

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

Lovro BORNŠEK

**SESTOJNE VRZELI PRAGOZDA RAJHENAVSKI
ROG**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2009

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

Lovro BORNŠEK

SESTOJNE VRZELI PRAGOZDA RAJHENAVSKI ROG

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**CANOPY GAPS IN THE RAJHENAVSKI ROG OLD-GROWTH
FOREST**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Delo je zaključek visokošolskega strokovnega 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 imenovala dr. Thomasa Andrewa Nagla, za somentorja prof. dr. Jurija Diacija in za recenzenta prof. dr. Andreja Bončino.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga 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.

Lovro Bornšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	DN
DK	GDK 228.81(497.4 Rajhenavski Rog) (043.2)=163.6
KG	sestojne vrzeli/Rajhenavski Rog/severnoameriški pristop/sestojna dinamika/pragozdovi
AV	BORNŠEK, Lovro
SA	NAGEL, Thomas Andrew (mentor)/DIACI, Jurij (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2009
IN	SESTOJNE VRZELI PRAGOZDA RAJHENAVSKI ROG
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VI, 39 str., 18 sl., 30vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen naloge je bil v pragozdu Rajhenavski Rog proučiti razvojno dinamiko vrzeli, obnovitvene cikle ter narediti terestično analizo vrzeli. Uporabljen je bil severnoameriški pristop. Rajhenavski Rog meri 51,14 ha, za analizo smo izbrali severni del pragozda (10,16 ha). Raziskavo smo opravili leta 2006 in zabeležili 87 vrzeli in 377 vrzelnikov. Prevladujejo majhne vrzeli. Pogled v zgodovino vrzeli kaže na večkratno širjenje vrzeli in njihov nepretrgan razvoj. Z analizo smo ugotovili, da ima največ vrzeli od 2 do 5 vrzelnikov. Stanje pragozda nakazuje razvoj v smeri bukovega gozda, saj delež jelke med vrzelniki narašča. Pomlajevanje poteka malopovršinsko v jedrih, kjer rastni prostor obvladuje bukev. Razvojna dinamika vrzeli povzroča nastanek malopovršinsko heterogenih sestojev. Severnoameriški pristop raziskovanja je primeren za raziskovanje razvojne dinamike. Potrebno pa je metodo izvajati natančno in jo ustrezno prilagoditi na terenu. Ugotovitve je tako mogoče upoštevati in prenesti znanje v gospodarske gozdove.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dd
DC	GDK 228.81(497.4 Rajhenavski Rog) (043.2)=163.6
CX	canopy gap/Rajhenavski Rog/North-American approach/tree dynamics/old-growth
AU	BORNŠEK Lovro
AA	NAGEL, Thomas Andrew (supervisor)/DIACI, Jurij (co-supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and Renewable Forest Resources
PY	2009
TI	Canopy gaps in the Rajhenavski Rog old-growth forest
DT	Graduation thesis (Higher professional studies)
NO	VI, 39 p., 18 fig., 30 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	<p>The purpose of the paper was to study the stand dynamic 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 north part of Rog (10,16 ha). The research was done in 2006, whereby 87 gaps and 377 gapmakers were found. The majority of the gaps are small-sized. The history of the gaps shows their repeated widening and continuous development. The analysis showed that most of the gaps have 2 to 5 gapmakers, and that the virgin forest is in its beech spreading stage, as the percentage of fir 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. Necessary is to work precisely and adjust work on the field. Knowledge of research is in need for transfer into management forests.</p>

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	PREGLED LITERATURE	3
3	NAMEN NALOGE, CILJI IN HIPOTEZE	6
4	PREDSTAVITEV OBJEKTA RAZISKAVE	7
4.1	LEGA IN RELIEF	7
4.2	PODNEBJE	7
4.3	GEOLOŠKA PODLAGA IN TLA	8
4.4	VEGETACIJA.....	8
5	METODE DELA.....	10
5.1	IZLOČANJE VRZELI	11
5.2	MERJENJE PARAMETROV VRZELI.....	12
5.2.1	Merjenje vrzeli v krošnji	12
5.2.2	Merjenje razširjene vrzeli	13
5.3	LOCIRANJE VRZELI	13
5.4	DIGITALIZACIJA.....	16
6	REZULTATI.....	17
6.1	SPLOŠNI PODATKI O VRZELIH	17
6.2	FREKVENČNA PORAZDELITEV VRZELI	19
6.3	ANALIZE VRZELNIKOV	22
6.3.1	Število vrzelnikov.....	22
6.3.2	Stopnje razkroja vrzelnikov.....	26
6.4	ANALIZA POLNILCEV VRZELI.....	28
6.4.1	Število polnilcev vrzeli.....	28
7	DISKUSIJA IN SKLEPI	29
8	ZAKLJUČEK	34
9	POVZETEK	35
10	VIRI.....	36

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Sestojna vrzel v Rajhenavskem Rogu (foto: Lovro Bornšek, 2006)</i>	2
<i>Slika 2: Prikaz razdalje pri ugotavljanju najmanjše dovoljene velikosti vrzeli (foto: Lovro Bornšek, 2006)</i>	11
<i>Slika 3: Prikaz razdalj in azimutov ($R_1, R_2...$), merjenih od roba vrzeli ($A, B...$) do središča (S) pri merjenju vrzeli v krošnjah</i>	12
<i>Slika 4: Prikaz velikosti vrzeli v krošnji (A) in velikosti razširjene vrzeli (B) ter lociranja vrzeli od točke do središča</i>	13
<i>Slika 5: Padli vrzelniki, ki ležijo drug prek drugega (foto: Lovro Bornšek, 2006)</i>	15
<i>Slika 6: Karta izločenih sestojnih vrzeli v Rajhenavskem Rogu</i>	18
<i>Slika 7: Frekvenčna porazdelitev števila razširjenih vrzeli po velikostnih razredih</i>	19
<i>Slika 8: Frekvenčna porazdelitev števila vrzeli v krošnjah po velikostnih razredih</i>	20
<i>Slika 9: Delež površine v vrzelih po velikostnih razredih vrzeli v m^2</i>	21
<i>Slika 10: Število vrzelnikov jelke in bukve glede na posamezno vrzel</i>	22
<i>Slika 11: Frekvenčna porazdelitev vrzeli po številu vrzelnikov na vrzel</i>	23
<i>Slika 12: Stoječi jelov vrzelnik, ki sega visoko v vrzel. Okoli njega so vidna bukova drevesa polnilnega sloja vrzeli, ki bodo vrzel počasi zaprla (foto: Lovro Bornšek, 2006)</i>	24
<i>Slika 13: Primerjava števila vrzelnikov (stolpci) z velikostjo vrzeli (krivulja)</i>	25
<i>Slika 14: Število vrzelnikov po debelinskih stopnjah</i>	26
<i>Slika 15: Število vrzelnikov glede na drevesno vrsto in stopnjo razkroja</i>	27
<i>Slika 16: Razpadajoči jelov vrzelnik šeste stopnje razkroja (foto: Lovro Bornšek, 2006)</i> ..	27
<i>Slika 17: Število bukovih in jelovih polnilcev vrzeli</i>	28
<i>Slika 18: Veliko število padlih vrzelnikov različnih stopenj razkroja (foto: Lovro Bornšek, 2006)</i>	29

1 UVOD

»Pragozd kot izvorna sestavina narave je samodejna tvorba nevtralnih vrednot in brez pozitivnih in negativnih gospodarskih predznakov. Pragozd je »večen«. 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« (Mlinšek, 1989: 23).

»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 spodrsrljajih industrijske proizvodnje lesa in divjadi« (Mlinšek, 1989).

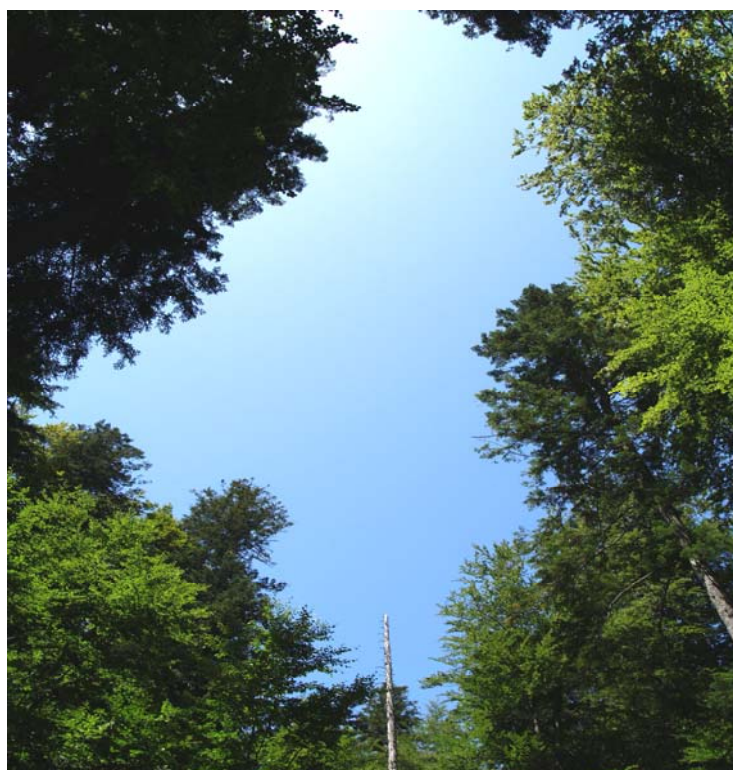
V 13. stoletju je bila Kočevska še popolnoma prekrita z gozdovi. Od tu naprej so se krčenja nadaljevala, najprej le kot posledica primanjkovanja obdelovalne zemlje, potem zaradi manjših, lastnih potreb po lesu in končno sledijo močna krčenja v 19. stoletju oziroma po prvi svetovni vojni, ko pokrajino 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.

Tako je znano, da je imel človek že od nekdaj vpliv na te gozdove v Rajhenavskem Rogu. Sedaj, ko je ta gozdni rezervat prepuščen naravnemu razvoju že več kot stoletje, je lepo vidno, kako narava deluje sama in išče pot nazaj k naravnemu ravnovesju. Za pragozd je znano, da se v njem odvijajo malopovršinske motnje. Ker sodobno gozdarstvo teži k sonaravnemu, mnogonamenskemu in trajnostnemu gospodarjenju z gozdovi, je

proučevanje procesov gozdnih motenj zelo pomembno pri uvajanju metod in ukrepov v gospodarske gozdove.

Tako motnje, ki so lahko endogene ali eksogene narave, v gozdu oblikujejo sestojne vrzeli. Vrzeli so posledica odmrtnja enega ali več dreves, ki sprostijo streho sestoja in tako omogočijo svetlobi, da prodre do gozdnih tal, kjer se oblikuje nova generacija drevesne sestave. Vrzeli so ključnega pomena za obnovo gozda, saj so vir nove generacije dreves in vir mrtvega drevja, ki se postopoma razkrajaja.

V Rajhenavskem Rogu je bila do sedaj opravljena že vrsta raziskav. Raziskava, ki je bila cilj moje diplomske naloge, je temeljila na sestojnih vrzelih. Uporabljen je bil severnoameriški pristop raziskovanja sestojnih vrzeli, ki temelji na razvojni dinamiki gozda kot procesu, ki se nagiba k nenehnemu iskanju dinamičnega ravnovesja.



Slika 1: Sestojna vrzel v Rajhenavskem Rogu (foto: Lovro Bornšek, 2006)

2 PREGLED LITERATURE

Rajhenavski Rog je jelovo-bukov gozd. V prvih razvojnih fazah prevladuje bukev, ki je podvržena ostri selekciji, zato se kmalu izloči vse nevitalno 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).

Gozdne združbe se stalno spreminjajo, ko posamezna drevesa odmrejo in jih nadomestijo nova. Kako smrt starih in rojstvo novih dreves vplivata v času in prostoru, ima mnogo vplivov na strukturo gozdne združbe in položaj oz. kompozicijo posamezne drevesne vrste (Runkle, 1981).

S proučevanjem dinamike sestojnih vrzeli so se ukvarjali številni tuji raziskovalci. Pomembnost gozdnih motenj v obliki vrzeli za proces drevesne regeneracije je bila deležna velike pozornosti nekaterih ekologov (Runkle, 1981; Nakashizuka, 1991).

Runkle (1981) je proučeval dinamiko sestojnih vrzeli v vzhodnem delu Združenih držav in poskušal ugotoviti predvsem to, kako majhne vrzeli (vrzeli, ki nastanejo ob odmrtnju posameznega drevesa ali le nekaj posameznih dreves) vplivajo na razvoj in regeneracijo gozda. Parametri, s katerimi je ugotavljal posledice motenj v gozdu, so bili čas in starost nastanka posamezne vrzeli ter rojstvo in smrt dreves, ki so tvorila vrzel. Pomemben kazalec pa je bila tudi sposobnost regeneracije drevesnih vrst v vrzeli glede na njeno velikost in starost. Ugotovil je, da se majhne vrzeli pojavljajo po celotnem območju, medtem ko najdemo večje vrzeli predvsem tam, kjer je gozd izpostavljen vplivu vetra in požarom. Vrzeli zaprejo nova drevesa, ki v vrzeli zrastejo in ne okoliška drevesa s svojimi vejami, ki tvorijo okolico vrzeli. Celo pri manjših motnjah v gozdu v manjših vrzelih obstaja možnost regeneracije drevesnih vrst. Prav tako je ugotovil, da imajo različne drevesne vrste različno sposobnost regeneracije. Sencovzdržne drevesne vrste so se pojavljale, še preden je vrzel nastala in dominirale v manjših, mladih vrzelih. Prav tako so se te drevesne vrste pojavljale v večjih in starejših vrzelih, vendar je bila tu njihova

pomembnost manjša zaradi uspešnosti oportunistov (drevesnih vrst, ki niso sposobne preživeti pod zastorom in v manjših vrzelih, vendar sposobne preživeti v večjih vrzeli). Motnje v gozdu pomenijo večjo možnost obnavljanja gozda s sencovzdržnimi drevesnimi vrstami, vendar dopuščajo možnost obstoja tudi oportunistom v manjšem številu.

Zeibig (2005) je na podlagi meritev v pragozdnem rezervatu Krokar prišel do podobnih ugotovitev. Večina vrzeli, ki so se pojavljale, so bile majhne, pojavljale pa so se tudi večje vrzeli, vendar manj pogosto. Glede na pogosto pojavljanje majhnih vrzeli, je sklepal, da imajo majhne vrzeli velik regeneracijski pomen v teh gorskih bukovih gozdovih. Ugotovil je, da je več kot 50 % majhnih vrzeli nastalo kot posledica odloma drevesa in predhodne okužbe z bukovo kresilko (*Fomes fometarius*). Ne glede na manj pogosto pojavljanje večjih vrzeli pa ne smemo zanemariti njihovega pomena pojavljanja v procesu gozdnih motenj. Sklepal je, da so večje vrzeli posledica delovanja močnega vetra. Vendar bi bilo napačno sklepati, da vse večje vrzeli nastanejo zaradi vpliva vetra, saj lahko propad dveh ali več dreves povzroči tudi izpostavljenost soncu ali okuženost z glivami.

Bukev dobro izrablja priložnost za rast in je učinkovita v manjših sestojnih vrzelih, saj je zelo tolerantna glede na senčne razmere, rastnih odzivov in upoštevanja arhitekture vrzeli. Te značilnosti ji omogočajo, da jo lahko obravnavamo kot specialista za majhne vrzeli (Canham, 1988).

Coates in Burton (1997) sta v raziskavi o dinamiki sestojnih vrzeli ugotovila, da se svetlobne in mikroklimatske razmere, ki vplivajo na razvoj vegetacije, spreminjajo glede na velikost posamezne vrzeli. Prav tako velikost in položaj osebkov znotraj vrzeli vpliva na mikroklimatske in biološke procese v vrzeli. Motnje v gozdu so ključne za razvoj strukture in delovanje gozdnih ekosistemov. Razporeditev vrzeli, njihova velikost, razpršenost in dinamika so lahko ključni pripomočki pri gojenju gozdov.

Lertzman (1996) je v obalnem zmernem deževnem gozdu v Kanadi prišel do ugotovitve, da je večina vrzeli nastala kot rezultat odmrtja več kot enega drevesa. Število stopenj razkroja odmrlih dreves v vrzelih narašča s številom mrtvih dreves, nakar kaže, da v velikih vrzelih vrzelniki odmirajo postopoma v različnih časovnih obdobjih.

Konečnik in Zaplotnik (2001) sta v diplomskem delu napravila primerjavo severnoevropske in severnoameriške metode raziskovanja horizontalne zgradbe gozda ter ugotovila povezanost obeh metod in zmožnost primerjave razvojnih faz in vrzeli.

Runkle (1981) je vrzeli razdelil na vrzeli v krošnjah (*canopy gap*) in razširjene vrzeli (*expanded gap*), saj je ugotovil velik pomen in vpliv razširjenih vrzeli pri pomlajevanju glede na direkten in indirektni vpliv svetlobe.

Nekaj zadnjih raziskav sestojnih vrzeli v Evropi (Drösser in von Lupke, 2005; Nagel in sod., 2006; Splechtna and Gratzer, 2005; Zeibig in sod., 2005) je pokazalo kar nekaj skupnih značilnosti vrzeli. Večina vrzeli, ki so se pojavljale, so bile manjše od 100 m². Motnje v obliki vetroloma občasno oblikujejo vrzeli večje od 1000 m². Drevesa, ki odmrejo kasneje v okolici vrzeli, igrajo pomembno vlogo pri razširjenih vrzelih.

3 NAMEN NALOGE, CILJI IN HIPOTEZE

Namen diplomske naloge je v severnem delu Rajhenavskega Roga izpeljati terestrično analizo sestojnih vrzeli in ugotoviti njihov vpliv na razvojna in obnovitvena dogajanja v pragozdu.

Cilji naloge:

- ugotoviti porazdelitev in značilnosti vrzeli v severnem delu pragozda Rajhenavski Rog,
- predstavitev severnoameriškega pristopa raziskovanja sestojnih vrzeli,
- primerjava s podobnimi raziskavami v Sloveniji, Evropi in Severni Ameriki,
- ugotoviti primernost metode za delo v naših sestojnih in rastiščnih razmerah.

Delovne hipoteze:

- vrzeli nastajajo pretežno zaradi »notranjih« dejavnikov (staranje, bolezni),
- prevladuje postopno širjenje vrzeli, ki vpliva na obnovitvena dogajanja,
- na nastanek vrzeli vpliva pospešeno odmiranje jelke,
- v predelih z več bukve se vrzeli širijo hitreje.

4 PREDSTAVITEV OBJEKTA RAZISKAVE

Ime pragozda Rajhenavski Rog izhaja iz kočevarske vasi in doline Rajhenav. Danes je pragozd uvrščen v oddelek 31 s površino 51,14 ha v gozdnogospodarski enoti Rog gozdnogospodarskega območja Kočevje.

Pragozd je dostopen z več strani. Tako lahko vanj vstopimo ob gozdni cesti Rog–Rajhenav od opozorilne table z osnovnimi bistvenimi podatki o pragozdu. Do severne meje vodi markirana steza z žage Rog ter steza od gozdne ceste iz novomeške strani ob meji oddelka 30 (Hartman, 1987).

4.1 LEGA IN RELIEF

Pragozd 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 svoji majhnosti precej raznoliko podnebje. Na eni strani so prisotni nizki temperaturni minimumi (maja -6,9 °C, junija -0,6 °C, avgusta 2,1 °C, septembra -2,9 °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 znaša 8,3°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

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

Klimazonalni talni tip pragozdnega rezervata so rjava pokarbonatna gozdna tla na apnencu različnih globlin. 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

Raziskovalni objekt pragozd Rajhenavski Rog pripada združbi dinarskega jelovo–bukovega gozda. Na tem območju so izločene naslednje subasociacije, ki so 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 se opazi po nižjih drevesnih višinah. V Rajhenavskem Rogu se pojavlja na neizrazitem grebenu in pobočju ob jugozahodni meji rezervata.

- *Omphalodo-Fagetum festucetosum altissimae* najdemo na kompaktnem apnencu, kjer pokrivajo skale tudi več kot polovico talne površine na strmejših pobočjih, kopastih vrhovih in grebenih. Značilen je kaskadast relief, pri katerem razpoke in žepe zapolnjujejo izprana in pogosto opodzoljena rjava tla. Skale so pokrite s tanko plastjo pol surovega 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 pa prevladuje jelka. Kot odseki te subasociacije so izločeni bolj strmi in skaloviti deli pragozda ob mejah, kjer je težja dostopnost onemogočila sečnje.
- *Omphalodo-Fagetum galietosum odorati* pokriva različne ekspozicije na blago nagnjenem reliefu brez večje skalovitosti, platojih in zaravnica 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 ravnica, blagih pobočjih in na skalovitih 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 značilni videz bujna zelišča, mahovi in praproti. V rezervatu se pojavlja fragmentarno in mikroreliefno, kot odsek pa je izločena samo v jugozahodnem delu.
- *Omphalodo-Fagetum neckeretosum* se pojavlja na strmejših skalnih pobočjih, grebenih in vrhovih. Velike skalne bloke in police značilno prekriva mahovna plast. Subasociacija je značilno reliefno in edafsko pogojena in se v Rajhenavskem Rogu pojavlja le fragmentarno (Puncer in sod., 1974).

5 METODE DELA

V Rajhenavskem pragozdu smo uporabili severnoameriško raziskovalno metodo snemanja vzorčnih vrzeli, povzeto in prilagojeno po Runklu (1981). Metoda proučuje motnje v pragozdovih na podlagi evidentiranih vzorcev in se osredotoča na proces razvojne dinamike, ki nam pomaga pri razumevanju in proučevanju gozda v času in prostoru.

Metoda nam pomaga pri proučevanju in razumevanju gozda, pri procesu gozdnih motenj v obliki sestojnih vrzeli. Metodo snemanja vzorčnih vrzeli so različni avtorji uporabljali različno. Tako poznamo razlike že pri sami definiciji vrzeli, kar se odraža kot problem pri primerjanju rezultatov različnih raziskav. Ker pa so predmet raziskav različne gozdne združbe, bi bilo metodo smotrno prilagajati vsakemu tovrstnemu raziskovalnemu objektu posebej, vendar bi morala glavnina metode ostajati ista.

Delo na terenu je potekalo v severnem delu Rajhenavskega pragozda. Za orientacijo smo uporabljali terensko karto, ki je vsebovala tudi mrežo vzorčnih točk. Točke so bile na terenu že postavljene, označene z zaporedno številko in črko, v razponu 25 m, glede na sever, jug, vzhod in zahod. Mreža točk je temeljnega pomena in mora biti osnovana tako na karti kot tudi v gozdu, saj nam služi kot orientacijski pripomoček, ter pri lociranju vrzeli. Da pa smo lahko vrzel locirali in ji izmerili vse ustrezne parametre, je bilo potrebno vrzel najprej poiskati v naravi. Pri vsem tem moramo imeti tudi ustrezne pripomočke, ki nam to omogočajo.

Delovni pripomočki na terenu:

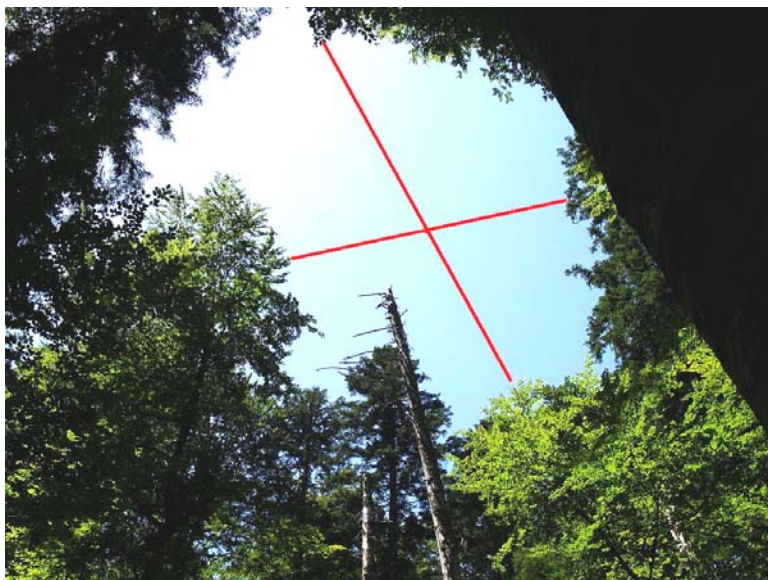
- meter,
- busola,
- trasirna palica,
- obrazci za zapis meritev,
- karta.

Pri opravljanju terenskega dela sva sodelovala dva merilca. Pred začetkom meritev smo na karti izločili tri vzorčne pasove v severnem delu rezervata, v katerih smo kasneje tudi evidentirali vse vrzeli.

5.1 IZLOČANJE VRZELI

Da sploh lahko pričnemo z merjenjem parametrov vrzeli, moramo vrzel najprej poiskati v naravi. Na terenu smo za izločanje vrzeli uporabljali naslednje kriterije:

- vrzel mora biti velika vsaj 25 m²,
- vsaka vrzel mora imeti vsaj en vrzelnik (ang. *gap maker*),
- vrzel omejujejo krošnje okoliških dreves, v obliki nepravilnega sklenjenega kroga,
- pri določevanju velikosti vrzeli (tam, kjer ocenjujemo velikost, vsaj 25 m²) upoštevamo veje, ki segajo najgloblje v vrzel, in to tako, da se postavimo pravokotno pod rob vej pri obeh najbližjih nasproti si stoječih drevesih in ocenimo razdaljo,
- drevesa, ki se v vrzeli pomlajujejo, ne smejo presegati višine 20 m.



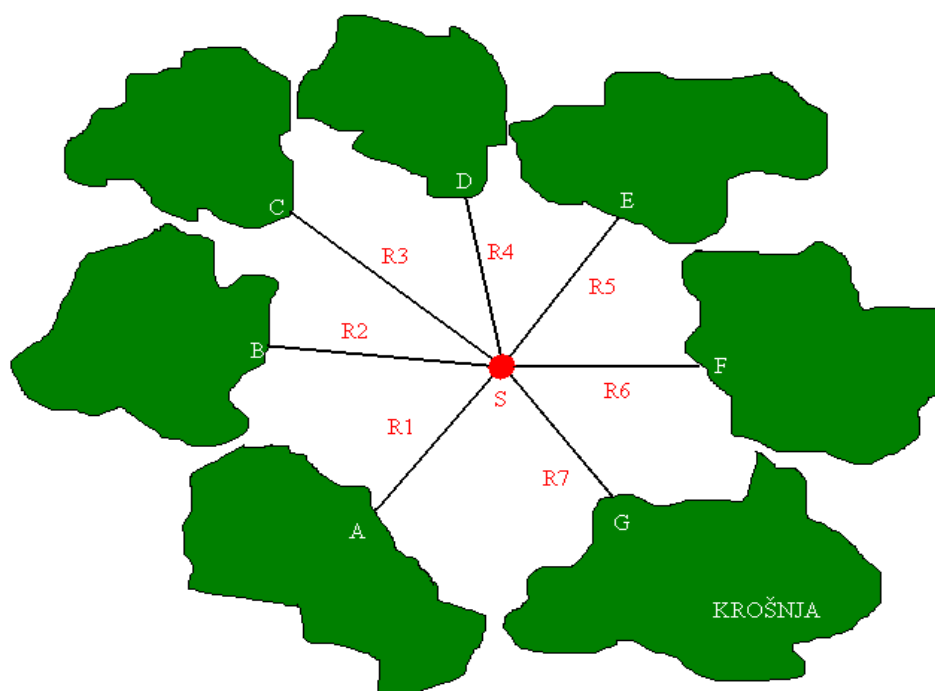
Slika 2: Prikaz razdalje pri ugotavljanju najmanjše dovoljene velikosti vrzeli (foto: Lovro Bornšek, 2006)

Ko smo ugotovili, da je vrzel velika vsaj 25 m², da ima vsaj en vrzelnik in da drevesa, ki se v vrzeli pomlajujejo, ne presegajo višine dvajsetih metrov, smo pričeli z merjenjem parametrov in lociranjem vrzeli.

5.2 MERJENJE PARAMETROV VRZELI

5.2.1 Merjenje vrzeli v krošnjah

Vrzel v krošnjah predstavlja dejansko površino prostora vrzeli v strehi sestoja. V vsaki vrzeli smo po občutku najprej zakoličili središče vrzeli. Nato so sledile meritve razdalj in azimutov od roba krošnje do zakoličene središčne točke. Te razdalje in azimute smo izmerili vsem drevesom, ki so tvorila nekakšen sklenjen krog okoli vrzeli.



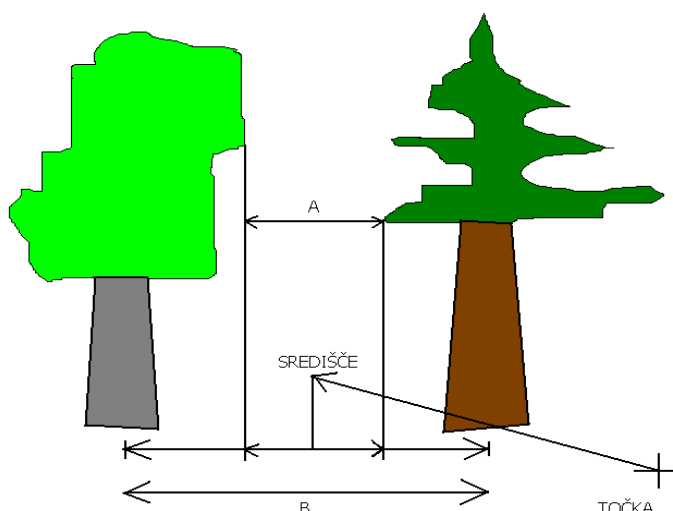
Slika 3: Prikaz razdalj in azimutov (R1, R2...), merjenih od roba vrzeli (A, B...) do središča (S) pri merjenju vrzeli v krošnjah

5.2.2 Merjenje razširjene vrzeli

Prav tako kot pri merjenju vrzeli v krošnjah smo tudi pri razširjenih vrzelih izmerili razdalje in azimute vsem okoliškim drevesom, ki so tvorila okolico vrzeli. Pri razširjenih vrzelih smo tako merili razdalje in azimute od debla drevesa do središča vrzeli. Eden od merilcev je opravljajal meritve razdalj od debla do središča, medtem ko je drugi stal v središču in opravljajal meritve azimutov ter zapisoval vse podatke na snemalni list. Merilec, ki je opravljajal delo v središču vrzeli, je tako lahko tudi sproti usmerjal drugega merilca, katero drevo naj uporabi za izmero razdalje. Iz središča vrzeli ima merilec namreč boljši pregled nad sklepom krošenj, ki tvorijo obrobje vrzeli.

5.3 LOCIRANJE VRZELI

Vsako vrzel je bilo potrebno tudi locirati, da smo lahko kasneje vrzel s pomočjo računalniškega programa umestili v prostor. Pri tem smo si pomagali s postavljenjo mrežo vzorčnih točk v gozdu in na karti. Ko smo izmerili vse parametre vrzeli v krošnjah in razširjene vrzeli, smo v gozdu poiskali najbližjo točko vzorčne mreže. Izmerili smo razdaljo in kontra azimut od točke do središča vrzeli.



Slika 4: Prikaz velikosti vrzeli v krošnji (A) in velikosti razširjene vrzeli (B) ter lociranja vrzeli od točke do središča

Vse podatke smo sproti zapisovali. Ko smo pridobili razdalje, azimute, določili drevesne vrste dreves, ki smo jih uporabili pri merjenju vrzeli v krošnjah in tudi pri razširjenih vrzelih, smo določili še zaporedno številko vrzeli. Sledil je popis vrzelnikov ali kot jih je poimenoval Runkle (1981) *gap maker-jev*.

Gap maker ali vrzelnik je drevo, ki je odmrlo in tako povzročilo nastanek vrzeli (Runkle, 1981).

Pri vrzelnikih smo popisovali naslednje znake:

- drevesna vrsta,
- položaj: (a) stoječ, (b) ležeč, (c) stoječ odlomljen,
- stopnja razkroja,
- premer drevesa pri višini 1,3 m pri stoječem in ležečem vrzelniku,
- smer padca drevesa.

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 debelejšje; 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 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.



Slika 5: Padli vrzelniki, ki ležijo drug prek drugega (foto: Lovro Bornšek, 2006)

Tip poškodbe vrzelnika smo opredelili kot:

- odmrl stoječ (ang. *standing dead*),
- odlomljen odmrl (ang. *snapped dead*),
- odlomljen živ (*snapped alive*),
- neznan vzrok (*snap unknown*).

5.4 DIGITALIZACIJA

Na podlagi meritev azimutov in razdalj na terenu smo pridobili ustrezne podatke za računalniško obdelavo. Ti podatki so nam služili kot orodje in ogrodje za prikaz vrzeli v krošnjah in razširjenih vrzeli.

Za izris vrzeli v okolju geografskih informacijskih sistemov smo uporabili program CartaLinx. Izhodišče je bila karta, ki je imela vzpostavljeno mrežo vzorčnih točk vsakih 25 m v obliki Gauss-Kruegerjevega koordinatnega sistema. Presečišča mreže so predstavljale izhodiščne točke na terenu. Na podlagi azimuta in razdalje, ki sta izhajala iz vzorčne točke, smo tako lahko določili središče vrzeli. Ko je bilo središče locirano, smo naprej izhajali iz njega in izrisovali razdalje iz središča pa do roba vrzeli oziroma debela drevesa, ki so tvorila okolico vrzeli. Tako smo dobili serijo točk, ki smo jih nato povezali v poligone in pridobili podatke o velikosti vrzeli in njeni obliki. Postopki so bili enaki pri vrzelih v krošnjah in tudi razširjenih vrzelih.

Na terenu smo merili koordinate vrzeli v krošnji in razširjenih vrzeli, zato so nastali liki z notranjim in zunanjim delom. Poligone iste vrzeli smo označili z zaporedno številko. Tako smo območje vrzeli v krošnji označili s številko 1, razširjeno vrzel pa s številko 2. Oznake so nam služile za pridobivanje podatkov o posameznih vrzelih, kot je npr. površina vrzeli.

Karto z izrisanimi vrzelmi smo prenesli iz programa CartaLinx v program ArcGIS, s katerim smo izračunali površine (površine območja, površine vrzeli) in izdelali grafični prikaz karte vrzeli.

6 REZULTATI

6.1 SPLOŠNI PODATKI O VRZELIH

Celotno območje, ki je bilo zajeto v raziskavi, je bilo veliko $101560,9 \text{ m}^2$, se pravi $10,16 \text{ ha}$. Evidentiranih vrzeli je bilo 87. Tako znaša preračunano število vrzeli na hektar $8,6 \text{ vrzeli/ha}$. Vrzeli v krošnjah zavzemajo površino $11536,1 \text{ m}^2$, medtem ko razširjene vrzeli obsegajo $17576,7 \text{ m}^2$. To celotno območje pa predstavljajo trije posamezni vzorčni transekti vsak s svojo površino in številčnostjo vrzeli.

Podatke smo razdelili v naslednje skupine po posameznem transektu:

- celotno površino posameznega transeкта,
- površino vrzeli v krošnjah,
- površino razširjene vrzeli (deli vrzeli zastrti s krošnjami),
- skupno površino vrzeli posameznega transeкта (vrzel v krošnji + razširjena vrzel).

Prvi, najbolj severni transekt, obsega površino $40797,3 \text{ m}^2$. Od te površine zavzemajo vrzeli v krošnjah $5178,8 \text{ m}^2$ oziroma $12,7 \%$. Razširjene vrzeli zavzemajo $8110,8 \text{ m}^2$, kar pomeni $19,9 \%$ celotne površine transeкта. Skupna površina vrzeli prvega transeкта znaša $13289,6 \text{ m}^2$, oziroma $32,6 \%$ glede na celotno površino transeкта.

Površina drugega transeкта znaša $34321,3 \text{ m}^2$. Vrzeli v krošnjah tukaj zavzemajo površino 3850 m^2 , kar znaša $11,2 \%$ celotne površine transeкта. Površina razširjenih vrzeli je $5769,3 \text{ m}^2$ oziroma $16,8 \%$ površine. Skupna površina vrzeli v drugem transektu znaša $9619,3 \text{ m}^2$ in zavzema $28,0 \%$ površine drugega transeкта.

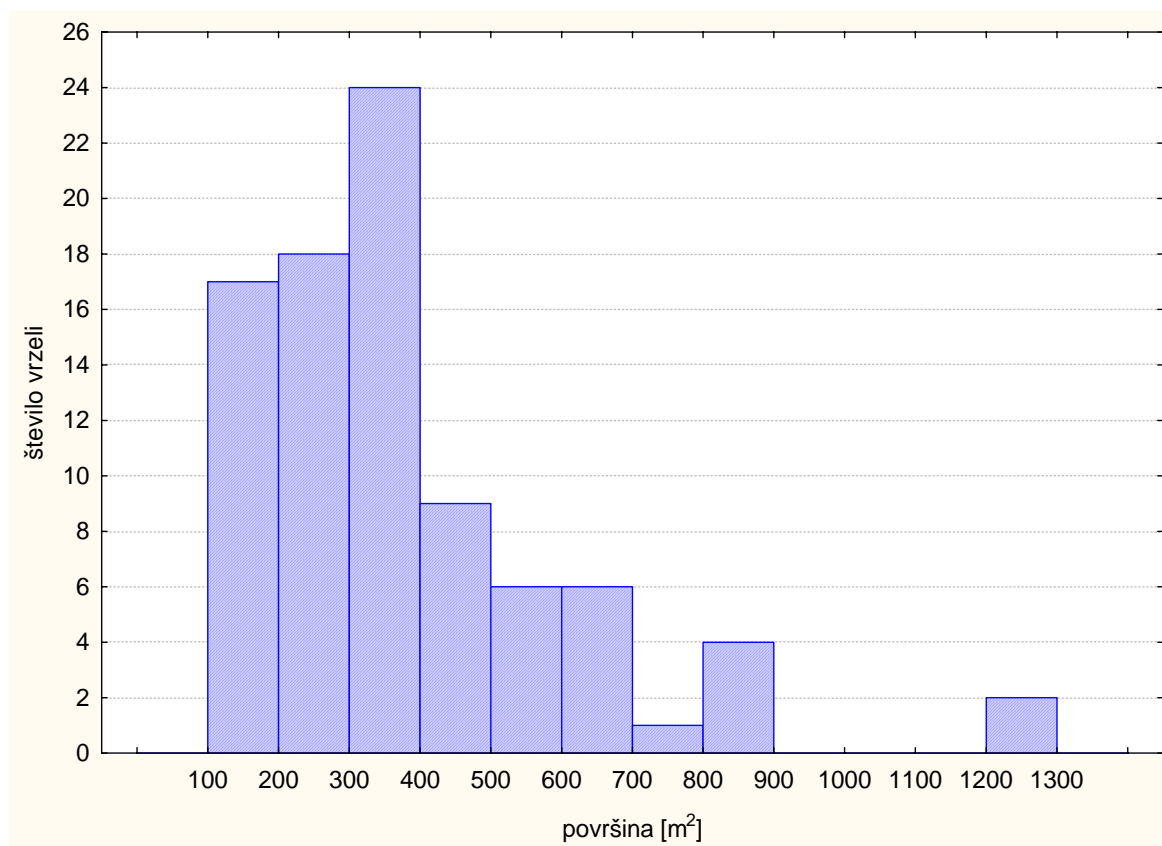
Tretji transekt meri $26442,3 \text{ m}^2$. Površina vrzeli v krošnjah znaša $2507,3 \text{ m}^2$, kar pomeni $9,5 \%$ območja. Razširjene vrzeli obsegajo $3696,6 \text{ m}^2$ oziroma 14% površine transeкта. Skupna površina vrzeli znaša $6203,9 \text{ m}^2$ in zavzema $23,5 \%$ površine tretjega transeкта.



Slika 6: Karta izločenih sestojnih vrzeli v Rajhenavskem Rogu

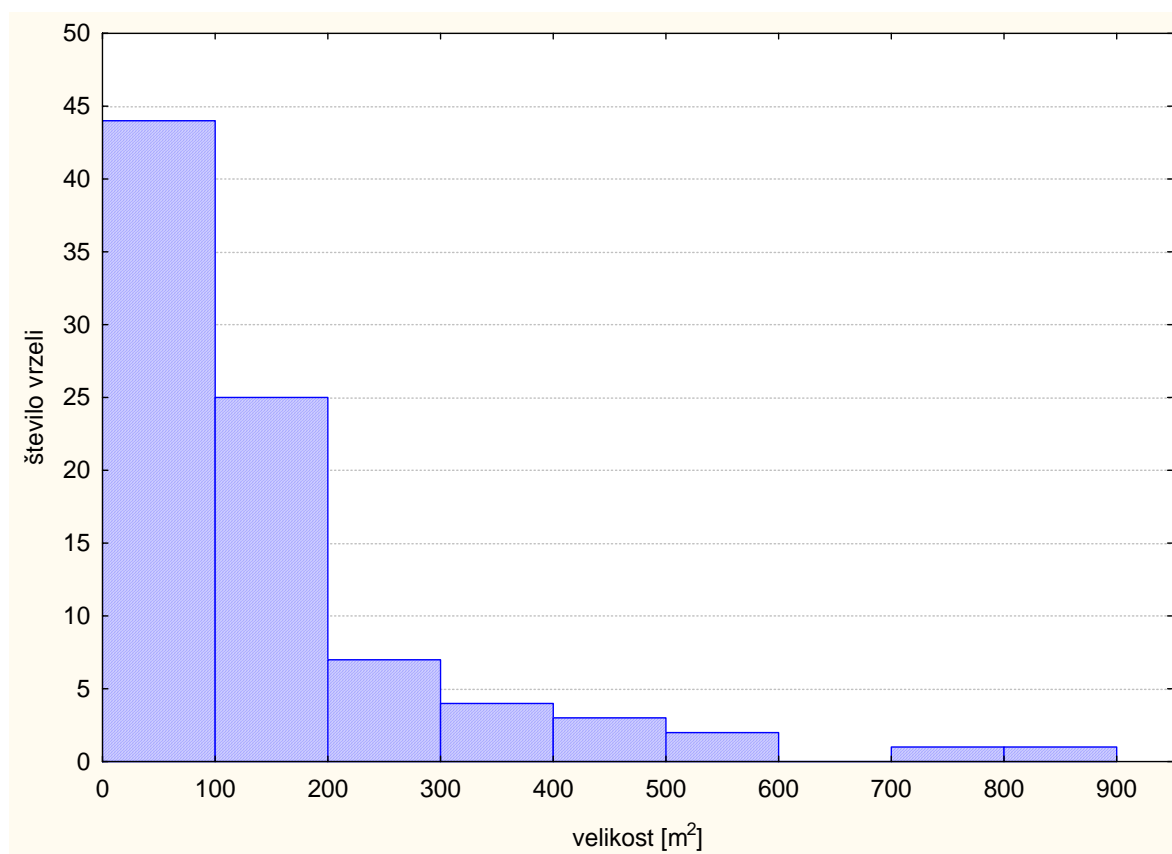
6.2 FREKVENČNA PORAZDELITEV VRZELI

Frekvenčne porazdelitve vrzeli so prikazane na spodnjih slikah. Iz grafa je mogoče razbrati, da se največ vrzeli nahaja v velikostnem razredu od 300 do 400 m², kjer jih najdemo kar 24. Sledita razreda od 200 do 300 m², kjer jih je 18, in razred od 100 do 200 m² s 17 vrzelmi. V ostalih večjih velikostnih razredih število vrzeli upada.



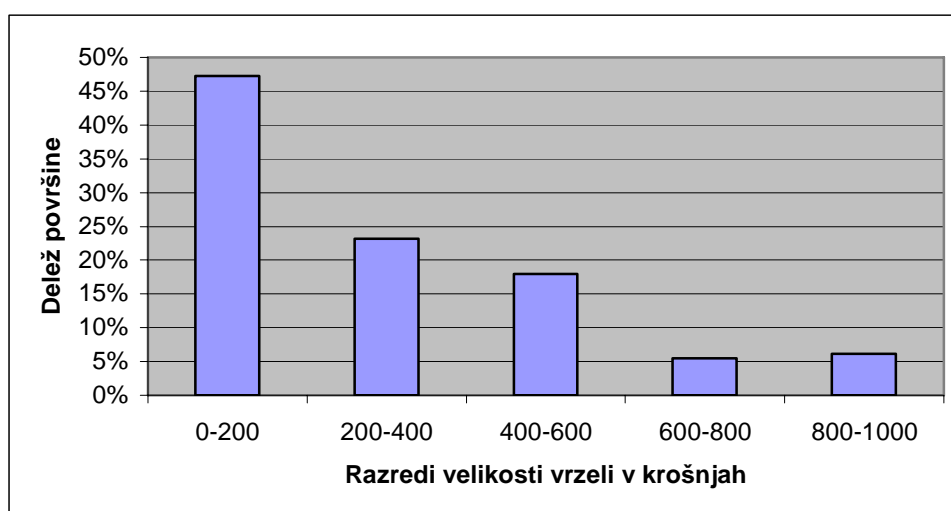
Slika 7: Frekvenčna porazdelitev števila razširjenih vrzeli po velikostnih razredih

Iz frekvenčne porazdelitve vrzeli v krošnjah je lepo razvidno, da največ vrzeli pripada najmanjšemu velikostnemu razredu, ki ima razpon med 0 in 100 m². V tem velikostnem razredu najdemo kar 44 vrzeli. Z vsakim večjim velikostnim razredom se število vrzeli v krošnjah manjša in tako najdemo v naslednjem velikostnem razredu, ki ima razpon med 100 in 200 m², skoraj polovico manj vrzeli. Teh vrzeli je 25. V naslednjem velikostnem razredu od 200 do 300 m² jih je samo še 7.



Slika 8: Frekvenčna porazdelitev števila vrzeli v krošnjah po velikostnih razredih

Za pomlajevanje pragozda ni pomembno samo število vrzeli po velikostnih vrzelih, ampak so bistvenega pomena površine vrzeli v različnih velikostnih razredih (slika 9). Pri analizi smo uporabili 200 m² velike velikostne razrede. Iz grafa je mogoče razbrati, da največji delež površine zavzema najmanjši velikostni razred od 0 do 200 m². Ta velikostni razred zavzema kar 47 % glede na celotno površino vrzeli. Z večanjem velikostnih razredov se delež površine manjša.

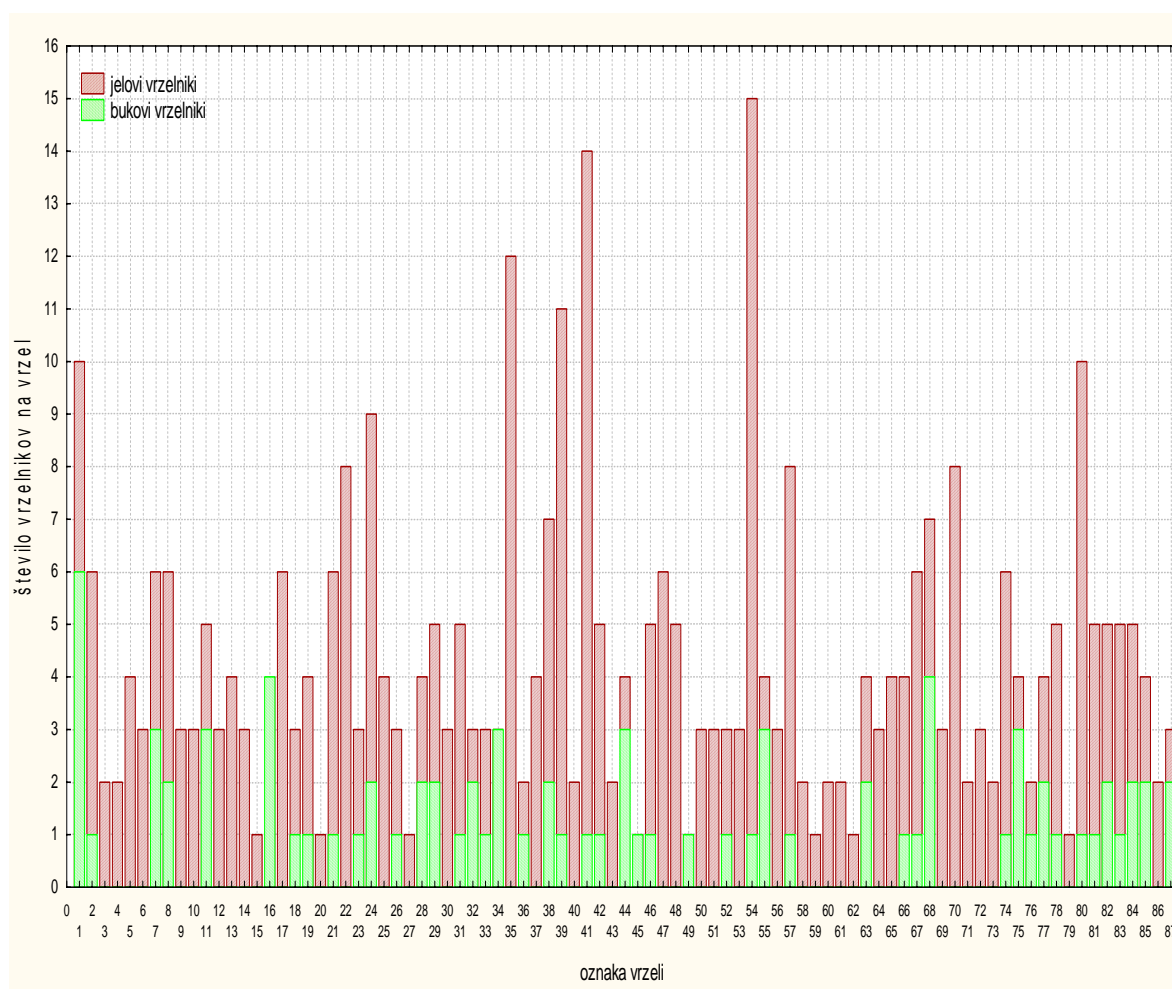


Slika 9: Delež površine v vrzelih po velikostnih razredih vrzeli v m²

6.3 ANALIZE VRZELNIKOV

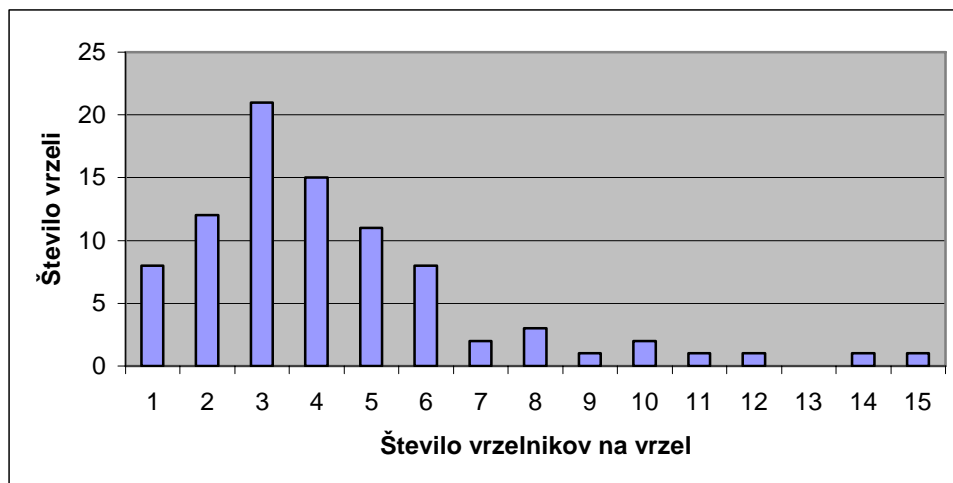
6.3.1 Število vrzelnikov

V vseh vrzelih je bilo skupno evidentiranih 377 vrzelnikov. Od tega je bilo 82 bukev (22 %) in 295 jelk (78 %). Številčnost vrzelnikov v posameznih vrzelih se je gibala v razponu od 1 do 15 vrzelnikov (slika 10). V kar 40 vrzelih so bili vrzelniki samo jelovi, medtem ko so bili samo bukovi vrzelniki v 4 vrzelih. V vseh preostalih vrzelih so bili tako bukovi kot jelovi vrzelniki.



Slika 10: Število vrzelnikov jelke in bukve glede na posamezno vrzel

Največ vrzeli ima 2, 3, 4 ali 5 vrzelnikov, kar pomeni, da ima kar 68 % vseh vrzeli od 2 do 5 vrzelnikov. Ostale vrzeli imajo manj ali več vrzelnikov (slika 11).

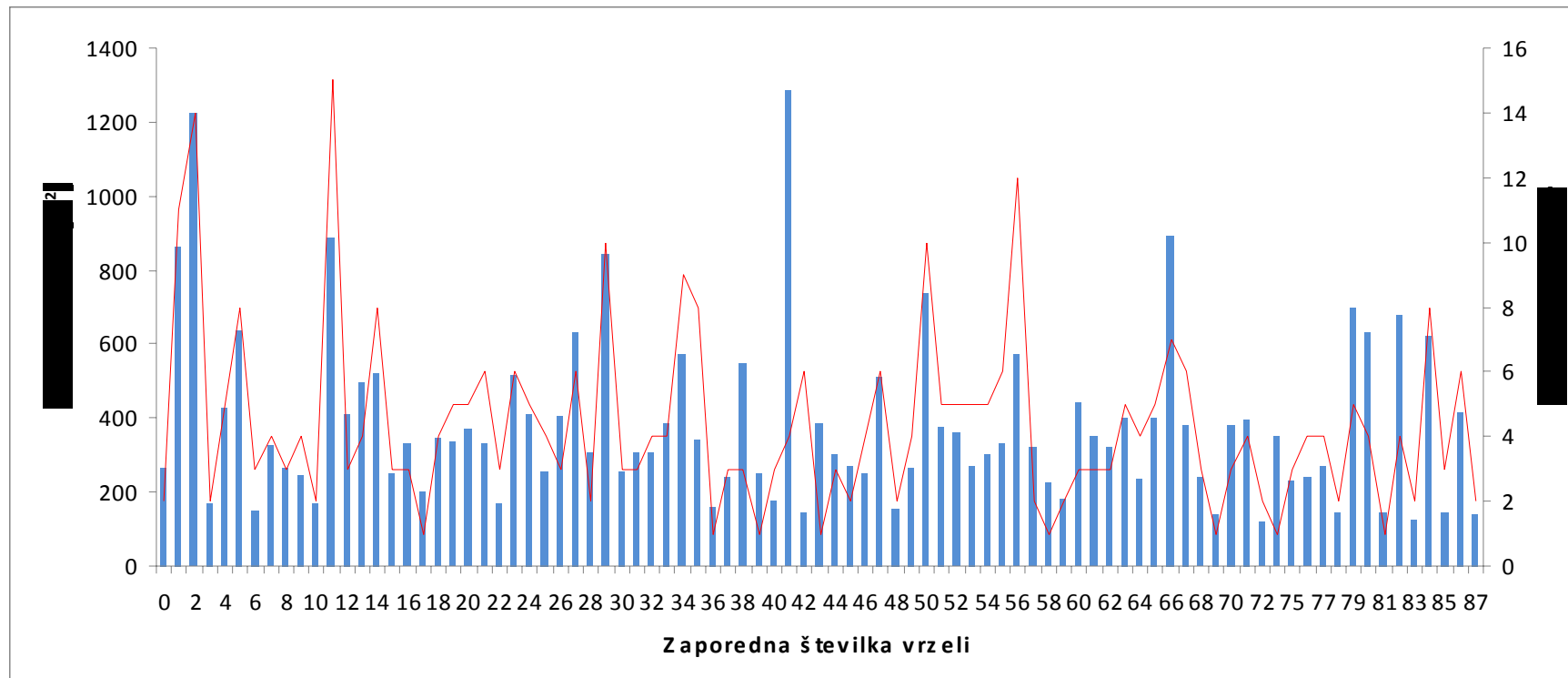


Slika 11: Frekvenčna porazdelitev vrzeli po številu vrzelnikov na vrzel

Pri primerjavi velikosti vrzeli in števila vrzelnikov je razvidno, da se število vrzelnikov večja z velikostjo posamezne vrzeli (slika 13). Od te ugotovitve odstopa 41. vrzel, ki ima veliko površino in relativno malo vrzelnikov v primerjavi z manjšimi vrzelmi. Vzrokov za to je lahko več. Mogoče je prisotna napaka merilca pri evidentiranju vrzeli. Lahko gre za počasno širjenje vrzeli, ki se slabše pomlajuje in s tem počasneje zapira, pri tem pa se razkrojijo posamezni vrzelniki, ki jih je kasneje težko evidentirati. Pri tem je potrebno upoštevati, da je število vrzelnikov glede na velikost vrzeli odvisno tudi od drevesne sestave vrzelnikov in njihove specifične oblikovanja krošnje. Bukov vrzelnik tako tvori neprimerno večjo krošnjo kot jelov in s propadom sprost neprimerno več prostora v strehi sestoja.

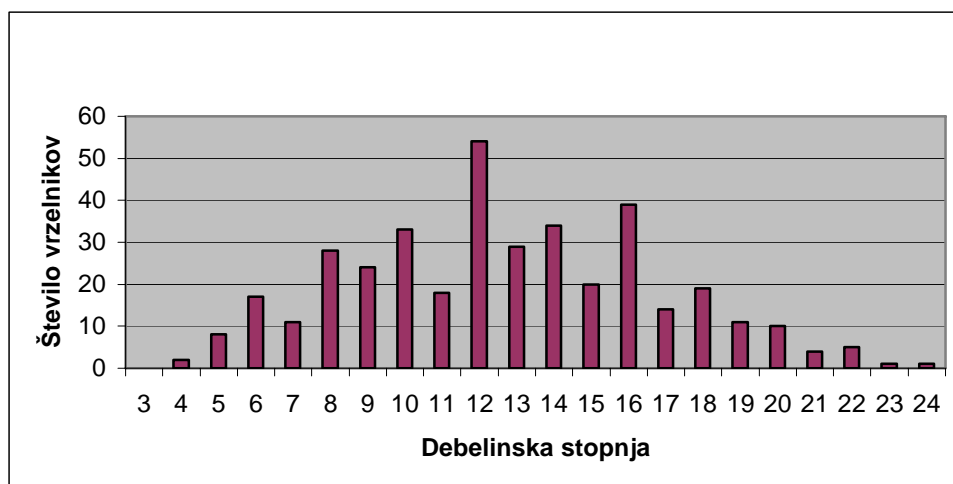


Slika 12: Stoječi jelov vrzelnik, ki sega visoko v vrzel. Okoli njega so vidna bukova drevesa polnilnega sloja vrzeli, ki bodo vrzel počasi zaprla (foto: Lovro Bornšek, 2006)



Slika 13: Primerjava števila vrzelnikov (stolpci) z velikostjo vrzeli (krivulja)

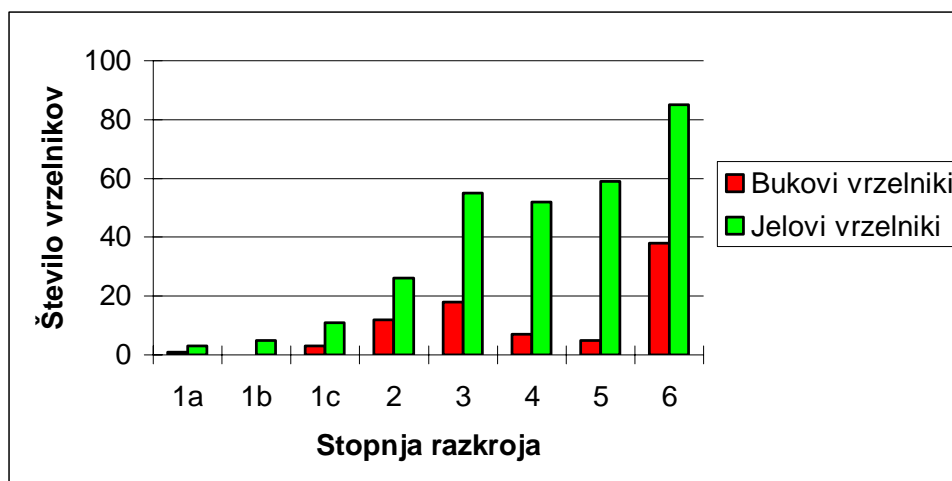
Največ vrzelnikov najdemo v dvanajsti debelinski stopnji, kjer jih je kar 54. Več kot trideset vrzelnikov najdemo tudi v deseti, štirinajsti in šestnajsti debelinski stopnji.



Slika 14: Število vrzelnikov po debelinskih stopnjah

6.3.2 Stopnje razkroja vrzelnikov

Vrzelniki so zastopani v vseh osmih stopnjah razkroja. Kot smo spoznali že prej, je tudi pri stopnjah razkroja vidno, da močno prevladujejo jelovi vrzelniki tako po številu kot tudi v stopnjah razkroja (slika 16). Največ vrzelnikov najdemo v šesti stopnji razkroja, kar velja tako za jelko kot za bukev. Na splošno pa v vseh stopnjah razkroja močno prevladujejo jelovi vrzelniki.



Slika 15: Število vrzelnikov glede na drevesno vrsto in stopnjo razkroja

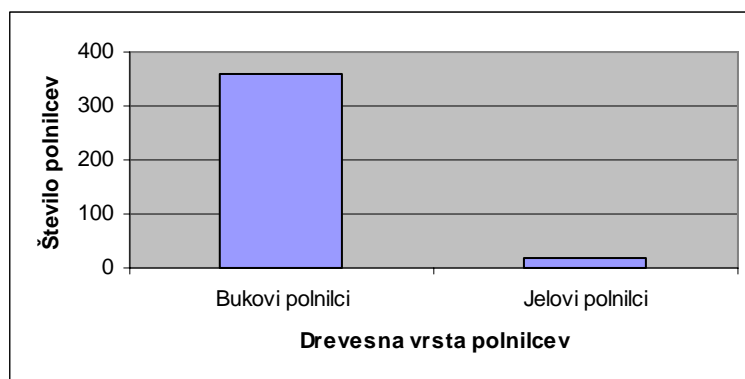


Slika 16: Razpadajoči jelov vrzelnik šeste stopnje razkroja (foto: Lovro Bornšek, 2006)

6.4 ANALIZA POLNILCEV VRZELI

6.4.1 Število polnilcev vrzeli

V vsaki evidentirani vrzeli smo poleg vrzelnikov popisali še tako imenovane polnilce vrzeli. Polnilec vrzeli je drevo, ki bo v vrzeli nadomestilo prostor, ki ga je prej obvladoval njegov predhodnik, se pravi vrzelnik. Za vsak vrzelnik posebej smo tako določili še polnilec vrzeli. Evidentiranih je bilo 377 polnilcev vrzeli drevesnih vrst jelke in bukve. Prevladujejo bukovi polnilci, ki jih je kar 360, medtem ko je jelovih polnilcev vrzeli samo 17 (slika 18). Ali drugače, bukovi polnilci vrzeli zavzemajo kar 95 % vseh polnilcev (slika 19).



Slika 17: Število bukovih in jelovih polnilcev vrzeli

7 DISKUSIJA IN SKLEPI

Raziskavo sestojnih vrzeli v Rajhenavskem Rogu smo opravili in jo tudi zaključili poleti leta 2007. Pridobljene rezultate smo nato obdelali in si z njimi poskušali razložiti vsaj delček te skrivnostne in zapletene kombinacije dejavnikov, ki naredijo gozd edinstven in neponovljiv v danem času. Izsledke bomo tako skušali uporabiti kot pripomoček pri razumevanju razvojnih procesov, ki se v gozdu odvijajo, in jih v praksi uporabiti v prid sonaravnemu gospodarjenju z našimi gozdovi.



Slika 18: Veliko število padlih vrzelnikov različnih stopenj razkroja (foto: Lovro Bornšek, 2006)

V severnem delu Rajhenavskega Roga smo na 10,16 ha velikem območju, razdeljenem v tri transekte, evidentirali 87 vrzeli. Pri velikosti vrzeli v krošnjah smo izmerili najmanjšo vrzel 21,38 m², medtem ko je največja vrzel obsegala 801,41 m². Največji delež vrzeli v krošnjah pripada velikostnemu razredu od 0 do 100 m², kar pomeni 50,6 % vseh vrzeli. Če izpostavimo velikostni razred od 0 do 200 m², zavzamejo te vrzeli 79,3 % vseh vrzeli.

Runkle (1982) navaja tudi pomembnost razširjenih vrzeli. Te zavzemajo območja, ki so posredno in neposredno pod vplivom odprtosti posamezne vrzeli; povečan dotok svetlobe zaradi nastanka vrzeli doseže tudi dele sestoja pod zastorom v bolj ali manj oddaljeni okolici vrzeli. Tako velikosti vrzeli z upoštevanjem razširjenega dela vrzeli zavzemajo vrednosti od 120,7 m² do 1283,3 m². Največji delež teh vrzeli zavzema velikostni razred od 300 do 400 m². V velikostnem razredu od 0 do 400 m² najdemo kar 67,8 % vseh vrzeli. Iz navedenih podatkov lahko ugotovimo, da prevladujejo majhne vrzeli. Zaslediti pa je mogoče tudi večje vrzeli (>1000 m²), vendar v manj številčnem obsegu. V Rajhenavskem Rogu naj bi po ocenah, ki sta jih podala Bončina in Diaci (1998), prevladovale vrzeli v velikosti do 5 arov. Razpotnikova (2008) je ugotovila, da v južnem delu Rajhenavskega Roga prevladujejo vrzeli v velikosti od 600 do 800 m². Gre za dokaj velike vrzeli, ki so verjetno do neke mere posledica intenzivnejšega obnovitvenega procesa v spodnjem delu rezervata. Ne smemo pa tudi prezreti dejstva, da lahko nedoslednost pri interpretiranju in izvajanju raziskovalne metode na terenu privede do netočnih podatkov. Naknadno je bilo namreč ugotovljeno, da je bilo število malih vrzeli podcenjeno. So pa različni avtorji pridobili kar nekaj zanimivih rezultatov. Zeibig s sodelavci je leta 2005 v Krokariju ugotovil, da je največji delež vrzeli (90 %) pripadal velikostnemu razredu do 300 m². Konečnikova in Zaplotnikova (2001) sta v rezervatu Strmec ugotovili, da kar 86 % vrzeli pripada velikosti do 100 m². Turk s sodelavci (1980) in kasneje Roženberger (1999) so z raziskavo v Pečki ugotovili, da prevladujejo vrzeli do velikosti 5 arov. Nagel in Svoboda (2008) sta v raziskavi v Peručici prišla do ugotovitve, da prevladujejo vrzeli, manjše od 100 m². Ugotovimo lahko, da različni raziskovalci prihajajo do različnih izsledkov. So za to »krive« različne interpretacije metod raziskovanja, napake pri meritvah, nedoslednost izvajanja raziskovalnih metod itd.? Ali pa gre preprosto za veliko pestrost in raznolikost razmer, ki se odvijajo v teh gozdovih? Verjetno bi lahko pritrdili slednjemu v kombinaciji z ostalimi, prej naštetimi dejavniki.

Vrzeli v gozdovih se oblikujejo z odmrtnjem enega ali več dreves v strehi sestoja (cit. po Fujita in sod., 2003). Z analizo vrzelnikov smo ugotovili, da je kar 78 % jelovih vrzelnikov in da se v štiridesetih vrzelih pojavljajo izključno samo ti vrzelniki. Bukovih vrzelnikov je bilo občutno manj (22 %). Prav nasprotno pa smo ugotovili pri polnilcih vrzeli, kjer je v 95 % prevladovala bukev. Število vrzelnikov je v vrzelih različno. Z večanjem površine vrzeli število vrzelnikov narašča. Največ vrzeli je imelo od 2 do 5 vrzelnikov različnih stopenj razkroja, kar kaže na postopno širjenje vrzeli.

Delež bukve v Rajhenavskem Rogu narašča, medtem ko delež jelke upada. Problem propadanja jelke izpostavljajo tudi drugod po Sloveniji. V pragozdnem ostanku Pečka Klopčič (2005) navaja visoke deleže odmiranja jelke v vetrolomnih vrzelih in na stalnih vzorčnih ploskvah. Jelka je podvržena sušenju in propadanju na širšem dinarskem območju jelovo-bukovih gozdov (Klopčič, 2005; Turk s sod., 1985; Roženberger, 1999). Ko se sestoj presvetli, je to enkratna priložnost za že prej prisotno bukovo mladje, da si izbori svoj prostor v svetlobnem jašku. V tem boju jelka izostane in postane čakalec v ozadju. Skrb zaradi nazadovanja jelke sta izrazila tudi Bončina in Diaci (1998). V članku sta nakazala tudi verjeten razvoj jelovo-bukovega gozda, ki je odvisen od deleža jelke. Vse kaže na razvoj v smeri bukovega gozda.

V Rajhenavskem Rogu prevladujejo malopovršinske motnje pretežno endogenega izvora. Pomlajevanje tako poteka v obliki majhnih jeder, ki se postopno širijo z odmrtnjem posameznega drevesa. Bukev s svojo tekmovalnostjo s pridom izkorišča vsako nastalo ali na novo razširjeno vrzel. Vsaka naknadna širitev vrzeli omogoči širitev pomlajevalnega jedra. Pri tem je zelo uspešna bukev, ki jelko prehití in izrine.

Kaj so torej pravi vzroki za izginjanje jelke iz naših gozdov? Znano je, da so za odmiranje jelke vsaj delno odgovorni abiotski dejavniki, torej onesnaževanje zraka. Močilnikarjeva (2006) prav tako ugotavlja, da jelka umira zaradi onesnaževanja zraka in kontinentalizacije klime. Pri tem pa navaja tudi, da so za njeno hiranje krivi tudi genetski vplivi. Ugotavlja, da se jelka danes nahaja v terminalnem stadiju, bukev pa v inicialnem. Temu lahko pritrdimo, saj je pri vrzelnikih opaziti zelo velik delež jelke in prav nasprotno pri polnilcih

vrzeli, kjer močno prevladuje bukev. Znano je, da ima divjad z obžiranjem prav tako vpliv na pomlajevanje jelke. Upadanje deleža jelke se je nakazovalo že v letih, ko so izvajali polno premerbo.

Dejstvo je, da jelka v naših gozdovih nazaduje. Človek teži k temu, da bi si znal razložiti kompleksnost narave in bi s pomočjo raziskav ohranjal njeno naravno podobo. Ugotovimo lahko, da jelko ogrožajo prej naštetih dejavniki, ne moremo pa trditi, da so to edini in tisti bistveni, ki jelko danes postavljajo v položaj, v kakršnem je.

Turk in sodelavci (1985) so v pragozdu Pečka prišli do ugotovitve, da v pragozdu vlada izredna dinamika razvojnih dogajanj. Prav tako Worrall in sodelavci (2005) ugotavljajo, da se v gozdovih zmernih con Severne Amerike vrzeli nenehno širijo in da je to bolj pogost pojav kot pa nastanek nove vrzeli. Tudi Nagel in Svoboda (2008) sta v Peručici ugotovila, da je večina vrzeli nastala kot posledica večkratnega širjenja. Prav tako Runkle (1998) v raziskovalnem delu v južnih Apalačih navaja, da je stopnja umrljivosti veliko večja za robna drevesa v vrzeli kot pa za ostala drevesa v sestoji. Glede na ugotovitve naše raziskave, da se vrzelniki pojavljajo v vseh stopnjah razkroja in da ima večina vrzeli več kot en vrzelnik, lahko rečemo, da so vrzeli podvržene večkratnemu širjenju. Ugotavljamo tudi zelo velik delež jelke med vrzelniki (78 %), zato težko rečemo, da se vrzeli širijo hitreje tam, kjer prevladujejo bukova drevesa.

Kjer nastanek vrzeli pogojujejo večinoma endogene sile, prevladujejo majhne vrzeli, ki se tvorijo neprekinjeno (Lertzman s sod., 1991; Runkle, 1990). Ugotovili smo, da v Rajhenavskem Rogu prevladujejo malopovršinske motnje. Izredno velikih vrzeli (> 2000 m²), ki bi nastale kot posledica večjih ujm, nismo našli. Tako lahko sklepamo, da razvoj Rajhenavskega Roga usmerjajo malopovršinske motnje in prispevajo pomemben delež pri razvojni dinamiki pragozda. Zadnje raziskave v Evropi so pokazale kar nekaj podobnosti (Drösser s sod., 2006; Nagel s sod., 2006; Splechna s sod., 2005; Zeibig s sod., 2005):

- Večina vrzeli, ki se pojavljajo, je majhnih (do 100 m²).
- Motnje v obliki ujm tvorijo večje vrzeli (>1000 m²).

- Na širjenje vrzeli ima pomemben vpliv dovzetnost robnih dreves za bolezni, sončne ožige ...

Te raziskave skupaj tvorijo pomembno ugotovitev, da malopovršinske motnje igrajo pomembno vlogo v razvojni dinamiki pragozda, ob enem pa moramo upoštevati tudi vlogo večjih motenj (Nagel in sod., 2008).

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. Iste površine vrzeli imajo namreč v naravnem gozdu bolj atlantski značaj kot pa v gospodarskem. Do tega prihaja zaradi doseganja večjih dimenzij dreves v naravnem gozdu in ohranjanja naravne gostote dreves. Odmrta drevesa ostajajo v vrzelih, kjer posredno in neposredno vplivajo na sestojno klimo in razvoj mladja (Diaci, 2006).

8 ZAKLJUČEK

Pragozd je naraven ekosistem, prepuščen samemu sebi skozi dolga časovna obdobja. Na rast in razvoj vegetacije vpliva mnogo dejavnikov. Kakšno vlogo imajo vrzeli v Rajhenavskem Rogu, smo poskušali ugotoviti z našo raziskavo. Dejstvo je, da vrzeli igrajo pomembno vlogo v razvojni dinamiki pragozda. Omogočajo obnovo, pestrost in heterogenost gozda. Prevladujejo malopovršinske motnje v obliki manjših vrzeli, ki so posledica odmrtnja enega ali več dreves. Večjih vrzeli, ki bi bile posledica eksogenih sil, sicer nismo odkrili, ne smemo pa jih popolnoma izključiti. Ugotovili smo, da ima največ vrzeli od 2 do 5 vrzelnikov, ki se pojavljajo v različnih stopnjah razkroja. Sklepati je tako mogoče, da se vrzeli postopoma širijo v večletnem razdobju in na drugi strani hkrati zapirajo.

V nastalih vrzelih se intenzivno pomlajuje bukev, ki s svojo tekmovalno močjo izriva že tako manj številčno jelko. Ker prevladujejo malopovršinske motnje s postopnim širjenjem vrzeli, ima tu bukev še dodatno prednost, saj je mnogo uspešnejša pri obvladovanju na novo nastalega prostora. Na propad in zaviranje jelke prav tako vplivajo onesnaženje zraka, genske značilnosti, objedanje divjadi itd. Verjetno obstajajo dodatni razlogi za današnje stanje jelke v gozdovih, ki jih človek enostavno ne more »izmeriti« z raziskovalno metodologijo.

Z odmrtnjem drevesa in posledično nastankom vrzeli se v gozdu oblikuje neko drugo stanje v primerjavi s prejšnjim. Sestoj se presvetli, vpliv vetra je drugačen, voda intenzivneje prodre do gozdnih tal, spremeni se temperatura itd. Prav tako odmrlo drevo, ki se razkraja, nudi gozdnim tlem obilo substratov, živalim zatočišče in hrano ...

Vrzeli so tako pomemben del gozdne dinamike. Na eni strani se odpirajo, spet drugje zapirajo. Omogočajo spremembo stanja gozda in omogočajo pestrost. Njihov poglavitni cilj pa je pomlajevanje.

9 POVZETEK

Diplomsko delo je bilo narejeno z namenom narediti terestrično analizo vrzeli po metodologiji Runkla (1981), proučiti razvojno dinamiko vrzeli in obnovitvene cikle Rajhenavskega Roga.

Uporabili smo severnoameriški pristop raziskovanja in proučevanja razvojne dinamike sestojnih vrzeli. Metodologija proučuje motnje, ki so ključne za nastanek vrzeli in pomladitveno dogajanje v njih. Vrzeli smo razdelili na vrzel v krošnjah (ang. *canopy gap*) in razširjeno vrzel (ang. *expanded gap*). Pri iskanju in evidentiranju vrzeli smo si pomagali z mrežo vzorčnih točk, označenih na karti in na terenu. Točke so si sledile v razponu 25 metrov glede na sever, jug, vzhod in zahod. Najmanjša dovoljena velikost vrzeli je znašala 25 m². Opravili smo meritve vrzeli v krošnjah, razširjenih vrzeli, popisali vrzelnike (ang. *gap maker*) in določili polnice vrzeli (ang. *gap filer*).

Območje, ki smo ga zajeli v raziskavo, meri 10,16 ha in se nahaja v severnem delu rezervata. Evidentirali smo 87 vrzeli, v katerih poteka naravna obnova pragozda. Skupna površina vrzeli (vrzeli v krošnjah + razširjene vrzeli) zavzema 28,7 % celotnega območja. Največji delež vrzeli v krošnjah pripada velikostnemu razredu od 0 do 100 m², nakar ugotavljamo, da majhne vrzeli pomembno vplivajo na obnovitvena dogajanja v Rajhenavskem Rogu. Največ vrzeli ima od 2 do 5 vrzelnikov, ki zavzemajo različne stopnje razkroja in nam sporočajo, da so vrzeli posledica večkratnega širjenja. Med vrzelniki pa močno prevladuje jelka in prav nasprotno pri polnilcih vrzeli, kjer 95 % delež pripada bukvi.

Pomlajevanje poteka malopovršinsko, s postopnim širjenjem vrzeli, kar povzroča veliko heterogenost v sestojni zgradbi. Majhne vrzeli so pretežno posledica delovanja endogenih sil. Večjih vrzeli, ki bi nastajale pod vplivom eksogenih sil, nismo zaznali. V vrzelih močno prevladuje bukev, ki s svojo tekmovalnostjo »uspešno« izpodriva jelko.

10 VIRI

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

Canham C. D. 1988. Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. Ecology, 69, 3; 786-795

Coates K. D., Burton P.J. 1997. A gap-based approach for development of silvicultural systems to address ecosystem management objectives. Forest ecology and management, 99: 337-354

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 reserves in Slovakia. Journal of forest science, 51, 10: 446-457.

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

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

Lertzman K. P. 1996. Canopy Gaps and the Landscape Mosaic in a Coastal Temperate Rain Forest. Ecology, 77, 4: 1254-1270

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).

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

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

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 Pečka in Rajhenavski Rog: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 77 str.

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.

Splechtna B. E., Gratzer 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.

Worrall J.J., Lee T.D., Harrington T.C. 2005. Forest dynamic and agents that initiate and expand canopy gaps in *Picea-Abies* forests of Crawford Notch, New Hampshire, USA. *Journal of ecology*, 93: 178-190

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.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Thomasu Andrewu Naglu in somentorju prof. dr. Juriju Diaciju za usmerjanje, dobrodošle pripombe in hiter pregled naloge.

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

Zahvala gre hkrati tudi Milanu Kobalu za pomoč pri računalniški obdelavi podatkov.