

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Andrej HAJŠEK

**ZGRADBA IN RAZVOJNA DINAMIKA
PRAGOZDNEGA REZERVATA DONAČKA GORA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Andrej HAJŠEK

**ZGRADBA IN RAZVOJNA DINAMIKA PRAGOZDNEGA
REZERVATA DONAČKA GORA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**STRUCTURE AND DYNAMICS OF OLD-GROWTH FOREST
RESERVE DONAČKA GORA**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Katedri za gojenje gozdov.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 21. 12. 2011 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Jurija Diacija in za recenzenta pa prof. dr. Andreja Bončino.

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.

Andrej Hajšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 228.81(497.4Donacka gora)(043.2)=163.6
KG	Pragozd/Donačka gora/sestojne vrzeli/bukovi gozdovi/zgradba gozda/stalna raziskovalna ploskev
AV	HAJŠEK, Andrej
SA	DIACI, Jurij (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2012
IN	ZGRADBA IN RAZVOJNA DINAMIKA PRAGOZDNEGA REZERVATA DONAČKA GORA
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 55 str., 4 pregl., 25 sl., 37 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Namen diplomske naloge je bil preučiti razvojno dinamiko sestojnih vrzeli in vzpostaviti trajno raziskovalno ploskev velikosti 0,8 ha v pragozdu Donačka gora. Pri popisu sestojnih vrzeli je bil uporabljen severnoameriški pristop (metoda linijskih presekov). Pragozd Donačka gora meri 37,54 ha, raziskavo pa je bila opravljena v srednjem, najbolj ohranjenem delu pragozda, v letu 2011. Na treh transektih je bilo evidentiranih 39 vrzeli in v njih popisanih 144 vrzelnikov. Delež vrzeli na celotni dolžini transektov je znašal 12,6 %, delež razširjenih vrzeli pa 41,9 %. Srednja velikost vrzeli je merila 231,57 m ² , 57 % vrzeli pa je bilo manjših od 200 m ² . Ugotovljeno je bilo, da se v vrzelih pojavljajo vrzelniki v različnih stopnjah razkroja, kar kaže na postopno širjenje vrzeli. Z analizo je bilo ugotovljeno, da ima največ vrzeli med 2 in 5 vrzelnikov. Pomlajevanje poteka malopovršinsko v vrzelih, prevladujoča drevesna vrsta tako v pomladku kot v zgornji drevesni plasti pa je bila bukev. Svetloljubne drevesne vrste se uspešno pomlajujejo le v nekaterih vrzelih večjih od 500 m ² . Analiza podatkov iz raziskovalne ploskve je pokazala, da znaša gostota živih dreves 175 dreves na hektar, volumen živih dreves pa 496 m ³ /ha. Frekvenčna porazdelitev premerov živih dreves na ploskvi po debelinskih stopnjah je padajoča, kar kaže na raznomerno zgradbo pragozda. Volumen odmrlih dreves je znašal 158,20 m ³ /ha ali 24,2 % od skupne lesne zaloge na raziskovalni ploskvi, kar kaže na pragozdni značaj teh sestojev. Med odmrliimi drevesi so prevladovale podrtice, njihov delež je znašal 83,4 % volumna odmrlih dreves.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	FDC 228.81(497.4Donacka gora)(043.2)=163.6
CX	Virgin forest/Donačka gora/stand gaps/beechn forest/forest structure/permanent research plot
AU	HAIŠEK, Andrej
AA	DIACI, Jurij (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY	2012
TI	Structure and dynamics of old-growth forest reserve Donačka gora
DT	Diploma thesis (higher professional studies)
NO	IX, 55 p., tab 4., 25 fig., 37 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	

The purpose of the thesis was to study gap dynamics and establish a permanent research plot (0,8 ha) in old-growth forest reserve Donačka gora. North-American approach (line intercept sampling) was used for canopy gap survey. The old-growth forest reserve Donačka gora encompasses 39,15 ha. We used only most preserved core area for our research which was done in 2011. On three transects we captured 39 gaps and 144 gap makers. Gap and expanded gap fractions reached 12,6 % and 41,9 %, respectively. The mean gap size was 231,57 m², 57 % of the gaps were smaller than 200 m². It was found out that gap makers in gaps are appearing in different phases of decay, which implies progressive spreading of gaps. Analysis showed that most of the gaps include 2 to 5 gap makers. Small-scale regeneration patterns were observed within gaps, the main tree species in regeneration and in upper canopy layer was beech. Light demanding tree species were successfully regenerated only in gaps larger than 500 m². Analysis of data from research plot showed that the density of live trees was 175 trees per hectare and volume of live trees reached 496 m³/ha. Frequency distribution of diameters of live trees on the plot was close to negative exponential, which indicates uneven structure of the forest. The volume of dead trees reached 158,20 m³/ha or 24,2 % of the total growing stock on the plot, which shows old-growth characteristics of these stands. Within the dead trees downed trees prevailed, their share reached 83,4 % of the total volume of dead trees.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE:	V
KAZALO SLIK:	VII
KAZALO PREGLEDNIC:	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE	3
3 NAMEN NALOGE, CILJI, HIPOTEZE	9
4 METODE	10
4.1 PREDSTAVITEV OBJEKTA RAZISKAVE	10
4.1.1 Lega	10
4.1.2 Podnebje	11
4.1.3 Geološka podlaga, tla, vegetacija	11
4.1.4 Zgodovina gospodarjenja	12
4.2 METODE DELA	15
4.2.1 Popis sestojnih vrzeli	15
4.2.1.1 Postavitev in merjenje linijskih transektov	16
4.2.1.2 Izločanje vrzeli in merjenje parametrov vrzeli	16
4.2.1.3 Popis vrzelnikov	18
4.2.1.4 Popis pomladka v vrzelih	20
4.2.2 Vzpostavitev in popis stalne vzorčne ploskve	20
4.2.3 Analiza podatkov	22
5 REZULTATI	24
5.1 RAZVOJNA DINAMIKA GOZDA	24
5.1.1 Velikosti vrzeli	24
5.1.1.1 Delež vrzeli na transektu	24
5.1.1.2 Splošni podatki o vrzelih	24
5.1.1.3 Frekvenčna porazdelitev vrzeli	25

5.1.1.4	Prikaz izmerjenih vrzeli na terenu z vrzelmi na letalskih posnetkih.....	28
5.1.2	Analize vrzelnikov	28
5.1.2.1	Število vrzelnikov.....	28
5.1.2.2	Način odmrtnja vrzelnikov	30
5.1.2.3	Stopnja razkroja vrzelnikov.....	31
5.1.2.4	Debelinske stopnje vrzelnikov	32
5.1.2.5	Polnilci vrzeli	33
5.1.3	Analiza pomladka v vrzelih	33
5.2	ZGRADBA GOZDA	39
6	RAZPRAVA.....	41
7	ZAKLJUČKI	48
8	POVZETEK.....	50
9	VIRI	52

KAZALO SLIK

Slika 1: Pogled na razgibano pokrajino gozdnatih Haloz iz najvišje točke pragozda Donačka gora (Foto: Andrej Hajšek, 2011)	10
Slika 2: Spominska plošča v spomin dr. Ernesta Froelicha (levo), razžagana debela drevesa, ki ležijo čez planinsko pot v pragozdnem rezervatu Donačka gora (desno) (Foto: Andrej Hajšek, 2011).....	13
Slika 3: Sledovi kopišč ob vznožju pragozda (Foto: Andrej Hajšek, 2011)	13
Slika 4: Izsek iz sestojne karte za takratne Windischgrätzeve gozdove na severnem pobočju Donačke gore iz leta 1924	14
Slika 5: Prikaz merjenja razdalj in azimutov (R1) od središčne točke (S) do roba vrzeli (A) in razdalj in azimutov (R2) od središčne točke (S) do debel dreves (B), ki omejujejo razširjeno vrzel. Obe razdalji smo izmerili za vsa drevesa, ki omejujejo vrzel.	17
Slika 6: Način označevanja dreves na raziskovalni vzorčni ploskvi (Foto: Andrej Hajšek, 2011).....	21
Slika 7: Pogled na del stalne vzorčne ploskve v rezervatu na Donački gori (Foto: Andrej Hajšek, 2011).....	23
Slika 8: Frekvenčna porazdelitev števila vrzeli v strehi sestoja po velikostnih razredih	25
Slika 9: Frekvenčna porazdelitev števila razširjenih vrzeli po velikostnih razredih	26
Slika 10: Deleži od skupne površine vrzeli v strehi sestoja, po velikostnih razredih vrzeli	27
Slika 11: Prikaz vrzeli izmerjenih na terenu in lege raziskovalne vzorčne ploskve na letalskem posnetku pragozda na donački gori. Rumena črta predstavlja mejo rezervata, poligoni rdeče barve predstavljajo vrzeli, ki smo jih izmerili na terenu, kvadrat zelene barve pa prikazuje raziskovalno ploskev, ki smo jo vzpostavili v rezervatu.	28
Slika 12: Frekvenčna porazdelitev vrzeli, glede na število vrzelnikov v vrzeli	29
Slika 13: Primerjava velikosti posameznih razširjenih vrzeli s številom vrzelnikov v vrzelih	30
Slika 14: Prikaz števila vrzelnikov, glede na način odmrtnja drevesa	30
Slika 15: Porazdelitev vrzelnikov glede na stopnjo razkroja	31
Slika 16: Porazdelitev števila vrzeli glede na število vrzelnikov v različnih stopnjah razkroja.....	32
Slika 17: Frekvenčna porazdelitev vrzelnikov glede na debelinsko stopnjo.....	32
Slika 18: Zastopanost drevesnih vrst med potencialnimi polnilci vrzeli.....	33
Slika 19: Deleži drevesnih vrst v posameznih skupinah pomladka.....	35

Slika 20: Primerjava velikosti posameznih razširjenih vrzeli s številom osebkov svetlojubnih drevesnih vrst v pomladku.....	36
Slika 21: Prikaz gostote bukovih osebkov in osebkov ostalih drevesnih vrst (gorski javor, gorski brest, črni gaber, ostrolistni javor, lipa, mokovec, iva) v razširjenih vrzelih različnih velikosti in različnih življenjskih fazah.....	37
Slika 22: Prikaz porazdelitve razširjenih vrzeli, ki vsebujejo vsaj en osebek drevesnih vrst bukve (bu), gorskega javorja (g. ja), gorskega bresta (g. br), črnega gabra (č. ga) ter ostrolistnega javorja, lipe, mokovca in ive (ostale) v različnih skupinah pomladka. Pravokotniki predstavljajo srednji kvartilni interval, črte v pravokotnikih mediane, črte z ročaji vrednosti do 1,5 dolžine kvartilnega intervala, krogi vrednosti med 1,5 in 3 dolžinami srednjega kvartilnega intervala in številke ob pravokotnikih število vrzeli, ki so vsebovale vsaj en osebek posamezne drevesne vrste.	38
Slika 23: Floris stalne raziskovalne ploskve s položajem živih in mrtvih dreves.....	39
Slika 24: Frekvenčna porazdelitev dreves na ploskvi po debelinskih stopnjah	40
Slika 25: Najdebelejša bukev, ki smo jo izmerili v rezervatu s premerom 140 cm na prsni višini	46

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz dolžin transektov v pragozdnem rezervatu Donačka gora	24
Preglednica 2: Izbrani kazalniki vrzeli	25
Preglednica 3: Zastopanost drevesnih vrst v pomladku vseh vrzeli (N/ha)	34
Preglednica 4: Prikaz volumnov živih in odmrlih dreves na ploskvi ter njihov delež od skupnega volumna	40

1 UVOD

Eden od ciljev gospodarjenja z gozdovi in zahteva današnje družbe so mnogonamenski gozdovi. Velik pripomoček pri spoznavanju narave gozda in reševanju praktičnih gozdnogojitvenih, naravovarstvenih in okoljevarstvenih vprašanj so pragozdovi, gozdni rezervati in gozdovi s pragozdnim značajem. Pragozdni rezervat ali pragozd je gozd, ki je v celoti ohranil svoje naravne značilnosti in procese, kot so sestojna klima, geološka zgodovina, vodni režim in zgodovina motenj. V pragozdu tudi ni nobenih sledi preteklega in sedanjega človekovega vpliva (Peterken, 1996). Gozdni rezervati pa so gozdovi, ki so zaradi svoje razvojne faze in dosedanjega razvoja izjemno pomembni za raziskovanje, proučevanje in spremljanje naravnega razvoja gozdov, biotske raznovrstnosti ter varstva naravnih vrednot in kulturne dediščine (Uredba ..., 2005).

V primerjavi s svetom, kjer pragozdovi zavzemajo več kot tretjino gozdne površine (FAO, 2005), je pragozdov v Evropi malo, saj njihov delež zajema manj kot 2 % površine gozdov. Največji strnjeni kompleksi pragozdov so na Balkanu, Finskem, v Slovaški, Poljski, Romuniji, Ukrajini in evropskem delu Rusije (Diaci, 2006). V Sloveniji so bili prvi pragozdni rezervati izločeni okoli leta 1890. Tako zavarovanje se je nadaljevalo med obema vojnoma ter po drugi svetovni vojni do leta 1950 (Hartman, 1992). V Sloveniji je 14 pragozdnih rezervatov. V osmih od njih prevladuje navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), njen delež v lesni zalogi je večji od 70 %. Bukov je poglavitna avtohtona graditeljica gozdov srednje in jugovzhodne Evrope, v Sloveniji pa bukova rastišča zavzemajo več kot 70 % celotne gozdne površine. Slovenski bukovi pragozdovi so zato del osrednjega območja nekdanjih velikih kompleksov bukovih pragozdov. V njih so se izoblikovale različne gozdne združbe z bukvijo.

Poznavanje zgradbe in razvojne dinamike bukovih pragozdov je pomemben pripomoček pri oblikovanju smernic za gozdnogojitveno obravnavanje bukovih gospodarskih gozdov v sonaravnem gospodarjenju z gozdovi. Pragozdno raziskavo razvojne dinamike in zgradbe gozda smo izvedli v pragozdnem rezervatu Donačka gora. Ta pragozd je eden od dveh slovenskih pragozdov s prevladujočo združbo *Lamio orvalae-Fagetum* (Diaci, 2006). Na razvojno dinamiko vpliva veliko dejavnikov. Lahko jih razdelimo na rastiščne dejavnike (klima, relief, tla, biocenoza), širše pa še na okoljske dejavnike, ki so toplota, svetloba,

voda, zrak ter mehanski okoljski dejavniki (veter, sneg, žled). Oboji so med seboj v tesni povezanosti z nešteti interakcijami in tvorijo določene ekološke razmere obravnavanega območja gozda kot kompleksnega ekosistema (Kotar, 2005). Nas so zanimale sestojne vrzeli, njihova velikost, porazdelitev v prostoru in delež, ki ga predstavljajo na celotni površini gozda. Proučevali smo starost in način odmrta vrzelnikov, ki so izoblikovali te vrzeli ter število, starost in pojavljanje pomladka v različno velikih vrzelih. Za vpogled v zgradbo pragozda smo vzpostavili trajno raziskovalno ploskev, ki bo služila tudi spremljanju dogajanj in sprememb v tem sestoju v prihodnje.

2 PREGLED LITERATURE

Runkle (1981) je v več gozdovih v vzhodnem delu Združenih držav preučeval dinamiko sestojnih vrzeli. Ugotavljal je kako velikost in starost vrzeli, ter prisotnost različnih drevesnih vrst vplivajo na regeneracijo in razvoj gozda. Ugotovil je, da se po celotnem področju pojavljajo majhne vrzeli, večje pa predvsem na območjih izpostavljenim vetru in požarom. Ugotovil je tudi različno sposobnost pomlajevanja pri različnih drevesnih vrstah. V manjših vrzelih so dominirale predvsem sencozdržne vrste, v večjih vrzelih pa so se pojavljale tudi vrste, ki pod zastorom v majhnih vrzelih niso mogle preživeti.

Runkle (1982) je vrzel razdelil na dva dela. Na vrzel v krošnjah (ang. *canopy gap*), ki je omejena z vertikalno projekcijo krošenj dreves, ki obdajajo vrzel in pa na razširjeno vrzel (ang. *expanded gap*), ki je omejena z debli dreves, ki obdajajo vrzel.

Tabaku in Meyer (1999) sta naredila raziskavo vzorcev vrzeli v albanskih pragozdovih, srednjeevropskih negospodarjenih gozdovih in gospodarskih sestojih. Predstavila sta distribucije premerov dreves, rezultate merjenj vrzeli v krošnjah dreves ter osnovne rastne in donosne vzorce. Avtorja navajata velike volumne in število dreves v albanskih gozdovih. Mrtev les je tam predstavljal od 3,9 % do 9,6 % mase vsega lesa. Delež vrzeli je predstavljal do 6,6 % površine, povprečne velikosti vrzeli, ki sta jih preučevala v Albaniji, pa so bile med 60 in 74 m². Za nemške gozdne rezervate sta navedla nekoliko večje, okoli 100 m² velike vrzeli. Prišla sta do zaključkov, da je bila večina vrzeli formiranih s smrtjo enega drevesa v zgornji plasti in da se ne kaže nadaljnje širjenje vrzeli po njihovem nastanku.

Konečnik in Zaplotnik (2001) sta v svojem diplomskem delu v pragozdnem rezervatu Strmec primerjali srednjeevropsko in severnoameriško metodo raziskovanja horizontalne zgradbe.

Meyer in sodelavci (2003) so v treh albanskih bukovih pragozdovih raziskovali strukturo gozda in drevesno obnovo. Ugotovili so, da je bukev prevladujoča drevesna vrsta tako v zgornji drevesni plasti kot tudi v spodnji regeneracijski plasti. Povprečna velikost vrzeli v krošnjah je bila manjša, kot je bila povprečna velikost krošenj starih dreves, kar kaže na nastanek vrzeli z odmrtnjem enega drevesa. Zaradi visoke stopnje razgradnje lesa so

ugotovili dokaj nizek delež odmrlih dreves v primerjavi s podobnimi raziskavami, gibal se je od 3,9 % do 10,4 %. Avtorji navajajo, da lahko pride do razlik med cilji za povečanje raznolikosti drevesnih vrst v gospodarskih gozdovih in posnemanju naravnih vzorcev.

Cimperšek (2004) je delal raziskavo v pragozdu na Donački gori. V članku je opisal zgodovino gospodarjenja, geografske in meteorološke značilnosti gore ter s pomočjo Braun-Blancquetove metode raziskal vegetacijo pragozda. Rastlinje so popisovali od pomladi do poznega poletja. Ugotovil je, da vegetacija v pragozdu Donačka gora spada v združbo bukovih gozdov z velecvetno mrtvo koprivo (*Lamio orvalae-Fagetum*).

Za evropske bukove gozdove je značilno prevladovanje malopovršinskih motenj. Zeibig s sodelavci (2005) je v pragozdnem rezervatu Krokari prišel do ugotovitev, da je večina vrzeli, ki so se pojavljale, majhnih in da je več kot 50 % le-teh nastalo kot posledica zloma drevesa zaradi predhodne okužbe z bukovo kresilko (*Fomes fomentarius*). Ugotovili so tudi, da so glive lahko vzrok tudi za nastanek večjih vrzeli, saj se ob nastanku manjših vrzeli poškodujejo tudi okoliška drevesa, to omogoči vdor gliv in posledično tudi širjenje vrzeli. Drug vzrok za nastanek večjih vrzeli je predvsem močan veter na izpostavljenih predelih.

Drössler in Von Lüpke (2005) sta izpeljala raziskavo v dveh bukovih pragozdovih na Slovaškem. Uporabila sta severnoameriški pristop raziskovanja pragozdov. Ugotovila sta, da je večina vrzeli majhnih, manjših od 250 m², vendar sta dobila nekoliko različne rezultate v obeh pragozdovih, ki sta jih preučevala. V raziskavi sta potrdila tako endogeno kot tudi eksogeno povzročeno umrljivost dreves, ki je posledica vetra, saj je bil prelom oziroma izruvanje debela prevladujoč dejavnik umrljivosti dreves.

Christensen in sodelavci (2005) so analizirali podatke za volumne odmrlih dreves v 86 bukovih gozdnih rezervatih iz področja evropskih bukovih gozdov. Podatki za posamezne rezervate so bili pridobljeni z linijskimi transekti na večjih površini in na stalnih vzorčnih ploskvah v rezervatih. Avtorji navajajo velika nihanja med volumni odmrlih dreves v različnih rezervatih. Vrednosti so se gibale od skoraj nič pa do 550 m³/ha, s povprečjem 130 m³/ha. Ugotovljeno je bilo, da je to odvisno od vrste gozda, starosti gozda in pa od tega kdaj je bil gozd zavarovan in izključen iz rabe. Ugotovili so, da je več sušic v gorskih

gozdovih, podrtic pa je več v nižinskih gozdovih in da so podrtice prispevale več k skupni masi odmrlih dreves kot sušice.

Von Oheimb in sodelavci (2005) so analizirali gozdno strukturo in dinamiko v skoraj naravnih bukovih gozdovih Serrahn v severovzhodni Nemčiji, ki vključujejo nekatere bukove sestoje z najvišjo stopnjo naravnosti v srednji Evropi. Podatke so zbirali na 8 ha veliki ploskvi, ki je vključevala tudi manjše, že obstoječe, ploskve iz leta 1967. Ugotovili so, da se je struktura sestojev od leta 1967 do leta 2002 precej spremenila. Avtorji navajajo bimodalno razporeditev premerov dreves, leta 1967 pa je imela razporeditev premerov zvonasto obliko. V tem obdobju se je, zaradi smrtnosti dreves iz zgornje plasti, zelo povečal tudi delež odmrlih dreves. Von Oheimb in sodelavci (2007) so za iste gozdove ugotovili, da predstavlja delež odmrlih dreves 14 % volumna vseh dreves. Med odmrliimi drevesi so bila drevesa različnih vrst, debeline in stopnje razkroja, sušice pa so predstavljale približno tretjino odmrlih dreves. Avtorji navajajo, da rezultati raziskav kažejo, da so na dinamiko in strukturo odmrlih dreves, v teh skoraj naravnih gozdovih, močno vplivale zadnje pomembnejše motnje še iz konca srednjega veka, torej izpred nekaj stoletij. Navajajo tudi, da je poznavanje informacij o zgodovini gozda zelo pomembno pri razlagi rezultatov v teh gozdovih.

Commarmot in sodelavci (2005) so primerjali glavne strukturne razlike med bukovim pragozdom Uholka-Masiv v Ukrajini in med bukovim gozdom Sihlwald v Švici, ki je bil do nedavnega gospodarjen. Razlike so ugotavljali na podlagi 10 ha velike stalne vzorčne ploskve v Ukrajini in 11 ha velike ploskve v Švici, ki so jih razdelili na več podploskev velikosti 50x50 m. Porazdelitev premerov dreves v švicarskem gozdu je pokazala tipično strukturo dvoplastnega gozda, v ukrajinskem pragozdu pa avtorji navajajo zelo raznodobno strukturo in bolj ali manj enakomerno porazdelitev dreves različnih premerov po celotni površini pragozda. Razen sestojne višine in števila dreves, ki sta bila v obeh gozdovih podobna, avtorji navajajo večje vrednosti vseh izmerjenih parametrov v ukrajinskem pragozdu. Volumen odmrlih dreves je bil tam kar 14 krat večji kot v švicarskem gozdu. Avtorji so prišli do zaključkov, da pomladitvene metode v manjših obsegih, kot so denimo postopna sečnja v manjših skupinah ali sečnja posameznih dreves, v gospodarjenih gozdovih najbolje posnemajo naravne procese pomlajevanja v negospodarjenih bukovih gozdovih.

Rugani in sodelavci (2008) so v članku prikazali izsledke v katerih so primerjali 22 najbolj ohranjenih gozdov v Evropi, v katerih prevladuje bukev in je njen delež v lesni zalogi večji kot 75 %. Avtorji so prikazali znake strukture in razvojne dinamike ter izsledke primerjali z izsledki iz jelovo-bukovih gozdov. Podali so tudi nekatere usmeritve za sonaravno gospodarjenje v gospodarskih bukovih gozdovih.

Zelo uporabna praksa preučevanja mnogih raziskovalcev v svetu je z linijskimi preseki. Metoda sloni na tem, da nekemu osnovnemu preseku priredijo n-število vzporednih linij in jih točkovno ali v celoti popišejo (na primer Runkle, 1982; Ott in Juday, 2002; Battles in sod, 1995; Fujita in sod, 2003; Bartemucci in sod, 2002; Fajardo in de Graaf, 2004 cit. po Razpotnik 2008).

Nagel in Svoboda (2008) sta delala raziskavo v jelovo bukovem pragozdu Peručica v dinarskem gorovju Bosne in Hercegovine. Po metodi zbiranja vrzeli s pomočjo linijskih transektov sta popisala 87 vrzeli v štirih sestojih. Ugotovila sta, da je veliko vrzeli majhnih (<100 m²), nastalih z enim vrzelnikom. Velike vrzeli (>1000 m²) so redke, vendar zavzemajo veliko površine. Avtorja navajata, da ima več kot polovica vrzeli več kot en vrzelnik. Vrzelniki v vrzelih so pogosto v različnih stopnjah razkroja, kar kaže na postopno širjenje vrzeli. Ugotovila sta, da je bilo več kot polovica vrzelnikov izruvanih in le petina sušic, kar nakazuje, da veter igra pomembno vlogo pri nastanku in širjenju vrzeli.

Nagel in sodelavci (2009) so preučili vpliv motenj manjših vrzeli v jelovo bukovem pragozdu Peručica v dinarskem gorovju Bosne in Hercegovine. Ocenjevali so strukturo in sestavo regeneracije dreves v vrzelih, v primerjavi z gozdom kot celoto ter vpliv velikosti vrzeli na gostoto in sestavo pomladka. Ugotovili so, da velikost vrzeli ne vpliva toliko na razvoj pomladka sencovzdržnih drevesnih vrst, kot sta *Abies alba* in *Fagus sylvatica*, ki uspeta preživeti tudi pod zastorom krošenj, vpliva pa na razvoj drugih ne tako sencovzdržnih vrst kot je npr. *Acer pseudoplatanus*, ki se pojavlja v višjih plasteh le v večjih vrzelih.

Heiri in sodelavci (2009) so delali raziskavo v bukovih gozdnih rezervatih v Švici. Izmed 39 gozdnih rezervatov razporejenih po vsej Švici, ki jih je osnoval prof. Leibundgut in njegovi nasledniki, od konca štiridesetih let prejšnjega stoletja dalje, so izbrali 6 gozdnih rezervatov, v katerih je bil delež bukve v številu dreves večji kot 25 % in so bili v njih

izvedeni do zdaj vsaj trije ali več popisov. Ocenjevali so razvoj teh gozdov po prenehanju gospodarjenja, še posebej pa so ocenili pomen svetlobe pri pomlajevanju in sestavi drevesnih vrst, ter vlogo preteklega gospodarjenja pri zdajšnjih lastnostih teh gozdov. Gozdna dinamika v teh rezervatih je v skladu s pričakovanji pokazala večanje in bolj široko porazdelitev premerov dreves, povečanje temeljnic in povečanje števila sušic. Avtorji navajajo tudi povečanje prevlade bukve in zmanjševanje števila in pestrosti drugih drevesnih vrst. Navajajo tudi, da gre zmanjševanje pestrosti drevesnih vrst pripisati predvsem zmanjševanju svetlobe v sestojih in posledično oteženemu pomlajevanju svetloлюбnih drevesnih vrst.

Kucbel in sodelavci (2009) so v Slovaškem pragozdu na 5 ha ploskvi ocenjevali delež volumna živih in odmrlih dreves. Prav tako so na manjši ploskvi popisovali pomladek. Na ploskvi so preučili tudi delež vrzeli in razširjenih vrzeli. Velikost vrzeli so izračunali kot elipse, razširjene vrzeli kot poligone. Podatke so zbirali s pomočjo Field-Map programske opreme. Ugotovili so, da prevladujejo manjše vrzeli ($< 100 \text{ m}^2$), ki so v polovici primerov nastale z odmrtnjem največ dveh vrzelnikov in da so v vrzelih prisotni vrzelniki različnih starosti ter stopnje razkroja. Delež odmrlih dreves na ploskvi je znašal 25 % od volumna živih dreves.

Bornšek (2009) je v diplomski nalogi preučil razvojno dinamiko vrzeli v pragozdu Rajhenavski Rog, obnovitvene cikle ter naredil terestično analizo vrzeli. Uporabil je severnoameriški pristop raziskovanja pragozda. Ugotovil je da prevladujejo majhne vrzeli, ki se postopoma širijo.

Do podobnih ugotovitev je prišla tudi Razpotnikova (2008), ki je v svoji diplomski nalogi prav tako predstavila značilnosti sestojnih vrzeli v Rajhenavskem Rogu.

Král in sodelavci (2010) so na Češkem naredili študijo v treh naravnih gozdovih v katerih prevladuje bukev. V študiji so prikazali, kako se značilnosti večjih sestojev razlikujejo na manjših površinah znotraj teh sestojev in kakšno vzorčenje najbolj prikazuje te variabilnosti in daje najbolj zanesljive rezultate. Uporabili so računalniško simulacijo preučevanih sestojev, ki so bili kartirani in na njih pozicionirana živa in mrtva drevesa s prsnim premerom nad 10 cm. Na podlagi teh kart so lahko primerjali razlike med dobljenimi vrednostmi, ki predstavljajo značilnosti teh sestojev, če so vzorčili na različno

velikih ploskvah znotraj posameznih sestojev. Avtorji navajajo, da so se po pričakovanjih manjšale razlike med rezultati z večanjem velikosti ploskev, na katerih so vzorčili. Rezultati so pokazali, da so rezultati precej variabilni tudi med hektar in več hektarjev velikimi vzorčnimi ploskvami znotraj večjih površin, zato so lahko posamezni vzorci velikosti 1 ha slab predstavnik lastnosti večjih sestojev.

Bianchi in sodelavci (2011) so v pragozdnem rezervatu v Apeninih delali raziskavo na 9 raziskovalnih ploskvah. Proučevali so razvojno dinamiko in pomlajevanje v pragozdnem rezervatu. Na ploskvah, kjer ni bilo vrzeli so ugotovili enoplastno strukturo, na ploskvah kjer so bile prisotne vrzeli pa dvoplastne in redkeje tri plastne sestoje. Dvoplastna zgradba v večjih vrzelih postopoma prehaja v enoplastno zgradbo, ko pomladek doseže zgornjo plast. Avtorji navajajo veliko variabilnost distribucije premerov dreves v sestojih. Navajajo tudi, da na dinamiko gozdne vegetacije vplivajo predvsem prekinitve strnjenelega sloja krošenj (vrzeli). V njih uspeva predvsem bukev, kjer so svetlobne razmere zelo slabe pa tudi jelka.

3 NAMEN NALOGE, CILJI, HIPOTEZE

Namen diplomske naloge je bil, v najbolj ohranjenem delu pragozdnega rezervata na Donački gori, ugotoviti porazdelitev sestojnih vrzeli ter jih analizirati in ugotoviti njihov vpliv na obnovitvene cikle ter razvoj pragozda. Rezultati raziskave bi lahko služili kot referenca za gozdnogojitveno ukrepanje v gospodarskem gozdu. Namen naloge je bil tudi vzpostaviti stalno raziskovalno ploskev in jo analizirati.

Cilji naloge:

- ugotoviti kakšna je porazdelitev in značilnosti vrzeli v pragozdu Donačka gora,
- predstavitev rezultatov raziskovanja razvojne dinamike pragozdov s severnoameriškim pristopom raziskovanja,
- vzpostavitev in popis stalne vzorčne ploskve velikosti 80 m x 100 m,
- primerjava s podobnimi raziskavami pri nas, v Evropi in Severni Ameriki.

Delovne hipoteze:

- prevladujejo manjše vrzeli ($< 200 \text{ m}^2$), ki nastajajo predvsem zaradi notranjih (endogenih) motenj,
- večje vrzeli nastajajo predvsem zaradi postopnega širjenja manjših vrzeli, redkeje kot enkratni dogodek (zaradi vetra, snegoloma),
- vrzeli pogosteje nastajajo z odmrtnjem več vrzelnikov hkrati, kot z odmrtnjem enega samega,
- v manjših vrzelih se uspešno pomlajuje predvsem bukev, svetloljubne drevesne vrste se uspešno pomlajujejo v večjih vrzelih kadar so te enkratnega nastanka,
- delež odmrlih dreves na vzorčni ploskvi je večji kot 20 %, kar bi potrdilo pragozdni značaj pragozdnega rezervata,
- distribucija števila dreves po debelinskih stopnjah je padajoča in nakazuje raznomerno strukturo gozda.

4 METODE

4.1 PREDSTAVITEV OBJEKTA RAZISKAVE

4.1.1 Lega

Donačka gora je visoka 833 m in spada v najvzhodnejši del Karavank, ki se sicer zaključijo z Ivanjščico in Ravno goro na Hrvaškem. Leži med občinami Žetale, Rogatec in Majšperk. Zanja je značilen oster greben, ki poteka v smeri vzhod – zahod. Ta greben razdvaja goro na toplejši in prisojni južni del ter na hladnejši in osojni severni del. Zanimivo je, da jo skoraj iz vsake strani vidimo drugače. Gledano iz Ptujkega in Dravskega polja, je to razpotegnjena gora, ki ji je nekdo odsekal vrh. Če pogledamo bolj iz vzhodne strani, se vidi kot sedlo med dvema vrhovoma. Z Rogaške strani je vidna kot koničast rog, iz Žetalske strani kot piramida, iz južne strani se pa vidijo trije vrhovi. Preko Donačke gore poteka del meje med gozdno gospodarskima območjema (GGO) Maribor in Celje.



Slika 1: Pogled na razgibano pokrajino gozdnatih Haloz iz najvišje točke pragozda Donačka gora (Foto: Andrej Hajšek, 2011)

Na severnem pobočju Donačke gore, ki spada v GGO Maribor, krajevno enoto (KE) Ptuj je ostanek pragozdnega sestoja, ki je od leta 1965 zavarovan. Pragozd na Donački gori spada

v gozdno gospodarsko enoto (GGE) Lešje in zajema po zdajšnji prostorski razporeditvi odseka 43c in 43d, ki skupaj merita 37,54 ha, kot varovalni pas je bil dodan še odsek 47a, ki meri 1,61 ha. Pragozd leži med 580 in 883 metri nadmorske višine.

4.1.2 Podnebje

Klima je prehodna subpanonsko-kontinentalna. V višjih legah je podnebje bolj ostro, zima je daljša in prej pride. Znaten učinek na toplotne razmere imata ekspozicija in nagib terena. Na pragozdna tla kar osem mesecev ne posije sonce, v ostalih štirih mesecih pa samo v svetlobnih jaških (Cimperšek, 2004). Povprečna letna količina padavin se giblje okoli 1100 mm, največ padavin pade jeseni, najbolj sušni meseci pa so avgust, januar in februar. Povprečna letna temperatura znaša okoli 9 stopinj Celzija. Podatki o padavinah in povprečnih temperaturah so iz najbližje meteorološke postaje v Podlehniku (240 m.n.v.), ki je oddaljena približno 12 km.

4.1.3 Geološka podlaga, tla, vegetacija

Vrh Donačke gore je zgrajen iz debelozrnatega apnenega peščenjaka in konglomerata z zrni kremenca. Kamnina, imenovana rženjak, se v Sloveniji redkokje pojavlja na površju in to samo na obrobju nekdanjega panonskega morja. Rženjak je za sedimentne kamnine nenavadno odporen proti preperevanju, zato je zgornji del gore izredno strm in prepaden. Pragozd leži večinoma na poroznem pobočnem grušču, ki se je obdržal v ulekninah, kjer se je pomešal z mehkejšo lapornato hribino ali jo prekriva. Na presenetljivo majhnem prostoru na Donački gori srečujemo srednjeevropske, alpske, ilirske in sredozemske vrste (Cimperšek, 2004).

Floristične in ekološke primerjave so pokazale (Cimperšek, 2004), da vegetacijo pragozda na Donački gori uvrščamo v združbo bukovich gozdov in velike mrtve koprive. Med 600 in 870 m nadmorske višine se je izoblikovala samosvoja gozdna združba, lokalna različica gozda bukve in velecvetne mrtve koprive s srebrenko *Lamio orvalae–Fagetum* (Horvat 1938) Bohridi 1963 var. geogr. *Dentaria polyphillos lunarietosum redivivae subas. nova.*

Tu so zmerno vlažna in s hranili bogata tla. V zgornjem najbolj strmem delu pobočja se pojavlja varianta z gozdno bilnico (*Festuca altissima*). Tu je neustaljeni kamniti grušč, ki ga prekrivajo rjava skeletna tla s slabo razkrojenim humusom. Spodnji del pobočja porašča varianta z mnogolistno konopnico (*Cardamine kitaibelii* = *Dentaria polyphyllus*). Tla so tu globoka, manj strma in bolj ustaljena. Po svojem barvitem spomladanskem videzu izstopa podvarianta z velikim zvončkom (*Leucojum vernum*). Naseljuje konkavne lege z globokimi humoznimi tlemi. Na krušljivih kamnitih strminah je bila izločena še podvarianta s kresničevjem (*Aruncus dioicus*); ta podvarianta se pojavlja na manjši površini v jugovzhodnem delu pobočja, kjer so v sestoji večje vrzeli. Donačka gora je edino rastišče endemičnega juvanovega netreska (*Sempervivum juvanii*).

4.1.4 Zgodovina gospodarjenja

Gozdovi na Donački gori so v zgodovini večkrat menjali lastnika. Podatkov o gospodarjenju je sicer malo, znano pa je, da so v drugi polovici 17. stoletja grofje Eggenbergi osnovali glažuto ob vznožju gore. Zaradi njenega dolgotrajnega delovanja je verjetno, da so sekali in požigali gozdove za pepeliko tudi na Donački gori. Kasneje so glažuto opustili in v naslednjih stoletjih so se gozdovi na tem območju obnovili. Leta 1853 je Ernest Froelich označil planinsko pot na Donačko goro, ki verjetno velja za najstarejšo označeno planinsko pot v Sloveniji. Del te poti poteka tudi skozi zahodni del pragozdnega rezervata. Iz ohranjenih gozdarskih evidenc in načrtov je razvidno, da so na severnem pobočju gore, kjer je bil kasneje osnovan rezervat, potekale sečnje pred prvo svetovno vojno. Ohranjena je tudi sestojna karta iz leta 1924 za takratne Windischgrätzeve gozdove na severnem pobočju Donačke gore v revirju Žetale (Slika 4). Med leti 1922 in 1932 je bila postavljena gozdna železnica, ki je potekala od vznožja na severni strani Donačke gore mimo Resenika proti Žetalam. Vendar so zaradi spravila lesa do železnice sekali les le v spodnjem delu severnega pobočja gore.



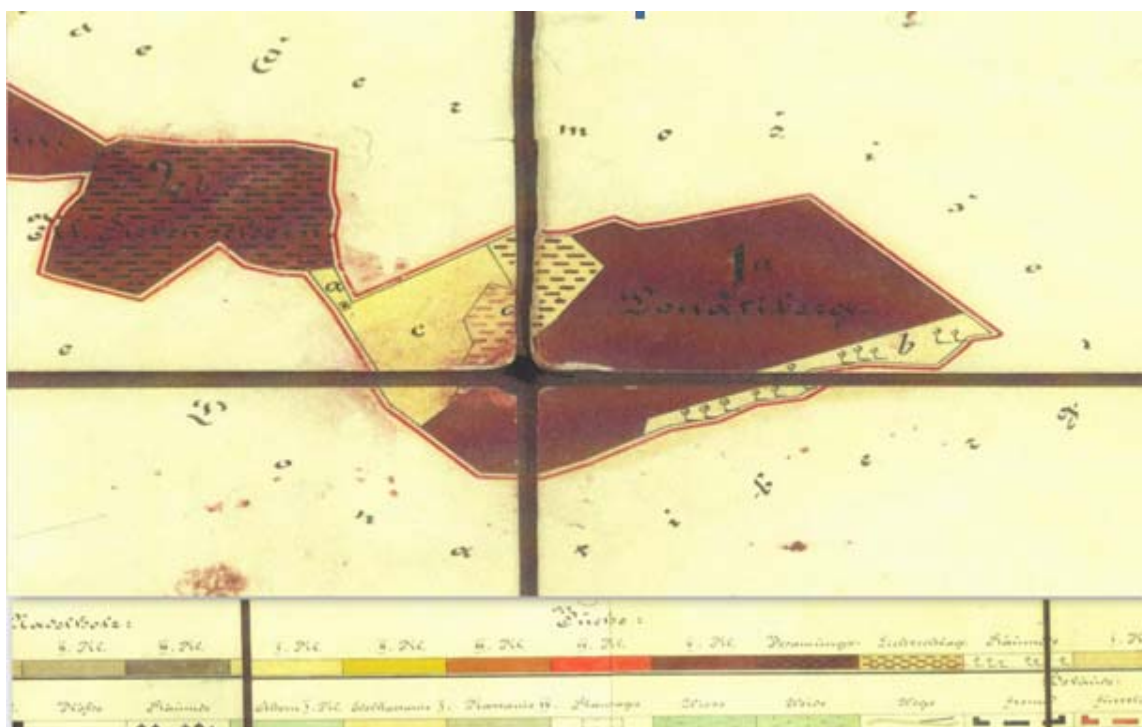
Slika 2: Spominska plošča v spomin dr. Ernesta Froelicha (levo), razžagana debela dreves, ki ležijo čez planinsko pot v pragozdnem rezervatu Donačka gora (desno) (Foto: Andrej Hajšek, 2011)

Na območju Donačke gore in dela rezervata so potekale sečnje tudi v prvih letih po drugi svetovni vojni. Ker takrat v bližini ni bilo cest, so verjetno ves les skuhalih v oglje, kar bi lahko sklepali tudi po sledovih kopišč ob vznožju pragozda (Cimperšek, 2004).



Slika 3: Sledovi kopišč ob vznožju pragozda (Foto: Andrej Hajšek, 2011)

Zadnjič so ptujski gozdarji sekali na območju zdajšnjega pragozda v vzhodnem delu rezervata v letih od 1955 do 1960. Leta 1964 je bil takratni oddelek 25a izločen iz gospodarskih gozdov in razglašen za pragozd. Kasneje je bilo v rezervatu še nekaj manjših sečenj na črno in pa nekaj razrezov debel zaradi vzdrževanja in čiščenja planinske poti (Slika 2), ki prečka del rezervata. Največ razrezov debel je bilo po močnem žledu, zaradi katerega je bilo leta 1980 podrtega in poškodovanega veliko drevja v osrednjem delu rezervata (Beleške in opažanja revirnega gozdarja 1980-1992). Iz gozdnogospodarskih načrtov je razvidno, da se je lesna zaloga povečevala. V tridesetih letih prejšnjega stoletja je v osrednjem delu pragozda znašala približno 300 m³/ha, v sedemdesetih letih je znašala lesna zaloga približno 490 m³/ha, današnja znaša okoli 590 m³/ha (Gozdnogospodarski načrti 1938–2009).



Slika 4: Izsek iz sestojne karte za takratne Windischgrätzve gozdove na severnem pobočju Donačke gore iz leta 1924

4.2 METODE DELA

Pragozdno raziskavo na Donački gori smo razdelili na dva dela. V prvem delu smo v osrednjem najbolj ohranjenem predelu pragozda posneli in analizirali sestojne vrzeli, v drugem delu pa smo vzpostavili in popisali stalno vzorčno ploskev velikosti 80 m x 100 m.

4.2.1 Popis sestojnih vrzeli

V tem delu raziskave smo uporabili severnoameriški pristop raziskovanja pragozda. V ospredju raziskovalnega dela tega pristopa so sestojne vrzeli, dinamika motenj, ki vrzeli ustvarjajo in pomladitvena ekologija v vrzelih (Diaci, 2006). Pri določevanju pravil pri popisu smo sledili metodologiji, ki sta jo uporabljala Nagel in Svoboda v pragozdni raziskavi v Bosni in Hercegovini leta 2008. Skozi objekt smo se premikali v treh vzporednih transektih, ki so bili med sabo oddaljeni 50 m. Popisovali smo vrzeli, skozi katere je potekal transekt oziroma se jih je dotikal vsaj v eni točki. Popisovali smo značilnosti vrzeli v strehi sestoja in značilnosti razširjenih vrzeli (po Runkle, 1982). Delo je zahtevalo najmanj dve osebi.

Pri delu na terenu smo uporabili naslednja orodja in pripomočke:

- temeljni topografski načrt terena v merilu 1: 5000 (TTN 5),
- busolo,
- ultrazvočni razdaljemer Vertex 4,
- PI-meter,
- trak za začasno označevanje točk,
- obrazce za zapis podatkov,
- tabelo za določevanje stopnje razkroja mrtvega drevja,
- kredo,
- GPS.

4.2.1.1 Postavitev in merjenje linijskih transektov

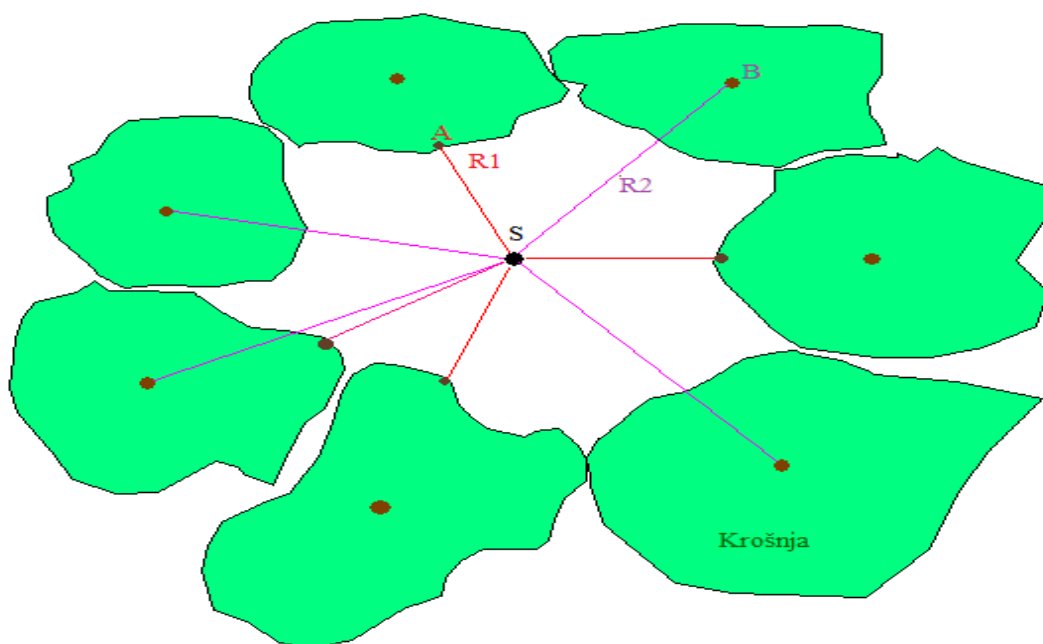
Do sedaj v pragozdnem rezervatu na Donački gori ni bila opravljena nobena podobna raziskava, zato si nismo mogli pomagati s kakšno že obstoječo razporeditvijo transektov v objektu.

Začetno točko prvega transekta smo postavili v zahodnem delu rezervata približno 50 metrov od grebena na vrhu gore in približno 50 metrov od zahodnega roba rezervata. S pomočjo karte terena in geotrikotnika smo izmerili azimut po katerem bo transekt potekal vzporedno z grebenom gore, ki predstavlja južno mejo pragozda. Z azimutom 69° smo se nato s pomočjo busole pomikali v smeri od zahoda proti vzhodu. Naslednji transekt smo začeli na isti strani (zahodni) 50 metrov nižje po vpadnici (horizontalna razdalja). Transekte smo postavili vzporedno na medsebojni razdalji 50 metrov zato, da velike vrzeli ne bi bile zajete več kot enkrat. Razdalje transektov smo merili od začetne točke do meje začetka vrzeli, v katerih smo izmerili dolžine transekta, ki poteka skozi samo vrzel v strehi sestoja in skozi razširjeno vrzel, in nato od konca vrzeli dalje do naslednje vrzeli. Razdalje, ki smo jih izmerili na terenu, smo sproti zapisovali na popisni list. Trije transekti, ki smo jih locirali na terenu in jih izmerili, so bili različno dolgi. Do razlik v dolžini posameznih transektov je prišlo zaradi konfiguracije in neprehodnosti (prisotnosti višjih skalnih sten) nekaterih, predvsem višje ležečih, delov pobočja. Tako smo prvi transekt zaradi neprehodnosti morali zaključiti, drugi transekt, pa smo zaradi vmesnih skalnih sten prekinili in ga nadaljevali, ko je bilo mogoče.

4.2.1.2 Izločanje vrzeli in merjenje parametrov vrzeli

Vrzeli, ki smo jih obravnavali v raziskavi, smo opredelili kot odprtine v strehi sestoja, ki so večje kot 5 m^2 in so nastale z odmrtnjem vsaj enega ali več dreves (vrzelnikov), s premerom na prsni višini vsaj 25 cm. Ocenili smo, da toliko znaša premer dreves, ki dosežejo polovico sestojne višine, to je od 16 do 19 metrov v posameznih sestojih. Sestojno višino smo določali tako, da smo na posameznih stojiščih izmerili višine nekaj dreves v zgornji plasti, le-te pa so se gibale med 32 in 38 metrov. Upoštevali smo le vrzeli, v katerih so bili vrzelniki ali njihovi ostanki. Vrzelik (ang. *gapmaker*) je drevo, ki je odmrlo in tako povzročilo nastanek vrzeli (Runkle, 1981). Vrzeli so morale omejevati krošnje okoliških dreves, v obliki nepravilnega kroga. Vrzeli, ki so bile posledica različnih edafskih razmer

(npr. skalovitost), nismo upoštevali. Vrzeli smo upoštevali kot zaprto, če je pomladek v vrzeli presegal polovico drevesne višine okoliških dreves. Če smo s transektom prečkali vrzel, ki je ustrezala navedenim pogojem, smo za vsako vrzel izbrali izhodiščno točko, nekje v sredini vrzeli. Runkle (1982) je vrzel razdelil na dva dela. Na vrzel v strehi sestojja (ang. *canopy gap*), ki je omejena z vertikalno projekcijo krošenj dreves, ki obdajajo vrzel in pa na razširjeno vrzel (ang. *expanded gap*), ki je omejena z debli dreves, ki obdajajo vrzel. Iz izhodiščne točke, ki smo si jo izbrali približno v sredini vrzeli, smo izmerili razdalje in azimute do debel posameznih dreves, ki obdajajo vrzel, ter tako dobili podatke za izračun velikosti razširjenih vrzeli. Prav tako smo iz iste točke izmerili razdalje in azimute do vertikalne projekcije krošnje vsakega drevesa in tako dobili podatke za izračun velikosti vrzeli v strehi sestojja (Slika 5). Pri merjenju teh razdalj smo upoštevali veje v krošnjah dreves, ki segajo najdlje proti središču vrzeli. Točke v sredini vrzeli smo začasno označevali s količkom in trakom, po končanem izločanju vseh vrzeli pa smo za vse točke v vrzelih posneli koordinate z GPS napravo.



Slika 5: Prikaz merjenja razdalj in azimutov (R1) od središčne točke (S) do roba vrzeli (A) in razdalj in azimutov (R2) od središčne točke (S) do debel dreves (B), ki omejujejo razširjeno vrzel. Obe razdalji smo izmerili za vsa drevesa, ki omejujejo vrzel.

Na terenu smo posneli tudi eno veliko vrzel ($> 1100 \text{ m}^2$), za katero zaradi velikosti in oblike nismo mogli izmeriti azimutov in razdalj do posameznih mejnih dreves iz iste, središčne točke. Za to vrzel smo izmerili najdaljšo vzdolžno in prečno razdaljo odprtine v strehi sestoja ter izračunali površino elipse, ki je najboljši približek dejanski površini vrzeli. Pri tej vrzeli nismo izmerili in izračunali površine razširjene vrzeli. Vse izmerjene podatke smo sproti vpisovali v snemalni list, na katerega smo izrisali tudi skico razporeditve mejnih dreves, ki obdajajo posamezno vzelo, ter beležili podatke o poškodbah posameznih mejnih dreves. Na snemalni list smo za vsako vrzel vpisali tudi osnovne podatke o vrzeli, kot so oznaka vrzeli, naklon, aspekt, pokrovnost zeliščne plasti in orientiranost vrzeli. Za vsako vrzel smo popisali tudi pomladek na območju razširjene vrzeli in vrzelnike, ki so povzročili nastanek posamezne vrzeli in so bili še vidni.

4.2.1.3 Popis vrzelnikov

Na terenu smo pri vrzelnikih popisovali naslednje znake:

- drevesno vrsto,
- premer na višini 1,3 metra,
- način odmrta,
- stopnjo razkroja,
- smer padca,
- potencialne polnilce vrzeli, ki so nastale z odmrtnjem vrzelnika.

Načini odmrta, ki smo jih ugotavljali pri vrzelnikih so naslednji:

- zlomljen (ang. *snapped*),
- izruvan (ang. *uprooted*),
- stoječe odmrlo (ang. *standing dead*),
- stoječe odmrlo, zlomljen (ang. *standing dead, snapped*),
- neznano.

Vrzelnikom smo določili stopnjo razkroja in s tem približno starost, kar nam je pomagalo pri razumevanju nastanka in širjenja vrzeli. Za določevanje stopnje razkroja smo uporabili obrazec z naslednjimi opisi:

1a - skorja nedotaknjena; prisotne vejice listi ali iglic; površina nedotaknjena, pokrita s skorjo; oblika krožna; trd les, nož se ne zapiči v les; starost 1 leto.

1b – skorja večinoma nedotaknjena, delno razpokana; veje in poganjki prisotni, listje ne; les trd, nož se zapiči 1–2 mm; površina nedotaknjena; oblika krožna; starost 2–3 leta.

1c – skorja razpokana, manjka je največ 50 %; prisotne veje do 3 cm in debelejše; nož se zapiči 1–2 mm v les; površina nedotaknjena, skorja odpada; oblika krožna; starost 3–10 let.

2 – manjka več kot 50 % skorje ali je ni; prisotne veje nad 3 cm; nož se zapiči do 1 cm v les; površina gladka, nedotaknjena; oblika krožna; starost 10–15 let.

3 – skorja manjka; veje in poganjki manjkajo; les postaja mehak, nož se zapiči 1–5 cm; površina gladka ali razpokana; oblika krožna; starost 15–20 let.

4 – skorja manjka; veje manjkajo; les je mehak, nož se zapiči več ko 5 cm; velike razpoke na površini, manjkajo manjši deli le te ali nedotaknjena; oblika lahko ovalna; starost 20–30 let.

5 – skorja manjka; veje manjkajo; les je mehak, nož se zapiči več kot 5 cm; manjkajo večji deli površine, spremenjena; oblika ploskovno ovalna; starost 30–45 let.

6 – skorja manjka; veje manjkajo; mehak les, prisotni samo ostanki lesa; površina težko določljiva; oblika ploskovno ovalna pokrita z zemljo; starost več kot 45 let.

Pri popisu vrzelnikov smo določevali tudi, katero drevo iz pomladka bi lahko nadomestilo drevo, ki je odmrlo in povzročilo nastanek vrzeli. Izbirali smo drevesa, ki so bila prisotna že pred nastankom vrzeli ali pa drevesa, ki so vzkli v nastali vrzeli. Pogoj, da je bilo določeno drevo izbrano za potencialnega polnilca vrzeli (ang. *definitive gapfiller*) je bil, da je bilo dovolj veliko in vitalno, da se prebije v zgornjo plast.

4.2.1.4 Popis pomladka v vrzelih

Pomladek, ki smo ga popisovali smo razdelili v tri skupine:

- nižji pomladek, višine od 0,5 metra do višine 1,3 metra (ang. *seedlings*),
- višji pomladek, višine nad 1,3 metra, ki ima premer na prsni višini manjši kot 5 cm (ang. *saplings*),
- drevesa v vrzeli, nižja od polovice sestojne višine, s prsnim premerom nad 5 cm.

Za prvi dve skupini smo popisali le skupno število osebkov v razširjeni vrzeli po posameznih drevesnih vrstah, za tretjo skupino pa smo poleg drevesnih vrst zapisali tudi premere za posamezna drevesa. Za pomoč pri štetju smo uporabljali kredo, premere smo merili s PI metrom.

4.2.2 Vzpostavitev in popis stalne vzorčne ploskve

V osrednjem, najbolj ohranjenem delu pragozdnega rezervata na Donački gori smo izbrali del sestoja, v katerem smo vzpostavili stalno raziskovalno ploskev velikosti 0,8 ha (100 metrov po plastnici x 80 metrov po vpadnici). Vzorčna ploskev je služila ugotavljanju zdajšnjega stanja in bo služila spremljanju dogajanja in sprememb na njej v prihodnje.

Za določevanje velikosti ploskve in popis podatkov z vzorčne ploskve smo uporabljali opremo čeških proizvajalcev, ki je sestavljena iz računalnika s programsko opremo Field-Map in laserskega razdaljemera. Ta oprema omogoča, da izmerjene podatke sproti vnašamo v računalnik ter tako na koncu dobimo sliko o razporeditvi živih in mrtvih dreves na ploskvi, prav tako pa računalnik omogoča izračun določenih parametrov iz vnesenih podatkov.

Na terenu smo najprej zakoličili oglišče na zgornjem delu raziskovalne ploskve ter določili začetno stojišče za merilca z računalnikom. Ostala oglišča ploskve smo določili na podlagi izmerjenih azimutov s pomočjo Field-Map opreme in jih prav tako označili z lesenimi količki, ki smo jih kasneje zamenjali s kovinskimi. Stojišče merilca smo kasneje večkrat prestavili, da smo lahko izmerili in popisali vsa živa in odmrta drevesa na ploskvi. Vsa živa drevesa na ploskvi, s prsnim premerom nad 5 cm, smo označili z zaporednimi številkami, določili drevesno vrsto, jim zmerili premer na prsni višini ter ocenili socialni

položaj. Ocenjevali smo tudi poškodovanost dreves in pa morebitno okuženost z glivami. Drevesa smo označevali na spodnji strani koreninika. Z žbljem smo pritrdili ploščice iz nerjaveče kovine v koreninik tako, da se ploščice ne morejo vrasti v skorjo, ampak se lahko odmikajo ob debelitvi debla (Slika 6).

Na ploskvi smo popisali tudi vsa stoječa odmrta drevesa (sušice), ležeča debla (podrtice) ter dele debel in debelejšje veje, dolžine več kot 2 m, s premerom nad 10 cm. Sušicam na ploskvi smo zmerili premer in ocenili njihovo višino. Na podlagi srednjega premera in njihove višine smo izračunali volumen sušic na raziskovalni ploskvi. Podrtice in dele podrtic smo popisali tako, da smo izmerili premer na obeh koncih ter posneli točke na začetku in koncu debel. Tako smo dobili lego podrtic na ploskvi ter podatke za izračun njihovega volumna. Popisali smo tudi panje odmrlih dreves na ploskvi. Določili smo drevesno vrsto odmrlih dreves in stopnjo njihovega razkroja ter način odmrtnja.



Slika 6: Način označevanja dreves na raziskovalni ploskvi (Foto: Andrej Hajšek, 2011).

4.2.3 Analiza podatkov

Podatke iz snemalnih listov smo prenesli na računalnik in jih tam uredili, da smo lahko izračunali potrebne parametre. Delež, ki ga predstavljajo vrzeli v gozdu, smo izračunali iz dolžine, ki ga predstavlja dolžina transektov v vrzelih od skupne dolžine transektov (po Runkle, 1981). Za izračun velikosti in oblike vrzeli ter razširjenih vrzeli smo uporabili program ArcMap 9.2. V program smo vnesli koordinate točk robnih dreves in koordinate točk na meji vrzeli, ki smo jih dobili na podlagi izmerjenih azimutov in razdalj teh točk od središčnih točk v vrzelih. Prostorsko razporeditev točk smo dobili na podlagi koordinat središčnih točk, ki smo jih izmerili z GPS-om v vrzelih. Tako dobljene skupine točk smo potem povezali v poligone, ki so predstavljali oblike posameznih vrzeli in razširjenih vrzeli. V nadaljevanju smo iz izrisanih poligonov izračunali tudi površine posameznih vrzeli in razširjenih vrzeli. Za vrzel, ki je bila prevelika, da bi ji na terenu izmerili razdalje in azimute mejnih dreves do središčne točke, smo izračunali velikost površine vrzeli v strehi sestojja po enačbi za izračun ploščine elipse s polosema a in b , ki smo jih izmerili na terenu.

Podatke iz stalne raziskovalne ploskve smo na terenu sproti vnašali v računalnik s Field-Map opremo. Ta oprema nam je omogočila, da smo po končanem terenskem delu dobili podatke o premerih za posamezna živa drevesa in sušice, volumne posameznih kosov podrtic ter prostorsko razporeditev živih in odmrlih dreves na vzorčni ploskvi. Skupno maso živih dreves na ploskvi smo izračunali z vmesnimi tarifami za izračun volumna lesa živih dreves. Glede na podatke v gozdnogospodarskem načrtu smo uporabili 6. tarifni razred (V6) za izračun mase bukovih dreves in 5. tarifni razred (V5) za izračun mase plemenitih listavcev. Od skupnega volumna živih in odmrlih dreves smo izračunali, kolikšen delež predstavlja volumen odmrlih dreves (sušic in podrtic) na ploskvi.



Slika 7: Pogled na del stalne vzorčne ploskve v rezervatu na Donački gori (Foto: Andrej Hajšek, 2011)

5 REZULTATI

5.1 RAZVOJNA DINAMIKA GOZDA

5.1.1 Velikosti vrzeli

5.1.1.1 Delež vrzeli na transektu

V rezervatu smo izmerili in popisali sestojne vrzeli na treh transektih, ki so bili različno dolgi. Skupna dolžina transektov je znašala 1764,9 m, na njih pa smo premerili 39 vrzeli. Delež vrzeli na celotni dolžini transekta je znašal 12,6 % oziroma 222,3 m, delež razširjenih vrzeli pa je znašal 41,9 % celotne dolžine transekta, oziroma 740,3 m (Preglednica 1).

Preglednica 1: Prikaz dolžin transektov v pragozdnem rezervatu Donačka gora

	Prvi transekt	Drugi transekt	Tretji transekt	Skupaj	Delež v %
Dolžina transekta izven vrzeli					
(m)	127,2	450,8	446,6	1024,6	58,1
Dolžina transekta v vrzelih					
(m)	6,9	69,6	145,8	222,3	12,6
Dolžina transekta v razširjenih delih vrzeli					
(m)	43,9	193,7	280,4	518	29,4
Dolžina transekta v razširjenih vrzelih					
(m)	50,8	263,3	426,2	740,3	41,9
Skupna dolžina transekta	178	714,1	872,8	1764,9	100

5.1.1.2 Splošni podatki o vrzelih

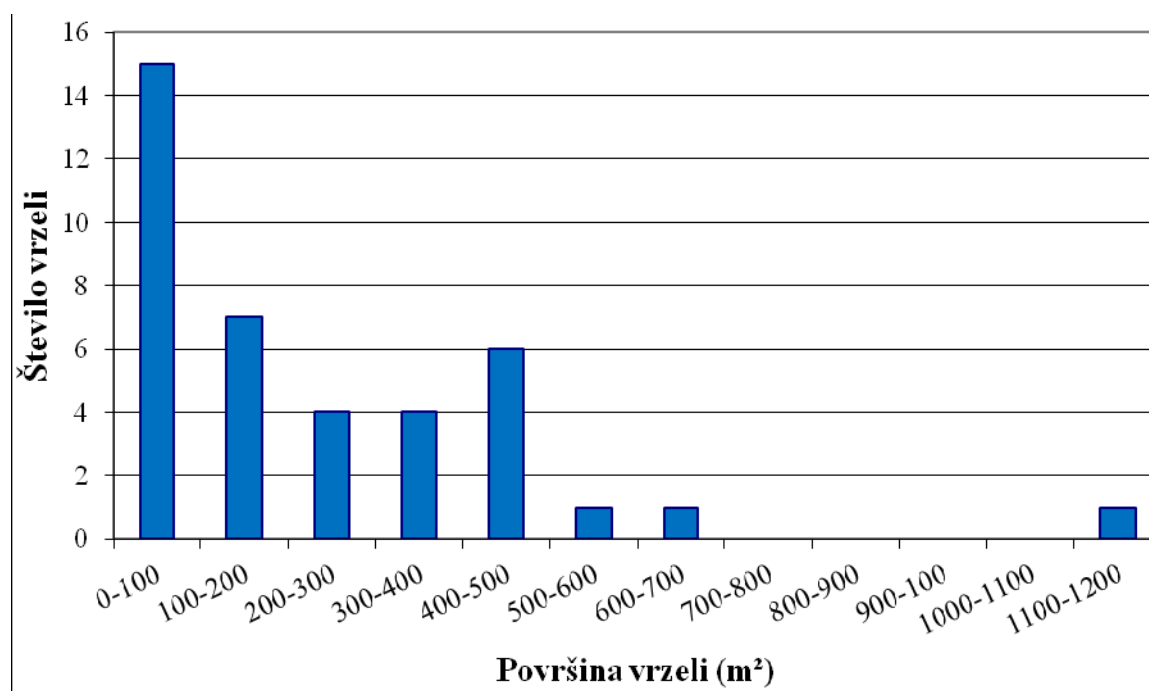
Na terenu smo premerili 39 vrzeli. Nekateri kazalniki velikosti vrzeli so podani v preglednici 2. Velikosti izmerjenih vrzeli v strehi sestojja so bile v razponu od 8,61 m² do 1169,20 m². Najmanjša velikost razširjene vrzeli je znašala 101,2 m², velikost največje izmerjene razširjene vrzeli pa je znašala 1505,53 m², vendar pri tem nismo upoštevali velikosti razširjene vrzeli največje vrzeli, ker smo pri tej vrzeli izmerili le velikost vrzeli v strehi sestojja.

Preglednica 2: Izbrani kazalniki velikosti vrzeli

	N	Srednja vrednost (m ²)	Mediana (m ²)	Min. velikost (m ²)	Max. velikost (m ²)	Standardni odklon (m ²)
Vrzel	39	231,57	157,0	8,61	1169,2	232,94
Razširjena vrzel	38	601,63	555,02	101,2	1505,53	360,46

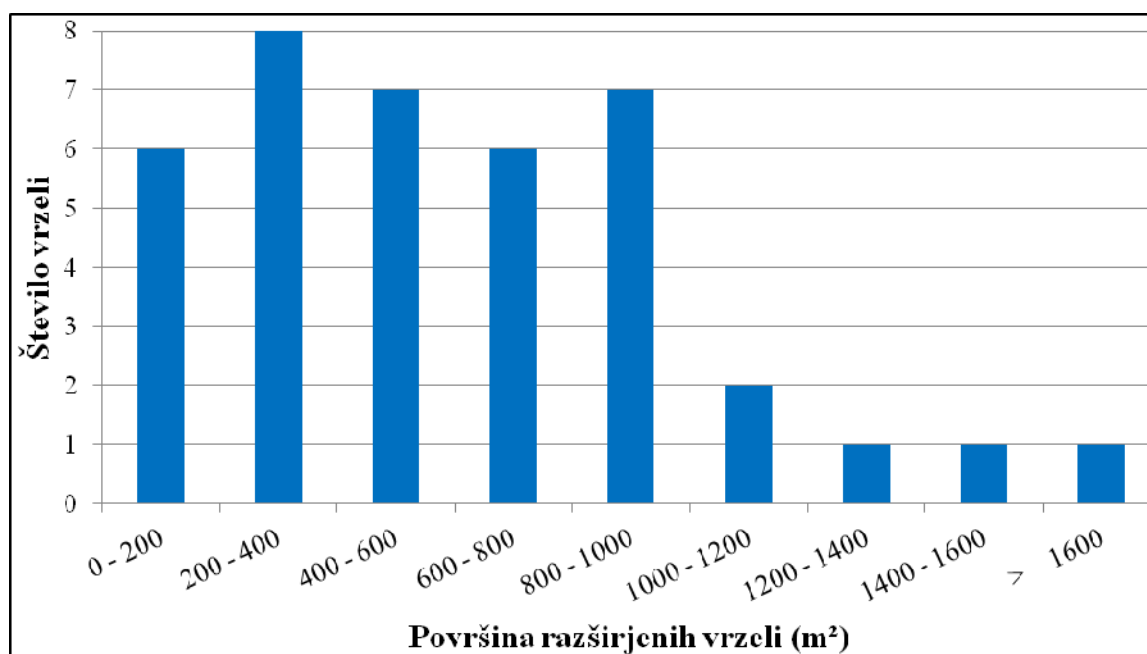
5.1.1.3 Frekvenčna porazdelitev vrzeli

Iz slike 8 je razvidno, da se največje število vrzeli nahaja v velikostnem razredu od 0 do 100 m². V tem razredu se nahaja 15 vrzeli, kar predstavlja 38 % vseh vrzeli. V razredu od 100 do 200 m² se nahaja 7 vrzeli, sledi velikostni razred od 400 do 500 m², kjer se nahaja 6 od skupno 39 vrzeli. V večjih velikostnih razredih število vrzeli pada in tako v njih najdemo le posamezne vrzeli.



Slika 8: Frekvenčna porazdelitev števila vrzeli v strehi sestoja po velikostnih razredih

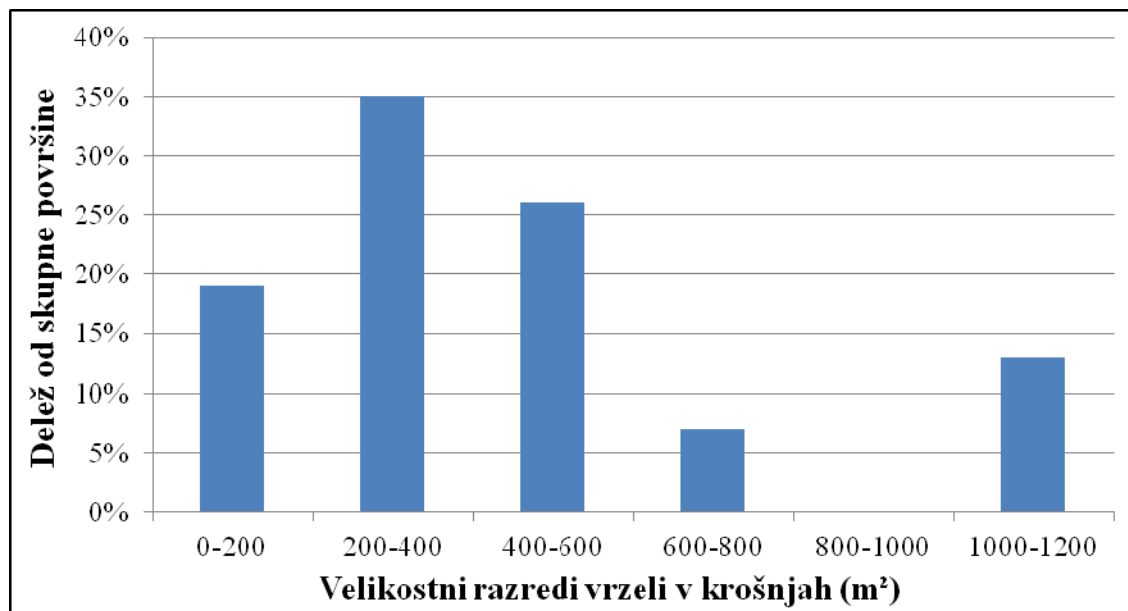
Če pogledamo frekvenčno porazdelitev po velikostnih razredih za razširjene vrzeli (Slika 9) vidimo, da se največ vrzeli, in sicer 8, nahaja v velikostnem razredu od 200 do 400 m², kar predstavlja skoraj 21 % od skupnega števila vrzeli. V velikostnih razredih do 1000 m² se nahaja po 7 vrzeli še v velikostnem razredu od 400 do 600 m² in v razredu 800 do 1000 m², 6 vrzeli pa najdemo v razredih od 0 do 200 m² in od 600 do 800 m². Razširjenih vrzeli, ki so večje od 1000 m², je le 5.



Slika 9: Frekvenčna porazdelitev števila razširjenih vrzeli po velikostnih razredih

Skupna površina vrzeli v strehi sestoja, ki smo jih izmerili je znašala 9031,24 m². Vrzeli smo razdelili v 200 m² velike velikostne razrede, da bi ugotovili kolikšen delež površine predstavljajo posamezni velikostni razredi glede na skupno površino vrzeli v strehi sestoja. Rezultati so pokazali (Slika 10), da največji delež od skupne površine vrzeli v strehi sestoja predstavljajo vrzeli iz velikostnega razreda od 200 do 400 m², in sicer 35 %, velikostni razred od 400 do 600 m² pa predstavlja 26 %. Čeprav je bilo v velikostnem razred od 0 do 200 m² največje število vrzeli, pa predstavlja skupna površina tega velikostnega razreda le 19 % od skupne površine vrzeli v strehi sestoja. V velikostnem razredu od 1000 do 1200

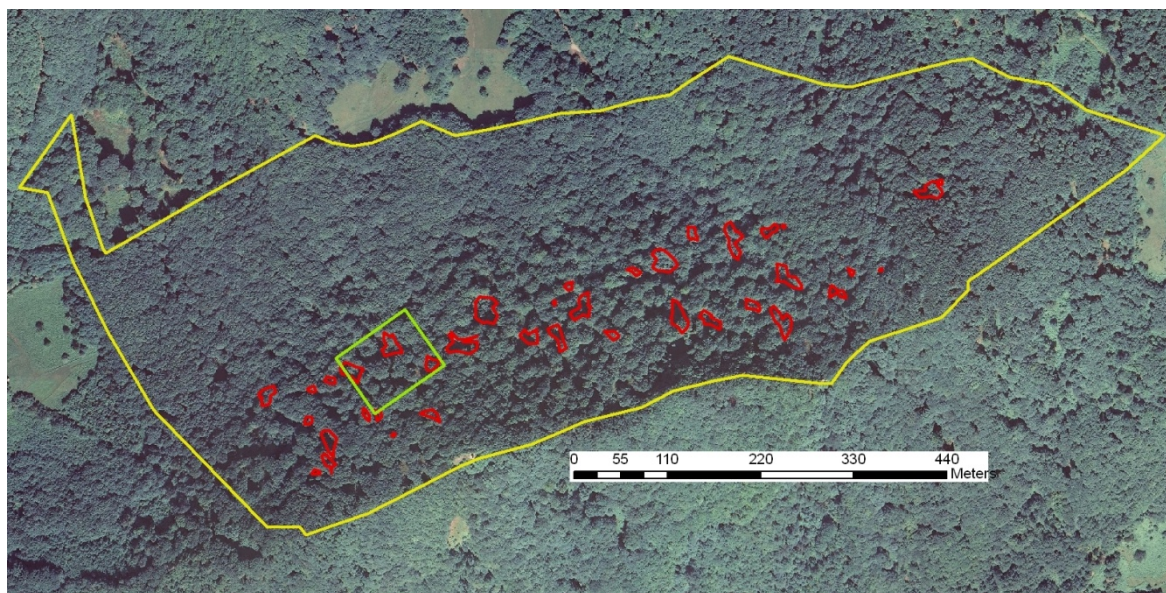
m² je bila le ena vrzel, ampak zaradi svoje velikosti predstavlja 13 % skupne površine vrzeli v krošnjah.



Slika 10: Deleži od skupne površine vrzeli v strehi sestoja po velikostnih razredih vrzeli

5.1.1.4 Prikaz izmerjenih vrzeli na terenu z vrzelmi na letalskih posnetkih

Na podlagi koordinat izmerjenih na terenu z GPS napravo, smo dobili prostorsko razporeditev poligonov, ki predstavljajo izmerjene vrzeli in lego raziskovalne vzorčne ploskve v pragozdu Donačka gora. Primerjava teh poligonov z vrzelmi na letalskih posnetkih kaže dobro ujemanje nekaterih vrzeli. Ujemanje drugih je nekoliko slabše, verjetno zaradi tega, ker so letalski posnetki iz leta 2006, pa tudi koordinate, izmerjene z GPS napravo, imajo nekaj metrov odstopanja in ponekod prihaja do zamikov prikazanih vrzeli.



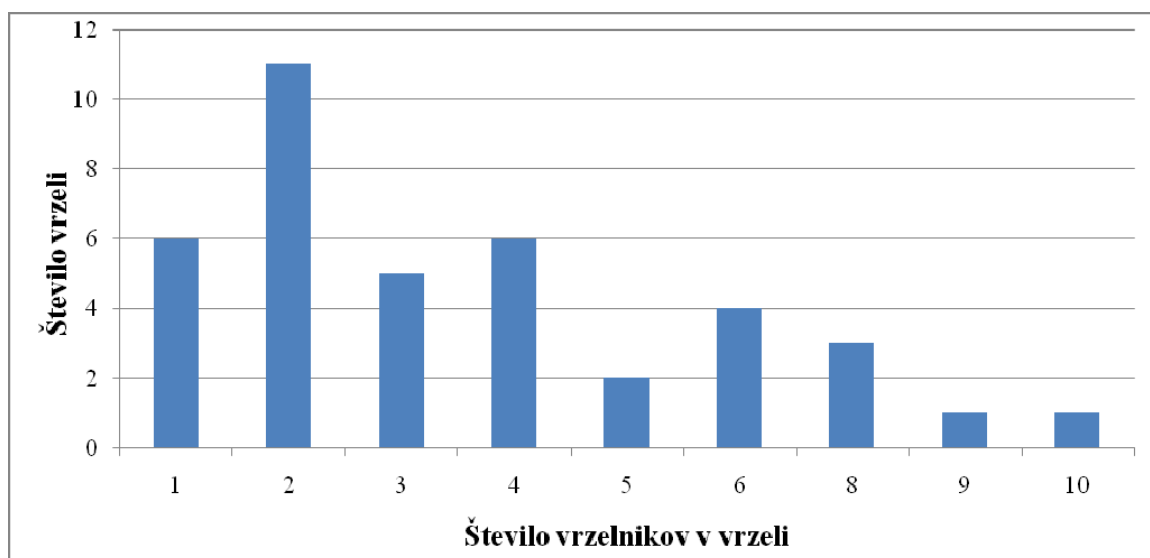
Slika 11: Prikaz vrzeli izmerjenih na terenu in lege raziskovalne vzorčne ploskve na letalskem posnetku pragozda na donački gori. Rumena črta predstavlja mejo rezervata, poligoni rdeče barve predstavljajo vrzeli, ki smo jih izmerili na terenu, kvadrat zelene barve pa prikazuje raziskovalno ploskev, ki smo jo vzpostavili v rezervatu.

5.1.2 Analize vrzelnikov

5.1.2.1 Število vrzelnikov

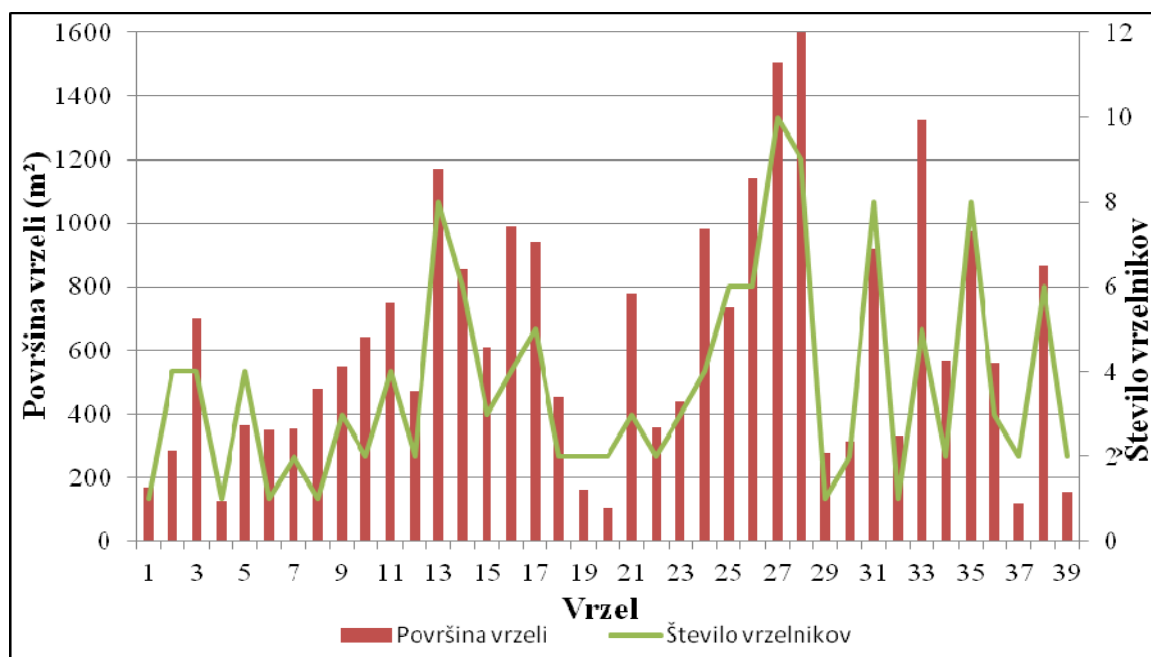
V vseh vrzelih smo evidentirali 144 vrzelnikov, od tega je bilo 98 % bukovih vrzelnikov in le trije vrzelniki drugih drevesnih vrst (dve lipi in en gorski javor). Nekaj več kot 85 % vrzeli je nastalo z odmrtnjem več kot enega drevesa, to pomeni da je v 33 vrzelih prisoten

več kot en vrzelnik. Vrzeli z 2, 3 ali 4 prisotnimi vrzelniki je bilo 23, oziroma 59 %. Več kot 5 vrzelnikov je prisotnih v 28 % vrzeli. Največje število vrzelnikov, prisotnih v eni vrzeli, je bilo 10, v šestih vrzelih je bil prisoten le en vrzelnik (Slika 12).



Slika 12: Frekvenčna porazdelitev vrzeli glede na število vrzelnikov v vrzeli

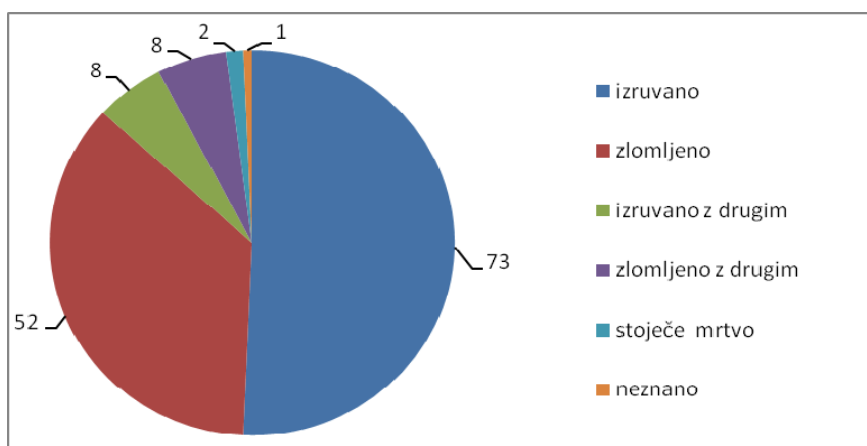
Primerjali smo površino razširjenih vrzeli s številom vrzelnikov, prisotnih v posameznih vrzelih. Iz slike 13 je razvidno, da je bilo v večjih vrzelih tudi večje število vrzelnikov. Najbolj odstopa vrzel številka 33, v kateri je bilo kljub temu, da je bila med največjimi evidentiranimi vrzelmi, le 5 vrzelnikov. To relativno malo število vrzelnikov v tej vrzeli gre verjetno pripisati temu, da je bila vrzel že dokaj stara in je možno, da so se starejši vrzelniki razgradili do te mere, da jih je bilo težko razpoznati.



Slika 13: Primerjava velikosti posameznih razširjenih vrzeli s številom vrzelnikov v vrzelih

5.1.2.2 Način odmrtnja vrzelnikov

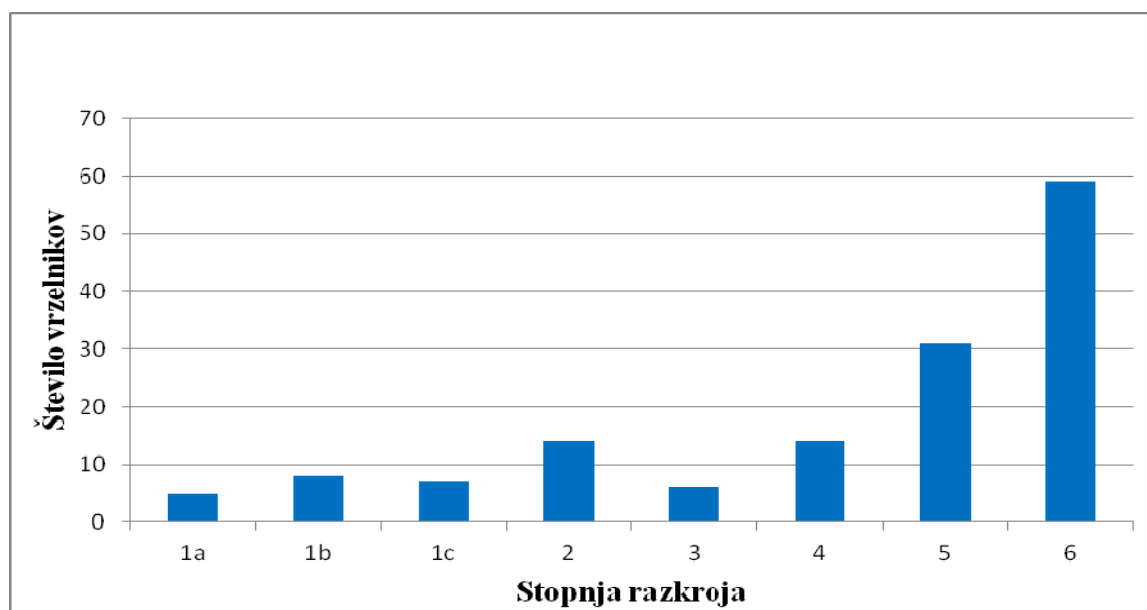
Analiza načina odmrtnja vrzelnikov kaže, da je bilo dobrih 50 % vrzelnikov izruvanih, 52 vrzelnikov (36 %) je bilo zlomljenih, 6 % vrzelnikov je bilo izruvanih zaradi padca drugega drevesa, prav tako pa 6 % zlomljenih zaradi padca drugega drevesa. Stojee mrtva sta bila dva vrzelnika, za enega pa nismo ugotovili vzroka odmrtnja. Število vrzelnikov v skupinah glede na način odmrtnja drevesa je prikazano na sliki 14.



Slika 14: Prikaz števila vrzelnikov glede na način odmrtnja drevesa

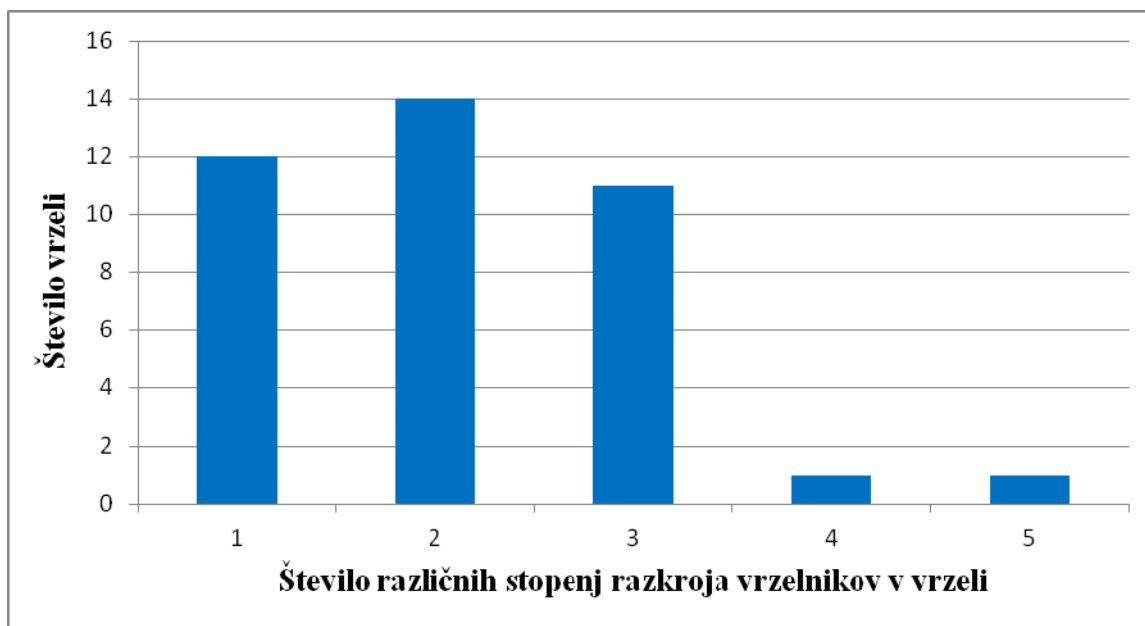
5.1.2.3 Stopnja razkroja vrzelnikov

Iz slike 15 lahko razberemo, da je bilo največ vrzelnikov v šesti stopnji razkroja in sicer kar 40 %, v peti stopnji razkroja pa je bilo 31 vrzelnikov, oziroma 22 %. Iz tega je razvidno, da je kar 62 % vrzelnikov in s tem tudi vrzeli ali delov vrzeli starejših od 30 let. V prvih treh stopnjah (1a, 1b, 1c) je bilo 20 vrzelnikov, kar znaša 14 %, v drugi in četrti stopnji razkroja je bilo po 10 % vrzelnikov, v tretji stopnji pa 4 % vseh vrzelnikov.



Slika 15: Porazdelitev vrzelnikov glede na stopnjo razkroja

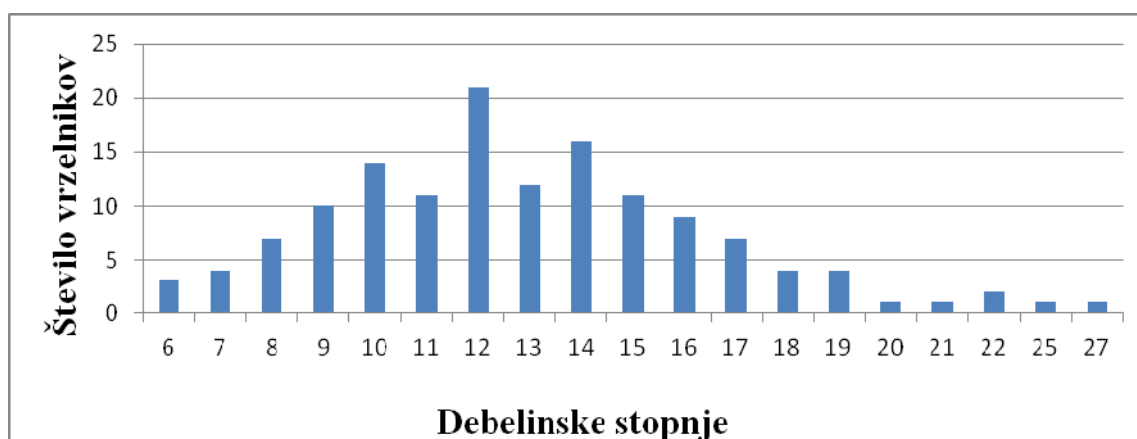
V dvanajstih vrzelih, kar predstavlja 31 % vrzeli, so bili vrzelniki, ki so bili prisotni v isti stopnji razkroja, oziroma je bil prisoten en sam vrzelnik. V preostalih 69 % vrzeli, v katerih je bilo prisotnih več vrzelnikov, so se vrzelniki pojavljali v več različnih stopnjah razkroja, kar nakazuje postopno širjenje vrzeli. V 14 vrzelih so bili vrzelniki v dveh različnih stopnjah razkroja, 11 vrzeli je nastalo z dvema širjenjema, dve vrzeli pa sta bili posledica štirih oziroma pet motenj v različnih časovnih obdobjih, kar prikazuje tudi slika 16.



Slika 16: Porazdelitev števila vrzeli glede na število vrzelnikov v različnih stopnjah razkroja

5.1.2.4 Debelinske stopnje vrzelnikov

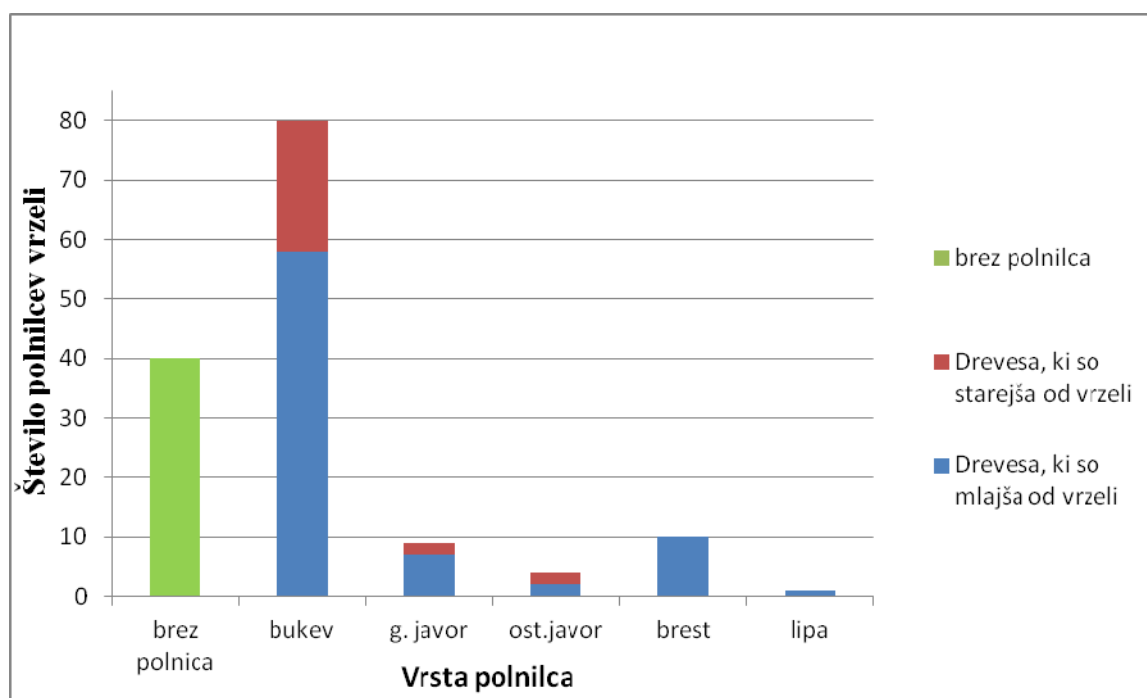
Na sliki 17 lahko vidimo, da največ vrzelnikov najdemo v razponu od 10. do 15. debelinske stopnje, in sicer kar 59 %. Mediana je v 12. debelinski stopnji. Število vrzelnikov v manjših in večjih debelinskih stopnjah pada, v debelinskih stopnjah od 20 dalje se nahajajo le posamezni vrzelniki.



Slika 17: Frekvenčna porazdelitev vrzelnikov glede na debelinsko stopnjo

5.1.2.5 Polnilci vrzeli

Vrzelnikom v vseh vrzelih smo določevali tudi potencialne polnilce vrzeli, oziroma drevesa, ki bi lahko zapolnila prostor, ki ga je prej zasedalo odmrlo drevo. Ocenili smo, da 40 vrzelnikov, kar predstavlja 28 % vseh vrzelnikov, v času naše raziskave ni imelo potencialnega polnilca vrzeli oziroma ni bilo mogoče oceniti katero drevo bi lahko nadomestilo odmrlo drevo. Kar 77 % vrzelnikov, ki smo jim določili potencialnega polnilca vrzeli je imelo za polnilca bukova drevesa. Za ostalih 23 % vrzelnikov smo kot potencialnega polnilca vrzeli ocenili drevesa drugih vrst, kot so brest, javor, lipa. Ocenili smo da je bilo 25 % vseh polnilcev vrzeli, ki bodo nadomestili odmrla drevesa že prisotnih, ko so ta odmrta (Slika 18).



Slika 18: Zastopanost drevesnih vrst med potencialnimi polnilci vrzeli

5.1.3 Analiza pomladka v vrzelih

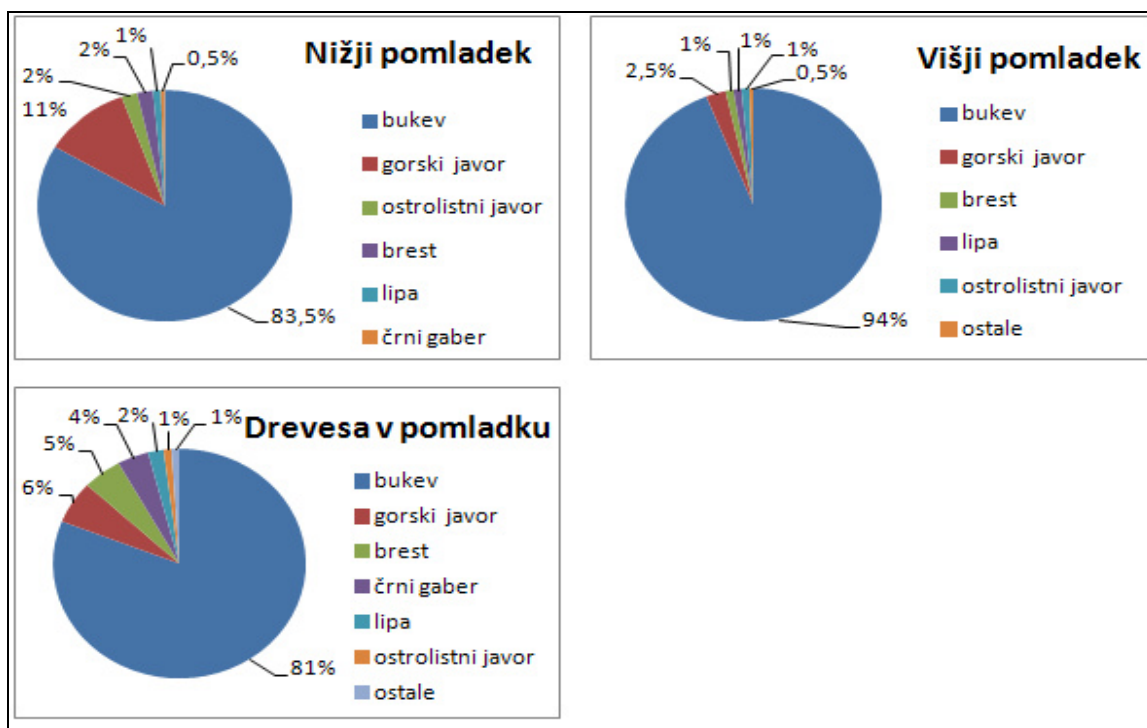
V vseh vrzelih smo popisali pomladek, ki se je razvil na območju razširjenih vrzeli. Pomladek v vrzelih smo razdelili v tri različne skupine. Analiza je pokazala (Preglednica 3), da je bilo v vseh vrzelih in vseh treh skupinah pomladka skupaj 89 % osebkov bukve, 5

% je bilo gorskega javorja, 2 % pomladka je predstavljal brest, ostale 4 % pa druge drevesne vrste. Glede na skupno površino razširjenih vrzeli, v katerih smo popisovali pomladek, in število osebkov v vseh vrzelih smo izračunali koliko je znašala gostota za posamezne drevesne vrste v različnih skupinah pomladka in skupno. Gostota bukve, najštevilčnejše zastopane drevesne vrste v vseh skupinah pomladka, je znašala 1171 osebkov na hektar, gorskega javorja 69 osebkov na hektar. Skupna gostota osebkov, ki smo jih popisali v treh skupinah pomladka v vrzelih je znašala 1317 osebkov na hektar.

Preglednica 3: Zastopanost drevesnih vrst v pomladku vseh vrzeli (N/ha)

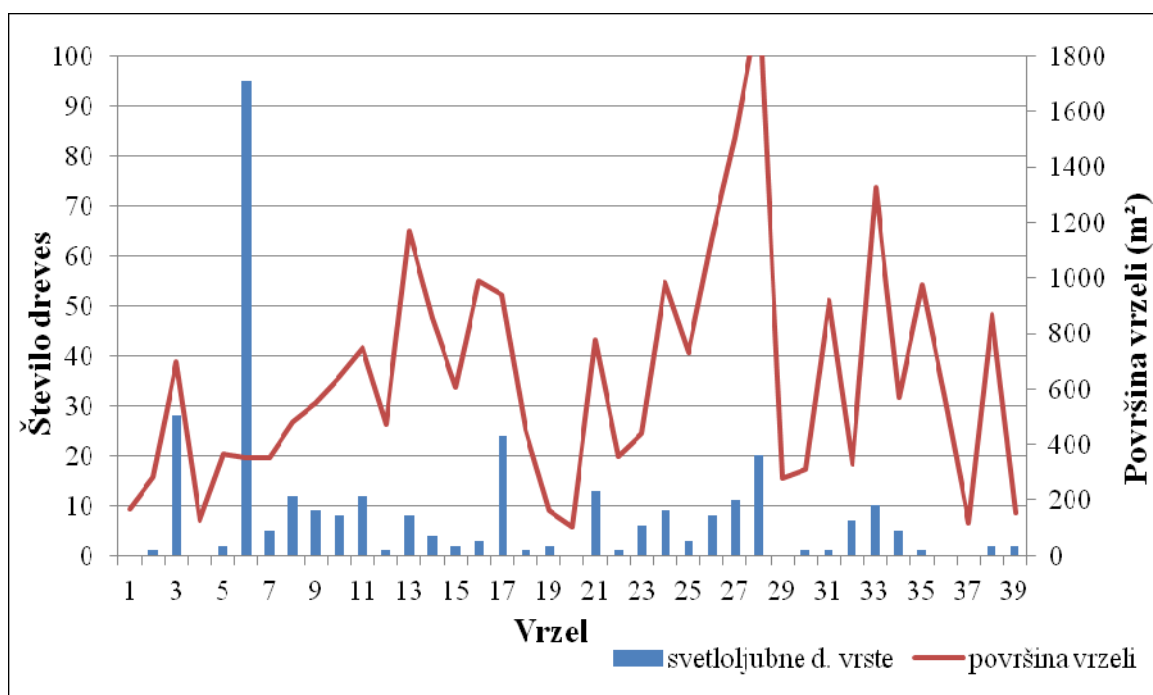
Drevesna vrsta	$d_{1,3} > 5$ cm, do $\frac{1}{2}$ sestojne višine	$h > 1,3$ m, $d_{1,3} < 5$ cm	h od 0,5 m do 1,3 m	Skupno število	v %
Bukev	232	691	248	1171	89
Gorski javor	17	20	32	69	5
Brest	13	7	6	26	2
Lipa	5	9	3	17	1,5
Črni gaber	13	0	2	15	1
Ostrol. javor	2	6	6	13	1
Ostale	4	2	0	6	0,5
Skupaj število	286	734	297	1317	100

Analizirali smo tudi, kolikšen delež predstavljajo drevesne vrste v posameznih skupinah, v katere smo razdelili pomladek. Rezultati so pokazali, da se najbolje pomlajuje bukev, ki je prevladujoča drevesna vrsta v vseh treh skupinah pomladka, kar je razvidno iz slike 19. Največji delež predstavlja bukev v višjem pomladku, višine nad 1,3 m, s premerom manjšim od 5 cm, in sicer 94 %, v nižjem pomladku, visokem od 0,5 m do 1,3 m, najdemo dobrih 83 % bukve, med drevesi s prsnim premerom nad 5 cm, ki so nižja od polovice sestojne višine, je bilo 81 % bukve.



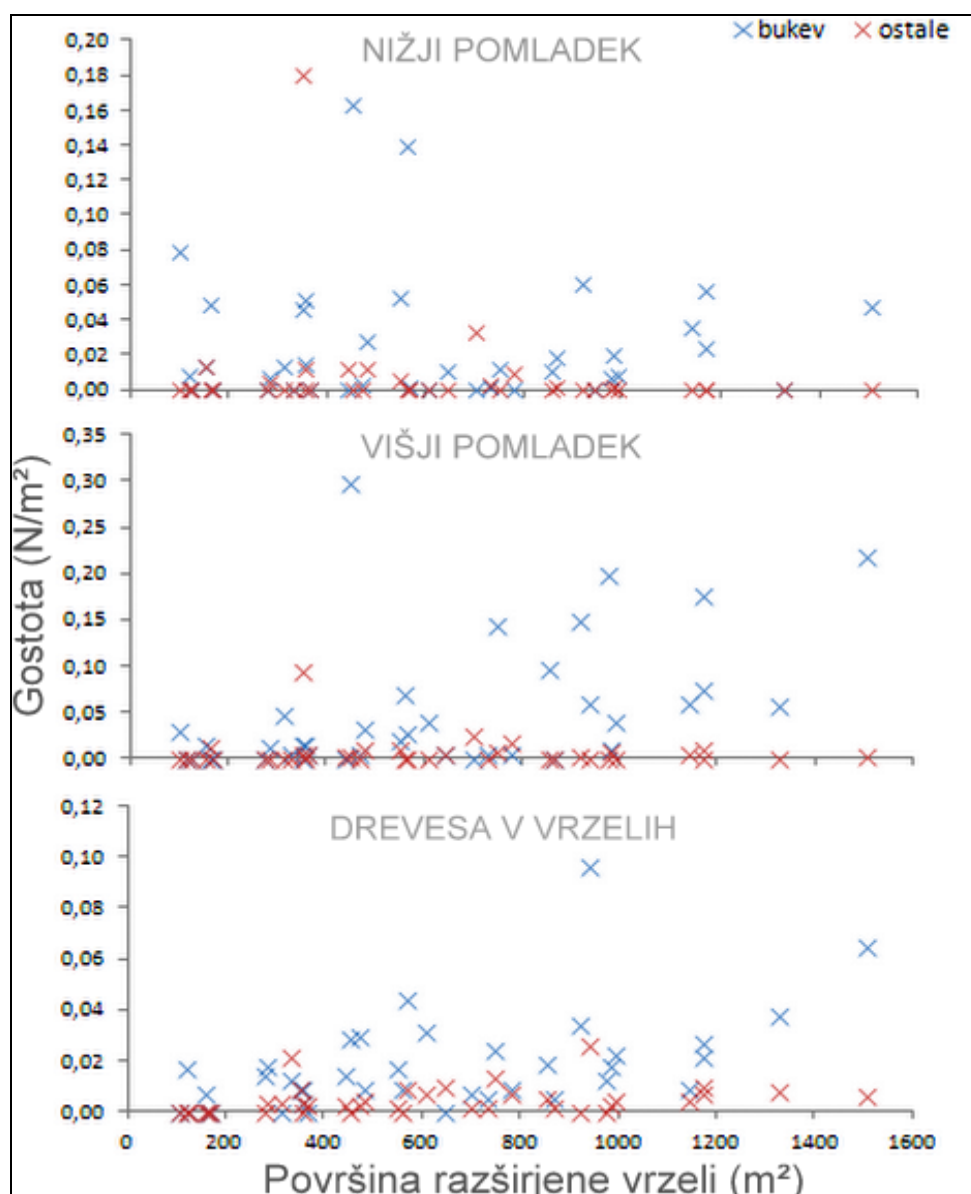
Slika 19: Deleži drevesnih vrst v posameznih skupinah pomladka

Analizirali smo, v kolikšni meri se med pomladkom v vrzelih pojavljajo svetloljubne oziroma polsvetloljubne drevesne vrste, kot sta gorski javor in brest. V primerjavi z bukvijo, ki je sencozdržna drevesna vrsta, je delež teh dveh svetloljubnih drevesnih vrst majhen. Delež gorskega javorja se giblje med 2,5 % in 11 % v različnih skupinah pomladka, delež bresta je še nižji, med 1 % in 5 %. Iz slike 20 lahko razberemo, da je število osebkov gorskega javorja in bresta v majhnih vrzeli zelo majhno ali pa te vrste niso prisotne. Večje število svetloljubnih osebkov je predvsem v večjih vrzelih. Izjema je predvsem vrzel številka 6, katere površina je majhna, klub temu pa smo v njej evidentirali veliko število osebkov svetloljubnih drevesnih vrst.



Slika 20: Primerjava velikosti posameznih razširjenih vrzeli s številom osebkov svetloлюбnih drevesnih vrst v pomladku.

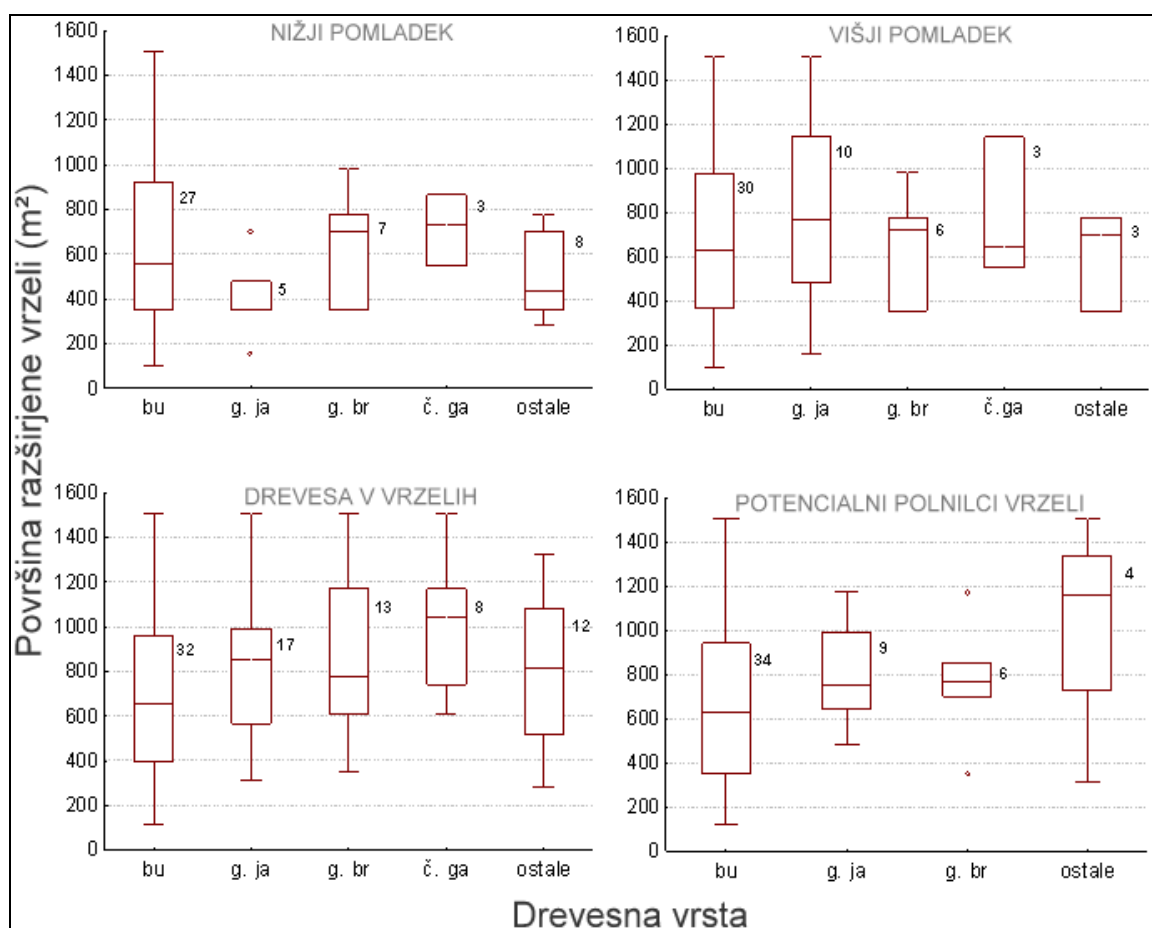
Primerjali smo tudi kako se v različno velikih vrzelih in različnih skupinah pomladka razlikuje gostota bukovih osebkov od gostote osebkov ostalih drevesnih vrst, ki so bile prisotne v vrzelih (Slika 21). Ugotovili smo, da se bukev bolje pomlajuje od ostalih drevesnih vrst, ne glede na velikost razširjenih vrzeli. Gostota bukovih osebkov v nižjem pomladku se bistveno ne razlikuje v različno velikih vrzelih in se v povprečju giblje med 0,02 in 0,05 osebkov na m². V skupini višjega pomladka so opazne nekoliko večje gostote bukovih osebkov v vrzelih večjih od 600 m². Gostota ostalih drevesnih vrst v pomladku je, razen v dveh vrzelih na začetku drugega in tretjega transekta, v primerjavi z gostoto bukovih osebkov majhna, v veliko vrzelih v pomladku ne najdemo nobene druge drevesne vrste kot bukev, zato je tudi gostota osebkov ostalih drevesnih vrst na m² enaka nič.



Slika 21: Prikaz gostote bukovih osebkov in osebkov drugih drevesnih vrst (gorski javor, gorski brest, črni gaber, ostrolistni javor, lipa, mokovec, iva) v razširjenih vrzelih različnih velikosti in različnih življenjskih fazah.

Da bi dodatno preverili, kako vpliva velikost vrzeli na prisotnost in razvoj posameznih drevesnih vrst, smo analizirali porazdelitev velikosti razširjenih vrzeli, ki vsebujejo vsaj en osebek posameznih drevesnih vrst v različnih skupinah pomladka. Iz slike 22 je razvidno, da se bukev pojavlja v večini vrzeli v vseh velikostnih razredih pomladka ne glede na velikost razširjenih vrzeli. Če pogledamo velikosti vrzeli, v katerih je prisotna bukev,

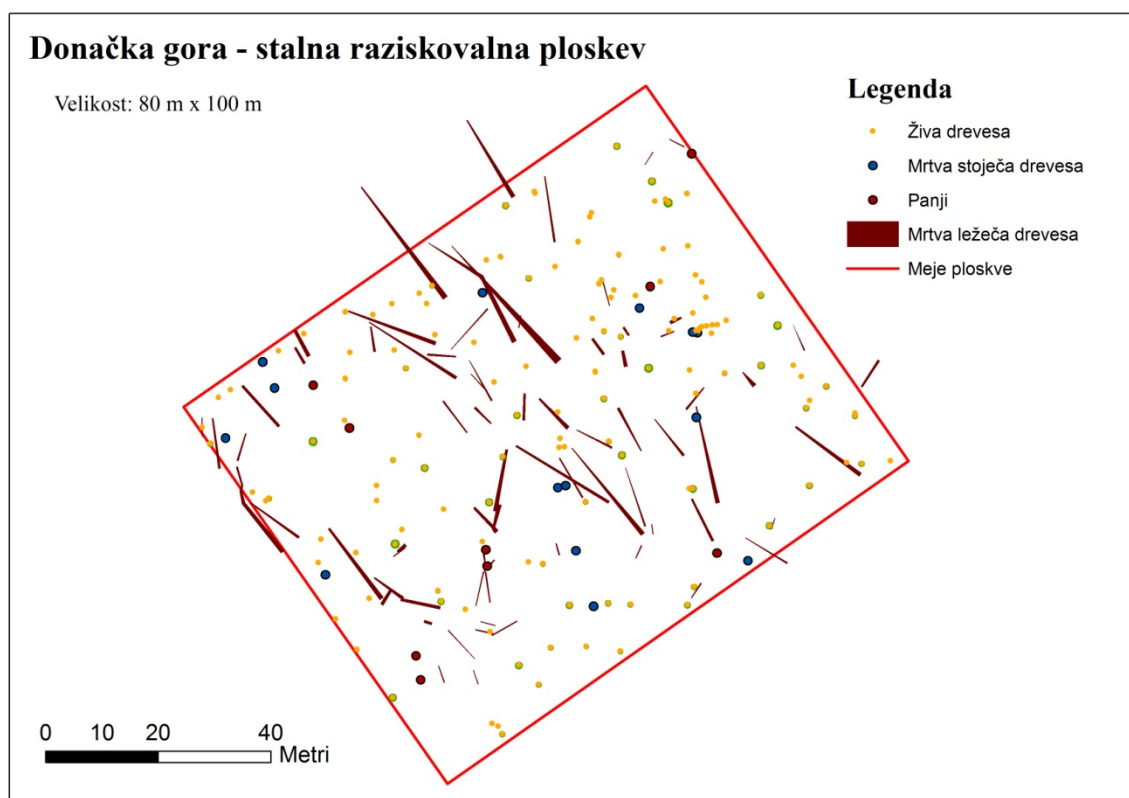
vidimo, da se mediana giblje okoli velikosti 600 m². Ostale, bolj svetloлюбne, drevesne vrste so manj pogoste v vrzelih. Razvidno je, da gorski javor izrablja nekoliko večje vrzeli kot bukev, mediana se giblje okoli velikosti vrzeli 800 m². Izjema je le razred nižjega pomladka, kjer se gorski javor pojavlja (v petih vrzelih) v nekoliko manjših vrzelih (mediana je okoli 400 m²), kar lahko pojasnimo z njegovo sencoždržnostjo v mladosti. V višjih velikostnih razredih pomladka se pojavlja v nekoliko več vrzelih, v večini večjih od 500 m². Podobno velike vrzeli kot gorski javor za svojo rast uporablja tudi gorski brest, črni gaber pa za prisotnost med drevesi v pomladku s premerom na prsni višini nad 5 cm izrablja še nekoliko večje razširjene vrzeli z mediano nad 1000 m².



Slika 22: Prikaz porazdelitve razširjenih vrzeli, ki vsebujejo vsaj en osebek drevesnih vrst bukve (bu), gorskega javorja (g. ja), gorskega bresta (g. br), črnega gabra (č. ga) ter ostrolistnega javorja, lipe, mokovca in ive (ostale) v različnih skupinah pomladka. Pravokotniki predstavljajo srednji kvartilni interval, črte v pravokotnikih mediane, črte z ročaji vrednosti do 1,5 dolžine kvartilnega intervala, krogi vrednosti med 1,5 in 3 dolžinami srednjega kvartilnega intervala in številke ob pravokotnikih število vrzeli, ki so vsebovale vsaj en osebek posamezne drevesne vrste.

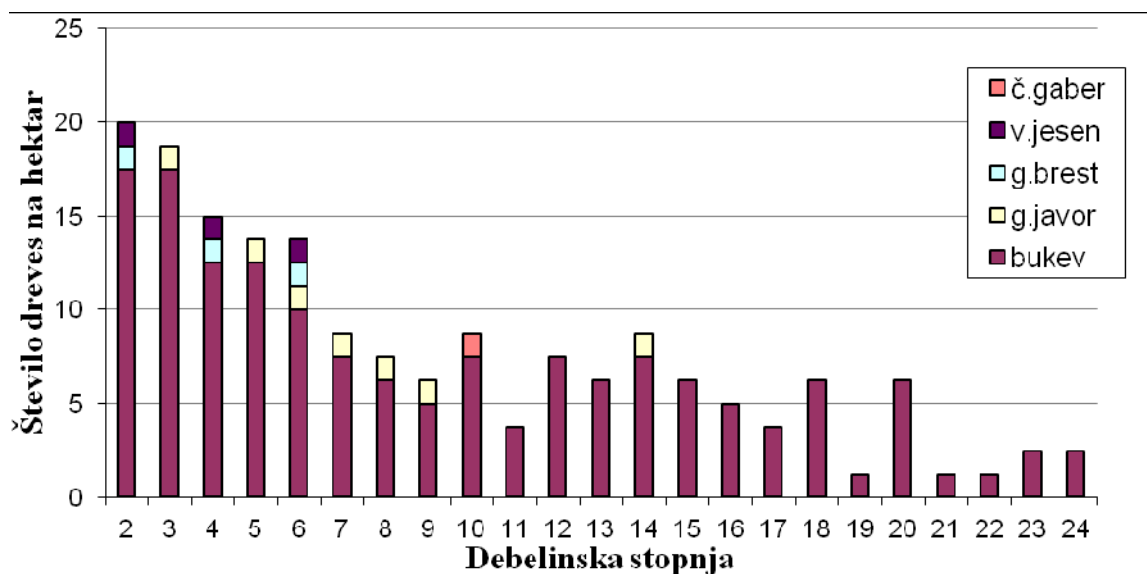
5.2 ZGRADBA GOZDA

Vzpostavili smo 0,8 ha veliko stalno raziskovalno ploskev, dimenzije 80 m x 100 m, ki je prikazana na sliki 22. Število vseh živih dreves na ploskvi, s premerom na prsni višini, večjim od 5 cm, je bilo 140, kar znaša 175 na hektar. Ugotovili smo, da 90 % (126 osebkov) dreves na ploskvi predstavlja bukev, 5 % gorski javor (7 dreves), po tri drevesa je bilo velikega jesena in gorskega bresta ter eno drevo črnega gabra. Vsa živa drevesa na ploskvi smo oštevilčili z zaporednimi številkami. Zabeležili smo tudi 72 kosov podrtic, daljših od 2 m in s srednjim premerom večjim od 10 cm, ter 14 sušic.



Slika 23: Tloris stalne raziskovalne ploskve s položajem živih in mrtvih dreves

Frekvenčna porazdelitev premerov živih dreves na ploskvi po debelinskih stopnjah je padajoča, kar prikazuje slika 24.



Slika 24: Frekvenčna porazdelitev dreves na ploskvi po debelinskih stopnjah

Iz premerov dreves na prsni višini smo izračunali temeljnico živih dreves na ploskvi, ki je znašala 29,88 m², kar znaša 37,35 m²/ha. Temeljnica sušic je znašala 5,16 m², oziroma 6,45 m²/ha, kar znaša 14,73 % od skupne temeljnice živih dreves in sušic. Z vmesnimi tarifami (V6) za določevanje volumna dreves smo izračunali, da znaša skupni volumen živih dreves na ploskvi 396,81 m³, kar predstavlja 496,01 m³/ha. Izračunali smo tudi, da predstavlja skupni volumen podrtic na ploskvi 105,61 m³, kar znaša 132,01 m³/ha, volumen sušic na ploskvi pa je znašal 20,96 m³, oziroma 26,20 m³/ha. Skupni volumen odmrlih dreves je torej znašal 158,20 m³/ha, kar predstavlja 24,2 % od volumna živih in odmrlih dreves na ploskvi. Podatki so prikazani v preglednici 4. Delež volumna podrtic je znašal 83,4 % od skupnega volumna odmrlih dreves, delež sušic pa 16,6 %.

Preglednica 4: Prikaz volumnov živih in odmrlih dreves na ploskvi ter njihov delež od skupnega volumna

	Volumen živih in odmrlih dreves	Volumen živih dreves	Volumen podrtic	Volumen sušic	Skupni volumen odmrlih dreves
m ³ /ha	654,20	496,01	132,01	26,20	158,20
%	100,00	75,80	20,20	4,00	24,20

6 RAZPRAVA

Raziskavo razvojne dinamike in zgradbe pragozdnega rezervata na Donački gori smo opravili v juliju in avgustu leta 2011. Predhodno v tem pragozdnem ostanku ni bilo podobnih raziskav, zato rezultatov, ki smo jih pridobili z obdelavo podatkov iz terena nismo mogli primerjati z drugimi rezultati iz teh sestojev. Vendar pa je bilo narejenih nekaj podobnih raziskav v drugih pragozdovih v Sloveniji ter predvsem drugod v Evropi in Severni Ameriki. Z njimi so avtorji želeli prikazati dogajanja v pragozdovih in prenašati izsledke in ugotovitve iz teh raziskav v gospodarske gozdove, v katerih prevladuje bukev.

Delež vrzeli v strehi sestoja na skupni dolžini transektov, ki smo jih izmerili v pragozdu na Donački gori, je znašal 12,6 %, kar je primerljivo z nekaterimi pragozdnimi raziskavami v Evropi in tudi drugod. Nekoliko nižjo vrednost (5,6 %) je delež vrzeli predstavljal v pragozdu Krokar (Zeibeg in sod., 2005) in tudi v albanskih pragozdovih, kjer se je delež vrzeli gibal med 3,3 % in 6,6 % (Tabaku in Meyer, 1999). Do podobnih, sicer nekoliko višjih, vrednosti kot v naši raziskavi so prišli na primer v Peručici, v Bosni in Hercegovini, kjer sta Nagel in Svoboda (2008) ugotovila, da je znašal delež gozda, ki ga zajemajo vrzeli med 12,0 % in 17,2 %. Avtorja pripisujeta nekoliko večji delež vrzeli, v primerjavi s podobnimi raziskavami v Evropi, predvsem prisotnosti večjih vrzeli, ki so posledica vetrolomov. Prav tako prisotnosti jelke, ki ni sposobna tolikšne lateralne rasti kot na primer bukev. Drössler in von Lüpke (2005) sta v slovaških pragozdovih, pri nekoliko drugačni definiciji vrzeli, ugotovila, da je delež vrzeli na celotni dolžini transektov znašal približno 15 %. V nekaterih raziskavah v Severni Ameriki in na Japonskem (Runkle, 1982; Yamamoto in Nishimura, 1999) so navedeni precej različni deleži, ki jih predstavljajo vrzeli na površinah vključenih v raziskave. Avtorji navajajo, da so znašali ti deleži od 1,7 % do 24,2 % v različnih sestojih. Rezultati naše raziskave so torej znotraj obsega vrednosti, dobljenih z drugimi podobnimi raziskavami, do odstopanj rezultatov pa lahko prihaja zaradi različnih metod dela, ki so bile uporabljene, drugačnega definiranja vrzeli pri nekaterih avtorjih in pa tudi zaradi sestave drevesnih vrst, ki tvorijo sestoje, saj različne drevesne vrste drugače odreagirajo in zapolnijo prostor, ki nastane z vrzeljo.

Pri analizi podatkov smo ugotovili, da v pragozdu na Donački gori prevladujejo manjše vrzeli. Srednja velikost vrzeli v strehi sestaja je znašala 231,57 m², kar 92 % vrzeli je bilo manjših od velikosti 500 m², 57 % vrzeli pa je bilo manjših kot 200 m². Velikosti vrzeli, ki smo jih obravnavali, so primerljive z vrzelmi iz drugih raziskav, ki so bile opravljene v pragozdovih pri nas in v tujini, vendar pa tudi tu naletimo na precejšnja odstopanja med rezultati različnih raziskav. V pragozdu Krokar so ugotovili, da pripada največji delež (90 %) vrzelim velikosti do 300 m² (Zeibeg in sod., 2005). Roženberger (1999) ugotavlja, da v pragozdu Pečka prevladujejo vrzeli do velikosti 5 arov, podobne ocene navajata tudi Bončina in Diaci (1998) za pragozd Rajhenavski Rog. Vrzeli, manjše od 100 m², prevladujejo v rezervatu Strmec (Konečnik in Zaplotnik, 2001), prav tako v Peručici, kjer Nagel in Svoboda (2008) navajata, da je bilo 70 % vrzeli manjših od 100 m², vendar pri tem nista upoštevala nekaj velikih vrzeli, ki so bile posledica večjih vetrolomov. Več kot polovica vrzeli v naši raziskavi je bilo manjših od velikosti 200 m², zanimivo pa je, da njihova velikost predstavljala le 19 % od skupne površine vseh vrzeli, medtem ko je delež največje vrzeli (1169,2 m²) predstavljal kar 13 % površine vseh vrzeli. Podobne ugotovitve navajata tudi Nagel in Svoboda (2008) v pragozdu Peručica in ocenjujeta, da imajo večje vrzeli veliko večji vpliv na dinamiko gozda, kot majhne. Velika verjetnost je namreč, da se manjše vrzeli zaprejo z lateralno rastjo in tako onemogočijo dotok svetlobe in toplote k tlom in razvoj pomladka, predvsem svetloлюбnih drevesnih vrst. Avtorja navajata tudi, da se pomen zaprtja manjših vrzeli s stransko rastjo vej robnih dreves kaže tudi iz razmerja med velikostjo razširjenih vrzeli in vrzeli v strehi sestaja. Če iz podatkov naše raziskave izračunamo to razmerje, vidimo, da so razširjene vrzeli v povprečju približno 8 krat večje kot površine vrzeli v strehi sestaja velikosti do 100 m². Pri vrzelih od 100 m² do 300 m² so razširjene vrzeli približno 3 krat večje, pri vrzelih večjih ob 300 m² pa v povprečju le dva krat večje.

Vrzeli v gozdovih nastanejo zaradi odmrtnja enega ali več dreves v strehi sestaja. Vzroki za odmrtnje dreves in tako nastanek vrzeli pa so zelo različni. Lahko so posledica endogenih dejavnikov, oziroma posledica notranjih motenj (odmrtnje drevesa zaradi starosti, okužbe z glivami, poškodovanosti debla ali vej) ali pa posledica eksogenih, oziroma zunanjih dejavnikov (močan veter, sneg, žled). Analiza vrzelnikov, ki smo jih popisali v naši raziskavi je pokazala, da je bil najpogostejši način odmrtnja dreves izruvanost oziroma

izkoreninjenje, kar bi lahko bil vzrok vremenskih ujm (vetrolomi, žledolomi in snegolomi). Iz podatkov o preteklem gospodarjenju in dogajanju v rezervatu na Donački gori, ki smo jih med raziskavo imeli na razpolago, je razvidno, da je bila zadnja večja motnja povezana z zunanjimi dejavniki, in sicer žledolom, pred več kot tridesetimi leti. Posledica tega naj bi bile večje vrzeli v osrednjem in v vzhodnem delu rezervata. Vendar pa zdajšnje velikosti vrzeli in prisotni vrzelniki v njih ne nakazujejo večjih motenj, ki bi bili posledica enkratnih dogodkov, kot jih za nekaj večjih vrzeli navajata recimo Nagel in Svoboda (2008) in še nekateri drugi avtorji, kjer velike vrzeli in veliko vrzelnikov na isti stopnji razkroja kažejo znake teh motenj. Možno je, da je bukev, ki je glavna graditeljica sestojev v rezervatu, s svojo sposobnostjo lateralne rasti na delih, kjer je bilo to mogoče, zapolnila nastali prostor in večje vrzeli, ki so bile posledica žledoloma, razdelila na več manjših, kar bi lahko sklepali tudi iz razporeditve nekaterih vrzeli in podobnosti le-teh. Sicer pa smo ugotovili, da je večina vrzeli nastala z odmrtnjem več kot enega drevesa. Največje število vrzelnikov, ki smo jih evidentirali v eni izmed večjih vrzeli, je bilo 10, število vrzelnikov pa je bilo v večini primerov sorazmerno z velikostjo vrzeli. Ugotovili smo tudi, da je 69 % vrzeli nastalo kot posledica večkratnih dogodkov, kar pomeni, da so se postopoma širile. Tudi v več drugih raziskavah avtorji navajajo dokaze o večkratnih širitvah vrzeli. V pragozdu Rajhenavski Rog sta postopno večkratno širjenje vrzeli ugotovila Razpotnikova (2008) in Bornšek (2009). Worral s sodelavci (2005) za gozdove v Severni Ameriki navaja, da je širitev vrzeli bolj pogost pojav kot pa nastanek nove vrzeli. Nagel in Svoboda (2008) v Peručici prav tako ugotavljata večkratne širitve vrzeli, zaradi katerih ob večkratnih motnjah prihaja tudi do združevanja manjših vrzeli v večje. Kot glavne razloge za širitve navajata večjo izpostavljenost in občutljivost robnih dreves na veter in sonce ter poškodovanost krošenj in skorje robnih dreves, kar omogoča vdor gliv ter drugih škodljivcev. Kucbel in sodelavci (2009) navajajo, da zaradi zmernega podnebja v srednji Evropi redko prihaja do večjih neurij, ki povzročajo velike motnje v gozdovih in da je glavni vzrok za nastanek velikih vrzeli širjenje majhnih in srednje velikih vrzeli. Tudi Runkle (1998) v svojem večletnem raziskovalnem delu v Severni Ameriki navaja, da so robna drevesa veliko bolj izpostavljena kot drevesa v strnjem sestoju. Podatki iz naše raziskave kažejo, da je približno 20 % robnih dreves vidno poškodovanih. Do nekaterih poškodb, predvsem krošnje in zgornjih delov debel je zagotovo prišlo ob padcih dreves, ki tvorijo vrzeli. Veliko poškodb, predvsem v spodnjem delu debel, pa smo pripisali kamenju, ki pogosto

pada in se vali iz strmih skalnih previsov, zgrajenih iz krušljivih peščenjakov v zgornjem delu pragozdnega rezervata na Donački gori. Vidno je, da večje poškodbe, ki nastajajo zaradi kamenja, povzročajo trohnenje in votlost debel, prav tako pa omogočajo vdor škodljivcev in zraka v drevo, kar ob pomoči eksogenih dejavnikov verjetno vodi k zlomom in prelomom debel ter intenzivnejšemu širjenju in nastajanju vrzeli v teh sestojih. Zlom debela je bil drugi najpogostejši način nastanka vrzelnika, ki smo ga ugotovili z raziskavo.

Iz analize pomladka, ki smo ga v naši raziskavi popisali v razširjenih vrzelih, je razvidno, da tako kot v zgornji drevesni plasti tudi v pomladku prevladuje bukev. Njen delež se v različnih skupinah pomladka, ki smo jih popisali, giblje med 82 in 94 %. Podobni deleži bukve so značilni za večino bukovih gozdov na območju srednje in vzhodne Evrope. Rugani in sodelavci (2008) navajajo, da so listavci, ki so najpogosteje primešani bukvi v manjših deležih, naslednji: gorski javor, gorski brest, veliki jesen, ostrolistni javor in češnja. Vendar pa vse te drevesne vrste v mladostni fazi za uspešen razvoj potrebujejo več svetlobe kot bukev, zato niso konkurenčne. Kot kažejo izsledki naše raziskave v pragozdnem rezervatu na Donački gori prevladujejo malopovršinske motnje, zato so svetlobne razmere v vrzelih slabe in dajejo prednost in večjo konkurenčno moč sencozaščni bukvi. Ostale vrste so prisotne v majhnih deležih. Ugotovili smo, da se bolj svetloljubne drevesne vrste, kot so gorski javor, gorski brest in črni gaber, pojavljajo le v večjih vrzelih, vendar pa je tudi tam bukev številčnejša in konkurenčnejša. Rugani in sodelavci (2008) navajajo, da so gostote bukovega mladja praviloma večje v večjih vrzelih, kjer so ugodnejše svetlobne in talne razmere. Vendar se pojavlja problem, da so tam ugodnejše razmere tudi za razvoj zeliščne in grmovne vegetacije. Omeniti velja, da smo med raziskavo v večjih vrzelih, kjer so bila bolj globoka in bogata tla, opazili gosto razrast nekaterih zeli in tudi grmov črnega bezga, ki bi lahko imel vlogo pri zaviranju razvoja pomladka. Nagel in sodelavci (2006) ugotavljajo, da druge drevesne vrste tudi v večjih vrzelih in bolj ugodnih svetlobnih razmerah niso konkurenčne bukvi. Kot glavni razlog navajajo pomladek bukve, ki je lahko prisoten že pod zastorom krošenj in ima ob odpiranju sklepa krošenj prednost pred svetloljubnimi vrstami. Do podobnih ugotovitev sta prišla tudi Marinšek in Diaci (2004), ki navajata, da se večji začetni delež svetloljubnih drevesnih vrst v mladju, ki se pojavlja v večjih vrzelih brez bukovih predrastkov, zaradi izjemne tekmovalnosti bukve z razvojem sestoja zmanjšuje. Zanimivo je, da smo ob popisovanju

pomladka v dveh vrzelih na začetku drugega in tretjega transekta, v nasprotju z ostalimi vrzelmi, zabeležili občutno prevlado drevesc gorskega javorja, čeprav po velikosti niso bile med največjimi. Opazili smo tudi, da je v tem delu pragozda več javorja prisotnega tudi v zgornji plasti. Glede na položaj vrzeli je možno, da je bila pred časom tam večja vrzel, ki bi lahko nastala zaradi zunanjih dejavnikov, zaradi tega bi se lahko pojavili pogoji za uspešno pomlajevanje svetloljubnega gorskega javorja. Kasneje pa se je morda zaradi lateralne rasti nekaterih dreves in višinske rasti dreves iz spodnje plasti počasi zapolnila in razdelila na več manjših. To bi potrdilo tezo več avtorjev, da je uspešno pomlajevanje svetloljubnih drevesnih vrst v sestojih, kjer prevladuje bukev, možno le v velikih vrzelih, ki so enkratnega nastanka.

V sklopu raziskave pragozdnega rezervata na Donački gori smo vzpostavili tudi stalno raziskovalno ploskev, da bi dobili vpogled v zgradbo pragozda. Na 0,8 ha veliki ploskvi smo zaradi spremljanja dogajanja v prihodnje oštevilčili vsa drevesa s prsnim premerom nad 5 cm in ugotovili, da znaša gostota 175 dreves na hektar. V primerjavi z nekaterimi drugimi raziskavami je to relativno malo število. Oheimb in sodelavci (2005) navajajo gostoto dreves, ki je znašala 263 dreves na hektar, še večje število dreves (394/ha) pa na primer navajajo Kucbel in sodelavci (2009). Podobne rezultate navajajo avtorji tudi za albanske pragozdove (Meyer in sodelavci, 2003). To nekoliko manjše število dreves, ki smo jo ugotovili na raziskovalni ploskvi, gre verjetno pripisati temu, da je bila na njej prisotna precej velika vrzel. Temu primerno smo ugotovili tudi nekoliko nizko lesno zalogo živih dreves na ploskvi, ki je znašala 496 m³/ha, in je bila nižja kot je za te sestoje ocenjena v gozdnogospodarskem načrtu. Možno je tudi, da bi glede na višine dreves v tem sestoju lahko uporabili nekoliko višje tarife za izračun lesne zaloge in na ta način dobili nekoliko višjo lesno zalogo, vendar smo uporabili tarife, ki so bile navedene v gozdnogospodarskem načrtu. Izračunana lesna zaloga je nizka tudi v primerjavi z lesnimi zalogami v prej omenjenih raziskavah drugod po Evropi, kjer avtorji navajajo lesne zaloge med 500 m³/ha in 800 m³/ha. Distribucija števila dreves po debelinskih stopnjah je podobna obrnjeni sigmoidni krivulji, kar nakazuje raznomerno strukturo gozda. Največ dreves torej najdemo v nižjih debelinskih razredih, nekaj dreves pa je imelo premere na prsni višini tudi večje kot 110 cm. V neposredni bližini vzorčne ploskve pa smo izmerili tudi debelejša drevesa s premeri do 140 cm na prsni višini (Slika 25), kar nam še dodatno

daje občutek, da lesna zaloga, ki smo jo izračunali na vzorčni ploskvi, ne daje prave slike celotnega pragozda. Tudi rezultati raziskave, ki so jo naredili Král in sodelavci (2010) so pokazali, da so rezultati precej variabilni tudi med hektar in več hektarjev velikimi vzorčnimi ploskvami znotraj večjih površin, zato so lahko posamezni vzorci velikosti 1 ha slab predstavnik lastnosti večjih sestojev.



Slika 25: Najdebelejša bukev, ki smo jo izmerili v rezervatu s premerom 140 cm na prsni višini

Izračunali smo tudi temeljnico, ki je v našem primeru znašala $37,35 \text{ m}^2/\text{ha}$ in je prav tako nekoliko nižja kot temeljnice dobljene v primerljivih raziskavah. Temeljnica sušic na ploskvi je znašala $6,45 \text{ m}^2/\text{ha}$, kar predstavlja $14,73 \%$ od skupne temeljnice živih dreves in sušic. Izračunali smo tudi, da predstavlja volumen odmrlih dreves na raziskovalni ploskvi $24,2 \%$ od skupnega volumna živih in odmrlih dreves, kar znaša $158,20 \text{ m}^3/\text{ha}$. Volumen podrtic je predstavljal $83,4 \%$ od skupnega volumna odmrlih dreves, kar je več kot v večini pragozdov, ki jih v raziskavah opisujejo drugi avtorji (Rugani in sod., 2008;

Christensen in sod., 2005). Christensen in sodelavci (2005) so v raziskavi, v kateri so analizirali volumen odmrlih dreves v 86 bukovich gozdnih rezervatih v Evropi, ugotovili, da znaša volumen odmrlih dreves v povprečju 130 m³/ha, vendar pa vrednosti med posameznimi rezervati zelo variirajo od skoraj nič do 550 m³/ha. Ugotovili so, da je to odvisno od vrste in starosti gozda in od tega, kdaj so bili gozdovi prepuščeni naravnemu razvoju. Isti avtorji ugotavljajo tudi, da je v nižinskih gozdovih med odmrliimi drevesi prisotnih več podrtic in da podrtice prispevajo več k skupnemu volumnu odmrlih dreves kot sušice. Lahko torej rečemo, da izračunani delež odmrlih dreves v skupnem volumnu živih in odmrlih dreves na vzorčni ploskvi potrjuje pragozdni značaj pragozdnega rezervata na Donački gori. Velik delež podrtic med odmrliimi drevesi pa kaže značilnosti, ki jih imajo nižinski pragozdovi z velikim deležem bukve.

7 ZAKLJUČKI

Za ugotavljanje razvojne dinamike v pragozdu je ključnega pomena proučevanje sestojnih vrzeli, ki so sestavni del pragozda. Različno velike vrzeli omogočajo obnovo, pestrost drevesnih vrst in heterogenost gozda. Z raziskavo smo ugotovili, da v pragozdu na Donački gori prevladujejo manjše vrzeli, ki so posledica malopovršinskih motenj pod vplivom notranjih dejavnikov. Tudi vpliva zunanjih dejavnikov ne moremo izključiti, saj nekatere vrzeli nakazujejo tudi velikopovršinske motnje v preteklosti. Večina vrzeli je nastala z odmrtnjem več kot enega vrzelnika, vrzelniki v vrzelih pa se pojavljajo v več različnih stopnjah razkroja. Sklepamo lahko torej, da se vrzeli postopoma širijo v različnih časovnih obdobjih, po drugi strani pa se postopoma tudi zapirajo z rastjo pomladka in horizontalno rastjo vej robnih dreves, večje vrzeli pa se lahko sčasoma razdelijo na več manjših.

Pomlajevanje poteka malopovršinsko predvsem v sestojnih vrzelih, v drugih delih gozda poteka posamično in počasi. Problem, ki se pojavlja v bukovih gozdovih je pestrost drevesnih vrst v pomladku in posledično tudi v zgornji plasti. V raziskavi smo ugotovili, da se v nastalih vrzelih intenzivno pomlajuje predvsem bukev, ki je prevladujoča drevesna vrsta v pomladku. Zaradi male potrebe po svetlobi za rast dobro izrablja malopovršinske motnje in ob dodatnem širjenju vrzeli izkorišča svojo tekmovalno moč pred drugimi vrstami. Druge, bolj svetloljubne drevesne vrste, kot so gorski javor, gorski brest in črni gaber, za rast izrabljajo le nekatere večje vrzeli, ki so enkratnega nastanka, vendar se jih v zgornjo plast prebije zelo malo, saj je tudi v večjih vrzelih bukev zaradi predrastkov in številčnosti konkurenčnejša.

Lahko ugotovimo, da je pragozd popolnoma nepredvidljiv ter da sta njegov razvoj in dinamika odvisna od številnih dejavnikov. Nastajanje, širjenje in zapiranje sestojnih vrzeli ustvarja pogoje, pod katerimi se ti veličastni gozdovi pomlajujejo, razvijajo, kažejo svojo pestrost in raznolikost. Vsekakor je obnova pragozdov dolgotrajen in zapleten proces, ki ga moramo za razumevanje dalj časa spremljati in opazovati.

Rezultati analize raziskovalne ploskve, ki smo jo vzpostavili v rezervatu, so pokazali raznomerno zgradbo pragozda, večje število dreves v nižjih debelinskih razredih in malo dreves v večjih debelinskih razredih. Nekoliko nizka gostota živih dreves in manjša lesna

zaloga od pričakovane je verjetno posledica prisotnosti vrzeli na raziskovalni ploskvi. Ugotovili smo visok delež odmrlih dreves v skupni lesni zalogi, kar kaže na pragozdni značaj tega sestoja. Med odmrlim lesom prevladujejo podrtice, kar je značilno za nižinske pragozdove, kjer je prevladujoča drevesna vrsta bukev. Z analizo raziskovalne ploskve smo dobili vpogled v zgradbo teh sestojev, sklepamo pa lahko, da rezultati pridobljeni iz ene raziskovalne vzorčne ploskve ne dajejo popolne slike o zgradbi celotnega pragozda.

8 POVZETEK

V Sloveniji je več kot 70 % gozdnih rastišč, kjer prevladuje bukev. Raziskavo razvojne dinamike in zgradbe gozda smo izvedli v pragozdnem rezervatu Donačka gora, ki je eden od osmih bukovih pragozdnih rezervatov v Sloveniji. Izsledki pridobljeni z raziskavami v teh pragozdovih so pomembni pri gospodarjenju in gozdnogojitvenem ukrepanju v gospodarskih gozdovih. Pragozd Donačka gora leži med 580 in 883 metri nadmorske višine in meri 37,54 ha. Prevladujoča gozdna združba v pragozdu je *Lamio orvalae-Fagetum*.

Pragozdno raziskavo na Donački gori smo razdelili na dva dela. V prvem delu smo v osrednjem, najbolj ohranjenem predelu pragozda, z uporabo severnoameriške metode raziskovanja pragozdov z linijskimi preseki (po Runkle 1981, 1982) posneli in analizirali sestojne vrzeli, ocenili smo delež gozda v sestojnih vrzelih in porazdelitev velikosti vrzeli. V drugem delu pa smo vzpostavili in popisali stalno vzorčno ploskev velikosti 80 m x 100 m, da bi dobili vpogled v zgradbo pragozda.

V raziskavi smo na treh vzporednih transektih popisali 39 sestojnih vrzeli. Delež vrzeli na celotni dolžini transektov je znašal 12,6 %, delež razširjenih vrzeli pa 41,9 %. Ugotovili smo, da prevladujejo vrzeli manjše od 500 m², 57 % vrzeli je bilo manjših od 200 m², srednja velikost vrzeli pa je znašala 231,57 m². Večina vrzeli je nastala z odmrtnjem več kot enega vrzelnika, vrzelniki v vrzelih pa se pojavljajo v več različnih stopnjah razkroja, kar kaže, da so vrzeli posledica večkratnega širjenja. Najpogostejša načina odmrtnja drevesa sta bila izruvanost in zlom debla drevesa.

V raziskavi smo ugotovili, da se v nastalih vrzelih intenzivno pomlajuje predvsem bukev, ki je prevladujoča drevesna vrsta v pomladku. Zaradi male potrebe po svetlobi za rast dobro izrablja malopovršinske motnje in ob dodatnem širjenju vrzeli izkorišča svojo tekmovalno moč pred drugimi vrstami. Ostale, bolj svetloljubne drevesne vrste, kot so gorski javor, gorski brest in črni gaber, za rast izrabljajo le nekatere večje vrzeli, ki so enkratnega nastanka, vendar se jih v zgornjo plast prebije zelo malo, saj je tudi v večjih vrzelih bukev zaradi predrastkov in številčnosti konkurenčnejša. Delež bukve v pomladku je znašal 89 %, 5 % je bilo gorskega javorja, 2 % pomladka je predstavljal gorski brest, ostale 4 % pa druge drevesne vrste.

Na 0,8 ha veliki raziskovalni ploskvi smo ugotovili, da znaša gostota živih dreves 175 dreves na hektar. Lesna zaloga živih dreves na ploskvi je znašala 496 m³/ha, volumen odmrlih dreves na ploskvi pa je znašal 158,20 m³/ha. Volumen odmrlih dreves je znašal 24,2 % od skupne lesne zaloge na raziskovalni ploskvi, kar kaže na pragozdni značaj teh sestojev. Med odmrlimi drevesi je 83,4 odstotni delež predstavljal volumen podrtic.

Razumevanje naravnih procesov motenj v pragozdovih gotovo igra pomembno vlogo pri usmerjanju za gozdnogojitveno ukrepanje (pomlajevanje, osnovanje pomladitvenih jeder, uravnavanje pestrosti drevesnih vrst) v gospodarskih gozdovih. Poznavanje strukturnih značilnosti teh gozdov pa je pomembno za usmeritve (ciljno stanje) pri gospodarjenju z gozdovi.

9 VIRI

- Bianchi L., Bottacci A., Calamini G., Maltoni A., Mariotti B., Quilghini G., Salbitano F., Tani A., Zoccola A., Paci M., 2011. Structure and dynamics of a beech forest in a fully protected area in the northern Apennines (Sasso Fratino, Italy). *iForest*, 4: 136–144
- Bončina A., Diaci J. 1998. Contemporary research on regeneration patterns of central uropean virgin forests with recomendations for future research. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 56: 33–53.
- Bornšek L. 2009. Sestojne vrzeli pragozda Rajhenavski rog: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 39 str.
- Cimperšek M. 2004. Pragozd na Donački gori. *Gozdarski vestnik*, 62, 10: 435–450
- Commarmot B., Bachofen H., Bundziak Y., Bürgi A., Ramp B., Shparyk Y., Sukhariuk D., Viter R., Zingg A., 2005. Structures of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study. *Forest Snow and Landscape Research*, 79: 45–56.
- Christensen M., Hahn K., Mountford E. P., Odor P., Standovar T., Rozenbergar D., Diaci J., Wijdeven S., Meyer P., Winter S., Vrska T., 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, 210: 267–282.
- Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja: učbenik za študente univerzitetnega študija gozdarstva. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 348 str.
- Drössler L., von Lüpke B., 2005. Canopy gaps in two virgin beech forest reserves in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 51: 446–457.
- Drössler L., von Lüpke B., 2007. Stand structure, regeneration and site conditions in two virgin beech forest reserves in Slovakia. *Allgemeine Forst Und Jagdzeitung*, 178: 121–135.
- FAO, 2005. Global Forest Resources Assessment 2005
<http://www.fao.org/forestry/foris/data/fra2005/kf/common/GlobalForestA4-ENsmall.pdf>
 (16. feb. 2012).
- Gozdnogospodarski načrt GGE Lešje 1938–1948. Ptuj, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor

- Gozdnogospodarski načrt GGE Lešje 1975–1984. Ptuj, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor
- Gozdnogospodarski načrt GGE Lešje 2009–2018. Ptuj, Zavod za gozdove Slovenije, OE Maribor
- Hartman T., 1992. Sto let varovanja pragozdov na Slovenskem. Dolenjski zbornik: 109–116.
- Heiri C., Wolf A., Rohrer L., Bugmann H., 2009. Forty years of natural dynamics in Swiss beech forests: structure, composition, and the influence of former management. *Ecological Applications*, 19: 1920–1934.
- Konečnik K., Zaplotnik V. 2001. Pragozdni rezervat Strmec – raziskave zgradbe naravnega gozda in primerjave izbranih metod: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 107 str.
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.
- Král K., Janík D., Vrška T., Adam D., Hort L., Unar P., Šamonil P. 2010. Local variability of stand structural features in beech dominated natural forests of Central Europe: implications for sampling. *Forest Ecology and Management*, 260: 2196–2203
- Kucbel S., Jaloviar P., Saniga M., Vencurik J., Klimas V. 2009. Canopy gaps in an old-growth fir-beech forest remnant of Western Carpathians. *European Journal of Forest Research*, 129: 249–259.
- Marinšek A., Diaci J., 2004. Razvoj inicialne faze na vetrolomni površini v pragozdnem ostanku Ravna gora. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 73: 31–50.
- Meyer P., Tabaku V., von Lüpke B., 2003. Structural characteristics of Albanian beech (*Fagus sylvatica* L.) virgin forests - Deductions for semi-natural forestry. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 122: 47–58.
- Nagel T. A., Svoboda M., Diaci J. 2006. Regeneration patterns after intermediate wind disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in southeastern Slovenia. *Forest ecology and management*, 226: 268–278.
- Nagel T. A., Svoboda M. 2008. Gap disturbance regime in a subalpine old-growth *Fagus-Abies* forest in the Dinaric Mountains, Bosnia-Herzegovina. *Canadian Journal of Forest Research*, 38: 2728–2737

- Nagel T. A., Svoboda M., Rugani T., Diaci J. 2009. Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth *Fagus-Abies* forest of Bosnia-Herzegovina. *Plant Ecology*, 208: 307–318.
- Oheimb von G., Westphal C., Tempel H., Hardtle W., 2005. Structural pattern of a near-natural beech forest (*Fagus sylvatica* L.) (Serrahn, North-east Germany). *Forest Ecology and Management*, 212: 253–263.
- Oheimb von G., Westphal C., Hardtle W., 2007. Diversity and spatio-temporal dynamics of dead wood in a temperate near-natural beech forest (*Fagus sylvatica* L.). *European Journal of Forest Research*, 126: 359–370.
- Peterken G.F., 1996. *Natural woodland: ecology and conservation in northern temperate regions*. Cambridge, Cambridge University Press
- Razpotnik K., 2008. Značilnosti sestojnih vrzeli v izbranih bukovih in jelovo-bukovih pragozdnih ostankih Slovenije: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 66 str.
- Roženberger D. 1999. Razvojne značilnosti sestojev v pragozdovih Pečca in Rajhenavski Rog: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 77 str.
- Rugani T., Nagel T. A., Roženberger D., Firm D., Diaci J. 2008. Zgradba in razvoj pragozdov in ohranjenih bukovih gozdov v Evropi. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 87, 33–44.
- Runkle J. R., 1981. Gap Regeneration in Some Old-Growth Forests of the Eastern United States. *Ecology*, 62: 1041–1051.
- Runkle J. R. 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology*, 63, 1533–1546.
- Runkle J. R. 1998. Changes in Southern Appalachian Canopy Tree Gaps Sampled Thrice. *Ecology*, 79, 5: 1768-1780.
- Tabaku V., Meyer P., 1999. Gap patterns of Albanian and Central European beech forests. *Forstarchiv*, 70: 87–97.
- Worrall J. J., Lee T. D., Harrington T. C. 2005. Forest dynamics and agents that initiate and expand canopy gaps in *Picea – Abies* forests of Crawford Notch, New Hampshire, USA. *Journal of Ecology*, 93: 178–190.

Yamamoto S., Nishimura N., 1999. Canopy gap formation and replacement pattern of major tree species among developmental stages of beech (*Fagus crenata*) stands, Japan. *Plant Ecology*, 140:167–176

Zeibig A., Diaci J., Wagner S., 2005. Gap disturbance patterns of a *Fagus sylvatica* virgin forest remnant in the mountain vegetation belt of Slovenia. *Forest Snow and Landscape Research*, 79: 69–80.

ZAHVALA

Mentorju prof. dr. Juriju Diaciju se zahvaljujem za usmeritve pri izdelavi diplomske naloge ter za hiter in korekten pregled in pripombe.

Zahvaljujem se prof. dr. Andreju Bončini za uporabne pripombe in temeljito recenzijo naloge.

Za usmerjanje ter pomoč pri terenskem delu in pri urejanju podatkov se zahvaljujem Tihomirju Ruganiju in Dejanu Firmu. Za izdatno pomoč pri terenskem delu se zahvaljujem Janezu Kojcu. Hvala vsem, ki so kakorkoli pomagali pri nastanku diplomske naloge.

Zahvaljujem se staršem, ki so mi omogočili študij.