

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gašper GNIDOVEC

**VARIABILNOST DIMENZIJ TRAHEJ V LESU BUKVE
S PANŠKE REKE**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**DIMENSION VARIABILITY OF VESSELS IN THE BEECH WOOD
FROM PANŠKA REKA, SLOVENIA**

B. Sc. THESIS
Academic Study Programme

Ljubljana, 2011

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva – 1. stopnja. Opravljen je bil na Katedri za tehnologijo lesa, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete v Ljubljani. Analize so bile opravljene na preparatih iz arhiva katedre.

Senat oddelka je za mentorico diplomskega projekta imenoval prof. dr. Katarino Čufar, za recenzentko pa doc. dr. Jožico Gričar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega projekta na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je projekt, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identičen tiskani verziji.

Gašper Gnidovec

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	UDK 630*811.4
KG	les/bukve/ <i>Fagus sylvatica</i> L./traheje/analiza slike/histometrija
AV	GNIDOVEC, Gašper
SA	ČUFAR, Katarina (mentorica)/GRIČAR, Jožica (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2011
IN	VARIABILNOST DIMENZIJ TRAHEJ V LESU BUKVE S PANŠKE REKE
TD	Diplomski projekt (univerzitetni študij – 1. stopnja)
OP	VII, 32 str., 1 pregl., 19 sl., 8 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Pri 6 bukvah (<i>Fagus sylvatica</i> L.) z rastišča Panška reka pri Ljubljani smo merili dimenzijske razlike v branikah, nastalih v letih 2008, 2009 in 2010. Proučili smo razlike v dimenzijskih prvih in zadnjih nastalih trahej v braniki, ter njihovo variabilnost v isti braniki po obodu drevesa. Branike smo od ranega proti kasnemu lesu razdelili na pasove po metodi tedenskih prirastkov. V vsakem pasu branike, ki je nastal v določenem tednu tekom rastne sezone, smo izmerili dimenzijske razlike trahej (površino, minimalni in maksimalni premer). Ugotovili smo, da je bila površina prvih trahej 3,11-krat večja od površine zadnjih trahej, minimalni premer prvih trahej je bil 1,65-krat večji in maksimalni premer 1,81-krat večji od zadnjih nastalih trahej. Podatki kažejo, da obstajajo statistično značilne razlike v površini trahej med prvo in zadnjimi nastalimi trahejami ter med branikami, nastalimi v različnih letih. Podobno smo ugotovili tudi za maksimalni in minimalni premer. Primerjava dimenzijskih razlik po obodu dreves je pokazala, da so imele največji standardni odklon površine prvih in zadnjih nastalih trahej v letu 2008. Relativni standardni odkloni minimalnega in maksimalnega premera so tako med leti, kakor tudi med prvimi in zadnjimi trahejami, zelo podobni. Minimalni in maksimalni premer trahej sta se izkazala kot najbolj relevantna podatka za ovrednotenje dimenzijskih razlik trahej po braniki, saj imata najmanjši relativni standardni odklon. Površina trahej je do okoli 170. dne v letu (19. junija) dokaj konstantna ($2000 \mu\text{m}^2$), potem vse do okoli 220. dne v letu (8. avgusta) rahlo pada, zatem pa je zopet konstantna ($1000 \mu\text{m}^2$). Podobne trende smo opazili tudi pri minimalnih in maksimalnih premerih trahej.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du1
DC UDC 630*811.4
CX wood/beech/*Fagus sylvatica* L./vessels/image analysis/histometry
AU GNIDOVEC, Gašper
AA ČUFAR, Katarina (supervisor)/GRIČAR, Jožica (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Technology
PY 2011
TI DIMENSION VARIABILITY OF VESSELS IN THE BEECH WOOD
FROM PANŠKA REKA, SLOVENIA
DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programme)
NO VI, 32 p., 1 tab., 19 fig., 8 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The vessel dimensions in tree-rings formed in 2008, 2009 and 2010 were measured in 6 beech trees (*Fagus sylvatica* L.) growing at Panška Reka, near Ljubljana, Slovenia. Differences in dimensions of vessels from early- to latewood, as well as their variability around the stem circumference, were studied in each tree-ring. The measurements were performed in tree-rings divided into bands, according to 'weekly increment method'. Dimensions of vessels (surface area, minimum and maximum diameter) were measured in each band, corresponding to weekly increment. The surface area of the firstly formed vessels was 3.1-times larger than in the lastly formed vessels. The minimum diameter was 1.65-times larger, and the maximum diameter was 1.81-times larger than the corresponding values of the lastly formed vessels. The data revealed statistically significant differences in the surface area between the firstly and the lastly formed vessels, and also among tree-rings formed in different years. The same was found for maximum and minimum diameters. Comparison of the surface areas of the firstly and the lastly formed vessels of 2008 growth season showed the highest relative standard deviation (RSD). RSDs of minimum and maximum diameters were similar among different years and between the firstly and the lastly formed vessels. Minimum and maximum diameters of the vessels proved to be the most relevant quantitative vessel data since they had the smallest RSD. It was also noticed that the surface area of the vessels remained rather constant ($2000 \mu\text{m}^2$) until June 19 (170th DOY), then it was slightly decreasing until August 8 (220th DOY), and after that it remained more or less constant ($1000 \mu\text{m}^2$). Similar trends were observed also for minimum and maximum vessel diameters.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic.....	VI
Kazalo slik.....	VII

1	UVOD	1
2	PREGLED OBJAV	2
2.1	BIOLOGIJA BUKVE	2
2.2	MIKROSKOPSKA ZGRADBA LESA BUKVE	3
2.3	ANALIZA SLIKE	3
2.4	ANALIZA TRAHEJ PRI BUKVI	4
3	MATERIAL IN METODE.....	6
3.1	OPIS RASTIŠČ	6
3.2	ANALIZA SLIKE	6
3.2.1	Zajem slike	6
3.2.2	Merjenje dimenzijskih trahej s pomočjo programa za analizo slike	8
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	9
4.1	STATISTIČNA PRIMERJAVA TRAHEJ RANEGA IN KASNEGA LESA	9
4.2	ANATOMSKA ANALIZA LESA BUKVE	16
4.3	RAZMERJE MED VELIKOSTJO TRAHEJ IN ŠIRINO BRANIK	18
4.4	ANALIZA BRANIK 2008, 2009 IN 2010 Z METODO TEDENSKIH PRIRASTKOV	19
5	SKLEPI	29
6	POVZETEK.....	31
7	VIRI.....	33

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1: Dimenzijske prvi in zadnjih trahej v branikah nastalih v letih 2008, 2009, 2010 (osnovna statistika)	9
--	---

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Površine prvih in zadnjih trahej v branikah 2008, 2009, 2010	10
Slika 2: Minimalni premeri prvih in zadnjih trahej v branikah 2008, 2009, 2010.....	11
Slika 3: Maksimalni premeri prvih in zadnjih trahej v branikah 2008, 2009, 2010	12
Slika 4: Površina prvih trahej (a) in zadnjih trahej (b) glede na leto nastanka za 6 dreves	13
Slika 5: Minimalni premer prvih trahej (a) in zadnjih trahej (b) glede na leto nastanka za 6 dreves.....	13
Slika 6: Maksimalni premer prvih trahej (a) in zadnjih trahej (b) glede na leto nastanka za 6 dreves.....	14
Slika 7: Prečni prerez lesa bukve (<i>Fagus sylvatica L.</i>), z drevesa 1, dne 8.9.2008 (a), z drevesa 2, dne 1.9.2008 (b), z drevesa 5, dne 13.9.2010 (c)	16
Slika 8: Prečni prerezi lesa bukve (<i>Fagus sylvatica L.</i>) drevesa 2, dne 13.9.2010 (a), drevesa 2, dne 14.9.2009 (b), drevesa 2, dne 22.9.2008 (c)	17
Slika 9: Prečni prerezi lesa bukve (<i>Fagus sylvatica L.</i>), drevesa 6 ob koncu rastne sezone na različnih mestih v drevesu. Datumi odvzema lesa za analize: (a) 20.9.2010, (b) 13.9.2010, (c) 6.9.2010, (d) 30.8.2010.....	18
Slika 10: Primerjava prvih (a) in zadnjih (b) trahej v odvisnosti od širine branike	18
Slika 11: Površina trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2008 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2008 glede na dimenzijske prve nastalih trahej	20
Slika 12: Minimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2008 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2008 glede na dimenzijske prve nastalih trahej	21
Slika 13: Maksimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2008 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2008 glede na dimenzijske prve trahej	22
Slika 14: Površina trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2009 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2009 glede na dimenzijske prve nastalih trahej	23
Slika 15: Minimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2009 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2009 glede na dimenzijske prve nastalih trahej	24
Slika 16: Maksimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2009 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2009 glede na dimenzijske prve nastalih trahej	25
Slika 17: Površina trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2010 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2010 glede na dimenzijske prve nastalih trahej	26
Slika 18: Minimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2010 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2010 glede na dimenzijske prve nastalih trahej	27
Slika 19: Maksimalni premer (a) glede na datum nastanka v letu 2010 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2010 glede na dimenzijske prve nastalih trahej	28

1 UVOD

Bukev (*Fagus sylvatica* L.) je poleg smreke naša najpomembnejša drevesna in lesna vrsta. Les bukve vsebuje trahejne člene, vlakna, aksialni parenhim in pa trakove dveh različnih velikostnih redov. Trahejni členi, ki jih sestavljajo traheje, tako kot vse celice lesa nastajajo v kambiju. Trahejni členi pri bukvi so dokaj dolgi, saj velja bukev za evolucijsko primitivno drevesno vrsto. Srednji premer trahej v lesu bukve znaša okoli $100 \mu\text{m}$ (Čufar, 2006), vendar obstajajo razlike v premerih trahej ranega in kasnega lesa. Presenetljivo, v literaturi ni mogoče najti natančnih kriterijev za razmejitve ranega in kasnega lesa. S premeri trahej se je doslej ukvarjalo nekaj študij (npr. Sass in Eckstien, 1995, Petric, 2011). Pri vseh študijah ugotavljajo, da dimenzijske trahej vsebujejo koristne informacije o vplivu različnih dejavnikov na drevo v času nastajanja lesa. Da bi te vplive lahko bolje spoznali, moramo dobro poznati variabilnost dimenzij trahej in proces nastajanja lesa, ki so ga na Katedri za tehnologijo lesa začeli sistematicno proučevati v zadnjih letih (Prislan, 2007, Prislan in sod., 2010).

Poznavanje procesa nastajanja lesa nam omogoči, da v braniki lahko rekonstruiramo, kdaj je nastal določen del branike, zato smo se odločili, da bomo pri 6 bukvah z rastišča Panška reka pri Ljubljani (400 m nadmorske višine) opravili merjenje dimenzij trahej v branikah nastalih v letih 2008, 2009 in 2010. Preparate, na katerih smo opravljali meritve, smo vzeli iz arhiva Katedre za tehnologijo lesa. Vzorčenje lesa bukve je bilo opravljeno v okviru usposabljanja mladega raziskovalca Petra Prislana.

Cilji pričujočega diplomskega projekta so bili:

- (a) v vsakem pasu branike, ki je nastal v znanem tednu izmeriti dimenzijske trahej (površino, minimalni in maksimalni premer) s pomočjo računalniškega programa za analizo slike;
- (b) primerjati dimenzijske trahej znotraj posamezne branike (od ranega proti kasnemu lesu in po obodu branike) in med branikami nastalimi v različnih letih;
- (c) ugotoviti, ali obstaja zveza med širino branike ter dimenzijskimi prvih in zadnjih nastalih trahej.

2 PREGLED OBJAV

2.1 BIOLOGIJA BUKVE

Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.) spada v družino bukovk (*Fagaceae*). Je listopadna drevesna vrsta, ki zraste v naših krajih v višino od 25 do 40 m ter doseže premer debla od 60 do 80 cm (Kotar in Brus, 1999).

Bukev je naravno razširjena v večini srednje in zahodne Evrope, na severu pa jo najdemo še v južni Angliji in na južnem koncu Skandinavije. Uspeva tudi po južnoevropskih gorovjih, kot naprimer v Pirenejih, Apeninah in Dinarskem gorovju. V Alpah jo najdemo do 1700, v Apeninah pa do 1950 m nadmorske višine (Brus, 2004).

V Sloveniji je razširjena vse od nižin in ponekod do gozdne meje oz. do pasu ruševja na Snežniku. V nižinah jo najdemo primešano v sestojih navadnega gabra in gradna, v predgorskem pasu oblikuje čiste sestoje, v gorskem pasu pa sta ji primešani tako smreka kot tudi jelka. V Sloveniji manjka po nižinah, kjer je nevarnost pozeb in poplav, v Primorju in v Prekmurju (Kotar in Brus, 1999).

Bukev je sencovzdržna drevesna vrsta, kar je za njo še posebej značilno v mladosti, ko lahko oblikuje nežne senčne liste. Glede toplove je zahtevnejša drevesna vrsta in za dobro uspevanje potrebuje vsaj 5 mesecev dolgo vegetacijsko dobo. Najbolje uspeva na globokih, zračnih, svežih in s kalcijem obogatenih tleh, kjer je velika zračna vlaga in obilne padavine (Kotar in Brus, 1999).

Rast bukve je razmeroma hitra, v mladosti pa je pogosto upočasnjena, še posebej, če je mlado drevo zasenčeno. Lastnost bukve je, da lahko dolgo prezivi v senci, kasneje ob zadostni svetlobi, npr. zaradi poseka sosednjih dreves, pa normalno nadaljuje z rastjo. Samo priraščanje lesa pa je odvisno od rodovitnosti rastišča, tako priraščajo bukovi gozdovi pod samo gozdno mejo na Snežniku le $2\text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$, v gozdovih gričevja, kjer so talne razmere izredno ugodne, pa tudi do 10 in več $\text{m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ (Brus, 2004).

2.2 MIKROSKOPSKA ZGRADBA LESA BUKVE

Bukov spada med evolucijsko primitivnejše listavce. Les oz. sekundarni ksilum sestavlja: traheje, vlakna, aksialni parenhim in trakovi (Čufar, 2006)

Bukov uvrščamo med difuzno porozne listavce, saj so traheje po prečnem prerezu razporejene difuzno, posamično, ali pa v manjših skupkih po 2-3 traheje. Branike bukve so lepo razločne, saj je kasni les temneje obarvan in vsebuje manj trahej na enoto površine. Trahejni členi, ki jih sestavljajo traheje, so relativno dolgi, zašiljeni ter z lestvičastimi ali enostavnimi perforacijami (Čufar, 2006).

Osnovno vlaknato tkivo pri bukvi predstavljajo traheide z obokanimi piknjami, ki sodelujejo pri prevajjanju vode in opravljam mehansko naloge. Aksialni parenhim je apotrahealen in je razporen difuzno ali difuzno v agregatih. Trakovno tkivo je sestavljeno iz parenhimskeh celic. Trakovi so dveh različnih velikosti. Manjši so 2 do 4 redni in nizki, večji pa nad 10 redni in visoki nad 1mm. Trakovi na letnici so v prečnem prerezu razširjeni, v radialnem prerezu so vidni kot bleščeča zrcala, v tangencialnem prerezu pa so kot značilna 2-4 mm visoka temna vretena (Čufar, 2006).

2.3 ANALIZA SLIKE

Z uvajanjem modernih računalniško podprtih tehnik v znanosti je dobila slika povsem nov pomen. Vsaka slika nosi v sebi zakodirane informacije, ki jih lahko izluščimo le s pomočjo orodja, ki mu pravimo analiza slike. Analiza slike je tehnika, ki se je najprej uveljavila v medicini in biologiji, kasneje pa tudi v anatomiji lesa. Z analizo slike spremojemo slikovne informacije v numerične in izluščimo le tiste podatke, ki so nosilci informacij in predstavljajo bistvo naše raziskave. Tipičen potek zajemanja informacije se najprej začne z zajemom same slike, potem teče preko različnih obdelav slike in se na koncu konča v obliki numerične informacije v tabeli (Levanič, 1999).

V gozdarstvu in lesarstvu z analizo slike pogosto proučujemo mikroobjekte, kamor spadajo mikroskopski preparati lesa, hif gliv, mikorize, koreninskih pletežev mladih dreves, ipd., med makroobjekte pa naprimer spadajo slike osutosti drevja, slike branike, listi in iglice, ipd. (Levanič, 1999).

2.4 ANALIZA TRAHEJ PRI BUKVI

Analize dimenzij trahej v lesu bukve so že bile opravljene v predhodnih študijih o nastajanju lesa. Petric, (2011) je pri 12 bukvah z dveh rastišč Panška reka pri Ljubljani (400 m nadmorske višine) in Menina planina (1200 m nadmorske višine) meril dimenzije trahej v branikah nastalih v letih 2006, 2008, 2009. Meritve je opravil po metodi premikajočih se oken.

Površina in minimalni premer trahej sta se pokazala kot najbolj relevantna za ovrednotenje variabilnosti dimenzij trahej po braniki. Ugotovil je, da so na Panški reki v braniki 2006 površine trahej v prvih 70% branike le počasi upadale, nato pa se je trend upadanja naglo povečal. Podobne zakonitosti je opazil tudi v braniki 2009, medtem ko pa je pri braniki 2008, zmanjševanje trahej opazil že na polovici branike. Na Menini planini pa so bile izmerjene le branike v letih 2008 in 2009. Ugotovil je, da sta imeli ti dve braniki podobno širino in primerljivo zgradbo s postopnim zmanjševanjem površin trahej. Ugotovljeno je bilo tudi, da je število trahej na enoto površine razmeroma konstantno po celotni braniki, le v zaključnem delu branike je bilo možno opaziti rahlo zmanjšanje števila trahej.

Za braniko 2006 z rastišča Panška reka je Petric (2011) uporabil tudi metodo tedenskih prirastkov. Pripravil je trahejograme, s katerimi je prikazal spreminjanje površin trahej glede na teden njihovega nastanka. Ugotovil je, da so od 108. dneva v letu (18. aprila), ko so nastale prve traheje do 170. dneva v letu (19. junija) imele traheje dokaj enakomerno velike površine, od 19. junija pa se je površina trahej začela manjšati.

Za metodo tedenskih prirastkov je treba poznati, kako je nastajal les analizirane branike. Proces nastajnja lesa pri bukvi je začel raziskovati Prislan 2007. Raziskave, ki tečejo še danes, so bile predstavljene v članku Prislana in sodelavcev (2010). Omenjena vira poročata, da lahko nastajanje lesa pri bukvi opišemo z Gompertzovo funkcijo, saj se ta funkcija, v obliki črke »S« najbolje prilega procesu nastajanja lesa. Ta spoznanja smo uporabili tudi za analizo dimenzij trahej v tej nalogi.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OPIS RASTIŠČ

Analizo trahej smo izvedli na šestih bukovih drevesih z rastišča Panška reka ($46^{\circ} 00' S$ in $14^{\circ} 60' V$; okoli 400 m n.m.v.). iz bližine Ljubljane. Na rastišču smo izbrali dominantna in kodominantna bukova drevesa stara nad 100 let, premera okoli 50 cm.

3.2 ANALIZA SLIKE

Vse preparate prečnih prerezov lesa bukve, katere smo potrebovali za analizo slike smo vzeli iz arhiva v laboratoriju na Katedri za tehnologijo lesa. Preparati so bili izdelani za raziskave nastajanja v okviru disertacije Petra Prislana. Uporabljeni preparati so bili obarvani s safraninom, kateri obarva lignin v celični steni rdeče in z astra modrim, ki obarva celulozo modre barve. Debelina rezine preparata je bila 10 μm . Za opazovanje in meritve smo uporabili mikroskop Nikon Eclipse E800 in digitalno kamero DS-Fi1, za analizo slike pa računalniški program NIS-Elements BR 3.0.

3.2.1 Zajem slike

Zelo pomemben dejavnik za kakovostno sliko je dober preparat, katerega smo izbrali po vnaprej določenih kriterijih med preparati branike po koncu vegetacijske dobe, ko je bila branika tekočega leta popolnoma oblikovana.

Preparat je moral biti brez napak, kar pomeni, da je morala biti celotna branika na preparatu, ni smela vsebovati reakcijskega lesa, ni smela biti pretrgana, prepognjena ali stisnjena. Za natančnejšo analizo pa je zelo pomembno, da so lumni trahej na preparatu prazni (npr. brez til in vključkov) in bele barve. Take lumne lahko računalniški program najbolje zazna. Po pravilni izbiri preparata je bilo po potrebi potrebno očistiti tudi krovno

steklo, saj se pri izelavi preparatov lahko naredi, da nekaj vklopnega medija (Euparala) pride na zunanji del krovnega stekla, kar pa nam onemogoča da bi lahko posneli dobro sliko. To težavo smo rešili tako, da smo preparat očistili z ostrim nožen in čistim papirjem. Pri tem pa smo morali zelo paziti, da ne bi poškodovali krovnega stekla. Zatem smo preparat postavili na mizico mikroskopa ter uporabili objektiv s 4-kratno povečavo. Nato smo sliko pravilno usmerili s pomočjo vrtljive mizice in jo izostrili. Po grobi nastavitevi slike smo jo zajeli na računalnik, kjer je potekala nadaljnja obdelava slike, v računalniškem programu NIS Elements BR 3.0. Ko smo imeli sliko na računalniškem zaslonu, jo je bilo najprej potrebno kalibrirati. To smo storili tako, da smo v programu za analizo slike izbrali povečavo objektiva. Nato smo uredili barvo slike s funkcijo "Auto White", s katerim smo dosegli, da so bili lumni celic beli. Potem smo dokončno izostrili sliko in pa jo nastavili tako, da so bili lumni trahej čim bolj bele barve. Ko je bila slika pripravljena, smo jo zajeli s funkcijo "Capture", ki živo sliko zamrzne.

Kadar so bile branike preširoke, da bi jih lahko zajeli v vidno polje ekrana, smo jih zajeli po delih (dva ali trije deli) ter jih na koncu spojili. Pri tem delu smo morali paziti predvsem to, da so bile vse slike, ki smo jih uporabili posnete pri enaki osvetlitvi in resoluciji. Pri sami spojitevi slik pa smo uporabili funkcijo "Stitch Large images from Files". Te zaporedne slike pa so se morale med seboj nekoliko prekrivati, da jih je računalnik lahko sestavil v celotno sliko. Po tem smo sliko shranili v JP2 format in vsako sliko poimenovali s šifro, ki je vsebovala datum odvzema vzorca, številko drevesa in mesto odvzema vzorca. Primer šifre je: 13_09_10_6_PA in pomeni, da je bil vzorec odvzet 13.9.2010, na drevesu številka šest in lokaciji Panška reka.

3.2.2 Merjenje dimenzij trahej s pomočjo programa za analizo slike

Po zajetju slike smo lahko začeli z meritvami v programu NIS-Elements BR 3.0. Naše histometrične meritve trahej na braniki razdeljeni na tedenske prirastke, smo določili s pomočjo Gompertzove funkcije.

Same meritve so zajemale meritve površin, premerov in obsegov lumnov trahej v izbrani braniki in to po posameznih segmentih, na katere smo razdelili braniko, glede na tedne nastajanja branike. Ko smo imeli braniko razdeljeno na tedenske prirastke, smo pričeli z merjenjem. Prve in zadnje traheje smo merili tik ob letnici. To smo storili tako, da smo posamezen del označili z oknom, v katerem je računalnik nato zaznal traheje. Traheje v prečnem prerezu so večinoma ovalne, zato je v anatomiji lesa dogovorjeno, da merimo njihove tangencialne dimenzije (Čufar, 2006). Ker sistemi za analizo slike niso narejeni za analizo lesa, omogočajo da na ovalnih strukturah merimo minimalni in maksimalni premer. V primeru trahej v lesu, velja da minimalni premer v bistvu predstavlja tangencialni premer trahej. Uporabili smo polavtomatsko merjenje, kar pomeni, da smo določene parametre (barvo lumna, okroglost in velikost) morali prilagoditi sami, nato smo s kliki pokazali lumen vsake traheje, nazadnje pa je program in omenjene meritve opravil avtomatsko. Ta postopek smo ponavljali toliko časa, dokler nismo izmerili dimenzij trahej v vseh tedenskih prirastkih v braniki, nato pa smo vse dobljene podatke za nadaljnjo analizo izvozili v program Microsoft Excel, kjer smo podatke obdelali.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

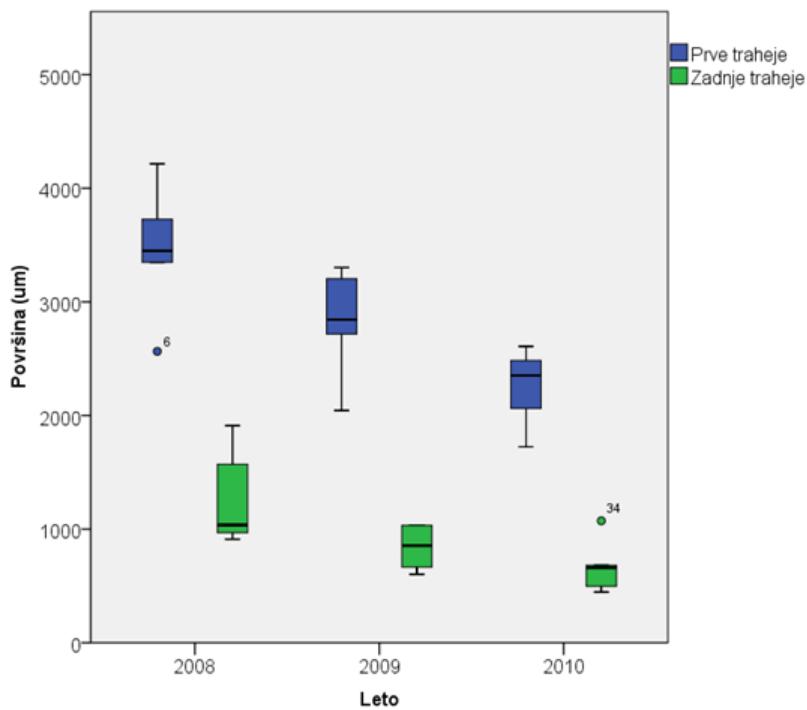
4.1 STATISTIČNA PRIMERJAVA TRAHEJ RANEGA IN KASNEGA LESA

Najprej prikazujemo statistične rezultate meritev v trahejah ranega in kasnega lesa, pri katerih smo merili površino, minimalni in maksimalni premer ter preverili morebitne razlike med leti oz. med prvimi nastalimi trahejami in zadnjimi nastalimi trahejami. Iz pridobljenih rezultatov lahko vidimo, da obstajajo statistično značilne razlike tako med posameznimi leti (branikami), kot med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami v posamezni braniki med površinami ter med minimalnimi in maksimalnimi premeri trahej.

Preglednica 1: Dimenzijski podatki prvih in zadnjih trahej v branikah nastalih v letih 2008, 2009, 2010 (osnovna statistika)

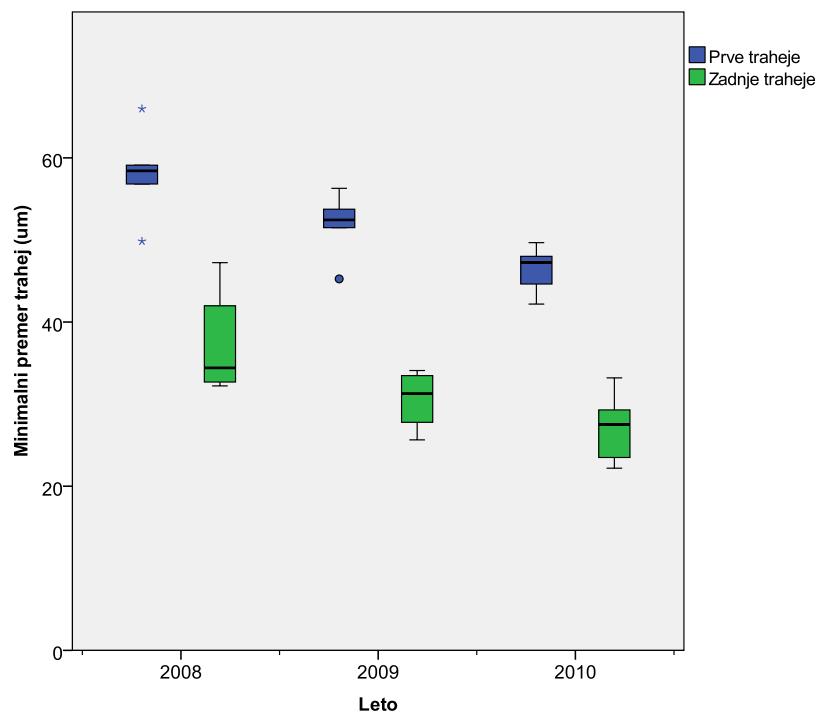
		2008			2009			2010		
		Površina μm ²	Minimalni premer μm	Maksimalni premer μm	Površina μm ²	Minimalni premer μm	Maksimalni premer μm	Površina μm ²	Minimalni premer μm	Maksimalni premer μm
Prvo nastale traheje	Število	91	91	91	111	111	111	110	110	110
	Povprečje	3530,01	58,81	87,11	2808,08	51,84	78,76	2274,89	46,60	74,41
	Minimum	1795,22	43,83	60,18	1029,98	33,77	45,57	981,09	33,09	46,66
	Maksimum	5704,31	78,32	108,52	4394,14	69,61	104,03	3444,59	58,15	96,75
	Standardni odklon	711,72	6,78	8,67	609,24	5,97	10,03	460,05	4,61	8,05
	% St. odklona	20,16	11,53	9,96	21,70	11,52	12,74	20,22	9,90	10,81
	95% interval zaupanja	146,23	1,39	1,78	113,34	1,11	1,87	85,97	0,86	1,50
Zadnje nastale traheje	Število	18	18	18	18	18	18	36	36	36
	Povprečje	1251,64	37,49	49,82	840,67	30,72	42,45	677,00	27,32	40,56
	Minimum	806,47	29,26	41,13	511,61	24,37	33,93	314,16	18,76	26,43
	Maksimum	2399,70	52,24	71,14	1402,04	39,95	53,97	2433,84	51,26	70,27
	Standardni odklon	474,55	6,86	8,20	220,79	3,95	5,42	377,17	5,90	8,93
	% St. odklona	37,91	18,30	16,46	26,26	12,87	12,77	55,71	21,60	22,01
	95% interval zaupanja	219,22	3,17	3,79	102,00	1,83	2,50	123,21	1,93	2,92

V zgornji preglednici (Preglednica 1) so prikazani vsi podatki, pri katerih smo preverili ali obstajajo statistično značilne razlike tako med leti kakor tudi med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami. Slika 1 (slika 1) pa prikazuje primerjavo med površinami prvih in zadnjih trahej v braniki 2008, 2009, 2010.



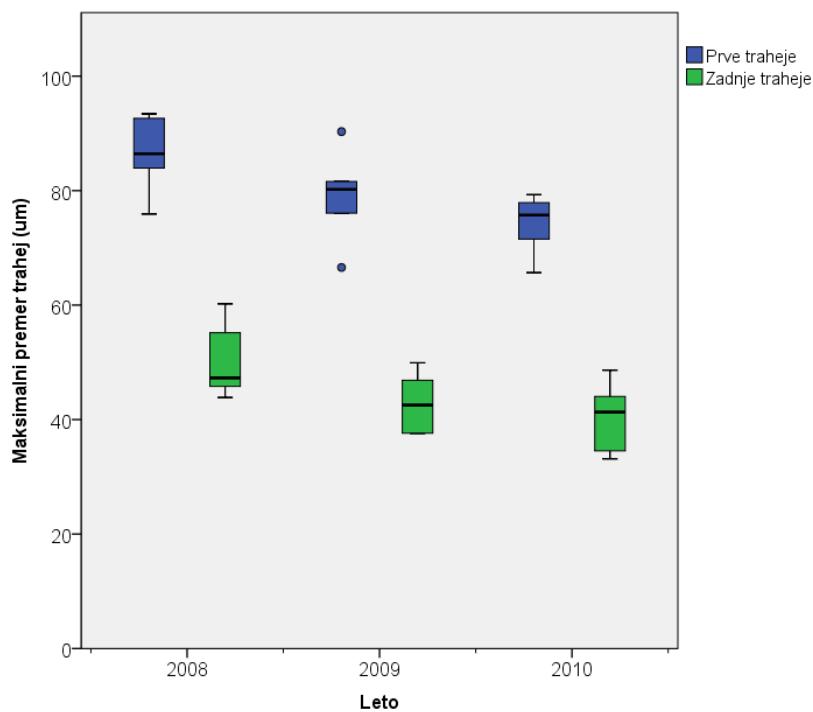
Slika 1: Površine prvih in zadnjih trahej v branikah 2008, 2009, 2010

Pri površini trahej obstajajo statistično značilne razlike med leti ($F = 33,08; p = 0,000^{***}$) in statistično značilne razlike med prvimi nastalimi trahejami (P) in zadnjimi nastalimi trahejami (Z) ($F = 136,71; p = 0,000^{***}$).



Slika 2: Minimalni premeri prvih in zadnjih trahej v branikah 2008, 2009, 2010

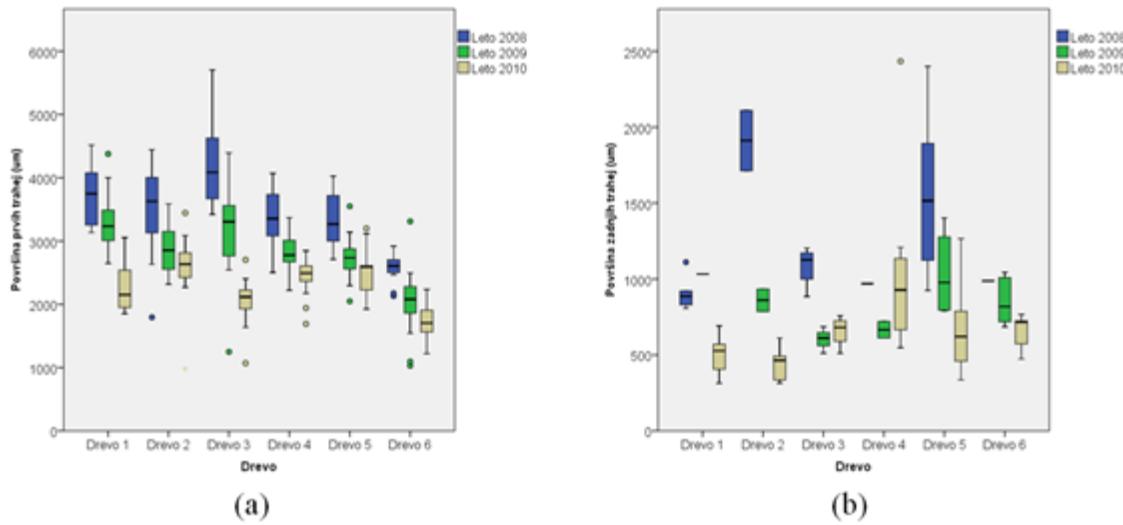
Pri minimalnih premerih trahej obstajajo statistično značilne razlike med leti ($F = 7,12$; $p = 0,024$) in statistično značilne razlike med prvimi nastalimi trahejami (P) in zadnjimi nastalimi trahejami (Z) ($F = 23,485$; $p = 0,001$).



Slika 3: Maksimalni premeri prvih in zadnjih trahej v branikah 2008, 2009, 2010

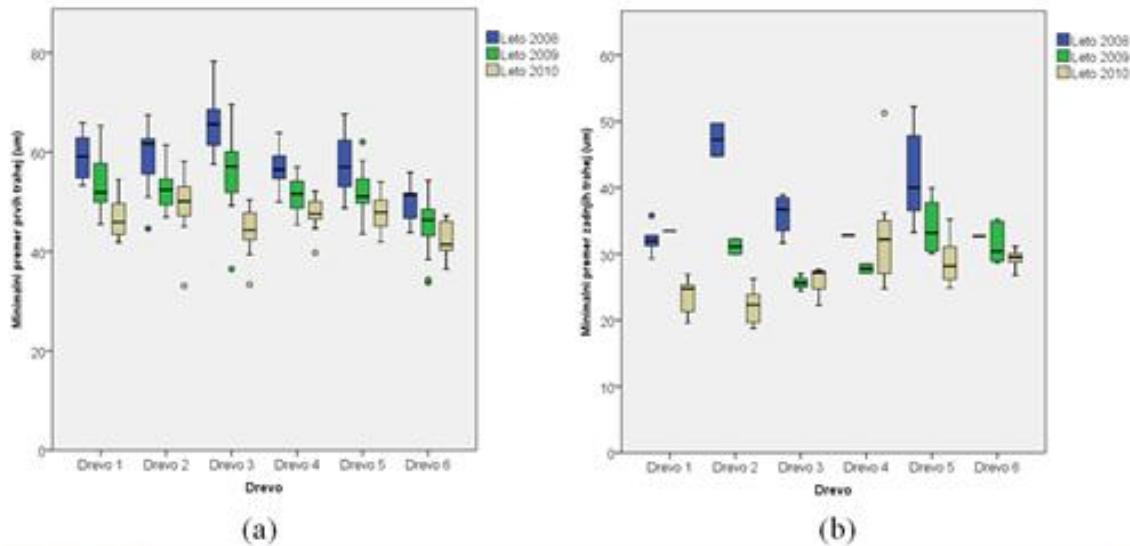
Pri maksimalnih premerih trahej obstajajo statistično značilne razlike med leti ($F = 19,67$; $p = 0,001$) in statistično značilne razlike med prvimi nastalimi trahejami (P) in zadnjimi nastalimi trahejami (Z) ($F = 204,11$; $p = 0,000^{***}$).

Na spodnji sliki (slika 4) so prikazane razlike v površini med prvimi in zadnjimi trahejami, kjer lahko vidimo, da površine prvih trahej variirajo med 2000 do 4000 μm , medtem ko površine zadnjih trahej variirajo med 500 in 1000 μm . Podobno sta ugotovila Sass in Eckstein (1995), ki sta analizirala traheje v branikah bukve. Vizualna primerjava podatkov kaže na veliko raznolikost med posameznimi drevesi in tudi med leti, vendar tega statistično nismo preverili. Vzrok za takšno variabilnost bi lahko bili različni klimatski pogoji med leti. Predvsem padavine vplivajo na velikost trahej, kot sta ugotovila tudi Sass in Eckstein (1995).



Slika 4: Površina prvih trahej (a) in zadnjih trahej (b) glede na leto nastanka za 6 dreves

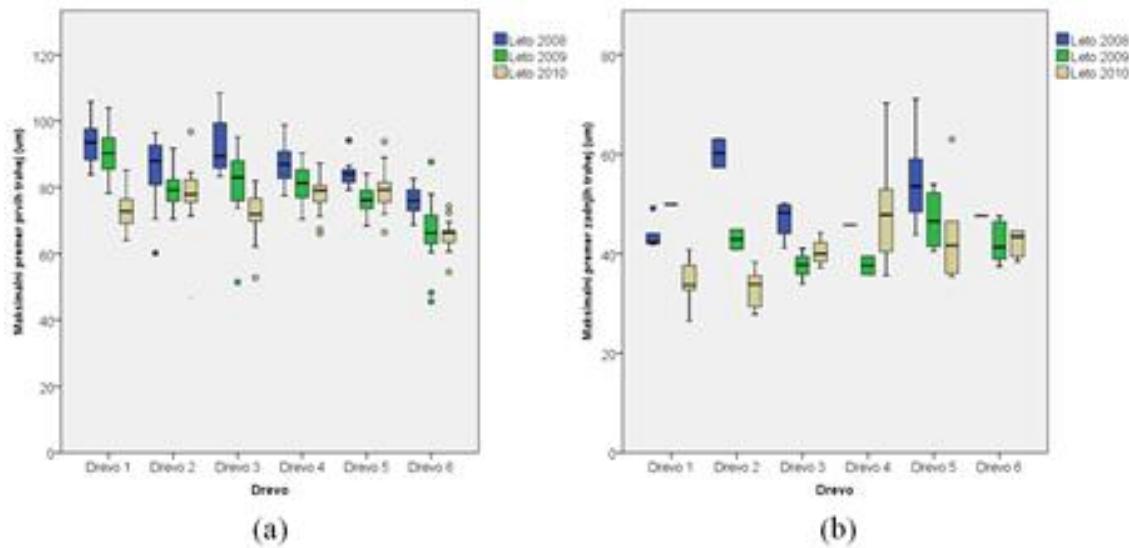
Na spodnji sliki (slika 5) pa lahko zaznamo predvsem veliko raznolikost minimalnega premera zadnjih trahej med posameznimi drevesi in to predvsem pri drevesu 2, medtem ko so te razlike dokaj enakomerne pri minimalnem premeru prvih trahej med posameznimi drevesi.



Slika 5: Minimalni premer prvih trahej (a) in zadnjih trahej (b) glede na leto nastanka za 6 dreves

Na spodnji sliki (slika 6) prav tako lahko vidimo veliko raznolikost maksimalnega premera zadnjih trahej med posameznimi drevesi, med katerimi ponovno najbolj izstopa drevo 2.

Maksimalni premer prvih trahej pa je zelo enakomeren tako med posameznimi drevesi, kakor tudi med leti.



Slika 6: Maksimalni premer prvih trahej (a) in zadnjih trahej (b) glede na leto nastanka za 6 dreves

Po pregledu statističnih podatkov za leto 2008 lahko ugotovimo, da ima glede na prvo nastale traheje največji relativni standardni odklon za površino drevo 2, saj znaša ($RSD = 19,53\%$), za minimalni premer drevo 2 ($RSD = 10,12\%$), za maksimalni premer pa prav tako drevo 2 in znaša ($RSD = 11,44\%$). Najmanjši relativni standardni odklon, gledan s stališča prvo nastalih trahej za površino ima drevo 6 in ta znaša ($RSD = 9,31\%$), za minimalni premer drevo 4 ($RSD = 6,83\%$), za maksimalni premer pa drevo 5 in znaša ($4,38\%$). Iz statističnih podatkov za leto 2008, glede na zadnje nastale traheje, pa lahko vidimo, da ima največji relativni standardni odklon za površino drevo 5 in znaša ($RSD = 37,81\%$), za minimalni premer prav tako drevo 5 ($RSD = 18,81\%$), za maksimalni premer pa drevo 5 in znaša ($RSD = 19,19\%$). Najmanjši relativni standardni odklon s stališča zadnjih trahej za površino ima drevo 3, ki znaša ($RSD = 12,81\%$), za minimalni premer drevo 1 ($RSD = 7,42\%$), za maksimalni premer pa drevo 2, saj znaša ($RSD = 6,69\%$).

Statistični podatki prvih trahej za leto 2009 kažejo, da ima drevo 6 največji relativni standardni odklon s stališča prvih trahej za površino in znaša ($RSD = 24,22\%$), za minimalni premer s stališča prvih trahej ima največji relativni standardni odklon drevo 3 in

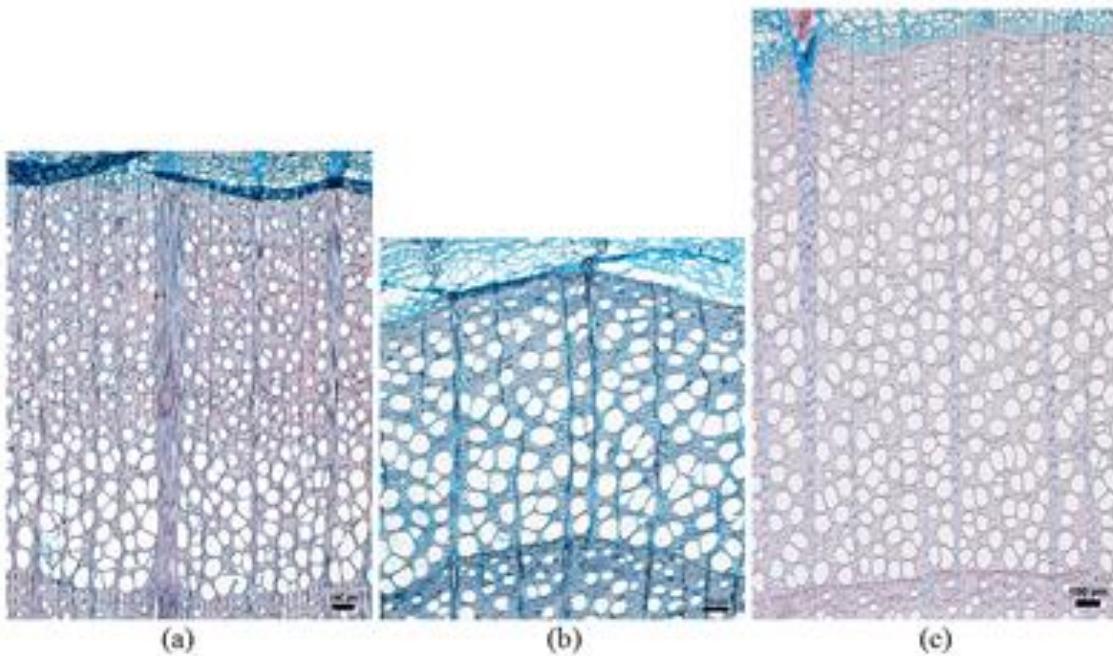
znaša ($RSD = 12,35\%$), za maksimalni premer pa drevo 6 in znaša ($RSD = 13,82\%$). Najmanjši relativni standardni odklon gledan s stališča prvih trahej za površino ima drevo 4 in znaša ($RSD = 10,18\%$), za minimalni premer prav tako drevo 4 ($RSD = 7,02\%$), za maksimalni premer pa drevo 5 in znaša ($RSD = 5,46\%$). Iz statističnih podatkov za zadnje traheje pa lahko ugotovimo, da ima drevo 5 največji relativni standardni odklon za površino in znaša ($RSD = 28,59\%$), za minimalni premer drevo 5 ($RSD = 13,49\%$), za maksimalni premer pa prav tako drevo 5 in znaša ($RSD = 13,76\%$). Najmanjši relativni standardni odklon s stališča zadnjih trahej za površino ima drevo 4, ki znaša ($RSD = 11,58\%$), za minimalni premer pa prav tako drevo 4 ($RSD = 3,61\%$), za maksimalni premer pa drevo 2, saj znaša ($RSD = 6,64\%$).

Iz statističnih podatkov za leto 2010 lahko ugotovimo, da ima s stališča prvih trahej največji relativni standardni odklon za površino drevo 2 in znaša ($RSD = 17,95\%$), za minimalni premer drevo 2 ($RSD = 10,40\%$), za maksimalni premer pa prav tako drevo 2 in znaša ($RSD = 11,60\%$). Najmanjši relativni standardni odklon, gledan s stališča prvo nastalih trahej za površino ima drevo 4 in znaša ($RSD = 11,31\%$), za minimalni premer drevo 4 ($RSD = 6,24\%$), za maksimalni premer pa drevo 6, saj znaša ($RSD = 6,89\%$). Iz statističnih podatkov za leto 2010, glede na zadnje nastale traheje, lahko vidimo, da ima največji relativni standardni odklon za površino drevo 4 in znaša ($RSD = 60,15\%$), za minimalni premer prav tako drevo 4 ($RSD = 27,09\%$), za maksimalni premer pa tudi drevo 4 in znaša ($RSD = 24,18\%$). Če podatke gledamo s stališča zadnjih trahej, pa lahko ugotovimo, da ima najmanjši relativni standardni odklon za površino drevo 3 in znaša ($RSD = 15,96\%$), za minimalni premer drevo 6 ($RSD = 5,01\%$), za maksimalni premer pa prav tako drevo 6, saj znaša ($RSD = 6,49\%$).

Če povzamemo vse zgornje rezultate, lahko ugotovimo, da je pri merjenju površine za vsa leta (2008, 2009, 2010) prišlo do največjega standardnega odklona od povprečja, medtem ko so imele meritve minimalnega in maksimalnega premera trahej dokaj enakomerni standardni odklon od povprečja, kar pomeni, da sta to podatka, ki sta najbolj relevantna za ovrednotenje dimenzij trahej po braniki.

4.2 ANATOMSKA ANALIZA LESA BUKVE

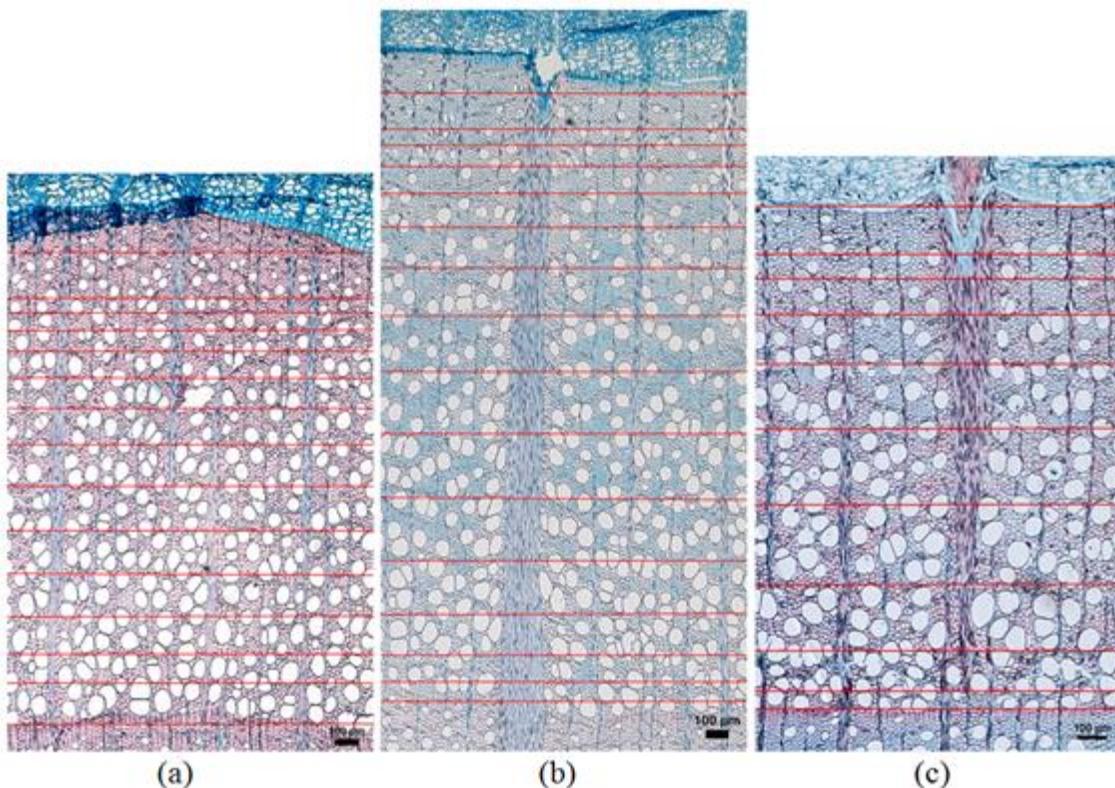
Na spodnji sliki (slika 7) lahko primerjamo dimenzije trahej na posnetkih treh branik. Vidimo, kako se spreminja velikosti trahej od ranega proti kasnem lesu, pri čemer so spremembe lahko postopne ali ostre. Razpored trahej se lahko zdi pol-venčasto porozen ali pa so traheje v braniki enakomerno velike. Vidimo lahko, da se premeri trahej v primeru na sliki (Slika 7 a) naglo znatno zmanjšajo, medtem ko so na sliki 7 b bistveno manjše od večine trahej samo tiste ob zaključku branike, sicer pa imajo traheje vzdolž celotne branike približno enak premer. Na sliki 7 c pa je prikazana branika, na kateri se premer trahej postopno zmanjšuje in ni nobenega ostrega prehoda med trahejami z velikim premerom in tistimi z malim premerom.



Slika 7: Prečni prerez lesa bukve (*Fagus sylvatica* L.), z drevesa 1, dne 8.9.2008 (a), z drevesa 2, dne 1.9.2008 (b), z drevesa 5, dne 13.9.2010 (c)

Na spodnji sliki (slika 8), so prikazane branike bukve, ki so razdeljene po metodi tedenskih prirastkov. Les med dvema vodoravnima rdečima črtama je nastal v enem tednu. Iz slik lahko vidimo, da branika začne nastajati zelo počasi in je prirastek lesa v braniki v prvih nekaj tednih majhen, v sredini rastne sezone, pa je kambij zelo produktiven in branika nastaja zelo intenzivno. Takrat je prirastek branike nekajkrat večji kot prve tedne

nastajanja, ob koncu rastne sezone pa se aktivnost kambija zopet upočasni in opazimo znatno manjši prirastek branike. Dinamiko nastajanja branike lahko najbolje opišemo z Gompertzovo funkcijo (Prislan, 2007, Prislan in sod., 2010).

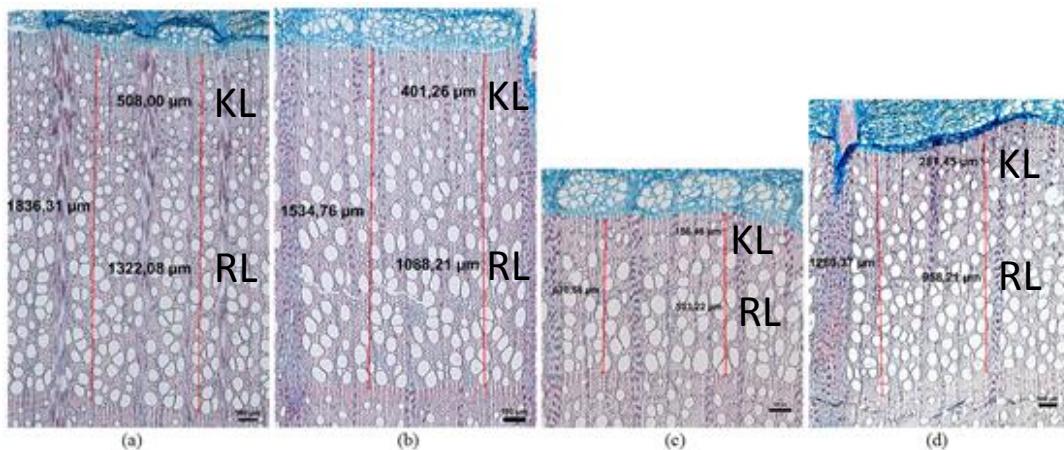


Slika 8: Prečni prerezni lesa bukve (*Fagus sylvatica* L.) drevesa 2, dne 13.9.2010 (a), drevesa 2, dne 14.9.2009 (b), drevesa 2, dne 22.9.2008 (c)

V prvih in zadnjih nekaj tednih rastne sezone je prirastek lesa v braniki zelo majhen (pod 100 µm na teden), zato smo zaradi lažjih meritev pasove branike, ki so nastali v prvih tednih kambijeve aktivnosti, združili v pas, ki je bil širok vsaj 100 µm. Podobno smo naredili tudi za les nastal ob zaključku kambijeve aktivnosti.

Spodnja slika (slika 9) prikazuje variabilnost širine branike po obodu posameznega drevesa. Opravljena je bila vizualna razmejitev med ranim in kasnim lesom na osnovi premera trahej, kot je prikazano na sliki. Na sliki je izmerjena širina branike in ocenjen delež trahej z velikim premerom (rani les; 50 µm) in tisti del branike, ki vsebuje traheje z

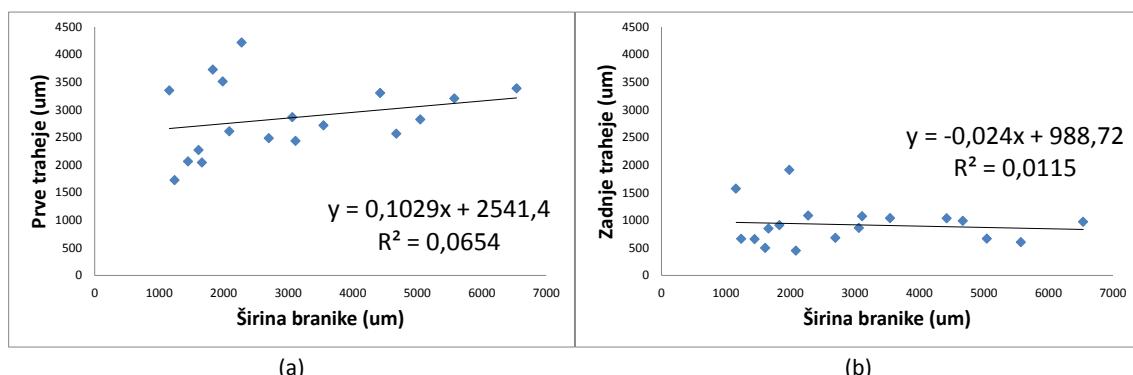
manjšimi premeri (kasni les; 35 µm). Tako je na sliki prikazan ocenjen prehod iz ranega v kasni les. Slika nam prikazuje zelo veliko variabilnost širine branike po obodu drevesa.



Slika 9: Prečni prerezni lesa bukve (*Fagus sylvatica* L.), drevesa 6 ob koncu rastne sezone na različnih mestih v drevesu. Datumi odvzema lesa za analize: (a) 20.9.2010, (b) 13.9.2010, (c) 6.9.2010, (d) 30.8.2010

4.3 RAZMERJE MED VELIKOSTJO TRAHEJ IN ŠIRINO BRANIK

Spodnja slika (slika 10) prikazuje odvisnost prvih in zadnjih trahej v odvisnosti od širine branike. Na sliki 10 a in 10 b lahko vidimo, da ni bilo ugotovljenih nobenih statističnih zakonitosti, s katerimi bi lahko obrazložili zvezo med širino branike in dimenzijami prvih in zadnje nastalih trahej, saj vidimo, da je koeficient trendne črte majhen, prav tako, pa lahko vidimo, da je nizek in neznačilen tudi determinacijski koeficient (R^2).

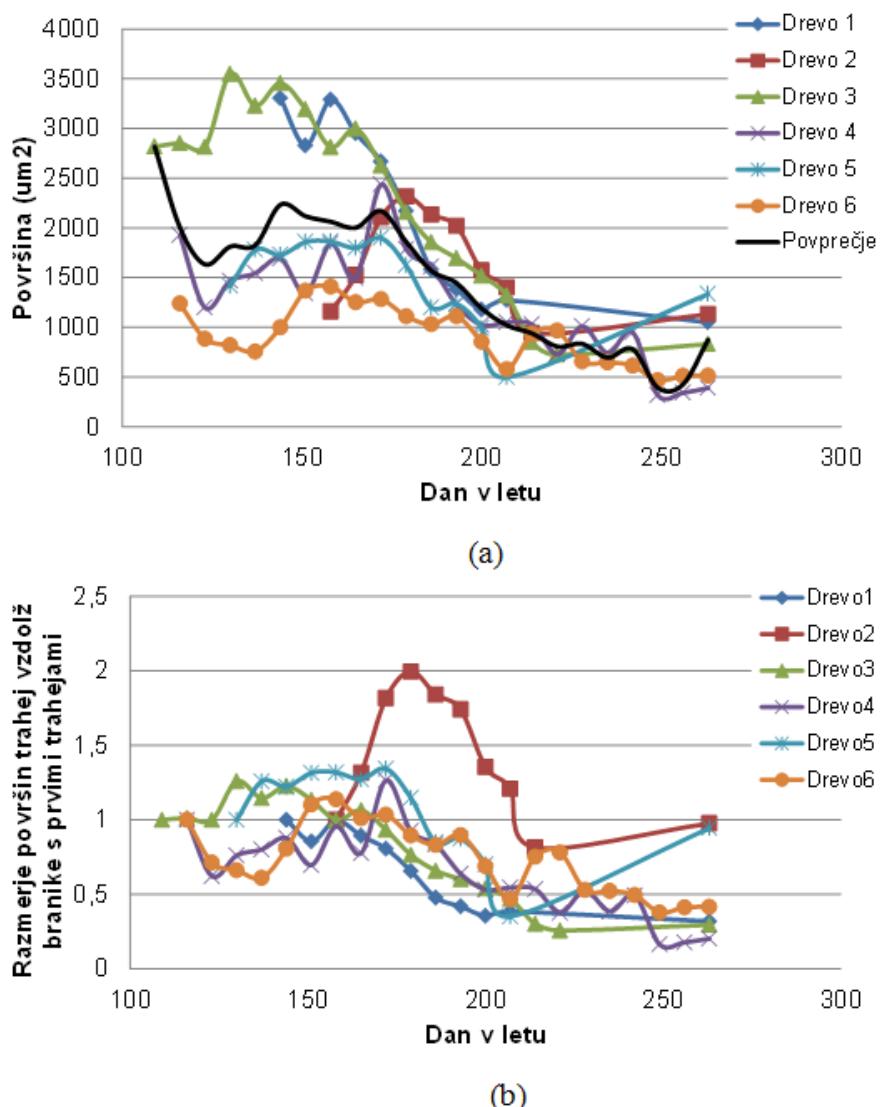


Slika 10: Primerjava prvih (a) in zadnjih (b) trahej v odvisnosti od širine branike

4.4 ANALIZA BRANIK 2008, 2009 IN 2010 Z METODO TEDENSKIH PRIRASTKOV

Z metodo tedenskih prirastkov smo pridobili podatke za površino, minimalni in maksimalni premer ter posamezna razmerja teh podatkov za traheje v braniki, ki smo jo razdelili na tedenske prirastke. Iz grafov za površino, minimalni in maksimalni premer v odvisnosti od dneva nastanka v letu lahko vidimo, da so površina, minimalni in maksimalni premer trahej za posamezna drevesa do 170. dneva v letu konstantni, nato pa vse do vključno 220. dne v letu padajo, za tem pa zopet postanejo bolj ali manj konstantni. Iz grafov razmerij lahko vidimo podobno zakonitost. Vendar pa lahko vidimo tudi različna odstopanja, kot so naprimer drevo 2 (slika 11 b) in drevo 2 (slika 13 b), za kar so možni tudi različni vzroki, med njimi tudi pojav tenzijskega lesa.

Iz slike 11 a je razvidno, da je površina trahej pri posameznih drevesih močno variirala do približno 170. dne v letu, od tega dne naprej, pa so bile površine podobne pri vseh drevesih. Primerjava trahej nastalih v prvem tednu rastne sezone s trahejami, nastalimi v nadaljnjih tednih rastne sezone (slika 11 b), je pri vseh drevesih pokazala podobno razmerje; v obdobju od 109. dne v letu do 172. dne v letu je razmerje dokaj enako, nato pa je to razmerje manjše. Pri nekaterih drevesih pa smo opazili odstopanja; pri drevesu 2 so bile traheje sredi rastne sezone kar za 2-krat večje kot traheje nastale v prvem tednu rastne sezone.

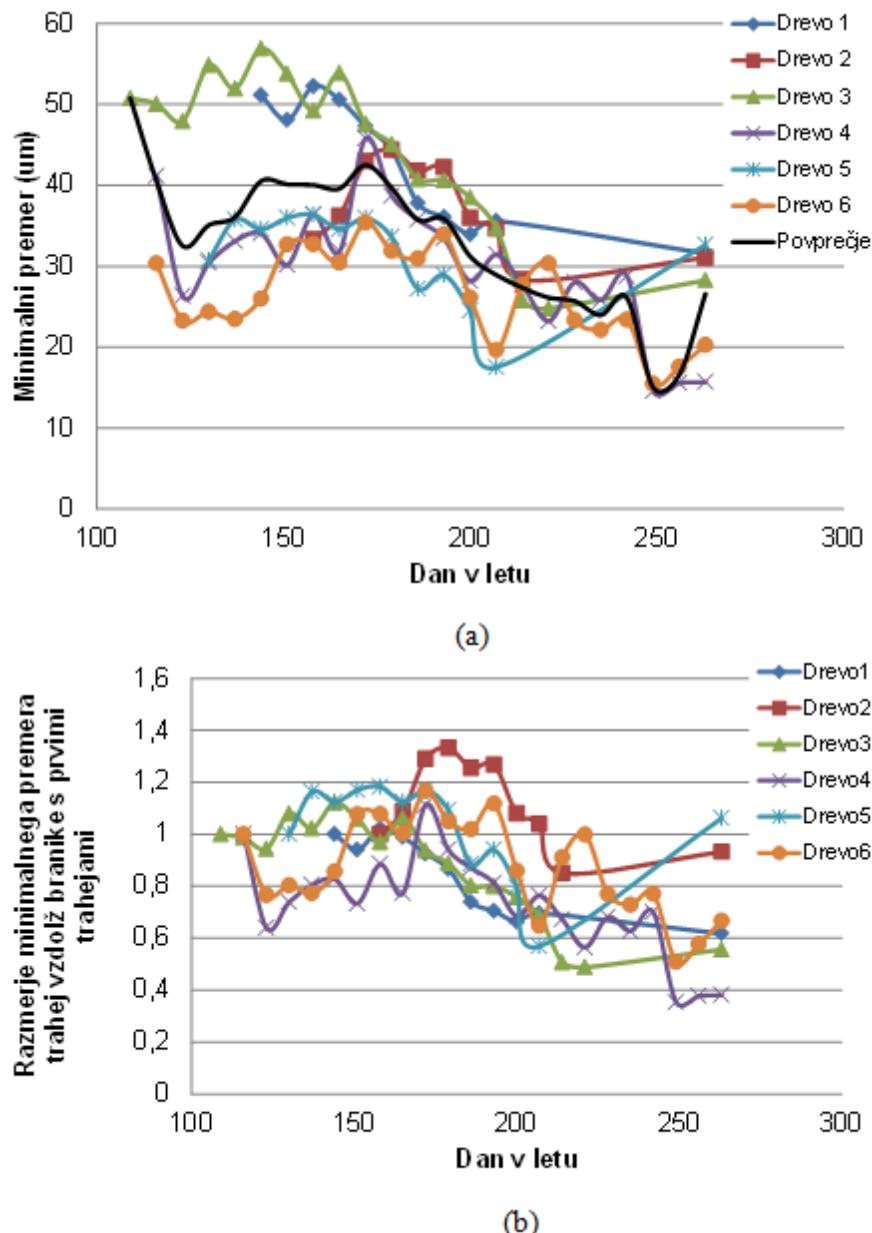


Slika 11: Površina trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2008 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2008 glede na dimenzije prvo nastalih trahej

Slika 12 a prikazuje variacijsko minimalnega premera trahej med posameznimi drevesi, vse do okoli 170. dne v letu, ko se razlike zmanjšajo. Slika 12 b pa prikazuje da ima drevo 2 tudi razmerje minimalnega premera nekoliko drugačno kot ostala drevesa.

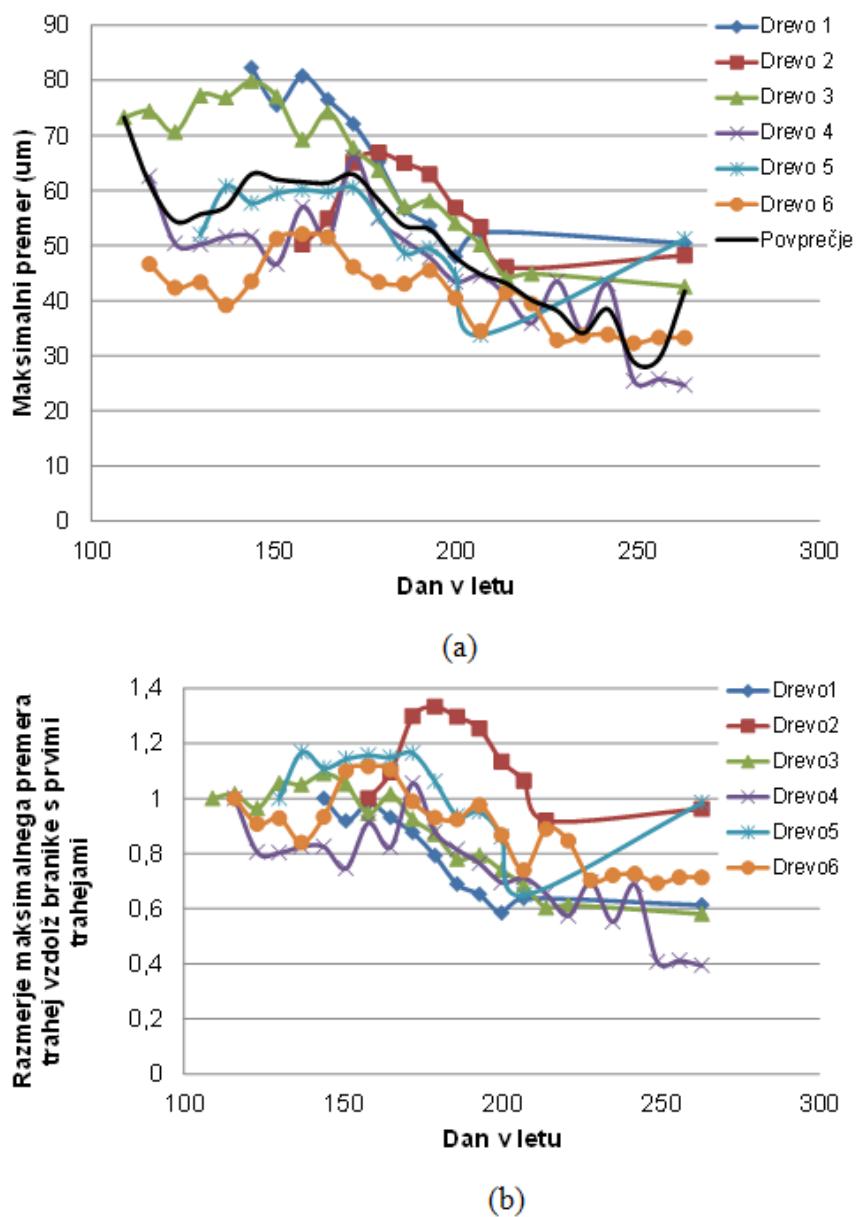
Podobno je tudi Petric (2011) ugotovil, da so v braniki 2006 s Panške reke od 108. dneva v letu (18. aprila), ko so nastale prve traheje do 170. dneva v letu (19. junija) imele traheje dokaj enakomerno velike površine, od 19. junija pa se je površina trahej začela manjšati. Ugotovil je tudi, da površina prvih trahej močno variirala od približno 1500 μm do 3500

μm , medtem ko je površina zadnjih trahej v braniki variirala od približno $600 \mu\text{m}$ do $1300 \mu\text{m}$, kar pa je možno opaziti tudi na našem grafu.



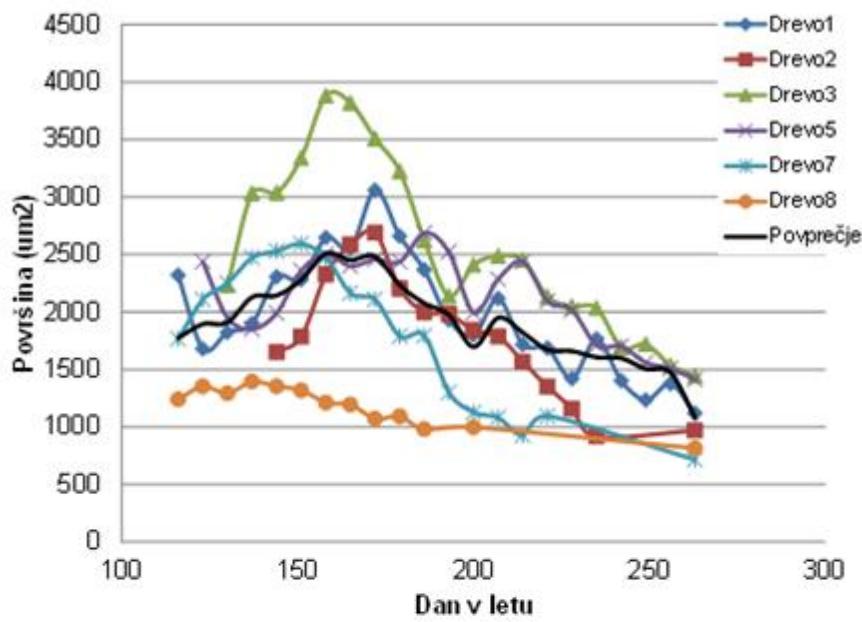
Slika 12: Minimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2008 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2008 glede na dimenzijske prve nastalih trahej

Slika 13 a prikazuje večjo variabilnost maksimalnega premera trahej med posameznimi drevesi, vse do 170. dne v letu, ko se ta zmanjša. Iz slike 13 b pa je razvidno, da ima drevo 2 drugačno razmerje maksimalnega premera trahej v primerjavi z ostalimi drevesi, ki imajo zelo podobno razmerje.

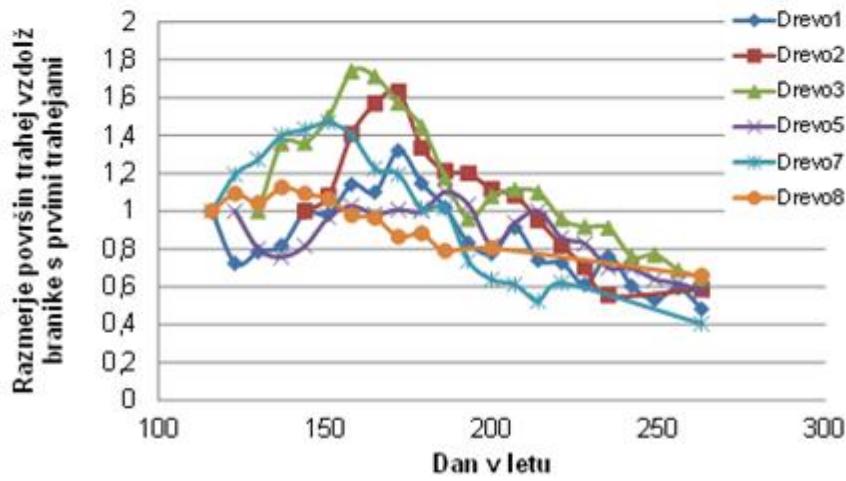


Slika 13: Maksimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2008 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2008 glede na dimenzije prvih trahej

Na sliki 14 a so vidne posebnosti drevesa 3, saj ima to drevo veliko večjo površino trahej od ostalih dreves. Primerjava trahej iz slike 14 b pa kaže, da je razmerje površin trahej vzdolž branike, v primerjavi s prvimi trahejami naraščalo do približno 170. dne v letu, po tem dnevu pa je začelo počasi upadati.



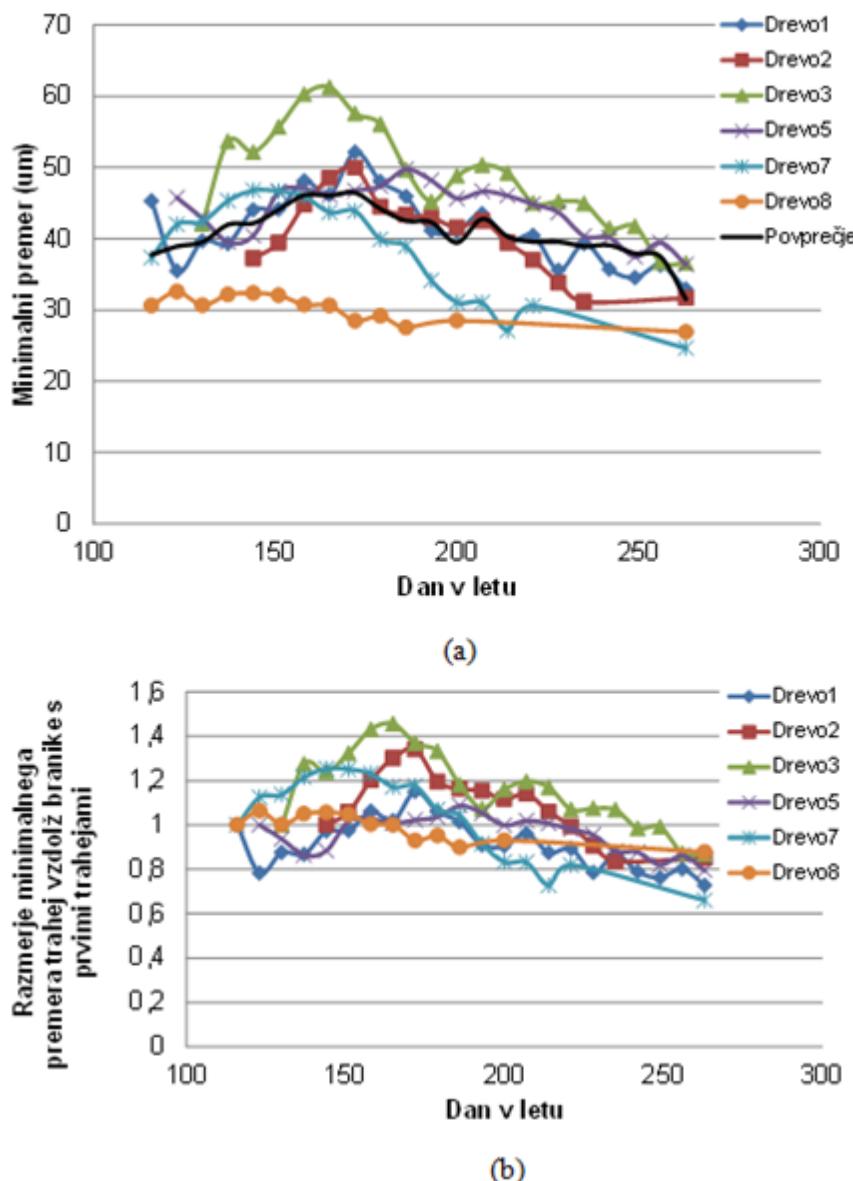
(a)



(b)

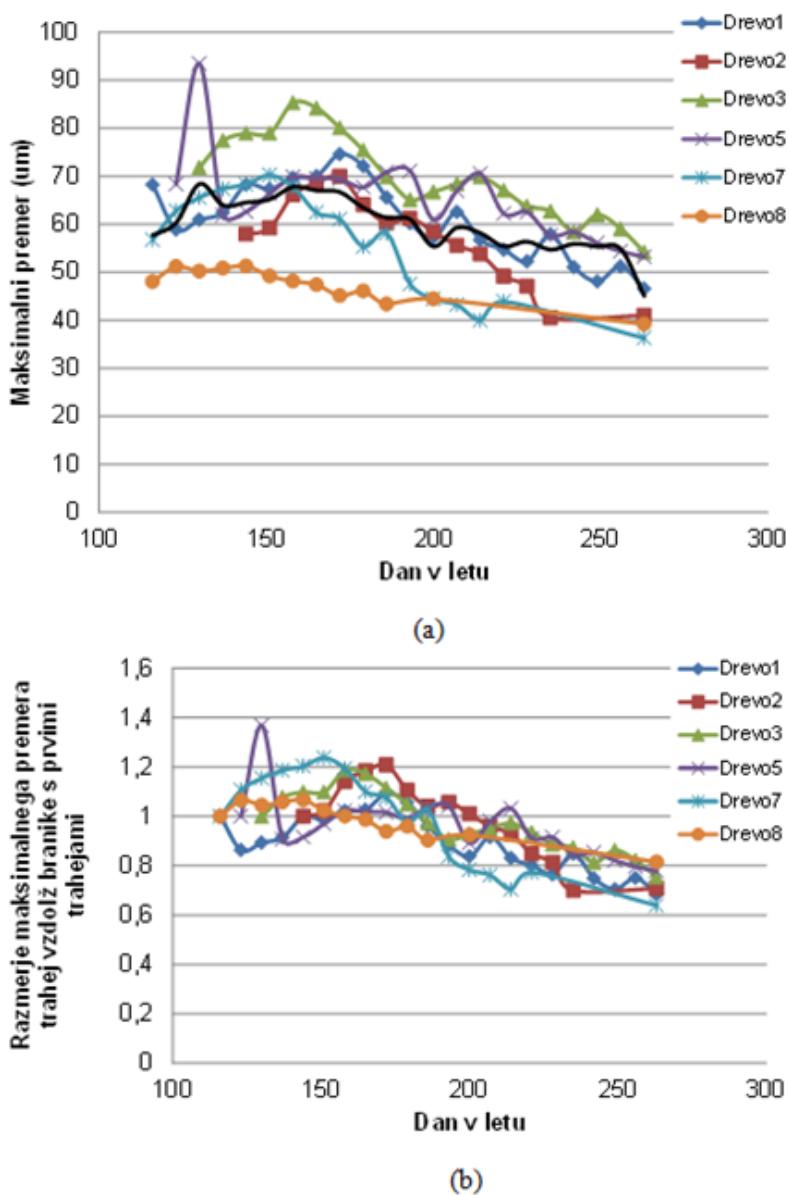
Slika 14: Površina trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2009 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2009 glede na dimenzijske prvo nastalih trahej

Na sliki 15 a lahko opazimo veliko razliko minimalnega premera med drevesoma 3 in 5, glede na dan nastanka v letu. Slika 15 b pa prikazuje izredno konstantno razmerje minimalnega premera trahej vzdolž branike z minimalnim premerom prvih trahej, glede na dan nastanka branike med posameznimi drevesi. Podobno je ugotovil tudi Petric (2011) in sicer da se minimalni premeri trahej v prvem tednu rastne sezone gibljejo med 40 µm in 60 µm, medtem ko ti premeri na koncu rastne sezone dosegajo vrednosti med 20 µm in 40 µm.



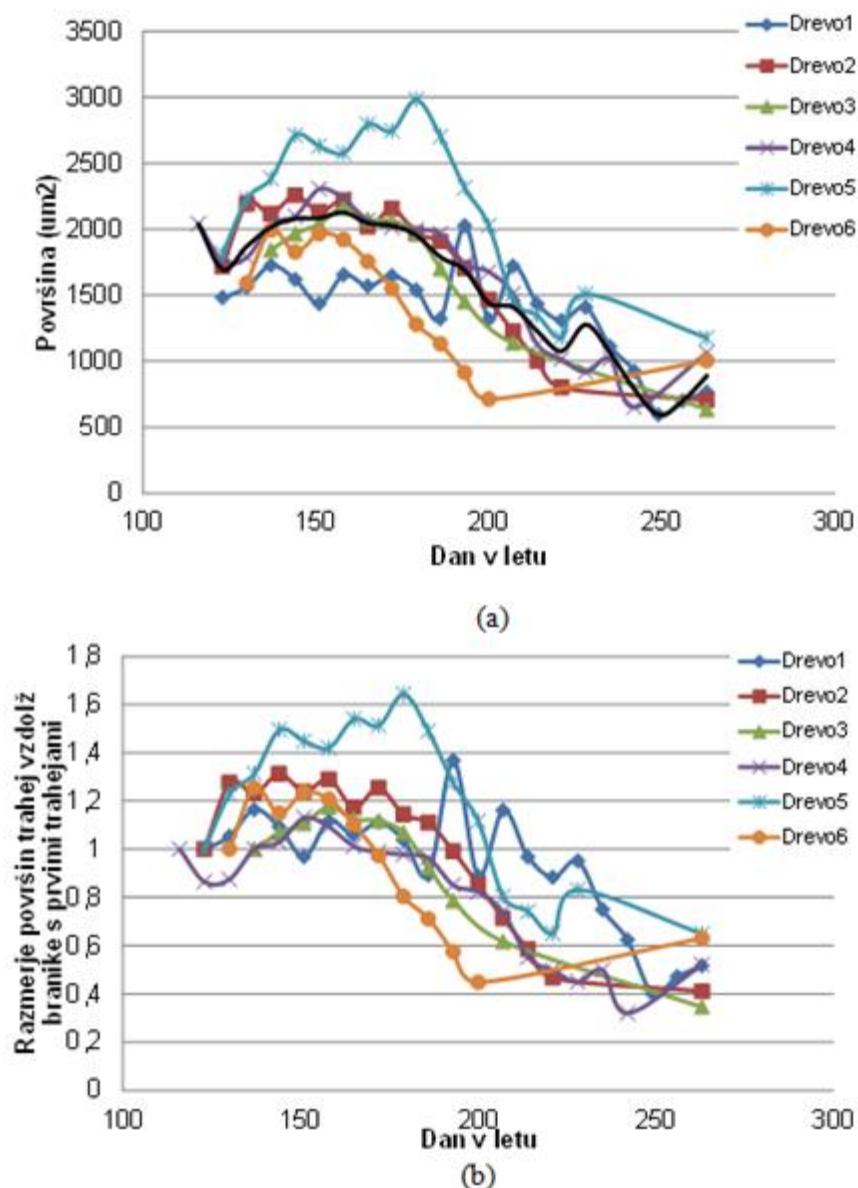
Slika 15: Minimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2009 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2009 glede na dimenzijske prve nastale traje

Slika 16 a prikazuje veliko odstopanje maksimalnega premera pri drevesu 5 od preostalih dreves. Slika 16 b pa nam kaže tesno povezanost med razmerji maksimalnega premera trahej vzdolž celotne branike, glede na prvo nastale traheje med posameznimi drevesi. Petric (2011) je ugotovil da maksimalni premeri trahej v prvem tednu rastne sezone dosegajo premere med 60 µm in 90 µm, medtem ko te vrednosti na koncu rastne sezone padejo med 30 µm in 70 µm.



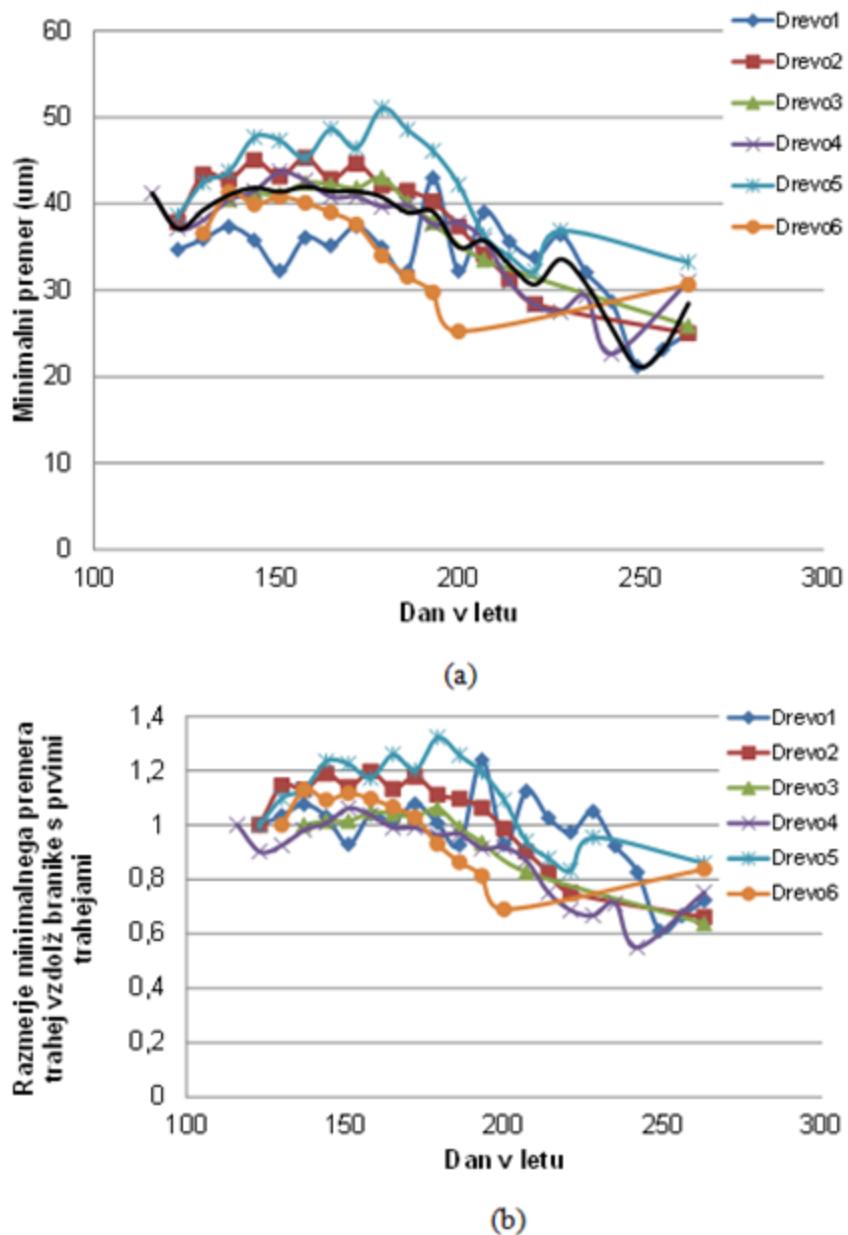
Slika 16: Maksimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2009 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2009 glede na dimenzijske prve nastale trahej

Slika 17 a prikazuje veliko odstopanje površine trahej drevesa 5 od ostalih dreves, kjer so površine trahej dokaj konstantne. Slike 17 b prikazuje razmerje površin trahej v braniki tekom celotne rastne sezone s trahejami nastalimi v prvem tednu rastne sezone. Opazimo lahko le manjše odstopanje drevesa 5 od ostalih dreves v začetku rastne sezone.



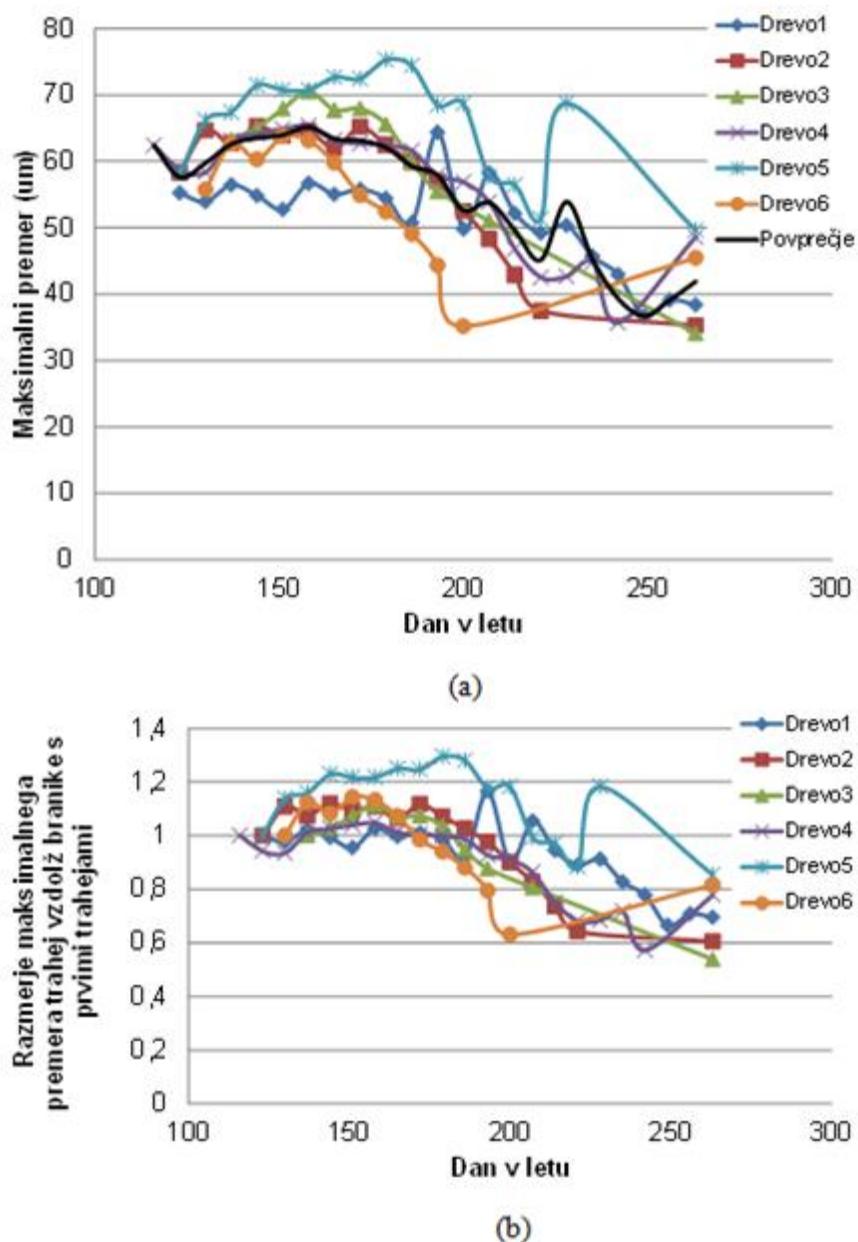
Slika 17: Površina trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2010 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2010 glede na dimenzijske prve nastalih trahej

Slika 18 a prikazuje zelo primerljive vrednosti minimalnih premerov trahej za posamezna drevesa v odvisnosti od dneva nastanka v letu. Prav tako pa lahko na sliki 18 b vidimo dokaj enakomerno razmerje minimalnega premera trahej vzdolž celotne branike s prvimi trahejami za posamezna drevesa.



Slika 18: Minimalni premer trahej (a) glede na datum nastanka v letu 2010 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2010 glede na dimenzijske prve nastale trahej

Na sliki 19 a lahko opazimo, da po 220. dnevu v letu pride do nenadnega porasta maksimalnega premera trahej pri drevesu 5, za kar so lahko različni vzroki. Iz slike 19 b pa lahko vidimo da je razmerje maksimalnega premera trahej v braniki glede na traheje nastale v prvem tednu rastne sezone nekje do 200. dneva v letu dokaj enakomerno, po tem dnevu pa se razlike med posameznimi drevesi znatno povečajo.



Slika 19: Maksimalni premer (a) glede na datum nastanka v letu 2010 in (b) razmerje površin vseh trahej nastalih na posamezen datum v letu 2010 glede na dimenziije prvo nastalih trahej

5 SKLEPI

Pridobljeni podatki za površine trahej kažejo, da obstajajo statistično značilne razlike med branikami ($F = 33,08$; $p = 0,000^{***}$) in med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami v isti braniki ($F = 136,71$; $p = 0,000^{***}$). Podobno tudi podatki za maksimalni premer trahej kažejo, da obstajajo statistično značilne razlike tako med leti ($F = 19,67$; $p = 0,001$) kakor tudi med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami v isti braniki ($F = 204,11$; $p = 0,000^{***}$). Enako velja tudi za podatke za minimalni premer trahej med leti ($F = 7,12$; $p = 0,024$) in med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami ($F = 23,485$; $p = 0,001$).

Primerjave vseh treh parametrov (površin, minimalnega premera in maksimalnega premera) med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami kažejo, da je bila površina prvih trahej 3,11-krat večja od površine zadnjih trahej, minimalni premer prvih trahej 1,65-krat večji in maksimalni premer 1,81-krat večji od zadnjih nastalih trahej.

Primerjava dimenzij prvih in zadnjih nastalih trahej po obodu vsake branike je pokazala, da je največji relativni standardni odklon površine prvih ($RSD = 20,16\%$) in zadnjih trahej ($RSD = 37,91\%$) bil v letu 2008. Standardni odkloni za minimalni in maksimalni premer pa so tako med leti, kakor tudi med prvimi in zadnjimi trahejami zelo podobni in dosegajo povprečno relativno vrednost 14,2%.

Minimalni in maksimalni premer trahej sta se pokazala kot najbolj ustreznata podatka za ovrednotenje dimenzij trahej po braniki, saj imata najmanjši standardni odklon.

Proučili smo tudi, ali obstaja zveza med velikostjo trahej in širino branik. Iz pridobljenih podatkov nismo mogli ugotoviti nobenih statističnih zakonitosti, s katerimi bi lahko razložili vpliv širine branike na dimenzije prvih in zadnjih nastalih trahej; Koeficient trendne črte je bil zelo nizek tako za prve traheje (0,1029) kot za zadnje (-0,024). Nizki so tudi determinacijski koeficienti, ki so ($R^2 = 0,0654$) za prve in ($R^2 = 0,0115$) za zadnje traheje.

Iz porazdelitve površine trahej po pasovih tedenskih prirastkov smo ugotovili, da je le ta do okoli 170. dne v letu (19. junija) dokaj konstantna ($2000 \mu\text{m}^2$), nato do približno 220. dne v letu (8. avgusta) rahlo pada, po tem dnevu pa zopet postane konstantna ($1000 \mu\text{m}^2$). Prav tako pa nam tudi podatki za minimalni (40 μm) in maksimalni (60 μm) premer povedo, da sta ta dva parametra do približno 170. dne v letu (19. junija) dokaj konstantna, potem pa vse do 220. dne v letu (8. avgusta) rahlo padata, na koncu pa se zopet uskladita in postaneta dokaj konstantna, njune vrednosti pa na koncu za minimalni premer dosegajo okoli (30 μm), za maksimalni pa okoli (40 μm).

Za določitev tedenskih prirastkov so potrebne zamudne predhodne študije o nastajanju lesa, vendar pa lahko s to metodo ugotovimo, kakšne dimenzijske so imele traheje, ki so nastale v točno določenem času. To predstavlja dobro izhodišče za proučevanje vpliva klimatskih dejavnikov na velikost trahej za uporabo v ekoloških študijih.

6 POVZETEK

Pri 6 bukvah z rastišča Panška reka pri Ljubljani (400 m nadmorske višine), smo merili dimenzijske traheje v branikah nastalih v letih 2008, 2009 in 2010.

Meritve smo opravljali tako, da smo posamezno braniko od ranega proti kasnemu lesu razdelili po metodi tedenskih prirastkov. Branika je bila torej razdeljena glede na dan oz. teden nastanka v letu. V vsakem razdeljenem delu branike smo izmerili dimenzijske traheje (površino, minimalni in maksimalni premer).

Meritve smo opravili na trajnih mikroskopskih preparatih prečnih rezov obarvanih s safraninom in astramodrim s pomočjo mikroskopa Nikon Eclipse E800 in programa za analizo slike NIS-Elements BR 3.0.

Pridobljeni podatki za površine trahej kažejo, da obstajajo statistično značilne razlike med branikami ($F = 33,08; p = 0,000^{***}$) in med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami v isti braniki ($F = 136,71; p = 0,000^{***}$). Podobno tudi podatki za maksimalni premer trahej kažejo, da obstajajo statistično značilne razlike tako med leti ($F = 19,67; p = 0,001$) kakor tudi med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami v isti braniki ($F = 204,11; p = 0,000^{***}$). Enako velja tudi za podatke za minimalni premer trahej med leti ($F = 7,12; p = 0,024$) in med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami ($F = 23,485; p = 0,001$).

Primerjave vseh treh parametrov (površin, minimalnega premera in maksimalnega premera) med prvimi in zadnjimi nastalimi trahejami kažejo, da je bila površina prvih trahej 3,11-krat večja od površine zadnjih trahej, minimalni premer prvih trahej 1,65-krat večji in maksimalni premer 1,81-krat večji od zadnjih nastalih trahej.

Primerjava dimenzijskih prvih in zadnjih nastalih trahej po obodu vsake branike je pokazala, da je največji relativni standardni odklon površine prvih ($RSD = 20,16\%$) in zadnjih trahej ($RSD = 37,91\%$) bil v letu 2008. Standardni odkloni za minimalni in maksimalni premer

pa so tako med leti, kakor tudi med prvimi in zadnjimi trahejami zelo podobni in dosegajo povprečno relativno vrednost 14,2%.

Minimalni in maksimalni premer trahej sta se pokazala kot najbolj ustreznata podatka za ovrednotenje dimenzij trahej po braniki, saj imata najmanjši standardni odklon.

Proučili smo tudi, ali obstaja zveza med velikostjo trahej in širino branik. Iz pridobljenih podatkov nismo mogli ugotoviti nobenih statističnih zakonitosti, s katerimi bi lahko razložili vpliv širine branike na dimenzije prvih in zadnjih nastalih trahej; Koeficient trendne črte je bil zelo nizek tako za prve traheje (0,1029) kot za zadnje (-0,024). Nizki so tudi determinacijski koeficienti, ki so ($R^2 = 0,0654$) za prve in ($R^2 = 0,0115$) za zadnje traheje.

Iz porazdelitve površine trahej po pasovih tedenskih prirastkov smo ugotovili, da je ta do okoli 170. dne v letu (19. junija) dokaj konstantna ($2000 \mu\text{m}^2$), nato do približno 220. dne v letu (8. avgusta) rahlo pada, po tem dnevu pa zopet postane konstantna ($1000 \mu\text{m}^2$). Prav tako pa nam tudi podatki za minimalni (40 μm) in maksimalni (60 μm) premer povedo, da sta ta dva parametra do približno 170. dne v letu (19. junija) dokaj konstantna, potem pa vse do 220. dne v letu (8. avgusta) rahlo padata, na koncu pa se zopet uskladita in postaneta dokaj konstantna, njune vrednosti pa na koncu za minimalni premer dosegajo okoli (30 μm), za maksimalni pa okoli (40 μm).

Za določitev tedenskih prirastkov so potrebne zamudne predhodne študije o nastajanju lesa, vendar pa lahko s to metodo ugotovimo, kakšne dimenzije so imele traheje, ki so nastale v točno določenem času. To predstavlja dobro izhodišče za proučevanje vpliva klimatskih dejavnikov na velikost trahej za uporabo v ekoloških študijih.

7 VIRI

Brus R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga: 399 str.

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

Kotar M., Brus R. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica: 319 str.

Levanič T. 1999. Računalniško podprtta analiza slike mikro in makroobjektov. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 59: 141-167

Petric M. 2011. Variabilnost dimenzij in deležev trahej v datiranih branikah bukve z dveh rastišč. Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 44 str.

Prislan P. 2007. Nastajanje lesa pri bukvi (*Fagus sylvatica* L.) v rastni sezoni 2006. Diplomsko delo (univerzitetni študij). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 68 str.

Prislan P., Zupančič M., Krže L., Gričar J., Čufar K. 2010 Nastajanje lesa pri bukvah z dveh rastišč na različnih nadmorskih višinah. Les, 62 (5): 164-170

Sass U., Eckstein D. 1995. The variability of vessel size in beech (*Fagus sylvatica* L.) and its ecophysiological interpretation. Trees, 9: 247-252

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici prof. dr. Katarini Čufar za pomoč in vodenje pri izdelavi diplomskega projekta.

Rad bi se zahvalil tudi mlademu raziskovalcu Petru Prislanu, univ. dipl. ing. les, ki mi je bil skozi celotno izdelavo diplomskega projekta v veliko pomoč tako z razlagom kot tudi z napotki.

Hvala tudi doc. dr. Jožici Gričar za recenzijo diplomskega projekta ter vsem zaposlenim na Katedri za tehnologijo lesa za vso pomoč in podporo pri delu.

Posebna zahvala pa gre tudi moji družini za potrpežljivost in podporo pri izdelavi diplomskega projekta.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gašper GNIDOVEC

**VARIABILNOST DIMENZIJ TRAHEJ V LESU
BUKVE S PANŠKE REKE**

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij – 1.stopnja

Ljubljana, 2011