

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Aleš RUDNIK

**ZGRADBA IN LASTNOSTI LESA BALZE IZBRANEGA
SLOVENSKEGA TRGOVCA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**STRUCTURE AND PROPERTIES OF BALSAWOOD OF A
SLOVENIAN TRADER**

GRATUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija lesarstva. Delo je bilo opravljeno na Katedri za tehnologijo lesa Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval doc. dr. Maksa Merelo, za somentorico prof. dr. Katarino Čufar, za recenzenta pa prof. dr. Željka Goriška

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Aleš Rudnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 674.031.685.3
KG	les/balza/ <i>Ochroma lagopus</i> /zgradba/identifikacija/gostota/krčenje
AV	RUDNIK, Aleš
SA	MERELA, Maks (mentor)/ČUFAR, Katarina (somentorica)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
KZ	1000, Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2013
IN	ZGRADBA IN LASTNOSTI LESA BALZE IZBRANEGA SLOVENSKEGA TRGOVCA
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VIII, 30 str., 7 pregl., 23 sl., 1 pril., 8 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Na vzorcih lesa s trgovskim imenom balza izbranega slovenskega trgovca smo proučili zgradbo in določili izbrane lastnosti, da bi ugotovili ali res kupujemo les balze (<i>Ochroma lagopus</i> Sw.). Opravili smo makroskopsko in mikroskopsko identifikacijo ter določili osnovno gostoto lesa, delež celičnih sten in volumske skrčke. Iz lesa smo izdelali trajne preparate, ki smo jih preučili pod svetlobnim mikroskopom in identificirali s pomočjo identifikacijskih ključev. Osnovno gostoto, definirano kot maso absolutno suhega lesa na maksimalni volumen, smo določili s pomočjo tehtanja ter volumetriranja. Delež celičnih sten smo izmerili na preparatih prečnih prerezov s pomočjo mikroskopa in programa NIS Elements BR 3.0. Za določitev totalnih volumenskih skrčkov smo določili maksimalni volumen in volumen v absolutno suhem stanju. Identifikacija lesa je potrdila, da so vsi preizkušanci pripadali lesu balze (<i>Ochroma lagopus</i> Sw.). Osnovna gostota je variirala od 62 kg/m ³ do 328 kg/m ³ . Delež lumnov je znašal od 28 % do 52 %. Volumenski skrčki so bili od 7,4 % do 28,8 %, medtem ko je 60 % preizkušancev pri sušenju do absolutno suhega stanja kolabiralo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 674.031.685.3
CX wood/balsa/*Ochroma lagopus*/identification/structure/density/shrinkage
AU RUDNIK, Aleš
AA MERELA, Maks (supervisor)/ČUFAR, Katarina (co-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 2013
TI STRUCTURE AND PROPERTIES OF BALSA WOOD OF A SLOVENIAN TRADER
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO VIII, 30 p., 7 tab., 23 fig., 1 ann., 8 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The samples of wood with the trade name balsa obtained from a Slovenian trader were used to investigate the structure and to determine selected properties of wood. We wanted to find out if we are really buying the wood of balsa (*Ochroma lagopus* Sw.). On the selected samples, we made macroscopic and microscopic wood identification, and determined basic density, proportion of cell walls and volume shrinkage. To identify wood we made permanent slides, which were examined under a light microscope, and identified by using microscopic wood identification keys. We set the basic density, defined as the mass of oven dry wood per its maximal volume. Proportion of cell walls was measured on cross-sections observed under the light microscope using the programme NIS Elements BR 3.0. To determine the total volume shrinkage, we measured the volume of wood having moisture content above the fibre saturation point and oven dry wood. Identification has revealed that all the samples belonged to wood of balsa (*Ochroma lagopus* Sw.). The basic density varied from 62 kg/m³ to 328 kg/m³. The proportion of lumens was from 28 % to 52 %. The volume shrinkage was 7.4 % to 28.8 %, while 60 % of the samples collapsed during drying.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD).....	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik.....	VII
Kazalo prilog.....	VIII
1 UVOD, CILJI NALOGE.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 OPIS BALZE	2
2.2 RASTIŠČA IN RAZŠIRJENOST BALZE	2
2.3 MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI BALZE	3
2.4 MIKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI LESA BALZE	3
2.4.1 Traheje	3
2.4.2 Aksialni parenhim	3
2.4.3 Trakovi	4
2.4.4 Vlakna	4
2.5 FIZIKALNE LASTNOSTI LESA BALZE	4
2.6 MEHANSKE LASTNOSTI BALZE	5
3 MATERIAL IN METODE DELA	6
3.1 VZORČNI MATERIAL	6
3.2 IZDELAVA ANATOMSKIH PREPARATOV	7
3.3 MIKROSKOPSKA IDENTIFIKACIJA LESA	9
3.4 MERJENJE OSNOVNE GOSTOTE	10
3.5 MERJENJE DELEŽA CELIČNIH STEN	12
3.6 DOLOČEVANJE VOLUMENSKIH SKRČKOV	13
4 REZULTATI	14
4.1 MIKROSKOPSKA IDENTIFIKACIJA LESA BALZE	14
4.2 OSNOVNA GOSTOTA BALZE	18
4.3 DELEŽ CELIČNIH STEN IN LUMNOV PRI BALZI	20
4.4 VOLUMENSKI SKRČKI PRI BALZI	23
5 RAZPRAVA	27
6 SKLEPI.....	28
7 POVZETEK	29
8 VIRI.....	30

ZAHVALA
PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Fizikalne lastnosti balze (Wagenführ, 1996).....	4
Preglednica 2: Mehanske lastnosti lesa balze (Wagenführ 1996)	5
Preglednica 3: Mehanske lastnosti topola (Wagenführ 1996).....	5
Preglednica 4: Identifikacijska tabela anatomskih znakov po večvhodnem ključu za določevanje lesa listavcev po Brazierju in Franklinu 1961 (Torelli, 1991) za balzo (<i>Ochroma lagopus</i>).	15
Preglednica 5: Vrednosti za osnovno gostoto (R) in gostoto v absolutno suhem stanju (r_0) ter osnovna statistika.....	19
Preglednica 6: Delež lumnov in celičnih sten pri balzi ter osnovna statistika.....	22
Preglednica 7: Volumenski skrček pri balzi ter osnovna statistika za preizkušance, ki niso kolabirali.	23

KAZALO SLIK

str.

Slika 1: Deblo balze...2011.....	2
Slika 2: Balza: prečni (a), radialni (b) in tangencialni (c) prerez.	3
Slika 3: Les balze na skladišču pri trgovcu.	6
Slika 4: Izdelani preizkušanci lesa balze.	6
Slika 5: Oštevilčeni in po barvi razdeljeni preizkušanci.	7
Slika 6: Drsni mikrotom.	8
Slika 7: Trajni preparat balze za preiskavo anatomije (prečni, tangencialni, radialni prerez).	8
Slika 8: Svetlobni mikroskop Nikon ECLIPSE E 800.	9
Slika 9: Živosrebrni volummometer po Breuil-u (proizvajalec Amsler).....	10
Slika 10: Laboratorijska tehnicka Sartorius.	11
Slika 11: Merjenje deleža celičnih sten s programom NIS Elements BR 3.0.	12
Slika 12: Merjenje deleža celičnih sten in deleža lumnov (rdeče).	13
Slika 13: Balza (<i>Ochroma lagopus</i>): Traheje z izključno ali pretežno enostavnimi perforacijami.....	16
Slika 14: Balza (<i>Ochroma lagopus</i>): Srednji tangencialni premer > 200 µm.	16
Slika 15: Balza (<i>Ochroma lagopus</i>): Trakovno tkivo; heterogeno, tip II.	17
Slika 16: Balza (<i>Ochroma lagopus</i>): Ovojne celice navzoče.	17
Slika 17: Balza (<i>Ochroma lagopus</i>): Piknje med trakom in trahejami velike ter okrogle in velike ter režaste.....	18
Slika 18: Balza (<i>Ochroma lagopus</i>): Aksialni parenhim vazicentričen in v pasovih.	18
Slika 19: Razmerje med osnovno gostoto (R) in gostoto v absolutno suhem stanju balze.....	20
Slika 20: Delež lumnov pri balzi; velik 71,9 % (a), majhen 47,6 % (b).....	21
Slika 21: Razmerje med deležem lumnov in osnovno gostoto R za balzo.	23
Slika 22: Posušeni (absolutno suhi) preizkušanci balze, pred sušenjem so imeli vsi preizkušanci približno enake dimenzijs (1 x 1 x 2 cm).	25
Slika 23: Razmerje med osnovno gostoto R in volumenskimi skrčki.	26

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Deleži lumnov na preparatih

1 UVOD, CILJI NALOGE

Balza (*Ochroma lagopus* Sw.) iz družine kapokovčevk – *Bombacaceae* je poznana predvsem po lesu z zelo nizko gostoto. Zaradi zelo dobre plovnosti lesa balze (približno dvakrat boljše od plute), se je dolgo uporabljala za izdelavo boj in rešilnih obročev. Les balze se je uporabljal tudi kot embalažni material. Ker ima balza dobre izolacijske lastnosti, so jo v preteklosti s pridom uporabljali na primer pri inkubatorjih, hladilnih napravah, komorah ter pri izdelavi kontejnerjev za prevoz suhega ledu. V letalstvu jo uporabljajo predvsem za izdelavo predelnih sten v potniških letalih, v modelarstvu pa je zaradi nizke gostote in relativno dobrih mehanskih lastnosti priljubljen konstrukcijski material za modele letal in čolnov.

Za vse zanimive lesne vrste se na trgu praviloma pojavljajo tudi tako imenovane nadomestne vrste, ki imajo podoben videz, ne pa vedno enakovrednih lastnosti. Lastnosti lesa nadomestnih vrst so praviloma manj ugodne, zato trgovci pogosto želijo prodati les manj znane vrste pod bolj znamenit in zvenečim imenom. Wagenführ (1996) za vrsto *Ochroma lagopus* navaja seznam sorodnih ozziroma nadomestnih vrst, ki vsebuje sedem vrst iz rodu *Ochroma*, poleg tega pa še vrste *Cavanillesia planifolia* (quipo, macondo), *Ceiba pentandra* (ceiba) in *Ricinodendron heudelotii* (essesang).

Ker les balse pri nas še vedno veliko uporabljamo, a ga doslej še nismo podrobnejše raziskali, ni znano ali se na slovenskem trgu pojavlja les prave balze *Ochroma lagopus* ali morda tudi les vrst, ki so sorodne balzi a se po anatomski zgradbi in fizikalnih ter mehanskih lastnostih razlikujejo od prave balze. Zanimala nas je tudi variabilnost lesa, saj je znano da tako pri balzi kot pri drugih lesnih vrstah lastnosti lesa lahko zelo variirajo že znotraj istega debla, pa tudi med drevesi in rastišči. Ker je pri balzi pogosto zaželena nizka gostota, nas je v tem pogledu zanimala predvsem njena variabilnost in morebitni lesno anatomski razlogi zanjo.

Cilji diplomskega dela so bili:

- obiskati trgovca, ki dobavlja les pod imenom balza za slovenski trg,
- zbrati reprezentativno število preizkušancev lesa za raziskave,
- opraviti anatomsko preiskavo ter makroskopsko in mikroskopsko identificirati lesno vrsto pri vseh preizkušancih,
- za vsak preizkušanec določiti gostoto, izmeriti delež lumnov ter volumski skrček,
- glede na dobljene rezultate opraviti različne primerjave ter ugotoviti korelacije med anatomskimi posebnostmi ter merjenimi lastnostmi.

2 PREGLED OBJAV

2.1 OPIS BALZE

Drevo balze (*Ochroma lagopus* Sw.), zraste od 15 do 20 metrov visoko. Balza je hitro rastoča tropnska drevesna vrsta in po desetih letih navadno doseže svojo končno višino. Samo deblo je visoko od 6 do 8 metrov, dosega srednji premer od 0,6- 0,8 metra in ima pretežno cilindrično obliko (slika 1). Skorja je mehka, sive barve s svetlimi lisami in pri odraslem drevesu razpokana. Delež skorje znaša okoli 4 %. Beljava je skoraj bele barve, lahko je nekoliko rdečkasta ali rjavasta in je zelo široka. Jedrovino težko ločimo od beljave in je svetlo rdečkasto rjave barve. Tekstura je groba in manj dekorativna. Vonj lesa ni izrazit (Wagenführ, 1996).



Slika 1: Deblo balze...2011

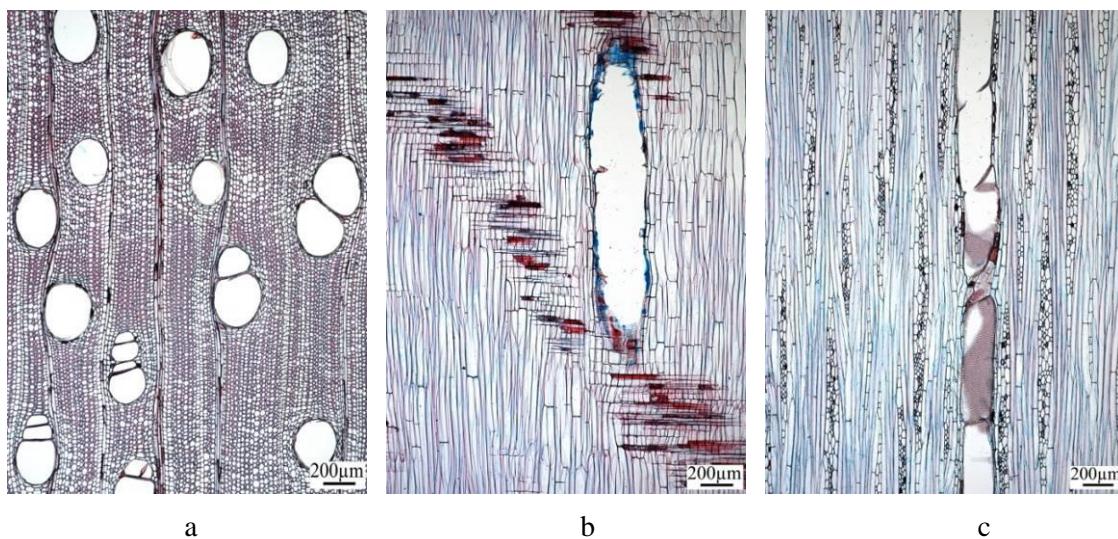
2.2 RASTIŠČA IN RAZŠIRJENOST BALZE

Balza raste v srednji Ameriki in severnem delu južne Amerike, vse od Bolivije, Peruja, južne Mehike do Brazilije. Zelo pogosto jo najdemo v Ekvadorju. V Afriki (Kamerun), na zahodno indijskih otokih in jugovzhodni Aziji (Java) jo gojijo v nasadih. Uspeva predvsem v nižjih predelih deževnega gozda, na področjih prizadetih z naravnimi katastrofami in na področju golosekov, zato jo uvrščamo med pionirske drevesne vrste. Dobro uspeva na poplavnih območjih, vendar se izogiba stalno močvirnatim tlom. Raste tudi v višje ležečih predelih tropskih gozdov, vendar navadno ne nad 1000 metri nadmorske višine (Wagenführ, 1996).

2.3 MAKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI BALZE

Beljava pri balzi je skoraj bele barve, lahko je nekoliko rdečkasta ali rjavkasta in je zelo široka. Jedrovino težko ločimo od beljave in je svetlo rdečkasto rjava. Potek aksialnih elementov je prem – tekstura pa je neizrazita in manj dekorativna. Les nima tipičnega vonja. V prečnem prerezu so razločno vidne prirastne plasti. Traheje in trakovi so opazni s prostim očesom. Tekstura je groba. V radialnem in tangencialnem prerezu so brazde por jasno vidne tudi zaradi rjavkastih oblog lumnov (Wagenführ, 1996).

2.4 MIKROSKOPSKE ZNAČILNOSTI LESA BALZE



Slika 2: Balza: prečni (a), radialni (b) in tangencialni (c) prerez.

Pod svetlobnim mikroskopom smo preučili anatomsko zgradbo lesa balze, ki smo jo opazovali na prečnem (Slika 2a), radialnem (Slika 2b) in tangencialnem prerezu (Slika 2c) mikroskopskih preparatov.

2.4.1 Traheje

Traheje so razporejene difuzno, prevladujejo posamične, prisotne so tudi traheje v parih in grupirane v radialnih skupinah. Njihov delež se giblje med 3 in 4,5 %. So manj številne, saj je njihova gostota 1 do 2 traheji na 1 mm² prečnega prerez. Premer lumnov se giblje med 130 in 200 µm in ne vsebujejo vključkov (Wagenführ, 1996).

2.4.2 Aksialni parenhim

Les vsebuje pretežno apotrahealni aksialni parenhim, ki je difuzen ali difuzen v skupinah. Zasledimo tudi paratrahealnega-vazicentričnega, občasno tudi pičlega (Wagenführ 1996). Delež aksialnega parenhima je pri balzi visok, saj lahko znaša do 74 % lesnega tkiva, pri čemer tudi prevzame vlogo osnovnega tkiva (Čufar, 2006).

2.4.3 Trakovi

Trakovi so neenakomerno razporejeni, heterogeni z ovojnimi celicami. Visoki so od 200 do 3500 µm oziroma štejejo 8 do približno 110 celic v višino. Široki so 24...95...135 µm oziroma 1...5...7 celic. Njihov delež znaša od 17 do 19 % (Wagenführ, 1996).

2.4.4 Vlakna

Libriformska vlakna so razporejena difuzno in jih je pri balzi okoli 4 %, kar je izjemno malo (Wagenführ, 1996). Dolžina vlaken je do 2170 µm in so s tem ena najdaljših vlaken v lesu listavcev. Za primerjavo; vlakna pri gvajaku (*Guaiacum officiale* L.), ki spadajo med najkrajša, so dolga le 590 µm. Dvojna debelina sten vlaken pri balzi znaša 3µm (Čufar, 2006).

2.5 FIZIKALNE LASTNOSTI LESA BALZE

Med tehnološko še uporabnimi je les balze je med najredkejšimi, saj lahko gostota v absolutno suhem stanju doseže le 50 kg/m³ (Pregledica1), seveda pa je zato poroznost zelo visoka. Zaradi manjšega deleža celičnih sten je krčenje lesa balze majhno in je zato tudi dimenzijsko stabilna vrsta. Zaradi velike poroznosti je toplotna prevodnost nizka, zato les uporabljam kot toplotni izolator.

Preglednica 1: Fizikalne lastnosti balze (Wagenführ, 1996)

Gostota absolutno suhega lesa	50...130 kg/m ³
Gostota zračno suhega lesa	70...260 kg/m ³
Gostota svežega lesa	270...360 kg/m ³
Delež por	okoli 91 %
Aksialni skrček	0,6 %
Radialni skrček	1,8...3,0 %
Tangencialni skrček	3,5...5,3 %
Volumenski skrček	6,0...9,0 %
Diferencialni nabrek (Skrček pri spremembi vlažnosti lesa za 1%)	0,16...0,28 %/%
Toplotna prevodnost pri U=12 %	0,21 W/(m K)

2.6 MEHANSKE LASTNOSTI BALZE

Mehanske lastnosti lesa so običajno v tesni zvezi z gostoto, kar je značilno tudi za balzo. Vse vrednosti mehanskih lastnosti lesa balze so bistveno nižje, kot pri naših domačih lesnih vrstah (Preglednica 2). Med domačimi lesnimi vrstami ima najnižjo gostoto les topola, ki ima v primerjavi z balzo tudi bistveno boljše mehanske lastnosti (Preglednica 3).

Preglednica 2: Mehanske lastnosti lesa balze (Wagenführ 1996)

Tlačna trdnost II	2,7...3,5...9,4 N/mm ²
Upogibna trdnost II	1,9...3,9...5,3 N/mm ²
Natezna trdnost II	do 7,5 N/mm ²
Natezna trdnost \perp	okoli 1,0 N/mm ²
Strižna trdnost	1,1...2,0 N/mm ²
Udarna žilavost	1,5...2,2...4,7 J/cm ²
Trdota (vzporedno s potekom vlaken) II	okoli 10 N/mm ²
Trdota (prečno) \perp	okoli 4,5 N/mm ²
Modul elastičnosti II (vzporedno s potekom vlaken)	1130...2600...6000 N/mm ²
Modul elastičnosti \perp (prečno)	620...800...1190 N/mm ²
Strižna trdnost	1,2...2,9 N/mm ²

Pri mehanskih lastnostih balze lahko razberemo, da so njihove vrednosti nizke, kar pripisujemo nizki gostoti.

Preglednica 3: Mehanske lastnosti topola (Wagenführ 1996)

Tlačna trdnost II	26...35...56 N/mm ²
Upogibna trdnost II	43...60...94 N/mm ²
Natezna trdnost II	43...77...110 N/mm ²
Natezna trdnost \perp	1,7...2,8 N/mm ²
Strižna trdnost	4,0...5,0...8,0 N/mm ²
Udarna žilavost	3,0...5,0...7,0 J/cm ²
Modul elastičnosti II (vzporedno s potekom vlaken)	4000...8800...11700 N/mm ²
Strižna trdnost	0,5...0,6...0,7 N/mm ²

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 VZORČNI MATERIAL

Material za izdelavo vzorcev smo dobili, pri slovenskem trgovcu. Na njegovem skladišču smo iz različnih zložajev izbrali 30 vzorcev. Najprej smo izbrali različne kose lesa, ki so se razlikovali po masi in barvi (slika 3). Nadaljnja obdelava je potekala v mizarski delavnici Oddelka za lesarstvo. Sledila je izdelava vzorcev, dimenziij 30 x 100 x 300 mm (slika 4). Na končne dimenziije so bili preizkušanci razčaganji s tračno žago, nato brušeni s kontaktnim brusilnim strojem. Manjši vzorci so bili izdelani na miznem krožnem žagальнem stroju.



Slika 3: Les balze na skladišču pri trgovcu.



Slika 4: Izdelani preizkušanci lesa balze.

Vzorce smo si natančno ogledali, jih oštevilčili ter razdelili v tri skupine glede na njihovo barvo (slika 5). Zarisali smo mesta za odvzem manjših vzorcev, ki so nam v nadaljevanju

služili za izdelavo anatomskih preparatov, določevanje gostote ter volumenskih skrčkov. Iz vsake vzorčne deske smo naredili po tri manjše, pravilno orientirane količke.



Slika 5: Oštrevljeni in po barvi razdeljeni preizkušnici.

3.2 IZDELAVA ANATOMSKIH PREPARATOV

Orientirani količki, ki smo jih naredili v fazi priprave materiala, so bili deset dni namočeni v 75 % alkoholu, ki je obenem služil kot konzervans in fiksativ. Za tem smo lahko začeli z rezanjem anatomskih preparatov.

Preparate smo rezali s pomočjo drsnega mikrotoma (Leica SM2000R) (slika 6) z jeklenimi noži, v treh smereh oz. prerezih (prečni, radialni, tangencialni). Preparate debeline 20 µm smo obarvali, izprali in jih nato vklopili v umetno smolo euparal.



Slika 6: Drsni mikrotom.

Preparate smo obarvali v dveh vrstah barvil. Najprej smo jih barvali v barvili safranin (0,5 % safranina v 96 % alkoholu). Safranin je rdeče barvilo, ki je obenem tudi reagent za dokazovanje lignifikacije. Čas barvanja je znašal 5 minut. Sledilo je še barvanje v barvili astra modro, ki ga uporabljamo za dokazovanje prisotnosti celuloze. Tu je čas barvanja znašal 3 minute. Pri kombinaciji teh dveh barvil se lignificirane celične stene obarvajo rdeče, nelignificirane stene pa modro. Obarvane histološke rezine balze smo izpirali v 96 % etanolu.

Vklapljanje preparatov je potekalo na naslednji način: obarvano histološko rezino smo položili na objektno steklo in nanjo kanili vklopni medij (v našem primeru euparal). Pomembno je bilo, da je bil preparat lepo naravnani, in da smo ob polaganju krovnega stekla na preparat iztisnili ves zrak in očistili odvečen vklopni medij. Preparate smo na koncu obtežili. Ker smo uporabili vklopni medij euparal, smo obtežene preparate pustili teden dni pri sobni temperaturi. Ko se je euparal strdil, so bili trajni preparati pripravljeni za opazovanje pod mikroskopom.

Preparate smo označili z enakimi številkami kot vzorce (s številkami od 1 do 30) (slika 7).



Slika 7: Trajni preparat balze za preiskavo anatomije (prečni, tangencialni, radialni prerez).

3.3 MIKROSKOPSKA IDENTIFIKACIJA LESA

Anatomske analize smo izvedli na raziskovalnem svetlobnem mikroskopu Nikon ECLIPSE E800 (slika 8), ki omogoča uporabo različnih svetlobno mikroskopskih tehnik.



Slika 8: Svetlobni mikroskop Nikon ECLIPSE E 800.

Identifikacijo smo izvajali po slovenski verziji večvhodnega ključa za določevanje lesa listavcev po Brazierju in Franklinu 1961 (Torelli, 1991, Čufar in Zupančič, 2009), na podlagi, katerega smo že vnaprej pripravili tabelo anatomskih znakov. V pomoč nam je bil tudi ilustriran opis anatomskih znakov, ki jih vsebuje omenjena literatura. Za dodatno potrditev identifikacije smo uporabili računalniški program INTKEY (Richer in Dallwitz, 2002), ki vsebuje nekoliko drugačen nabor znakov za identifikacijo, ki so tudi prevedeni v slovenski jezik (Čufar in Zupančič, 2009).

Mikroskopiranje smo opravili v svetlem polju. Fotografiranje smo opravili z digitalno kamero Nikon DS-Fi1. Slike smo opremili z merilno daljico v računalniškem programu NIS-Elements BR 3.0 in jih uredili v programu Adobe Photoshop.

3.4 MERJENJE OSNOVNE GOSTOTE

Osnovno gostoto preizkušancev balze smo merili z metodo tehtanja ter volumetriranja. Pri tej metodi smo določili maso m_0 in maksimalni volumen lesa, ter nato izračunali osnovno gostoto R (Gorišek, 2009).

Delo je potekalo tako, da smo najprej določili volumen zračno suhega lesa. Volumen vzorcev smo merili s potapljanjem v živem srebru, pri tem pa uporabili živosrebrni volummomenter po Breuil-u (proizvajalec Amsler) (slika 9). Merili smo z natančnostjo $0,01 \text{ cm}^3$.



Slika 9: Živosrebrni volummomenter po Breuil-u (proizvajalec Amsler).

Za tem smo preizkušance dali v sušilnik in jih sušili pri temperaturi $103\pm2^\circ\text{C}$. Čas sušenja je bil 24 ur oz., kot narekuje standard (SIST EN 13183-1) do konstantne mase. Po končanem sušenju smo vzorce ohladili v eksikatorju s silikagelom s čimer smo preprečili, da bi se ponovno navlažili. Sledilo je tehtanje vzorcev na laboratorijski tehnicici na $0,001 \text{ g}$ natančno (slika 10).



Slika 10: Laboratorijska tehntica Sartorius.

Iz dobljenih podatkov smo nato izračunali osnovno gostoto po formuli:

$$R = \frac{m_0}{V_{vl}} \quad (\text{kg/m}^3), \text{ kjer je} \quad \dots(1)$$

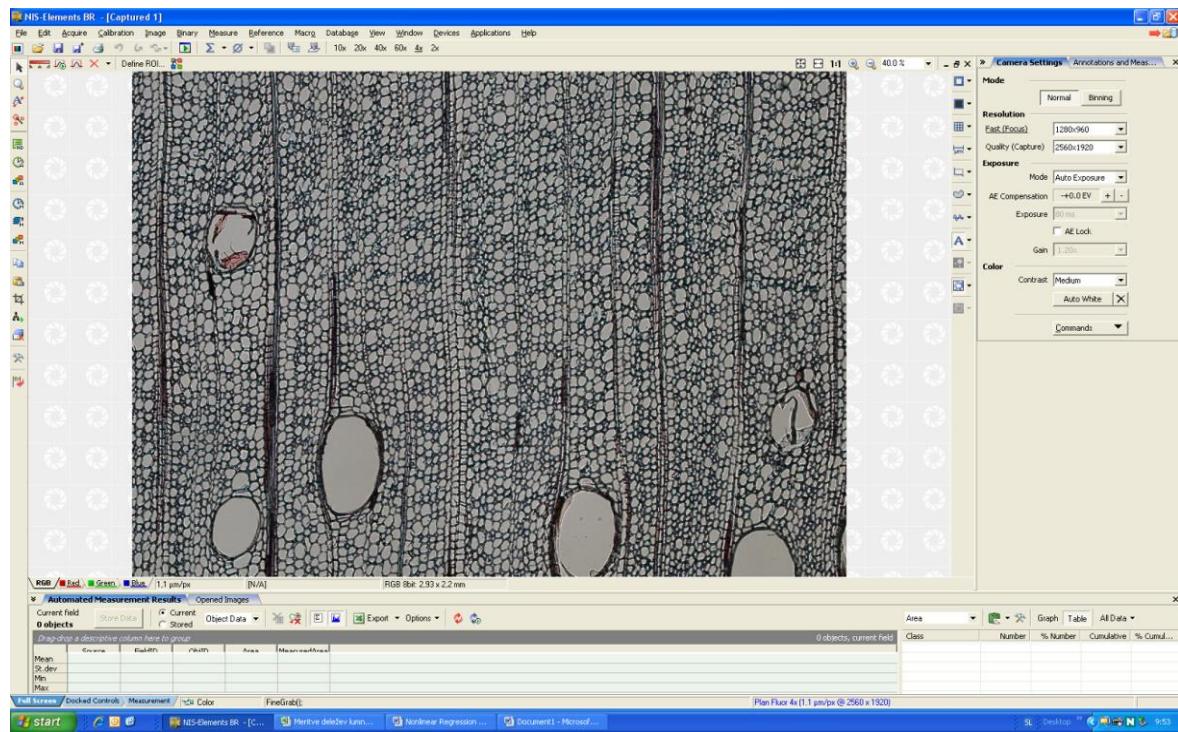
m_0 = masa absolutno suhega preizkušanca

V_{vl} = volumen vlažnega preizkušanca

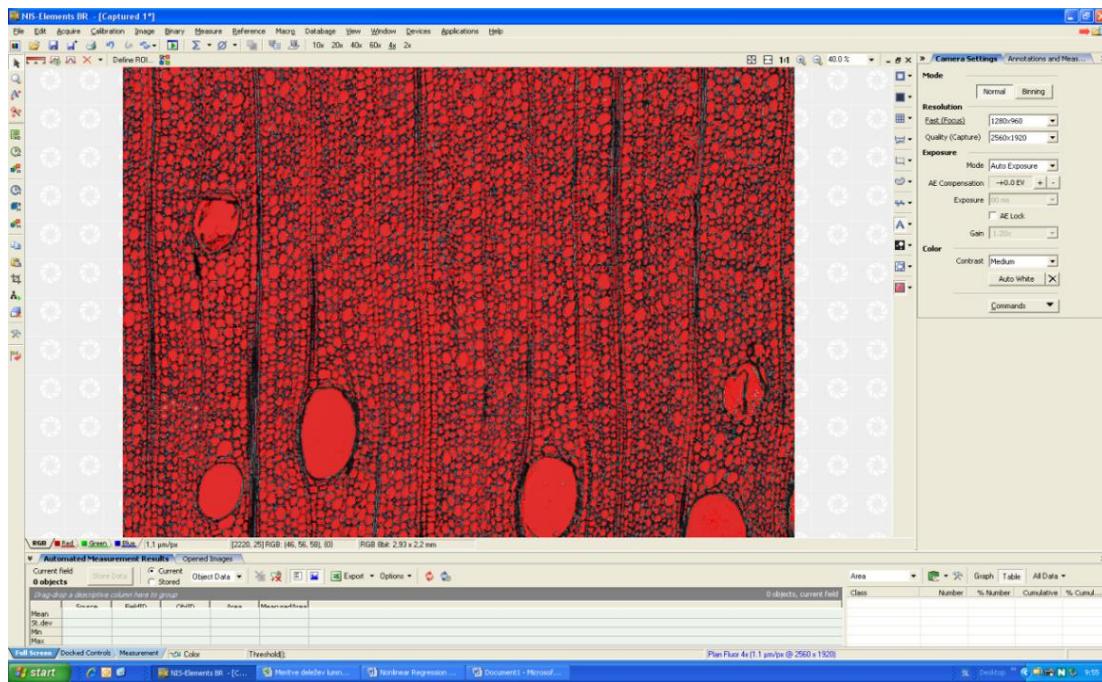
Dobra stran te metode je precejšnja zanesljivost in tudi dokaj enostavna izvedba, njena slaba stran pa je destruktivnost, saj je treba preizkušance sušiti do absolutno suhega stanja.

3.5 MERJENJE DELEŽA CELIČNIH STEN

Delež celičnih sten smo merili s programom NIS Elements BR 3.0. (slika 11). Merjenje je potekalo tako, da smo najprej vstavili anatomskega preparata v svetlobni mikroskop. Na preparatu smo poiskali prečni rez ter ga izostrili z uporabo objektiva povečave 4x. Vzorec na preparatu je v prečnem rezazu meril približno 1 x 1 cm. Na vsakem preparatu smo opravili od štiri do deset meritev deleža celičnih sten. Če je bila zgradba lesa homogena in so bili deleži podobni, so zadostovale štiri meritve, če pa so se deleži razlikovali, je bilo potrebno narediti več meritev. V samem programu je bilo potrebno nastaviti določene parametre za zaznavanje celičnih sten ter lumnov. Na segmentirani sliki so bili lumni obarvani rdeče (slika 12). Vse meritve smo vnesli v program Microsoft Excel, določili povprečja ter tako dobili delež lumnov za vsak posamezen vzorec. Preostali delež predstavljajo celične stene.



Slika 11: Merjenje deleža celičnih sten s programom NIS Elements BR 3.0.



Slika 12: Merjenje deleža celičnih sten in deleža lumnov (rdeče).

3.6 DOLOČEVANJE VOLUMENSKIH SKRČKOV

Volumenske skrčke smo določili s pomočjo volumetriiranja preizkušancev. Pri tej metodi smo uporabili že znan volumen vlažnih preizkušancev V_{vl} , katerega smo pridobili pri merjenju osnovne gostote. Prav tako smo volumen absolutno suhih preizkušancev V_0 izmerili po sušenju preizkušancev, vzporedno z določevanjem m_0 pri določevanju osnovne gostote.

Iz dobljenih podatkov smo nato določili volumenski skrček po formuli:

$$\beta_v = \frac{V_{vl} - V_0}{V_{vl}} \cdot 100 \quad [\%] \quad \dots(2),$$

kjer je

V_{vl} = volumen vlažnega preizkušanca

V_0 = volumen absolutno suhega preizkušanca

4 REZULTATI

4.1 MIKROSKOPSKA IDENTIFIKACIJA LESA BALZE

Pri identifikaciji smo ugotovili, da 28 od 30 preiskanih preizkušancev ima anatomske znake balze po ključu po Brazierju in Franklinu (Torelli, 1991). Identifikacija je prikazana v preglednici 4. Na vseh preparatih balze smo zasledili traheje z enostavnimi perforacijami (slika 13), trakovi so bili visoki več kot 1 mm ter so šteli od 4 do 10 celic.

Trakovno tkivo je bilo heterogeno pri vseh preizkušancih, tip II (slika 15). Heterogenega trakovnega tkiva tip III pri identifikaciji nismo zaznali, čeprav ključ dopušča, da se občasno pojavi tudi ta znak. Prav tako smo videli zidakaste celice navzoče le na preparatu št. 16. Pri vseh preparatih balze smo opazili ovojne celice (slika 16), piknje med trakovi in trahejami so bile velike ter okrogle in velike ter režaste (slika 17). Slednje so bile opazne občasno. Aksialni parenhim je vsebovalo vseh 30 preizkušancev; bil je pretežno apotrahealen ter vazicentričen (slika 18).

Vsi preizkušanci so imeli srednji premer trahej nad 200 µm. Najmanjše traheje sta imela preizkušanca št. 16 in 20, kjer je bil srednji tangencialni premer pod 200 µm. Ključ po Brazierju in Franklinu navaja, da ima les balze traheje s srednjim tangencialnim premerom nad 200 µm (slika 14). V računalniškem programu INTKEY, pa je naveden srednji tangencialni premer od 130-260 µm, tako da tudi preizkušanca št. 16 in 20 v splošnem ne predstavlja izjeme.

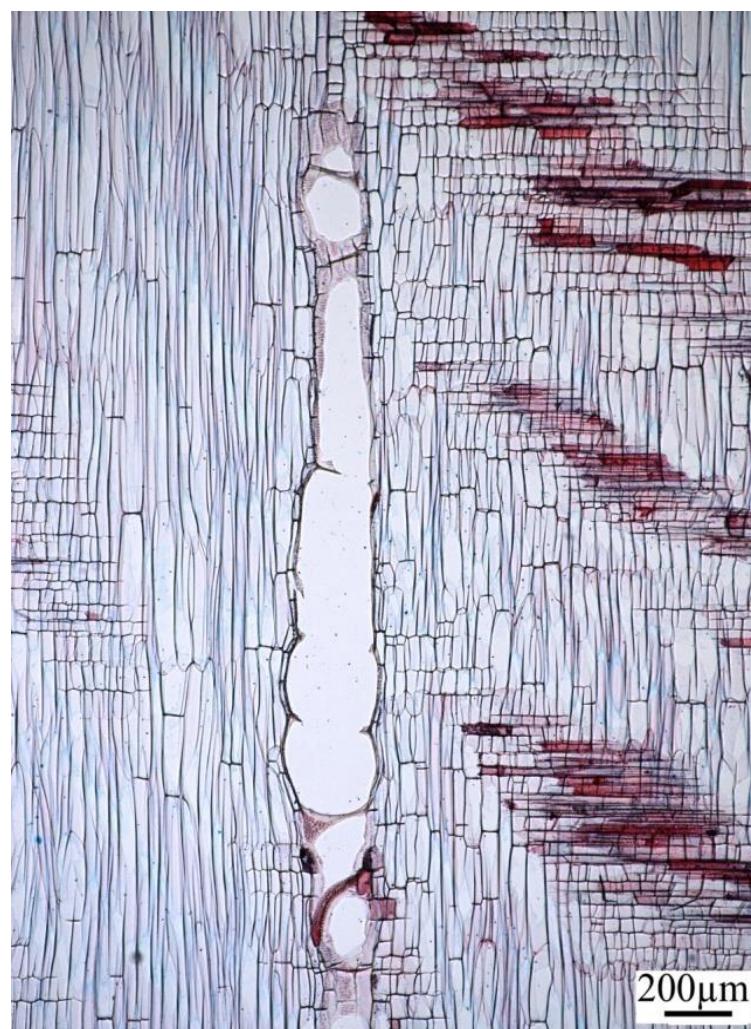
Glede na pregled znakov smo ugotovili, da vseh trideset preizkušancev pripada lesu balze (*Ochroma lagopus* Sw.).

V preglednici 4 so podani anatomski znaki, ki so pridobljeni iz ključa po Brazierju in Franklinu za identifikacijo balze (*Ochroma lagopus* Sw.) ter številke preparatov od 1 do 30. Po navedenem ključu ima balza naslednjo kombinacijo znakov: 6, 19, 28, 30, 35, (36), 38 p., 39, 42, (43), 47, 52, 54, 55, 69, 72, 81.

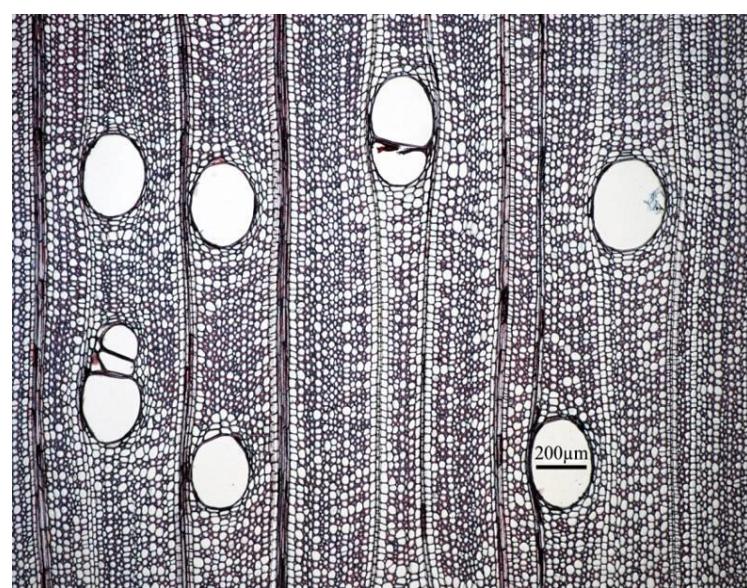
Preglednica 4: Identifikacijska tabela anatomskeih znakov po večvhodnem ključu za določevanje lesa listavcev po Brazjeru in Franklinu 1961 (Torelli, 1991) za balzo (*Ochroma lagopus*).

Anatomski znak	Številka preparata														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
(6) Traheje z izključno ali pretežno enostavnimi perforacijami	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(19) Srednji tangencialni premer > 200 µm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(28) Trakovi; na splošno > 1 mm visoki	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(30) Trakovi; na splošno 4 do 10 celic široki	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(35) Trakovno tkivo heterogeno, tip II.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(36) Trakovno tkivo heterogeno, tip III. (občasno)															
(38) Zidakaste celice navzoče (občasno)															
(39) Ovojne celice navzoče	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(42) Piknje med trakovi in trahejami velike in okrogle	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(43) Piknje med trakovi in trahejami velike in režaste (občasno)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(47) Aksialni parenhim pretežno apotrahealen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(52) Aksialni parenhim vazicentričen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(6) Traheje z izključno ali pretežno enostavnimi perforacijami	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(19) Srednji tangencialni premer > 200 µm	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(28) Trakovi; na splošno > 1 mm visoki	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(30) Trakovi; na splošno 4 do 10 celic široki	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(35) Trakovno tkivo heterogeno, tip II.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(36) Trakovno tkivo heterogeno, tip III. (občasno)															
(38) Zidakaste celice navzoče (občasno)	✓														
(39) Ovojne celice navzoče	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(42) Piknje med trakovi in trahejami velike in okrogle	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(43) Piknje med trakovi in trahejami velike in režaste (občasno)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(47) Aksialni parenhim pretežno apotrahealen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(52) Aksialni parenhim vazicentričen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

LEGENDA: na preizkušancu je prisoten anatomski znak označen s ✓.



Slika 13: Balza (*Ochroma lagopus*): Traheje z izključno ali pretežno enostavnimi perforacijami.



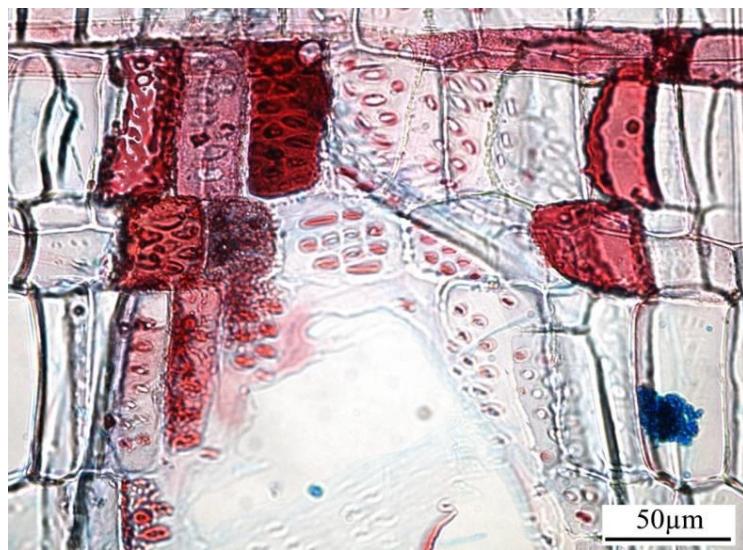
Slika 14: Balza (*Ochroma lagopus*): Srednji tangencialni premer > 200 μm.



Slika 15: Balza (*Ochroma lagopus*): Trakovno tkivo; heterogeno, tip II.



Slika 16: Balza (*Ochroma lagopus*): Ovojne celice navzoče.



Slika 17: Balza (*Ochroma lagopus*): Piknje med trakom in trahejami velike ter okrogle in velike ter režaste.



Slika 18: Balza (*Ochroma lagopus*): Aksialni parenhim vazicentričen in v pasovih.

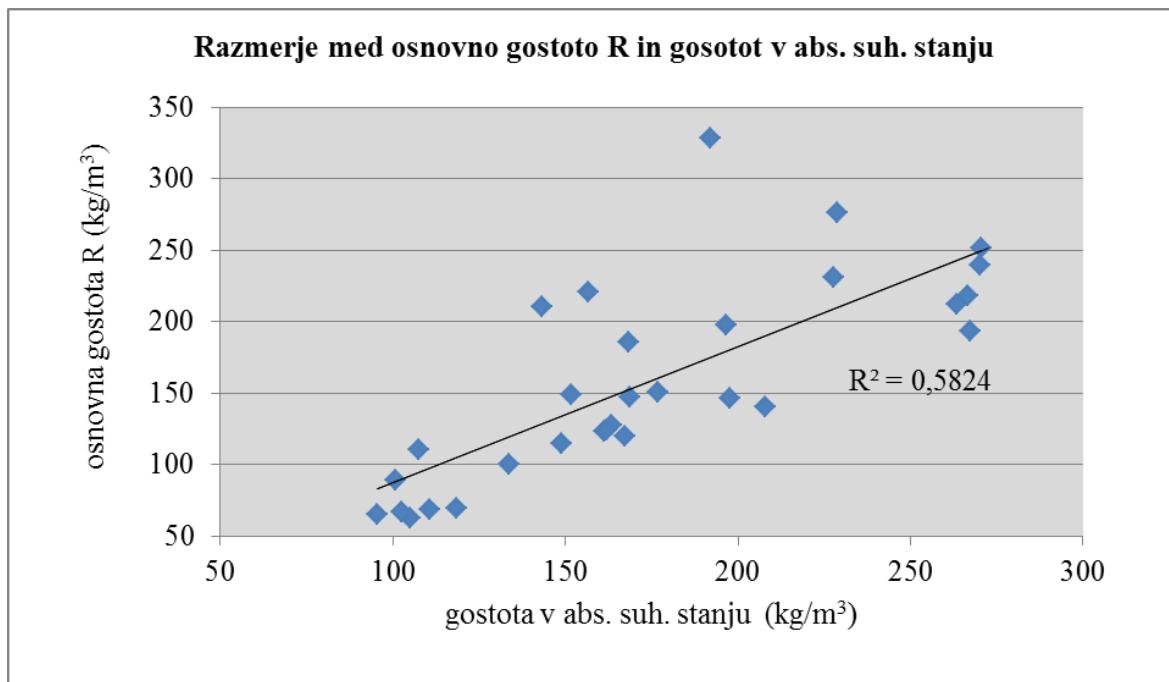
4.2 OSNOVNA GOSTOTA BALZE

Osnovna gostota (R) vzorčnega lesa balze je variirala od 62 kg/m^3 do 328 kg/m^3 , srednja vrednost je znašala 158 kg/m^3 . Rezultati osnovne gostote so prikazani v preglednici 5. Poleg osnovne gostote smo določili tudi gostoto v absolutno suhem stanju (r_0), ki pa zaradi kolapsa preizkušancev ni najbolj realna.

V preglednici 5 so podane osnovne gostote preizkušancev ter gostote v absolutno suhem stanju. Preizkušanci so označeni s številkami od 1 do 30.

Preglednica 5: Vrednosti za osnovno gostoto (R) in gostoto v absolutno suhem stanju (r_0) ter osnovna statistika.

Št. preizkušanca	Osnovna gostota R (kg/m ³)	Gostota v absolutno suhem stanju r ₀ (kg/m ³)
1	146	198
2	231	228
3	141	208
4	276	229
5	328	192
6	239	270
7	218	266
8	194	267
9	252	271
10	212	264
11	119	167
12	127	163
13	62	105
14	65	96
15	67	102
16	123	161
17	110	108
18	100	134
19	150	177
20	147	169
21	89	101
22	197	197
23	185	168
24	149	152
25	124	162
26	210	143
27	68	111
28	69	119
29	220	157
30	115	149
Povprečje	158	174
Min.	62	96
Maks.	328	270



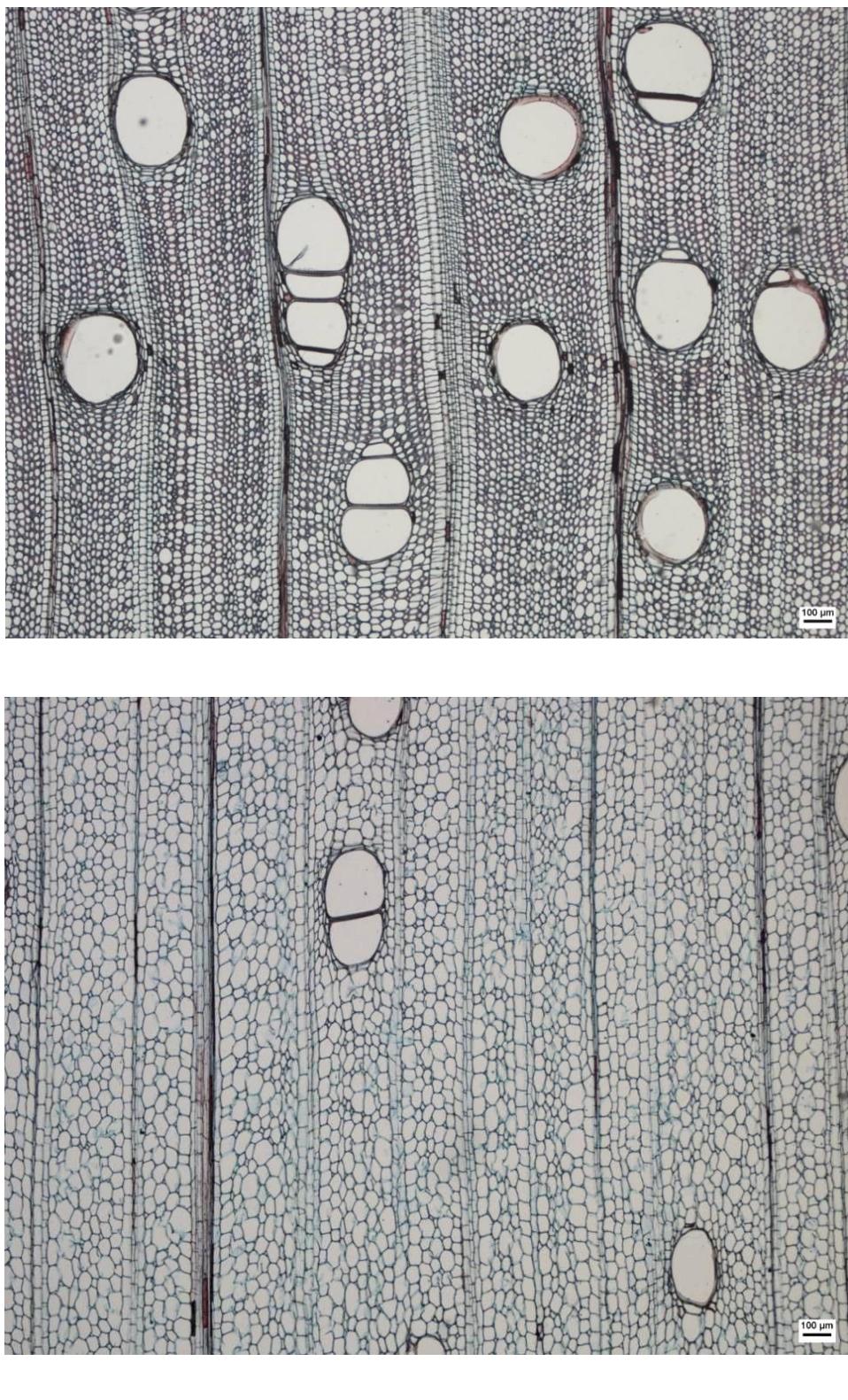
Slika 19: Razmerje med osnovno gostoto (R) in gosotot v absolutno suhem stanju balze.

Na sliki 19 je grafično prikazano razmerje in korelacija med osnovno gostoto (R) gosototo v absolutno suhem stanju. Relativno nizko korelacijo ($R^2 = 0,58$) pripisujemo kolapsu vzorcev pri sušenju do absolutno suhega stanja. Vrednosti, ki so najbolj odmaknjene od korelacijske premice, predstavljajo vzorce z nenormalno visoko r_0 , ki je posledica kolapsa pri sušenju.

4.3 DELEŽ CELIČNIH STEN IN LUMNOV PRI BALZI

Določitev deleža celičnih sten in lumnov smo opravili na trajnih preparatih debeline približno 20 µm, ki smo jih najprej dehidrirali z alkoholom nato pa prepojili z euparalom. Natančne meritve deležev lumnov so prikazane v prilogi 1. Deleži celičnih sten in lumnov vzorčnega lesa balze so zelo variirali. Za prikaz (preglednica 6) smo uporabili povprečne vrednosti posameznega preizkušanca (delež lumnov od 47,6 % do 71,9 % in delež celičnih sten od 28,1 % do 52,4 %).

Glavni razlog za veliko variabilnost v deležih je anatomska zgradba balze. Deleži lumnov in celične stene so odvisni predvsem od debeline celičnih sten vlaken in aksialnega parenhima ter od števila in premera trahej. Na sliki 20 sta prikazana prečna prereza dveh preizkušancev, 20a prikazuje les, ki ima relativno debele celične stene, pri lesu na sliki 20b pa je ravno obratno.



Slika 20: Delež lumnov pri balzi; velik 71,9 % (a), majhen 47,6 % (b).

V preglednici 6 so podani izmerjeni deleži lumnov in preračunani deleži celičnih sten. Preizkušanci so označeni s številkami od 1 do 30.

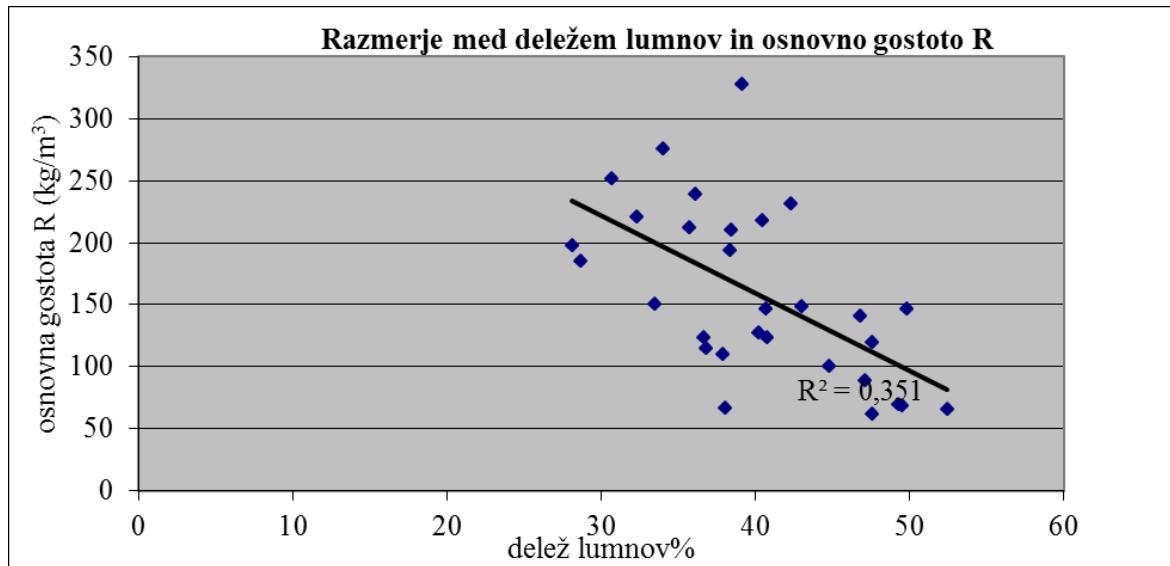
Preglednica 6: Delež lumnov in celičnih sten pri balzi ter osnovna statistika.

Št. preizkušanca	Delež celičnih sten %	Delež lumnov %
1	49,9 %	50,1 %
2	42,3 %	57,7 %
3	46,9 %	53,1 %
4	34,1 %	65,9 %
5	39,2 %	60,8 %
6	36,1 %	63,9 %
7	40,5 %	59,5 %
8	38,3 %	61,7 %
9	30,7 %	69,3 %
10	35,7 %	64,3 %
11	47,6 %	52,4 %
12	40,2 %	59,8 %
13	47,6 %	52,4 %
14	52,4 %	47,6 %
15	38,1 %	61,9 %
16	40,8 %	59,2 %
17	37,9 %	62,1 %
18	44,8 %	55,2 %
19	33,5 %	66,5 %
20	40,7 %	59,3 %
21	47,1 %	52,9 %
22	28,1 %	71,9 %
23	28,7 %	71,3 %
24	43,1 %	56,9 %
25	38,1 %	61,9 %
26	38,4 %	61,6 %
27	49,6 %	50,4 %
28	49,3 %	50,7 %
29	32,3 %	67,7 %
30	36,9 %	63,1 %
povprečje	40,3 %	59,7 %
Min.	28,1 %	47,6 %
Maks.	52,4 %	71,9 %

Deleže lumnov smo izračunali na podlagi izmerjenih površin lumnov oz. praznih prostorov na prečnem prerezu, katere smo delili s celotno merjeno površino. Ker je bilo potrebno opraviti več

meritev za vsak preparat, smo iz preračunanih deležev lumnov vzeli povprečje rezultatov. Sam delež celičnih sten pa je preostanek od deleža lumnov.

V nadaljevanju smo želeli preveriti korelacijo med izmerjenimi deleži lumnov in osnovno gostoto preizkušancev (slika 21).



Slika 21: Razmerje med deležem lumnov in osnovno gostoto R za balzo.

Kljud temu, da prikaz ne izkazuje visokega determinacijskega koeficiente ($R^2 = 0,35$), je viden trend kjer se z večanjem deleža lumnov osnovna gostota zmanjšuje (slika 21).

4.4 VOLUMENSKI SKRČKI PRI BALZI

Volumenski skrčki pri balzi so variirali od 7,4 % do 28,8 %, kar je velik razpon. Povprečna vrednost je znašala 21,7 %. Pri izračunu osnovne statistike volumenskih skrčkov niso všteti preizkušanci, ki so kolabirali (preglednica 7). Takih preizkušancev je bilo 60 %.

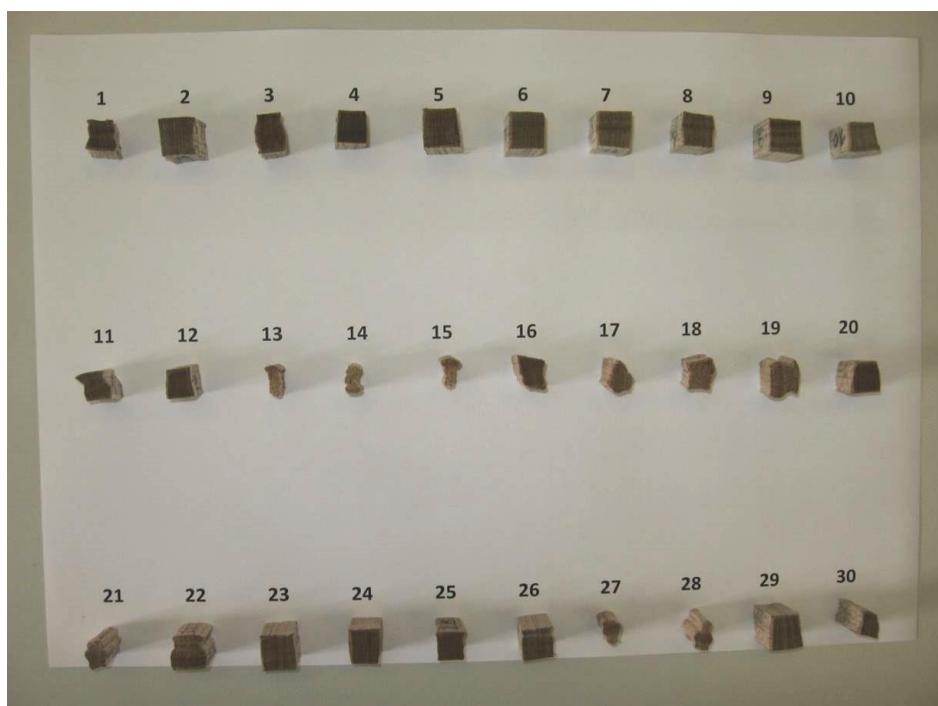
Preglednica 7: Volumenski skrček pri balzi ter osnovna statistika za preizkušance, ki niso kolabirali.

Pobarvana polja vsebujejo podatke o preizkušancih, ki so pri sušenju kolabirali.

Št. preizkušanca	Volumenski skrček %	Vzorec kolabiral
1	52,4 %	da
2	28,5 %	
3	46,1 %	da
4	22,3 %	
5	7,4 %	
6	20,8 %	
7	20,6 %	
8	31,5 %	da
9	19,8 %	

10	21,1 %	
11	55,0 %	da
12	48,2 %	da
13	80,8 %	da
14	81,0 %	da
15	74,9 %	da
16	48,7 %	da
17	61,5 %	da
18	63,0 %	da
19	47,8 %	da
20	36,4 %	da
21	68,5 %	da
22	35,0 %	da
23	20,0 %	
24	28,8 %	
25	45,5 %	da
26	27,8 %	
27	79,3 %	da
28	79,4 %	da
29	22,1 %	
30	59,2 %	da
Število nekolabiranih vzorcev	11	
Povprečje	21,7 %	
Min.	7,4 %	
Maks.	28,8 %	

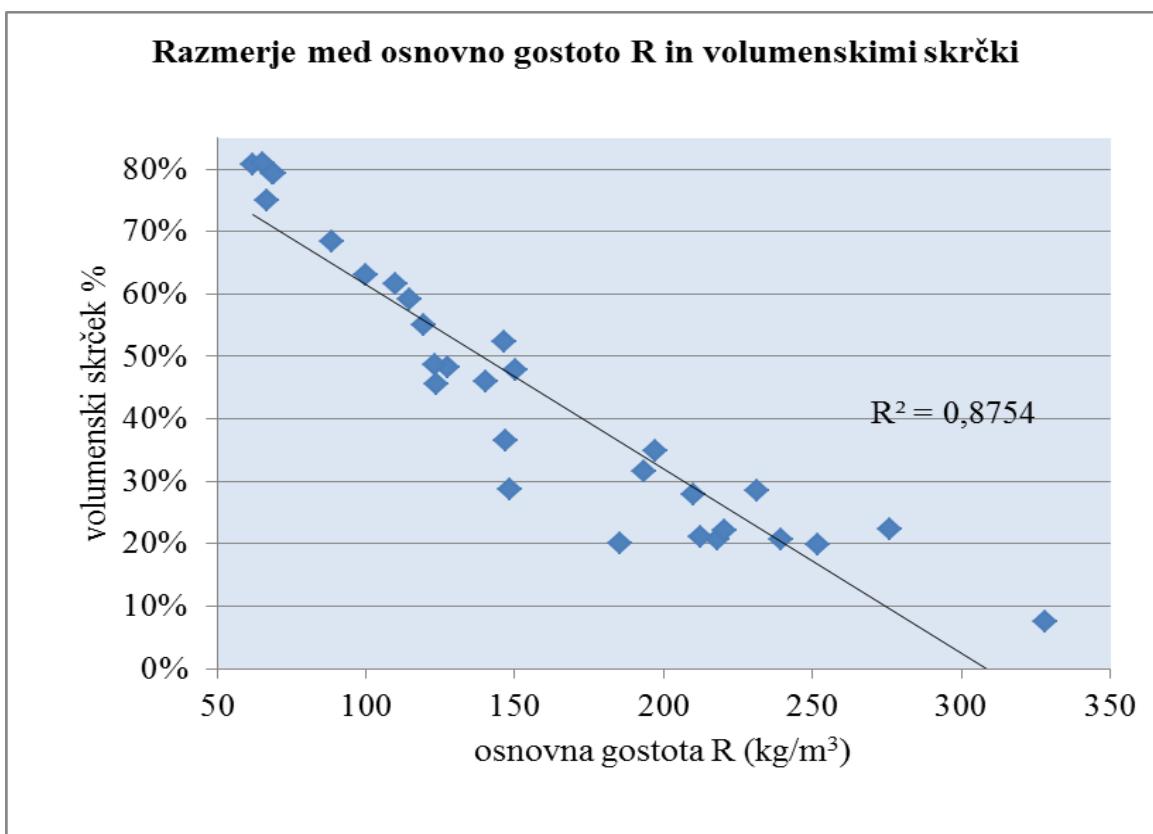
Na velik razpon volumenskih skrčkov (slika 22), vpliva predvsem kolaps lesa, ki pa je najverjetneje povezan z debelinami celičnih sten (slika 20). Preizkušanci z debelejšimi celičnimi stenami so imeli manjše volumenske skrčke, kot tisti, ki so imeli tanjše celične stene.



Slika 22: Posušeni (absolutno suhi) preizkušanci balze, pred sušenjem so imeli vsi preizkušanci približno enake dimenzije (1 x 1 x 2 cm).

V nadaljevanju smo preverili zveze med volumskimi skrčki in ostalimi merjenimi lastnostmi.

Preverili smo zvezo med volumenskimi skrčki in osnovno gostoto. Na sliki 23 se lepo vidi korelacija, ki kaže na povečevanje volumenskega skrčka pri vzorcih z nižjo osnovno gostoto ($R^2 = 0,87$).



Slika 23: Razmerje med osnovno gostoto R in volumenskimi skrčki.

5 RAZPRAVA

Osnovni namen pričajoče naloge je bila identifikacija lesa s komercialnim imenom balza. Pri tem smo ugotovili, da je vseh 30 vzorcev, ki so bili dobljeni pri izbranem slovenskem trgovcu, pripadalo lesu balze *Ochroma lagopus* Sw., čeprav so se med seboj znatno razlikovali po gostoti in barvi. Z dodatnimi opravljenimi analizami smo še podrobneje spoznali in prikazali njeno mikroskopsko zgradbo.

Identifikacijo smo izvedli s pomočjo večvhodnega ključa za določevanje lesa listavcev po Brazierju in Franklinu. Za še dodatno potrditev identifikacije smo uporabili računalniški program INTKEY, ki vsebuje nekoliko drugačen nabor znakov za identifikacijo ter s tem potrdili, da gre za les balze.

Pri merjenju osnovne gostote smo dobili velik razpon, ki je znašal od 62 kg/m^3 do 328 kg/m^3 . Te vrednosti nam povedo kako raznolik je les balze, ki ga lahko uporabljam kot lažji material, ki ima manjšo trdnost oz. izberemo les z nekoliko večjo gostoto ki ima tudi večjo trdnost. Pri izbiri materiala v modelarstvu je poznavanje raznolikosti lesa in variabilnosti njegovih lastnosti zelo pomembno.

Podobno kot gostota, so tudi volumenski skrčki pri balzi zelo variabilni (od 7,4 % do 28,8 %). Presenetilo nas je, da je kar 60 % preizkušancev med sušenjem do absolutno suhega stanja kolabiralo.

6 SKLEPI

Anatomske preiskave v skladu z večvhodnim ključem za določevanje lesa listavcev po Brazierju in Franklinu so pokazale, da so vsi izbrani vzorčki imeli anatomske znake značilne za les balze (*Ochroma lagopus*).

Osnovna gostota lesa balze je variirala od 62 kg/m^3 do 328 kg/m^3 , torej v razmerju 1 : 5,3.

Meritve deležev lumnov in celičnih sten na prečnih prerezih so pokazale, da je struktura lesa dokaj raznolika. Minimalni izmerjen delež celičnih sten je znašal 28%, maksimalni pa skoraj enkrat več in sicer 52 %.

Pri sušenju do absolutno suhega stanja je 60 % preizkušancev kolabiralo. Volumenski skrčki nekolabiranih preizkušancev so bili od 7,4 % do 28,8 %.

Raziskava je pokazala, da proučeni les vseh naključno izbranih preizkušancev pripada isti lesni vrsti. Kljub temu les izkazuje veliko variabilnost v pogledu gostote, ki se posledično odraža na drugih lastnostih lesa in na njegovi uporabnosti.

7 POVZETEK

Balza je les, ki ga v Sloveniji večinoma uporabljamo v modelarstvu. Z diplomsko nalogo sem skušal ugotoviti ali res kupujemo pravo balzo, spoznati podrobnejše njeni zgradbo ter lastnosti.

Cilji te naloge so bili naslednji: obiskati trgovca, ki dobavlja balzo za slovenski trg, zbrati reprezentativno število preizkušancev lesa s trgovskim imenom balza, opraviti anatomske preiskave ter makroskopsko in mikroskopsko identificirati lesno vrsto pri vseh preizkušancih, opisati anatomske znake za identifikacijo lesa balze, za vsak preizkušanec določiti gostoto, izmeriti delež lumnov ter volumski skrček, glede na dobljene rezultate opraviti različne primerjave ter ugotoviti korelacije med anatomske posebnostmi ter merjenimi lastnostmi.

Vzorčenje smo opravili pri slovenskem trgovcu. Na njegovem skladišču smo iz različnih zložajev izbrali 30 preizkušancev. Najprej smo izbrali različne kose lesa, ki so se razlikovali po masi in barvi, nato je sledila izdelava preizkušancev ter izdelava orientiranih količkov, ki so nam v nadalje služili pri izdelavi trajnih preparatov. Preparate smo narezali s pomočjo drsnega mikrotoma Leica SM2000R v treh smereh (prečni, radialni, tangencialni). Anatomsko analizo smo izvedli na raziskovalnem svetlobnem mikroskopu Nikon ECLIPSE E800. Identifikacijo smo izvedli s pomočjo večvhodnega ključa za določevanje lesa listavcev po Brazierju in Franklinu 1961, na podlagi katerega smo pripravili tabelo anatomskih znakov. Osnovno gostoto vzorcev balze smo določili s pomočjo metode tehtanja ter volumetriranja, pri kateri nam je bila v pomoč laboratorijska tehnicka in živosrebrni volummeter po Breuil-u. Delež celičnih sten smo izmerili s pomočjo programa NIS Elements Br. 3.0. Volumenske skrčke pa smo določili s pomočjo volumetriranja zračno suhih in absolutno suhih preizkušancev.

Anatomske preiskave v skladu z večvhodnim ključem za določevanje lesa listavcev po Brazierju in Franklinu so pokazale, da so vsi izbrani vzorčki imeli anatomske znake značilne za les balze (*Ochroma lagopus*).

Osnovna gostota lesa balze je variirala od 62 kg/m^3 do 328 kg/m^3 , torej v razmerju 1 : 5,3.

Meritve deležev lumnov in celičnih sten na prečnih prerezih so pokazale, da je struktura lesa dokaj raznolika. Minimalni izmerjen delež celičnih sten je znašal 28 %, maksimalni pa skoraj enkrat več in sicer 52 %.

Pri sušenju do absolutno suhega stanja je 60 % preizkušancev kolabiralo. Volumenski skrčki nekolabiranih preizkušancev so bili od 7,4 % do 28,8 %.

Raziskava je pokazala, da proučeni les vseh naključno izbranih preizkušancev pripada isti lesni vrsti. Kljub temu les izkazuje veliko variabilnost v pogledu gostote, ki se posledično odraža na drugih lastnostih lesa in na njegovi uporabnosti.

8 VIRI

Balza slika, spletna stran

<http://i188.photobucket.com/albums/z236/shirleytwofeathers/dsc01015.jpg>

Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

Čufar K., Zupančič M. 2009. Anatomija lesa – navodila za vaje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 98 str.

Gorišek T. 2009. Les zgradba in lastnosti njegova variabilnost in heterogenost. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 173 str.

Richter H. G., Dallwitz M. J. 2002. INTKEY Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval (Računalniški program – ključ za določanje komercialnih vrst)

SIST EN 13183-1

Torelli N. 1991. Makroskopska in mikroskopska identifikacija lesa (ključi). Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, : 121 str.

Wagenführ R. 1996. Holzatlas. Leipzig, Fachbuchverlag: 688 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Maksu Mereli in somentorici prof. dr. Katarini Čufar za pomoč in vodenje pri izdelavi diplomskega dela ter prof. dr. Željku Gorišku za recenzijo dela. Zahvaljujem se strokovnima sodelavcema Katedre za tehnologijo lesa univ. dipl. inž. les. Martinu Zupančiču ter dipl. inž. les. Luku Kržetu za veliko pomoč pri eksperimentalnem delu.

Posebna zahvala gre tudi mojim najbližnjim za vso pomoč in vzpodbudo pri delu.

PRILOGE

Priloga 1: Delež lumnov na preparatih

Delež lumnov na preparatu 1

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2464519,88	6445478,58	38,2%
2	2666054,23	6445478,58	41,4%
3	2697093,6	6445478,58	41,8%
4	5270487,92	6445478,58	81,8%
5	2826486,18	6445478,58	43,9%
6	2490953,08	6445478,58	38,6%
7	5258284,08	6445478,58	81,6%
8	2811135,45	6445478,58	43,6%
9	2445057,73	6445478,58	37,9%
povprečje			49,9%

Delež lumnov na preparatu 2

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2437937,83	6445478,58	37,8%
2	2437744,58	6445478,58	37,8%
3	4454198,96	6445478,58	69,1%
4	1775117,13	6445478,58	27,5%
5	1961848,79	6445478,58	30,4%
6	2498618,25	6445478,58	38,8%
7	2210999,89	6445478,58	34,3%
8	4039717,43	6445478,58	62,7%
povprečje			42,3%

Delež lumnov na preparatu 3

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2946465,94	6445478,58	45,7%
2	3047086,47	6445478,58	47,3%
3	2975087,35	6445478,58	46,2%
4	2941646,54	6445478,58	45,6%
5	3189324,67	6445478,58	49,5%
povprečje			46,9%

Delež lumnov na preparatu 4

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2785093,91	6445478,58	43,2%
2	2834515,39	6445478,58	44,0%
3	2578103,39	6445478,58	40,0%
4	2294616,99	6445478,58	35,6%
5	1986553	6445478,58	30,8%
6	2039952,52	6445478,58	31,6%
7	2075581,59	6445478,58	32,2%
povprečje			34,1%

Delež lumnov na preparatu 5

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2812162,69	6445478,58	43,6%
2	2653975,09	6445478,58	41,2%
3	2680443,32	6445478,58	41,6%
4	1927573,43	6445478,58	29,9%
5	3468478,37	6445478,58	53,8%
6	1895761,57	6445478,58	29,4%
povprečje			39,2%

Delež lumnov na preparatu 6

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2146465,38	6445478,58	33,3%
2	2133011,45	6445478,58	33,1%
3	2423616,44	6445478,58	37,6%
4	2131251,81	6445478,58	33,1%
5	2808648,06	6445478,58	43,6%
povprečje			36,1%

Delež lumnov na preparatu 7

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2661071,29	6445478,58	41,3%
2	2482335,43	6445478,58	38,5%
3	2172245,8	6445478,58	33,7%
4	2788224,93	6445478,58	43,3%
5	2945725,04	6445478,58	45,7%
povprečje			40,5%

Delež lumnov na preparatu 8

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2687829,57	6445478,58	41,7%
2	2845701,84	6445478,58	44,2%
3	2199524,92	6445478,58	34,1%
4	2294899	6445478,58	35,6%
5	2512778,3	6445478,58	39,0%
6	2502621,57	6445478,58	38,8%
povprečje			38,3%

Delež lumnov na preparatu 9

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2466005,79	6445478,58	38,3%
2	2353317,35	6445478,58	36,5%
3	1411914,44	6445478,58	21,9%
4	1552925,3	6445478,58	24,1%
5	2494650,24	6445478,58	38,7%
6	2073521,5	6445478,58	32,2%
povprečje			30,7%

Delež lumnov na preparatu 10

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2654725,75	6445478,58	41,2%
2	2098612,03	6445478,58	32,6%
3	2043183,05	6445478,58	31,7%
4	2123291,88	6445478,58	32,9%
5	2709682,56	6445478,58	42,0%
6	2533473,33	6445478,58	39,3%
povprečje			35,7%

Delež lumnov na preparatu 11

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2668005,18	6445478,58	41,4%
2	3168771,94	6445478,58	49,2%
3	3352947,96	6445478,58	52,0%
4	3337711,81	6445478,58	51,8%
5	2807648,95	6445478,58	43,6%
povprečje			47,6%

Delež lumnov na preparatu 12

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2288468,47	6445478,58	35,5%
2	2274534,76	6445478,58	35,3%
3	2365184,8	6445478,58	36,7%
4	2830086,27	6445478,58	43,9%
5	2930549,71	6445478,58	45,5%
6	2133201,46	6445478,58	33,1%
7	2709915,71	6445478,58	42,0%
povprečje			40,2%

Delež lumnov na preparatu 13

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2933343,74	6445478,58	45,5%
2	2818872,61	6445478,58	43,7%
3	2997319,88	6445478,58	46,5%
4	3327035,13	6445478,58	51,6%
5	3265203,24	6445478,58	50,7%
povprečje			47,6%

Delež lumnov na preparatu 14

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	3612670,55	6445478,58	56,0%
2	3430957	6445478,58	53,2%
3	3679347,37	6445478,58	57,1%
4	3526022,49	6445478,58	54,7%
5	3251525,01	6445478,58	50,4%
6	3143199,58	6445478,58	48,8%
7	3522622,29	6445478,58	54,7%
8	3457046,02	6445478,58	53,6%
povprečje		6445478,58	52,4%

Delež lumnov na preparatu 15

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2300328,25	6445478,58	35,7%
2	2596364,27	6445478,58	40,3%
3	2844661,65	6445478,58	44,1%
4	2244327,01	6445478,58	34,8%
5	2299581,05	6445478,58	35,7%
6	2286024,54	6445478,58	35,5%
povprečje		6445478,58	38,1%

Delež lumnov na preparatu 16

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2169080,99	6445478,58	33,7%
2	2208009,44	6445478,58	34,3%
3	2689569,01	6445478,58	41,7%
4	2551781,6	6445478,58	39,6%
5	2814825,98	6445478,58	43,7%
6	2746301,29	6445478,58	42,6%
7	2401772,35	6445478,58	37,3%
8	2629045,48	6445478,58	40,8%
povprečje		6445478,58	40,8%

Delež lumnov na preparatu 17

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2514864,71	6445478,58	39,0%
2	2105459,46	6445478,58	32,7%
3	2396415,36	6445478,58	37,2%
4	2490971,57	6445478,58	38,6%
5	2753911,67	6445478,58	42,7%
6	2463497,67	6445478,58	38,2%
povprečje		6445478,58	37,9%

Delež lumnov na preparatu 18

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	3145860,54	6445478,58	48,8%
2	2718822,42	6445478,58	42,2%
3	2784141,35	6445478,58	43,2%
4	2886087,55	6445478,58	44,8%
5	2912568,09	6445478,58	45,2%
povprečje			44,8%

Delež lumnov na preparatu 19

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2372444,49	6445478,58	36,8%
2	1619966,36	6445478,58	25,1%
3	2715912,91	6445478,58	42,1%
4	2352112,12	6445478,58	36,5%
5	2182340,38	6445478,58	33,9%
6	1720427,17	6445478,58	26,7%
7	1825875,76	6445478,58	28,3%
povprečje			33,5%

Delež lumnov na preparatu 20

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2630958,41	6445478,58	40,8%
2	2612305,36	6445478,58	40,5%
3	2371921,85	6445478,58	36,8%
4	2727535,99	6445478,58	42,3%
5	2764220,13	6445478,58	42,9%
povprečje			40,7%

Delež lumnov na preparatu 21

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	3209926,6	6445478,58	49,8%
2	2868959,27	6445478,58	44,5%
3	2973453,58	6445478,58	46,1%
4	3123287,02	6445478,58	48,5%
5	3013759,14	6445478,58	46,8%
povprečje			47,1%

Delež lumnov na preparatu 22

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2466152,46	6445478,58	38,3%
2	1053768,69	6445478,58	16,3%
3	1653470,28	6445478,58	25,7%
4	2896661,26	6445478,58	44,9%
5	2189850,53	6445478,58	34,0%
6	1272420,85	6445478,58	19,7%
povprečje			28,1%

Delež lumnov na preparatu 23

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2260347,75	6445478,58	35,1%
2	1720708,9	6445478,58	26,7%
3	1873512,59	6445478,58	29,1%
4	2136728,59	6445478,58	33,2%
5	1695322,44	6445478,58	26,3%
6	1813300,3	6445478,58	28,1%
povprečje			28,7%

Delež lumnov na preparatu 24

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2682680,91	6445478,58	41,6%
2	2425325,82	6445478,58	37,6%
3	2057848,47	6445478,58	31,9%
4	3073061,67	6445478,58	47,7%
5	2804700,94	6445478,58	43,5%
6	2958582,91	6445478,58	45,9%
7	2980962,89	6445478,58	46,2%
povprečje			43,1%

Delež lumnov na preparatu 25

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2552223,37	6445478,58	39,6%
2	2367534,67	6445478,58	36,7%
3	2371591,82	6445478,58	36,8%
4	2171109,16	6445478,58	33,7%
5	2347588,18	6445478,58	36,4%
povprečje			36,6%

Delež lumnov na preparatu 26

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2343394,51	6445478,58	36,4%
2	2498087,55	6445478,58	38,8%
3	2248958,68	6445478,58	34,9%
4	2564846,96	6445478,58	39,8%
5	2729230,28	6445478,58	42,3%
povprečje			38,4%

Delež lumnov na preparatu 27

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	3002873,2	6445478,58	46,6%
2	2892841,25	6445478,58	44,9%
3	2926637,19	6445478,58	45,4%
4	3497923,7	6445478,58	54,3%
5	3438590,76	6445478,58	53,3%
6	3258964,1	6445478,58	50,6%
7	2848243,81	6445478,58	44,2%
povprečje			49,6%

Delež lumnov na preparatu 28

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	3348640	6445478,58	52,0%
2	3426245,95	6445478,58	53,2%
3	3115075,6	6445478,58	48,3%
4	2729986,66	6445478,58	42,4%
5	3270490,39	6445478,58	50,7%
		povprečje	49,3%

Delež lumnov na preparatu 29

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2474937,15	6445478,58	38,4%
2	1741986,26	6445478,58	27,0%
3	1886361,11	6445478,58	29,3%
4	1943980,66	6445478,58	30,2%
5	2363229,05	6445478,58	36,7%
		povprečje	32,3%

Delež lumnov na preparatu 30

meritev	površina lumnov	skupna površina	delež lumnov
1	2337420,85	6445478,58	36,3%
2	2482233,7	6445478,58	38,5%
3	2239898,17	6445478,58	34,8%
4	2347114,84	6445478,58	36,4%
5	2471684,91	6445478,58	38,3%
		povprečje	36,9%

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Aleš RUDNIK

**ZGRADBA IN LASTNOSTI LESA BALZE
IZBRANEGA SLOVENSKEGA TRGOVCA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2013