

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jana JAKIČ

FIZIKALNE LASTNOSTI BUKOVINE PO ŽLEDOLOMU

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**PHYSICAL PROPERTIES OF BEECH WOOD
AFTER SLEET DAMAGE**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2015

Jakič J. Fizikalne lastnosti bukovine po žledolomu.

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval doc. dr. Aleša Stražeta in za recenzenta prof. dr. Željka Gorišek.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Jana Jakič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*423.3:630*812
KG	bukev/žledolom/fizikalne lastnosti lesa/vlažnost lesa/gostota lesa
AV	JAKIČ, Jana
SA	STRAŽE, Aleš (mentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2015
IN	FIZIKALNE LASTNOSTI BUKOVINE PO ŽLEDOLOMU
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 38 str., 3 pregl., 30 sl., 44 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Proučili smo vlažnost in gostoto lesa ter zunanje morfološke spremembe na različno prizadetih drevesih navadne bukve (<i>Fagus sylvatica</i> L.) ob koncu prve vegetacijske dobe po velikem žledolomu v Sloveniji v letu 2014. Potrdili smo povezanost med deležem še aktivnega koreninskega sistema in stopnjo porjavelosti (izsušenosti) krošnje dreves ter porazdelitvijo vlažnosti lesa v deblih dreves. Pri najbolj prizadetih drevesih smo v prevodnem zunanjem delu beljave potrdili padec vlažnosti lesa pod mejo naravne biološke odpornosti ($u < 60 \%$). Po prvi vegetacijski dobi, nismo potrdili splošnega padca gostote lesa (in z njim povezanega poslabšanja mehanskih lastnosti), ki bi bil posledica okužbe in razkroja lesa z glivami.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC UDC 630*423.3:630*812

CX beech/ice storm/physical properties of wood/moisture content/wood density

AU JAKIČ, Jana

AA STRAŽE, Aleš (supervisor)/GORIŠEK, Željko (co-advisor)

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

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

PY 2015

TI PHYSICAL PROPERTIES OF BEECH WOOD AFTER SLEET DAMAGE

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO IX, 38 p., 3 tab., 30 fig., 44 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Moisture content and wood density of variously damaged uprooted European beech (*Fagus sylvatica* L.) trees were studied at the end of the first vegetation period after ice storm damage in Slovenian forests in 2014. The study confirmed significant correlation between the amount of active root system and necrosis of leaves and changed moisture content and its distribution in the trunks. The moisture content of wood below 60 % was confirmed in sapwood of extremely damaged trees, indicating diminished protection against wood destroying organisms. We could not confirm any reduction of wood density which would indicate deterioration of wood at the end of the first vegetation period after ice storm damage.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
1 UVOD	1
1.1 POSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2 HIPOTEZA.....	2
1.3 CILJ	2
2 SPLOŠNI DEL.....	3
2.1 UJME IN POŠKODBE DREVES	3
2.1.1 Snegolom	3
2.1.2 Vetrolom.....	4
2.1.3 Žledolom.....	4
2.2 VODA V LESU	5
2.2.1 Radialna porazdelitev vode v svežem lesu	5
2.2.2 Transport vode	7
2.2.3 Vodni stres.....	8
2.2.3.1 Naravne ujme in vodni stres	10
2.2.3.2 Padla drevesa in vodni stres	11
2.2.4 Vlažnost lesa in biološka odpornost	11
2.2.4.1 Model reakcijskih con in vloga lesne vlažnosti.....	11
2.3 GOSTOTA LESA.....	12
2.4 NARAVNA ODPORNOST SVEŽEGA BUKOVEGA LESA	13
2.4.1 Trohnoba lesa	13
2.4.1.1 Bela trohnoba.....	13
2.4.1.2 Piravost.....	14
2.4.2 Insekti v svežem lesu.....	15
2.4.2.1 Bukov lestvičar	15
2.4.2.2 Bukov vrtovin	15
3 MATERIAL IN METODE	16
3.1 MATERIAL	16
3.2 VZORČENJE IZBRANIH DREVES	16
3.2.1 Vizualna ocena posameznih izbranih dreves.....	17

3.3	IZDELAVA RADIALNEGA VLAŽNOSTNEGA PROFILA DREVES	21
3.4	DOLOČANJE VLAŽNOSTNEGA IN GOSTOTNEGA PROFILA	23
4	REZULTATI.....	24
4.1	PORAZDELITEV LESNE VLAŽNOSTI.....	24
4.1.1	Porazdelitev vlažnosti v 1. drevesu	24
4.1.2	Porazdelitev vlažnosti v 2. drevesu	25
4.1.3	Porazdelitev vlažnosti v 3. drevesu	26
4.1.4	Porazdelitev vlažnosti v 4. drevesu	27
4.2	PORAZDELITEV GOSTOTE	28
4.2.1	Porazdelitev gostote lesa v 1. drevesu	28
4.2.2	Porazdelitev gostote lesa v 2. drevesu	29
4.2.3	Porazdelitev gostote lesa v 3. drevesu	30
4.2.4	Porazdelitev gostote lesa v 4. drevesu	31
5	RAZPRAVA.....	32
6	SKLEPI	35
7	VIRI	36
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1	Delež celičnih sten in maksimalne količine proste in vezane vode pri nekaterih domačih lesnih vrstah (Gorišek, 2009).....	7
Preglednica 2	Pogoji za življenje gliv in ukrepi za zaščito lesa.....	14
Preglednica 3	Dimenzije in prostornina vzorčenih bukovih hlodov	17

KAZALO SLIK

Slika 1	Vrste poškodb na drevju, ki jih povzročajo naravne ujme	5
Slika 2	Tipične vrednosti vodnega potenciala v stoječem drevesu (Faletič, 2012).....	8
Slika 3	Način doseganja prevajalne varnosti – tkivne značilnosti na desni strani so znatno pogostejše v sušnih habitatih (Torelli, 1998).	10
Slika 4	Variabilnost različno izražene gostote bukovine (Gorišek. Fizikalno-tehnološke karakteristike lesa).	13
Slika 5	Izbor vseh štirih različno ležečih bukovih dreves na terenu.	16
Slika 6	a) Celoten pogled na prvo in drugo bukovo drevo, b) Skorja prvega drevesa v slabem stanju, je razbrazdana in se lušči, c) Krošnja prvega drevesa, skoraj brez listov....	18
Slika 7	a) Drevo številka 2 je padlo na koreninski sistem drugega drevesa, b) Deblo drevesa številke 2, izsušen kambij, c) 2/3 krošnje je v stiku s tlemi, krošnja je skoraj povsem zelena s temno zelenimi, velikimi in nagubanimi listi.	19
Slika 8	a) Pozicija bukovega drevesa številka 3. b) Krošnja tretjega drevesa, povsem ozelenela. c) Zdrava skorja tretjega drevesa.	20
Slika 9	a) Odlomljeno drevo številka 4, b) Padlo drevo številka 4.	21
Slika 10	Priprava radialnega vlažnostnega profila v navpični in vodoravni legi dreves po žledolomu.	22
Slika 11	Vzorčenje kolotov dreves (levo) (x-smer: Levo-Desno; y-smer: Spodaj-Zgoraj) in izdelava radialnega vlažnostnega profila (desno).	22
Slika 12	Radialna porazdelitev vlažnosti pri 1. drevesu v smeri y, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	24
Slika 13	Radialna porazdelitev vlažnosti pri 1. drevesu v smeri x, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	25
Slika 14	Radialna porazdelitev vlažnosti pri 2. drevesu v smeri y, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	25
Slika 15	Radialna porazdelitev vlažnosti pri 2. drevesu v smeri x, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	26
Slika 16	Radialna porazdelitev vlažnosti pri 3. drevesu v smeri y, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	26
Slika 17	Radialna porazdelitev vlažnosti pri 3. drevesu v smeri x, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	27
Slika 18	Radialna porazdelitev vlažnosti pri 4. drevesu v smeri y, na prsni višini.	27
Slika 19	Radialna porazdelitev vlažnosti pri 4. drevesu v smeri x, na prsni višini.	28
Slika 20	Radialna porazdelitev gostote pri 1. drevesu v smeri y, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	28
Slika 21	Radialna porazdelitev gostote pri 1. drevesu v smeri x, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	29

Slika 22	Radialna porazdelitev gostote pri 2. drevesu v smeri y, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	29
Slika 23	Radialna porazdelitev gostote pri 2. drevesu v smeri x, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	30
Slika 24	Radialna porazdelitev gostote pri 3. drevesu v smeri y, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	30
Slika 25	Radialna porazdelitev gostote pri 3. drevesu v smeri x, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).	31
Slika 26	Radialna porazdelitev gostote pri 4. drevesu v smeri y, na prsni višini (-).	31
Slika 27	Radialna porazdelitev gostote pri 4. drevesu v smeri x, na prsni višini (-).	31
Slika 28	Skoraj povsem osušeni, povečani in nagubani bukovi listi v krošnji 1. drevesa.	32
Slika 29	V celoti ozeleneli, veliki in nagubani bukovi listi v krošnji 2. drevesa.....	33
Slika 30	Delno ozeleneli veliki bukovi listi v krošnji 3. drevesa.	33

1 UVOD

Gozdovi so vedno bolj izpostavljeni najrazličnejšim motnjam in obremenitvam. Med motnjami se povečuje delež naravnih ujm, to je predvsem vetrolomov, snegolomov, žledolomov in plazov. Povečanje deleža poškodb, ki so posledica naravnih ujm, gre pripisati burnejšemu dogajanju v atmosferi, ki je posledica pričujočih podnebnih sprememb (Sanitarne sečnje, 2014).

Naravne ujme so eden od najpomembnejših dejavnikov sprememb drevesne sestave in zgradbe gozdov. Motnje so različnih jakosti, pogostosti, prizadenejo lahko različno veliko površino, lahko so kratkotrajne ali pa trajajo daljše obdobje. Skupna lastnost je, da moteče vplivajo na zgradbo gozdov ter na tokove snovi in energije v gozdovih (Anko, 1993, cit. po Škvarč, 2014). Isti avtor motnje deli na:

- po intenzivnosti (akutne in kronične),
- po časovnem trajanju na kratkotrajne in dolgotrajne,
- po predvidljivosti na predvidljive in nepredvidljive,
- po poreklu na naravne, antropogene in kombinirane,
- po prostorskem obsegu (globalne, regionalne, krajinske, ekosistemske).

Ujme povzročajo pri drevesih različne vrste poškodb. Lahko gre le za odlome vej ali odlome delov krošenj ali preloma stebela. Dogaja se tudi, da se drevesa zgolj odmaknejo od vertikalne lege (uklonijo), pri čemer lahko ostaja koreninski sistem še razmeroma nepoškodovan. Takim drevesom se seveda spremeni socialni status, bistveno pa se jim lahko spremeni tudi oskrba z vodo in mineralnimi snovmi.

1.1 POSTAVITEV PROBLEMA

Splošna, najbolj razširjena miselnost je, da je potrebno poškodovana drevesa čim prej odstraniti iz gozda, s čimer se minimalizira možnost bioloških okužb. Le te so odvisne od več dejavnikov:

- od gozdnega sestaja,
- od vpliva letnega časa in vremenskih vplivov (temperature, vlaga,...),
- odpornost drevesne vrste,...

To zagotovo drži za zelo poškodovana drevesa, kjer pride do lomov debelejših vej, delov krošenj ali vrhov. Manj pa poznamo obnašanje dreves, ki niso neposredno mehansko poškodovana ali pa je poškodovan oz. prizadet (ali pa omejen) le koreninski sistem. Takšna t.i. izravana drevesa lahko še vedno do neke mere opravljajo fiziološko funkcijo, ki pa je odvisna od aktivnosti koreninskega sistema in stanja oz. razvoja krošnje. Poznavanje

fiziološkega stanja takšnih dreves bi omogočilo boljše in lažje odločanje v gozdarski praksi.

1.2 HIPOTEZA

Pričakovati je da položaj in lega podrtega ter/ali izruvanega drevesa v sestoji značilno vplivata na njegove preživitvene možnosti in nadaljnji razvoj, kar želimo preveriti z naslednjimi domnevami:

- Na osončeni drevesni krošnji obstaja večja listna transpiracija, ki v primeru ko drevesne korenine ne morejo zagotavljati več zadostne količine vode, privede do hitrejšega sušenja drevesa.
- Na fiziološko stanje drevesa, vsebnost vode v drevesu in njegovo biološko odpornost bistveno vpliva aktivnost koreninskega sistema, tudi njegova lega.
- Drevo s krošnjo in brez koreninskega sistema se suši najhitreje s čimer ima bistveno znižano biološko odpornost.

1.3 CILJ

Cilj pričujoče študije je pri podrtih bukvah ob žledolomu v letu 2014 ob koncu prve vegetacijske dobe po ujmi proučiti porazdelitev vlažnosti lesa (kot kazalnika fiziološkega stanja padlih dreves in ogroženosti lesa za okužbo z biološkimi škodljivci) in porazdelitev gostote lesa (kot kazalnika razkroja lesa zaradi delovanja bioloških škodljivcev). Hkrati nas zanima tudi, ali lega padlega drevesa in neposreden stik drevesnega debla z zemljo (mikroklima) značilno vpliva na vlažnostno in gostotno porazdelitev.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 UJME IN POŠKODBE DREVES

Ujma je naravni pojav, ki povzroči veliko gospodarske škode v gozdovih. Običajno gre za škodo kot posledico ekstremnih vremenskih dejavnikov. Ujme pri tem štejemo med naravne nesreče, ki lahko v gozdovih močno razvrednotijo les ali pa ga celo uničijo. Največ škode pri tem povzročijo vetrolomi, snegolomi in žledolomi. Veliko škodo povzročijo tudi suše, katerih posledice pa se največkrat ne pokažejo takoj, temveč običajno v naslednjem letu ali celo kasneje.

Debla dreves se v ujmah običajno prelomijo ali drugače poškodujejo. Posledica je razvrednotenje lesa. Tako lahko iz potencialno furnirskih hlodov dobimo le les za celulozo ali kurjavo. Škoda je tudi dolgoročna, ker ujme pogosto uničijo drevesa na večji površini, kar pomeni, da lahko izgubimo kakovosten gozd za več generacij. Ker so vsa drevesa odstranjena, se običajno pojavijo težave z erozijo. Uničene gozdove običajno saniramo tako, da na novo zasadimo drevesa (Ujme, 2014).

2.1.1 Snegolom

Do snegoloma pride v posebnih pogojih, kjer mora biti temperatura zraka dovolj nizka, padati pa mora moker sneg. Ob kopičenju snega na krošnjah dreves in zmrzovanju, se pod naraščajočo obremenitvijo začnejo lomiti veje. Če pada moker sneg, temperature pa so dovolj visoke, sneg običajno sam spolzi na tla. Pri snegolomu se ponavadi lomijo posamezne veje, lahko pa tudi debla. Poškodbe so običajno manjše, kot pri vetrolomu, vendar pa se les razvrednoti, zaradi poškodb pa ga je treba običajno čim prej posekati.

Na snegolom so najbolj občutljivi iglavci, ki imajo iglice preko celega leta. Smreka je med iglavci zaradi stožčaste oblike krošnje in bolj upogljivih ter elastičnih vej med manj občutljivimi. Ko se nabere dovolj snega običajno sam spolzi na tla. Med bolj izpostavljenimi domačimi drevesnimi vrstami pa se omenjajo bori, zlasti zaradi kopaste oblike krošenj. Verjetnost snegoloma je večja ob sosledju snežnih padavin, vetra in morebitnega dežja.

Listavci so proti snegolomu v splošnem bolj odporni, saj gole veje zadržijo le majhne količine snega. Obremenitve krošenj in vej so tako nižje. Nevarnost za snegolom pa je pri listavcih večja jeseni, ko je drevje še olistano, ali pa pozno spomladi, ko je drevje ponovno olistano. Listi dobro zadržujejo sneg, obremenitve hitro dosežejo kritično mejo in veje se začnejo lomiti. Najbolj so ogroženi letvenjaki in drogovnjaki (Snegolom, 2014).

2.1.2 Vetrolom

Močan veter lahko drevesa s koreninami vred izruva iz tal, jih odlomi pri panju ali pa prelomi debla. Izruvanje in prelomi ob panju so za drevesa pogubna, drevesa pa večinoma odmrejo takoj, prelomljena debla pa životarijo več let, preden dokončno odmrejo.

Vetrolomi so pri nas relativno pogost pojav, najpogostejše v gozdovih z neprimerno drevesno sestavo. Vetrolomi bolj pogosto prizadenejo enomerne gozdove ene drevesne vrste. Pri tem so najbolj izpostavljeni gojitveno pospeševani smrekovi gozdovi. Vetrolomi so pogosti na grebenih, okoli vrhov, na zaobljenih hribih, gorskih sedlih in hrbtih. Glede na veter in gibanje najmočnejših sunkov je lahko drevje uničeno na obsežnih površinah ali pa le v ozkih pasovih.

Izpostavljenost gozda vetrolomom je odvisna od številnih dejavnikov: od posameznih lastnosti drevesa, ki vplivajo na mehansko stabilnost, od lastnosti sestoja, lastnosti tal, topografskih lastnosti in meteoroloških lastnosti. Vetrolomu so manj izpostavljena tista drevesa, ki so dobro zakoreninjena in uspevajo v pravilno naravno oblikovanih sestojih (Vetrolom, 2014).

2.1.3 Žledolom

Žledolom nastane, kadar se na drevesih nabere toliko ledu (žleda), da drevesa popustijo pod težo. Žled nastaja v posebnih vremenskih pogojih, ob t.i. temperaturni inverziji, kjer je običajno zaznati v višinah tople zrak, v nižinah pa je zrak hladen s temperaturo pod lediščem. Veje dreves imajo v primeru žleda običajno temperaturo nekoliko pod 0 °C in, ko nanje padejo dežne kapljice, zmrznejo. Ledeni oklep se povečuje, dokler ne postane pretežak. Takrat pride do lomljenja vej.

Žled se najpogostejše pojavlja na nadmorski višini med 500 in 1000 m. Izpostavljen je predvsem jugozahodni del Slovenije. V gozdovih nastanejo poškodbe zaradi žleda običajno po enem dnevu zmernih padavin v pogojih, ko nastaja žled. Poškodbe zaradi žleda običajno nastanejo na večjem območju. Polomljene so veje dreves, lahko pa se podrejo tudi cela drevesa. Od žleda poškodovano drevje je treba čim prej odstraniti iz gozda, da se ne razvijejo škodljivci. Sečnja in spravilo takšnega lesa sta bolj zahtevna in nevarna (Jakša in Kolšek, 2010). Poškodbe zaradi žleda so pogostejše pri listavcih, saj imajo veliko površino vej, na katere se oprijema led.

Za opisovanje poškodb, ki jih povzročajo ujme, le te razdelimo na posamezne vrste. Vrste poškodb so (Sl. 1) (Jakša in Kolšek, 2010):

1. izruvanje: drevo je podrto skupaj s koreninami;

2. odlom drevesa: v višini panja ali do višine 2 m od tal;

3. prelom debla: nad višino 2 m nad tlemi.

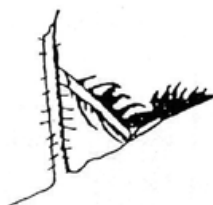
1. izruvanje



2. odlom drevesa



3. prelom debla



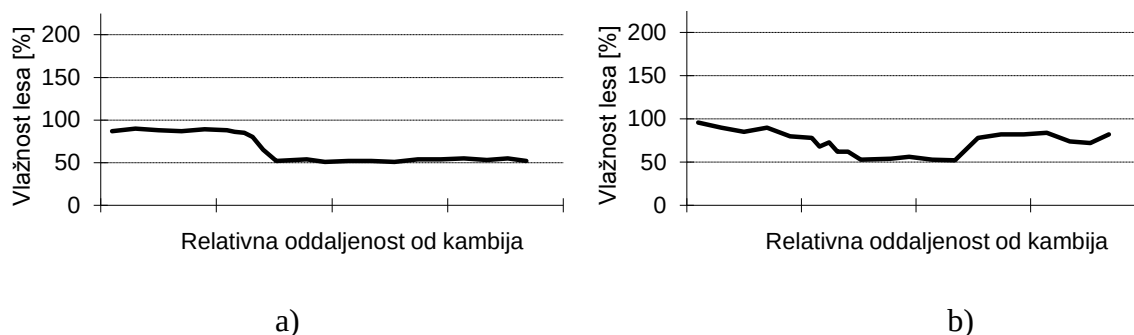
Slika 1 Vrste poškodb na drevju, ki jih povzročajo naravne ujme (Jakša in Kolšek, 2010).

2.2 VODA V LESU

2.2.1 Radialna porazdelitev vode v svežem lesu

Vlažnost v deblu ni enakomerno razporejena in odraža prevajalno funkcijo lesa ter fiziološke razmere v drevesu (Gorišek, 2009). Funkcionalno aktivna je beljava, in je bolj ali manj nasičena z vodo. Pri bukvi prevajanje vode poteka po več branikah v zunanjem delu debla, kjer vlažnost lesa znaša okoli 110 %, maksimalna pa 116 % (Gorišek, 2009). V smeri proti notranjosti bukovnega debla vlažnost lesa praviloma postopoma upada in najnižje vrednosti dosega na območju sušine, ki je praviloma najbolj izrazita pri bukvah velikih premerov s kratkimi krošnjami (Torelli, 1979; Torelli, 1980; Torelli, 2003). Tudi na območju sušine vlažnost po navadi ne pade pod 60 %, vselej pa je pri vitalnih stoječih drevesih nad točko nasičenja lesnih vlaken (u_{TNCs}) (Gorišek, 2009). Pri svežem bukovem lesu tako povprečna vlažnost znaša 85 % do 95 % (Čufar s sod., 2012).

Kadar bukev s sušino v osrednjem delu debla doživi mehanske poškodbe (npr. odlom velikih vej) se les na območju sušine obarva in nastane rdeče srce (Gorišek, 2009; Torelli, 1979; Torelli, 1980; Torelli, 2003). Vlažnost rdečega srca je običajno nekoliko višja kot je le ta na območju sušine (Sl. 1).



Slika 1 Radialna porazdelitev lesne vlažnosti v odvisnosti od relativne oddaljenosti od stržena a) pri bukvi s sušino in b) pri bukvi z rdečim srcem (Gorišek, 2009).

Poznavanje porazdelitve vlažnosti lesa v svežem lesu je pomembno pri njegovi predelavi, še zlasti v procesu sušenja lesa, kjer ima pomemben vpliv na kinetiko procesa, porabo energije in ekonomičnost postopka. Najvišje dosežene vlažnosti se v svežem lesu razlikujejo med drevesnimi vrstami, v splošnem pa naraščajo z nižanjem gostote lesa in s tem prostorninskega deleža lesne celične strukture (Pregl. 1).

Jakič J. Fizikalne lastnosti bukovine po žledolomu.

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015

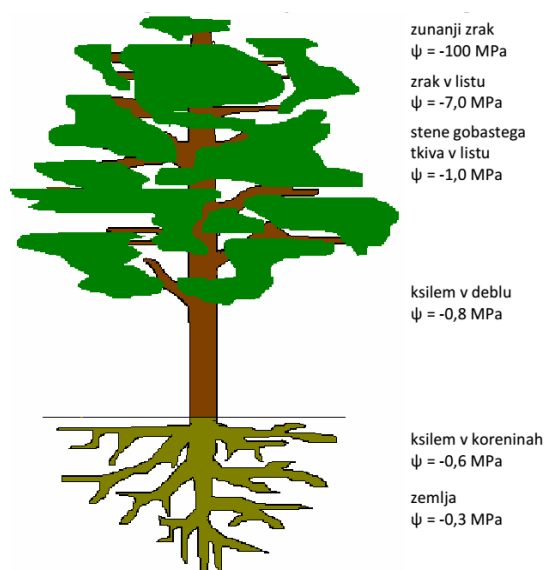
Preglednica 1 Delež celičnih sten in maksimalne količine proste in vezane vode pri nekaterih domačih lesnih vrstah (Gorišek, 2009).

Lesna vrsta	Prostorninski delež celičnih sten		Maksimalna količina vode v 1 m ³ lesa [kg/m ³]			Maksimalna vlažnost u _{maks} [%]		
	Sveže stanje	Suho stanje	Vezane	Proste	SKUPA J	Vezane vode u _{TNCS}	Proste vode	SKUPA J
Topol	24,7	38,2	150	618	768	40,4	165	205
Smreka	25,2	37,1	132	629	761	34,8	166	201
Bor	28,7	40,8	135	592	727	31,3	137	168
Macesen	32,5	43,9	127	561	688	26,1	105	131
Breza	35,1	48,8	152	512	664	28,9	97	126
Hrast	38,0	50,6	140	494	634	24,5	86	111
Bukev	37,2	55,1	199	449	649	35,6	80	116
Robinja	43,1	54,4	126	456	582	19,5	70	90
Gaber	42,8	61,6	209	384	593	32,6	59	92

2.2.2 Transport vode

Les kot sekundarni ksilem predstavlja tkivo za prevajanje vode od korenin proti krošnji, kjer gonilno silo za dvig vode predstavlja listna transpiracija (Torelli, 1998; Čufar, 2006). Voda v listih dreves je nujna za fotosintezo, je transportni medij za mineralne snovi, z izhlapevanjem pa liste tudi hladi in s tem varuje občutljive fotosintetske encime.

Transport vode v drevesu najbolje pojasnjuje kohezijsko-adhezijsko-tenzijska teorija (Raven in sod., 1992). Gonilna sila za dvig vode je gradient vodnega potenciala skozi rastlino do atmosfere. Vodni potencial (Ψ) je kemični potencial vode v sistemu glede na kemični potencial čiste vode pri atmosferskem tlaku in isti temperaturi, pri čemer je slednji referenčni potencial in enak 0 (Salisbury in Ross, 1992). Ta veličina predstavlja zmožnost substrata da absorbira ali oddaja vodo glede na drug substrat. Gibanje vode poteka v drevesu od mesta z manj negativnim potencialom (tla) proti mestu z bolj negativnim potencialom (atmosfera).



Slika 2 Tipične vrednosti vodnega potenciala v stoječem drevesu (Faletič, 2012)

V stoječem drevesu celotni vodni potencial zapišemo z več komponentami (Torelli, 1998) (En. 1):

$$\Psi = \Psi_m + \Psi_\pi + \Psi_p + \Psi_g, \quad \dots (1)$$

kjer je Ψ_m matrični potencial, Ψ_π ozmotski potencial, Ψ_p vodni potencial zaradi zunanje tlaka in Ψ_g gravitacijski potencial. Gravitacijski potencial je pomemben le za stoječe drevo ($\Psi_g = \rho \cdot g \cdot h$), ozmotski pa le, kadar je veliko topljenca (drevesni sok je precej razredčen, tako da je Ψ_π velikostnega reda 0,1 MPa). Matrični potencial je posledica podtlaka, ki ga povzroča ukrivljenost površine vodnega stolpca na površini lista in ga lahko izračunamo po enačbi:

$$\Psi_m = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \varphi}{r} \quad \dots (2)$$

Gonilo matričnega potenciala, ali kapilarnega vleka vode v drevesih predstavlja visoka površinska napetost vode (γ), majhen stični kot (φ) ob adheziji vodnih molekul na stene substrata (t.j. celične stene), povečuje pa se z manjšanjem premera (r) prevodnih elementov.

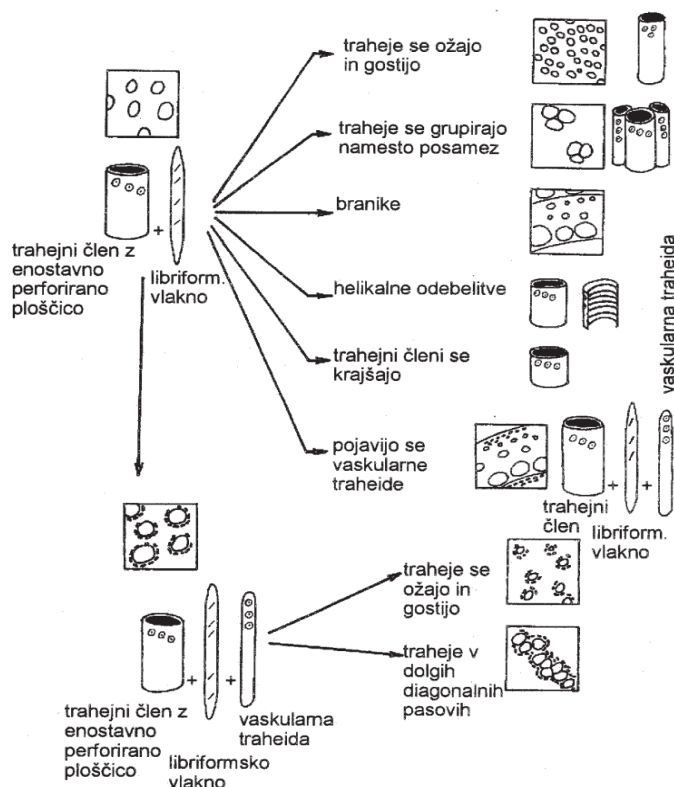
2.2.3 Vodni stres

Voda med procesom transpiracije izhlapeva s tankega filma, ki obdaja celice listnih rež (mezofil) v listih dreves (Torelli, 1998). V filmu vode nastajajo zaradi adhezivnih in kohezivnih sil meniski. Bolj konkavni so meniski, bolj negativen je tlak vodnega filma, s čimer se zmanjšuje vodni potencial. Slednjič gradient vodnega potenciala doseže traheide ali traheje. Vodne molekule, s tem ko zapuščajo ksilem, s kohezivnimi vezmi za sabo

vlečejo druge vodne molekule. Vodni stolpci so s tem obremenjeni na nateg, tlačni potencial pa je negativen.

Daljinski transport na opisan način deluje tako dolgo, dokler so tla dovolj vlažna. S sušenjem tal pa je na voljo vse manj mobilnih vodnih molekul, kar vodi do čedalje bolj negativnega vodnega potenciala listov. Pri tem pride do zapiranja listnih rež, šibka transpiracija pa poteka le še skozi listno povrhnjico (kutikulo). Povečana tenzija vodnih stolpcev in kohezija vodnih molekul lahko lokalno popusti. S kavitacijo nastajajo votli mehurčki, ki se v nadaljevanju zapolnijo z vodno paro. Vrzeli v prekinjenem vodnem stolpcu povzroči embolijo (= zamašitev), ki se razširja do prvih trdnih strukturnih barier, t.j. pikenjskih membran v medceličnih povezavah, kjer se zaradi površinske napetosti vode ustavi. Embolija se v trahejah lahko razširi po celotni dolžini, pri bukvi do 6 m, pri jesenu tudi do 20 m (Torelli, 1998).

Rastline in drevesa imajo različno toleranco in sposobnost da se ubranijo pred povečanim vodnim stresom. Na nivoju listov in listne krošnje imajo nekatere drevesne vrste mehanizme za omejevanje prekomerne izgube vode, za odboj sončnih žarkov in zmanjšanje prekomernega ogrevanja. Pri tolerantnejših in odpornejših rastlinah na vodni stres tako lahko najdemo odložnine voskov, dlakavost listov na spodnji strani, nazobljenost in gladko listno površino na zgornji strani (Bukovnik, 2005). Med tolerantnejše domače drevesne vrste spadata *Quercus robur* in *Robinia pseudoacacia*. Drevesa se na pomanjkanje vode tudi anatomske odzivajo, s prilagajanjem lesnega tkiva. Raziskovalci so v primeru sušnih razmer pri drevesih odkrili manjšanje trahej in njihovo grupiranje, formiranje branik, tvorjenje helikalnih struktur ter tudi pojav vazicentričnih in vaskularnih traheid (Torelli, 1998) (Sl. 3).



Slika 3 Način doseganja prevajalne varnosti – tkivne značilnosti na desni strani so znatno pogostejše v sušnih habitatih (Torelli, 1998).

2.2.3.1 Naravne ujme in vodni stres

Osnovni dejavnik, ki povzroča vodni stres pri drevesih, je suša, pri čemer ne škodi le direktno, temveč posredno povzroča še padec odpornosti dreves tudi proti biološkim škodljivcem. Vrste suš (Jakša in Kolšek, 2010):

- kratkoročna suša,
- dolgoročna suša in
- mrazna suša.

Pri kratkoročni suši drevo reagira tako, da zmanjša izhlapevanje iz listov s tem, da se odprtine listnih rež zaprejo. Posledično se s tem prepreči tudi sprejemanje ogljikovega dioksida skozi listne reže, kar zmanjša aktivnost fotosinteze. V okolje se sprostijo manj kisika in nastane manj sladkorja (glukoze), zaradi česar začne drevo stradati. Ker se izguba vode ne more popolnoma preprečiti z zaprtjem rež, povzroči daljše neprekinjeno pomanjkanje vode poškodbe na listih, ki se zvijejo in deloma odpadejo.

Dolgoročna neprekinjena suša tipično nastaja poleti, poškodbe na listih pa so trajne, in listi pričnejo odpadati. Nekatere vrste dreves (npr. hrast) lahko poleg tega odvržejo cele, včasih olistane veje. Po sušni fazi je lahko rast poganjkov in debla več let okrnjena, drevesa pa s tem postajajo biološko manj odporna.

Posebna fiziološka oblika je mrazna suša, ki se pojavi zgodaj spomladi, ko so tla zmrznjena in nizka zračna vlaga močno povečuje evapotranspiracijo, ob sončnih dnevih pa se izhlapevanje iz listov zaradi njihovega ogrevanja še dodatno poveča. Če prevodni del lesnega tkiva v drevesu ne more nadomestiti izgubljene vlage iz zmrznjenih tal, suša poškoduje ali uniči veliko lesnega tkiva.

2.2.3.2 Padla drevesa in vodni stres

Pri padlih drevesih z delno izruvanimi koreninami, denimo kot posledica naravne ujm, koreninski sistem nima več v celoti stika s podlago. To onemogoča transport zadostnih količin vode do drevesne krošnje in drevo prav tako doživlja stres zaradi suše. Poleg zmanjšanja ksilemskega toka se tudi v tem primeru vzporedno z vodnim stresom odraža še fotosintezna aktivnost. Le ta se zmanjša, proizvede se manj sladkorjev, s čimer se zmanjša še priraščanje lesa ter skladiščenje asimilatov (Dolejši, 2014). Zaradi dolgotrajnega stradanja in energijskega neravnovesja (prekinjena je drevesna homeostaza) začnejo deli drevesa odmirati (sušenje listja, suhe, neolistane veje, ipd.).

2.2.4 Vlažnost lesa in biološka odpornost

Fiziološko stanje poškodovanih dreves in dovzetnost lesa za okužbe, lahko med drugim ocenimo s pomočjo spremljanja vlažnosti lesa. Raziskave namreč potrjujejo, da se ob sušah zmanjša preskrbljenost dreves in krošenj z vodo s čimer pa se zmanjša tudi njihova biološka odpornost. Ob prisotnem sušnem stresu so tako denimo ob sušenju krošenj pri hrastih potrdili tudi sočasno poškodovanje tankih korenin zaradi napada gliv. Suše pogosto spremljajo tudi visoke temperature, ki pospešujejo še razvoj podlubnikov in lesarjev, ki omenjene glive tudi prenašajo (Blaschke, 1994). Bistveno slabšanje vitalnosti hrastovih dreves (*Quercus robur* L.) pogosto povečujejo z večletnim sušnim stanjem, še posebej pa s primanjkljajem vode v začetku rastnega obdobja (Čater in Batič, 1999).

2.2.4.1 Model reakcijskih con in vloga lesne vlažnosti

Pri proučevanju poškodb tkiv na stoječih drevesih se je zelo uveljavil model reakcijskih con, ki pa ga v zadnjem obdobju dopolnjujejo tudi z vlogo vsebnosti vlage pri obrambi drevesa pred patogenimi organizmi. Z izrazom reakcijska cona je Shain (1979) (cit. po Oven 2001) opisal obarvan les, ki nastaja na mestu interakcije živih tkiv drevesa s patogenim organizmom in ločuje okužen les od neokuženega.

Sprva so menili, da so reakcijske cone dinamične in sodelujejo v aktivnem obrambnem procesu drevesa, saj so zaznali zvezno premikanje reakcijskih con proti obodu drevesa. Kasneje so potrdili, da reakcijske cone niso trajne morfološke ovire, ki bi onemogočale vdor atmosferskega zraka in/ali napredovanje razraščanja gliv v zdravo beljavo (Schwarze in Baum, 2000). V nekaj raziskavah so namreč dokazali, da več vrst gliv z različnimi

mehanizmi prodre skozi reakcijsko cono v zdravo (aktivno) beljavo, pri čemer pa nove reakcijske cone pri tem procesu ne nastajajo. Potrdili so kolonizacijo večjega dela beljave, šele nato so se formirale reakcijske cone pred okuženim lesom. Reakcijske cone tako delujejo kot statične bariere proti razkroju in ne kot dinamična reakcija lesa na glivno okužbo.

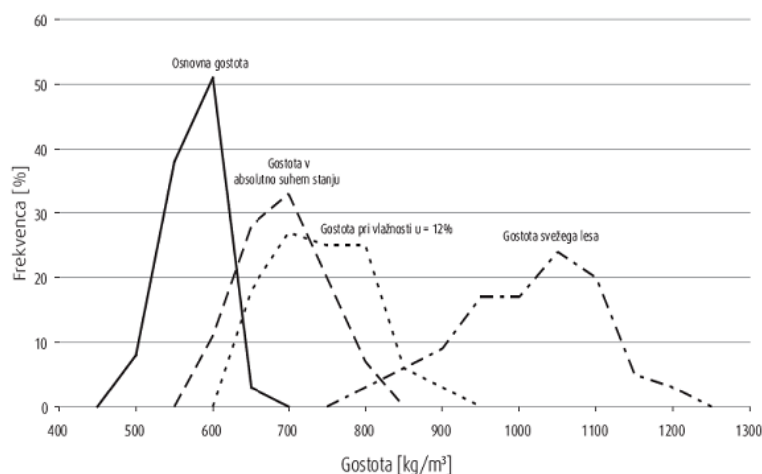
Vzorec nastanka reakcijskih con v drevesu raziskovalci povezujejo tudi s cikličnim nihanjem zalog škroba v lesu, ki je osnova za nastanek zaščitnih polifenolnih snovi v reakcijskih conah. Vzporeden in podoben vzorec nihanja pa so potrdili tudi pri lesni vlažnosti (Boddy in Rayner, 1983). Študije namreč nakazujejo, da se lesna vlažnost aktivno poviša v območju poškodbe lesnega tkiva in na lokacijah reakcijskih con. Pri lesu javorja so potrdili večjo časovno stabilnost in odpornost reakcijskih con z višjo lesno vlažnostjo (Pearce in sod., 1994).

Čeprav je bukov les neodporen, visoka vlažnost v zdravem drevesu preprečuje nevarnost okužbe z biološkimi škodljivci. Padec vlažnosti lesa zaradi poškodb in motene oskrbe z vodo pa predstavlja neposredno nevarnost za okužbo z biološkimi škodljivci. Nevarnost poškodbe se močno poveča pri vlažnosti lesa pod 60 % (Findlay, 1985).

2.3 GOSTOTA LESA

Bukev (*Fagus sylvatica* L.) je ena izmed najbolj razširjenih drevesnih vrst v naših gozdovih. Gostota lesa v absolutno (sušilnično) suhem stanju (izražena kot masa lesne substance na volumen v absolutno suhem stanju; $\rho_0 = m_0/V_0$ (kg/m³)) (Gorišek, 2009) pri bukovini v povprečju znaša 680 kg/m³ in variira v razponu od 490 do 880 kg/m³ (Čufar, 2006; Čufar in sod., 2012).

Variabilnost gostote lesa je posledica številnih vplivnih dejavnikov, kot so vlažnost lesa, poroznost, anatomska in kemična zgradba (Slika 4) (Gorišek, 2009). Vsi lesovi imajo sicer skoraj enako gostoto celične stene oz. gostoto čiste suhe lesne snovi (ρ_{LES}), ki znaša pribl. 1500 kg/m³. V praksi se najpogosteje uporablja izraz gostota pri določeni vlažnosti (ρ_u), najpogosteje pri zračni suhosti lesa ($u = 12$ do 15 %), pri absolutni suhosti pa je enaka gostoti lesa v absolutno suhem stanju (ρ_0). Pri vlažnostih lesa nad točko nasičenja lesnih vlaken (u_{TNCs}) se pogosto uporablja nominalna gostota (R_u), ki v tem vlažnostnem območju lesa postane osnovna gostota ($R = m_0/V_{maks.}$).



Slika 4 Variabilnost različno izražene gostote bukovine (Gorišek. Fizikalno-tehnološke karakteristike lesa).

Zaradi velike variabilnosti znotraj drevesa in med drevesi, je gostota primeren pokazatelj razkroja lesa šele v napredujočem stadiju. Le v teh primerih je mogoče z gotovostjo potrditi večje izgube lesne mase. Raziskave gostote in priraščanja bukovine med drugim omenjajo, da imajo sicer dominantna drevesa bukve v povprečju širše letnice ter večje prevodne elemente zaradi več dostopne svetlobe, gostota bukovega lesa pa je nepovezana s širino branik (Koltzenburg, 1967). Avtorji pa tudi poročajo, da ima les debelejših dreves bukve manjšo gostoto kot les tanjših bukovih dreves. Nekatere študije to pojasnjujejo z večjim deležem juvenilnega lesa v tanjših bukovih drevesih, pri katerem ugotavljajo nekoliko višjo gostoto kot pri adultnem lesu (Gryc in sod., 2008).

2.4 NARAVNA ODPORNOST SVEŽEGA BUKOVEGA LESA

Bukovina je les, ki ima zelo slabo naravno odpornost in s starostjo še slabša. (Bukev, 2014). Bukovino uvrščamo po privzetem evropskem standardu SIST EN 350-2 (2005) med lesne vrste, ki so neodporne na glive in insekte, vključno s termiti.

2.4.1 Trohnoba lesa

Glive razkrojevalke se prehranjujejo s sestavinami celične stene lesa, v kateri razkrajajo celulozo in lignin. Glive na začetku prodirajo iz celice v celico s hifami skozi piknje, lumne in skozi celice parenhima. Kasneje hifa ustvarja ekso-encime, ki razgradijo sestavine v celični steni. Tako prodirajo skozi celične stene s pomočjo kemijskega razkroja.

2.4.1.1 Bela trohnoba

Bela trohnoba je bolj značilna za listavce. Povzročajo jo predvsem skupine gliv, ki s pomočjo ekso-encimov najprej razgradijo lignin, kasneje pa lahko tudi celulozo. Les se svetlo obarva in nazadnje razpade v obliki vlaken. Gostota lesa se izrazito zmanjša.

Celulozni skelet se na začetku ohranja. V lesu nastajajo razpoke in votlinice, ki so zapolnjene z belkastim do rjavkastim micelijem. Trdnost lesa se v nekaj tednih zmanjša za polovico. Les se prelomi že pri majhni obremenitvi. Poveča se vpojnost lesa. Posebna oblika trohnobe je piravost, kjer pride do neenakomernega razkroja. Med najbolj značilne glive, ki povzročajo belo trohno, sodijo:

- Ploskocevke (pisana, kosmata, grbasta)
- Pološčenki (sploščena, svetlikava)
- Kresilna goba
- Borov plutec
- Jelov koreničnik
- Slojevki (škrlatno rdeča, dlakava)
- Pahljačica
- Štorovka
- Zimski ostrigar
- Rdečelista zvitocevka
- Brezova lističarka

2.4.1.2 Piravost

Piravost povzročajo podobne glive kot belo trohno. Spoznamo jo po belih lisah in po tem, da so deli lesa že popolnoma strohneli, medtem ko so ob njih še sloji zdravega lesa.

Preglednica 2 Pogoji za življenje gliv in ukrepi za zaščito (Leban, 2015)

dejavnik	optimalni pogoji	ukrepi za zaščito
lesna vlažnost	nad 20 % Optimalna lesna vlažnost za razvoj gliv znaša od 35 do 60 %.	sušenje lesa Les lahko zaščitimo pred glivami tako, da ga škropimo ali pa potopimo v bazene z vodo.
relativna zračna vlažnost	nad 85 % Optimalna relativna zračna vlažnost znaša okrog 90 %.	V suhem zraku ne izraščajo plodišča in se ne ustvarjajo spore.
temperatura	20 do 35 °C Nad 50 °C večina gliv propade, siva hišna goba že pri 27 °C.	S segrevanjem nad 62 °C podgobje glive zanesljivo uničimo. S tehničnim sušenjem torej uničimo glive v lesu.
kisik	Kisik iz zraka potrebujejo glive za dihanje in razkroj lignina.	Rast gliv zaustavimo, če okužen les izpostavimo delovanju CO ₂ , s potapljanjem ali škropljenjem.
svetloba	tema	Z neposredno sončno svetlobo ali z UV svetilkami lahko uničimo podgobje gliv.
pH	kisle vrednosti pH 2 – 7,5 Večina lesnih gliv si sama ustvarja ugodno pH območje, tako, da izločajo organske kisline kot na primer: oksalno, citronsko in druge vrste kislin.	Bazične spojine, npr. gašeno apno, uničujejo glive.

2.4.2 Insekti v svežem lesu

2.4.2.1 Bukov lestvičar

Monogamen. Razvije eno generacijo na leto. Prezimuje v matičnem hodniku, kjer se je razvil. Kot mlad, spolno zrel hrošč zapusti rovni sistem skozi vhodni kanal, ki so ga naredili starši. Roji od druge polovice marca (temperaturni prag rojenja je 13 °C). Samica prinese trose gliv, iz katerih se razvije bel micelij, s katerim se prehranjujejo ličinke in mladi hrošči. Ko se zarod razvije in zapusti rovni sistem, gliva odmre in rovi počrniijo. Povzroča mušičavost lesa. Velik tehnični škodljivec lesa. Naseljuje le svež les, ki omogoča razvoj simbiotskih gliv. Napada sveče posekano ali zaradi ujm prizadeto drevje pri katerih pade vlažnost pod 60 %.

2.4.2.2 Bukov vrtovin

Ima enoletno generacijo. Odrasli osebki se pojavijo aprila-maja in živijo le nekaj dni. Samica odloži do 100 jajčec. Po enem tednu se izvalijo ličinke, ki se zavrtajo v les. V lesu vrtajo radialne in horizontalne rove pod skorjo. Rovi so široki do 2 mm in dolgi do 30 cm, skoraj v ravni črti. Ličinke se prehranjujejo s simbiotsko glivo *Endomyces hylecoeti*. Ličinke prezimijo v rovu, spomladi pa vrtajo naprej. Ko dozori za levitev, se vrnejo na površje, se zavrtajo v skorjo in oblikujejo bubilnico. Tehnično razvrednotijo les. (Navadni ..., 2015). Zaradi simbioze z glivami se hitreje razvija in širi na prizadetih drevesih z nekoliko nižjo vlažnostjo.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

V gozd smo se odpravili po drevesa v jesenskem času 8.9.2014 in sicer na raziskovalno ploskev Trzin, na južnem področju Rašice (geogr. širina +46,13348 °N; +14,52915 °E; 379 n.m.), ki je bila prizadeta po žledolomu. V vzorec raziskave smo na raziskovalni ploskvi vključili drevesa, ki so se med seboj razlikovala po naslednjih kriterijih (Sl. 5):

- vizualni oceni velikosti in vitalnosti krošnje;
- povezanosti koreninskega sistema s tlemi;
- oceni izsušenosti skorje;
- primerljivosti starosti in velikosti testnih dreves;



Slika 5 Izbor vseh štirih različno ležečih bukovih dreves na terenu.

3.2 VZORČENJE IZBRANIH DREVES

Vzorčenje dreves smo izvedli na snovi zunanjih morfoloških značilnosti debel, krošnje in koreninskega sistema. Vzorčenje hlodov smo prilagajali stanju na terenu. Cilj je bil zajeti čim večje razlike v položaju hlodov znotraj padlih dreves, kot tudi glede na okolico, t.j. izpostavljenost atmosferilijam in stiku z zemljo.

Pri treh izbranih drevesih smo iz vsakega odvzeli na treh višinah krajše hlode približne dolžine 0,7 m za določitev vlažnostnih profilov po višini (x.1, x.2 in x.3). Prvi krajši hlod iz vsakega drevesa (x.1) je bil odvzet na prsni višini. Drugi krajši hlod (x.2) je bil odvzet na meritveno zanimivem delu ali sredini. Tretji krajši hlod (x.3) je bil odvzet tik pod krošnjo vsakega drevesa. Pri četrtem drevesu smo odvzeli samo 1 krajši hlod, lociran tik pod krošnjo. Vse hlode smo po vzorčenju in razžagovanju označili, izmerili dimenzije (Pregl. 1) in prepeljali v laboratorij, za nadaljnjo obdelavo.

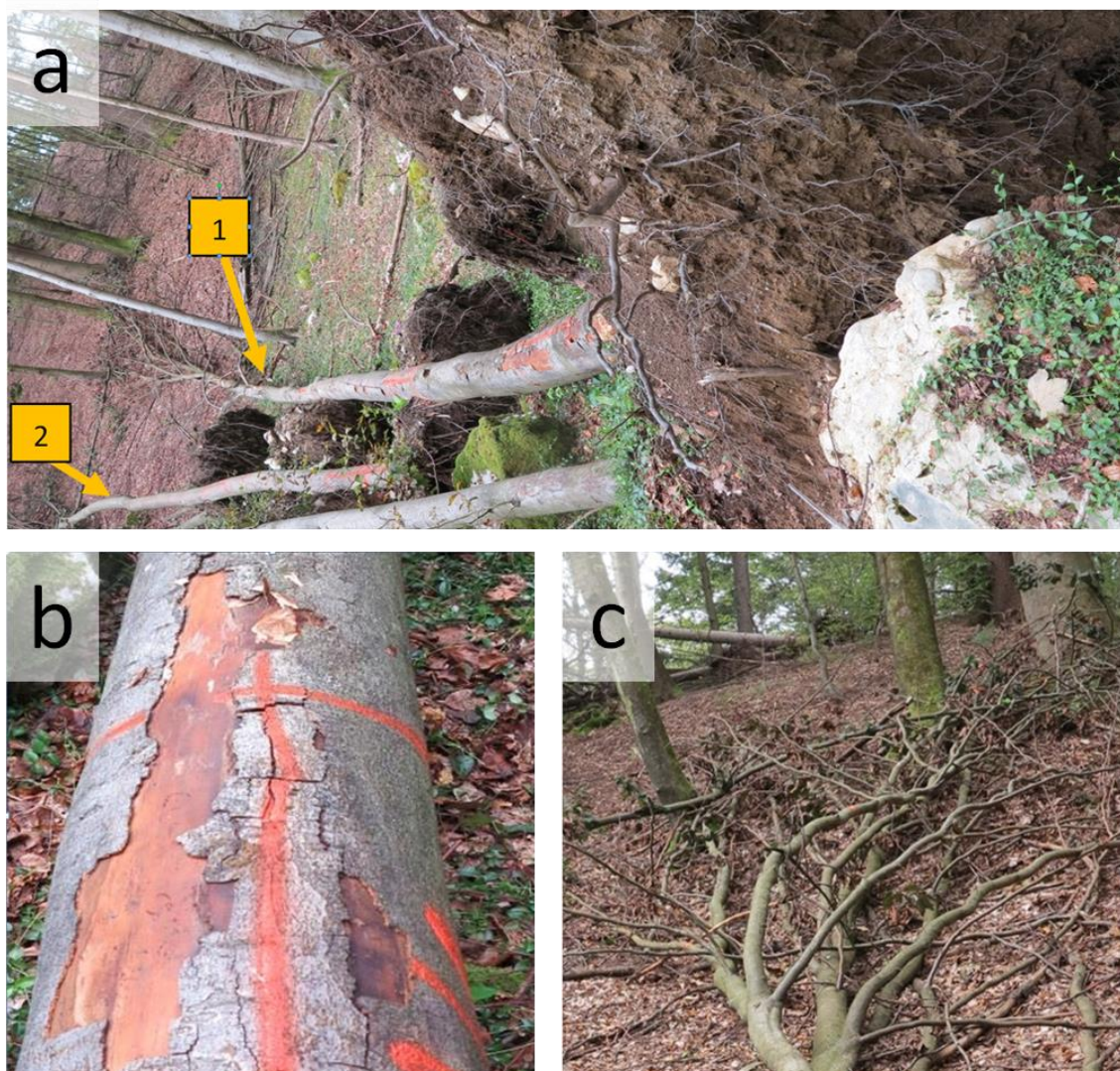
Preglednica 3 Dimenzije in prostornina vzorčenih bukovih hlodov (D_1 – premer na spodnjem debelejšem koncu hloda, D_2 – premer na zgornjem tanjšem delu hloda, D – povprečni premer hloda, L – dolžina hloda in V – prostornina hloda)

Hlod	D_1 [cm]	D_2 [cm]	D [m]	L [m]	V [m ³]
1.1	34.5	32.5	0.34	0.7	0.062
1.2	31	30	0.31	0.7	0.051
1.3	28.5	26	0.27	0.7	0.041
2.1	28.7	29.5	0.29	0.7	0.047
2.2	27.7	28.5	0.28	0.7	0.043
2.3	23	23.2	0.23	0.7	0.029
3.1	26.5	26.4	0.26	0.7	0.038
3.2	23.2	23.5	0.23	0.7	0.030
3.3	21.5	21.2	0.21	0.7	0.025
4	25.5	26.5	0.26	0.7	0.037
Volumen					0.404

3.2.1 Vizualna ocena posameznih izbranih dreves

DREVO 1

- 20% korenin v stiku z zemljo, ostale (80%) v plasti zemlje, debeline 60 cm, premera 130 cm (Sl. 6a4),
- drevo je padlo na koreninski sistem drugega drevesa in je zato v direktnem stiku z zemljo,
- skorja na zgornji strani debla se lušči (Sl. 6b), od koreničnika pa do hloda št. 3 so vidni rdeče-rjavi trosi glive,
- deblo spodaj zgleda naravno (konsistentno),
- krošnja je pravkar osušena, le še do 5% zelena (brez povsem zelenih listov) (Sl. 6c),
- krošnja je značilno izpostavljena direktnemu sončnemu obsevanju večji del dneva.



Slika 6 a) Celoten pogled na prvo in drugo bukovo drevo, b) Skorja prvega drevesa v slabem stanju, je razbrazdana in se lušči, c) Krošnja prvega drevesa, skoraj brez listov.

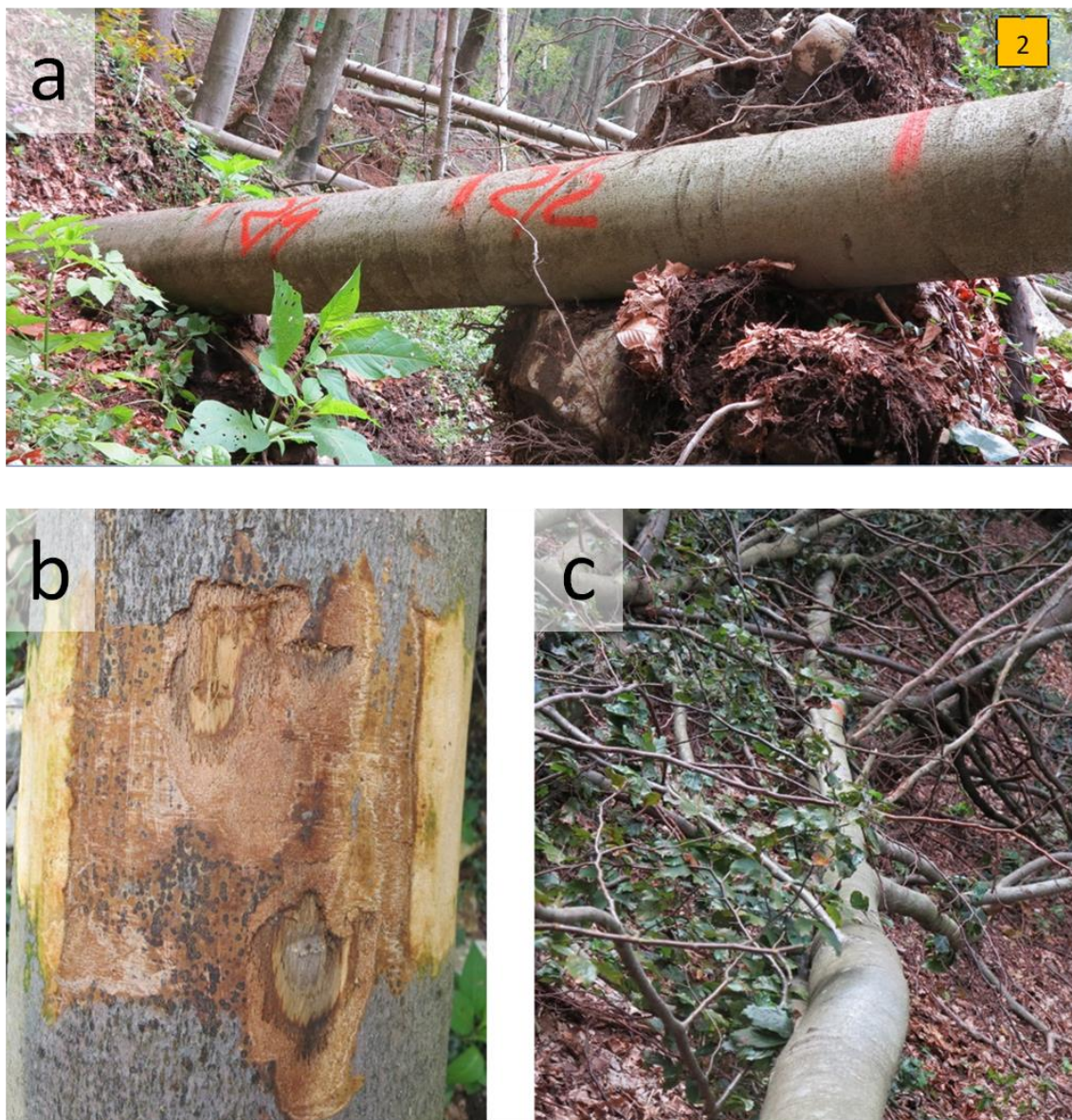
Pozicije odvzetih hlodov:

- 1/1 na prsni višini
- 1/2 na koreninskem sistemu drugega drevesa v neposrednem stiku z zemljo
- 1/3 pod krošnjo 50cm nad tlemi

DREVO 2

- 40% korenin je še aktivnih, ostale (60%) v plasti zemlje debeline 60 cm, premera 180 cm,
- zgornji del debla ni zelo izsušen,
- skorja na zgornjem delu je nekoliko razbrazdana (pas širine 20 cm), z drobnimi mikro-razpokami (vendar ne odpada). Na tem mestu najdemo po lupljenju izsušen kambij, (Sl. 7b),

- 2/3 krošnje je v stiku s tlemi, krošnja je skoraj povsem zelena s temno zelenimi, velikimi in nagubanimi listi,
- krošnja zasenčena, leži pod stoječimi drevesi (Sl. 7c),
- krošnja je neposredno izpostavljena le dopoldanskemu sončnemu obsevanju.



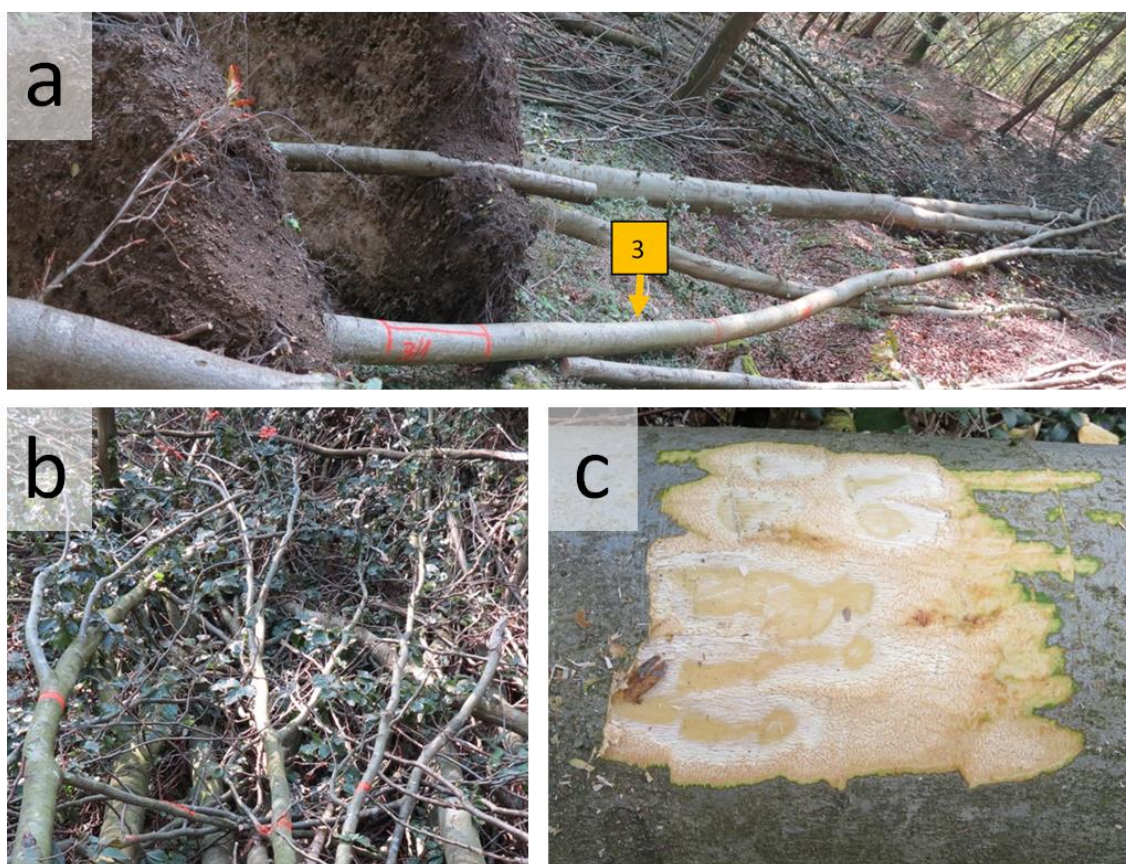
Slika 7 a) Drevo številka 2 je padlo na koreninski sistem drugega drevesa, b) Deblo drevesa številke 2, izsušen kambij, c) 2/3 krošnje je v stiku s tlemi, krošnja je skoraj povsem zelena s temno zelenimi, velikimi in nagubanimi listi.

Pozicije odvzetih hlodov:

- 2/1 je pri korenini nad tlemi
- 2/2 je takoj za njim, na koreninskem sistemu drugega drevesa v direktnem stiku z zemljo
- 2/3 pa nad tlemi pod krošnjo

DREVO 3

- 30% korenin je še aktivnih, ostale (60%) v plasti zemlje debeline 100 cm, premera 220 cm (Sl. 8a),
- drevo leži čez/nad ostalimi podrtimi drevesi,
- ima zdravo skorjo po celotnem obodu, skorja ni razbrazdana ali razpokana,
- prisotni so adventivni poganjki na zg. strani debla po celotni dolžini debla,
- krošnja leži pod stoječimi drevesi, je zasenčena in povsem ozelenela (Sl. 8b),
- med vsemi izbranimi drevesi je bilo to videti najbolj zdravo (Sl. 8c).



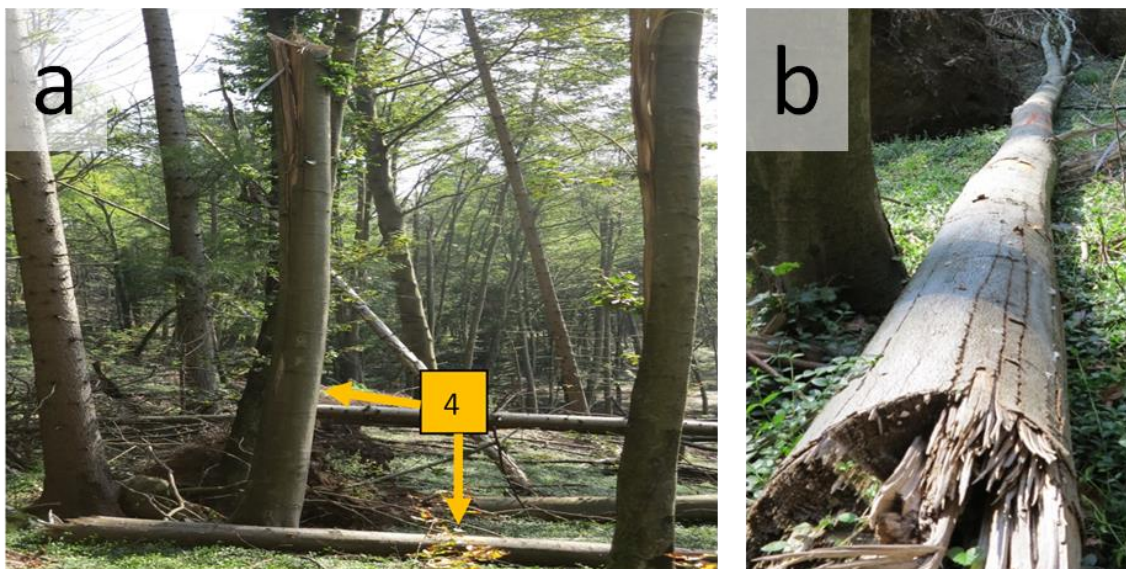
Slika 8 a) Pozicija bukovega drevesa številka 3. b) Krošnja tretjega drevesa, povsem ozelenela. c) Zdrava skorja tretjega drevesa.

Pozicije odvzetih hlodov:

- 3/1 hlood odvzet na prsni višini v stiku s tlemi
- 3/2 na sredini nad tlemi
- 3/3 pa nad tlemi pod krošnjo

DREVO 4

- Drevo je bilo odlomljeno na višini 4 m,
- podrto deblo je v neposrednem stiku s tlemi, deblo je videti osušeno, skorja je razbrazdana in se lušči (Sl. 9).



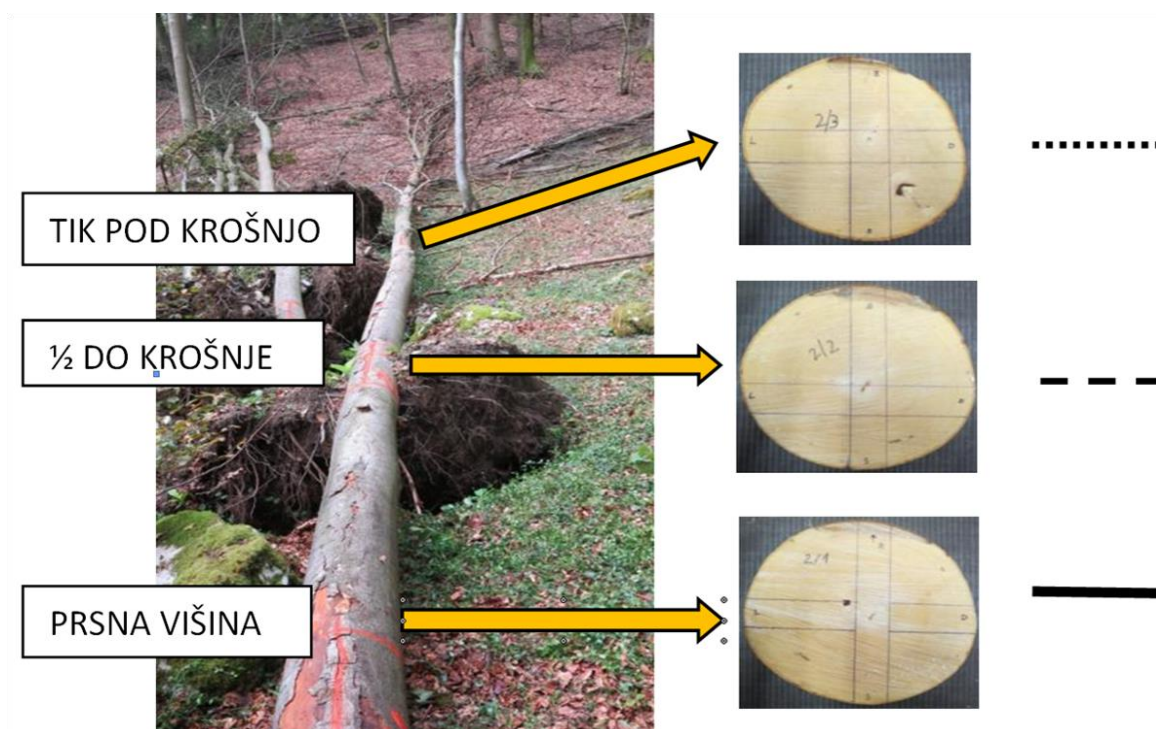
Slika 9 a) Odlomljeno drevo številka 4, b) Padlo drevo številka 4.

3.3 IZDELAVA RADIALNEGA VLAŽNOSTNEGA PROFILA DREVES

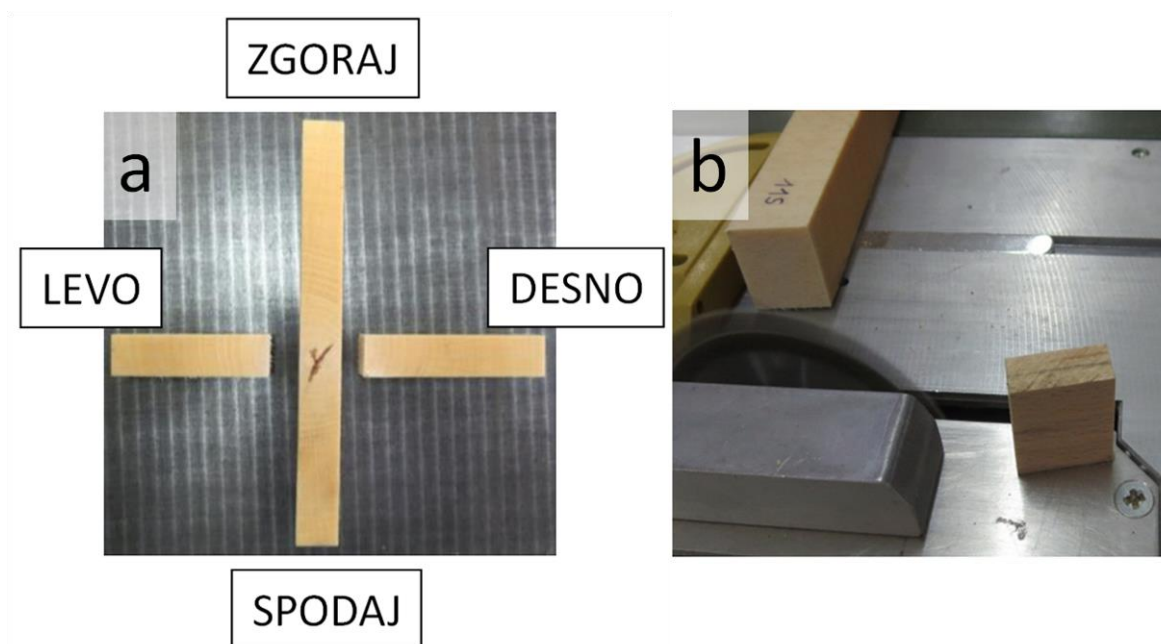
Za določitev vlažnostnega profila v svežem stanju smo iz posamičnega hloda izžagali 50 mm debel kolut in ga razdelili v 4 kvadrante. Kvadrante smo poimensko označili: levo (L), desno (D), spodaj (S) in zgoraj (Z). (Sl. 10) ter ekvivalentno smeri x levo – desno in y zgoraj – spodaj. Iz posameznega kosa smo zaporedno, v radialni smeri, izžagovali preizkušance od skorje proti strženu drevesa v intervalu 10,8 mm. (Sl. 11). Širina žagnega reza je znašala 2 mm, s čemer smo pridobili serijo 8.8 mm širokih (R) vzorcev. Preizkušanci so po višini (L) merili 20 mm in tangencialno 20 mm (Slika 10).

Jakič J. Fizikalne lastnosti bukovine po žledolomu.

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015



Slika 10 Priprava radialnega vlažnostnega profila v navpični in vodoravni legi dreves po žledolomu.



Slika 11 Vzorčenje kolotov dreves (levo) (x-smer: Levo-Desno; y-smer: Spodaj-Zgoraj) in izdelava radialnega vlažnostnega profila (desno).

3.4 DOLOČANJE VLAŽNOSTNEGA IN GOSTOTNEGA PROFILA

Vlažnost za radialni vlažnostni profil smo določili gravimetrično, z metodo tehtanja (SIST EN 13183- 1:2003). Preizkušance smo v svežem stanju po vrsti stekali na elektronski tehtnici z natančnostjo 0,001 g. Najprej je sušenje potekalo sedem dni na sobni temperaturi. Preizkušance smo nato sušili v laboratorijskem sušilniku pri temperaturi 103 ± 2 °C do konstantne, absolutno suhe mase. Tehtanje smo nato na enak način ponovili še v absolutno suhem stanju. Vlažnost posamičnega preizkušanca smo določili po definicijski enačbi.

$$u = \frac{m_z - m_0}{m_0} \times 100\% \quad \dots (3)$$

Oznake:

u - začetna vlažnost [%]

m_z - masa začetnega stanja [g]

m_0 - masa lesa v absolutno suhem stanju [g]

V začetnem (1) in absolutno suhem stanju (0) smo izmerili tudi dimenzije vzorcev v radialni (R_1 , R_0), tangencialni (T_1 , T_0) in vzdolžni smeri (L_1 , L_0). Meritve smo izvajali z digitalnim kljunastim merilom, z 0,01 mm natančnostjo. Iz razlik prostornin svežega in absolutno suhega stanja smo posamičnemu vzorcu določili prostorninski skrček (β_v) po enačbi:

$$\beta_v = \frac{V_1 - V_0}{V_1} \times 100\% \quad \dots (4)$$

Oznake:

β_v – prostorninski skrček,

V_1 – prostornina v svežem stanju,

V_0 – prostornina v absolutno suhem stanju

Gostoto v absolutno suhem stanju smo določili iz razmerja mas in prostornine v absolutno suhih pogojih (ρ_0):

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \times 100\% \quad \dots (5)$$

Oznake:

ρ_0 - gostota v absolutno suhem stanju,

m_0 - masa v absolutno suhem stanju,

V_0 - volumen v absolutno suhem stanju

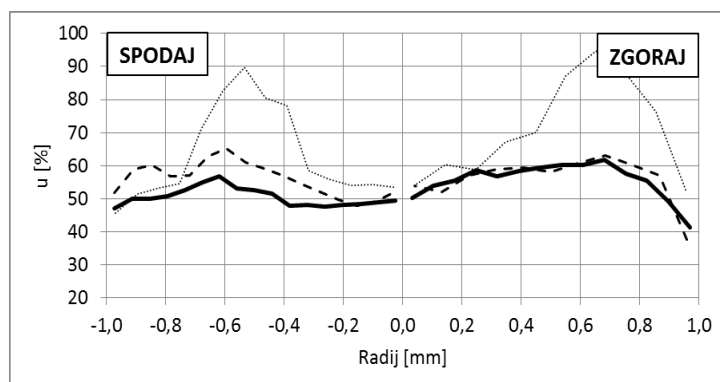
4 REZULTATI

4.1 PORAZDELITEV LESNE VLAŽNOSTI

Radialni vlažnostni profil prikazuje vlažnost lesa porazdeljeno po premeru debla drevesa po koncu 1. vegetacijske dobe po velikem žledolomu 2014. Drevo je ležalo v gozdu približno 8 mesecev in imelo delni stik koreninskega sistema z zemljo.

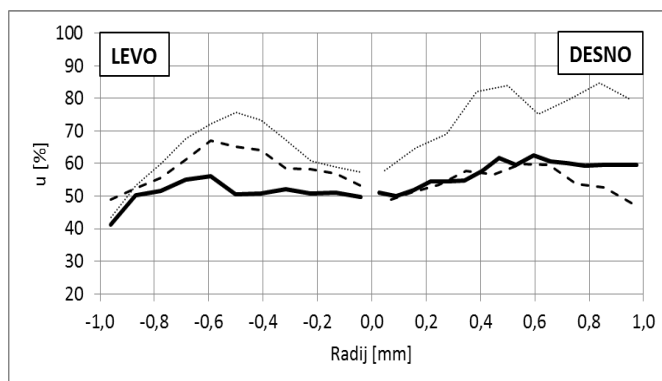
4.1.1 Porazdelitev vlažnosti v 1. drevesu

Pri prvem drevesu se je vlažnost lesa na spodnjem delu (v prsni višini) debla gibala od 41-61%. V srednjem delu smo ugotovili vrednosti 38-68% in tik pod krošnjo v območju od 46-98% (Sl. 12). Vlažnost ni enakomerno porazdeljena, kar smo tudi pričakovali. Iz porazdelitve je razviden padec vlažnosti lesa v zunanjem delu debla, in sicer izrazito na zgornji strani, vzdolž celotnega ležečega drevesa. Nizko vlažnost zaznamo tudi na spodnji strani hlodov, vendar le v bližini krošnje.



Slika 12 Radialna porazdelitev vlažnosti pri 1. drevesu v smeri y, na prsni višini (—), na sredini drevesa (---) in tik pod krošnjo (.....).

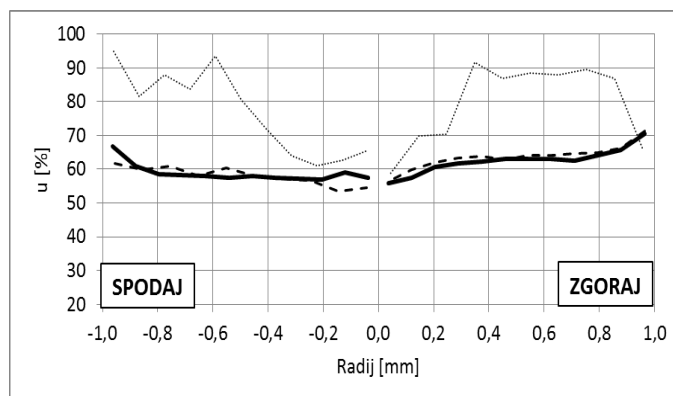
Podoben vlažnostni profil smo zaznali tudi horizontalno. V vodoravni smeri smo potrdili izrazit padec vlažnosti na celotni levi zunanji dolžini drevesa (Sl. 13). Vlažnost lesa se v notranjosti postopoma dvigne, vendar le na $\frac{1}{2}$ dolžine drevesa in tik pod skorjo. Podobno je razvidno z desne strani, kjer pa ni zaznati tako izrazitega padca vlažnosti na zunanjem delu.



Slika 13 Radialna porazdelitev vlažnosti pri 1. drevesu v smeri x, na prsni višini (—), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).

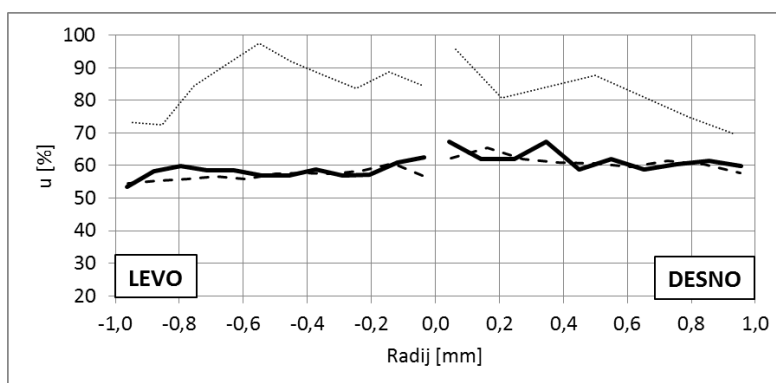
4.1.2 Porazdelitev vlažnosti v 2. drevesu

Pri drugem drevesu je vlažnost lesa v primerjavi s prvim drevesom višja na spodnjem delu drevesa in sega od 55-71% (Sl. 14). Na sredini je vlažnost od 53-71% in na vrhu pod krošnjo nekoliko višja kot pri prvem drevesu, od 59 do 98%. To smo pričakovali, saj je bila krošnja drevesa v senci, deblo pa ni bilo v stiku s tlemi. Le na zgornji zunanji strani je zaznati padec vlažnosti lesa na obodu, in sicer na lokaciji tik pod krošnjo.



Slika 14 Radialna porazdelitev vlažnosti pri 2. drevesu v smeri y, na prsni višini (—), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).

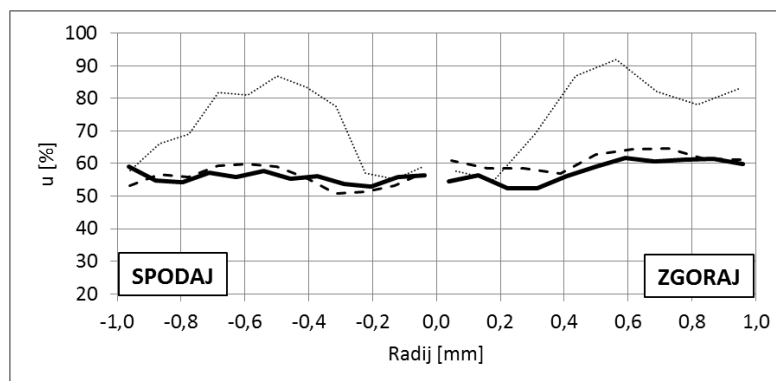
V horizontalni smeri smo nižjo vlažnost zaznali na zunanji strani levo in desno, in sicer na prsni višini in na $\frac{1}{2}$ dolžine dreves, ki je približno konstantna vse do stržena (Sl. 15). Nekoliko višja vlažnost je bila tik pod krošnjo in se je na desni strani proti strženu drevesa izrazito povzpela.



Slika 15 Radialna porazdelitev vlažnosti pri 2. drevesu v smeri x, na prsni višini (—), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).

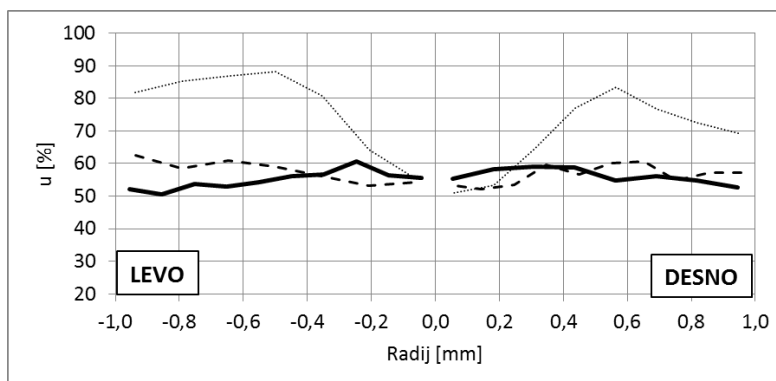
4.1.3 Porazdelitev vlažnosti v 3. drevesu

Tretje drevo nas je nekoliko presenetilo in ga uvrščamo med prvo in drugo drevo, saj se je vlažnost lesa na spodnjem delu debla (prsna višina) gibala med 50 do 61% na $\frac{1}{2}$ dolžine debla od 53-65% in pod krošnjo od 50-92% (Sl. 16). Padec vlažnosti lesa na obodu smo pri tem drevesu potrdili le na lokaciji tik pod krošnjo, spodaj. Višja vlažnost je na zgornji strani tik pod krošnjo, proti strženu drevesa pa upade.



Slika 16 Radialna porazdelitev vlažnosti pri 3. drevesu v smeri y, na prsni višini (—), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).

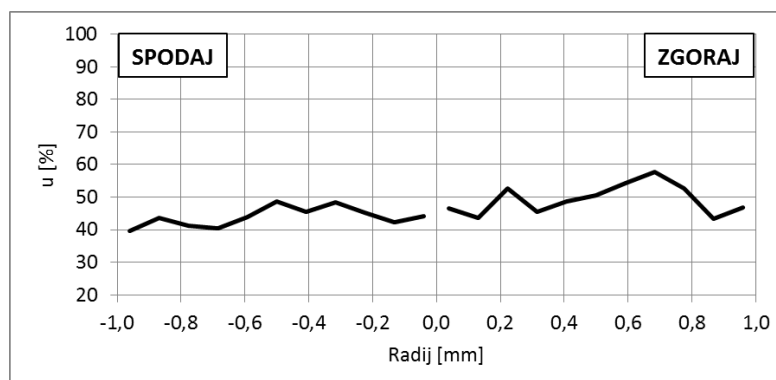
Podobno vlažnostno območje smo potrdili tudi v horizontalni osi (Sl. 17). Nizka vlažnost se opazi na prsni višini hloda, ki je konstantna proti strženu. Nekoliko višja je na $\frac{1}{2}$ dolžine ležečega drevesa, ki pa postopoma upada proti strženu. Najvišja vlažnost je tik pod krošnjo na levi zunanji strani, proti strženu pa močno upade. Na desni strani pade celo najnižje med izmerjenimi lokacijami.



Slika 17 Radialna porazdelitev vlažnosti pri 3. drevesu v smeri x, na prsni višini (-), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).

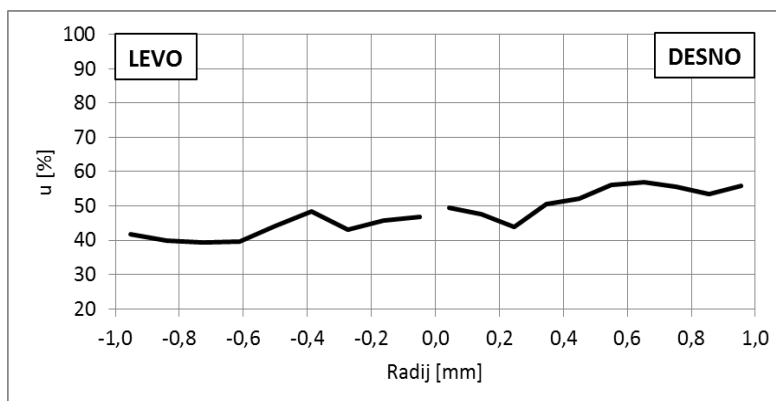
4.1.4 Porazdelitev vlažnosti v 4. drevesu

Pri četrtem drevesu se je vlažnost lesa gibala le med 40% in 58%, kar smo pričakovali saj je odlomljeno ležalo na tleh brez koreninskega sistema. Na spodnji strani debla je opaziti nekoliko nižjo vlažnost kot na zgornji na zgornji debla (Sl. 18).



Slika 18 Radialna porazdelitev vlažnosti pri 4. drevesu v smeri y, na prsni višini.

V horizontalni smeri smo potrdili podobno vlažnostno območje, kot vertikalno. Na desni strani je vlažnost povprečno nekoliko višja kot na levi in se postopoma spušča proti strženu (Sl. 19).



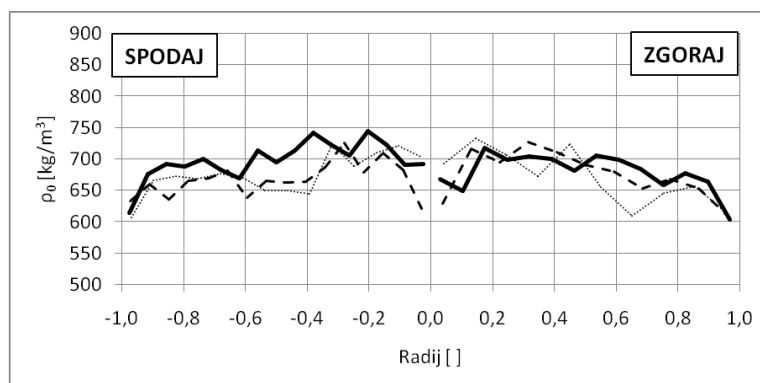
Slika 19 Radialna porazdelitev vlažnosti pri 4. drevesu v smeri x, na prsni višini.

4.2 PORAZDELITEV GOSTOTE

Kot pri porazdelitvi lesne vlažnosti smo proučili tudi radialno porazdelitev gostote lesa v absolutno suhem stanju na treh proučevanih lokacijah vzdolž padlih dreves.

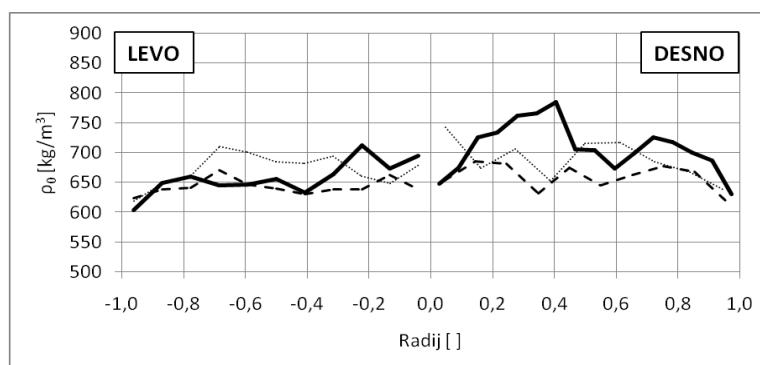
4.2.1 Porazdelitev gostote lesa v 1. drevesu

Pri prvem drevesu je bila gostota na spodnjem delu drevesa med 600 kg/m^3 in 770 kg/m^3 (Sl. 20). Na $\frac{1}{2}$ dolžine padlega drevesa je znašala gostota od 600 kg/m^3 pa tja do 750 kg/m^3 , podoben razpon in porazdelitev gostote pa smo zaznali tudi tik pod krošnjo. Najnižje vrednosti smo na vseh treh lokacijah zaznali povsem na obodu debel.



Slika 20 Radialna porazdelitev gostote pri 1. drevesu v smeri y, na prsni višini (—), na sredini drevesa (---) in tik pod krošnjo (.....).

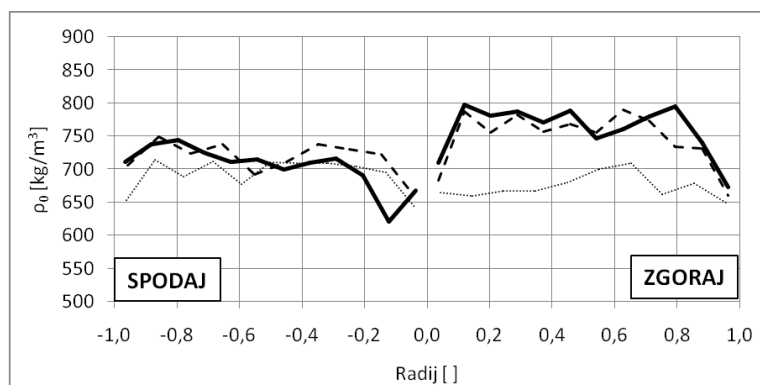
Tudi v horizontalni smeri, so bile najnižje vrednosti gostote na obodu debla (Sl. 21), sicer pa primerljive z y-smerjo. V horizontalni smeri smo zaznali sicer tudi nekoliko asimetrično radialno porazdelitev gostote lesa z značilno nižjimi vrednostmi v levem delu debla, na prsni višini drevesa. Porazdelitev bi lahko bila posledica prisotnosti reakcijskega lesa.



Slika 21 Radialna porazdelitev gostote pri 1. drevesu v smeri x, na prsni višini (—), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).

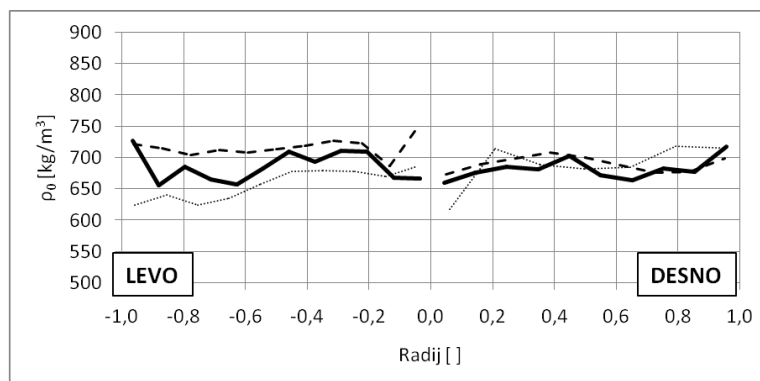
4.2.2 Porazdelitev gostote lesa v 2. drevesu

Pri drugem drevesu je gostota na spodnjem delu nekoliko višja 630 pa tja do 800 kg/m³ na sredini debla od 660 pa do 780 kg/m³ in tik pod krošnjo od 630 do 730 kg/m³ (Sl. 22). Višje vrednosti so se pojavljale na zgornji strani ležečega debla drevesa, in to zgolj do ½ dolžine ležečega drevesa, kar bi morda tudi lahko pripisali prisotnosti reakcijskega lesa ali drugim prirastnim posebnostim. Izrazito padec gostote lesa je opazen na obodu, najbolj na zgornji strani.



Slika 22 Radialna porazdelitev gostote pri 2. drevesu v smeri y, na prsni višini (—), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).

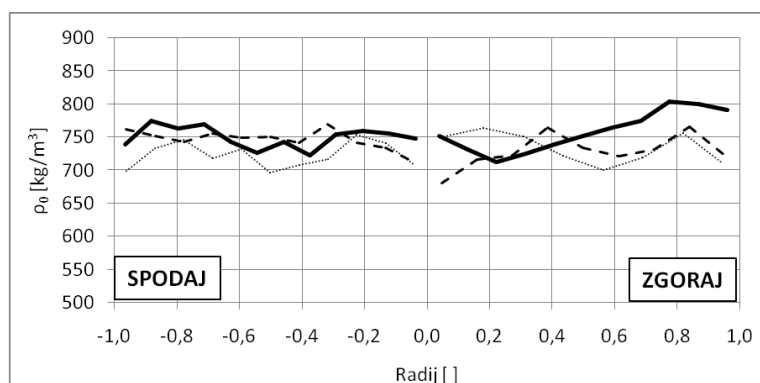
Radialna porazdelitev gostote je bila pri 2. drevesu v horizontalni osi zelo homogena (Sl. 23). Vrednosti so se gibale v območju od 630 kg/m³ do 750 kg/m³. Značilnih konsistentnih lokalnih padcev gostote nismo zaznali.



Slika 23 Radialna porazdelitev gostote pri 2. drevesu v smeri x, na prsni višini (—), na sredini drevesa (—□—) in tik pod krošnjo (—○—).

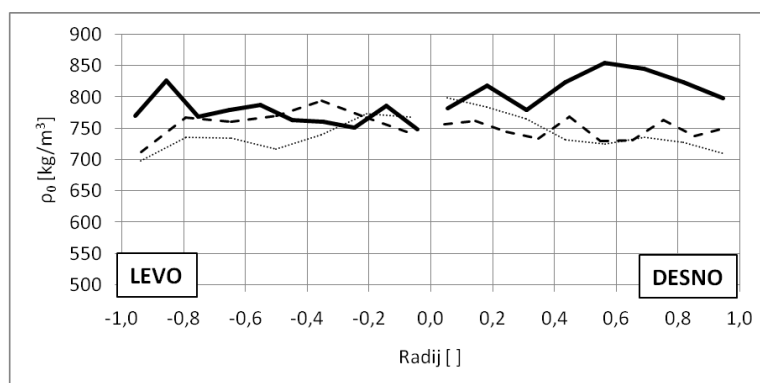
4.2.3 Porazdelitev gostote lesa v 3. drevesu

Tretje proučevano drevo se je izkazalo z najbolj homogeno porazdeljeno gostoto v radialni smeri (Sl. 24). V vertikalni osi prereza drevesa je bila gostota na spodnjem delu od 710 pa do 850 kg/m³ na sredini od 680 pa do 800 kg/m³ in tik pod krošnjo 700 do 800 kg/m³. Na obodu drevesa nismo potrdili značilnega padca vrednosti.



Slika 24 Radialna porazdelitev gostote pri 3. drevesu v smeri y, na prsni višini (—), na sredini drevesa (—□—) in tik pod krošnjo (—○—).

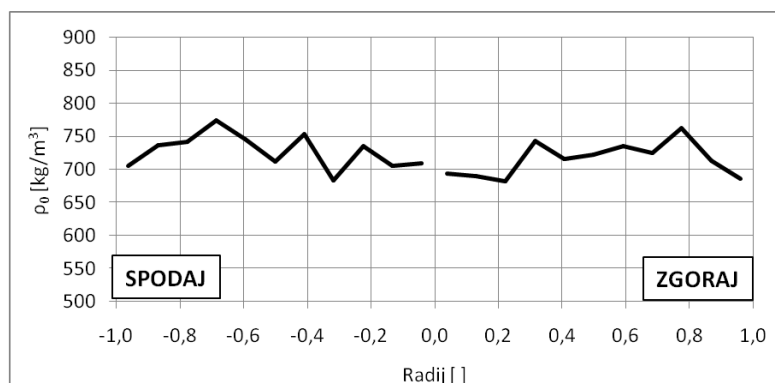
V horizontalni osi smo v radialnem gostotnem profilu zaznali nekoliko višje vrednosti v na prsni višini podrttega drevesa, in sicer med 750 kg/m³ in 850 kg/m³ (Sl. 25). Vrednosti med 700 kg/m³ in 800 kg/m³, pa smo potrdili na drugih dveh proučevanih lokacijah. Lokalni padec gostote na obodu je viden le na levi strani debla.



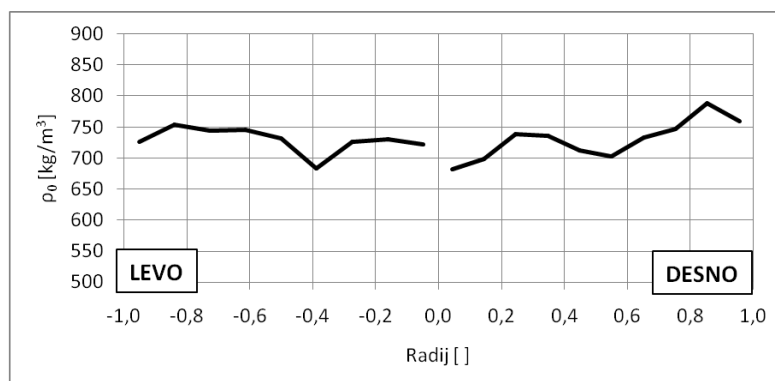
Slika 25 Radialna porazdelitev gostote pri 3. drevesu v smeri x, na prsni višini (—), na sredini drevesa (- - -) in tik pod krošnjo (.....).

4.2.4 Porazdelitev gostote lesa v 4. drevesu

Pri četrtem drevesu se je gostota radialno porazdeljevala od 680 do 780 kg/m³, v x- in v y-smeri proučevanja padlega drevesnega debla (Sl. 26, 27). Značilnega padca gostote na obodu zaradi morebitnega glivnega razkroja tudi v tem primeru nismo potrdili.



Slika 26 Radialna porazdelitev gostote pri 4. drevesu v smeri y, na prsni višini (—).



Slika 27 Radialna porazdelitev gostote pri 4. drevesu v smeri x, na prsni višini (—).

5 RAZPRAVA

Pri izruvanih drevesih smo ugotovili da vselej del korenin ostane v stiku s tlemi in so fiziološko aktivne. Delujoč koreninski sistem in prevodni sistem v deblu tako omogoča tok vode, ki zadošča da drevesom krošnje ozelenijo in je nujen za preživetje. Ker je del koreninskega sistema poškodovan zaradi izgube stika s tlemi, je oskrba z vodo pogosto vsaj delno motena. To je razvidno na zunanjem obodu debel najbolj poškodovanih in izpostavljenih dreves. Pri takšnih drevesih se v prvi vegetacijski dobi po žledolomu zmanjša količina proste vode, saj napojitvena vlažnost (kjer so celične stene in lumni zaliti z vodo) bukovine znaša okrog 110 % (Zimmermann, 1983; Skaar, 1988). Takšno vlažnostno porazdelitev bi lahko primerjali s stanjem ob močnem sušnem stresu rastline, kjer ob intenzivni transpiraciji vlage z listnih površin v atmosfero zaradi zmanjšane obsega aktivnih korenin nastane motena oskrba rastline z vodo, s tem pa pretrganje vodnih stolpcev in nastanek embolij v prevodnem trahejnem omrežju (Torelli, 1998). Evropska bukev kot svetloljubna drevesna vrsta spada med večje porabnike vode s povprečnim dnevnim izhlapevanjem 4,8 g H₂O/g zelenih listov (Rutter, 1968; Schipka in sod., 2005).

Hkrati pa smo potrdili tudi značilno povezavo med deležem še aktivnega koreninskega sistema in stopnjo izsušenosti krošnje. Pri drevesih, kjer je bilo največ 20 % korenin v stiku z zemljo (drevo 1), smo ugotovili le še komaj lokalno zaznavno ozelenelost krošnje (do 5 % listnih površin) (Sl. 6c; Sl. 28), skorja na zgornji strani debla izruvanega drevesa pa se je luščila od koreničnika pa vse do krošnje drevesa. Na zgornji strani debla podrtega drevesa smo na več mestih vizualno zaznali tudi glivno okužbo (Sl. 6b). Glivno okužbo lahko pripišemo tudi zmanjšani biološki odpornosti drevesa, zaradi izključene zaščitne vloge proste vode (Findlay, 1985). Pri ½ debla drevesa do krošnje smo ugotovili lesno vlažnost pod 60%.



Slika 28 Skoraj povsem osušeni, povečani in nagubani bukovi listi v krošnji 1. drevesa.

V primeru drevesa 1 smo ugotovili še druge morfološke spremembe, kot je povečanje velikosti listov in nagubanost listne površine. Navedene spremembe so pogoste pri sušnem

stresu, kar potrjujejo nekatere študije (Franko, 2010). Hkrati domnevamo da so spremembe tudi posledica zmanjšanja aktivnega koreninskega sistema podrtega drevesa, kot tudi posledica direktnega osončenja drevesa in krošnje, in s tem povečane transpiracije.

Delež zelenih listnih površin je bil večji pri drevesih z manj izruvanimi oz. poškodovanimi koreninami. Tako smo pri drevesih, ki so imela aktivnega vsaj 40 % koreninskega sistema, zaznali še povsem zelene krošnje (Sl. 29). Smo pa v tem primeru zaznali tudi pomemben negativen vpliv osončenosti debel in krošenj ležečih dreves. Pri teh drevesih smo namreč, v primeru izpostavljenosti močnemu sončnemu obsevanju, zaznali razbrazdanost skorje na zgornjem delu debela podrhtih dreves, pod njo pa lokalno posušeno kambijevo cono (Sl. 7b).



Slika 29 V celoti ozeleneli, veliki in nagubani bukovi listi v krošnji 2. drevesa.

V primeru povprečni ohranjenosti stika korenin s tlemi (vizualno ocenjeno 30 % aktivnega koreninskega sistema) in sočasno ugodnejši legi krošnje drevesa, t.j. v senci okoliškega stoječega sestoja, pa ni smo zaznali zunanjih sprememb skorje. Prav tako nismo potrdili osušenost meristema pod skorjo. Prevodno aktivnost korenin je potrjena z visoko stopnjo ozelenelosti krošnje takšnih dreves (Sl. 30).



Slika 30 Delno ozeleneli veliki bukovi listi v krošnji 3. drevesa.

Kljub nizki vlažnosti beljave in veliki izpostavljenosti sončnemu obsevanju tudi pri drevesih z majhnim še ohranjenim deležem aktivnih korenin (drevo 1) ob koncu prve vegetacijske dobe nismo potrdili lokalnega zmanjšanja gostote lesa. Takšno zmanjšanje smo pričakovali zaradi vidne površinske glivne okužbe. Pri teh drevesih je bila gostota lesa v absolutno suhem stanju na bazi 688 kg/m^3 , na polovici dolžine drevesnega debla je znašala 662 kg/m^3 in tik pod krošnjo 676 kg/m^3 (Sl. 10, 21). Vrednosti gostot so tudi pri tem drevesu bile primerljive s podatki drugih raziskav (Merela in sod., 2005; Wagenführ, 2007).

V podobnem velikostnem razredu so bile tudi povprečne gostote lesa pri enako izpostavljenih drevesih z večjim deležem aktivnih korenin (40 %): baza drevesa 709 kg/m^3 , sredina 720 kg/m^3 , tik pod krošnjo 668 kg/m^3 (Sl. 10), pa tudi pri izruvanih drevesih z bolj zastrto lego (drevo 3, Sl. 11).

6 SKLEPI

Rezultate raziskave fizikalnih lastnosti bukovine po žledolomu ter morfoloških sprememb izruvanih dreves ob koncu 1. vegetacijske dobe po žledolomu v leto 2014 povzemamo v naslednjih sklepih:

- Zmanjšanje lesne vlažnosti je večje pri drevesih, ki so ležala na manj ugodni legi, t.j. izpostavljena večjemu osončenju ob hkratnem zmanjšanem stiku korenin z zemljo. Izrazito padec vlažnosti lesa se v tem primeru pojavi v prevodni beljavi po celotni dolžini izruvanih dreves.
- Pri zelo prizadetih drevesih, t.j. pri drevesih z majhnim (največ 20 %) deležem korenin v stiku z zemljo ob sočasni močni osončenosti, se zmanjšana vlažnost in s tem veliko tveganje za okužbe bioloških škodljivcev pojavi že v prvi vegetacijski dobi po žledolomu.
- Zmanjšanja gostote lesa kot posledice glivne okužbe pri drevesih, ki ohranijo koreninski stik s tlemi po prvi vegetacijski dobi, še ni pričakovati.
- Drevesa z večjim deležem aktivnega koreninskega sistema (vsaj 40 %) ostajajo po prvi vegetacijski dobi še dovolj vitalna in odporna proti biološkim škodljivcem. Njihov prevodni sistem pa je prizadet, tako da pričakujemo večje zmanjšanje vlažnosti in s tem tudi zmanjšano biološko odpornost v naslednji vegetacijski dobi.
- Raziskava je potrdila tudi potrebo po uvedbi natančnejšega razvrščanja v ujmah poškodovanih dreves iz prve skupine, kot jih razvrščata Jakša in Kolšek (2009). Predlagamo uvedbo dodatnih meril poškodovanosti oz. ogroženosti dreves: a) delež še aktivnega koreninskega sistema drevesa, b) osončenost in c) lega drevesa.

7 VIRI

- Anko B. 1993. Vpliv motenj na gozdni ekosistem in na gospodarjenje z njim. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42, 6: 85-109
- Blaschke H. 1994. Changes caused by fungus attack on the roots of damaged Penduculate oak. AFZ, 49, 14: 775-777
- Boddy L., Rayner A.D.M. 1983. Origins of decay in living deciduous trees: The role of moisture content and a reappraisal of the expanded concept of tree decay. New Phytologist, 94: 623-641
- Bukev. Gozd in gozdarstvo. 2014
<http://www.gozd-les.com/slovenski-gozdovi/drevesa/bukev> (sept. 2015)
- Bukovnik U. 2005. Stres in rastline. Vrtnar, 14, 5: 36
- Čater M., Batič F. 1999. Nekateri ekofiziološki kazalci stresa pri dobu (*Quercus robur* L.) v severvzhodni Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 58: 47-83
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Čufar K., Gorišek Ž., Merela M., Pohleven F. 2012. Lastnosti bukovega lesa, predelava, problematika in raba v arhitekturi. V: Bukovi gozdovi v Sloveniji: ekologija in gospodarjenje. Bončina A. (ur). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 445-458 str.
- Dolejši N., Drevo v stresu – suša. 16. junij 2014
<http://mojpogled.net/drevo-v-stresu-susa/> (15.03.2015)
- Gorišek Ž., Fizikalno-tehnološke karakteristike lesa.
http://www.lesena_gradnja.si/html/pages/si-clanki-materijal-tehnologija-fizikalno-tehnoloske.htm (30.9.2015)
- Gozd in gozdarstvo. 2012-2015. Preslica, Marko Puschner s.p.
<http://www.gozd-les.com/> (25.02.2015)

Jakič J. Fizikalne lastnosti bukovine po žledolomu.

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015

Faletič S. (b.l.). Transport vode v visokih rastlinah. Seminar za predmet Mehka snov. Fakulteta za matematiko in fiziko, 23 str.

www-f1.ijs.si/~rudi/sola/Transport_vode_v12.pdf (1.9.2015)

Findlay W. P. K. 1985. The nature and durability of wood. *Forestry Sciences*, 17: 1–13

Franco M. 2010. Študij sušnega stresa pri rastlinah iz družine *Gesneriaceae* na ravni proteoma. Dipl. delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 72 str.

Gorišek Ž. 2009. Les: Zgradba in lastnosti: njegova variabilnost in heterogenost. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 178 str.

Gryc V., Vavrčík H., Rybníček M., Přemyslovská E. 2008. The relation between the microscopic structure and the wood density of European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Journal Of Forest Science*, 54, 4: 170-175

Jakša J. 2007. Naravne ujme v gozdovih Slovenije. *Gozdarski vestnik*, 65, 10: 465-488

Jakša J., Kolšek M. 2010. Naravne ujme v slovenskih gozdovih. *Naravne nesreče* 1: 39-48

Koltzenburg C. 1967. Der Einfluß von Lichtgenuß, soziologischer Stellung und des Standortes auf holzeigenschaften der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). *Holz als Roh- und Werkstoff*, 25, 12: 465-473

Leban I. 2015. Lesni škodljivci.

www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Lesarstvo.../6-LESNI_SKODLJIVCI.pdf
(15. Junij 2015)

Merela M., Straže A., Oven P., Torelli N. 2005. Osnovna gostota, permeabilnost in zgradba reakcijskih con pri bukvi. *Les*, 57: 11–16

Navadni ali bukov vrtovin. Varstvo gozdov Slovenije. 2015

<http://www.zdravgozd.si/prirocnik/zapis.aspx?idso=422> (sept. 2015)

Oven P. 2001. Mehanske poškodbe drevja. *Proteus*, 63, 8: 366-370

Pearce R.B., Sumer S., Doran S.J., Carpenter T.A., Hall L.D. 1994. Non-invasive imaging of fungal colonisation and host response in the living sapwood of sycamore (*Acer Pseudoplatanus* L.) using nuclear magnetic resonance. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 45: 359-384

Jakič J. Fizikalne lastnosti bukovine po žledolomu.

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015

Raven P.H., Evert R.F., Eichorn S.E. 1992. Biology of plants. 5. izd. Worth Publishers, New York: 791 str.

Rutter A. J. 1968. Water consumption by forest. V: Water deficits and plant growth: Plant water consumption and response. T.T. K. (ur). New York, Academic: 23–84

Salisbury F.B., Ross C.W. 1992. Plant physiology. 4. izd. Belmont, Wadsworth Publishing Company: 682 str.

Sanitarne sečnje. 2014. Zavod za gozdove.

<http://www.zgs.si/slo/delovna-podrocja/varstvo-gozdov/sanitarne-secnje/index.html>
(15.02.2015)

Schipka F., Heimann J., Leuschner C. 2005. Regional Variation in Canopy Transpiration of Central Beech Forests. *Oecologia*, 143: 260–270

Schwarze F.W.M.R., Baum S. 2000. *New Phytologist*, 146: 129-140

SIST EN 13183- 1:2003 Round and sawn timber— Method of measurement of moisture content— – Part 1: Method for determining moisture content of a piece of sawn timber (Oven dry method)

SIST EN 350-2, 2005. Durability of wood and wood-based products. Natural durability of solid wood. Part 2: guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe. European committee for standardization, Brussels.

Skaar C. 1988. Wood - water relations. Berlin, Springer-Verlag: 283 str.

Snegolom. Gozd in gozdarstvo. 2014

<http://www.gozd-les.com/upravljanje-gozdov/tezave-gozdom/ujme/snegolom> (2015)

Šifrar U. 2009. Vpliv transpiracijskega sušenja na spremembe barve bukovine med komorskim sušenjem. Dipl. delo. Ljubljana. Univ. v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 44 str.

Škvarč J. 2014. Sanacije v ujmah poškodovanih gozdnih sestojev v Območni enoti Tolmin. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 68 str.

Torelli N. 1979. Fiziologija nastanka rdečega srca. *Les*, 31: 191-195

Jakič J. Fizikalne lastnosti bukovine po žledolomu.

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015

Torelli N. 1980. Fizikalne lastnosti fakultativno obarvane jedrovine. Les, 32: 197-198

Torelli N. 1998. Daljinski transport vode v drevesu - vodni potencial. Les, 50: 169-173

Torelli N. 2003. Ojedritev - vloga in proces. Les, 55: 368-378

Ujme. Gozd in gozdarstvo. 2014

<http://www.gozd-les.com/upravljanje-gozdov/tezave-gozdom/ujme> (maj 2015)

Vetrolom. Gozd in gozdarstvo. 2014.

<http://www.gozd-les.com/upravljanje-gozdov/tezave-gozdom/ujme/vetrolom>
(maj 2015)

Wagenführ R. 2007. Holzatlas. Berlin, Hanser: 816 str.

Zimmermann M. H. 1983. Xylem structure and ascent of sap. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag: 143 str.

ZAHVALA

Doc. dr. Aleš Straže, hvala za mentorstvo, vso pomoč in podporo pri izdelavi diplomske naloge. Prof. dr. Željku Gorišku se zahvaljujem za recenzijo diplomske naloge.

Za vso podporo in potrpežljivost izrekam zahvalo staršem, Stanetu in Mileni Jakič, ki sta mi omogočila šolanje, sestrama Meti Mehle in Tini Nahtigal pa za premagovanje ovir na poti do cilja.

Hvala Mileni Bizjan za motivacijski pogovor pred vsakim izpitom - z vami je bilo vse lažje. Prav tako hvala knjižničarki Darji Vranjek za pomoč pri gradivih za študij. Hvala Lari Kastelic, Eriki Jakič, Alenki Jeršin za pomoč pri oblikovanju diplomske naloge ter mojim prijateljem, ki so tako ali drugače pripomogli k zaključku šolanja.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

JAKIČ Jana

**FIZIKALNE LASTNOSTI BUKOVINE PO
ŽLEDOLOMU**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2015