

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

Klementina RAZPOTNIK

**ZNAČILNOSTI SESTOJNIH VRZELI V IZBRANIH
BUKOVIH IN JELOVO-BUKOVIH PRAGOZDNIH
OSTANKIH SLOVENIJE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

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

Klementina RAZPOTNIK (MARINČIČ)

ZNAČILNOSTI SESTOJNIH VRZELI V IZBRANIH BUKOVIH IN
JELOVO-BUKOVIH PRAGOZDNIH OSTANKIH SLOVENIJE

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

CHARACTERISTIC FEATURES OF GAP DYNAMICS IN SELECTED
BEECH AND FIR-BEECH REMNANTS OF VIRGIN FORESTS OF
SLOVENIA

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2008

Delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Jurija Diacija in za recenzenta prof. dr. Andreja Bončino.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Klementina Razpotnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 228.81(497.4)(043.2)=163.6
KG	pragozdni rezervati/sestojna vrzel/Rajhenavski Rog/severnoameriški pristop/sestojna dinamika
AV	RAZPOTNIK (MARINČIČ), Klementina
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	2008
IN	ZNAČILNOSTI SESTOJNIH VRZELI V IZBRANIH BUKOVIH IN JELOVO-BUKOVIH PRAGOZDNIH OSTANKIH SLOVENIJE
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 66 str., 3 pregl., 39 sl., 3 pril., 41 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen naloge je bil v pragozdu Rajhenavski Rog preučiti razvojno dinamiko vrzeli, obnovitvene cikle ter narediti terestrično analizo vrzeli. Uporabili smo severnoameriški pristop. Rajhenavski Rog meri 51,14 ha, za analizo smo izbrali južni del Roga (14,6 ha). Raziskavo smo opravili leta 2004 in odkrili 44 vrzeli ter 322 vrzelnikov. Prevladujejo srednje velike vrzeli, ki večinoma nastanejo kot posledica endogenih motenj. Pogled v zgodovino vrzeli kaže na večkratno širjenje vrzeli in njihov nepretrgan razvoj. Analiza je pokazala, da ima največ vrzeli 3, 4 ali 5 vrzelnikov, stanje pragozda pa je v razvoju bukovega gozda, saj delež jelke med vrzelniki narašča. Pomlajevanje poteka malopovršinsko v jedrih, kjer rastni prostor izrablja bukev. Razvojna dinamika vrzeli povzroča nastanek malopovršinsko heterogenih sestojev. Metodologija, ki smo jo uporabili je primerna, njena objektivnost je večja kot pri metodi razvojnih faz. Potrebna je le prilagoditev dela na terenu. Način obnavljanja v pragozdu je stabilen, zato je prenos znanja v gospodarske gozdove zaželen.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dd
DC	FDC 228.81(497.4)(043.2)=163.6
CX	old-growth forest reserve/canopy gap/Rajhenavski Rog/North-American approach/tree dynamics
AU	RAZPOTNIK (MARINČIČ), Klementina
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	2008
TI	CHARACTERISTIC FEATURES OF GAP DYNAMICS IN SELECTED BEECH AND FIR-BEECH REMNANTS OF VIRGIN FORESTS OF SLOVENIA
DT	Graduation thesis (university studies)
NO	X, 66 p., 3 tab., 39 fig., 3 ann., 41 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	The purpose of the paper was to study the stand dynamics and regeneration patterns in the virgin forest Rajhenavski Rog, and to carry out a terrestrial analysis of the gap. In order to do this, a North-American approach was used. The forest of Rajhenavski Rog measures 51,14 ha; the analysis was carried out in the south part of Rog (14,6 ha). The research was done in 2004, whereby 44 gaps and 322 gapmakers were found. The majority of the gaps are medium-sized, which mostly arose as a consequence of endogenous disturbances. The history of the gaps shows their repeated widening and continuous development. The analysis showed that most of the gaps have 3, 4 or 5 gapmakers, and that the virgin forest is in its beech spreading stage, as the percentage of fir between the gapmakers is rising. Regeneration is small-scale in cores, where the growing space is used by the beech. The stand dynamics of the gaps cause the occurrence of small-scale heterogeneous stands. The methodology used turned out adequately, its objectivity is higher than with the method of development phases. What is necessary is to adjust work in the field. The virgin forest renewal mode is stable, which is connected to the need for transfer of knowledge into management forests.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
Key words documentation	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	4
3 NAMEN NALOGE, CILJI IN HIPOTEZE	8
4 PREDSTAVITEV OBJEKTA RAZISKAVE	9
4.1 LEGA IN RELIEF	9
4.2 PODNEBJE	10
4.3 GEOLOŠKA PODLAGA IN TLA	10
4.4 VEGETACIJA	11
5 METODE DELA	13
5.1 Način dela št 1	14
5.2 Način dela št 2	16
5.3 Geometrija vrzeli	18
5.4 Digitalizacija	18
6 REZULTATI	20
6.1 Splošni podatki o vrzelih	20
6.2 Primerjava vrzeli izločenih na terenu z vrzelmi na letalskih posnetkih	22
6.3 Frekvenčne porazdelitve vrzeli	23
6.4 Geometrija vrzeli	27
6.5 Analize vrzelnikov	30
6.5.1 Število vrzelnikov	30
6.5.2 Položaj vrzelnika in vzroki nastanka	34
6.5.3 Stopnje razkroja vrzelnikov	37
6.5.4 Volumen vrzelnikov	38
6.5.5 Porazdelitev stopenj razkroja po vrzelih in ocena starosti vrzeli	41

6.6 Primerjava vrzelnikov s porazdelitvijo živih in odmrlih dreves v celotnem pragozdu Rajhenavskem Rogu	44
7 DISKUSIJA IN SKLEPI.....	46
8 ZAKLJUČEK	55
9 POVZETEK	56
10 VIRI	58
ZAHVALA	63

KAZALO SLIK

Slika 1: Vrzeli v Rajhenavskem Rogu	2
Slika 2: Bukov vrzelar v pragozdnem ostanku Rajhenavski Rog s trosnjakom bukove kresilke	6
Slika 3: Vrzeli v Rajhenavskem Rogu	8
Slika 4: Pragozd Rajhenavski Rog.....	9
Slika 5: B- deblo; E, D, C, F, G- točke na robu krošnje.	15
Slika 6: A-izhodiščna točka v 25-metrski mreži; B –deblo; E, D, C, F, G- točke na robu krošnje	15
Slika 7: A-izhodiščna točka v 25-metrski mreži; B–deblo; E, D, C, F, G- točke na robu krošnje	16
Slika 8: Karta sestojnih vrzeli v Rajhenavskem Rogu leta 2004	21
Slika 9 : Sestojne vrzeli izločene na terenu prikazane na letalskem posnetku (2006)	22
Slika 10: Frekvenčna porazdelitev števila vrzeli v krošnjah po velikostnih razredih.....	23
Slika 11: Frekvenčna porazdelitev števila razširjenih vrzeli po velikostnih razredih.....	24
Slika 12: Primerjava porazdelitve vrzeli v krošnjah (ang. canopy gap) in razširjenih vrzeli (ang. expanded gap) in prilagojeni Weibullovi porazdelitveni funkciji.....	25
Slika 13: Delež površine v vrzelih po velikostnih razredih vrzeli	26
Slika 14: Karta vrzeli na preučevanem delu v Rajhenavskem Rogu 2004	28
Slika 15: Frekvenčna porazdelitev kazalnika oblike vrzeli.....	29
Slika 16: Frekvenčna porazdelitev kazalnika oblike vrzeli.....	30
Slika 17: Število vrzelnikov jelke in bukve po vrzelih in drevesna sestava	31
Slika 18: Število vrzelnikov po vrzelih (stolpci) in velikost vrzeli (krivulja, desna skala) 31	
Slika 19: Število vrzelnikov po razredih nezastrite površine vrzelih. Prvi razred predstavlja vrednost 0 (vrzel 12).....	32
Slika 20: Frekvenčna porazdelitev vrzeli po številu vrzelnikov na vrzel	33
Slika 21: Število vrzelnikov po debelinskih stopnjah	33
Slika 22: Število jelkinih in bukovih vrzelnikov po debelinskih stopnjah.....	34
Slika 23: Število vrzelnikov glede na položaj (sušica, podrtica) v času snemanja	35
Slika 24: Število vrzelnikov po debelinskih stopnjah, drevesnih vrstah in položaju.....	35
Slika 25: Višina vrzelnika po drevesnih vrstah.....	36
Slika 26: Število vrzelnikov po vzrokih nastanka (odmrtja): 1 – odlom, 2 - delno izkoreninjen, 3 – izkoreninjen, 4 - odmrl stoječ, 5 - delno odmrl/odlomljen.....	37

Slika 27: Število vrzelnikov glede na drevesno vrsto in stopnjo razkroja	37
Slika 28: Višina vrzelnika po drevesnih vrstah in stopnjah razkroja	38
Slika 29: Volumen vrzelnika po drevesnih vrstah	39
Slika 30: Volumen vrzelnikov po vrzelih (stolpci) in drevesna sestava	39
Slika 31: Površina vrzeli v odvisnosti od volumna vrzelnikov	40
Slika 32: Površina vrzeli in volumen vrzelnikov po vrzelih	41
Slika 33: Število vrzelnikov po stopnjah razkroja v vrzelih	42
Slika 34: Število različnih stopenj razkroja vrzelnikov v odvisnosti od velikosti vrzeli	43
Slika 35: Odvisnost površine vrzeli od deleža bukve in jelke med vrzelniki	44
Slika 36: Frekvenčna porazdelitev premerov dreves po debelinskih stopnjah v pragozdu Rajhenavski Rog.....	45
Slika 37: Jelov vrzelnik in posledično nova vrzel, Rajhenavski Rog,	46
Slika 38: Jelov vrzelnik, Rajhenavski Rog,	47
Slika 39: Bukov vrzelnik, širitelj vrzeli; Rajhenavski Rog.....	49

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izbrani kazalniki vrzeli.....	20
Preglednica 2: Statistični parametri oblike vrzeli	27
Preglednica 3: Primerjava rezultatov	52

KAZALO PRILOG

Priloga A: Obrazec za popis vrzeli	64
Priloga B: Obrazec za popis vrzelnikov	65
Priloga C: Stopnje razkroja	66

1 UVOD

O teh orjakih in hkrati junakih je bilo izrečenih že nešteto besed in narejenih nešteto študij, pa vendar se k njim vračamo vedno znova in znova. To je učilnica brez konca, to je učilnica, kjer je učnih lekcij neskončno morje. Raziskujemo od tistih majhnih delcev mozaika do vseh vodilnih sil, ki sestavljajo ta proces življenja pragozda Rajhenavski Rog. Dozdeva se, kot da bi s svojo starostjo in modrostjo buril duhove vseh spoznanj željnih raziskovalcev, kot bi nas njegova veličastnost pritegovala in nam vsakič ponudila kaj novega.

Življenje pragozda pa brez prestanka hiti naprej, neoziraje se na nas. S svojo neizmerljivo močjo raste in propada hkrati.

Pot spoznavanja se začne že od 13. stoletja dalje ko je bila Kočevska še popolnoma prekrita z gozdovi. Nato so se krčenja nadaljevala, najprej le kot posledica primanjkljaja obdelovalne zemlje, potem zaradi manjših, lastnih potreb po lesu in končno sledijo močna krčenja v 19. stoletju oziroma po prvi svetovni vojni, ko pokrajino zaseže z agrarno reformo Začasna državna uprava (Derbiš, 1957). Hufnagl (1893) je izdelal prvi ureditveni elaborat za Auerspergove gozdove. V tem ureditvenem elaboratu iz leta 1904 je bil Rajhenavski Rog prvič omenjen kot pragozd.

Pragozd v Sloveniji je že od nekdaj spremenjen in okrnjen. Spreminjala sta ga pastir in poljedelec, ki sta iskala obdelovalna tla. Spreminjal ga je pohlep po industrijskih surovinah, kot so pridelava pepelike, stekla, železa, jekla. Sem spadajo tudi goloseki, ceste, zamenjava drevesnih vrst in divjadi, torej poskusi spreminjanja pragozda v industrijski gozd. Toda nič ni gozda bolj prizadelo kot novodobna tehnološka nesnaga, cepljena na spodrseljajih industrijske proizvodnje lesa in divjadi (Mlinšek, 1989).

Preučevanje pragozdov je ravno zaradi teh sprememb še bolj zanimivo, saj navkljub vsemu gozd išče pot nazaj k naravnemu ravnovesju. Znano je, da se v pragozdu odvijajo malopovršinske motnje (Mlinšek, 1967; cit. po Klopčič, 2005). Preučevanje teh motenj, ki

tvorijo vrzeli, je iz vidika uporabnosti v naših gospodarskih sistemih izredno pomembno. Namen gozdarstva se odlikava v sonaravnosti, trajnosti ter mnogonamenskosti gospodarjenja z gozdovi (Klopčič, 2005). Streha pragozda se luknjičasto odpira svetlobi in omogoča nastanek novih generacij pragozdnih prebivalcev. Vrzeli so za obnovo pragozda ključnega pomena, saj so vir mladja in vir mrtvega drevja.



Slika 1: Vrzeli v Rajhenavskem Rogu (avtor: Klementina Razpotnik (Marinčič), 2004)

Mlinšek (1989:str. 23) še zapiše: »Pragozd je večni. Večnost pragozda je v njegovi mogočnosti in vztrajnosti. V njem živijo drevesa tudi potem, ko že odmro. Mrtvo drevo je bolj živo od živega drevesa. Drevesa prihajajo in odhajajo posamično. Vsako drevo je individualnost, izklesana na dolgi življenjski poti, nenehnih naključij in nenehnega preverjanja. Med pogoji za razvoj velike pragozdne družine so velika raznoterost in številčnost članov in velika medsebojna prepletenost različnih rodov.«

Do danes je bilo opravljenih že mnogo raziskav v jelovo-bukovih gozdovih in v Rajhenavskem Rogu. Metoda, ki smo jo uporabili, temelji na razvojni dinamiki gozda in na spremljavi gozda kot procesu, ki se nenehno nagiba k iskanju dinamičnega ravnotežja. Pestrost sprememb se kaže tako v endogenih kot tudi eksogenih silah, ki ta proces usmerjajo, ga pospešujejo ali pa zavirajo.

2 PREGLED OBJAV

Hufnagl (1893) je izdelal prvi ureditveni elaborat za Auerspergove gozdove. Načrt je bil izredno delo, saj je uvedel sonaravnejše »prebiralno« gospodarjenje v primerjavi z golosečnimi načini gospodarjenja. Že takrat je bilo izločenih okoli 300 ha gozdov, prepuščenih naravnemu razvoju. V ureditvenem elaboratu iz leta 1904 je bil Rajhenavski Rog prvič omenjen kot pragozd (Hartman, 1987).

Rajhenavski Rog je jelovo-bukov gozd. V prvih razvojnih fazah prevladuje bukev, ki je podvržena ostri selekciji, zato se kmalu izloči vse nevitno mladje. Jelka je vedno številčno skromnejša, a po starosti, debelini in višini preraste bukev. Delež bukve v tipičnem jelovo-bukovem gozdu vedno prevladuje, manjši delež, ki se spreminja pripada jelki (Hartman, 1987).

Hartman (1987) je poimenoval jelko kot izrazito individualistko, ki se posamič uveljavlja v masi bukovih dreves. V njeni sposobnosti vztrajanja pri izredno skromnih svetlobnih razmerah tiči njena naravna konkurenčna moč. Na prvi pogled opazimo samo bukev, ki v manjših in večjih jedrih takoj zapolni sestojne vrzeli.

Konečnik in Zaplotnik (2001) sta v svojem diplomskem delu v pragozdnem rezervatu Strmec primerjali severnoevropsko (Leibundgut, 1959) in severnoameriško metodo (Runkle, 1981) raziskovanja horizontalne zgradbe. Ugotovili sta povezavo obeh metod, torej možnosti primerjave razvojnih faz in vrzeli. Posneli sta tudi ničelno stanje na 0,5 ha veliki stalni raziskovalni ploskvi in naredili analizo pomlajevanja. Prav tako ugotavljata razvojno moč bukve in sta zaskrbljeni za nadaljnji razvoj jelke ter gorskega javorja.

Vrzeli v gozdovih se oblikujejo z odmrtnjem enega ali več dreves v strehi sestoja. Vrzeli so odločilnega pomena za obnavljanje gozdov (cit. po Fujita in sod., 2003).

Vrzeli so sestavni del pragozda in hkrati ključne v razvojni dinamiki, strukturi gozda. Runkle (1981) razdeli vrzel na dva dela: vrzel v krošnjah (angl. *canopy gap*) in razširjena vrzel do debel mejnih dreves (angl. *expanded gap*).

Runkle (1982) je ugotovil, da je koncept razširjene vrzeli pomemben, ker je tu vključeno širše območje, na katerega direktno in indirektno vpliva sončno sevanje, ki prihaja skozi odprtino v strehi sestoja. Omogoča nam ustrezno preučevanje odziva vegetacije ter okolja.

Večina vrzeli (vsaj 90 %) je posledica odmrtnja več kot enega drevesa (Lertzman in Krebs, 1991). Motnje, ki povzročijo nastanek vrzeli, so lahko endogene ali eksogene. Eksogeni dejavniki so lahko v večjih razsežnostih, in sicer od majhnih preko srednjih do velikih.

Majhne vrzeli so večinoma posledica naravnega odmrtnja drevesa, dela drevesa ali manjše skupine dreves, medtem ko so velike največkrat posledica eksogenih dejavnikov, kot so snegolom, vetrolom, požar, intenzivni napad podlubnikov (Bončina in Diaci, 1998).

Vrzel nastane z odmrtnjem drevesa, imenovanega vrzelnik (angl. *gapmaker*). Drevo, ki ga upoštevamo kot povzročitelja vrzeli, mora imeti prsni premer vsaj 25 cm (Runkle, 1982). Vendar so tu zopet posamezne prilagoditve metode, ki so odvisne od tipa gozda.

Vrzelniki nam nudijo celo lestvico substratov, ki jih drugače v gozdu ne bi bilo. To mnogim prebivalcem gozdov ponuja hrano in dom. S svojim razpadom so uporabni mnogo let. Veliko možnosti ponujajo tudi pomlajevanju, ki je v vrzelih že sicer močno prisotno (Lertzman in Krebs, 1991). Avtorja uporabljata pri popisovanju tri razrede uvrščanja vrzelnikov:

- Mlad vrzelnik
- Srednje star vrzelnik
- Star in zelo star vrzelnik

Bončina in Diaci (1998) sta ugotovila, da masa, ki razpada podpira kroženje snovi, ustvarja posebno klimo pragozda in hkrati direktno vpliva na življenje in na habitate.

Mlinšek (1989) je omenil veliko večjo vlogo dreves po odmrtnju kot tekom njegove rasti. Drevo je poimenoval kot gozdno restavracijo, za katero gozdarji vemo že dolgo časa, pa vendar šele raziskave pragozdov odkrivajo vso veličino tega procesa ter hkrati opozarjajo, da je to samodejno gnojenje v gospodarskem gozdu hudo pomanjkljivo.

Zeibig s sod. (2005) so predstavili povezavo gliv in majhnih vrzeli. Ugotovili so namreč, da je več kot 50 % majhnih vrzeli nastalo kot posledica odloma drevesa in predhodne okužbe z bukovo kresilko (*Fomes fometarius*) – slika 2. Vzroke nastanka za večje vrzeli, so iskali prvotno v okužbi dreves z glivo, ki je nastala kot posledica podiranja dreves v manjših vrzelih. Zaradi podiranja pride do poškodb in vdora gliv v okoliška drevesa, kar vodi do tvorbe večjih vrzeli. Drug vzrok nastanka večjih vrzeli je v eksogenih silah, ki delujejo na bolj ali manj izpostavljenih legah, kjer je prst plitva, vetrovi močnejši in drevesa pogosto bolj dovzetna za izkoreninjenja.



Slika 2: Bukov vrzelar v pragozdnem ostanku Rajhenavski Rog s trosnjakom bukove kresilke (10.6.2005, avtor: Klementina Razpotnik (Marinčič), 2004)

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 s sod, 1995; Fujita s sod, 2003; Bartemucci s sod, 2002; Fajardo in de Graaf, 2004).

3 NAMEN NALOGE, CILJI IN HIPOTEZE

Namen diplomske naloge je bil narediti terestrično analizo vrzeli v Rajhenavskem Rogu in raziskati kakšen je njihov vpliv na obnovitvene cikle pragozda.

Cilji naloge:

- Ugotoviti porazdelitev sestojnih vrzeli v pragozdu Rajhenavski Rog
- Predstavitev metode raziskovanja po severnoameriškem pristopu
- Terestrična analiza vrzeli
- Primerjava vrzeli izločenih na terenu z vrzelmi na letalskih posnetkih
- Primerjava s podobnimi raziskavami v Sloveniji, Evropi in Severni Ameriki
- Ugotoviti ali je metoda primerna za naše gozdove

Delovne hipoteze

- zaradi velikopovršinskih obnovitvenih procesov so v pragozdu Rajhenavski Rog večje vrzeli kot v primerljivih pragozdovih; prav tako je skupni delež vrzeli v površini pragozda večji
- vrzeli nastajajo pretežno zaradi »notranjih« dejavnikov (staranje, bolezni)
- prevladuje postopno širjenje vrzeli, ki vpliva na obnovitvena dogajanja
- na nastanek vrzeli značilno vpliva pospešeno odmiranje jelke
- v predelih z več bukve se vrzeli širijo hitreje



Slika 3: Vzel v Rajhenavskem Rogu, (avtor: Klementina Razpotnik (Marinčič), 2004)

4 PREDSTAVITEV OBJEKTA RAZISKAVE

Pragozd Rajhenavski Rog, tudi roški pragozd je poimenovan po kočevski vasi in dolini Rajhenav. Danes spada v oddelek 31, površine 51,14 ha gozdnogospodarska enota Rog – GG Kočevje.

Dostopen je iz treh strani; po markirani poti od opozorilne table z bistvenimi podatki o pragozdu ob gozdni cesti Rog – Rajhenav, do severne meje pragozda vodi markirana steza z žage Rog ter steza od gozdne ceste z novomeške strani ob meji oddelka 30 (Hartman, 1987).



Slika 4: Pragozd Rajhenavski Rog, (avtor: Klementina Razpotnik (Marinčič), 2004)

4.1 LEGA IN RELIEF

Rajhenavski Rog leži sredi obsežnih gozdnih površin Kočevskega Roga na nadmorski višini 850 do 920 m, južno od najvišjega vrha Rog (1100 m). Višavje se razprostira na

jugovzhodu Slovenije na širokem območju med Kočevskim poljem, Črmošnjiško in Novomeško kotlino ter Belo in Suho krajino. Leži v dinarski smeri (SZ - JV), vendar ni povezano z Dinaridi. Je del izrazito visokokraškega območja Slovenije, ki je brez površinskih tekočih voda in izvirov (Puncer s sod., 1974).

4.2 PODNEBJE

Roško višavje ima kljub majhnosti precej raznoliko podnebje. Na eni strani so prisotni nizki temperaturni minimumi (maja $-6,9^{\circ}\text{C}$, junija $-0,6^{\circ}\text{C}$, avgusta $2,1^{\circ}\text{C}$, septembra $-2,9^{\circ}\text{C}$) z naglimi in močnimi temperaturnimi nihanji, na drugi strani, v smeri Dinaridov, pa velika navlaženost.

Ob Gorjancih in Novomeški kotlini je podnebje bistveno toplejše in dokaj suho. V mikroklimatičnem in mezoklimatičnem območju so razlike večje in diskontinuitetne. Srednja letna temperatura je $8,3^{\circ}\text{C}$, letna količina padavin je 1406 mm; največ jih je spomladi in jeseni. Po De Martonnovi klasifikaciji štejemo podnebje Kočevske v območje zmerno humidnega podnebja, ki je ugodno za rast gozda (Puncer in sod., 1974).

4.3 GEOLOŠKA PODLAGA IN TLA

Roško višavje spada k dolensko - notranjskim mezozojskim grudam. Roški sinklinorij sestoji večinoma iz krednih plasti, v osrednjem delu so ohranjene zgornjekredne in eocenske klastične usedline. Ves Kočevski Rog je ostanek nekoč prostranega pliocenskega ravnika. Geološka podlaga pragozda Rajhenavski Rog je temno siv do črn apnenec spodnje krede. Je plastast, bituminozen, zelo gost in jedrnate sestave.

Klimazonalni talni tip pragozdnega rezervata so rjava pokarbonatna gozdna tla na apnencu različnih globin. Gre za zelo uravnotežen sistem med gozdom in gozdnimi tlemi. Gozd s svojo biološko in kemijsko dinamiko stabilizira talne procese in varuje tla pred degradacijo. Rezultat teh procesov so zelo plodna tla v pragozdu, ki zagotavljajo stabilnost rastlinske združbe in gozdnega biotopa (Puncer in sod., 1974).

4.4 VEGETACIJA

Pragozd Rajhenavski Rog pripada združbi dinarskega jelovo - bukovega gozda. Izločene so naslednje subasociacije, zaokroženo izločene v odseke:

- *Omphalodo-Fagetum mercurialetosum perennis* se pojavlja večinoma na prisojnih legah, zmerno nagnjenih pobočjih in kopastih vrhovih. Tla, največkrat rendzine, so plitvejša in skeletna - drobnejše ostrorobo kamenje brez večjih skal na površju. Subasociacija je floristično revnejša od drugih, rastnost sestoja pa je nekoliko slabša, kar opazimo po nižjih drevesnih višinah. V Rajhenavskem Rogu se pojavlja na neizrazitem grebenu in pobočju ob jugozahodni meji rezervata.
- *Omphalodo-Fagetum festucetosum altissimae* se pojavlja na kompaktnem apnencu, kjer pokrivajo skale tudi več kot polovico talne površine na strmejših področjih, kopastih vrhovih in grebenih. Značilen je kaskadast relief, pri katerem razpoke in žepe med skalami zapolnjujejo izprana in pogosto opodzoljena rjava tla. Skale so pokrite s tanko plastjo plosurovega humusa, kjer se pojavlja značilna gozdna bilnica. Razmere so ugodne za acidofilnejše vrste, tudi za smreko, ki v roškem pragozdu raste prav v tej rastiščni enoti. Izrazito prevladuje jelka (tudi po številu dreves). Kot odseki te subasociacije so izločeni bolj strmi in skaloviti deli pragozda ob mejah, kjer je težja dostopnost preprečila sečnje.
- *Omphalodo-Fagetum galietosum odorati* pokriva različne ekspozicije na blago nagnjenem reliefu brez večje skalovitosti, platojih in zaravnicah med vrtačami, torej tam, kjer so ugodne razmere za razvoj globokih do srednje globokih rjavih pokarbonatnih tal. Subasociacija zajema v Rajhenavskem Rogu največji delež, sestojno pa so odseki različni. V južni polovici pragozda prevladuje bukev, v severnem delu pa so sestoji bolj razgibani in imajo večji delež jelke.
- *Omphalodo-Fagetum aceretosum* se pojavlja na vlažnejših legah po širokih jamah, dolinah in ravninah, blagih pobočjih in na skalovitejših prehodih med vrtačami. Tla

so prhninasto prstena rendzina, pogosto v žepih med skalovjem, z neenakomernim profilom in globino ter močnim humusnim horizontom. Na dnu vrtač so rjava pokarbonatna, koluvialna tla. Združbi dajejo značilen videz bujna zelišča, mahovi in praproti. V rezervatu se pojavlja fragmentarno in mikroreliefno, kot odsek pa je izločena le v jugozahodnem delu.

- *Omphalodo–Fagetum neckeretosum* se pojavlja na strmejših skalnatih pobočjih, grebenih in vrhovih. Velike skalnate bloke in police značilno prekriva mahovna plast. Subasociacija je izrazito reliefno in edafsko pogojena in se v Rajhenavskem Rogu pojavlja le fragmentarno (Puncer in sod., 1974).

5 METODE DELA

V pragozdni raziskavi smo uporabili severnoameriško raziskovalno metodo po Runklu (1981). Metoda se osredotoča na razvojno dinamiko, omogoča razumevanje in proučevanje gozda kot procesa. Preučuje predvsem vzorce, oziroma režime motenj v pragozdovih kot glavno silo, ki vpliva na dinamiko strukture gozda.

Ta način nam omogoča prepoznavanje pomembnosti preučevanja gozda kot procesa. Vendar se tu pojavi problem definiranja vrzeli, namreč pri različnih avtorjih zasledimo različne definicije, kar nam otežuje medsebojno primerjavo in mogoče celo uporabnost ter prenos rezultatov v prakso.

Vrzeli so posledica motnje v gozdu. V glavnem jih ločimo na manjše, ki nastanejo kot posledica odmrtnosti enega ali manjše skupine dreves, ter večje, ki so posledica ujm, kot je vetrolom, požar, snegolom (Roženbergar, 1999; cit. Peterken, 1996).

Runkle (1982) je vrzel razdelil na dva dela:

- VRZEL V KROŠNJAH ali ang. *canopy gap* - torej vrzel, ki jo omejujejo krošnje okoliških dreves
- RAZŠIRJENA VRZEL ali ang. *expanded gap* - vrzel, ki jo omejujejo debla okoliških dreves

Delo je potekalo na sledeči način. Za začetek je bilo potrebno osnovati mrežo na terenu, da smo lahko naše delo prikazali na karti. Uporabljali smo karto v merilu 1:2500 ter 1:1250. V pomoč nam je bila karta, ki je že imela vrisano 100-metrsko mrežo, le to smo še podrobneje razdelili na 25-metrsko mrežo, tudi ta je bila na karti prikazana. Še podrobnejša razdelitev na terenu je bila nujna zaradi orientacije ter lažjega dela. Na terenu smo najprej iskali kovinske količke, ki so 100-metrsko mrežo označevali. Če kakšnega nismo našli, so nam bila v pomoč orodja, kot je busula, meter in trasirka. Količke smo primerno in predvsem vidno označili, s palico in rumenim trakom. Vse trakove smo

primerno označili s številkami, ki smo jih predhodno uskladili s številčnimi oznakami na karti. Ko je bila mreža na terenu osnovana in vidno označena, smo popisovanje začeli.

Obvezna oprema je bila:

- Busola
- Meter
- Obrazci za zapis meritev
- Tabela za določevanje tipa razkroja
- Karta

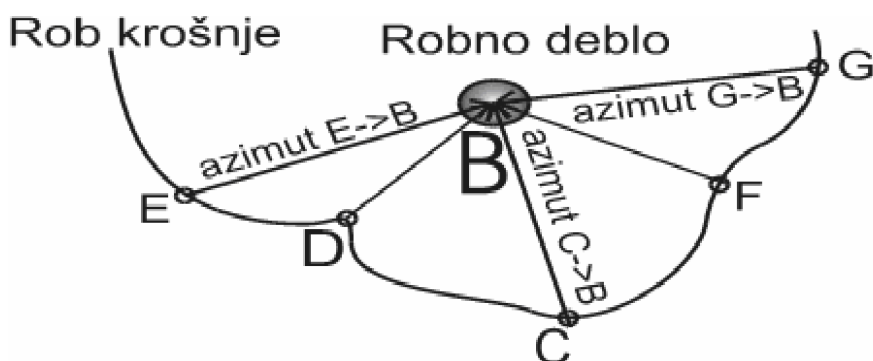
Delo je zahtevalo najmanj dve osebi. Meritve so se začele na spodnjem jugo-zahodnem delu rezervata, pomikali sva se po 25 m pasovih in popisovali vse vrzeli, ki so bile večje kot 25 m² (5x5m). To smo ocenili kot odmrtnje enega še neodraslega drevesa. Vrzeli smo obravnavali kot sklenjeno, če je mladje v vrzeli preraslo polovico sestojne višine. Pri tem določanju pravil smo se naslonili na metodologijo, ki so jo uporabili v severnoameriških gozdovih. Tako izločene vrzeli so vidne tudi na letalskih posnetkih.

Raziskavo sta izvajali dve skupini v različnih časovnih intervalih. Način izvajanja meritev je bil različen. V nadaljevanju sem ju opredelila kot način dela št. 1 za prvo skupino in način dela št. 2 za drugo skupino.

5.1 Način dela št 1

Vrzeli v krošnjah

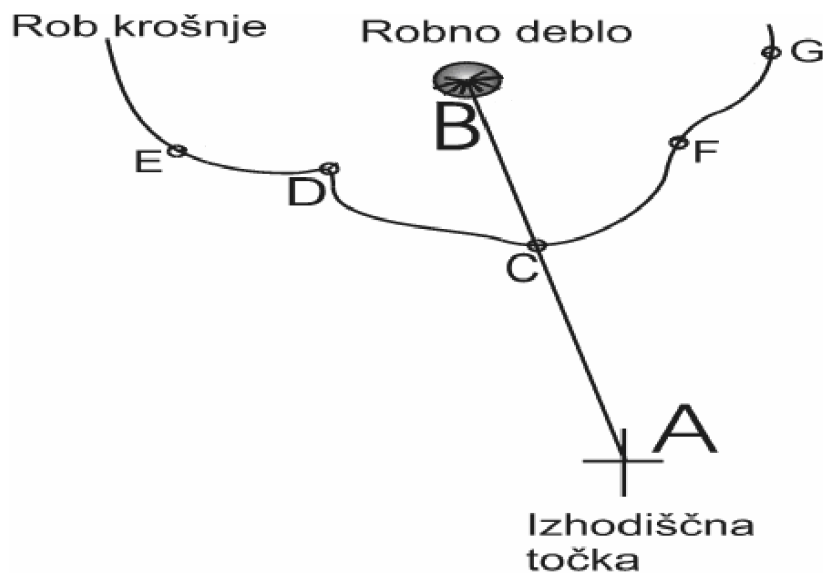
Meritev je slonela na točkah, in sicer odmerili smo razdaljo ter azimute do roba krošnje na vsaj dveh ali treh (lahko tudi več) različnih točkah. Izhodišče je bilo deblo drevesa. To smo nadaljevali ob obodu celotne vrzeli, postopoma smo dobili podatke za notranjo, odprto površino v strehi sestoja (**Priloga A**).



Slika 5: B- deblo; E, D, C, F, G- točke na robu krošnje.

Razširjena vrzel

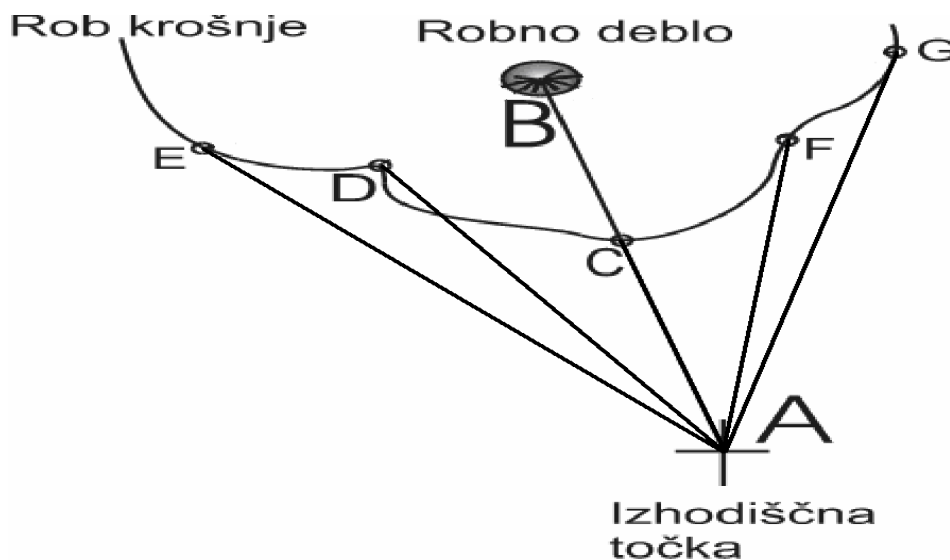
Med merjenjem vrzeli v krošnjah smo hkrati izmerili še razširjeno vrzel, in sicer potrebno je bilo le izmeriti razdaljo ter azimut dotičnih debel dreves do neke najbližje izhodiščne točke na 25-metrski mreži. Seveda to zopet velja za vsa debela dreves, ki vrzel obdajajo.



Slika 6: A-izhodiščna točka v 25-metrski mreži; B –deblo; E, D, C, F, G- točke na robu krošnje

5.2 Način dela št 2

Vsa pravila o vrzeli veljajo tudi tu, le izvedba je rahlo drugačna. Tu gre predvsem za poenostavitev dela, saj vse meritve potekajo izključno iz neke določene - najbližje izhodiščne točke pa do točk roba krošnje ter do debla drevesa.



Slika 7: *A-izhodiščna točka v 25-metrski mreži; B-deblo; E, D, C, F, G- točke na robu krošnje*

Podatke smo sproti zapisovali v obrazce in vrzeli dali pripadajočo zaporedno številko. Ko smo zaključili meritve vrzeli v krošnjah in razširjene vrzeli, smo premerili še **vrzelnike** ali kot jih poimenuje Runkle *gapmaker-je*.

Gapmaker ali vrzelnik je drevo, ki je odmrlo in s tem povzročilo nastanek vrzeli (Runkle, 1981).

Opazovali in opisovali smo naslednje znake (**Priloga B**) :

- Drevesna vrsta
- Azimut do baze
- Razdaljo od baze do izhodiščne točke na mreži
- Azimut do drevesnega ostanka

- Položaj: (a) stoječ, (b) ležeč
- Premer: (a) pri stoječem na 1,3 m; (b) pri ležečem na sredini ostanka
- Dolžino/višino drevesnega ostanka
- Stopnjo razkroja (podrobno glej **Priloga C**)
- Tip poškodbe, vzrok odmrtnosti vrzelnika

Stopnje razkroja so sledeče:

1a - skorja nedotaknjena; prisotni listi, iglice in vejice, površina nedotaknjena, oblika krožna, trd les, nož se ne zapiči; starost 1 leto.

1b – skorja večinoma nedotaknjena, delno razpokana; veje in poganjki prisotni, listja ni; 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; veje in poganjki manjkajo; 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 kot 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.

Tip poškodbe vrzelnika smo opredelili kot

- izkoreninjen (ang. *uprooted*)
- delno izkoreninjen (ang. *partly uprooted*)
- odlomljen (ang. *broken*)
- odmrl stoječ (ang. *standing dead*)

- delno odmrlo/odlomljen (ang. *limb dead or broken*)

Drevo opredeljeno kot odlom je bilo tisto drevo, ki se je na kateremkoli mestu debla prelomilo. Če je bil odlom v krošnji ga nismo upoštevali kot odlom, temveč kot sušico. Odmrlo stoječ (sušica) je bilo drevo, ki se je posušilo stoje, v rasti.

5.3 Geometrija vrzeli

Geometrijo vrzeli smo izrazili z kazalnikom oblike vrzeli (I_o), ki je definiran kot razmerje med obsegom vrzeli in obsegom kroga pri isti površini. Naraščanje kazalnika nad 1 pomeni povečevanje nepravilnosti oblike vrzeli (Lertzman in Krebs, 1991).

5.4 Digitalizacija

Na terenu smo iz stojišč izmerili azimute ($^{\circ}$) in razdalje (m) do robnih točk vrzeli in tako dobili polarne koordinate za te točke. Vsi podatki zbrani na terenu so nam v nadaljnji obdelavi podatkov služili kot orodje za prikaz vrzeli v krošnjah in razširjene vrzeli.

Za izris vrzeli v okolju geografskih informacijskih sistemov smo uporabili program CartaLinx. S pomočjo oslonilnih točk smo karto razvojnih faz z vrisano 25×25 m mrežo v program Idrisi transformirali v Gauss-Krüegerjev pravokotni koordinatni sistem. Tako transformirana karta nam je bila v programu CartaLinx osnova nadaljnje digitalizacije, kjer so nam (tako kot na terenu) presečišča mreže predstavljala stojišča, oz. izhodišča iz katerih smo preko modula "XY Input" vnesli podatke o azimutih in razdaljah za vsako robno točko vrzeli. Dobili smo serijo točk, ki smo ji v nadaljevanju digitalizacije povezali v poligone.

Ker smo na terenu merili koordinate vrzeli v krošnjah in razširjene vrzeli, so nastali liki z notranjim in zunanjim delom. Poligone iste vrzeli (vrzel v krošnjah + razširjena vrzel) smo označili z zaporedno številko vrzeli, območje vrzeli v krošnjah smo označili s številko 1,

območje razširjenega dela vrzeli pa s številko 2, npr.: 1_1; 2_1; 3_1 za območje vrzeli v krošnjah in 1_2; 2_2; 3_2 za območje razširjene vrzeli.

Na te oznake smo se navezovali, ko smo želeli pridobiti določene podatke naprimer: za izračun velikosti vrzeli v krošnjah, smo uporabili le tiste podatke, ki so imeli številko 1 na drugem mestu, torej 1_1; 2_1; 3_1; če pa smo želeli pridobiti podatke o velikosti razširjenih vrzeli, pa smo uporabili zapise, ki so vsebovali številko 2 na drugem mestu, torej 1_2; 2_2; 3_2.

Karto smo iz programa CartaLinx prenesli v program ArcGIS, v katerem smo izračunali potrebne podatke o površinah in izdelali grafični prikaz karte vrzeli.

6 REZULTATI

6.1 Splošni podatki o vrzelih

Območje zajeto v raziskavo je bilo veliko 146375,2 m², torej 14,64 ha. Preračunano število vrzeli na ha je 3,0 vrzeli/ha.

Na celotnem območju smo premerili 44 vrzeli. Podatke smo razdelili v naslednje skupine:

- **vrzeli v krošnjah** skupna velikost meri 18772,0 m², kar pomeni 12,82 % celotnega območja
- velikost **razširjenih vrzeli** je 31484,4 m² in zavzema 21,51 % celotnega območja
- skupna velikost razširjenega dela vrzeli (od roba krošenj do debel) znaša 12712,4 m².

Preglednica 1: Izbrani kazalniki vrzeli

	N	Srednja vrednost (m ²)	Mediana (m ²)	Min. velikost (m ²)	Max. velikost (m ²)	Spodnji i/prvi kvartil (m ²)	Zgornji/tretji kvartil (m ²)	Stand. odklon (m ²)
Vrzel	44	426,6	391,6	47,8	1140,7	195,6	602,9	267,2
Razširjeni del vrzeli	44	288,9	254,3	59,3	730,3	165,9	376,6	160,9
Razširjena vrzel	44	715,5	744,5	115,8	1590,3	361,4	974,6	395,7

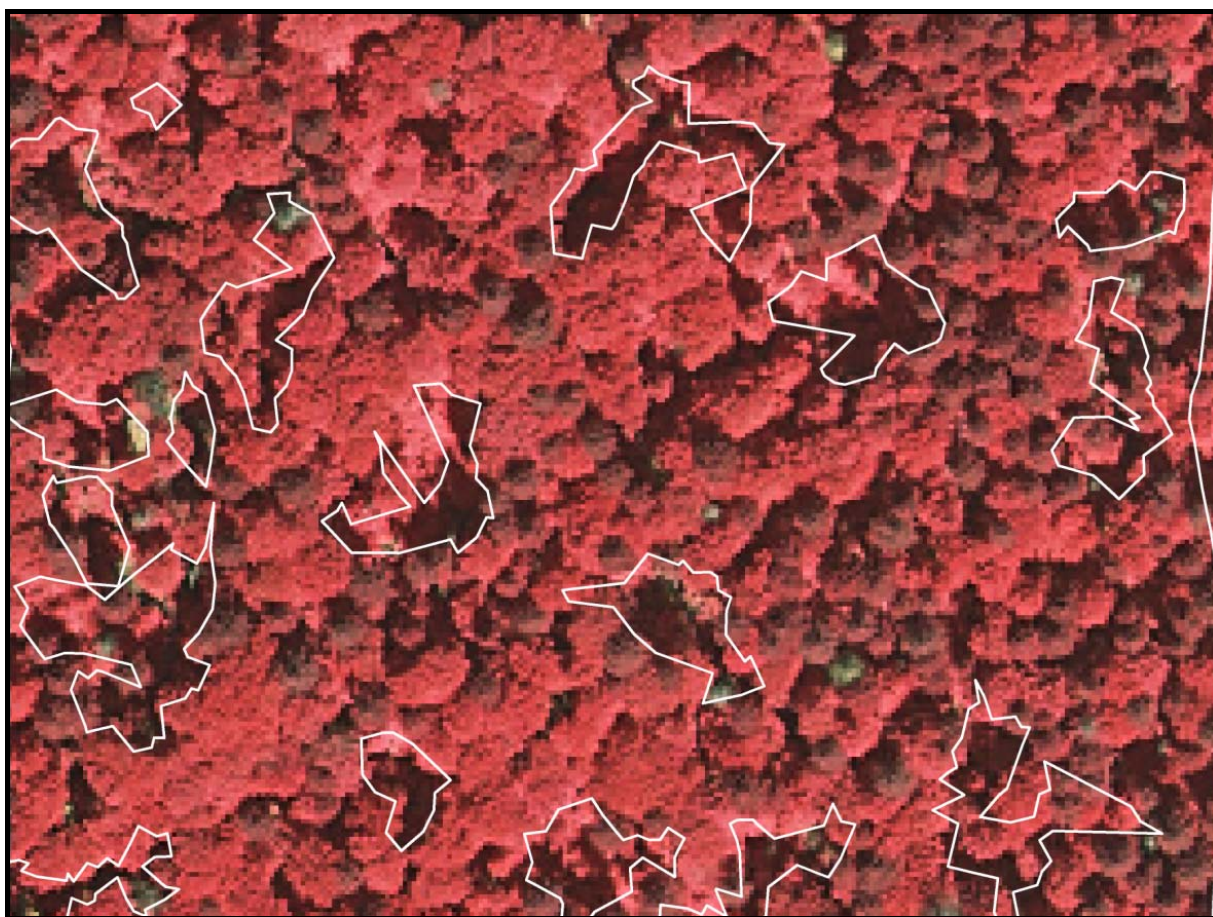
Velikosti razširjenih vrzeli variirajo od vrednosti 115,8 do 1590,3 m², srednja vrednost pa znaša 715,5 m². Mediana je rahlo višja od srednje vrednosti - 744,5 m². Izkazalo se je, da vrzeli, ki bi imela velikost med 25 in 45 m² nismo našli. Najmanjša velikost vrzeli je 47,8 m², kljub temu, da smo določili kot minimalno velikost vrzel velikosti 25 m².



Slika 8: Karta sestojnih vrzeli v Rajhenavskem Rogu leta 2004.

6.2 Primerjava vrzeli izločenih na terenu z vrzeli na letalskih posnetkih

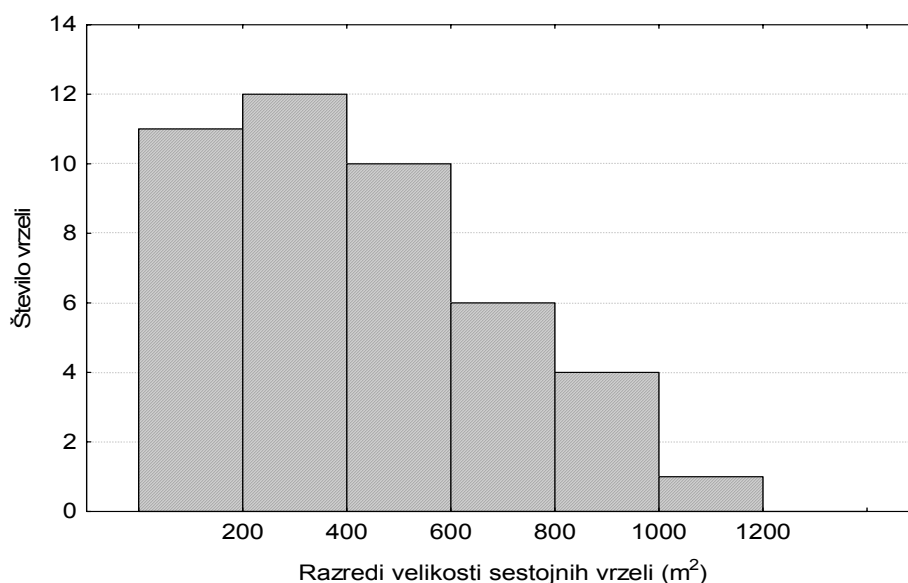
Vrzeli posnete na terenu se zelo dobro pokrivajo s tistimi, ki so bile posnete na letalskem posnetku. Vendar pa so ti letalski posnetki bolj uporabni z vidika večjih vrzeli, ki so bolj opazne in jih zlahka prepoznamo. Ta način je uporaben, če so letalski posnetki posneti v velikem merilu in z dobro resolucijo. Potem zlahka prepoznamo tudi tiste vrzeli, ki so manjše od 100 m².



Slika 9 : Sestojne vrzeli izločene na terenu prikazane na letalskem posnetku (2006).

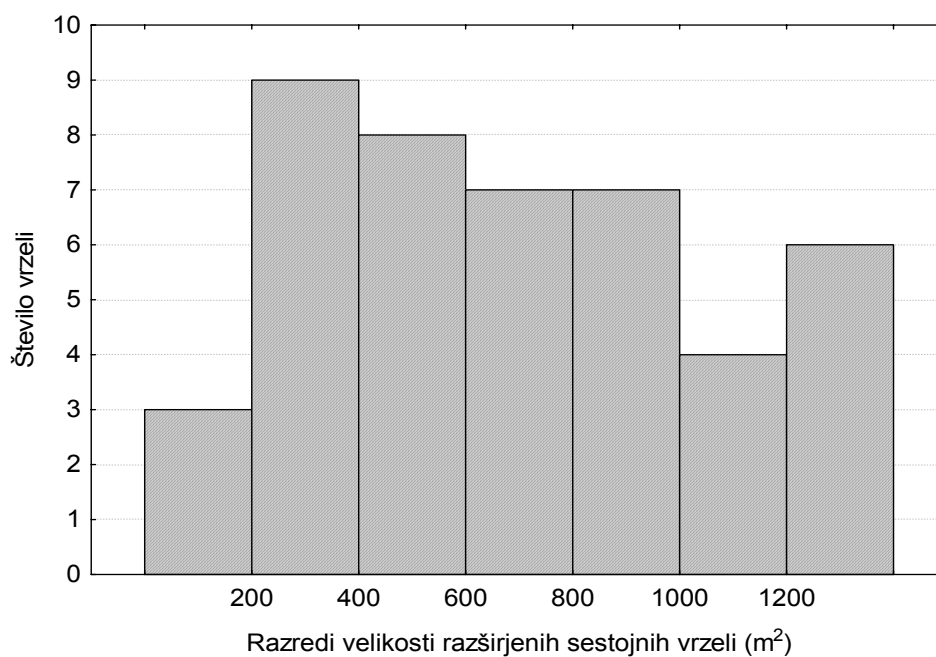
6.3 Frekvenčne porazdelitve vrzeli

Frekvenčne porazdelitve velikostnih razredov vrzeli in razširjenih vrzeli so prikazane na slikah 10 in 11. Večina sestojnih vrzeli je v velikostnih razredih od 200 do 400 m², tu jih najdemo kar 12. Sledita razreda od 100 do 200 m², kjer jih je 11 in razred 400 do 600 m² s 10 vrzelmi. V večjih velikostnih razredih število upada.



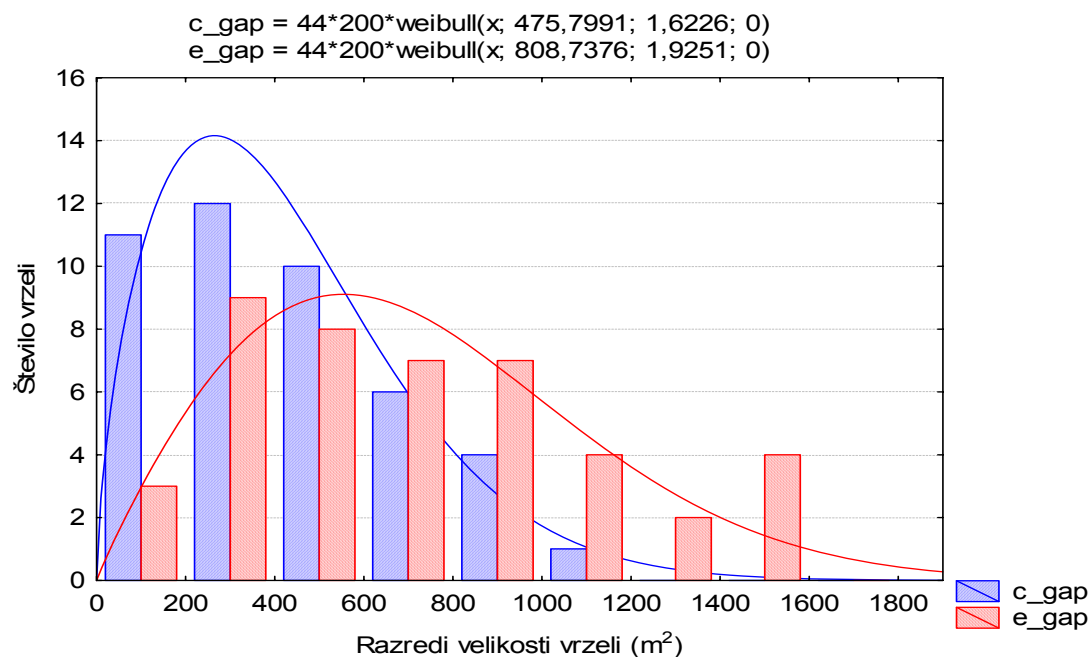
Slika 10: Frekvenčna porazdelitev števila vrzeli v krošnjah po velikostnih razredih

Frekvenčna porazdelitev razširjenih vrzeli je značilno pomaknjena v desno v smeri večjih velikosti vrzeli in ima širšo osnovo (slika 11). Največ vrzeli je bilo v velikostnih razredih od 200 do 400 m², kar 9. Zanimiv je upad v velikostnih razredih od 100 do 200 m² in od 1000 do 1200 m². Namreč tu se je izkazalo, da smo našli najmanj vrzeli. V ostalih razredih je število vrzeli dokaj enakomerno razporejeno, s številom vrzeli od 6 do 8.



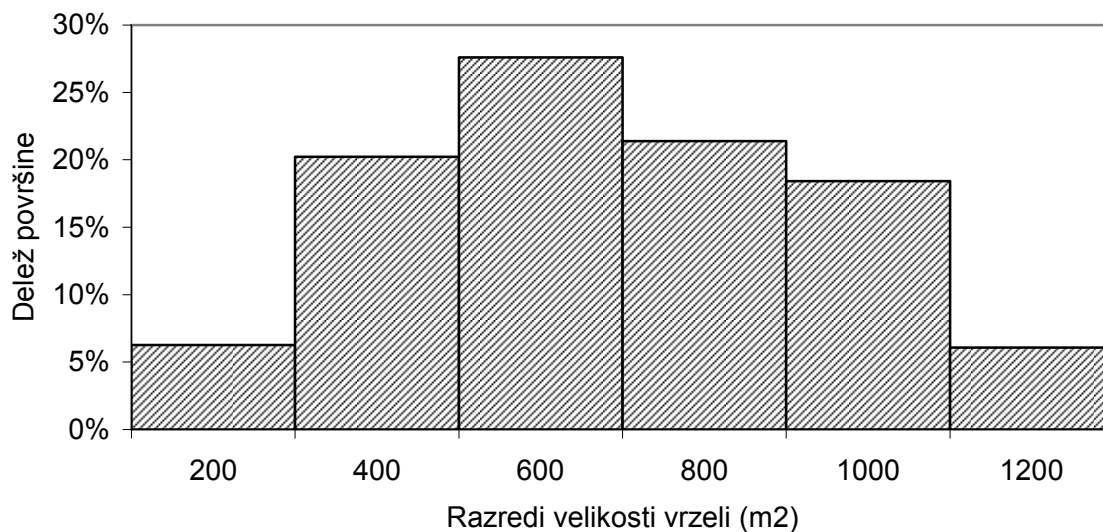
Slika 11: Frekvenčna porazdelitev števila razširjenih vrzeli po velikostnih razredih

Za prilagajanje frekvenčne porazdelitve našim podatkom smo izbrali Weibullovo porazdelitev, ki je eksponentna porazdelitev. Modusa prilagojenih funkcij se značilno razlikujeta; za vrzeli v krošnjah znaša približno 300 m², za razširjeno vrzel pa 550 m².



Slika 12: Primerjava porazdelitve vrzeli v krošnjah (ang. canopy gap) in razširjenih vrzeli (ang. expanded gap) in prilagojeni Weibullovi porazdelitveni funkciji.

Bolj kot število vrzeli po velikostnih razredih je za pomlajevanje pragozda pomemben delež površine vrzeli v različnih velikostnih razredih (slika 12). Majhnih vrzeli je lahko zelo veliko, vendar zaradi majhnosti površin niso pomembno udeležene v obnovitvenih dogajanjih.



Slika 13: Delež površine v vrzelih po velikostnih razredih vrzeli

Tudi pri tej analizi smo uporabili 200 m² velike velikostne razrede. Kot je razvidno iz stolpičnega grafa je večina vrzeli zavzemala večje velikostne razrede, in sicer od 200 pa do 1000 m². Majhnih vrzeli, torej vrzeli pod 200 m² in velikih vrzeli nad 1200 m² je bilo zelo malo, glede na območje raziskave le 5 %. Največji delež površine (28 %) pokrivajo vrzeli iz razreda od 400 do 600 m². Ostali velikostni razredi pa predstavljajo približno 20 % območja.

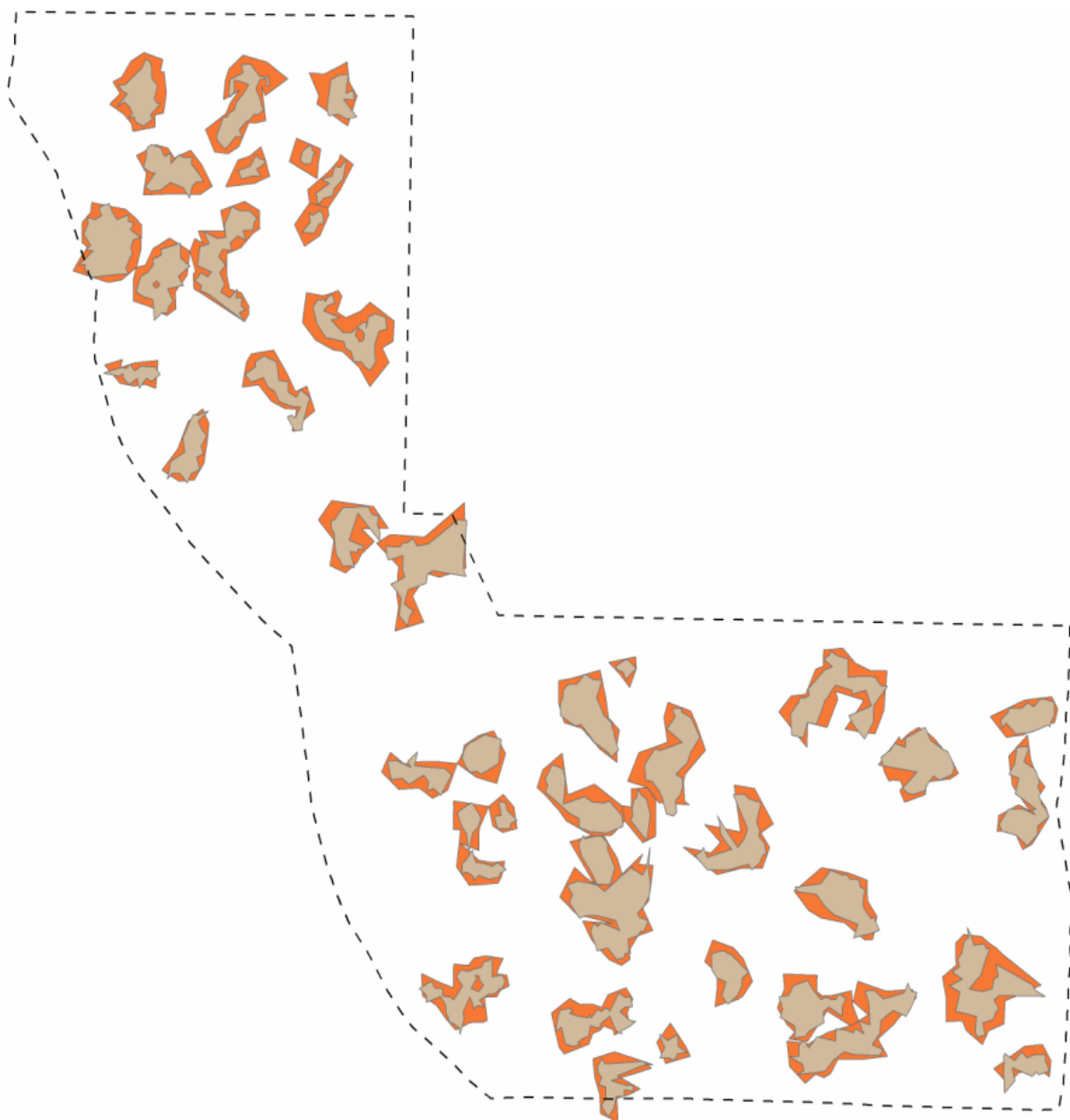
6.4 Geometrija vrzeli

Preučili smo tudi geometrijo vrzeli v krošnjah (ang. *canopy gap*). Za izračun kazalnika oblike vrzeli smo primerjali obseg vrzeli z obsegom kroga pri isti površini. Kazalnik oblike vrzeli zavzema vrednosti od 1,05 do 2,47, s srednjo vrednostjo 1,69 (preglednica 2), kar kaže na precejšnja odstopanja od obsega kroga pri isti površini.

Preglednica 2: Statistični parametri oblike vrzeli

	N	Srednja vrednost	Mediana	Min. velikost	Max. velikost	Spodnji/ prvi kvartil	Zgornji i/tretji kvartil	Stand. odklon
Indeks oblike vrzeli	44	1,6	1,6	1,05	2,4	1,4	1,9	0,3

Veliko vrzeli je nepravilnih oblik. Našli smo samo eno vrzel, ki ima približno vrednost indeksa 1 oziroma 1,058. Ta razgibanost vrzeli je lepo vidna na izdelani karti (slika 14).

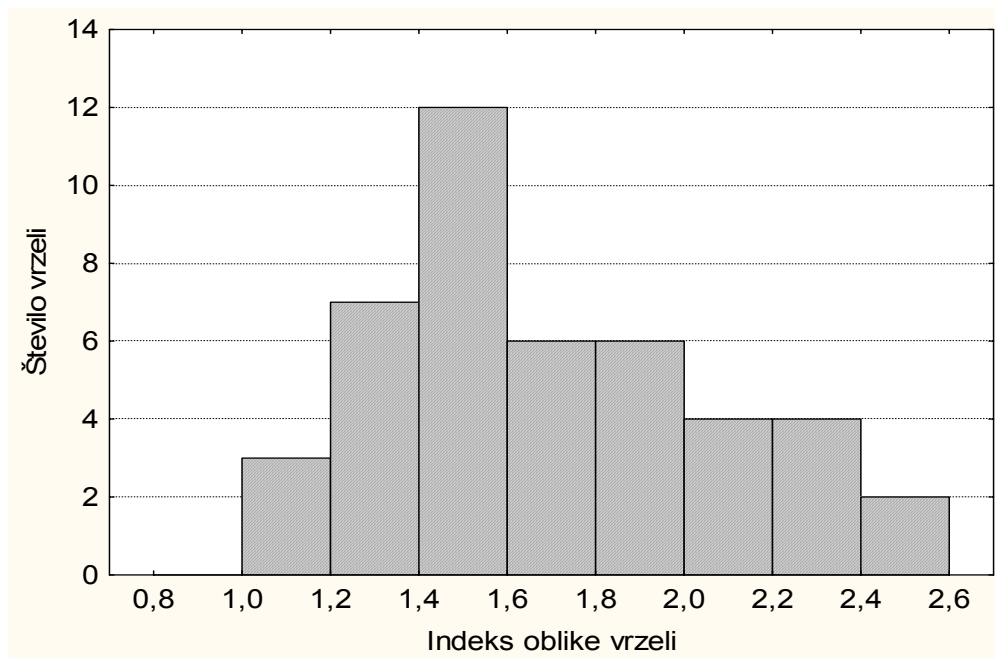


Slika 14: Karta vrzeli na preučevanem delu v Rajhenavskem Rogu 2004.

LEGENDA:

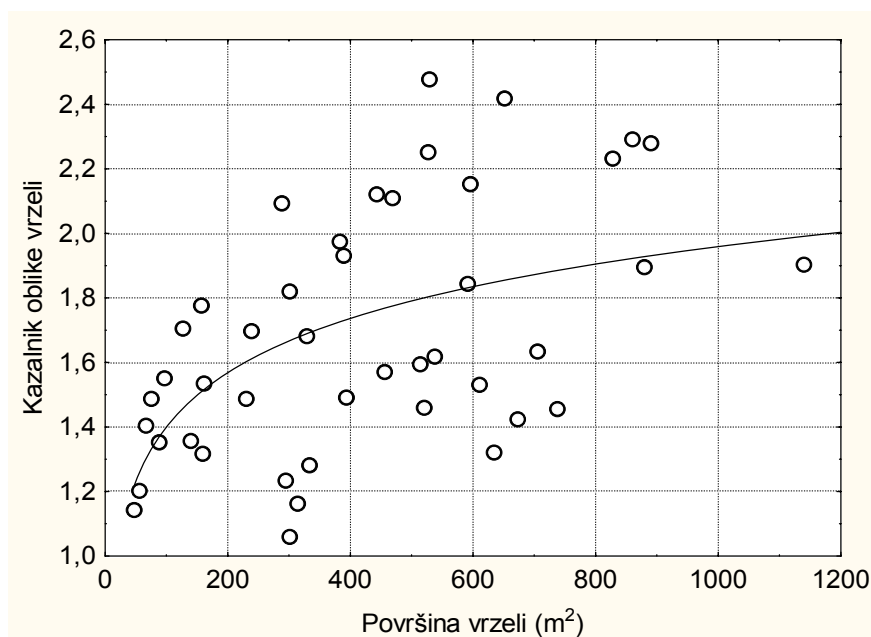
- **notranji siv del** predstavlja vrzeli v krošnjah,
- **zunanj oranžni del** pa razširjeni del vrzeli

Pri največ vrzelih zavzema kazalnik vrednosti med 1,4 in 1,6 (slika 15).



Slika 15: Frekvenčna porazdelitev kazalnika oblike vrzeli

Kazalnik oblike vrzeli je odvisen od površine vrzeli – z naraščanjem površine vrednosti indeksa naraščajo, sprva hitro, kasneje počasneje. Pri linearni regresijski odvisnosti znaša $r = 0,52$; $p = 0,0003$. Na slika 16 je prilagojena logaritemska krivulja: kazalnik oblike vrzeli $= 0,281 + 0,5593 \cdot \log_{10}(x)$.

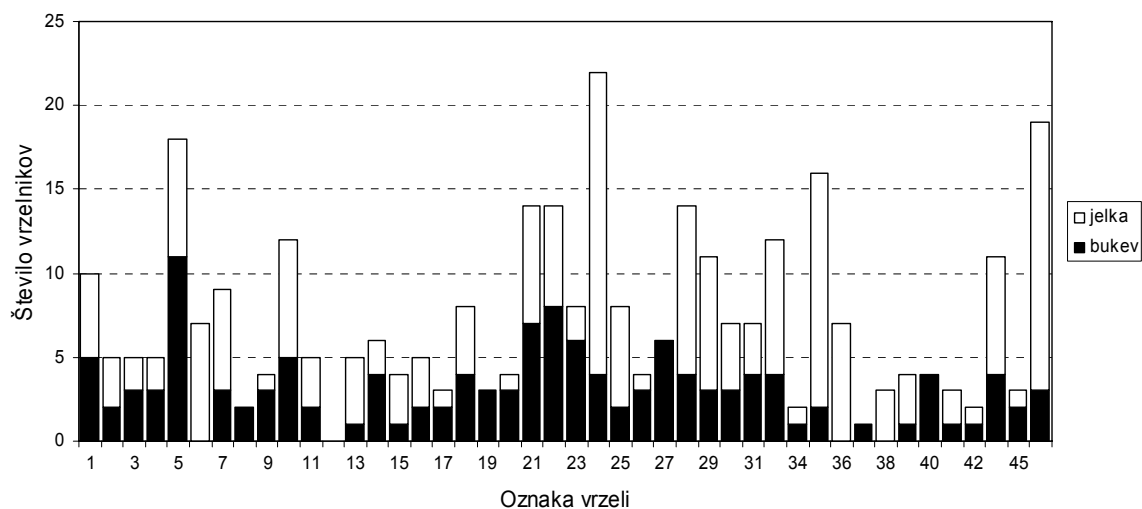


Slika 16: *Frekvenčna porazdelitev kazalnika oblike vrzeli.* Podatkom je prilagojena logaritemska krivulja.

6.5 Analize vrzelnikov

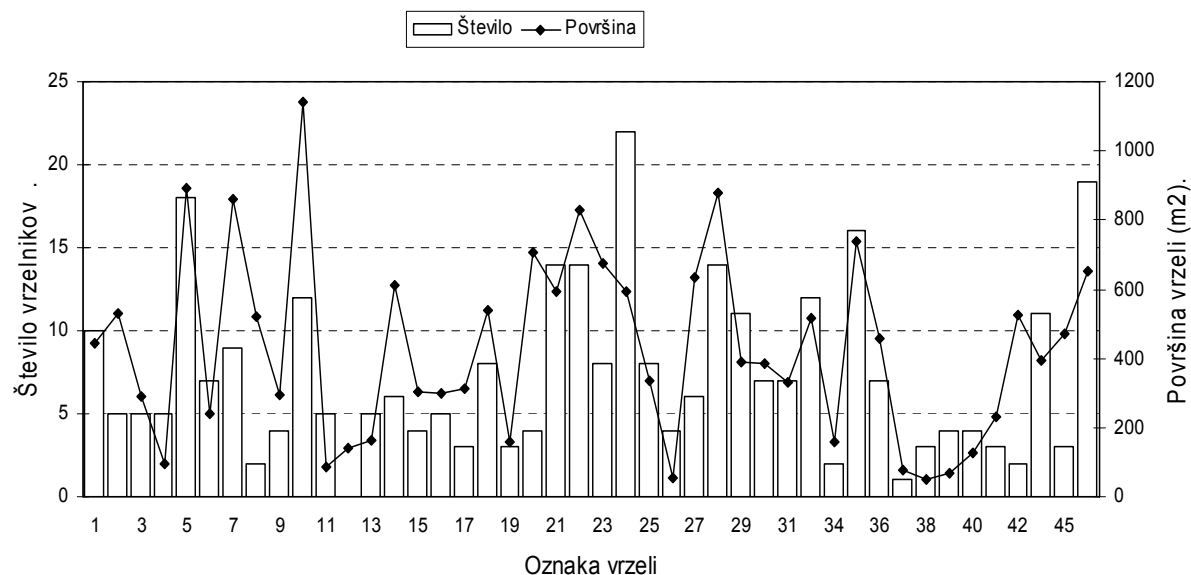
6.5.1 Število vrzelnikov

V vrzelih smo popisali 322 vrzelnikov, ki so bili razlomljeni v 453 kosov. Od 322 vrzelnikov je bilo 133 bukev (41 %) in 189 jelk (59 %). V vrzeli 12 vrzelnika nismo našli, v drugih vrzelih pa jih je bilo od 1 do 22 (slika 17). V večini vrzeli so bili vrzelniki obeh vrst, le 8 (18 %) vrzeli je bilo z vrzelniki izključno bukve ali jelke.



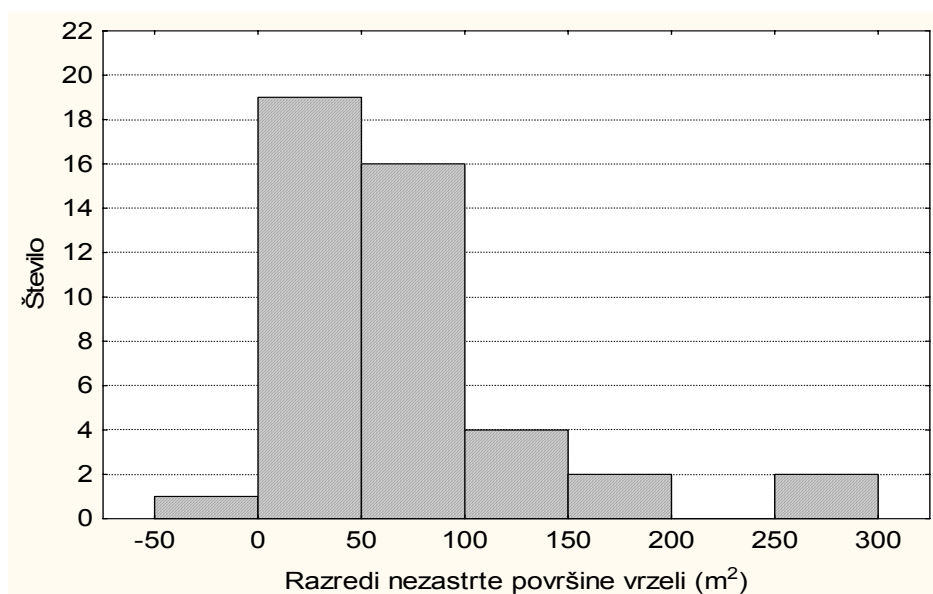
Slika 17: Število vrzelnikov jelke in bukve po vrzelih in drevesna sestava

V večjih vrzelih je bilo večje število vrzelnikov (slika 18), vendar je bila odvisnost med velikostjo vrzeli in številom vrzelnikov ohlapna ($r = 0,65$; $p < 0,0001$). Ohlapnost povezave je razumljiva, saj so velikosti vrzelnikov različne.



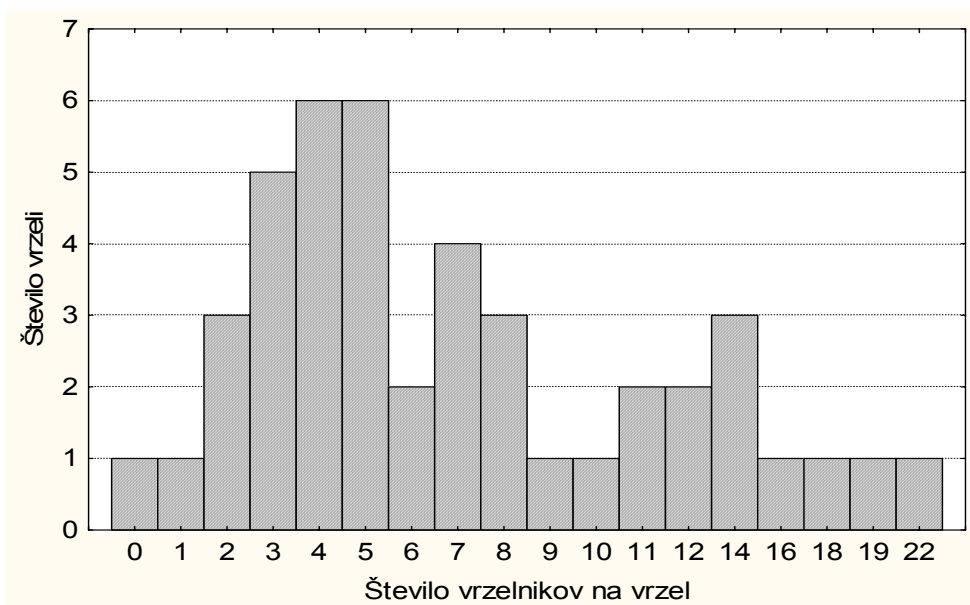
Slika 18: Število vrzelnikov po vrzelih (stolpci) in velikost vrzeli (krivulja, desna skala)

V kolikor površino posamezne vrzeli proporcionalno razdelimo med vrzelnike, torej predpostavimo, da so zavzemali enake površine v krošnjah, potem znaša najmanjša nezastarta površina vrzeli na vrzelnika $14,1 \text{ m}^2$ v vrzeli 26, največja pa 263 m^2 v vrzel 41. Povprečna velikost nezastarte površine na vrzelnika znaša $70,2 \text{ m}^2$, mediana pa $56,2 \text{ m}^2$. Največ vrzelnikov je v razredu velikosti zastiranja do 50 m^2 , sledi razred od 50 do 100 m^2 (slika 19).



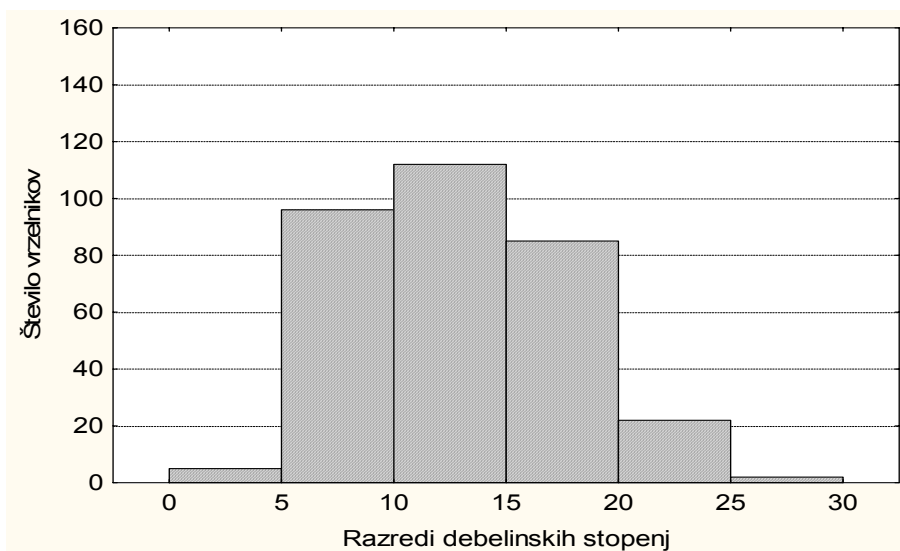
Slika 19: Število vrzelnikov po razredih nezastarte površine vrzelih. Zgornja meja razreda je enaka ali manjša od številke pod desnim robom stolpca. Prvi razred predstavlja razpon vrednost do vključno 0 (vrzel 12).

Največ vrzeli ima 3, 4 ali 5 vrzelnikov (skupaj 40 % vrzeli), druge vrzeli imajo manj ali več vrzelnikov (slika 20).



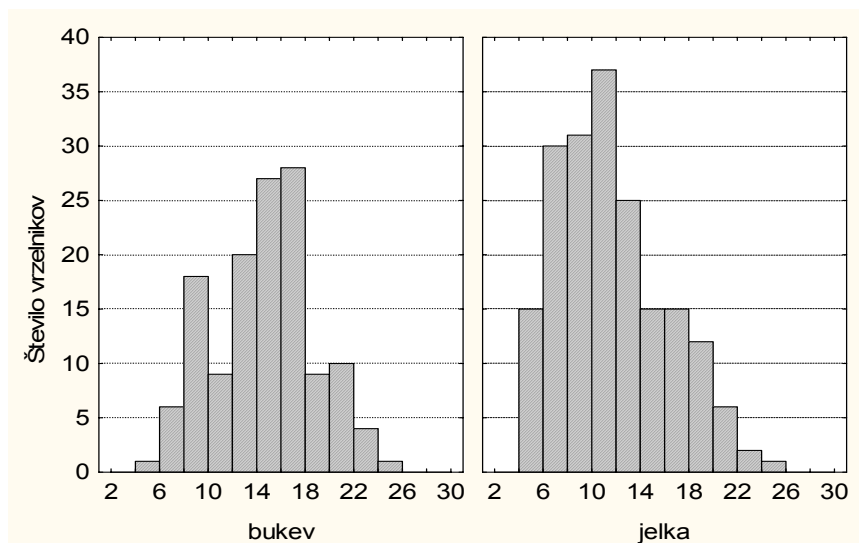
Slika 20: Frekvenčna porazdelitev vrzeli po številu vrzelnikov na vrzel

Največ vrzelnikov je v enajsti debelinski stopnji, mediana je v deseti debelinski stopnji, v razredu od enajste do vključno petnajste debelinske stopnje je 35 % vrzelnikov (slika 21).



Slika 21: Število vrzelnikov po debelinskih stopnjah.

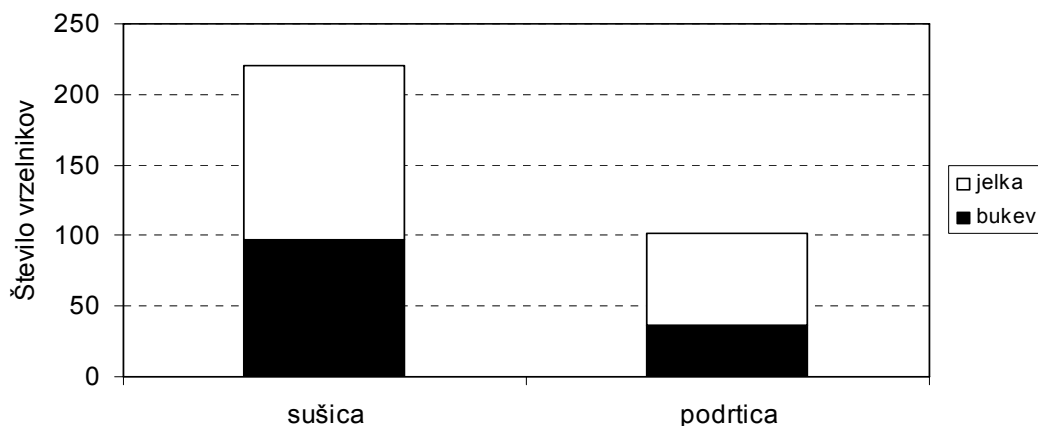
Iz slike 22 je razvidno, da je bukovih vrzelnikov manj, vendar obsegajo primerljiv razpon debelinskih stopenj. Bukovih vrzelnikov je sorazmerno manj v nižjih debelinskih stopnjah, več pa v višjih. To je verjetno posledica hitrejšega razkrajanja bukve v primerjavi z jelko, še posebej v manjših debelinskih stopnjah. Največ bukovih vrzelnikov je v 17. in 18. debelinski stopnji, največ jelovih pa v 11. in 12.



Slika 22: Število jelkinih in bukovih vrzelnikov po debelinskih stopnjah

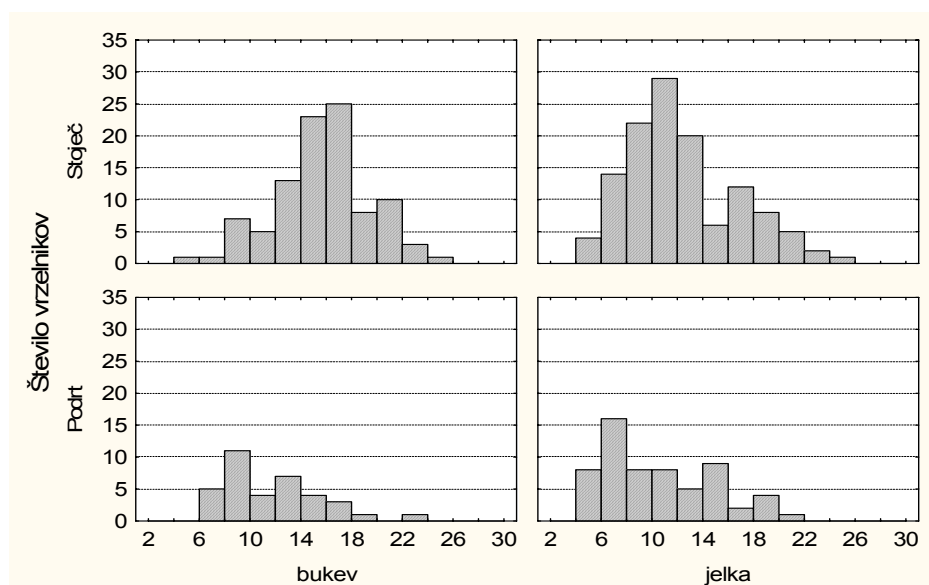
6.5.2 Položaj vrzelnika in vzroki nastanka

V stoječem položaju je bilo 69 % vrzelnikov, pretežno ležečih pa 31 % (slika 23). Pri bukvi je delež stoječih vrzelnikov s 67 % nekoliko nižji kot pri jelki s 73 %.



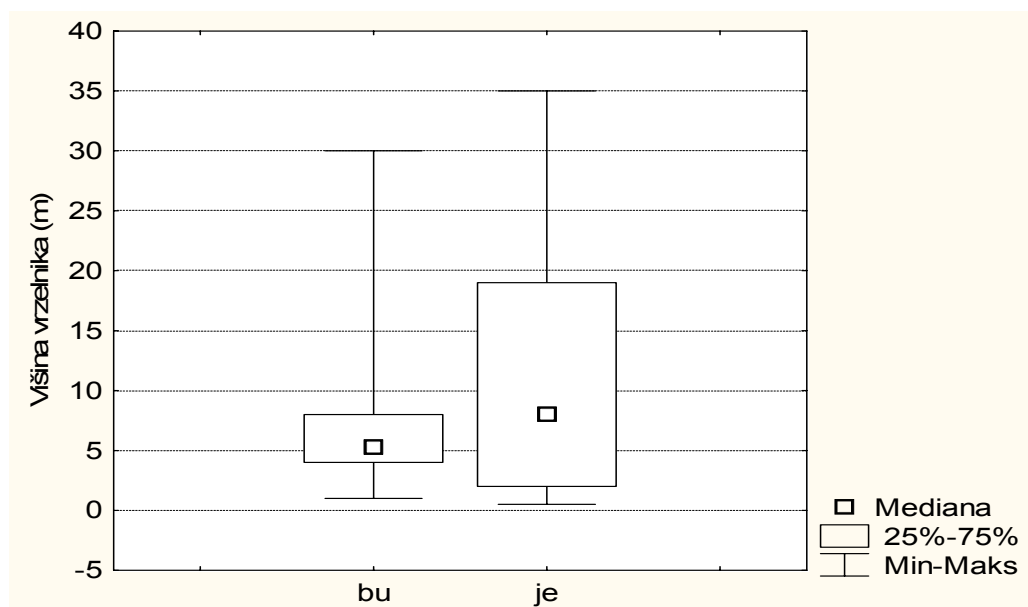
Slika 23: Število vrzelnikov glede na položaj (sušica, podrtica) v času snemanja

Pri obeh drevesnih vrstah je več vrzelnikov stoječih kot ležečih. Povsem podrti so vrzelniki manjših premerov pri obeh drevesnih vrstah (slika 24).



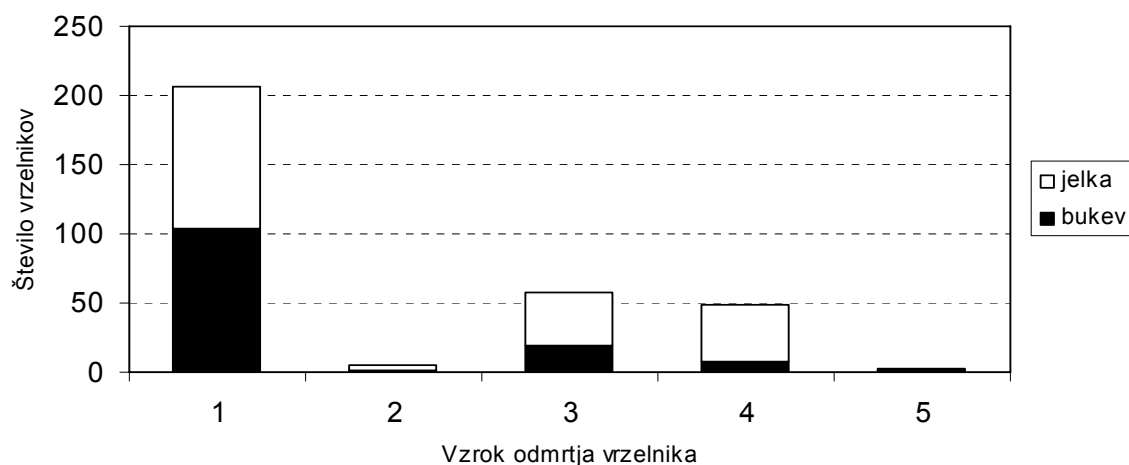
Slika 24: Število vrzelnikov po debelinskih stopnjah, drevesnih vrstah in položaju

Jelovi vrzelniki – sušice v poprečju dosegajo večje višine kot bukovi, zaradi manjše občutljivosti na glive (slika 25).



Slika 25: Višina vrzelnika po drevesnih vrstah

Vrzelnike smo uvrstili v skupine vzrokov na podlagi ocene prevladujočega vzroka. Največ vrzelnikov je bilo odlomljenih (64 %), sledi izkoreninjenje (18 %) in odmrtnje v stoječem položaju (15 %). Delno izkoreninjenost in delno odlomljenost / odmrlost smo zabeležili bolj poredko (slika 26). Pri jelki je sorazmerno več izkoreninjenosti (21 %) in sušic (22 %) kot pri bukvi (14 % in 6 %) ter manj odlomljenosti (55 % proti 78 % pri bukvi), kar kaže na večjo mehansko odpornost debla. Natančno razlikovanje med vzroki pa je težavno, saj drevesa preidejo različne faze v času razkroja. Jelka, na primer pogosto po odmrtnju (sušica) vztraja v stoječem položaju, z nadaljnjim razkrojem pa se pogosto razlomi na več delov.



Slika 26: Število vrzelnikov po vzrokih nastanka (odmrtnja): 1 – odlom, 2 - delno izkoreninjen, 3 – izkoreninjen, 4 - odmrl stoječ, 5 - delno odmrl/odlomljen.

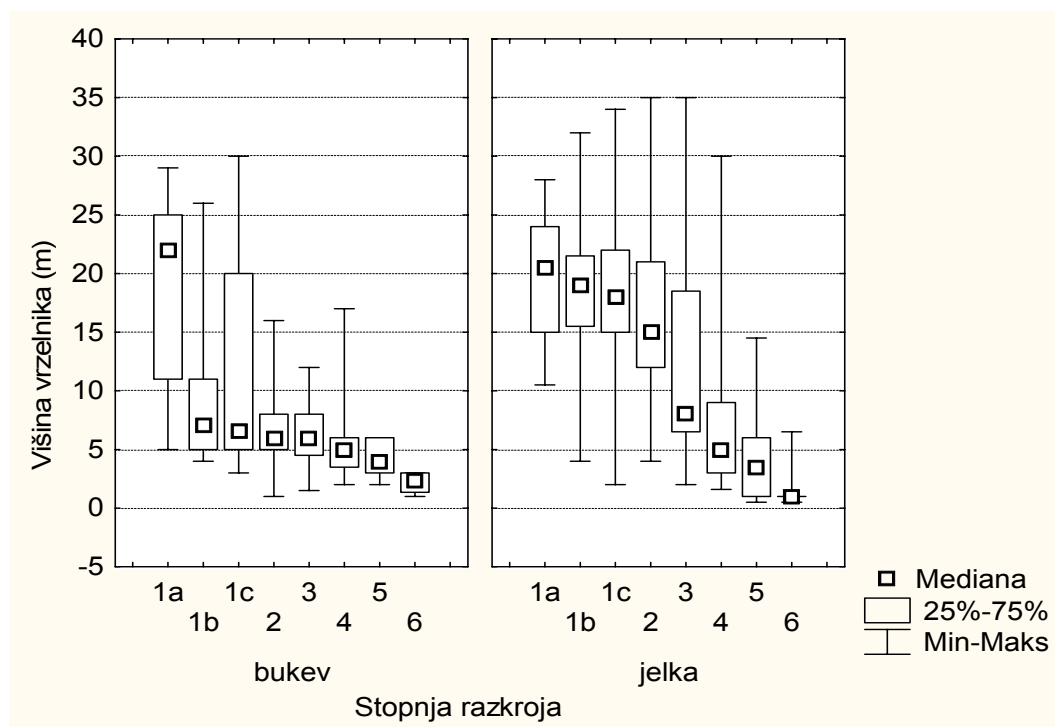
6.5.3 Stopnje razkroja vrzelnikov

Vrzelniki so zastopani v vseh osmih stopnjah razkroja. Pri obeh drevesnih vrstah je največ vrzelnikov v četrti stopnji razkroja (slika 27). Delež jelke med vrzelniki jelke v zadnjih dveh stopnjah razkroja (5-6) je večji kot delež bukve v zadnjih dveh stopnjah med vrzelniki bukve (35 % proti 17 %), kar je zaradi hitrejšega razkroja bukovega lesa tudi pričakovano.



Slika 27: Število vrzelnikov glede na drevesno vrsto in stopnjo razkroja

Vrzelniki jelke dlje časa vztrajajo kot sušice. Razlika je še posebej izrazita pri višjih stopnjah razkroja (slika 28).



Slika 28: Višina vrzelnika po drevesnih vrstah in stopnjah razkroja

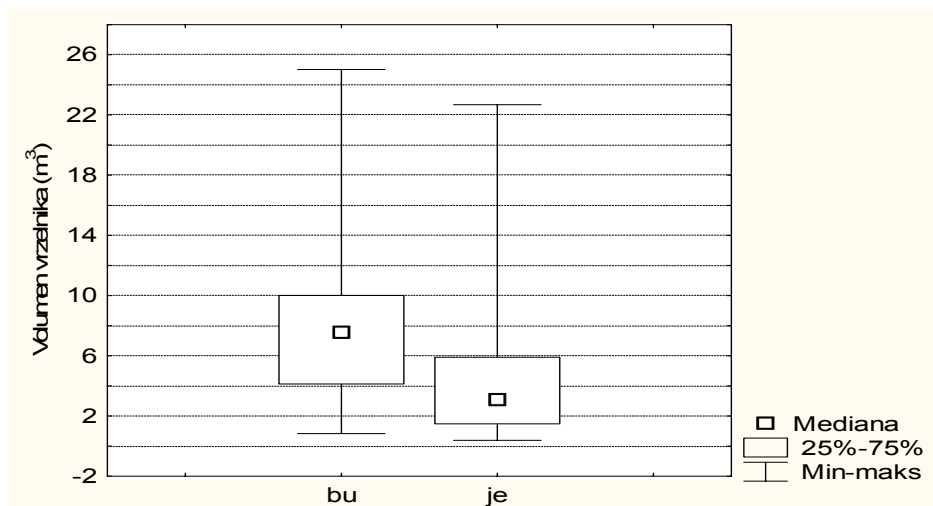
6.5.4 Volumen vrzelnikov

Skupaj je bilo v 44 vrzelih s površino 1,88 ha, 1842,56 m³ vrzelnikov, kar znaša 981,54 m³/ha – torej več od lesne zaloge živih dreves v rezervatu, ki je v letu 2007 znašala 746,31 m³/ha. Odmrlih dreves v rezervatu je poprečno 247 m³/ha. Poprečen volumen vrzelnika znaša 5,7 m³, mediana pa 4,3 m³, minimalni volumen 0,4 m³ in maksimalni 25,0 m³.

Bukovi vrzelniki (7,8 m³; mediana 7,6 m³) dosegajo v povprečju večje volumne kot jelovi (4,3 m³; mediana 3,1 m³) (slika 29).

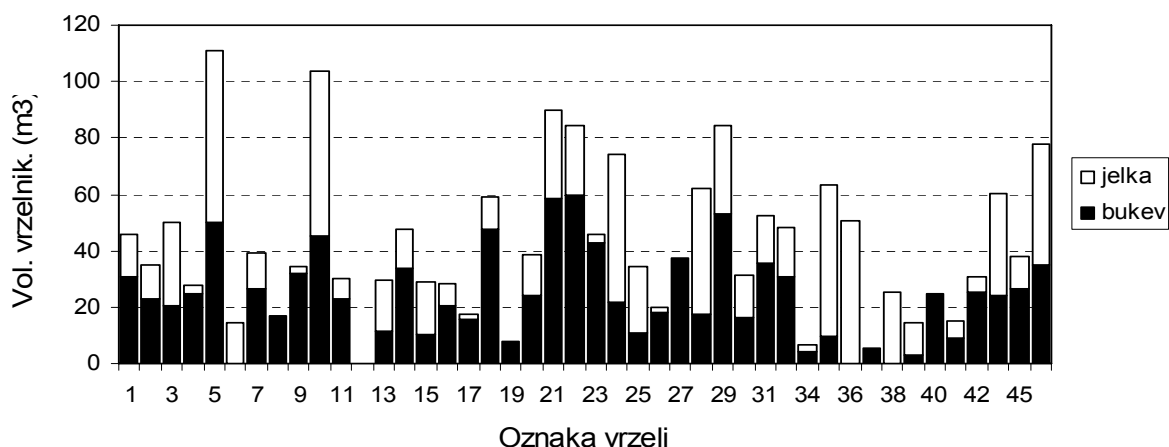
Jelovi vrzelniki dosegajo manjše volumne, razlog je lahko tudi v odmiranju jelovih dreves že v zgodnejših fazah. To je verjetno posledica zmanjšane vitalnosti jelke. Kljub temu da jih je številčno več kot bukovih je volumensko bukovih vrzelnikov veliko več. Bukev se

razkraja hitreje kot jelka, nerazkrojene ostajajo samo večje dimenzije. To je razvidno iz slike 29.



Slika 29: Volumen vrzelnika po drevesnih vrstah

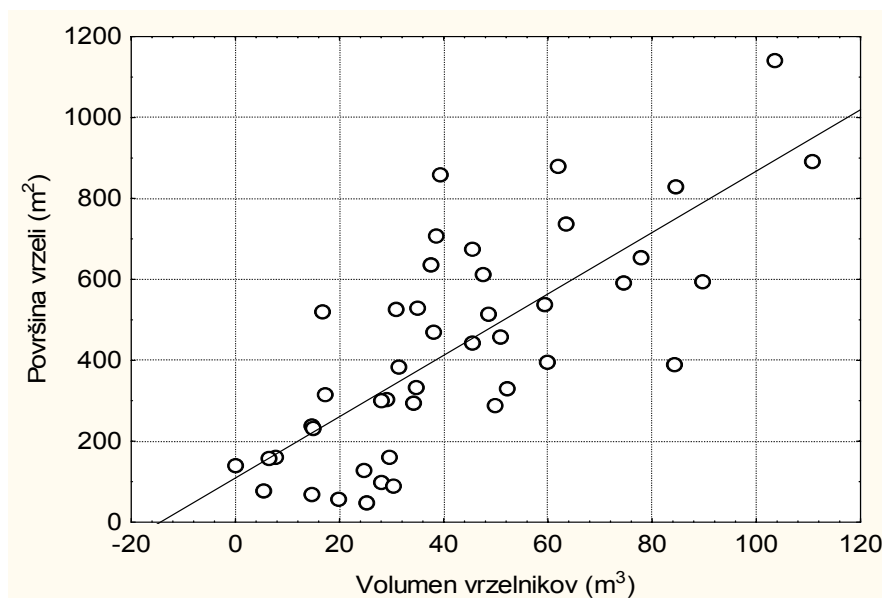
Volumen vrzelnikov po drevesnih vrstah in vrzeli je prikazan na sliki 30. Povprečna lesna zaloga vrzelnikov na vrzel znaša $41,9 \text{ m}^3$, največja vrednost pa $110,7 \text{ m}^3$ (vrzel 5).



Slika 30: Volumen jelovih in bukovih vrzelnikov po vrzeli (stolpci)

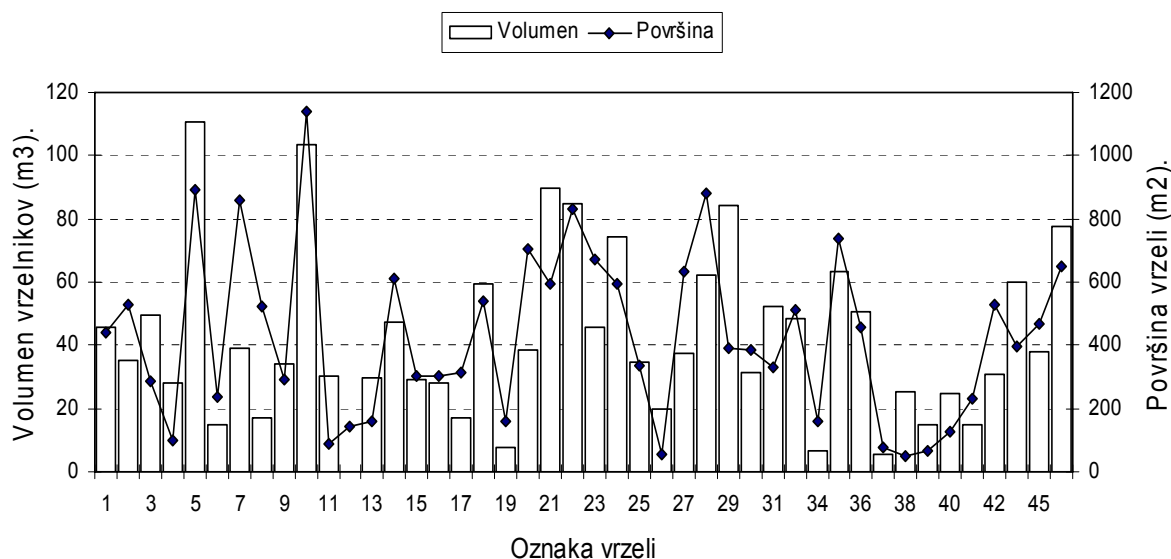
Skupni volumen vrzelnikov v vrzeli je v tesni odvisnosti z velikostjo vrzeli (slika 31). Kazalniki linearne regresije med skupno lesno zalogo (LZ) vrzelnikov na vrzel in

velikostjo vrzeli so naslednji: velikost vrzeli = $109,0487 + 7,5839 \cdot \text{skupni LZ}$ ($R^2 = 0,5606$; $r = 0,7487$; $p < 0,0001$). Skupni volumen vrzelnikov z velikostjo vrzeli narašča linearno.



Slika 31: Površina vrzeli v odvisnosti od volumna vrzelnikov

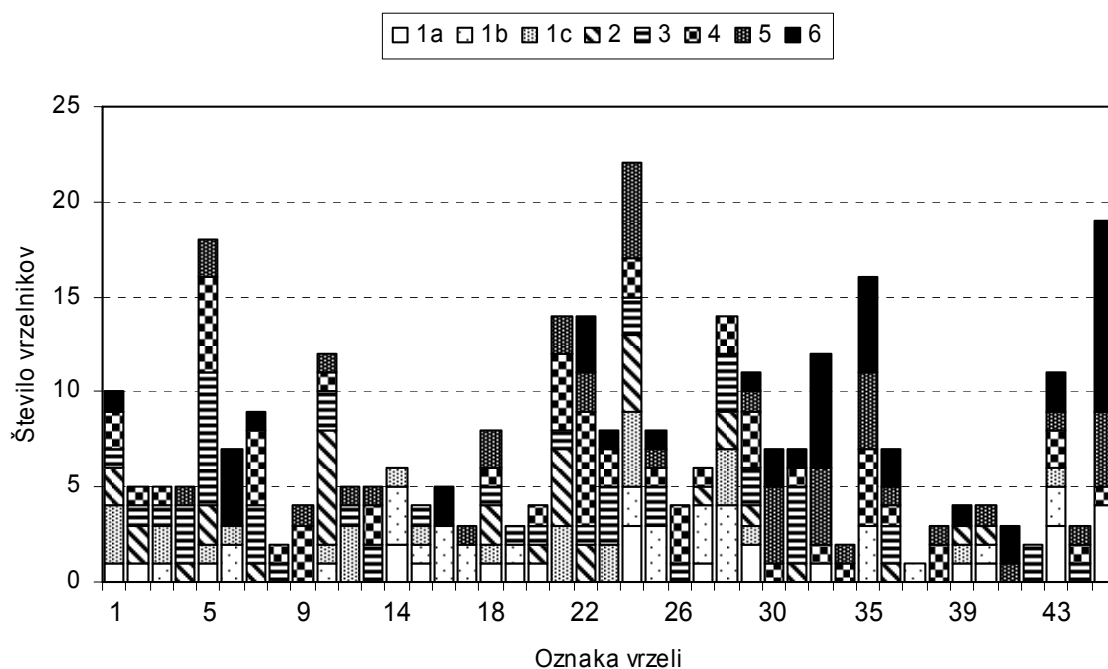
Ujemanje višine lesne zaloge vrzelnikov na vrzel z velikostjo vrzeli je razvidno iz slike 32. Ujemanje je tesnejše kot pri številu vrzelnikov na vrzel (slika 17). Podrobnejši pogled nam ravno tako prikaže povezavo med velikostjo vrzeli in volumenom vrzelnikov. V podrobnejšem pregledu po vrzelih lahko vidimo, da povezava ni linearna, saj lahko v večjih vrzelih najdemo manjše volumne kot bi pričakovali glede na to, da je vrzel velika. To nam lepo prikažejo vrzeli 5, 21 ali 29 ter v manjših vrzelih najdemo velike volumne vrzelnikov, kot je razvidno v vrzelih 7, 23 ali 42.



Slika 32: Površina vrzeli in volumen vrzelnikov po vrzelih

6.5.5 Porazdelitev stopenj razkroja po vrzelih in ocena starosti vrzeli

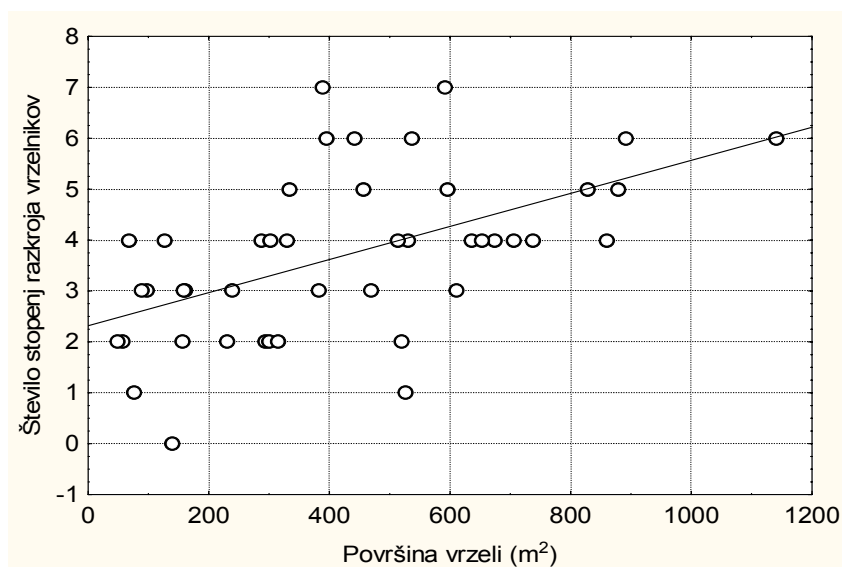
Iz slike 33 je razvidno, da je večina vrzeli nastala s postopno širitvijo vrzeli. Več kot dve tretjini vrzeli (32 ali 73 %) vsebuje vrzelnike, ki so v zadnjih dveh stopnjah razkroja, in so torej delno nastale že pred vsaj 30 leti. Le v slabi tretjini vrzeli (13 ali 30 %) nismo zabeležili prvih treh faz razkroja vrzelnikov, torej so vrzeli nekoliko starejšega nastanka – predvidoma so starejše od 10-15 let. Če predpostavimo, da so lahko vrzeli, ki imajo le vrzelnike štirih sosednjih faz razkroja, nastale v sorazmerno kratkem času, gre torej za bolj ali manj enovit dogodek, potem ugotovimo, da je takšnih vrzeli 19 (43 % števila). Večinoma so te vrzeli manjše, zato je večji del površine pragozda v vrzelih nastal kot posledica več dogodkov.



Slika 33: Število vrzelnikov po stopnjah razkroja v vrzelih

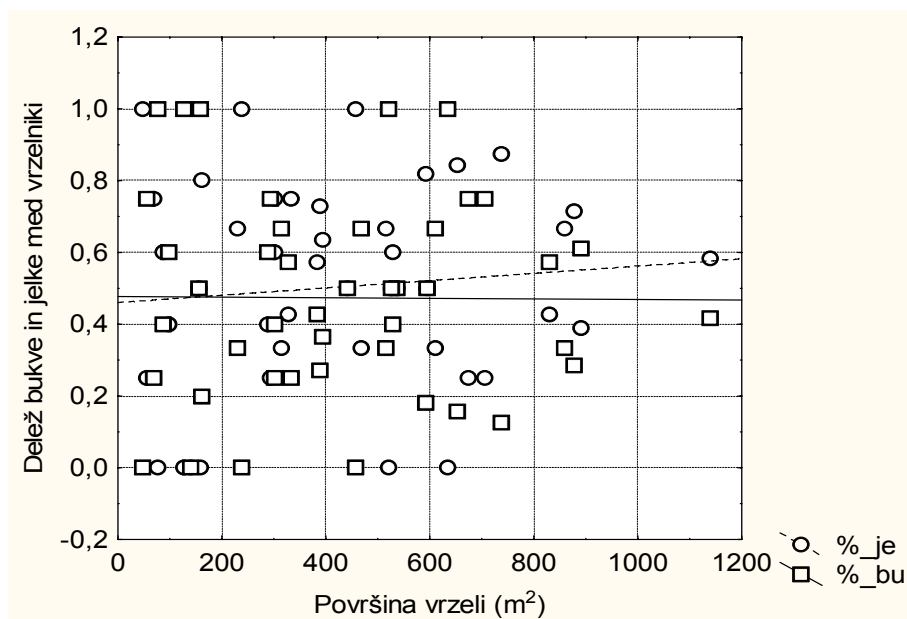
V nobeni vrzeli ni bilo zastopanih vseh osem stopenj razkroja vrzelnikov. Največje število stopenj razkroja je znašalo 7, ena vrzel je bila brez vrzelnika. Mediana števila različnih stopenj razkroja vrzelnikov je znašala 4.

Vrzeli v krošnjah z večjo nezastrito površino so imele več stopenj razkroja vrzelnikov (slika 34). Kazalniki linearne odvisnosti med številom različnih stopenj razkroja vrzelnikov in površino vrzeli znašajo: $R^2 = 0,286$; $r = 0,5351$; $p = 0,0002$.



Slika 34: Število različnih stopenj razkroja vrzelnikov v odvisnosti od velikosti vrzeli

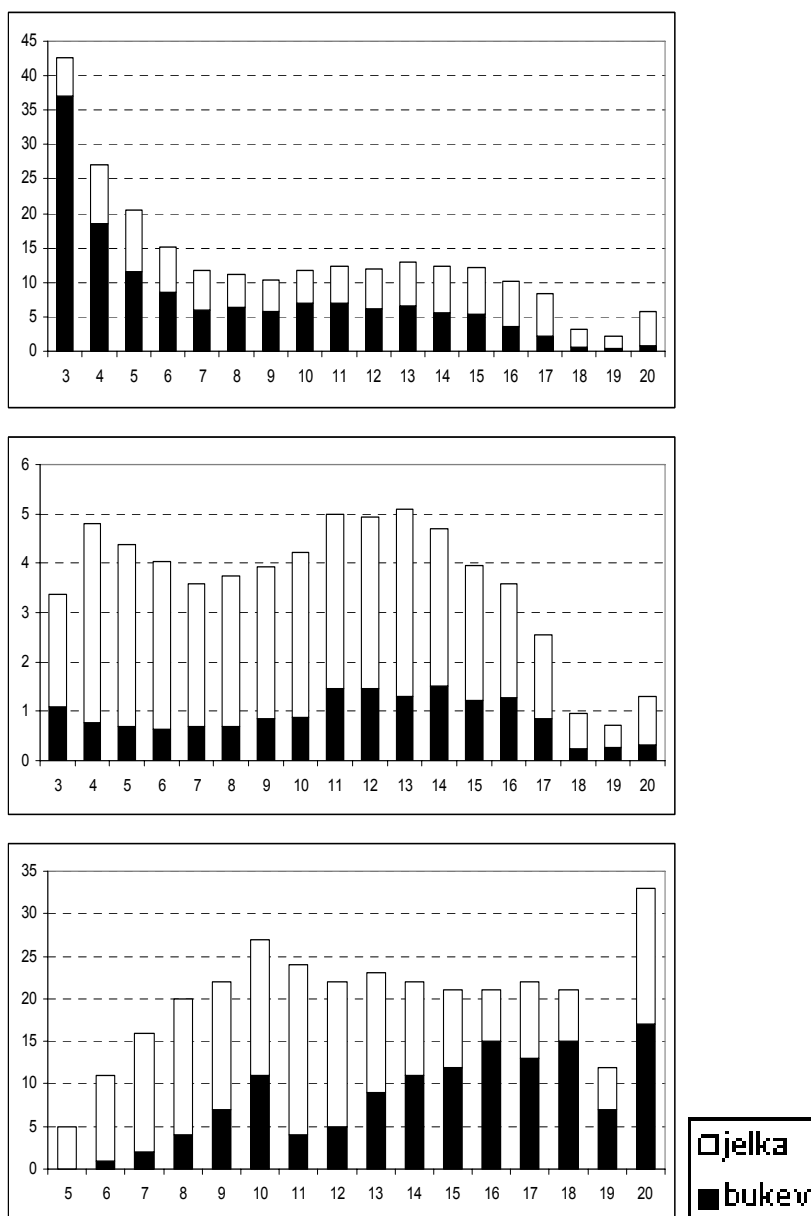
Bukev je bolj občutljiva na motnje v svoji okolici zaradi občutljivejše skorje in manjše odpornosti debla na obremenitve zaradi vetra (večja pogostost lomljenja debla zaradi v deblu prisotnih gliv). Preverili smo, če so velike vrzeli predvsem posledica verižnega odmiranja bukovih dreves. Vendar velikost vrzeli ni odvisna od deležev drevesnih vrst med vrzelniki glede na število (slika 35), za jelko znaša $r = 0,095$ in $p = 0,540$, za bukev pa $r = -0,008$ in $p = 0,960$. Rezultat za deleže drevesnih vrst glede na volumen je podoben. V velikih vrzelih je celo nekoliko večje število in višji lesna zaloga jelovih vrzelnikov, vendar rezultati niso statistično značilni. Zato lahko zaključimo, da z našimi meritvami nismo potrdili hipoteze o večjih vrzelih v predelih z več bukve.



Slika 35: Odvisnost površine vrzeli od deleža bukve in jelke med vrzelniki

6.6 Primerjava vrzelnikov s porazdelitvijo živih in odmrlih dreves v celotnem pragozdu Rajhenavskem Rogu

V frekvenčni porazdelitvi živih dreves številčno prevladuje bukev (slika 36, zgoraj). To velja vse do 15. debelinske stopnje, odkoder naprej je številčno bolj zastopana jelka. V frekvenčni porazdelitvi odmrlih dreves v vseh debelinskih stopnjah prevladuje jelka (slika 36, sredina). Pri vrzelnikih pa sta jelka in bukev precej bolj uravnoteženi (slika 36, spodaj), čeprav jelka vseeno nekoliko prevladuje.



Slika 36: Frekvenčna porazdelitev premerov dreves po debelinskih stopnjah v pragozdu Rajhenavski Rog: zgoraj – živa drevesa; sredina – odmrła drevesa (obe sliki s številom dreves na hektar sta povzeti po Hartman, 2007); spodaj – vrzelniki.

7 DISKUSIJA IN SKLEPI

Raziskavo v Rajhenavskem Rogu smo zaključili jeseni 2005. S paleto rezultatov nas je pragozd postavil v polje akcije, kjer lahko svoje pridobljene informacije uporabimo, tako rekoč unovčimo v prid sonaravnosti naših gozdov ter njihovem bujnem brstenju življenja. In mi smo tisti, ki temu lahko prisostvujemo le v enem delčku, kot bi posegli v časovni tekoči trak.

»V razmeroma kratkem času so se jelki veje odlomile. Veter je vsakokrat odlomil nekaj trhljih vej in jih razmetaval po okolici. Z odletelo vejo so se v okolico selili tudi njeni prebivalci. Vendar močni štrclji vej, prepojeni s smolo, kot kost trdi, so, čvrsto vsajeni v deblo, na drevesu še vztrajali. Prebivalci mrtve jelke so se gostili s tem, kar je stoletja nastajalo. Od zunaj pa so deblo jelke lizali in spirali dež in vetrovi ter po malem, kot drobtinice prehranjevali okolico ob deblu drevesa.« zapiše Mlinšek v svojem delu leta 1989 (str. 81) in tako postopno nastane naš osrednji objekt raziskave - vrzel.



Slika 37: Jelov vrzelnik in posledično nova vrzel, Rajhenavski Rog, (avtor: Klementina Razpotnik (Marinčič), 2004)



Slika 38: *Jelov vrzelnik, Rajhenavski Rog* (avtor: Klementina Razpotnik (Marinčič), 2004)

V Rajhenavskem Rogu smo na 14,6 ha velikem območju našeli 44 vrzeli v velikosti od 115,83 m² do 1590,32 m². Največji delež vrzeli pripada velikostnemu razredu od 600 do 800 m². Po ocenah, ki sta jih naredila Bončina in Diaci (1998) pa naj bi v Rajhenavskem Rogu prevladovale vrzeli do velikosti 5 arov. Razlika je lahko posledica intenzivnejšega obnovitvenega procesa v spodnjem delu rezervata. Na rezultate je lahko vplivala tudi drugačna raziskovalna metodologija. V naših preostalih pragozdovih ugotavljajo različni avtorji prav tako zanimive rezultate. V rezervatu Strmec najdeta Konečnik in Zaplotnik (2001) kar 86 % vrzeli do velikosti 100 m². V Pečki se v dveh ponovitvah, najprej Turk s sodelavci (1980), kasneje Roženberger (1999) izkaže, da prevladujejo vrzeli do velikosti 5 arov in nenazadnje še v Krokarju, kjer Zeibig s sodelavci leta 2005 ugotovi, da pripada

največji delež (90 %) vrzelim do 300 m² in od tega kar 60 % vrzelim do velikosti 100 m². Razlike med izsledki raziskav so precejšnje, kar nakazuje na zelo pestre razmere, ki se odvijajo v teh gozdovih.

V pragozdu vlada izredna dinamika razvojnih dogajanj, to so omenili že Turk in sodelavci (1985), ki pravijo, da v pragozdnih sestojih ne poznamo pasivnega stanja naravnega ravnotežja, ampak se stalno aktivno vzdržuje homeostatično ravnovesje znotraj gozdnega ekosistema. Njihova raziskava je temeljila na pragozdu Pečka. O tej spremenljivosti pričajo tudi naše vrzeli. Ugotovili smo namreč, da so nastale kot posledica večkratnih dogodkov, torej so se postopno širile. Kar 73 % vrzeli vsebuje vrzelniške v zadnjih dveh stopnjah razkroja, kar pomeni, da so delno nastale že 30 – 45 let nazaj in se dodatno širile kasneje, kar dokazujejo vrzelniški mlajših stopenj razkroja. O širitvi vrzeli so prepričani tudi Worral s sod. (2005), ki so ugotovili, da se v gozdovih zmernih con Severne Amerike vrzeli nenehno širijo in trdijo, da je to bolj pogost pojav kot pa nastanek nove vrzeli. V vrzelih naj bi bilo 80 – 90 % robnih dreves hkrati širiteljev vrzeli.

Tudi Nagel in Svoboda (2008) sta v raziskavi v Peručici ugotovila, da je 45 % vrzeli nastalo kot posledica večkratnega širjenja. Navajata tudi razloge, zakaj pride do dodatnega širjenja vrzeli, še posebej za bukev:

- Večja izpostavljenost in občutljivost robnih dreves na veter
- Krošnje robnih dreves so pogosto poškodovane, kar vodi do hitrejše okužbe z glivami
- Ob nenadni izpostavitvi soncu, bukova skorja zelo rada počí, kar je idealno za vdor bolezni



Slika 39: Bukov vrzelnik, širitelj vrzeli; Rajhenavski Rog (avtor: Klementina Razpotnik (Marinčič), 2004)

Podobno ugotovitev navaja tudi Runkle (1998) v svojem večletnem raziskovalnem delu v južnih Apalačih. Runkle pravi, da je stopnja umrljivosti veliko večja za robna drevesa v vrzeli kot za drevesa na splošno v sestoj. Kljub temu, da ni opaziti večjih poškodb drevja, pa za bukev ugotavlja kar največji delež umrljivosti na leto. V naši raziskavi povezave med velikostjo vrzeli in deležem bukve med vrzelniki nismo odkrili, zato smo hipotezo, da se vrzeli hitreje širijo tam, kjer prevladuje bukev, ovrgli (slika 35). Bukev prevladuje v kategoriji živih dreves, hkrati pa je bolj izpostavljena udoru gliv in manj odporna na obremenitve vetra kot jelka. Navkljub temu smo našli več jelovih vrzelnikov.

V Rajhenavskem Rogu narašča delež bukve, medtem ko delež jelke upada (slika 36). Takšno gibanje je očitno že nekaj časa. Propadanje jelke že v mlajših fazah je

zaskrbljujoče. Največji delež jih propade v 11. oziroma 12. debelinski stopnji (slika 22) medtem ko se to dogaja pri bukvi v kasnejših debelinskih stopnjah, največ v 17. ali 18. Od 322 naštetih vrzelnikov prevzema jelka 59 % delež. Problem propadanja jelke izpostavljajo tudi drugod po Sloveniji. Visoke deleže odmiranja jelke, tako v vetrolomnih vrzelih, kot v vrzelih na stalnih vzorčnih ploskvah, navaja tudi Klopčič (2005) za pragozdni ostanek Pečka. Že pred nastankom večjih vetrolomnih vrzeli so bile manjše vrzeli, ki so nastale z odmiranjem jelke. Jelka je podvržena sušenju in propadanju na širšem dinarskem območju jelovo-bukovih gozdov (Klopčič, 2005; Turk s sod., 1985; Roženberger, 1999). Ko se zgodi presvetlitev sestoja, je to enkratna možnost za bujno bukovo mladje, ki je že sicer prisotno v sestoji, da se izbori za svoj svetlobni jašek. V tem boju jelka izostane in postane čakalec v ozadju. Bončina in Diaci (1998) v svojem članku prav tako izrazita skrb zaradi nazadovanja jelke. Nakažeta tudi smernice možnega razvoja jelovo-bukovega gozda, ki so odvisne od deleža jelke. Smernice kažejo razvoj bukovega gozda.

Zaskrbljujoča je tekmovalna moč bukve, ki s pridom izkorišča vsako nastalo ali na novo razširjeno vrzel v sestoji. V pragozdu tako lahko opazimo različne starosti mladja, kar pripomore k pestrosti in heterogenosti. Vsaka naknadna razširitev vrzeli omogoči naknadno širitev jedra, torej v večini primerov bukovega mladja. Tu se nam nakazuje vzorec pomlajevanja, ki ga lahko prenesemo v naše gospodarske gozdove.

Nastanek vrzeli v Rajhenavskem Rogu sprožajo pretežno malopovršinske motnje endogenega izvora. Delež razširjene vrzeli glede na celotno območje zavzema 21,5 %. Pomlajevanje nikakor ne predstavlja velikih jeder oziroma velikopovršinskih odpiranj, ki bi jih celo lahko poimenovali motnje. Gozd sprejema in deluje v majhnih jedrih in se postopno na eni strani zapira na drugi odpira. Uporaba te ugotovitve v praksi bi bila dobrodošla. Zavedati pa se moramo, da ne smemo enolično prenesti vzorca v gospodarske gozdove, kjer vladajo popolnoma drugačne razmere.

Seveda se tu postavi novo vprašanje, in sicer kam v ta koncept uvrstiti jelko ter mogoče še kakšne svetloljubne vrste. Runkle (1982) je mnenja, da bi le te vrste uspevale v vrzelih velikosti vsaj 400 m². Pa vendar so ugotovitve pri nas, ki sta jih navedla Marinšek (2002) in Kozjek (2005) (cit. po Klopčič, 2005) pokazale na nesporno dejstvo, da je tekmovalnost

bukve še vedno prevelika, da bi v tako »majhni« vrzeli dopuščala rast drugih počasnejših vrst. Menijo, da bi to bilo možno v vrzelih, ki merijo nekaj 10 arov.

Zopet se vrnemo k vprašanju kako pomagati jelki, ji sploh pomagati, ali jo prepustimo naravnim ciklom? Morda lahko le spremljamo njeno skoraj neopazno posamično, ampak enakomerno pomlajevanje v Rogu. Znano je, da odmiranju jelke vsaj delno botrujejo abiotiski vplivi, torej onesnaženje zraka. Do teh problemov se opredeli tudi Močilnikarjeva (2006). Njena raziskava potrjuje, da je jelka danes v terminalnem stadiju, bukev pa v inicialnem. Ravno to je tisto, kar opazujemo v vrzelih, jelka med vrzelniki in bukev med mladjem.

Navaja tudi, da se je preteklim trditvam, da jelka umira zaradi onesnaženja zraka in kontinentalizacije klime, pridružila še trditev, da le ta propada zaradi genetskih vzrokov. Upadanje deleža se nakazuje že v letih 1957, 1976 in leta 1985, ko so izvajali polne premerbe. Že takrat so prišli do enakih rezultatov kot mi, in sicer da jelka umira v nižjih debelinskih stopnjah in pri čakalcih. Po letu 1986 zopet zabeležijo porast debelinskega in višinskega prirastka jelk. Ali lahko rečemo, da so to le fluktuacije, ki postopno lahko privedejo do nekega ravnotežja vrst? Prav tako ne moremo zanemariti vpliva divjadi, ki je deloval bolj v preteklosti, saj podatki kažejo, da se je številčnost divjadi zmanjšala.

Vsi ti procesi v pragozdu ali katerem koli drugem gozdu, ki jih opazujemo z veliko mero kritike, z nekim ciljem ocene, ki bi stanje določila kot dobro ali slabo, so le težnja človeka, ki želi v tej kratki dobi prisostvovanja čimbolj izpolniti svoj cilj, se mogoče pomeriti z močjo narave ali preprosto opazovati njegov naravni ritem, ritem na katerega lahko vplivamo tako malo.

Pa vendar vpogled v stanje, ki ga popisujemo lažje ocenimo s primerjavami rezultatov (preglednica 3).

Preglednica 3: primerjava rezultatov, Zeibig s sod (2005); Nagel, Svoboda, (2008); Drossler, Lupke, (2005)

	Rajhenavski Rog (Razpotnik)	Krokar (Zeibig s sod.)	Peručica (Nagel in Svoboda)	Havešova (Drossler in Lupke)	Kyjov (Drossler in Lupke)
Velikost območja	14,6 ha	12 ha	1434 ha	170 ha	53 ha
Število vrzeli	44	49	87	66	43
% celotnega območja	12,8 %	5,6 %	14 %	16 %	15 %
Vrzel/ha	3,01	4,1	/	0,4	0,8
Rang velikosti vrzeli	47,8 - 1140,7 m ²	6 – 833 m ²	5-773,8 m ²	0 – 4250 m ²	0 - 4500 m ²
Srednja velikost	715,55 m ²	137 m ²	/	/	/
Mediana	744,55 m ²	81 m ²	67,5 m ²	/	/
Metoda	25x25 m ² mreža	25x25 m ² mreža	transekt	transekt (5.753 m)	Transekt (3.051 m)

Zeibig s sod. (2005) je ugotovil, da nastanek vrzeli temelji na endogenih in eksogenih silah. 50 % manjših vrzeli nastane zaradi predhodne okužbe bukve z bukovo kresilko. Po okužbi drevesa z bukovo kresilko, odigra svojo vlogo še veter, ki takšno drevo zlahka zlomi in tako širi vrzel. Za jelko je možnost okužbe z *Armillaria* - bolezen korenin - zelo velika (Zeibig s sod., 2005). Podobnost rezultatov z našimi je očitna. Čeprav je razpon velikosti vrzeli v Rajhenavskem Rogu večji, prav tako srednja velikost vrzeli, so zaključki v splošnem zelo podobni:

- Na območjih se odvijajo malopovršinske motnje
- Vzroki nastanka so večinoma endogenega izvora
- Majhne vrzeli dopuščajo rast bukve, ki s svojo tekmovalno močjo izriva jelko, kar postopno vodi v dominiranje bukve
- Raziskavi potrjujeta malopovršinsko regeneracijo gozda

Vrzelniki so pomemben del verige za nemoten razvoj pragozda. V vseh vrzelih smo zabeležili stopnjo razkroja in ugotovili, da je kar 32 vrzeli vsebovalo zadnji dve stopnji razkroja, kar pomeni, da so starejšega nastanka in so se kasneje še širile. V Havešova rezervatu je 80 % vrzeli manjših od 130 m², kar sovпада z dejstvom, da je 2/3 vseh vrzeli posledica odmrtnja enega drevesa (Drossler in Lupke, 2005).

Avtor hkrati navaja, da celotna rekonstrukcija starosti vrzeli ni možna. Najstarejše stopnje razkroja dreves onemogočajo določitev starosti vrzelnika, saj so neprepoznave ali jih celo ni več (Drossler in Lupke, 2005). Prepoznavnost v Rajhenavskem Rogu je bila večinoma preprosta, vendar v najstarejših fazah ravno tako včasih zapletena. V starejših fazah razkroja (5 in 6) prevladuje jelka (32 %). Vrzelniki bukve se hitreje razkrajajo, medtem ko jelka dlje časa obdrži stoječi položaj in njena mehanska stabilnost debla je večja. Jelka je največkrat izkoreninjena.

Za Peručico sta Nagel in Svoboda (2008) navedla izkoreninjanje (30 %) in odlom (25 %) kot glavna procesa tvorbe vrzeli. Med vrzelniki prav tako prevladuje jelka (57 %), ki sta jo v primerjavi z bukvijo večinoma našla v stoječem položaju. Za bukev pa navajata, da so ta drevesa okužena z glivami ali drugimi boleznimi oslABLJENA in to vodi do izkoreninjanja ali odloma. Bukove vrzelnike v stoječem položaju zasledimo redkokdaj.

V gozdovih, kjer je nastanek vrzeli odvisen od endogenih sil najdemo večinoma majhne vrzeli, ki se tvorijo neprekinjeno skozi čas (Lertzman s sod., 1991; Runkle, 1990). V Rajhenavskem Rogu ne najdemo vrzeli, ki bi nastale kot posledica večjih ujm, bi bile izredno velike (preko 2000 m²) in bi imele na pragozdno dinamiko velik pomen. Razvoj pragozda usmerjajo manjše motnje. Zadnje raziskave v srednji Evropi so pokazale nekaj podobnosti (Drossler s sod., 2005; Nagel s sod., 2006; Spelchtna s sod., 2005; Zeibig s sod., 2005):

- Večina vrzeli je majhnih, do velikosti 100 m²
- Motnje kot so ujme tvorijo velike vrzeli (>1000 m²)

- Dovzetnost robnih dreves za bolezni, veter, sončne ožige,... ima pomemben vpliv na širjenje vrzeli

Skupaj te raziskave tvorijo pomembno ugotovitev, da malopovršinske motnje igrajo pomembno vlogo v razvojni dinamiki pragozda, primerno težo pa moramo dati tudi večjim motnjam (cit. po Nagel s sod., 2008).

Gozdni ekosistemi so se tekom razvoja prilagodili določenemu načinu regeneracije, ki je sredstvo zagotavljanja stabilnosti strukture ekosistema in ohranjanja visoke organiziranosti.

Poznavanje vzorcev regeneracije naravnih gozdov je pomembno za poznavanje naravnega razvoja gozdov ter za gospodarjenje z njimi. Trajnostno gospodarjenje z gozdnimi ekosistemi je mogoče le na osnovi približevanja vzorcem naravne regeneracije (Diaci, 2006).

Pri prenosu rezultatov iz naravnih gozdov je potrebna previdnost. Dosleden prenos značilne geometrije in dinamike sestojnih vrzeli iz naravnih gozdov v gospodarske je neutemeljen iz več razlogov. Vrzeli iste površine imajo namreč v naravnem gozdu bolj atlantski značaj, kot v gospodarskem. Vzroki so naslednji:

- v naravnem gozdu dosegajo drevesa večje dimenzije
- ohranja se naravna gostota dreves

Odmrla drevesa pa ostajajo v vrzelih, kjer posredno in neposredno vplivajo na sestojno klimo in razvoj mladja (Diaci, 2006).

Z vidika gospodarskih gozdov je poznavanje naravnih razvojnih procesov pomembno za optimiziranje ekonomskih koristi: zaradi naravne selekcije znotraj sestojev je kakovost lesa boljša, obenem pa stroški, povezani z doseganjem kakovosti, manjši. Poleg tega upoštevanje naravne dinamike razvoja gozda zmanjša posledice motenj (napada škodljivcev, neurja) (Bončina in Diaci, 1998).

Obenem gozd z naravno dinamiko tudi najbolje opravlja nekatere, zlasti ekološke funkcije (varovalni gorski gozd).

8 ZAKLJUČEK

Vrzeli so sestavni del pragozda. Omogočajo obnovo, pestrost in heterogenost gozda. Raziskava je pokazala, da so vrzeli večinoma posledica endogenih sil. Vpliv eksogenih ni popolnoma izključen, vendar manj verjeten. Pregled stanja kaže na sušenje jelke, ki kot stoječi vrzelnik vztraja mnogo let in odlom bukve, ki je predhodno okužena z bukovo kresilko. Eksogene sile le tu in tam pripomorejo endogenim silam. Zapiranje vrzeli se začne že z lateralno rastjo in nadaljuje z rastjo mladja v vrzeli.

Zopet smo izpostavili problem sušeče se jelke in tekmovalne bukve. Vrzeli so namreč prerasle z mladim bukovjem v različnih rastnih obdobjih. Razgibanost vrzeli govori o večkratnem širjenju vrzeli. Kazalnik geometrije vrzeli znaša 1,69, kar pomeni precejšnjo odstopanje vrzeli od kroga. Vsako nadaljnje širjenje vrzeli pomeni le dodatno možnost za širjenje bukovih jeder in nihanje v smer vladavine bukve. Kot očiten zaviralec jelke se delno kaže bukev, delno razmere z divjadjo v preteklosti, delno onesnaženje zraka in delno genetski vpliv. Kakšen bo razvoj v prihodnosti, ne moremo predvideti, saj so fluktuacije narave tako samosvoje, da jih lahko le opazujemo.

Pomlajevanje je prisotno tudi v drugih delih pragozda, vendar bolj posamično in počasno. Vpliv vrzeli na preostali sestoj je vsekakor tudi presvetlitev sestoja in vdor svetlobe tudi v okolico vrzeli. To povzroči nenadno spremembo razmer svetlobe, temperature, vodnega režima in gozdnih tal. Pa vendar z nastankom odprtine, gozd pridobi celo lestvico substratov, ki jih odmrla drevesa nudijo ob razkroju.

Prihodnost pragozda je torej v njegovih spremembah poti, v nihajih med stanji, danes v prid bukve, jutri v prid jelke. Vsekakor se bo dinamika vršila naprej. Naloga vrzeli je odpiranje in zapiranje, njihov cilj pa obnova teh veličastnih gozdov.

9 POVZETEK

Namen naloge je bil preučiti razvojno dinamiko vrzeli, obnovitvene cikle in narediti terestrično analizo vrzeli po metodologiji Runkla (1981). Vedno bolj se posvečamo opazovanju obnovitvenih procesov v pragozdovih ter prenosu le teh v prakso. Pozitivni učinki se kažejo v večji kakovosti lesa, večji odpornosti drevja na bolezni in posledično tudi večji ekonomski koristi. Z raziskavo smo želeli raziskati dinamiko vrzeli in njihov vpliv na pragozd.

V raziskavi smo uporabili severnoameriški pristop preučevanja razvojne dinamike ter sestojnih vrzeli. Ta metodologija preučuje motnje, ki so ključne za nastanek vrzeli ter pomladitveno ekologijo v njih. Po Runklu (1981) smo prevzeli členitev vrzeli na vrzel v krošnjah (ang. *canopy gap*) in razširjeno vrzel (ang. *expanded gap*). Pomanjkljivost metode leži v tem, da različni avtorji uporabljajo različne definicije vrzeli, vendar hkrati omogoča razumevanje gozda kot procesa. V območju smo najprej osnovali 25-metrsko mrežo. Delo pa je bilo sestavljeno iz dveh delov, in sicer popis velikosti vrzeli (vrzeli v krošnjah in razširjena vrzel) ter iz popisa vrzelnikov (ang. *gap maker*). Vrzelnik je drevo, ki je odmrlo in tvorilo vrzel. Minimalna velikost vrzeli je bila 25 m². Na osnovi določanja stopnje razkroja vrzelnika smo lahko določili tudi okvirno starost vrzeli.

Pragozd Rajhenavski Rog je velik 51,14 ha in leži v osrčju obsežnih gozdnih površin Kočevskega Roga na višini 850 – 920 m. V celoti pripada združbi dinarskega jelovo-bukovega gozda. Območje, ki smo ga zajeli v raziskavo meri 14,6 ha in se nahaja v južnem delu rezervata. Rezultat terenskega dela je analiza 44 sestojnih vrzeli. Naravna obnova pragozdnih sestojev poteka v sestojnih vrzelih. Te pa nastanejo zaradi podrtja delov drevesa (vej, delov debla), odmrta celega drevesa ali pa več dreves. Sestojne vrzeli zavzemajo 12,82 % delež celotnega območja. Ugotovili smo, da največji delež pokrivajo vrzeli v velikostnem razredu od 400 do 600 m² ter da majhne vrzeli niso pomembno vključene v obnovitvenih dogajanjih. Vrzeli so večinoma nepravilnih oblik, kar potrjuje hipotezo o večkratnem širjenju vrzeli. Največ vrzeli ima 3, 4 ali 5 vrzelnikov. Med vrzelniki prevladuje jelka.

Pomlajevanje poteka malopovršinsko - v gnezdih in skupinah. S postopnim širjenjem in razraščanjem pomladitvenih jeder nastajajo malopovršinsko heterogeni ali celo sestoji stopničaste zgradbe. Manjše vrzeli v sestoji so navadno posledica endogenih motenj. Vpliva eksogenih motenj v Rajhenavskem Rogu nismo zasledili. Opazili smo veliko tekmovalno moč bukve ter skoraj neopazno pomlajevanje jelke. Bukev spretno izkorišča ves rasti prostor, ki nastane ob nenadnem odpiranju v strehi sestoja.

Vrzeli so v neprestanem gibanju, širjenju ali zapiranju. Pragozd se nenehno prilagaja spremembam in znotraj njih deluje.

10 VIRI

Accetto M. 2001. Opis pomembnejših gozdnih združb v Sloveniji. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 64 str.

Bartemucci P., Coates K. D., Harper K. A., Wright E. F. 2002. Gap disturbances in northern old-growth forests of British Columbia, Canada. *Journal of vegetation science*, 13: 685-696.

Battles J. J., Fahey T. J., Harney E. M. B. 1995. Spatial patterning in canopy gap regime of a subalpine *Abies-Picea* forest in the northeastern United States. *Journal of Vegetation Science*, 6: 807-814

Bončina A., Diaci J. 1998. Contemporary research on regeneration patterns of central european virgin forests with recommendations for future research. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 56: 33-53.

Bončina A. 1997. Naravne strukture gozda in njihove funkcije v sonaravnem gospodarjenju z gozdom: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 210 str.

Bončina A. 1999. Stand dynamics of the virgin forest Rajhenavski Rog (Slovenia) during the past century. V: *Virgin forests and forest reserves in Central and East European countries*. Diaci J. (ur.). Ljubljana, Department of Forestry and Renewable Forest Resources-Biotechnical Faculty: 95-110.

Derbiš M. 1957. Pragozd v Kočevskem Rogu: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 46 str.

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.

Drossler L., Von Lupke B. 2005. Canopy gaps in two virgin beech forest reerves in Slovakia. *Journal of forest science*, 51, 10: 446-457.

Fajardo A., de Graaf R. 2004. Tree dynamics in canopy gap in old-growth forests of *Nothofagus Pumilio* in Southern Chile. *Plant ecology*, 173: 95-105

Fujita T., Itaja A., Miura M., Manabe T., Yamamoto S. 2003. Canopy structure in a temperate old-growth evergreen forest analyzed by using aerial photographs. *Plant ecology*, 168: 23-29.

Hartman T. 1987. Gozdni rezervati Slovenije: pragozd Rajhenavski Rog. (Strokovna in znanstvena dela 89). Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani: 80 str.

Hartman T. 2007. Razvojna dogajanja v pragozdu Rajhenavski Rog. Gozdnogojitveni problemi v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije [in] Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 31 str.

Hufnagl L. 1893. Wirtschaftsplan der Betriebsklasse III. Hornwald

Klopčič M. 2005. Značilnosti vrzeli in razvoj mladja po vetrolomu leta 1983 v pragozdnem ostanku Pečka: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 83 str.

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.

Kordiš F. 1985. Gozdni rezervati Slovenije: pragozd Bukov vrh. (Strokovna in znanstvena dela 87). Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani: 71 str.

Kotar M., Brus R. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica: 320 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.

Leibundgut H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur und Zuwachsanalyse von Urwäldern. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 110, 3: 111-124.

Lertzman K. P., Krebs C. J. 1991. Gap-phase structure of a subalpine old-growth forest. Canadian journal of forest research, 21: 1730-1741.

Mlinšek D. 1980. Gozdni rezervati v Sloveniji. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti: 414 str.

Mlinšek D. 1985. Gozdni rezervati Slovenije. Naraven gozd v Sloveniji. (Strokovna in znanstvena dela 84). Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete: 48 str.

Mlinšek D. 1989, Pra-gozd v naši krajini. Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete za gozdarstvo :157 str.

Močilnikar H. 2006. Obnovitveni cikli pragozdnega ostanka Rajhenavski Rog: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 84 str.

Nagel T. A., Diaci J. 2006. Intermediate wind disturbance in an old – growth beech – fir forest in southeastern Slovenia. Canadian journal of forest research, 36: 629-638.

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. Ljubljana, Department of forestry and renewable forest resources. Biotechnical faculty. University of Ljubljana. Slovenia (neobjavljeno).

Ott R. A., Juday G. P. 2002. Canopy gap characteristic and their implications for management in the temperate rainforests of southeast Alaska. *Forest ecology and management*, 159: 271-291.

Puncer I., Zupančič M. 1968. Pragozd Rajhenavski Rog na Kočevskem. *Proteus*, 30, 8: 201-206.

Puncer I., Wojterski T., Zupančič M. 1974. Der Urwald Kočevski Rog in Slowenien. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 20, 1: 41-87.

Puncer I. 1980. Dinarski jelovo - bukovi gozdovi na Kočevskem. Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti.

Roženberger D. 1999. Razvojne značilnosti sestojev v pragozdovih Pečka in Rajhenavski Rog: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 77 str.

Roženberger D. 2000. Razvojne značilnosti sestojev v pragozdnih ostankih Pečka in Rajhenavski Rog. *Gozdarski vestnik*, 58, 3: 53-55.

Runkle J. R. 1981. Gap regeneration in some old-growth forests of the Eastern United States. *Ecology*, 62, 4:1041-1057.

Runkle J. R. 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of Eastern North America. *Ecology*, 63, 5: 1533-1546.

Runkle J. R. 1998. Changes in Southern Appalachian Canopy Tree Gaps Sampled Thrice. *Ecology*, 79, 5: 1768-1780.

Splechtna B. E., Gratzner G. 2005. Natural disturbances in Central European forests: approaches and preliminary results from Rothwald Austria. *Forest snow and landscape research*, 79, 1/2: 57-67.

Turk V., Kastelic A., Hartman T., Ambrožič P., Zupančič M. 1985. Gozdni rezervati Slovenije: pragozd Pečka. (Strokovna in znanstvena dela, 81). Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 75 str.

Ziebig 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 Landscape Research*, 79, 1/2: 69-80.

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.

ZAHVALA

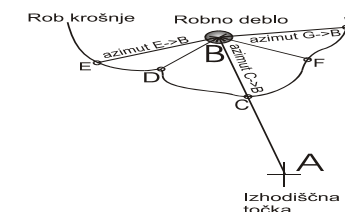
Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Juriju Diaciju za usmerjanje, koristne pripombe in hiter pregled naloge.

Za recenzijo diplomske naloge se zahvaljujem prof. dr. Andreju Bončini.

Heleni Močilnikar, Urošu Kolarju in Primožu Urbasu se zahvaljujem za pomoč na terenu, hkrati pa gre zahvala tudi Milanu Kobalu za vso računalniško obdelavo rezultatov.

[illegible]

Pragozd Rajhenavski Rog	
Meritve vrzeli (robna drevesa)	
Datum:	
Snemal:	od skupaj List: /

[illegible]

Priloga C: Stopnje razkroja

Faze razkroja	Skorja	Veje in poganjki	Trdota lesa	Površina	Oblika	Ocenjena starost
1 a	Nedotaknjena	Prisotni, prisotno tudi listje ali iglice	Trd, nož se ne zapiči v les	Pokrita s skorjo, površina nedotaknjena	Krožna, brez sprememb	1 leto
1 b	Večinoma nedotaknjena, lahko delno razpokana	Prisotni, prisotne so še tanke vejice, lahko brsti, listje ne več	Trd, nož se zapiči 1-2 mm v les	Pokrita s skorjo, površina še nedotaknjena	Krožna	2 – 3 leta (mogoče možno tudi 2 – 5 let)
1 c	Skorja razpokana, manjkajo manjši del, manjka največ 50%	Prisotne veje do 3 cm in debelejše, vejice in brsti ne več	Trd, nož se zapiči 1-2 mm v les	Nedotaknjena, gladka, skorja že odpada	Krožna	3 – 10 let (možno do 15 let – po originalu)
2	Manjka več kot 50% ali je ni	Prisotne veje nad 3 cm	Trd, nož se zapiči do 1 cm v les	Nedotaknjena, gladka	Krožna	10 – 15 let
3	Manjka	Manjkajo	Začenja postajati mehak, nož 1 – 5 cm globoko	Gladka ali razpokana, površina nedotaknjena	Krožna	15 – 20 let
4	Manjka	Manjkajo	Mehak, nož več kot 5 cm globoko	Velike razpoke, manjkajo manjši deli, površina nedotaknjena	Krožna ali ovalna	20 – 30 let
5	Manjka	Manjkajo	Mehak, nož več kot 5 cm globoko	Manjkajo večji deli, površina spremenjena	Plosko ovalna	30 – 45 let
6	Manjka	Manjkajo	Mehak, prisotni samo ostanki lesa	Površina težko določljiva	Plosko ovalna, pokrita z zemljo	Več kot 45 let