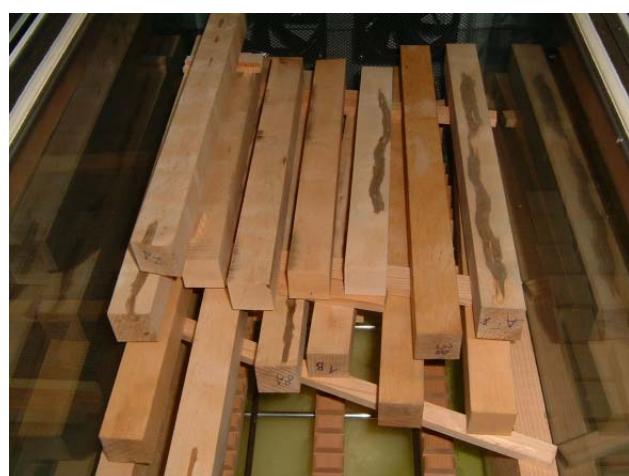
Premestitev vzorcev v naslednjo komoro smo opravljali na podlagi merjenja mase vzorcev. Ko je bila masa vzorca konstantna po več zaporednih meritvah (vzorec je kondicioniran na želeno vlažnost), smo vzorce premaknili v naslednjo komoro. Med vsako menjavo ravnovesnih pogojev smo vzorce stehtali in jim izmerili, radialno, tangencialno dimenzijo ter debelino. Vzorce smo zavarovali pred sušenjem in navlaževanjem tako, da smo jih hranili v vrečki. Na koncu poskusa smo vzorce postavili v sušilnik na $103\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 24 ur ter jih sušili do konstantne mase. Pridobljene podatke smo uporabili za izračun skrčkov in nabrekov bršljanovine.



Slika 12: (a) Merjenje dimenzij vzorcev s kljunastim merilom; (b) vzorci desorpcijskega poskusa v komori z nadzorovano relativno vlažnostjo in temperaturo.

3.2.5 Priprava materiala in izvedba poskusa mehanskih lastnosti lesa

Pri izdelavi vzorcev za upogibni in tlačni test smo iz debla izžagali dve palici, eno palico smo pridobili iz preostanka vzorca za desorpcijski poskus (glej sliko 10). Dimenzijske palice so bile $30 \times 30 \times 450$ mm. Te smo nato stehtali ter jih postavili v klimo, $\varphi = 65\%$ in temperaturo $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ za toliko časa, da so se uravnovesile – kondicionirale v dani klimi. Nato smo palice obdelali na poravnalnem in debelinskem skobeljnem stroju. Iz vsake palice smo izdelali vzorce za upogibni test dimenzij $20 \times 20 \times 300$ mm. Hkrati smo naredili iz vseh palic 14 vzorcev za tlačni test dimenzij $20 \times 20 \times 40$ mm.



Slika 13: Vzorci za upogibni in tlačni test v klimatizirani komori.

3.2.5.1 Preizkušanje tlačne trdnosti lesa

Tlačni preizkus smo opravili na stroju za preizkušanje mehanskih trdnosti ZWICK Z100. Nazivne mere vzorcev so bile $20 \times 20 \times 40$ mm. Pred izvedbo tlačnega preizkusa smo vsem vzorcem izmerili dimenzijsko natančnostjo 0,01 mm ter maso 0,01 g. Vzorce smo v preizkusu obremenjevali do porušitve materiala. Želene podatke smo dobili v računalniškem programu v tabeli, lahko pa smo jih izračunali po spodnji enačbi.



Slika 14: (a) Obdelani vzorci za preizkus tlačne trdnosti lesa; (b) stroj za preizkušanje mehanskih trdnosti ZWICK Z100, tlačni test

Tlačna trdnost vzporedno z vlakni :

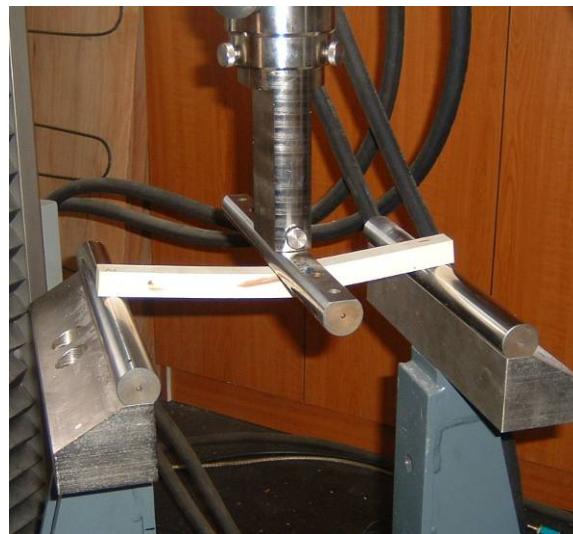
$$\sigma = \frac{F_{maks}}{b \times t} \quad [\text{N/mm}^2] \quad \dots (35)$$

pri tem je:

- σ – tlačna trdnost
- F_{maks} – sila porušitve
- b – širina vzorca
- t – debelina vzorca

3.2.5.2 Preizkus upogibne trdnosti lesa

Preizkus upogibne trdnosti lesa smo opravili na stroju za preizkušanje mehanskih trdnosti ZWICK Z100. Poskus smo opravili kot tritočkovni test, z razmikom med valjčnimi podporami 280 mm in z obremenjevanjem na sredini podpor. Obremenjevanje je potekalo vzporedno z letnicami in s konstantno hitrostjo 0,11 mm/s. Vzorce dimenzij $20 \times 20 \times 300$ mm smo obremenjevali do porušitve materiala.



Slika 15: Preizkušanje upogibne trdnosti lesa na stroju ZWICK Z100

Vzorcem smo pred preizkusom izmerili radialno in tangencialno dimenzijo na sredini z natančnostjo 0,01 mm ter stehtali maso z natančnostjo 0,01 g. Želene podatke smo dobili v računalniškem programu v tabeli, lahko pa smo jih izračunali po spodnji enačbi.

Upogibna trdnost:

$$\sigma_{maks} = \frac{3 \times F_{\max} \times L}{2 \times b \times t^2}, \quad \dots (36)$$

pri tem je:

σ_{max} ... upogibna trdnost $[N/mm^2]$

F_{\max} ... maksimalna sila [N]

L ... razdalja med podporama [mm]

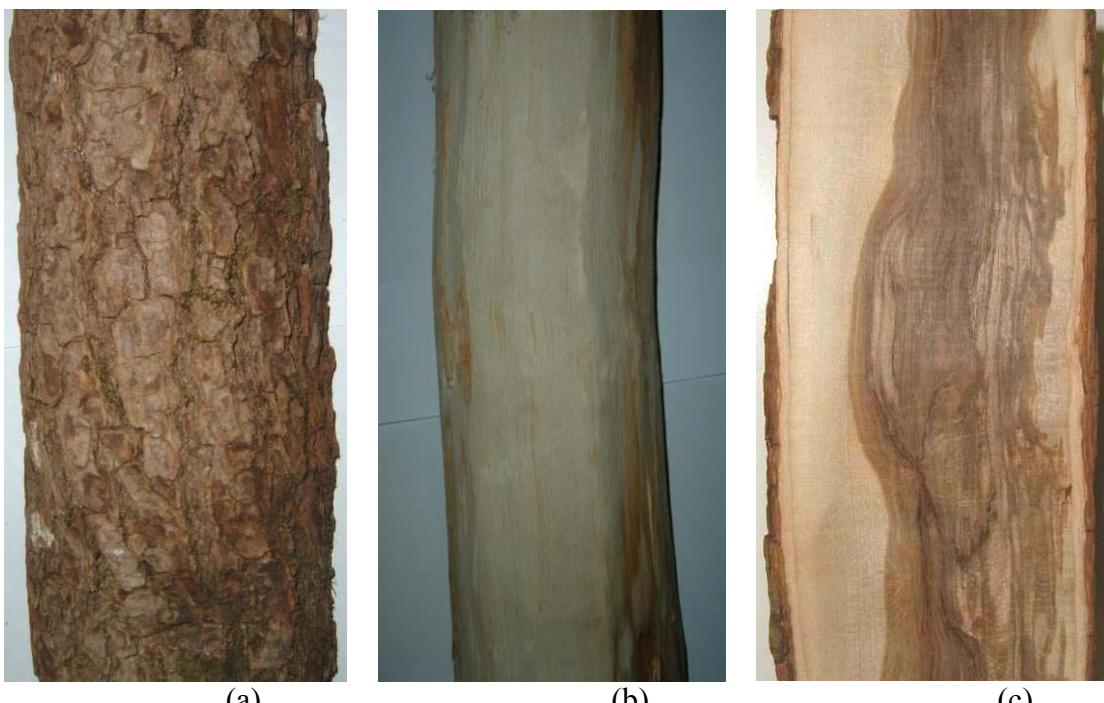
b ... širina vzorca [mm]

t ... debelina vzorca [mm]

4 REZULTATI

4.1 MAKROSKOPSKI OPIS

Premer debla skupaj s skorjo je bil pri naših vzorcih največ 14,2 cm (priloga 1). Lubje (ritidom) je vzdolžno razpokano, rjave barve. Celotna debelina skorje je od 5,6 do 8,5 mm, debelina ličja – žive skorje, pa je 3 mm. Deblo je praviloma ekscentrično. Če z lesa odstranimo skorjo, pride do izraza odklon vlaken od premega poteka (slika 18). Ponekod se lahko pojavi prečna ali vzdolžna žlebatost lesnega cilindra. Les je sivkasto bel, z rdečkastim nadihom. Jedrovine nima. V osrednjem delu debla se pogosto razvije diskoloriran les, ki izkazuje različne odtenke rjave barve.



Slika 16: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). (a) Slika debla s skorjo, (b) brez skorje in (c) diskoloracija v radialnem prerezu.

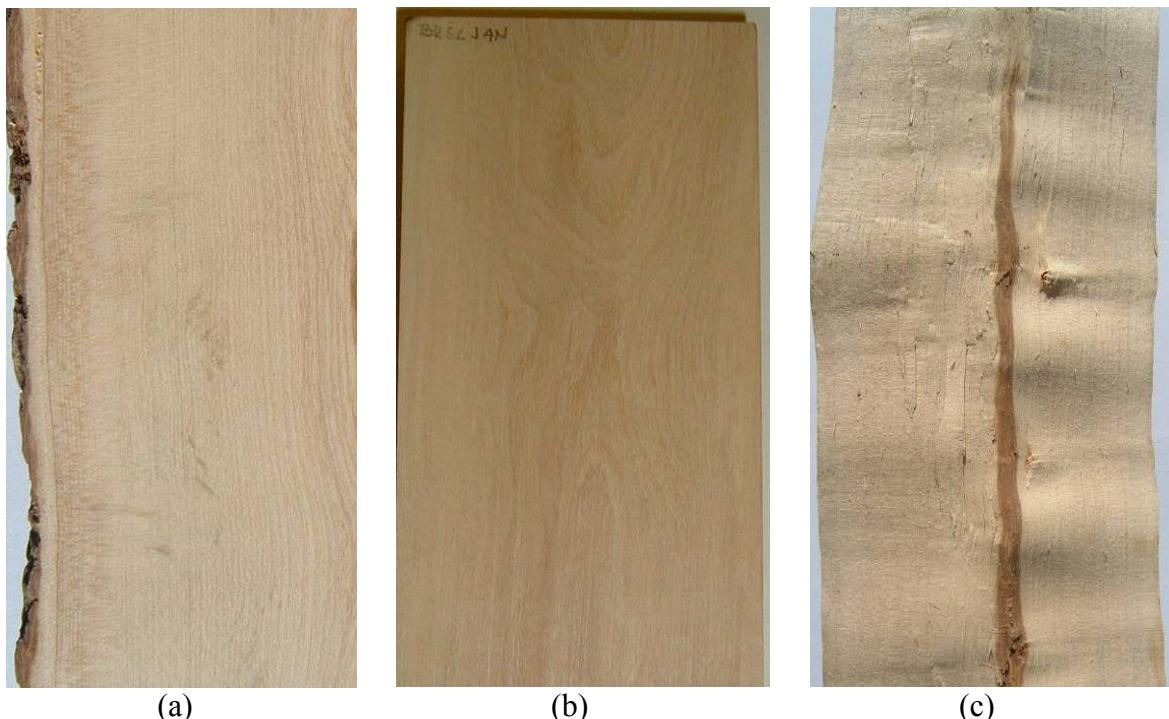
Na prečnem prerezu je v primeru dobre rasti mogoče jasno razlikovati posamezne branike in letnice, v primeru ozkih branik pa jih je s prostim očesom težko ločiti. Letnice so valovite. Rani in kasni les je mogoče enostavno razlikovati. Pore ranega lesa so razporejene venčasto porozno, so fine in s prostim očesom težko razpoznavne. V kasnem lesu so pore urejene v številnih kratkih valovitih tangencialnih pasovih, ki od okoliškega tkiva izstopajo zaradi belkastega odtenka. Številni trakovi so relativno dobro vidni tudi s prostim očesom. Vidni so tudi številni zavrti poganjki, ki pa so širši od trakovnega tkiva.



Slika 17: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Prečni prerez s skorjo.

Na radialnem prerezu so letnice s prostim očesom slabo ločljive, traheje pa samo nakazane kot zelo fine vzdolžne raze. Na radialnem prerezu je pri posameznih deblih lahko prisotna vzvalovanost vlaken samo v tangencialni smeri, lahko pa se hkrati pojavi še vzvalovanost v radialni smeri (slika 18). Hkrati lahko posamezna debla izkazujejo tudi spiralno rast. Ločljivost trakovnega tkiva na radialnem prerezu močno variira. Trakovi so lahko mestoma popolnoma nerazpoznavni, lahko so vidni kot fine ikre ter majhna ali večja zrcala. Zrcalca so lahko visoka okrog 2 mm in v radialni smeri dolga okrog 5 mm.

Na tangencialnem prererezu so branike dobro vidne zaradi razlik med ranim in kasnim lesom. Za tangencialni prerez je značilna plamenasta tekstura, ki odraža morebitno vzvalovanost vlaken (slika 18). Pore ranega lesa so vidne kot fine raze. Trakovi so s prostim očesom težko zaznavni. Zaradi strukture kasnega lesa je na tangencialnem prerezu nakazana jerebičja tekstura.



Slika 18: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). (a) Vzdolžni prerezni radialni, (b) tangencialni in (c) cepljeni vzorec.

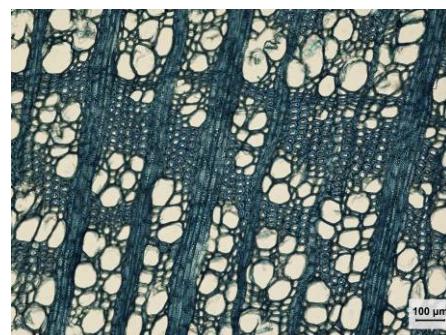
4.2 MIKROSKOPSKI OPIS

Bršljan je venčasto porozna drevesna vrsta. Traheje so v ranem lesu nekoliko večje in opazno številčnejše kot v kasnem lesu, zaradi česar lahko razporeditev opišemo kot polvenčasto porozno (slika 19). Razporeditev teh je posamična ali v parih, prevladujejo navidezna gnezda (slika 19). V kasnem lesu širokih branik so lahko urejene v kratkih poševnih radialnih pasovih, včasih pa v pasovih, v celoti usmerjenih tangencialno. V prečnem prerezu so traheje najpogosteje okrogle ali ovalne, lahko tudi nekoliko oglate. Tangencialni premer znaša največ 80 µm, redkeje več. Perforacije so enostavne. S sosednjimi traheidami in trahejami so povezane s številnimi velikimi linearne razporejenimi piknjami, med katerimi ni veliko celične stene. Intervaskularne piknje so po celotni dolžini celične stene (slika 20). Aksialni parenhim je redek.

Trakovi so 1–10 redni ali celo širši (slika 20), vsekakor prevladujejo trakovi srednje širine (slika 21). Višina trakov je zelo različna, najvišji merijo več kot 1 mm. Trakovi so gosto razporejeni tako, da je v prečnem prerezu polje, ki ga definirajo dva sosednja trakova in letnici, pogosto ozko; ozko v tangencialni smeri in širše v radialni smeri. Kljub širini niso tako številni, v povprečnu 5–7 na 1 cm v tangencialni smeri, merjeno na prečnem prerezu. Po zgradbi bolj ustrezajo heterogeni strukturi, z eno vrsto masivnih pogosto težko ločljivih ležečih celic. Med trahejami in vlakni so velike enostavne piknje. Osnovno tkivo je pretežno iz debelostenih septiranih libriforemskih vlaken. Grosser (1977) navaja, da so ob trahejah prisotne vlaknaste traheide. Za diskoloriran les bršljana je značilno intenzivno otiljenje trahej (slika 22) in pojav rdeče-rjavo obarvanih dolžin v parenhimskih celicah trakov. Tile so praviloma debelostene in lignificirane (slika 22).



(a)

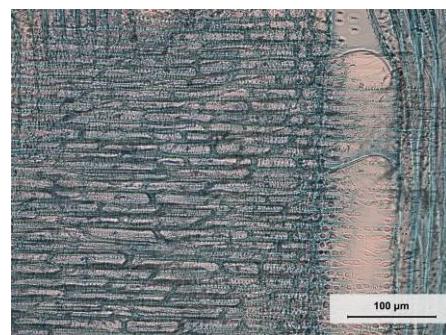


(b)

Slika 19: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Prečni prerez: (a) les s skorjo, (b) debelosteni libriforemski vlakna.



(a)



(b)

Slika 20: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialni prerez: (a) traheje in intervaskularne piknje, (b) trakovni parenhim s piknjami in piknje med trakom in trahejo.



Slika 21: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Tangencialni prerez: (a) velika gostota delež trakov, (b) dolgi večredni trakovi

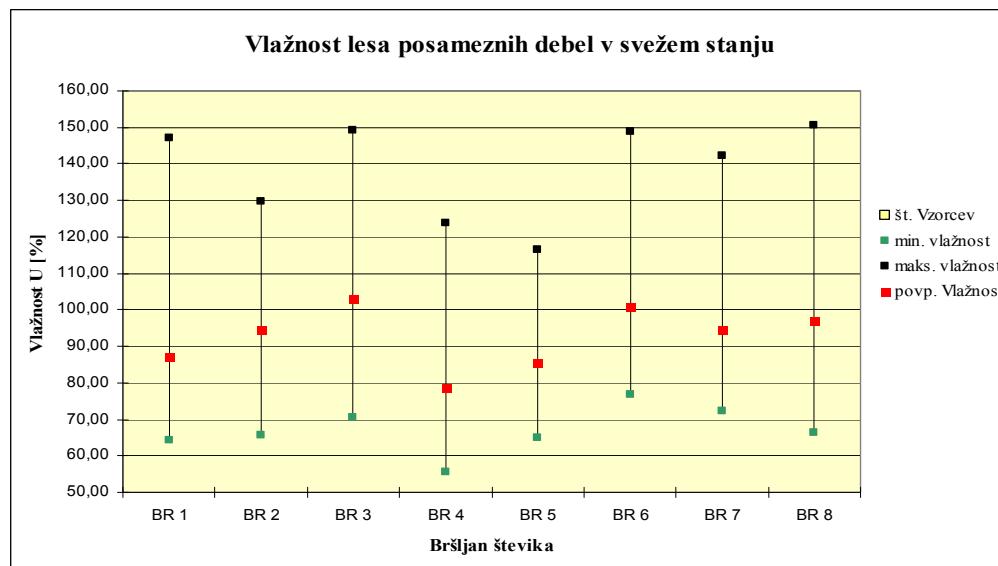


Slika 22: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). (a) Prečni in (b) radialni prerez diskoloracije. Traheje so močno otljene, tile pa sklerozirane.

4.3 GOSTOTA IN VLAŽNOST SVEŽEGA LESA

4.3.1 Vlažnost svežega lesa

Izmerjene vlažnosti svežega lesa posekanih debel bršljanovine izkazujejo variabilnost znotraj debla in seveda tudi med posameznimi ovijalkami. Vlažnosti posameznega debla so podane na sliki 23.



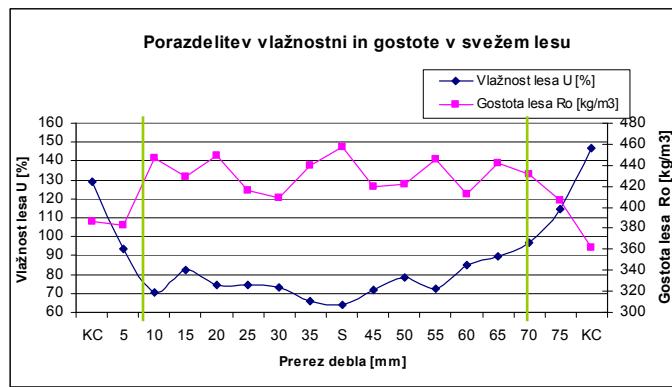
Slika 23: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Vlažnost lesa posameznih debel bršljana v svežem stanju.

Najvišja vlažnost, ki smo jo izračunali pri sveži vzorcih, je bila 150 % pri bršljanu št. 8, nasprotno je bila najnižja vlažnost lesa 55 % pri bršljanu št. 4. Povprečna vlažnost lesa preizkušenih vzorcev je znašala 92 %.

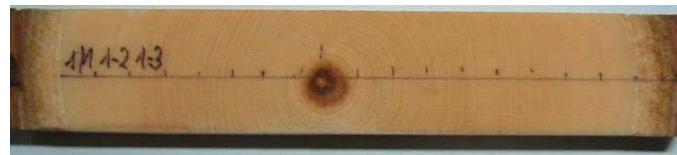
Treba je izpostaviti to, da je bila radialna porazdelitev vlažnosti pri vseh preizkusnih deblih podobna. V osrednjem delu debel je bila vlažnost vidno nižja kot na periferiji, zato ima radialni vlažnostni profil obliko črke U.

4.3.1.1 Bršljan št. 1

V bršljanu št. 1 lahko razdelimo vlažnost v dva dela, vlažnost na periferiji in vlažnost sredine. Zaznati je, da vlažnost v prvih 15 mm strmo pada z maksimalne vlažnosti 147 % na vlažnost 70 %. Vlažnost v srednjem delu se giblje v območju od 65 do 90 %. Minimalna vlažnost je dosežena ob strženu 64 %. Graf prikazuje tudi osnovno gostoto lesa R_g . Na periferiem delu je gostota rahlo nižja kot v srednjem delu, hkrati v osrednjem delu ni zaznati večjih odstopanj gostote. Minimalna gostota znaša 361 kg/m^3 , maksimalna 457 kg/m^3 .



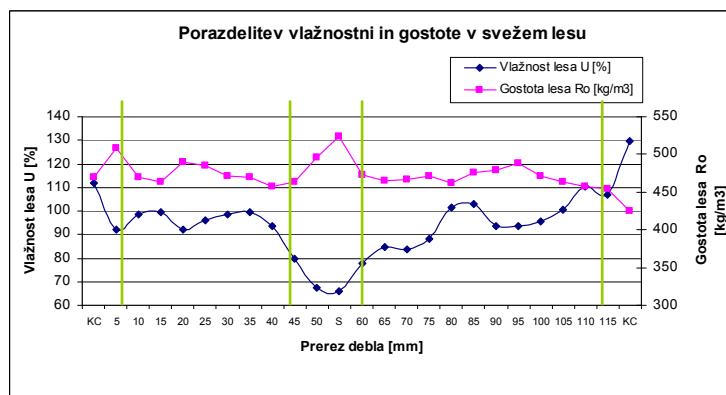
Slika 24: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialna porazdelitev vlažnosti (U) v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . KC – kambijeva cona, S – stržen. Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.



Slika 25: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.), deblo št. 1. Vidna širina vzorcev za določanje radialne porazdelitve vlažnosti.

4.3.1.2 Bršljan št. 2

V bršljanu št. 2 zasledimo vlažnost v treh intervalih. Vlažnost ob periferiji 129 % do 92 %, ki sega od kambijeve cone 10 mm, interval vlažnosti ob strženu 65 % do 80 % ter interval med perifernim delom in delom okoli stržena. Gostota je enaka preko celega prereza, manjše odstopanje je le v sredini okoli stržena. Minimalna gostota znaša 424 kg/m³, maksimalna 523 kg/m³.



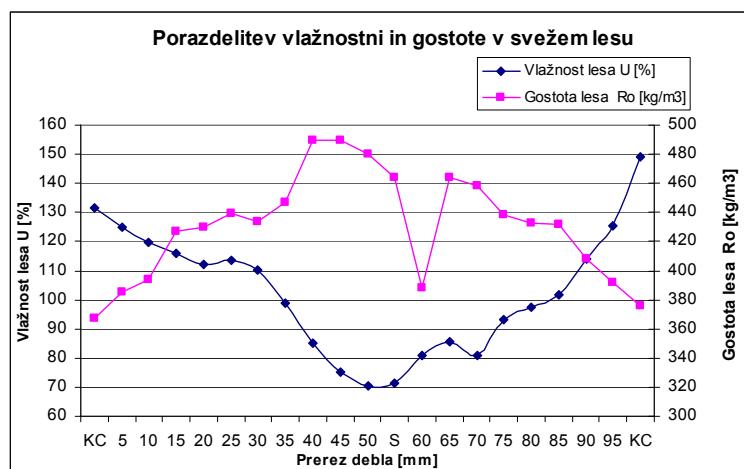
Slika 26: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.



Slika 27: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.), deblo št. 2. Vidna širina vzorcev ter nasekane politanke za vlažnostni preizkus.

4.3.1.3 Bršljan št. 3

Pri bršljanu št. 3 vlažnost postopoma pada proti strženu. Doseže maksimalno vlažnost 149 % in minimalno 70 %. Gostoto ima konveksno obliko. Ob robu je gostota 367 kg/m^3 , v sredini doseže maksimum 489 kg/m^3 . V srednjem delu je viden velik padec gostote, vzrok temu bi lahko pripisali trohnobi, ki je vidna na sliki 29 kot temna pika na robu vzorca.



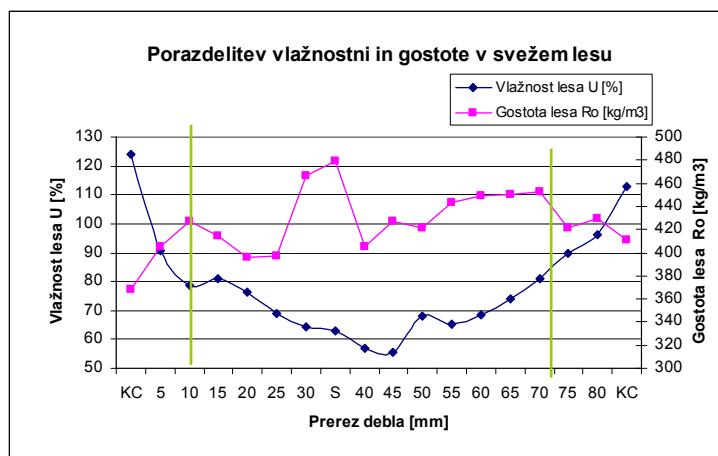
Slika 28: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.



Slika 29: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.), deblo št. 3

4.3.1.4 Bršljan št. 4

Pri bršljanu št. 4 je podobna razdelitev vlažnosti kot pri bršljanu št. 1. V perifernem delu vlažnost pade hitreje, s 123 % na 78 %. V osrednjem delu pa vlažnost pade na minimalno 55 %. Gostota je konveksne oblike, hkrati je zaznati povečano gostoto okoli stržena, kjer doseže 478 kg/m^3 , minimalna gostota v perifernem delu znaša 368 kg/m^3 .



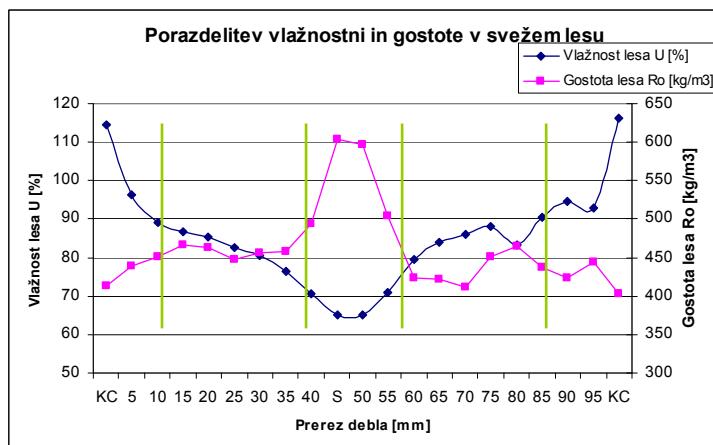
Slika 30: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.



Slika 31: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.), deblo št. 4

4.3.1.5 Bršljan št. 5

V bršljanu št. 5 zasledimo vlažnost v treh intervalih, tako kot pri bršljanu št. 2. Vlažnost ob periferiji 116 % do 89 %, ki sega od kambijkeve cone 15 mm, interval vlažnosti ob strženu 65 % do 76 % ter interval med perifernim delom in delom okoli stržena. Gostota je v perifernem in srednjem delu enakomerna, okoli stržena pa se močno zviša, tako da znaša maksimalna gostota 604 kg/m^3 , minimalna gostota pa 402 kg/m^3 .



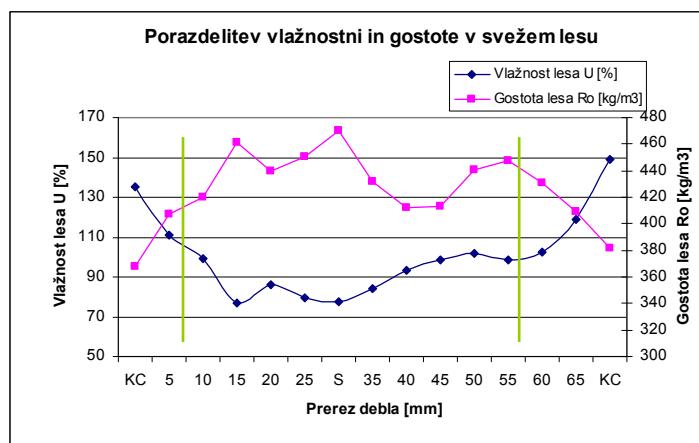
Slika 32: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.



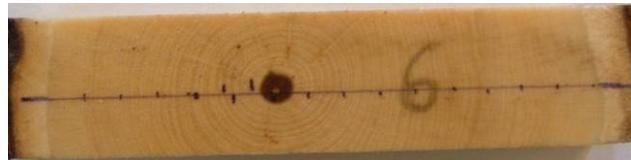
Slika 33: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.), deblo št. 5

4.3.1.6 Bršljan št. 6

Pri bršljanu št. 6 je podobna porazdelitev vlažnosti kot pri bršljanu št. 1 in 4. V perifernem delu 10 mm od skorje vlažnost pade hitreje, s 148 % na 99 %. Minimalno vlažnost dosežemo okoli stržena – 77 %. Gostota je konveksne oblike, maksimalna 470 kg/m^3 , minimalna gostota v perifernem delu znaša 367 kg/m^3 .



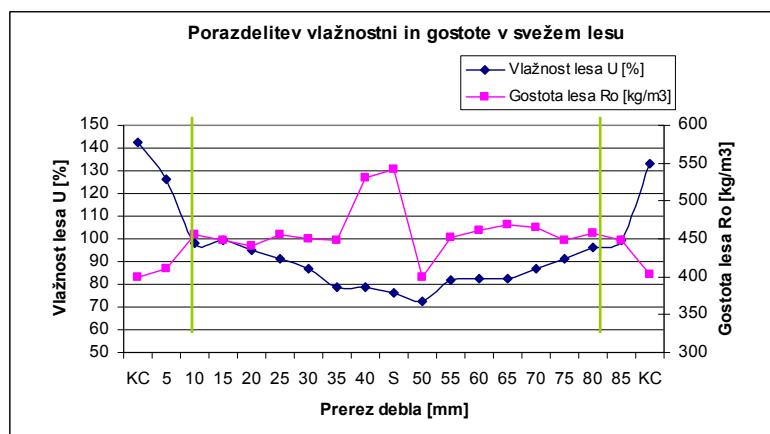
Slika 34: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.



Slika 35: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.), deblo št. 6

4.3.1.7 Bršljan št. 7

V bršljanu št. 7 lahko razdelimo vlažnost v dva dela, vlažnost na periferiji in vlažnost sredine. Zaznati je, da vlažnost v prvih 10 mm strmo pada z maksimalne vlažnosti 142 % na vlažnost 96 %. Vlažnost v srednjem delu rahlo pada do minimalne vlažnosti, ki je dosežena v strženu 72 %. Gostota je v perifernem in srednjem delu enakomerna, okoli stržena pa se močno zviša, tako da znaša maksimalna gostota 540 kg/m^3 , minimalna gostota pa 399 kg/m^3 . Hkrati opazimo, da gostota poleg stržena znatno pada na 399 kg/m^3 .



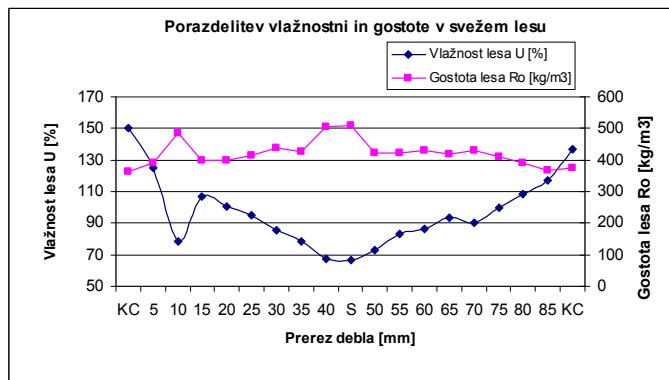
Slika 36: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.



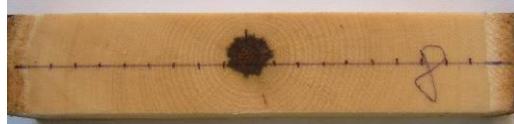
Slika 37: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.), deblo št. 7

4.3.1.8 Bršljan št. 8

Pri bršljanu št. 8 vlažnost postopoma pada proti strženu. Doseže maksimalno vlažnost 155 % in minimalno 66 %. Gostota je enaka preko celega prerezja, manjše odstopanje je le v sredini okoli stržena. Maksimalno gostoto doseže pri 510 kg/m^3 , minimalno pri 364 kg/m^3 .



Slika 38: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Radialna porazdelitev vlažnosti v svežem stanju in osnovne gostote R_0 . Navpične črte označujejo mejo med perifernim in notranjim delom debla. Razmejitev je subjektivna.



Slika 39: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.), deblo št. 8

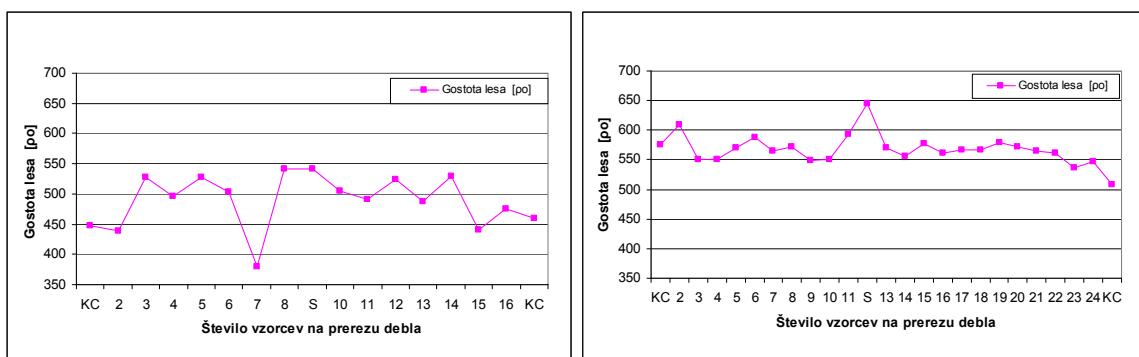
V vseh deblih je zaznati, da ima ena stran debla višjo vlažnost to dejstvo lahko pripisemo rasti ovijalke. Del debla ovijalke je vedno bližje opori, ki je v danem primeru drevo. Toda to ni mogoče trditi z gotovostjo, saj vzorci niso bili izdelani s to predpostavko.

4.4 GOSTOTA LESA

Gostoto je mogoče izračunati prek različnih definicij. Kadar se v praksi srečujemo z gostoto, se večinoma srečamo z gostoto pri absolutno suhem stanju lesa, hkrati pa je v literaturi mogoče pogosto zaslediti izraz osnovna gostota R . Zato smo se odločili za izračun obeh gostot. Rezultati so podani tabelarično (preglednica 5) in grafično (slika 40).

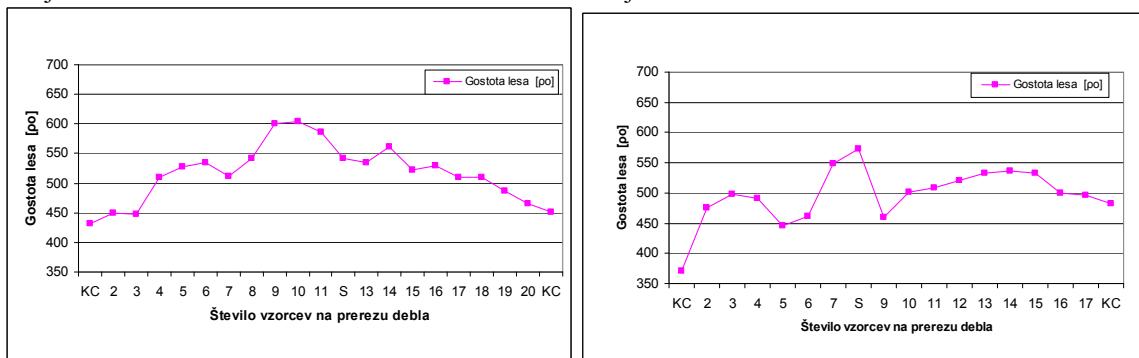
Preglednica 5: Primerjava gostote v absolutno suhem stanju ρ_0 in osnovne gostote R

Gostota	ρ_0	R
maksimalna	746 kg/m ³	604 kg/m ³
minimalna	370 kg/m ³	361 kg/m ³
povprečna	522 kg/m ³	438 kg/m ³



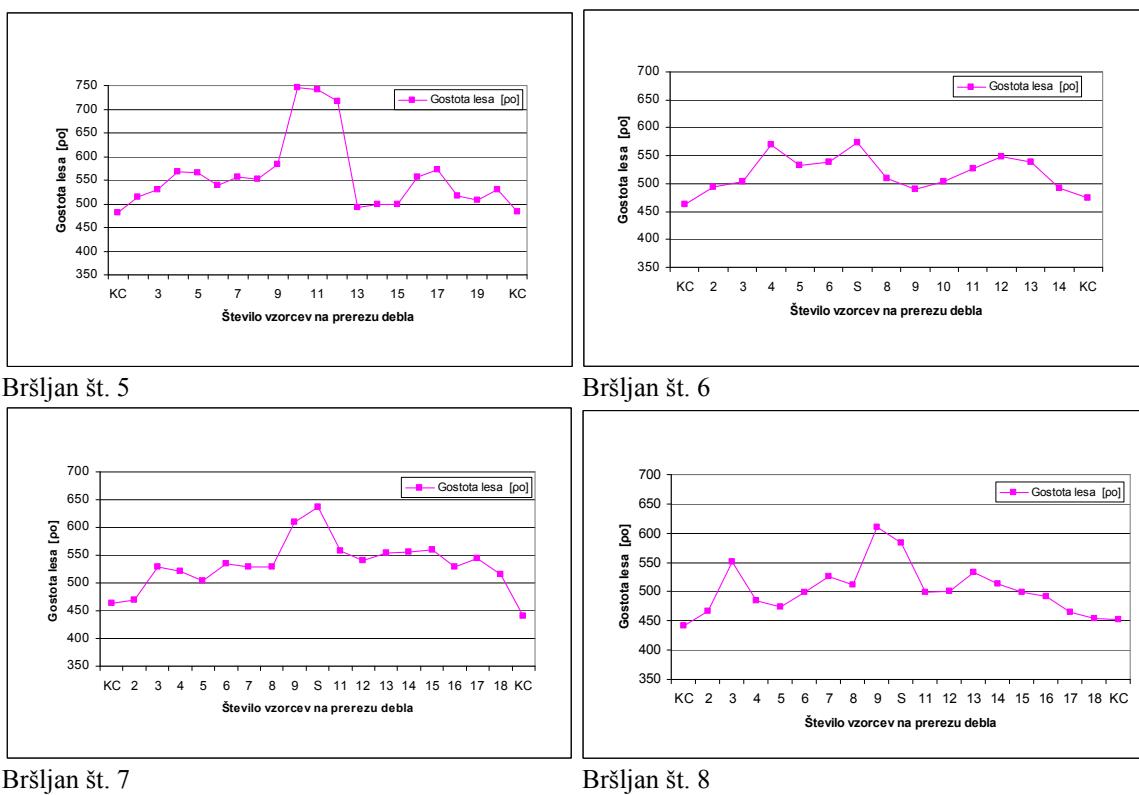
Bršljan št. 1

Bršljan št. 2



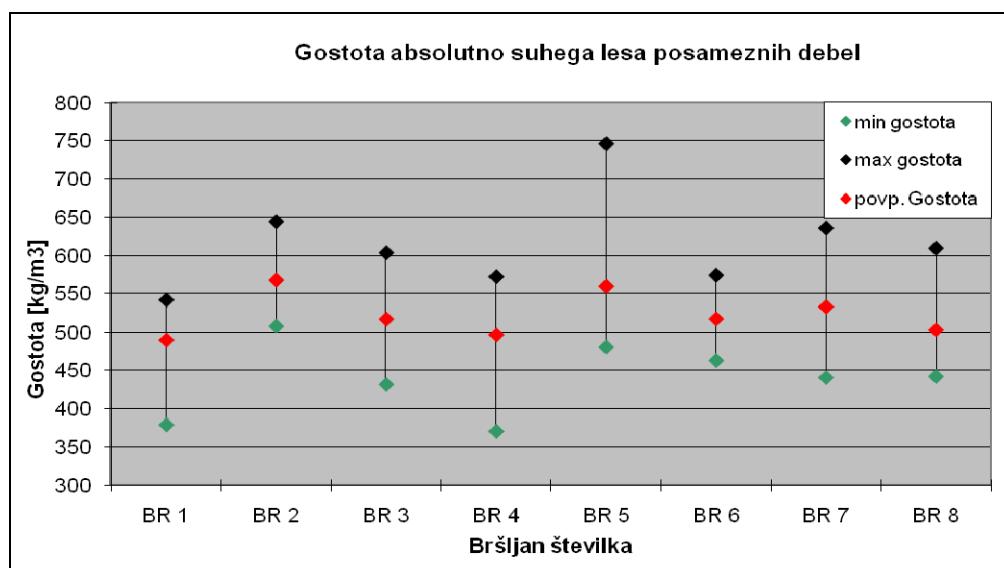
Bršljan št. 3

Bršljan št. 4



Slika 40: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Porazdelitev gostote v absolutno suhem stanju. KC – kambijeva cona, S – stržen.

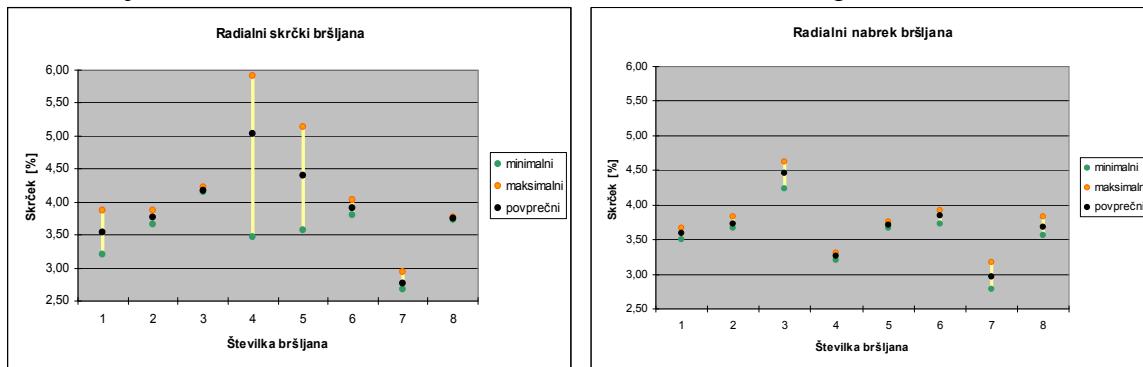
Z izjemo vzorcev bršljanov št. 1 in 2, ki imata gostoto skozi celoten prelez enakomerno, vidimo, da je gostotni profili konveksne oblike (slika 40). To je lahko pomebno z vidika rasti, saj mora kot ovijalka imeti fleksibilno deblo. To je mogoče, če je gostota v perifernih delih manjša kot v sredini, kar je bilo zelo izrazito pri drevesih 5, 7, 8.



Slika 41: Navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Gostota absolutno suhega lesa posameznih debel bršljana.

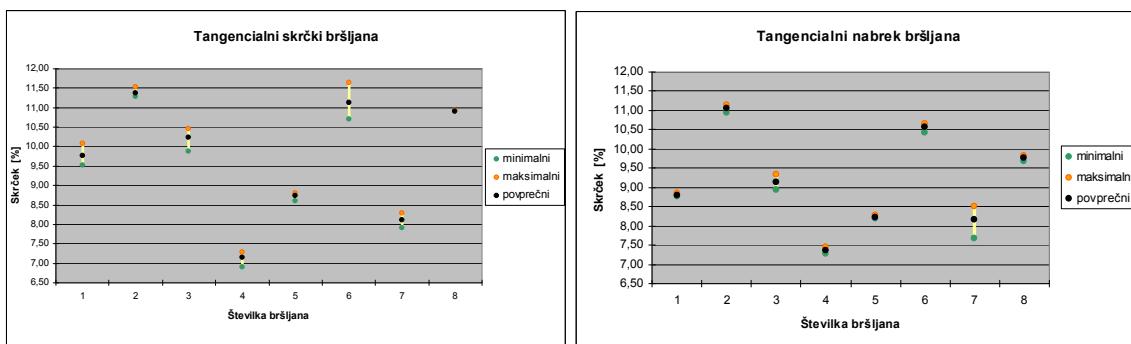
4.5 KRČENJE IN NABREKANJE LESA

Na sliki 42 je mogoče opaziti veliko variabilnost radialnih skrčkov in nabrekov med posameznimi vzorčnimi debli. Maksimalni radialni skrček je znašal 5,9 %, minimalni 2,7 %, hkrati je maksimalni radialni nabrek znašal 4,6 %, minimalni pa 2,8 %.



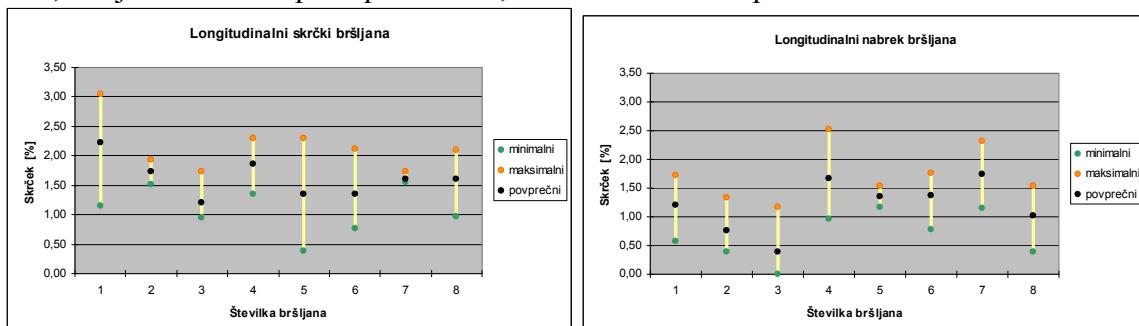
Slika 42: Radialni skrček (β) in nabrek (α) bršljanovega lesa

Na sliki 43 je prikazana velika variabilnost tangencialnih skrčkov in nabrekov med posameznimi vzorčnimi debli. Maksimalni tangencialni skrček je znašal 11,6 %, minimalni 6,9 %, hkrati je maksimalni tangencialni nabrek znašal 11,1 %, minimalni pa 7,3 %.



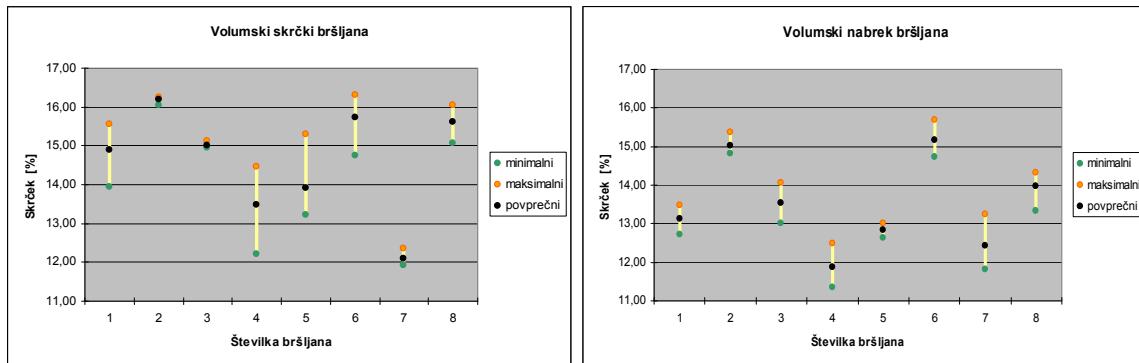
Slika 43: Tangencialni skrček (β) in nabrek (α) bršljanovega lesa

Pri longitudinalnem krčenju (slika 44) je opaziti manjšo variabilnost med debli, kar je posledica tega, da longitudinalno krčenje in nabrekanje ni tako veliko. Skrčki so v območju 0,4–3,1 %, nabreki v območju 0,4–2,5 %. Pri sliki 48 opazimo, da znaša minimalni nabrek 0 %, ker je možnost napake pri meritvi, te meritve nisem upošteval kot relevantne.



Slika 44: Longitudinalni skrček (β) in nabrek (α) bršljanovega lesa

Pri volumske krčenju in nabrekanju (slika 45) opazimo podobno variabilnost kot pri radialnem in tangencialnem krčenju. Maksimalni volumski skrček je znašal 16,2 %, minimalni 12,1 %, hkrati je maksimalni volumski nabrek znašal 15,2 %, minimalni pa 11,9 %.



Slika 45: Volumski skrček (β) in nabrek (α) bršljanovega lesa

Med radialnimi skrčki zasledimo manjšo variabilnost med podatki kot pri tangencialnih skrčkih. Dobljene rezultate smo primerjali s podatki iz literature (preglednica 2). Bršljan ima primerljivo krčenje kot gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.) ter črna jelša (*Alnus glutinosa* Gaertn.).

Preglednica 6 : Podatki povprečnega radialnega, tangencialnega, longitudinalnega in volumskega nabreka (α) ter skrčka (β) bršljanovega lesa

Št. bršljana	Radialni		Tangencialni		Longitudinalni		Volumski	
	α	β	α	β	α	β	α	β
1	3,6	3,5	8,8	9,8	1,2	2,2	13,1	14,9
2	3,7	3,8	11,0	11,4	0,8	1,7	15,0	16,2
3	4,5	4,2	9,1	10,2	0,4	1,2	13,5	15,0
4	3,3	5,0	7,4	7,1	1,7	1,9	11,9	13,5
5	3,7	4,4	8,2	8,7	1,4	1,3	12,8	13,9
6	3,8	3,9	10,6	11,1	1,4	1,3	15,2	15,7
7	3,0	2,8	8,2	8,1	1,7	1,6	12,4	12,1
8	3,7	3,7	9,8	10,9	1,0	1,6	14,0	15,6
Povprečje	3,7	3,9	9,1	9,7	1,2	1,6	13,5	14,6

4.6 SORPCIJSKE LASTNOSTI

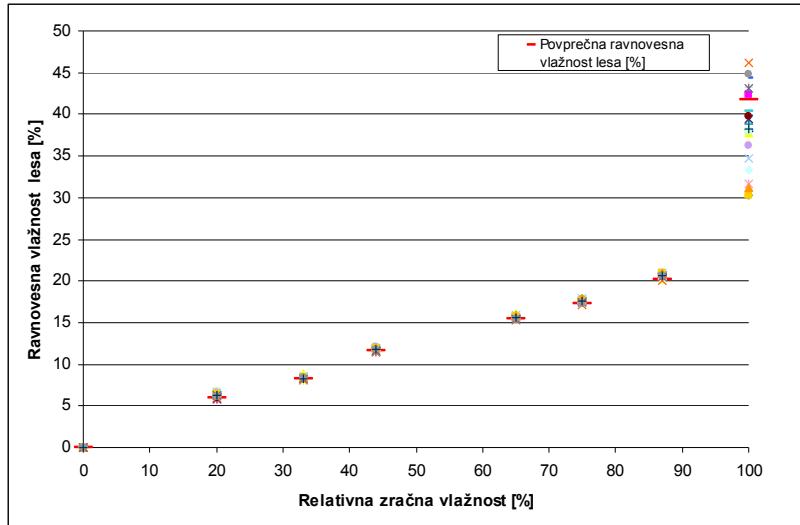
4.6.1 Ravnovesna vlažnost

Ravnovesno vlažnost smo izračunali na celotnem območju relativne zračne vlažnosti od 0 do 100 %. V pregledni 7 so prikazane maksimalne, minimalne, povprečne ravnovesne vlažnosti ter njihov odklon pri različni relativni zračni vlažnosti.

Preglednica 7: Ravnovesna vlažnost bršljanovega lesa v šestih klimah z različno relativno zračno vlažnostjo

Relativna zračna vlažnost	100 %	87 %	75 %	65 %	44 %	33 %	20 %
Št. vzorcev	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
Maks	46,11	21,01	17,94	16,01	12,10	8,84	6,66
Min	30,20	20,07	17,19	15,24	11,44	8,08	5,87
Povprečje	38,30	20,64	17,58	15,62	11,81	8,33	6,29
Stand. odklon	4,64	0,29	0,23	0,19	0,18	0,16	0,24

Standardni odkloni pri vlažnosti 87 %, 75 % in 20 % je istega velikostnega reda, enako zasledimo pri vlažnosti 65 %, 44 % ter 33 %, izstopajoči odklon opazimo pri 100 % vlažnosti.



Slika 46: Ravnovesna vlažnost bršljana

Slika 46 prikazuje naraščajočo ravnovesno vlažnost bršljana. Točko nasičenosti celičnih sten smo izračunali z razmerjem med volumskim skrčkom in osnovno gostoto ob korekciji gostote adsorbirane vode. Povprečna TNCS je 38,3 %, kar je veliko, vemo da v splošni uporabi uporabljamo vrednost 30 %.

4.6.2 Kazalniki dimenzijske stabilnosti

Pri izračunu kazalnikov dimenzijske stabilnosti smo upoštevali kvazilinearne območje, pri relativni zračni vlažnosti od $\varphi \approx 33\%$ do $\varphi \approx 87\%$.

Povprečni diferencialni nabreki lesa v radialni smeri (q_R) so bili od 0,08 [%/%) do 0,12 [%/%), povprečna vrednost pa je znašala 0,10 [%/%). (preglednica 9).

Preglednica 8 : Kriterij za ocenitev dimenzijske stabilnosti (Torelli študijska skripta 1982)

Kazalnik	Neugodno	Normalno	Ugodno	Zelo ugodno
q_t [%/%)	> 0,4	0,3–0,4	< 0,3	
$q_t - q_r$ [%/%)	> 0,2	0,12–0,2	< 0,12	
h_t [%/%)	> 0,065	0,050–0,065	< 0,050	
$h_t - h_r$ [%/%)	> 0,035	0,020–0,035	< 0,020	
q_t/q_r	> 2,0	1,6–2,0	< 1,6	
s [%/%)	> 0,16	0,15–0,16	0,14–0,15	< 0,14

Povprečni diferencialni nabreki lesa v tangencialni smeri (q_T) so bili od 0,17 [%/%) do 0,28 [%/%), povprečna vrednost pa je znašala 0,22 [%/%), pri čemer je odstopal diferencialni nabrek pri vzorcu št. 2, posledično je tudi standardni odklon večji. V primerjavi s preglednico 8 lahko povprečno vrednost ocenimo kot ugodno.

Preglednica 9: Kazalniki dimenzijske stabilnosti

Bršljan št.	q_R [%/%)	q_T [%/%)	h_R [%/%)	h_T [%/%)	$h_T - h_R$ [%/%)	s [%/%)	q_T/q_R	$q_T - q_R$ [%/%)
1	0,09	0,25	0,021	0,055	0,034	0,22	2,61	0,15
2	0,11	0,28	0,025	0,065	0,040	0,23	2,59	0,17
3	0,11	0,23	0,024	0,053	0,029	0,23	2,21	0,13
4	0,12	0,17	0,027	0,039	0,012	0,22	1,48	0,05
5	0,12	0,21	0,027	0,047	0,020	0,23	1,81	0,09
6	0,08	0,20	0,018	0,047	0,028	0,23	2,52	0,12
7	0,08	0,24	0,018	0,056	0,038	0,23	3,08	0,16
8	0,09	0,21	0,020	0,047	0,027	0,23	2,41	0,12
Maks	0,12	0,28	0,027	0,065	0,040	0,23	3,08	0,17
Min	0,08	0,17	0,018	0,039	0,012	0,22	1,48	0,05
Povprečje	0,10	0,22	0,023	0,051	0,028	0,23	2,34	0,12
Stand. odklon	0,021	0,034	0,004	0,008	0,010	0,004	0,538	0,042

Povprečni koeficienti nabrekanja v radialni smeri lesa (h_R) so bili od 0,018 [%/%) do 0,027 [%/%), povprečna vrednost pa je znašala 0,023 [%/%).

Povprečni koeficienti nabrekanja v tangencialni smeri lesa (h_T) so bili od 0,039 [%/%) do 0,065 [%/%), povprečna vrednost pa je znašala 0,051 [%/%). V primerjavi s preglednico 8 lahko povprečno vrednost ocenimo kot normalno.

Razlika koeficientov nabrekanja ($h_T - h_R$) je bila od 0,012 [%/%%] do 0,040 [%/%%], povprečna vrednost pa je znašala 0,028 [%/%%]. V primerjavi s preglednico 8 lahko povprečno vrednost ocenimo kot normalno.

Povprečni sorpcijski kvocieni lesa (s) so bili od 0,22 [%/%%] do 0,23 [%/%%], povprečna vrednost pa je znašala 0,23 [%/%%]. Vendar s primerjanjem preglednice 8 ugotovimo, da je sorpcijski kvocient neugoden.

Povprečne vrednosti anizotropije lesa (q_T/q_R) so bile od 1,48 do 3,08, pri čemer je bistveno odstopala anizotropija vzorcev 4 in 5 ter 7. Povprečna vrednost anizotropije lesa je 2,34. S primerjavo preglednice 8 ugotovimo, da je anizotropija lesa neugodna.

4.7 MEHANSKE LASTNOSTI

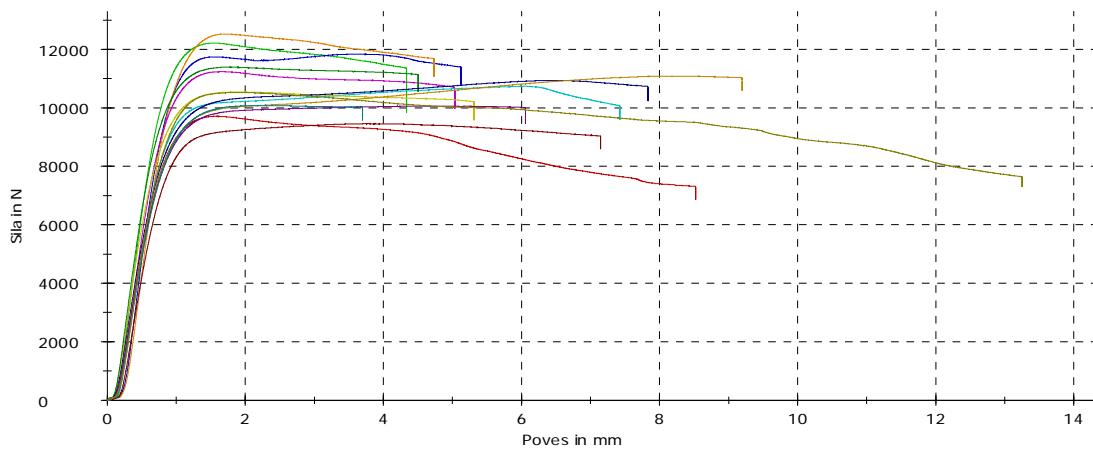
Preizkus smo opravili na stroju za preizkušanje mehanskih trdnosti ZWICK Z100. Preizkušanci so bili kondicionirani pri 65 % relativni zračni vlažnosti in temperaturi 20 °C, pri tem znaša ravnovesna vlažnost 12 %.

4.7.1 Tlačni test

Tlačne trdnosti bršljana so bile od 23 MPa do 31 MPa, povprečna trdnost pa 27 MPa (pregl. 10 in slika 47). Ko primerjamo rezultate s primerljivimi vzorci iz preglednice 2, opazimo, da je tlačna trdnost bršljana občutno manjša od lesa lipe, ki ima tlačno trdnost 52 MPa.

Preglednica 10: Podatki tlačnega testa bršljana (σ_{II} – tlačna trdnost vzporedno z vlakni, F_{max} – sila porušitve)

Št. vzorca	Širina vzorca – b	Debelina vzorca – t	E modul	F_{max}	σ_{II}
	mm	mm	GPa	N	Mpa
1	19.9	19.93	26	9706	24.47
2	19.92	19.92	34	12213	30.78
3	19.78	19.91	34	11838	30.06
4	19.94	19.96	32	12524	31.47
5	19.29	19.93	32	11239	29.23
6	19.98	19.94	29	10739	26.96
7	19.92	19.94	29	10542	26.54
8	19.94	19.94	26	9458	23.79
9	19.92	19.91	32	11388	28.71
10	19.95	20.01	27	10933	27.39
11	19.9	20.07	26	11085	27.75
12	19.84	20.06	26	10059	25.27
13	19.82	20.03	27	10078	25.38
14	19.97	19.91	28	10523	26.47



Slika 47: Tlačna trdnost bršljana, poves v odvisnosti sile.

Tlačne vzorce smo v preizkusu obremenjevali do porušitve materiala pri tem je prišlo do vidnih sprememb (slika 48).



Slika 48: Porušena zgradba vzorca po tlačnem testu

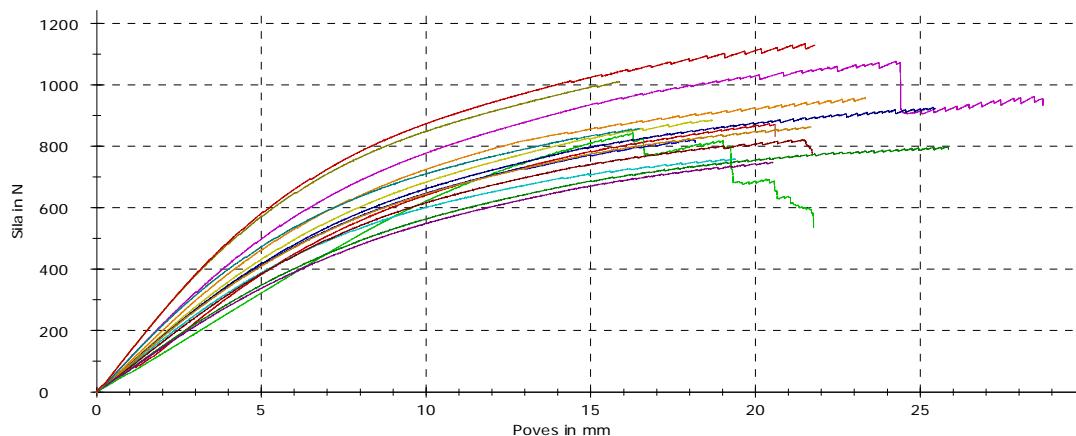
4.7.2 Upogibni test

Pri upogibnem testu smo dobili rezultate od 38 MPa do 56 MPa, povprečje je bilo pri vrednosti 45 MPa. Pri primerjavi rezultatov s preglednico 2 ugotovimo, da je upogibna trdnost majhna (pregl. 11 in slika 49).

Modul elastičnosti je majhen, kar lahko pripisemo temu, da je bršljan ovijalka in za svojo rast potrebuje vitkost.

Preglednica 11: Podatki upogibnega testa bršljana (F_{\max} – sila porušitve, $F_1 \approx 10\% F_{\max}$, $F_2 \approx 40\% F_{\max}$, σ_{II} – tlačna trdnost vzporedno z vlakni)

Št. vzorca	Širina vzorca – b	Debelina vzorca – t	F_1	F_2	E modul	F_{\max}	σ_{II}
	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	GPa	N	Mpa
1	19,98	19,98	4,6	18,41	3	874	46,04
2	19,95	19,85	4,37	17,47	3	822	43,68
3	19,93	20	5,07	20,26	3	958	50,66
4	19,99	19,93	5,68	22,74	4	1078	56,84
5	20,02	19,97	3,98	15,94	3	759	39,85
6	19,93	19,95	4,7	18,78	3	886	46,96
7	19,91	19,98	4,36	17,42	3	821	43,56
8	20,01	19,97	4,19	16,77	2	798	41,93
9	19,94	20	4,9	19,59	3	927	48,97
10	19,97	19,98	4,56	18,23	3	864	45,57
11	20,02	20	3,92	15,68	2	748	39,21
12	20,01	19,98	3,86	15,45	2	858	38,61
13	20,05	20,03	4,52	18,08	3	1011	45,2
14	19,91	19,79	5,2	20,82	3	1134	52,04



Slika 49: Upogibna trdnost bršljana, poves v odvisnosti sile



Slika 50: Porušeni vzorci upogibnega testa, opazimo odklon vlaken pri porušenih vzorcih.

4.8 VREDNOSTI PREISKOVANIH LASTNOSTI LESA NAVADNEGA BRŠLJANA (*Hedera Helix* L.)

Navadni bršljan (*Hedera helix* L.) je polvenčasto porozna drevesna vrsta. Jedrovine nima. Prisoten je pojav diskoloriranega lesa. Tangencialni prerez lesa je dekorativen.

VLAŽNOST

Vlažnost svežega lesa, ki jo zasledimo je 92 %.

Točka nasičenja celičnih sten je 38 %.

GOSTOTA

Gostota bršljanovega lesa v absolutno suhem stanju je 522 kg/m^3 .

Osnovna gostota bršljanovega lesa je 438 kg/m^3 .

SKRČKI IN NABREKI

Radialni skrček je 3,9 %.

Tangencialni skrček je 9,7 %.

Longitudinalni skrček je 1,6 %.

Volumenski skrček je 14,6 %.

Radialni nabrek je 3,7 %.

Tangencialni nabrek je 9,1 %.

Logitudinalni nabrek 1,2 %.

Volumenski nabrek je 13,5 %.

KAZALNIKI DIMENZIJSKE STABILNOSTI

Diferencialni nabrek v radialni smeri (q_R) je $0,10 [\%/\%]$.

Diferencialni nabrek v tangencialni smeri (q_T) je $0,22 [\%/\%]$.

Koeficient nabrekanja v radialni smeri lesa (h_R) znaša $0,023 [\%/\%]$.

Koeficient nabrekanja v tangencialni smeri lesa (h_T) je $0,051 [\%/\%]$.

Razlika koeficientov nabrekanja ($h_T - h_R$) je $0,028 [\%/\%]$.

Sorpcijski kvocient lesa (s) znaša $0,23 [\%/\%]$.

Vrednost anizotropije lesa (q_T/q_R) je 2,34.

MEHANSKE LASTNOSTI

Tlačna trdnost bršljana je 27 MPa.

Upogibna trdnost bršljana je 45 MPa.

5 RAZPRAVA

5.1 VLAŽNOST SVEŽEGA LEZA

Voda v svežem lesu je odraz prevajalne vloge sekundarnega ksilema, ki prevaja vodo iz koreninskega sistema v krošnjo (Gorišek, 2005). Vlažnostni profil bršljana (slika 24) je podoben kot pri drugih listavcih (Gorišek, 2009). Iz periferije pada vlažnost proti sredini. Vendar pri bršljanu opazimo razliko predvsem v perifernem delu, saj tu vlažnost močno pade, kar je značilno za iglavce, nato enakomerno pada proti sredini. Vlažnost svežega lesa, ki jo zasledimo znaša, povprečno 92 %, ta je primerljiva z robinjo in gabrom (Gorišek, 2009, po Eicler, 1980).

Točka nasičenja celičnih sten je primerljiva z lesom difuzno poroznih lesnih vrst ali beljavo venčastoporoznih listavcev ter znaša 38 %, kar je ena višjih TNCS.

5.2 GOSTOTA LEZA

Kot glavni pokazatelj lastnosti lesa je gostota, zato smo to podali na dva načina kot gostoto lesa v absolutno suhem stanju (ρ_0) ter kot osnovno gostoto (R_o). Povprečna gostota v absolutno suhem stanju je 522 kg/m^3 , ta je primerljiva z črno jelšo ter lipo (preglednica 2), hkrati jo lahko umestimo med lesove s srednjo gostoto (Gorišek, 2009), med katere spadajo macesen, domači kostanj, lipa in češnja. Povprečna osnovna gostota pa znaša 438 kg/m^3 .

5.3 KRČENJE IN NABREKANJE LEZA

Zaradi higroskopičnosti lesa je njegovo delovanje v različnih smereh drugačno. Med dobljenimi podatki je bilo zasledili veliko variabilnost med različnimi debli. Radialni skrček je znašal 3,9 %, kar je primerljivo z vrednostmi za gorski javor, dob (preglednica 2) ter nekaterih iglavcev, tisa, smreka in macesen (Gorišek, 2009). Tangencialni skrček je 9,7 % in je primerljiv z jelšo (preglednica 2). Longitudinalni skrček je znašal 1,6 %. Volumenski skrček je primerljiv z lipo, brezo in jelšo ter znaša 14,6 % (Gorišek, 2009). Radialni nabrek je primerljiv s topolom, sambo, smreko in je 3,7 %. Tangencialni nabrek je 9,1 % in je najbolj primerljiv s topolom. Logitudinalni nabrek je 1,2 % ter je neprimerljivo večji od vseh vrst (Gorišek, 2009).

5.4 KAZALNIKI DIMENZIJSKE STABILNOSTI

Diferencialni nabrek lesa v radialni smeri (q_R) je $0,10 \text{ [%/%%]}$ (preglednica 9), hkrati je primerljiv s podatki za dob (preglednica 1).

Diferencialni nabrek lesa v tangencialni smeri (q_T) je $0,22 \text{ [%/%%]}$, pri čemer je odstopal diferencialni nabrek pri vzorcu št. 2. V primerjavi s preglednico 8 lahko povprečno vrednost ocenimo kot ugodno. Diferencialni nabrek lesa v tangencialni smeri je primerljiv s klekom in sambo (Gorišek, 2009).

Koeficient nabrekanja v radialni smeri lesa (h_R) znaša 0,023 [%/%), lahko ga primerjamo z dobom (preglednica 1) ter tikom, macesnom in duglazijo.

Koeficient nabrekanja v tangencialni smeri lesa (h_T) je 0,051 [%/%). V primerjavi s preglednico 8 lahko vrednost ocenimo kot normalno. Najbolj je prilagodljiv (preglednica 1) z belim gabrom, češnjo in hrastom.

Razlika koeficientov nabrekanja ($h_T - h_R$) je 0,028 [%/%). V primerjavi s preglednico 8 lahko vrednost ocenimo kot normalno in jo lahko primerjamo belim gabrom in robinijo (preglednica 1).

Sorpcijski kvocient lesa (s) znaša 0,23 [%/%). V primerjavi s preglednico 8 ugotovimo, da je sorpcijski kvocient neugoden in primerljiv z brezo, robinijo in velikim jesenom (preglednica 1).

Vrednost anizotropije lesa (q_T/q_R) je 2,34. S primerjavo preglednice 8 ugotovimo, da je anizotropija lesa neugodna ter primerljiva z gabrom, brezo in velikim jesenom.

5.5 MEHANSKE LASTNOSTI

Mehanske lastnosti so močno povezane z gostoto, kar opazimo tudi pri bršljantu, saj so mehanske lastnosti podobne lesovom s primerljivo gostoto.

S tlačni preizkusom smo prišli do podatka, da je tlačna trdnost bršljana 27 MPa, ta je najbolj primerljiva iz preglednice 2 z lipo s tlačno trdnostjo 52 MPa ter gorskim javorjem 49 MPa. V literaturi (Gorišek, 2009) zasledimo primerljivo tlačno trdnost pri smreki 36 MPa.

Upogibna trdnost bršljana znaša 45 MPa, če primerjamo z drugimi podatki o tlačnih vrednosti v literaturi, lahko z gotovostjo rečemo, da je ta zelo nizka, pri lipi znaša 106 MPa (preglednica 2), pri smreki 72 MPa (Gorišek, 2009).

6 SKLEPI

Raziskava je pokazala, da bršljanov les spada med polvenčasto porozne drevesne vrste. Gostota absolutno suhega lesa je 522 kg/m^3 . Vlažnost svežega lesa, ki jo zasledimo, znaša povprečno 92 %. Anizotropija krčenja in nabrekanja je med izbranimi preiskovanimi materialom zelo variirala, vendar lahko povzamemo, da so skrčki in nabreki primerljivi z lesovi z nižjo gostoto (lipa, topol). Kazalniki dimenzijske stabilnosti so ugodni ali normalni, razen sorpcijskega kvocienta in vrednosti anizotropije, ki sta neugodna. Mehanske lastnosti lahko kljub srednji gostoti primerjamo le z lipo, topolom in smreko.

Bršljanov les bo težko široko uporabljen v industriji, saj bi ob velikem povpraševanju težko zagotovili ustrezno količino lesa, hkrati pa ne doseže tako velikih premerov kot druge komercialno zanimive drevesne vrste.

Vendar lahko bršljanov les uporabimo v specialnih (galanterijskih) izdelkih kot posebnost in s tem izdelkom povečamo dodano vrednost.

7 POVZETEK

Mnogo domačih drevesnih vrst poznamo vrsto let, vendar kljub temu mnoge izmed njih niso podrobneje raziskane. V biotski raznovrstnosti gozda najdemo lesne rastline, med njimi tudi ovijalke – vzpenjavke. Ena bolj znanih vzpenjavk v slovenskem gozdu je navadni bršljan (*Hedera helix* L.). Pregled literature je razkril, da podatki o lastnostih lesa bršljana praktično manjkajo. Prav zato smo se odločili raziskati tiste izbrane lastnosti lesa bršljana, ki bi utegnile predvideti njegovo uporabo.

V diplomi smo raziskali anatomsko zgradbo in makroskopske posebnosti, vlažnost v svežem stanju, anizotropijo krčenja in nabrekanja, kazalnike dimenzijske stabilnosti ter tlačno in upogibno trdnost bršljanovega lesa.

Material smo pridobili z območja Založja pri Ribnici v sestoju jelovo-bukovega gozda. Vse vzorce debel smo odvzeli na prsni višini. Debla smo nato dostavili na Biotehniško fakulteto na oddelek za lesarstvo. Debla smo razrezali na zahtevane dimenzijske po standardu SIST ISO 3131 in standardu DIN 52185 vsake izbrane preiskovane metode.

Vzorce za makroskopski opis smo izdelani z zračno suhega lesa, tako da so bili dobro vidni vsi trije prerezi, prečni, radialni in tangencialni.

Za izdelavo mikroskopskih preparatov smo iz valja izrezali kolobar debeline 25 mm. Iz kolobarja smo nato izžagali radialni vzorec, tako da smo zajeli stržen. Dimenzijske vzorce so 25 x 25 mm in dolžine glede na premer debla. Vzorec smo nato razsekali na manjše vzorce in na mikrotomu odrezali histološke rezine ter jih uporabili za mikroskopske preparate.

Za analizo vlažnosti in gostote lesa smo izžagali kolobar debeline 25 mm in naredili vzorce dimenzijske 25 x 25 mm in dolžine glede na premer debla, pri tem so vzorci vsebovali stržen. Vzorce smo nato nasekali na napolitanke debeline 5 mm, pri tem smo vzorce izmerili in stehtali, enako smo storili po 24 urah sušenja v sušilniku na $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Iz teh podatkov smo nato izračunali gostoto in vlažnost lesa.

Za izdelavo desorpcijskega poskusa smo iz debla izžagali palice in nato vzorce s teh palic dimenzijskih ($R \times T \times L$) $30 \times 30 \times 5$ mm. Vzorci so bili dobro orientirani, radialno, tangencialno in aksialno. Desorpcijski poskus je potekal tako, da smo vzorce uravnovesili nad nasičenimi raztopinami soli, med vsako menjavo klime smo izmerili dimenzijske in maso vzorcev. Dobljene podatke smo uporabili za določevanje skrčkov in nabrekov ter kazalnikov dimenzijske stabilnosti lesa.

Za upogibni in tlačni test smo iz debla izdelali palice dimenzijskih $30 \times 30 \times 450$ mm. Nato smo jih izmerili in stehtali ter jih postavili v klimo, $\varphi = 65\%$ in na temperaturo 20°C , da so se uravnovesile. Palice smo nato obdelali na dimenzijskih $20 \times 20 \times 300$ mm za upogibni test in $20 \times 20 \times 40$ mm za tlačni test. Upogibni in tlačni preizkus smo opravili na stroju za preizkušanje mehanskih trdnosti ZWICK Z100.

Raziskava je pokazala, da bršljanov les spada med venčasto porozne drevesne vrste. Gostota absolutno suhega lesa je 522 kg/m^3 . Vlažnost svežega lesa, ki jo zasledimo, znaša povprečno 92 %. Anizotropija krčenja in nabrekanja je med izbranimi preiskovanimi materialom zelo variirala, vendar lahko povzamemo, da so skrčki in nabreki primerljivi z lesovi z nižjo gostoto (lipa, topol). Kazalniki dimenzijske stabilnosti so ugodni ali normalni, razen sorpcijskega kvocienta in vrednosti anizotropije, ki sta neugodna. Mehanske lastnosti lahko kljub srednji gostoti primerjamo le z lipo, topolom in smreko.

Bršljanov les bo težko široko uporabljen v industriji, saj bi ob velikem povpraševanju težko zagotovili ustrezno količino lesa, hkrati pa ne doseže tako velikih premerov kot druge komercialno zanimive drevesne vrste.

Vendar lahko bršljanov les uporabimo v specialnih (galanterijskih) izdelkih kot posebnost in s tem izdelkom povečamo dodano vrednost.

8 VIRI

- Brus R. 2008. Sto grmovnih vrst na Slovenskem. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 216 str.
- Čufar K. 2009. Lastnosti izbranih lesnih vrst za gradnjo. Portal lesena gradnja Slovenija, <http://www.lesena-gradnja.si/html/pages/si-index.php>
- Geršak M., Medjugorac N., Velušček V. 1998. Sušenje lesa. Ljubljana Lesarska založba: 153 str.
- Gorišek Ž. 200. Les: zgradba in lastnosti: njegova variabilnost in heterogenost. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 178 str.
- Grosser D. 1977. Die Holzer Mitteleuropas. Ein mikrophotographischer Lehratlas. – Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag: 208 str.
- Schaan in alpMedia, 2001, Gozdovi kot ponori CO₂?
www.cipra.org
- Schütt P., Schuck H.J., Aas G., Lang U.M. 1994. Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 11 Erg. Landsberg. Ecomed
- Schweingruber F.H. 1990. Anatomy of European woods. Bern, Verlag: 800 str.
- Torelli N., Čufar K. 1983. Sorpcija in stabilnost lesa. Les, 35, 5 – 6: 101 – 106
- Torelli N. 1998. Interno študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 43 str
- Torelli N. 1998. Gostota in relativna gostota lesa. Les, 50, 3: 52 – 54
- Torelli N. 2000. Točka nasičenja celičnih sten (TNCS) - pregled. Les, 52, 5: 141 – 147
- Tsoumis G. 1991. Science and tehnology of wood. Berlin, Springer: 400 str.
- Železnik T. 2009. Ugotavljanje patoloških sprememb v svežem lesu s Shigometrom. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 78 str.

ZAHVALA

Ob zaključku študija, bi se rad zahvalil mentorju, prof. dr. Primožu Ovnu za nesebično pomoč pri nastajanju diplomske naloge. Hvala recenzentu prof. dr. Željku Gorišku za recenzijo.

Prav tako se zahvaljujem strokovnima sodelavcema uni. dipl. ing. Martinu Zupančiču in dipl. ing. Luku Kržetu za pomoč pri eksperimentalnem delu.

Posebej bi se zahvalil staršem, za podporo in potrpežljivost v vseh letih študija.

PRILOGE

Priloga 1: Premeri debel za izvedbo poskusov

Števika vzorca	Premer debla s skorjo [mm]	Premer ksilema [mm]	Debelina skorje [mm]	Število vzorcev za radialni vlažnostni profil
1	99	83	16	17
2	142	127	15	25
3	118	104	14	21
4	105	92	13	18
5	118	103	15	21
6	90	77	13	15
7	111	94	17	19
8	108	93	15	19

Priloga 2: Nabreki bršljanovega lesa

Sorpcija	αR				αT				povp.
		min	max	povp.		min	max		
1B1	3,67				8,86				
1B2	3,50	3,50	3,67	3,59	8,75	8,75	8,86	8,79	
1B3	3,61				8,76				
2B1	3,67				10,95				
2B2	3,70	3,67	3,83	3,73	11,04	10,95	11,14	11,05	
2B3	3,83				11,14				
3B1	4,23				9,17				
3B2	4,63	4,23	4,63	4,46	9,33	8,93	9,33	9,14	
3B3	4,53				8,93				
4A1	3,30				7,40				
4A2	3,20	3,20	3,30	3,27	7,27	7,27	7,44	7,37	
4A3	3,30				7,44				
5B1	3,76				8,22				
5B2	3,73	3,66	3,76	3,72	8,19	8,19	8,27	8,23	
5B3	3,66				8,27				
6A1	3,86				10,62				
6A2	3,93	3,73	3,93	3,84	10,66	10,43	10,66	10,57	
6A3	3,73				10,43				
7B1	2,78				7,68				
7B2	2,94	2,78	3,18	2,97	8,49	7,68	8,49	8,15	
7B3	3,18				8,28				
8B1	3,83				9,82				
8B2	3,67	3,57	3,83	3,69	9,68	9,68	9,82	9,76	
8B3	3,57				9,78				

– se nadaljuje

– nadaljevanje

Sorpcija	αL				αV			
		min	max	povp.		min	max	povp.
1B1	0,57				12,71			
1B2	1,72	0,57	1,72	1,21	13,47	12,71	13,47	13,14
1B3	1,34				13,23			
2B1	1,33				15,36			
2B2	0,58	0,39	1,33	0,77	14,83	14,83	15,36	15,02
2B3	0,39				14,88			
3B1	0,00				13,01			
3B2	0,00	0,00	1,16	0,39	13,53	13,01	14,06	13,53
3B3	1,16				14,06			
4A1	1,52				11,82			
4A2	2,51	0,95	2,51	1,66	12,49	11,35	12,49	11,89
4A3	0,95				11,35			
5B1	1,35				12,86			
5B2	1,16	1,16	1,54	1,35	12,64	12,64	13,00	12,83
5B3	1,54				13,00			
6A1	0,78				14,74			
6A2	1,76	0,78	1,76	1,36	15,68	14,74	15,68	15,18
6A3	1,55				15,12			
7B1	1,75				11,82			
7B2	1,15	1,15	2,31	1,74	12,20	11,82	13,25	12,42
7B3	2,31				13,25			
8B1	1,15				14,27			
8B2	1,54	0,39	1,54	1,03	14,33	13,34	14,33	13,98
8B3	0,39				13,34			

Priloga 3: Skrčki bršljanovega lesa

Priloga 4: Kazalniki dimenzijske stabilnosti

vzorec	$\phi=33\%$ dimenzijska stabilitet				$\phi=87\%$ dimenzijska stabilitet				$\phi=0\%$ dimenzijska stabilitet			
	m	rad	tan	deb	m	deb	rad	tan	m	deb	rad	tan
1B4	2,095	29,18	27,87	5,18	2,327	5,22	29,51	28,65	1,935	5,08	28,81	27,29
1B5	2,135	29,3	27,75	5,2	2,373	5,24	29,62	28,59	1,970	5,09	28,94	27,19
1B6	2,142	29,33	27,59	5,21	2,38	5,23	29,67	28,39	1,968	5,15	29,08	27,06
2B4	2,386	28,97	27,44	5,26	2,655	5,31	29,33	28,36	2,202	5,21	28,65	26,8
2B5	2,356	28,96	27,51	5,16	2,625	5,2	29,36	28,48	2,179	5,08	28,64	26,91
2B6	2,34	28,96	27,58	5,14	2,609	5,2	29,36	28,5	2,159	5,09	28,6	26,92
3B4	2,24	28,96	27,92	5,18	2,497	5,2	29,33	28,65	2,068	5,11	28,6	27,27
3B5	2,306	28,98	27,57	5,31	2,57	5,33	29,36	28,35	2,127	5,24	28,61	26,99
3B6	2,262	28,98	27,63	5,23	2,519	5,28	29,35	28,46	2,092	5,19	28,61	27,04
4A4	2,111	29,28	28,48	5,15	2,347	5,25	29,6	29,08	1,952	5,09	28,98	28,05
4A5	2,197	28,79	28,47	5,15	2,44	5,18	29,28	29,05	2,027	5,07	28,37	27,97
4A6	2,172	28,87	28,49	5,18	2,416	5,22	29,32	29,07	2,009	5,11	28,41	28
5B4	2,217	29,53	27,9	5,23	2,47	5,24	29,87	28,66	2,042	5,16	29,19	27,32
5B5	2,411	29,29	27,83	5,2	2,682	5,21	29,7	28,48	2,226	5,19	28,9	27,32
5B6	2,457	29,05	27,91	5,14	2,732	5,22	29,56	28,57	2,266	5,1	28,76	27,38
6A4	2,187	29,45	27,45	5,21	2,441	5,2	29,75	28,16	2,018	5,14	29,07	26,81
6A5	2,146	29,42	27,59	5,2	2,396	5,17	29,7	28,26	1,981	5,08	29,12	26,98
6A6	2,146	29,47	27,65	5,25	2,396	5,24	29,76	28,3	1,980	5,18	29,14	27,04
7B4	2,253	29,35	28,15	5,2	2,515	5,22	29,64	28,99	2,080	5,12	29,07	27,58
7B5	2,245	29,35	28,18	5,17	2,506	5,18	29,63	29,02	2,072	5,1	29,05	27,52
7B6	2,234	29,35	28,14	5,17	2,495	5,16	29,64	28,97	2,062	5,07	29,01	27,48
8B4	1,993	28,88	27,41	5,21	2,214	5,26	29,22	28,12	1,844	5,12	28,66	26,82
8B5	2,001	29,05	27,39	5,26	2,227	5,21	29,29	28,04	1,848	5,17	28,68	26,79
8B6	1,999	29,06	27,43	5,2	2,226	5,21	29,4	28,1	1,845	5,09	28,75	26,83

– se nadaljuje

– nadaljevanje

							$\Delta\varphi = 54\%$					
$Ur_{33\%}$	$Ur_{87\%}$	Δu	$\Delta \alpha_R$	$\Delta \alpha_T$	q_R	q_T	h_R	h_T	s	$q_T - q_R$	$h_T - h_R$	q_T/q_R
8,269	20,258	11,990	1,145	2,858	0,096	0,238	0,021	0,053	0,222	0,143	0,032	2,495
8,376	20,457	12,081	1,106	3,089	0,092	0,256	0,020	0,057	0,224	0,164	0,037	2,794
8,841	20,935	12,093	1,169	2,956	0,097	0,244	0,022	0,055	0,224	0,148	0,033	2,529
8,356	20,572	12,216	1,257	3,433	0,103	0,281	0,023	0,064	0,226	0,178	0,040	2,732
8,123	20,468	12,345	1,397	3,605	0,113	0,292	0,026	0,067	0,229	0,179	0,041	2,581
8,384	20,843	12,459	1,399	3,418	0,112	0,274	0,026	0,063	0,231	0,162	0,037	2,444
8,317	20,745	12,427	1,294	2,677	0,104	0,215	0,024	0,050	0,230	0,111	0,026	2,069
8,416	20,827	12,412	1,328	2,890	0,107	0,233	0,025	0,054	0,230	0,126	0,029	2,176
8,126	20,411	12,285	1,293	3,070	0,105	0,250	0,024	0,057	0,227	0,145	0,033	2,373
8,145	20,236	12,090	1,104	2,139	0,091	0,177	0,020	0,040	0,224	0,086	0,019	1,937
8,387	20,375	11,988	1,727	2,074	0,144	0,173	0,032	0,038	0,222	0,029	0,006	1,201
8,113	20,259	12,145	1,584	2,071	0,130	0,171	0,029	0,038	0,225	0,040	0,009	1,308
8,570	20,960	12,390	1,165	2,782	0,094	0,225	0,022	0,052	0,229	0,131	0,030	2,388
8,311	20,485	12,174	1,419	2,379	0,117	0,195	0,026	0,044	0,225	0,079	0,018	1,677
8,429	20,565	12,136	1,773	2,411	0,146	0,199	0,033	0,045	0,225	0,053	0,012	1,359
8,375	20,961	12,587	1,032	2,648	0,082	0,210	0,019	0,049	0,233	0,128	0,030	2,566
8,329	20,949	12,620	0,962	2,483	0,076	0,197	0,018	0,046	0,234	0,121	0,028	2,583
8,384	21,010	12,626	0,995	2,404	0,079	0,190	0,018	0,045	0,234	0,112	0,026	2,415
8,317	20,913	12,596	0,998	3,046	0,079	0,242	0,018	0,056	0,233	0,163	0,038	3,053
8,349	20,946	12,597	0,964	3,052	0,077	0,242	0,018	0,057	0,233	0,166	0,039	3,167
8,341	20,999	12,658	1,000	3,020	0,079	0,239	0,019	0,056	0,234	0,160	0,037	3,021
8,080	20,065	11,985	1,186	2,647	0,099	0,221	0,022	0,049	0,222	0,122	0,027	2,231
8,279	20,509	12,229	0,837	2,426	0,068	0,198	0,015	0,045	0,226	0,130	0,029	2,899
8,347	20,650	12,304	1,183	2,497	0,096	0,203	0,022	0,046	0,228	0,107	0,024	2,112
			Kazalniki		q_R	q_T	h_R	h_T	s	$q_T - q_R$	$h_T - h_R$	q_T/q_R
			Povprečje		0,099	0,224	0,023	0,051	0,228	0,124	0,028	2,338

Priloga 5: Gostota in vlažnostni profil bršljanovega lesa

Bršljan	m [g]	v-meritev	V [cm ³] [v*0,3]	mo	Vo - meritev	Vo [cm ³] [v*0,3]	ρ_0 [kg/m ³]	u relativna vlažnost
BR1			0,30			0,30		
KC	1,29	4,86	1,46	0,56	4,19	1,26	448,21	129,16
1 2	1,16	5,20	1,56	0,60	4,54	1,36	438,84	93,29
1 3	1,33	5,85	1,75	0,78	4,94	1,48	528,27	70,48
1 4	1,28	5,45	1,63	0,70	4,70	1,41	496,88	82,07
1 5	1,22	5,20	1,56	0,70	4,42	1,33	528,43	74,67
1 6	0,93	4,26	1,28	0,53	3,52	1,06	503,41	74,62
1 7	0,90	4,23	1,27	0,52	4,57	1,37	378,92	73,30
1 8	0,81	3,72	1,11	0,49	3,01	0,90	542,30	65,84
1 9	1,13	5,03	1,51	0,69	4,24	1,27	542,30	64,21
1 10	1,38	6,35	1,91	0,80	5,28	1,58	504,73	72,05
1 11	1,22	5,41	1,62	0,68	4,64	1,39	490,88	78,11
1 12	1,36	5,90	1,77	0,79	5,01	1,50	524,48	72,52
1 13	1,34	5,83	1,75	0,72	4,94	1,48	486,91	85,28
1 14	1,47	5,86	1,76	0,78	4,89	1,47	528,97	89,76
1 15	1,46	5,73	1,72	0,74	5,60	1,68	440,83	97,03
1 16	1,54	5,90	1,77	0,72	5,04	1,51	475,33	114,92
KC	1,35	5,03	1,51	0,55	3,95	1,19	460,51	147,10
BR2								
2 1	1,37	4,58	1,37	0,64	3,73	1,12	576,14	111,85
2 2	1,40	4,77	1,43	0,73	3,98	1,19	608,71	92,31
2 3	1,50	5,35	1,61	0,75	4,56	1,37	551,39	98,71
2 4	1,06	3,80	1,14	0,53	3,20	0,96	551,15	99,43
2 5	1,98	7,02	2,11	1,03	6,04	1,81	569,76	92,10
2 6	1,69	5,91	1,77	0,86	4,88	1,46	587,23	96,01
2 7	1,81	6,46	1,94	0,91	5,39	1,62	564,75	98,49
2 8	1,85	6,55	1,97	0,92	5,39	1,62	571,61	99,63
2 9	2,02	7,62	2,29	1,05	6,36	1,91	548,64	93,39
2 10	1,67	6,66	2,00	0,93	5,60	1,68	551,07	79,90
2 11	1,65	6,64	1,99	0,99	5,55	1,66	593,51	67,44
2 12	1,76	6,75	2,03	1,06	5,48	1,64	644,95	65,72
2 13	1,50	5,94	1,78	0,84	4,93	1,48	569,78	77,79
2 14	1,55	6,03	1,81	0,84	5,04	1,51	556,75	84,68
2 15	1,60	6,22	1,87	0,87	5,03	1,51	577,93	83,67
2 16	1,50	5,66	1,70	0,80	4,74	1,42	562,24	88,08
2 17	1,79	6,43	1,93	0,89	5,24	1,57	566,86	101,30
2 18	1,57	5,40	1,62	0,77	4,53	1,36	567,18	103,06
2 19	1,48	5,30	1,59	0,76	4,38	1,31	579,38	93,81
2 20	1,80	6,34	1,90	0,93	5,41	1,62	572,09	93,44
2 21	1,85	6,68	2,00	0,95	5,57	1,67	565,83	95,54
2 22	1,88	6,71	2,01	0,93	5,55	1,67	561,32	100,73
2 23	1,87	6,47	1,94	0,89	5,51	1,65	536,30	110,56
2 24	1,87	6,64	1,99	0,90	5,52	1,66	546,38	107,05
2 25	2,21	7,53	2,26	0,96	6,29	1,89	508,69	129,82

– se nadaljuje

– nadaljevanje

BR3								
3 1	1,40	5,49	1,65	0,60	4,67	1,40	431,58	131,74
3 2	1,62	6,25	1,87	0,72	5,36	1,61	448,88	124,80
3 3	1,68	6,46	1,94	0,76	5,69	1,71	447,10	119,92
3 4	1,78	6,45	1,93	0,83	5,40	1,62	510,35	116,09
3 5	1,90	6,95	2,08	0,90	5,66	1,70	528,32	111,95
3 6	1,71	6,08	1,82	0,80	5,00	1,50	534,87	113,54
3 7	1,69	6,17	1,85	0,80	5,23	1,57	511,71	110,25
3 8	1,68	6,31	1,89	0,85	5,21	1,56	541,79	98,75
3 9	1,78	6,56	1,97	0,96	5,35	1,60	600,31	85,13
3 10	1,62	6,30	1,89	0,92	5,10	1,53	604,12	75,34
3 11	1,83	7,46	2,24	1,07	6,11	1,83	586,40	70,53
3 12	1,39	5,84	1,75	0,81	5,00	1,50	542,01	71,47
3 13	1,32	6,27	1,88	0,73	4,55	1,36	535,02	80,75
3 14	1,89	7,30	2,19	1,02	6,04	1,81	561,39	85,73
3 15	1,53	6,18	1,85	0,85	5,42	1,62	522,87	80,67
3 16	1,56	6,16	1,85	0,81	5,10	1,53	528,76	93,33
3 17	1,56	6,09	1,83	0,79	5,17	1,55	510,23	97,67
3 18	1,47	5,63	1,69	0,73	4,76	1,43	510,71	101,69
3 19	1,83	7,01	2,10	0,86	5,87	1,76	486,90	114,09
3 20	1,59	6,01	1,80	0,71	5,06	1,52	464,76	125,26
3 21	1,40	4,99	1,50	0,56	4,15	1,24	452,03	149,12
BR4								
4 1	1,60	6,47	1,94	0,71	6,43	1,93	370,58	123,86
4 2	1,52	6,56	1,97	0,80	5,59	1,68	474,90	90,91
4 3	1,50	6,53	1,96	0,84	5,61	1,68	497,45	78,75
4 4	1,49	6,61	1,98	0,82	5,58	1,67	490,74	80,84
4 5	1,38	6,60	1,98	0,78	5,87	1,76	445,49	76,42
4 6	1,23	6,11	1,83	0,73	5,25	1,58	461,52	68,84
4 7	1,69	7,32	2,20	1,03	6,23	1,87	548,48	64,47
4 8	1,42	6,05	1,82	0,87	5,06	1,52	572,66	62,96
4 9	1,11	5,80	1,74	0,71	5,11	1,53	460,46	56,71
4 10	1,25	6,28	1,88	0,80	5,35	1,61	501,31	55,67
4 11	1,40	6,58	1,97	0,83	5,45	1,64	508,50	67,86
4 12	1,40	6,35	1,91	0,85	5,42	1,63	519,86	65,46
4 13	1,46	6,46	1,94	0,87	5,43	1,63	533,70	68,48
4 14	1,35	5,75	1,73	0,78	4,83	1,45	536,71	74,17
4 15	1,45	5,88	1,76	0,80	4,99	1,50	533,60	80,90
4 16	1,50	6,25	1,88	0,79	5,28	1,58	499,18	89,90
4 17	1,87	7,40	2,22	0,95	6,40	1,92	497,08	96,31
4 18	1,64	6,27	1,88	0,77	5,35	1,61	481,50	112,68

– se nadaljuje

– nadaljevanje

BR5								
5 1	1,41	5,29	1,59	0,66	4,55	1,37	480,95	114,38
5 2	1,63	6,30	1,89	0,83	5,38	1,61	513,82	96,35
5 3	1,57	6,16	1,85	0,83	5,24	1,57	529,39	89,03
5 4	1,65	6,33	1,90	0,89	5,20	1,56	567,31	86,88
5 5	1,79	6,97	2,09	0,97	5,70	1,71	565,91	85,31
5 6	1,53	6,24	1,87	0,84	5,19	1,56	538,09	82,43
5 7	1,71	6,90	2,07	0,95	5,67	1,70	555,73	80,58
5 8	1,52	6,26	1,88	0,86	5,18	1,55	553,02	76,39
5 9	1,52	5,99	1,80	0,89	5,07	1,52	584,02	70,74
5 10	2,07	6,92	2,08	1,25	5,60	1,68	746,43	65,10
5 11	1,93	6,52	1,96	1,17	5,25	1,58	741,08	65,18
5 12	1,82	7,06	2,12	1,07	4,96	1,49	717,47	70,86
5 13	1,31	5,76	1,73	0,73	4,96	1,49	492,07	79,57
5 14	1,31	5,64	1,69	0,71	4,77	1,43	499,16	84,04
5 15	1,54	6,71	2,01	0,83	5,53	1,66	498,55	85,98
5 16	1,47	5,78	1,73	0,78	4,69	1,41	556,08	88,01
5 17	1,68	6,58	1,97	0,92	5,35	1,61	571,15	83,26
5 18	1,48	5,94	1,78	0,78	5,02	1,51	517,07	90,60
5 19	1,50	6,05	1,82	0,77	5,05	1,52	507,72	94,77
5 20	1,67	6,49	1,95	0,87	5,45	1,64	529,36	92,84
5 21	1,34	5,11	1,53	0,62	4,26	1,28	483,10	116,33
BR6								
6 1	1,76	6,78	2,03	0,75	5,38	1,61	463,14	135,09
6 2	1,59	6,17	1,85	0,75	5,08	1,52	494,65	110,95
6 3	1,93	7,66	2,30	0,97	6,39	1,92	503,96	99,42
6 4	1,73	7,08	2,12	0,98	5,73	1,72	570,56	76,78
6 5	1,68	6,85	2,06	0,90	5,65	1,70	532,74	86,08
6 6	1,61	6,64	1,99	0,90	5,54	1,66	539,41	79,71
6 7	1,63	6,52	1,96	0,92	5,34	1,60	574,53	77,42
6 8	1,60	6,72	2,02	0,87	5,70	1,71	508,95	84,26
6 9	1,63	6,81	2,04	0,84	5,73	1,72	489,41	93,57
6 10	1,79	7,26	2,18	0,90	5,97	1,79	502,90	98,57
6 11	1,91	7,16	2,15	0,95	5,99	1,80	527,21	101,70
6 12	1,71	6,39	1,92	0,86	5,22	1,57	548,40	98,77
6 13	1,65	6,31	1,89	0,81	5,04	1,51	538,96	102,61
6 14	2,05	7,62	2,29	0,94	6,35	1,91	491,18	118,93
6 15	1,93	6,76	2,03	0,77	5,43	1,63	475,14	148,71

– se nadaljuje

– nadaljevanje

BR7								
7 1	1,63	5,62	1,69	0,67	4,84	1,45	463,50	142,20
7 2	1,99	7,14	2,14	0,88	6,26	1,88	468,74	126,04
7 3	1,73	6,37	1,91	0,87	5,49	1,65	528,96	98,39
7 4	1,86	6,91	2,07	0,93	5,95	1,79	521,06	99,59
7 5	1,85	7,16	2,15	0,95	6,27	1,88	503,08	94,98
7 6	1,53	5,86	1,76	0,80	5,00	1,50	534,93	91,25
7 7	1,72	6,80	2,04	0,92	5,79	1,74	529,42	86,68
7 8	1,76	7,30	2,19	0,98	6,18	1,85	529,77	78,70
7 9	2,07	7,28	2,18	1,16	6,33	1,90	609,74	78,52
7 10	1,67	5,86	1,76	0,95	4,98	1,49	636,55	76,10
7 11	1,50	7,27	2,18	0,87	5,21	1,56	557,52	72,42
7 12	1,69	6,84	2,05	0,93	5,72	1,72	540,33	81,74
7 13	1,72	6,79	2,04	0,94	5,66	1,70	554,12	82,29
7 14	1,61	6,26	1,88	0,88	5,28	1,58	556,38	82,39
7 15	1,86	7,13	2,14	0,99	5,93	1,78	559,19	87,12
7 16	1,69	6,56	1,97	0,88	5,56	1,67	529,56	90,97
7 17	1,77	6,60	1,98	0,91	5,55	1,67	543,66	96,05
7 18	1,72	6,42	1,93	0,86	5,58	1,67	515,89	99,62
7 19	1,61	5,71	1,71	0,69	5,23	1,57	440,60	132,87
BR8								
8 1	1,28	4,66	1,40	0,51	3,84	1,15	442,10	150,58
8 2	2,01	7,60	2,28	0,89	6,38	1,91	466,30	125,12
8 3	1,68	6,51	1,95	0,94	5,71	1,71	551,86	78,22
8 4	1,69	6,79	2,04	0,81	5,60	1,68	485,25	107,17
8 5	1,58	6,56	1,97	0,79	5,54	1,66	474,19	100,79
8 6	1,60	6,61	1,98	0,82	5,48	1,64	499,18	94,94
8 7	1,52	6,22	1,87	0,82	5,19	1,56	525,36	85,45
8 8	1,47	6,46	1,94	0,82	5,38	1,61	510,76	78,34
8 9	1,55	6,10	1,83	0,92	5,05	1,51	609,98	67,46
8 10	1,64	6,43	1,93	0,99	5,64	1,69	582,45	66,50
8 11	1,43	6,51	1,95	0,83	5,53	1,66	498,34	72,89
8 12	1,51	6,52	1,96	0,82	5,49	1,65	501,00	83,44
8 13	1,35	5,62	1,69	0,73	4,54	1,36	532,53	85,95
8 14	1,61	6,64	1,99	0,83	5,41	1,62	513,12	93,74
8 15	1,46	5,95	1,79	0,77	5,12	1,53	499,25	89,99
8 16	1,60	6,56	1,97	0,80	5,45	1,64	491,93	99,44
8 17	1,49	6,12	1,84	0,72	5,14	1,54	465,69	108,08
8 18	1,32	5,50	1,65	0,61	4,47	1,34	453,24	117,42
8 19	1,42	5,34	1,60	0,60	4,42	1,32	452,40	137,12

Priloga 6: Sorpcijski preizkus bršljanovega lesa, meritve

	svež les	vlažnost				20/87 %	vlažnost		
	masa	Dimenzijske				masa	Dimenzijske		
Vzorci	m	deb	rad	tan	V svež	masa	DEB	RAD	TAN
1B1	3,805	5,24	29,95	30,13	4,729	2,102	5,22	2,87	2,694
1B2	3,765	5,22	29,96	30,16	4,717	2,102	5,19	2,88	2,704
1B3	3,709	5,23	29,95	30,14	4,721	2,084	5,19	2,881	2,705
1B4	3,694	5,21	29,97	30,16	4,709	2,327	5,22	2,951	2,865
1B5	3,726	5,25	30	30,12	4,744	2,373	5,24	2,962	2,859
1B6	3,684	5,21	30,04	30,09	4,709	2,38	5,23	2,967	2,839
2B1	4,471	5,26	29,74	30,32	4,743	2,362	5,27	2,868	2,658
2B2	4,392	5,18	29,73	30,34	4,672	2,335	5,2	2,866	2,659
2B3	4,358	5,15	29,74	30,33	4,645	2,326	5,16	2,864	2,647
2B4	4,398	5,29	29,74	30,29	4,765	2,655	5,31	2,933	2,836
2B5	4,245	5,18	29,76	30,33	4,676	2,625	5,2	2,936	2,848
2B6	4,126	5,18	29,75	30,36	4,679	2,609	5,2	2,936	2,85
3B1	4,232	5,25	29,8	30,22	4,728	2,239	5,18	2,85	2,699
3B2	4,169	5,17	29,81	30,21	4,656	2,2	5,19	2,831	2,696
3B3	4,156	5,18	29,81	30,24	4,670	2,207	5,15	2,839	2,712
3B4	4,14	5,2	29,84	30,26	4,695	2,497	5,2	2,933	2,865
3B5	4,135	5,29	29,85	30,14	4,759	2,57	5,33	2,936	2,835
3B6	3,927	5,24	29,87	30,16	4,721	2,519	5,28	2,935	2,846
4A1	3,354	5,26	29,99	30,12	4,751	2,012	5,23	2,895	2,765
4A2	3,331	5,18	30	30,14	4,684	2,012	5,13	2,906	2,778
4A3	3,357	5,24	30	30,11	4,733	1,987	5,27	2,899	2,767
4A4	3,405	5,21	30,02	30,13	4,712	2,347	5,25	2,96	2,908
4A5	3,518	5,17	30,15	30,17	4,703	2,44	5,18	2,928	2,905
4A6	3,457	5,18	30,14	30,19	4,713	2,416	5,22	2,932	2,907
5B1	3,845	5,19	30,32	30,06	4,730	2,244	5,21	2,917	2,74
5B2	3,872	5,16	30,29	30,03	4,694	2,218	5,16	2,915	2,728
5B3	3,876	5,19	30,29	29,97	4,711	2,196	5,2	2,924	2,733
5B4	3,926	5,23	30,27	29,96	4,743	2,47	5,24	2,987	2,866
5B5	4,029	5,21	30,26	29,95	4,722	2,682	5,21	2,97	2,848
5B6	3,993	5,22	30,32	29,96	4,742	2,732	5,22	2,956	2,857
6A1	3,88	5,13	30,28	30,33	4,711	2,118	5,11	2,904	2,653
6A2	3,925	5,11	30,31	30,3	4,693	2,114	5,07	2,904	2,635
6A3	3,986	5,15	30,27	30,29	4,722	2,142	5,15	2,902	2,648
6A4	4,05	5,2	30,29	30,34	4,779	2,441	5,2	2,975	2,816
6A5	3,985	5,19	30,3	30,32	4,768	2,396	5,17	2,97	2,826
6A6	4,004	5,22	30,29	30,28	4,788	2,396	5,24	2,976	2,83
7B1	3,777	5,13	29,87	29,94	4,588	2,204	5,1	2,913	2,777
7B2	4,001	5,24	29,89	29,91	4,685	2,262	5,22	2,911	2,748
7B3	3,978	5,19	29,87	29,96	4,645	2,255	5,18	2,909	2,76
7B4	4,013	5,21	29,87	29,95	4,661	2,515	5,22	2,964	2,899
7B5	4,000	5,18	29,85	29,96	4,633	2,506	5,18	2,963	2,902
7B6	3,995	5,15	29,89	29,96	4,612	2,495	5,16	2,964	2,897
8B1	3,789	5,23	29,79	30,14	4,696	1,992	5,23	2,858	2,659
8B2	3,709	5,19	29,72	30,07	4,638	1,965	5,18	2,856	2,657
8B3	3,577	5,07	29,73	30,06	4,531	1,907	5,06	2,854	2,663
8B4	3,725	5,23	29,78	30,1	4,688	2,214	5,26	2,922	2,812
8B5	3,752	5,22	29,79	30,08	4,678	2,227	5,21	2,929	2,804
8B6	3,762	5,18	29,87	30,11	4,659	2,226	5,21	2,94	2,81

– se nadaljuje

– nadaljevanje

33/75	vlažnost			44/65			vlažnost			65/44			vlažnost		
masa	Dimenzije			masa	Dimenzije			masa	Dimenzije			masa	DEB	RAD	TAN
masa	RAD	TAN	DEB	masa	DEB	RAD	TAN	masa	DEB	RAD	TAN	masa	DEB	RAD	TAN
2,119	2,875	2,699	5,19	2,158	5,2	28,88	27,12	2,329	5,24	29,37	28,23				
2,118	2,887	2,706	5,16	2,153	5,15	28,95	27,2	2,325	5,21	29,42	28,28				
2,1	2,879	2,708	5,15	2,135	5,2	28,89	27,23	2,307	5,23	29,4	28,26				
2,27	2,94	2,835	5,22	2,233	5,15	29,36	28,22	2,16	5,15	29,19	27,93				
2,312	2,953	2,827	5,24	2,276	5,22	29,45	28,13	2,202	5,23	29,34	27,85				
2,32	2,957	2,814	5,21	2,283	5,21	29,51	28,01	2,201	5,18	29,35	27,71				
2,381	2,872	2,662	5,21	2,421	5,24	28,82	26,81	2,615	5,26	29,28	28,06				
2,353	2,869	2,66	5,17	2,394	5,19	28,77	26,8	2,572	5,2	29,19	27,89				
2,344	2,87	2,649	5,11	2,385	5,14	28,78	26,65	2,557	5,16	29,23	27,77				
2,589	2,922	2,809	5,31	2,546	5,25	29,17	27,93	2,457	5,26	29,01	27,57				
2,563	2,926	2,824	5,2	2,516	5,17	29,18	28,04	2,43	5,15	29,02	27,68				
2,543	2,925	2,825	5,2	2,498	5,14	29,18	28,07	2,413	5,13	29	27,71				
2,258	2,857	2,705	5,15	2,297	5,24	28,68	27,2	2,478	5,24	29,16	28,23				
2,218	2,84	2,702	5,15	2,256	5,17	28,48	27,2	2,437	5,16	29,09	28,32				
2,224	2,846	2,712	5,12	2,266	5,13	28,56	27,29	2,443	5,17	29,14	28,37				
2,428	2,926	2,842	5,18	2,39	5,12	29,18	28,28	2,312	5,18	28,98	27,96				
2,499	2,928	2,814	5,33	2,46	5,3	29,21	27,99	2,38	5,26	29,01	27,68				
2,452	2,927	2,818	5,27	2,412	5,25	29,18	28,03	2,334	5,24	29,01	27,74				
2,027	2,9	2,771	5,2	2,061	5,22	29,09	27,82	2,216	5,28	29,47	28,56				
2,026	2,907	2,781	5,13	2,06	5,12	29,15	27,91	2,209	5,16	29,46	28,55				
2,002	2,905	2,767	5,19	2,035	5,21	29,13	27,79	2,194	5,24	29,54	28,65				
2,291	2,946	2,888	5,21	2,253	5,18	29,47	28,81	2,178	5,18	29,29	28,56				
2,384	2,912	2,886	5,19	2,345	5,14	29,06	28,77	2,271	5,14	28,86	28,54				
2,36	2,919	2,889	5,2	2,322	5,16	29,1	28,8	2,252	5,16	28,91	28,54				
2,258	2,923	2,735	5,14	2,298	5,18	29,32	27,51	2,486	5,17	29,78	28,45				
2,236	2,923	2,732	5,14	2,274	5,11	29,32	27,42	2,437	5,17	29,7	28,2				
2,211	2,928	2,736	5,15	2,251	5,16	29,35	27,48	2,432	5,13	29,8	28,39				
2,408	2,978	2,842	5,24	2,368	5,21	29,7	28,26	2,287	5,19	29,56	27,97				
2,618	2,959	2,83	5,21	2,573	5,23	29,52	28,18	2,49	5,16	29,33	27,9				
2,668	2,953	2,838	5,21	2,623	5,14	29,33	28,26	2,539	5,13	29,24	27,99				
2,135	2,909	2,659	5,08	2,174	5,1	29,19	26,73	2,343	5,13	29,64	27,81				
2,132	2,91	2,642	5,06	2,171	5,07	29,2	26,6	2,347	5,09	29,69	27,81				
2,159	2,908	2,655	5,12	2,199	5,16	29,16	26,71	2,376	5,15	29,68	27,87				
2,377	2,973	2,801	5,21	2,334	5,2	29,6	27,8	2,258	5,19	29,49	27,54				
2,331	2,967	2,808	5,19	2,292	5,19	29,62	27,94	2,216	5,17	29,45	27,65				
2,332	2,97	2,814	5,23	2,291	5,23	29,6	27,98	2,218	5,24	29,47	27,73				
2,223	2,922	2,78	5,09	2,261	5,1	29,25	27,94	2,436	5,09	29,64	28,74				
2,28	2,921	2,749	5,2	2,324	5,23	29,26	27,67	2,492	5,22	29,55	28,5				
2,273	2,914	2,764	5,16	2,315	5,15	29,23	27,79	2,487	5,14	29,54	28,59				
2,452	2,955	2,877	5,2	2,41	5,18	29,5	28,62	2,327	5,2	29,36	28,27				
2,436	2,955	2,882	5,18	2,399	5,18	29,48	28,59	2,32	5,14	29,34	28,3				
2,432	2,958	2,876	5,15	2,388	5,14	29,51	28,58	2,307	5,11	29,37	28,24				
2,009	2,864	2,662	5,19	2,044	5,21	28,71	26,75	2,207	5,28	29,16	27,87				
1,982	2,865	2,672	5,18	2,018	5,17	28,72	26,79	2,16	5,17	29,1	27,76				
1,924	2,859	2,666	5,05	1,959	5,07	28,6	26,81	2,094	5,06	29,01	27,71				
2,161	2,918	2,792	5,24	2,125	5,19	29,09	27,76	2,055	5,26	28,92	27,45				
2,169	2,924	2,786	5,23	2,134	5,19	29,2	27,77	2,064	5,24	28,99	27,43				
2,164	2,93	2,793	5,21	2,13	5,15	29,24	27,8	2,062	5,2	29,11	27,49				

– se nadaljuje

– nadaljevanje

75/33	vlažnost			87/20			vlažnost			0,000			vlažnost		
masa	Dimenzije			masa	Dimenzije			masa	Dimenzije			masa	Dimenzije		
	masa	DEB	RAD	TAN		masa	DEB	RAD	TAN		masa	DEB	RAD	TAN	
2,218	5,24	29,29	28,07	2,336	5,22	29,57	28,8	1,961	5,21	28,85	27,46				
2,21	5,21	29,33	28,09	2,333	5,2	29,7	28,94	1,953	5,13	28,91	27,52				
2,195	5,2	29,3	28,08	2,313	5,21	29,56	28,85	1,943	5,16	28,87	27,5				
2,095	5,18	29,18	27,87	2,051	5,11	29,02	27,63	1,935	5,08	28,81	27,29				
2,135	5,2	29,3	27,75	2,092	5,15	29,14	27,55	1,970	5,09	28,94	27,19				
2,142	5,21	29,33	27,59	2,099	5,16	29,2	27,39	1,968	5,15	29,08	27,06				
2,492	5,24	29,2	27,84	2,624	5,2	29,42	28,76	2,201	5,19	28,65	27				
2,462	5,19	29,14	27,74	2,595	5,15	29,4	28,71	2,173	5,15	28,63	26,99				
2,453	5,17	29,16	27,66	2,584	5,13	29,41	28,76	2,170	5,13	28,6	26,95				
2,386	5,26	28,97	27,44	2,332	5,21	28,81	27,2	2,202	5,21	28,65	26,8				
2,356	5,16	28,96	27,51	2,307	5,12	28,8	27,27	2,179	5,08	28,64	26,91				
2,34	5,14	28,96	27,58	2,289	5,14	28,8	27,37	2,159	5,09	28,6	26,92				
2,361	5,22	29,09	28,08	2,484	5,2	29,4	28,84	2,094	5,25	28,54	27,45				
2,32	5,18	28,97	28,09	2,44	5,15	29,35	28,78	2,052	5,17	28,43	27,39				
2,326	5,18	29,03	28,16	2,446	5,18	29,29	28,87	2,063	5,12	28,46	27,54				
2,24	5,18	28,96	27,92	2,198	5,13	28,77	27,68	2,068	5,11	28,6	27,27				
2,306	5,31	28,98	27,57	2,264	5,27	28,83	27,35	2,127	5,24	28,61	26,99				
2,262	5,23	28,98	27,63	2,218	5,13	28,78	27,38	2,092	5,19	28,61	27,04				
2,12	5,22	29,37	28,44	2,231	5,22	29,63	29,13	1,889	5,18	29	27,89				
2,119	5,15	29,44	28,49	2,235	5,1	29,65	29,13	1,892	5,05	29,04	27,95				
2,095	5,22	29,44	28,46	2,205	5,24	29,71	29,15	1,864	5,19	29,01	27,87				
2,111	5,15	29,28	28,48	2,074	5,11	29,14	28,31	1,952	5,09	28,98	28,05				
2,197	5,15	28,79	28,47	2,162	5,12	28,63	28,3	2,027	5,07	28,37	27,97				
2,172	5,18	28,87	28,49	2,14	5,12	28,72	28,31	2,009	5,11	28,41	28				
2,365	5,18	29,67	28,26	2,487	5,18	29,91	28,92	2,094	5,12	29,18	27,59				
2,339	5,12	29,65	28,08	2,466	5,14	29,92	28,85	2,068	5,1	29,16	27,57				
2,315	5,18	29,68	28,18	2,437	5,17	29,91	28,83	2,047	5,11	29,18	27,49				
2,217	5,23	29,53	27,9	2,177	5,2	29,37	27,66	2,042	5,16	29,19	27,32				
2,411	5,2	29,29	27,83	2,366	5,05	29,14	27,6	2,226	5,19	28,9	27,32				
2,457	5,14	29,05	27,91	2,415	5,13	28,94	27,68	2,266	5,1	28,76	27,38				
2,232	5,12	29,57	27,65	2,354	5,11	29,83	28,61	1,978	5,09	29,11	27,11				
2,229	5,09	29,56	27,63	2,35	5,08	29,85	28,54	1,965	5,02	29,12	27,07				
2,257	5,14	29,57	27,67	2,379	5,15	29,87	28,58	1,998	5,07	29,14	27,13				
2,187	5,21	29,45	27,45	2,149	5,14	29,25	27,29	2,018	5,14	29,07	26,81				
2,146	5,2	29,42	27,59	2,106	5,04	29,29	27,35	1,981	5,08	29,12	26,98				
2,146	5,25	29,47	27,65	2,109	5,17	29,31	27,37	1,980	5,18	29,14	27,04				
2,326	5,06	29,48	28,5	2,452	5,07	29,67	29,13	2,075	5,04	29,04	27,64				
2,385	5,19	29,46	28,26	2,515	5,21	29,66	28,94	2,119	5,18	29,01	27,37				
2,378	5,13	29,45	28,35	2,508	5,13	29,63	29,03	2,111	5,07	28,92	27,48				
2,253	5,2	29,35	28,15	2,211	5,18	29,19	27,93	2,080	5,12	29,07	27,58				
2,245	5,17	29,35	28,18	2,205	5,14	29,17	27,94	2,072	5,1	29,05	27,52				
2,234	5,17	29,35	28,14	2,19	5,09	29,21	27,87	2,062	5,07	29,01	27,48				
2,1	5,2	29,09	27,81	2,213	5,2	29,39	28,51	1,859	5,17	28,65	27,18				
2,071	5,14	29,04	27,61	2,184	5,18	29,4	28,56	1,836	5,11	28,63	27,16				
2,01	5,03	28,9	27,55	2,123	5,07	29,32	28,5	1,781	5,05	28,67	27,12				
1,993	5,21	28,88	27,41	1,954	5,23	28,74	27,21	1,844	5,12	28,66	26,82				
2,001	5,26	29,05	27,39	1,965	5,19	28,84	27,14	1,848	5,17	28,68	26,79				
1,999	5,2	29,06	27,43	1,958	5,15	28,92	27,18	1,845	5,09	28,75	26,83				