

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

Zoran BITORAJC, Boštjan TANKO

**VPLIV SVETLOBNIH RAZMER NA RAZRAST
BUKOVIH GOŠČ V PODGORSKIH BUKOVIH
GOZDOVIH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Kočevje, 2004

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

Zoran BITORAJC, Boštjan TANKO

**VPLIV SVETLOBNIH RAZMER NA RAZRAST BUKOVIH GOŠČ V
PODGORSKIH BUKOVIH GOZDOVIH**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**LIGHT EFFECTS ON BEECH SAPLINGS ARCHITECTURE IN SUB-
MONTANE BEECH FORESTS**

GRADUATION THESIS
University studies

Kočevje, 2004

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov. Opravljeno je bilo v sodelovanju z ZGS OE Kočevje

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Jurija Diacija in recenzenta: doc. dr. Robert Brus

Komisija za oceno in zagovor

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Zoran Bitorajc
Boštjan Tanko

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	GDK 181.21:176.1 " <i>Fagus sylvatica</i> ": (497.12*06)(043.2)
KG	svetlobne razmere/bukova gošča/razrast/podgorski bukovi gozdovi/Kočevje
AV	BITORAJC, Zoran /TANKO, Boštjan
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	2004
IN	VPLIV SVETLOBNIH RAZMER NA RAZRAST BUKOVIH GOŠČ V PODGORSKIH BUKOVIH GOZDOVIH
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 83.str., 16 pregl., 54 sl., 4 pril., 35 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Z namenom, da bi raziskali domnevni negativni vpliv zastiranja na razrast in kakovost, smo na GGO Kočevje analizirali bukove gošče. Izločili smo 40 ploskev treh velikosti vrzeli in v njih po 400 osebkov bukve v razvojni fazi gošče (starejše) in jih medsebojno primerjali. Ploskve se nahajajo v GE Grintovec, združba <i>Hedero-Fagetum</i> , gošče so bile nenegovane. Za vsako ploskev smo ugotovili naslednje kazalce: relativna jakost osvetlitve (RJO), stopnja zastiranja, gostota dreves, gostota gornjega sloja, starost. Za vsakega od 1200 osebkov smo ugotavljali višino, premer, višinski prirastek in naslednje znake kakovosti: širina krošnje, številčnost živih in mrtvih vej, krivost, odklon od vertikale, tip rasti. Ugotovili smo, da pojavljanje kresnih poganjkov ni bilo odvisno od svetlobnih razmer. Na ploskvah pri polni osvetlitvi (RJO 79 %; površina 71 arov) se je izkazal negativen vpliv svetlobe na tip rasti, kakor tudi na dolžino krošenj in vitkostno razmerje primerkov. Pri srednji osvetlitvi (RJO 32 %; površina 14 arov) je bilo vitkostno razmerje ugodnejše, čisto deblo daljše in višinski prirastki največji. Največ dvovrhatih osebkov se je pojavilo ravno v teh razmerah. Pri šibki osvetlitvi (RJO 14 %; površina 1 ar) je bila najbolj izražena enovrhatost, kakor tudi relativna ploščina krošenj in čistost debela, ploskev s predrastki pa je bilo najmanj. Negativne strani so se pri šibki osvetljenosti pokazale pri odklonu od navpične rasti, manjših višinskih prirastkih in največjem vitkostnem razmerju.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC FDC 181.21:176.1 "*Fagus sylvatica*": (497.12*06)(043.2)
CX light conditions/beechn saplings/tree architecture/submountain beech forests/Kočevje
AU BITORAJC, Zoran/TANKO, Boštjan
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 2004
TI LIGHT EFFECTS ON BEECH SAPLINGS ARCHITECTURE IN SUB-MONTANE BEECH FORESTS
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XI, 83 p., 16 tab., 54 fig., 4 ann., 35 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The main objective of this research was to investigate the effects of shade on the architecture and quality of beech saplings. Beech saplings (between 3-5.5 m tall) were examined in unmanaged gaps in the research area GGO Kočevje, where the vegetation type is classified as *Hedero-Fagetum*. We sampled 40 plots among three gap sizes containing a total of 400 individual beech saplings. For each plot we determined following parameters: relative light intensity (RLI), canopy density, tree density, density of upper layer, and gap age. For each sapling sampled, we determined height, diameter, height increment, and the following qualitative parameters: width of crown, number of dead and healthy branches, size of bending, deviation from vertical growth, and type of terminal shoot. We found that the occurrence of the lammas height increment was not dependent on the light regime. In plots with high light levels (RLI 79 %; size 71 ar) the effect of light on the type of terminal shoot, length of crown, and height-diameter ratio was negative. In plots with mid-range light levels (RLI 32 %; size 14 ar) the height-diameter ratio was better, the stem length without branches was longer, and the height increment was the largest. Also, the number of saplings with two terminal shoots was highest in these conditions. In plots with low light levels (RLI 14 %; size 1 ar) there were the largest number of saplings with one terminal shoot, crown size was the largest, and stem length without branches was the longest. The negative effects of low light conditions showed a deviation from vertical growth, lower height increments, and the largest height-diameter ratio.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA.....	2
2 PREGLED LITERATURE	4
3 NAMEN NALOGE IN POSTAVITEV HIPOTEZ	7
4 METODE DELA	8
4.1 OBJEKT RAZISKAVE.....	8
4.1.1 GGO Kočevje ter GGE Grintovec.....	8
4.1.2 Matična podlaga, tla in relief.....	9
4.1.3 Podnebne značilnosti.....	10
4.1.4 Podgorski bukovi gozdovi in gozdne združbe v GGE Grintovec.....	10
4.1.5 Zgodovina preteklega gospodarjenja.....	11
4.2 METODOLOGIJA DELA	12
4.2.1 Področje raziskave.....	12
4.2.2 Izbira vrzeli.....	12
4.2.3 Izbira in postavitve raziskovalnih ploskev.....	13
4.2.4 Meritve na raziskovalnih ploskvah.....	14
4.2.4.1 Kvantitativni znaki izbranih bukev gornjega sloja.....	15
4.2.4.2 Kvalitativni znaki izbranih bukev gornjega sloja.....	16
4.2.5 Meritve svetlobe.....	17
4.2.6 Metode iz vrednotenja rezultatov.....	18

5	REZULTATI.....	19
5.1	VRZELI IN SVETLOBNE RAZMERE	19
5.1.1	<i>Površine vrzeli.....</i>	19
5.1.2	<i>Stopnja zastiranja in RJO.....</i>	19
5.2	RAZRAST PO TIPIH VRZELI	20
5.2.1	<i>Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev in njihova primerjava po tipih vrzeli.....</i>	20
5.2.1.1	Kazalniki ploskev	20
5.2.1.2	Primerjava kazalnikov ploskev.....	25
5.2.2	<i>Povprečne vrednosti znakov izbranih primerkov gornjega sloja po vrzelih in njihova medsebojna primerjava.....</i>	27
5.2.2.1	Kvantitativni znaki dreves	27
5.2.2.2	Kvalitativni znaki dreves	37
5.2.2.3	Primerjava znakov dreves med vrzelmi.....	39
5.3	RAZRAST PO RJO RAZREDIH	41
5.3.1	<i>Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev in njihova primerjava po razredih RJO.....</i>	42
5.3.1.1	Kazalniki ploskev	42
5.3.1.2	Primerjava kazalnikov ploskev.....	46
5.3.2	<i>Povprečne vrednosti znakov primerkov gornjega sloja po RJO razredih in njihova medsebojna primerjava.....</i>	47
5.3.2.1	Kvantitativni znaki dreves	47
5.3.2.2	Kvalitativni znaki dreves	56
5.3.2.3	Primerjava znakov dreves.....	57
5.4	POVEZAVE IN ODVISNOSTI.....	59
5.4.1	<i>Prikaz linearne odvisnosti kazalnikov ploskev in znakov dreves od RJO ...</i>	59
5.4.2	<i>Medsebojne odvisnosti znakov dreves.....</i>	62
5.5	RAZLIKOVANJE PRIMERKOV NA RAZREDE RJO Z UPORABO KAKOVOSTNIH ZNAKOV	63

6	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	67
7	POVZETEK.....	78
8	SUMMARY	79
9	LITERATURA	80
	ZAHVALA	84
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica št. 1: Prikaz števila in povprečnih velikosti vrzeli po oddelkih.....	19
Preglednica št. 2: Stopnja zastiranja po tipih vrzeli.....	21
Preglednica št. 3: Povprečja in analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po tipih vrzeli	26
Preglednica št. 4: Preskus razlik pojavljanja predrastkov po tipih vrzeli (N=120)	26
Preglednica št. 5: Primerjava kvantitativnih znakov dreves in preskus značilnosti razlik....	40
Preglednica št. 6: Preskus razlik med tipi vrzeli za pojavljanje poškodb in tip rasti.....	41
Preglednica št. 7: Stopnja zastiranja po RJO razredih.....	42
Preglednica št. 8: Povprečja in analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po RJO.....	46
Preglednica št. 9: Ugotavljanje razlik za predrastke med razredi (N=120).....	47
Preglednica št. 10: Primerjava dolžin povprečnega pomladnega in kresnega poganjka.....	50
Preglednica št. 11: Primerjava kvantitativnih znakov dreves in preskus značilnosti razlik..	58
Preglednica št. 12: Preskus razlik za poškodbe in tip rasti med razredi RJO (N=1200).....	59
Preglednica št. 13: Linearna regresija v odvisnosti od RJO (N=120)	60
Preglednica št. 14: Diskriminativna funkcijska analiza za znake dreves (N=1200)	63
Preglednica št. 15: Standardizirani koeficienti za diskriminativni funkciji.....	64
Preglednica št. 16: Klasifikacijska matrika	65

KAZALO SLIK

Slika št. 1: Pregledna karta OE Kočevje.....	8
Slika št. 2: Karta lokacij vrzeli.....	13
Slika št. 3: Prikaz merjenja krivosti in odklona od vertikale.....	16
Slika št. 4: LI-COR kvantni senzor 190SA (a) in LAI-2000 Plant canopy analyzer (b).....	17
Slika št. 5: Povezava med stopnjo zastiranja in RJO.....	20
Slika št. 6: Povprečna relativna jakost obsevanja.....	21
Slika št. 7: Povprečna gostota dreves po vrzelih	22
Slika št. 8: Drevesna sestava na ploskvah po vrzelih	23
Slika št. 9: Povprečna gostota gornjega sloja po vrzelih	23
Slika št. 10: Predrastki na ploskvah po tipih vrzeli	24
Slika št. 11: Povprečna starost po vrzelih.....	25
Slika št. 12: Povprečna višina dreves	27
Slika št. 13: Povprečni premer dreves	28
Slika št. 14: Povprečno vitkostno razmerje dreves.....	28
Slika št. 15: Povprečni višinski prirastek dreves	29
Slika št. 16: Primerjava dolžin povprečnega pomladnega in kresnega poganjka.....	30
Slika št. 17: Kresni poganjek (foto: Tanko, 2003)	30
Slika št. 18: Povprečna dolžina do prvega internodija	31
Slika št. 19: Povprečne ploščine krošenj dreves.....	32
Slika št. 20: Povprečna dolžina krošnje dreves	32
Slika št. 21: Povprečna stopnja asimetričnosti krošnje.....	33
Slika št. 22: Povprečna krivost dreves.....	34
Slika št. 23: Povprečni odklon od vertikale.....	34
Slika št. 24: Povprečna višina do prve žive veje	35
Slika št. 25: Povprečno število živih vej vseh dreves.....	36
Slika št. 26: Povprečno število mrtvih vej.....	36
Slika št. 27: Tip rasti po vrzelih.....	37
Slika št. 28: Večvrhasti tip rasti v veliki vrzeli (foto: Tanko, 2003).....	38
Slika št. 29: Poškodbe po tipih vrzeli	38
Slika št. 30: Poškodba po toči (foto: Tanko, 2003)	39

Slika št. 31: Povprečna relativna jakost obsevanja po RJO razredih.....	43
Slika št. 32: Povprečna gostota dreves po RJO razredih	43
Slika št. 33: Povprečna gostota gornjega sloja po RJO razredih	44
Slika št. 34: Predrastki na ploskvah po RJO razredih	45
Slika št. 35: Povprečna starost po RJO razredih.....	45
Slika št. 36: Povprečna višina dreves	47
Slika št. 37: Povprečni premer dreves	48
Slika št. 38: Povprečno vitkostno razmerje dreves.....	49
Slika št. 39: Povprečni višinski prirastek.....	49
Slika št. 40: Povprečna dolžina do prvega internodija	50
Slika št. 41: Povprečne ploščine krošenj dreves.....	51
Slika št. 42: Povprečna dolžina krošnje dreves	52
Slika št. 43: Povprečna asimetričnost krošnje	52
Slika št. 44: Povprečna krivost dreves.....	53
Slika št. 45: Povprečni odklon od vertikale	54
Slika št. 46: Povprečna višina do prve žive veje	54
Slika št. 47: Povprečno število živih vej.....	55
Slika št. 48: Povprečno število mrtvih vej	56
Slika št. 49: Tip rasti po RJO razredih	56
Slika št. 50: Poškodbe po RJO razredih	57
Slika št. 51: Odvisnost vitkostnega razmerja od RJO	61
Slika št. 52: Odvisnost števila mrtvih vej od RJO.....	61
Slika št. 53: Odvisnost višinskega prirastka od RJO	62
Slika št. 54: Prikaz rezultatov analize diskriminativnih funkcij.....	65

KAZALO PRILOG

Priloga A: Medsebojne odvisnosti znakov	1
Priloga B: Stanje na področju raziskave.....	2
Priloga C: Vrzeli in primerki	3
Priloga D: Shema raziskave.....	6

1 UVOD

Bukev je osnovna vrsta večine zonalnih gozdnih združb. Njene biološke lastnosti jo uvrščajo med konkurenčno najmočnejše drevesne vrste. Glede na potencialno naravno rastlinstvo obsegajo bukovi gozdovi približno 70 % celotne površine, kar predstavlja vitalen del slovenskih gozdov (Marinček, 1987). Delež bukve v skupni lesni zalogi je leta 2003 znašal 31,5 % od skupne lesne zaloge v Sloveniji, ki je znašala 246,79 m³/ha (Poročilo o delu ..., 2004).

Značilne biološke lastnosti bukve so njena družljivost, sencozaščitnost, ekološka prilagodljivost in obilna rodovitnost. Množično se pojavlja v skupinah in gnezdih, njena krošnja je zelo gosta ter se dobro uveljavlja v zgornji plasti (Marinček, 1987). Sposobna je izkoriščati postopno dodajanje svetlobe pri širjenju vrzeli (Tognetti, 1998), kar povzroči povečanje rastnega prostora krošnje in zmanjšanje višinskega prirastka (Leibundgut, 1993). Bukev ima v razmerah šibke svetlobe izrazito lateralno razrast, ki lahko pozneje vpliva na kakovost drevesa, saj ponovni dotok svetlobe povzroči enakovredno rast več poganjkov in poveča možnost večvrhatosti (Chadwick in Bruce, 1990).

Pomlajevanje gozda je proces, pri katerem imamo opravka s kompleksom učinkov in vzajemnimi povezavami med različnimi ekološkimi dejavniki. Eden izmed najbolj pomembnih je svetloba, kjer lahko s spreminjanjem svetlobnih razmer vplivamo na razvoj in kakovost mladja ter ostale ekološke dejavnike (Sagheb-Talebi, 1994; Sagheb-Talebi, 1996). Značaj pomlajevanja v pragozdnih ostankih je izrazito malopovršinski. V razvoju ostanejo le najvitalnejši osebki, nadaljnji razvoj pa poteka v skromnih svetlobnih razmerah. V pragozdu je gostota gošč manjša, kakor v gospodarskem gozdu, glavna dejavnika za tako stanje pa sta okolje in konkurenca (Mlinšek, 1967). Na razvoj in obliko rasti posameznih osebkov, ki nimajo idealnih razmer, vpliva poleg okolja tudi genska zasnova (Cimperšek, 1988).

Na zemeljsko površino dospe sončno sevanje že močno oslABLJENO zaradi vpijanja in razpršitve v atmosferi. Energija, ki pride v jasnem dnevu do zemeljske površine obsega 2 % UV spektra, 49 % vidnega dela spektra in 49 % infrardečega dela spektra (IR) (Mitscherlich, 1971, cit. po Diaci, 1999). Rastline za proces fotosinteze uporabijo od tega samo del vidnega spektra in sicer valovne dolžine med 380 in 710 nm. Ta del spektra imenujemo fotosintetsko aktivno sevanje ali PAR (Larcher, 1995, cit. po Diaci, 1999). Pri ekoloških raziskavah nas zanima, kolikšno je razmerje med celotnim sevanjem na prostem in celotnim sevanjem na določenem mestu v sestoju. To količino, prikazano v odstotkih, imenujemo relativna jakost osvetlitve - RJO (Diaci, 1999).

Pojem razrast, ki je predmet proučevanja te naloge, obsega kvalitativne in kvantitativne značilnosti bukovih osebkov, kakor tudi lastnosti obravnavanih gošč, v katerih se ti primerki pojavljajo.

Pod pojmom kakovost smo v tej raziskavi opredelili tehnično-komercialne znake dreves, kot so, enoosnost, ravnost debla, debelina vej, čistost debla, oblika krošnje. Ti znaki nam nakazujejo zasnovo bodoče komercialne kakovosti.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Razvojna stopnja gošče je v gospodarskem smislu odločilna prelomnica v razvoju gozda. Sklenitev krošenj, ki se prične izražati pri višini 1,3 do 1,8 metra, privede do intenzivnega medsebojnega tekmovanja, s tem pa do naravnega izločanja številnih osebkov in socialnega razslojevanja (Leibundgut, 1993). Kakovostni znaki razrasti se lahko pokažejo že v tej razvojni stopnji, ni pa raziskano, ali nam ti znaki lahko predstavljajo merilo za kakovost dreves bodočega sestoja. Pri redčenju s pozitivno izbiro v letvenjaku nas vodijo kakovostni znaki debla in krošnje, s katerimi določimo izbrance za doseg ciljev (Mlinšek, 1968).

Najpomembnejši pripomoček pri gojitvenem ravnanju in trajnem vzdrževanju ekološko stabilnih gozdov je naravna obnova (Cimperšek, 1988). Pomlajevanje in nadaljnji razvoj sta odvisna od velikosti, oblike in porazdelitve vrzeli v sestoju (Coates in Burton, 1997).

Mladi sestoji potrebujejo za hiter razvoj veliko svetlobe, vendar bi pri obnovi radi izkoristili tudi prirastek starega sestoja (Cimperšek, 1988).

Vsa razmišljanja o negovalnih ukrepih tako izhajajo iz gospodarskih premislekov, in sicer iz pričakovanja, da bodo na ceno lesa tudi v prihodnje vplivali določeni kakovostni znaki. Znanje o kakovostnih lastnostih lesa ter spoznavanje kakovostnih znakov na stoječem drevju že v mladosti je temeljna zahteva za uspešno izbiro, ki temelji na načelih nege ter uspešni vzgoji dreves (Leibundgut, 1993).

Bukovi gozdovi, gospodarjeni malopovršinsko oziroma prebiralno, kažejo slabo končno kakovost hlodovine. Pomembno vprašanje, ki se postavlja je, kako svetloba v mlajših razvojnih fazah prek tehnike obnove vpliva na podobo in kakovost nastajajočega sestoja.

2 PREGLED LITERATURE

V svetu in tudi pri nas je bilo opravljenih nekaj raziskav o vplivu svetlobnih razmer na razrast in kakovost bukovega mladovja. V sestojih dinarskega gorovja Hrvaške je Šafar (1964) raziskoval bukove mlajše gošče na odprtem in pod delnim zastorom. Ugotovil je, da je pod delnim zastorom kakovost debel slabša, debelina manjša in število predrastkov večje, v vitalnosti pa razlik ni opazil.

Pri raziskavi vpliva zastiranja na bukovo mladje v gospodarskem gozdu so v primerjavi s ploskvami na odprtem dognali tesno povezavo med olistanjem in svetlobnimi razmerami. Zasenčenje je povzročilo zgodnejše olistanje, zaostajanje višinske rasti, slabšo kakovost debelc in zavrto preslojevanje (Brinar, 1969). Nasprotno je Mlinšek (1967) v pragozdu na Rogu ugotovili boljšo kakovost bukovega mladovja in ugodnejše vitkostno razmerje pod zastorom, kar je pripisal manjši gostoti osebkov.

Delež lateralne rasti pri osebkih se povečuje s povečevanjem deleža svetlobe. Bukev je pokazala majhen odziv na majhno količino svetlobe in večjo učinkovitost razporeditve listov pod zastorom, kot na odprtem (Canham, 1988).

Cimperšek (1988) pri raziskavah subpanonskega bukovja ugotavlja, da je obnovo najprimerneje pričeti s posekom na golo na majhnih površinah. Te vrzeli prinašajo veliko ekoloških prednosti s stališča razvoja mladja, prav tako pa pomenijo tudi večjo koncentracijo gozdnih sortimentov, manj poškodb na mladju in večjo preglednost pri delu. Značilne razlike v kakovosti mladij so bile ugotovljene med rastišči, izstopala so najboljša rastišča.

Pri dendrokronološki raziskavi, opravljeni v debeljaku bukve, se je največja vrednost lesa pokazala pri enakomernem priraščanju. Nenadna hitra rast v mladosti, kar je verjetno posledica spreminjanja svetlobnih razmer, je sicer oblikovala kakovostna debela bukve, vendar z manj resonančnega lesa. Raziskovalci predlagajo, naj bo odstranjevanje starega sestoja izvedeno postopno, da se izognemo napakam v lesu (Mlinšek in Baker, 1990).

Pri raziskavah pomlajevanja je Sagheb-Talebi (1994) opazil zmanjševanje relativne jakosti osvetlitve (RJO) s povečevanjem zastiranja vrzeli. Poleg višine in premera se ob večji intenziteti svetlobe povečujejo tudi višinski prirastki in pogostnost pojavljanja kresnih poganjkov. Presežki svetlobe povzročajo gojitveno nezaželene oblike razrasti. Pod popolnim zastorom pa je mladje bukve pričelo rasti horizontalno in izgubilo sposobnost tvorbe ravnega stebila. Sagheb-Talebi (1996) je raziskoval tudi znake razrasti naravno nastalega bukovega mladja pod vplivom svetlobe in drugih rastiščnih faktorjev. Ugotovil je, da svetloba vpliva na gostoto dreves, premer in višino primerkov, širino krošnje (ki je bila korelirana tudi z rastiščem), pojavljanje večjega števila terminalnih poganjkov, tvorbo in dolžino kresnih poganjkov, dolžino vrhnjega internodija in razvejanost primerkov. Številčnost terminalnih poganjkov ni vplivala ne na pogostnost pojavljanja kresnih poganjkov, ne na večjo razvejanost mladja.

Glede zastiranja s strani okoliškega sestoja so nekateri raziskovalci ugotovili povezavo med višinsko rastjo mladja in gostoto primerkov. Višina je bila večja na ploskvah pod zastorom, nasprotno se je gostota zmanjševala (Madsen in Larsen, 1997).

Pri enoletnih sadikah se je v laboratorijskih razmerah rast poganjkov in korenin zmanjševala z zmanjševanjem intenzitete svetlobe. Več suhe teže se je nalagalo v poganjke, kakor v korenine. Bukev je dobro prilagojena slabim svetlobnim razmeram tekom prvega leta življenja (Welander in Ottosson, 1997).

Na svetlobi primerki bukve zrastejo večji, kot posledica večje neto asimilacije, čeravno je indeks listne površine (LAI) manjši. Majhne vrzeli predstavljajo dobro okolje za fotosintezo in rast bukovih mladice, kot posledica manjšega svetlobnega stresa v njih in dejstva, da se mladice ob odpiranju le stežka prilagodijo nenadnemu povečanju svetlobnega sevanja (Tognetti in sod., 1998).

Raziskave vpliva gostote toka fotonov (PPFD) na rast bukovih sadik v daljšem obdobju, so pokazale pomembnost začetnih razmer na rast, morfologijo in transpiracijo pri bukovih sadikah v naslednjih letih (Welander in Ottosson, 1998).

Postopno odpiranje ne povzroči značilno povečanje debelinske rasti, kakor je to slučaj pri višinski rasti. Stopnja zastrtosti vpliva na primerke tako s količino akumulirane biomase, kakor tudi z vzorcem razporeditve biomase po različnih komponentah debla. Sposobnost primerkov, da reagirajo na odpiranje vrzeli ni odvisna od starosti (Collet in sod., 2001).

Pri naravnem pomlajevanju so gostote mladja velike, kar pri bukvi ne vpliva na povečane stroške nege, pojavlja se samonegovalni princip. Mladje bukve izkoristi velik del razpršene svetlobe, tako da ne pridobi veliko, če je izpostavljena direktni svetlobi (Modry in sod., 2004).

3 NAMEN NALOGE IN POSTAVITEV HIPOTEZ

Namen diplomske naloge je raziskati vpliv različnih svetlobnih razmer pri naravni obnovi gozdov na razrast nenegovanih bukovih gošč v preddinarskih podgorskih bukovih gozdovih združbe *Hedero-Fagetum* v območni enoti Kočevje.

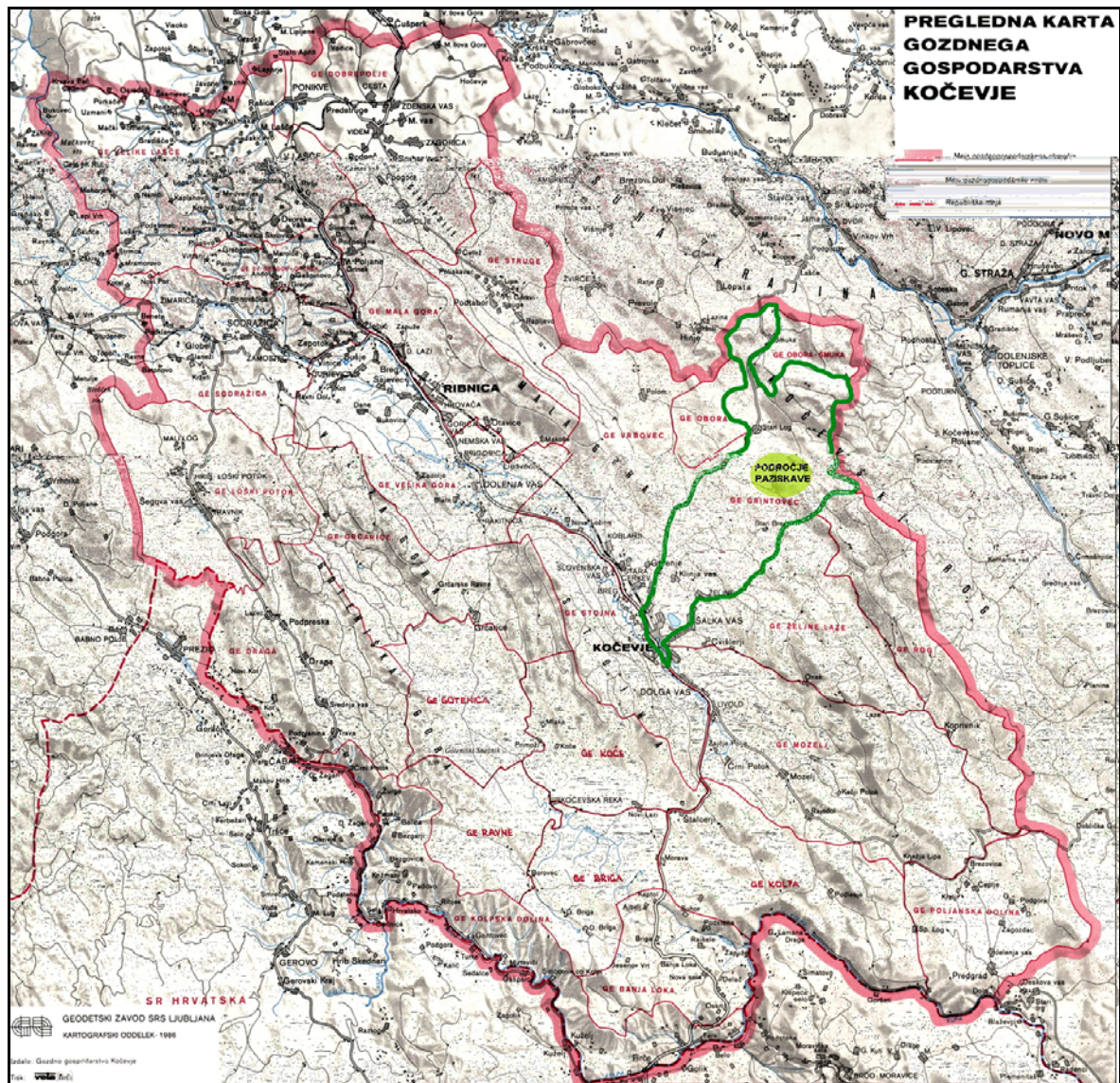
Hipoteze pričujoče naloge so:

- v primeru nenegovanega, spontanega razvoja, zmagajo najmočnejši primerki, ki pa niso najbolj kakovostni
- jakost svetlobe (velikost vrzeli) vpliva na razrast bukovih gošč
- izrazito malopovršinski (prebiralni) gojitveni sistemi negativno vplivajo na kakovost bukovih gošč

4 METODE DELA

4.1 OBJEKT RAZISKAVE

4.1.1 GGO Kočevje ter GGE Grintovec



Slika št. 1: Pregledna karta OE Kočevje z označeno GE Grintovec in področjem raziskave (ZGS OE Kočevje, 1986)

Gozdnogospodarsko območje Kočevje se nahaja na jugozahodnem delu Slovenije. Površina območja meri 117.958 ha, gozdnatost je 77,6 %. Večina območja leži na kraškem terenu, ki je razgiban s številnimi grebeni in dolinami v značilni dinarski smeri. Na oblikovanje razgibanega reliefa so vplivale kamenine apnenca in dolomita. Območje je razdeljeno na 26 gospodarskih enot (Gozdnogospodarski načrt ..., 2000).

Gozdnogospodarska enota Grintovec zajema nižinski del kočevskega polja ter se razteza proti zahodu preko gričevnatega sveta z opuščenimi kočevskimi vasmimi do vrhov severozahodnega obrobja Roga. Razdeljena je na 150 oddelkov. Površina gozdov v enoti meri 4496,61 ha, od tega je v zasebni lasti 150,52 ha. Površina gozdov se je v letih od 1990 do 1999 povečala za 396,04 ha in to predvsem na račun opuščenih kmetijskih površin. Lesna zaloga v enoti znaša 317,3 m³/ha, prirastek pa 7,89 m³/ha (Gozdnogospodarski načrt..., 2000).

Glede na drevesno sestavo gozdove v enoti delimo na jelovo-bukove gozdove, bukove gozdove, hrastovo bukove gozdove, zasmrečene gozdove in površine v zaraščanju. Najbolj razširjeni so hrastovo-bukovi gozdovi. Iglavci so boljše kakovosti kot listavci, pri listavcih je najpomembnejša vrsta bukev, ki je v večini primerov dobre do prav dobre kakovosti. Hrast je dobre kakovosti, drugi listavci pa večinoma slabe. V GE Grintovec se je v letih od 1990 do 1999 pokazal močan porast poškodovanosti zaradi objedenosti gozdnega mladja, ki pa je do leta 2000 padla na raven iz leta 1981 (28 %). Trend izboljšanja je bil ugotovljen predvsem za bukev. Vrstna sestava naravnega mladja v jelovo - bukovih gozdovih znatno odstopa od sestave odraslega gozda in gre v smeri bukovega gozda s primesjo ostalih drevesnih vrst. Kaže se negativen vpliv rastlinojede divjadi na naravno obnovo gozda. V mladju je največ belega gabra, bukve in gorskega javorja, vse vrste, razen jelke, uspešno preraščajo v višje višinske razrede (Gozdnogospodarski načrt..., 2000).

4.1.2 Matična podlaga, tla in relief

Geološko podlago tvorijo predvsem beli do sivi zgornjekredni rudninasti apnenci, sledijo jim spodnjekredni temno sivi apnenci. Na apnencih so se razvila rjava pokarbonatna tla različnih tipov, ki se mozaično prepletajo. V manjši meri pa najdemo še rjava podzoljena

tla, prhninasto prsteno rendzino na apnencu ter humozno karbonatna tla na balvanih. Značilno je dobro preperevanje kamnin, kar se odraža v karakteristikah kraške pokrajine ter razgibanem, strmem in skalovitem terenu (Gozdnogospodarski načrt..., 2000).

4.1.3 Podnebne značilnosti

Gozdnogospodarska enota Grintovec leži na obrobju Dinarskega gorstva na meji s Panonskim nižavjem, zato je tu značilno intenzivno prepletanje dveh tipov podnebja: interferenčnega in preddinarsko predpanonskega. Bližina morja pogojuje interferenčni klimatski tip, za katerega je značilen dotok toplih in vlažnih zračnih mas. Letno povprečje za enoto leži med 1300 in 1400 mm. Povprečna letna temperatura za Kočevsko znaša 8,3° C. Enota je pestra tudi v mikroklimatskem pogledu, kar je posledica razgibanega reliefa. Površinska voda se ne pojavlja, razen na mestih, kjer so plasti sivega laporja, peščenjaka, rdečkasti in zelenkasti lapor ter laporni apnenec (Gozdnogospodarski načrt..., 2000).

4.1.4 Podgorski bukovi gozdovi in gozdne združbe v GGE Grintovec

Podgorski bukovi gozdovi poraščajo gričevje in hribovje od nižin do nadmorske višine 600 m. Na izrazito hladnih pobočjih jih utesnjujejo gorski bukovi gozdovi, na prisojnih legah segajo globlje v gorski svet. Bukev je vodilna drevesna vrsta podgorskega bukovega gozda. Značilna je stalna, vendar le posamična primes belega gabra, gradna, maklena, lipovca in breka (Marinček, 1987).

Največji delež površine v GGE zastopata združbi *Hedero-Fagetum* in *Quercus-Carpinetum*, ki prekrivata 62,8 % površine enote. Sledi ji družba *Abieti-Fagetum* s 30,4 %, združbi *Hacquetio-Fagetum* in *Enneaphyllo-Fagetum* pa sta prisotni le fragmentirano. Združba *Hedero-Fagetum* se pojavlja predvsem v kolinskem pasu, čeprav se v obravnavani enoti dviga vse do 700 m nadmorske višine. Porašča položnejša pobočja različnih ekspozicij ter vrhove in grebene s srednje globokimi rjavimi pokarbonatnimi tlemi. Osnovni drevesni vrsti sta bukev in hrast graden, ki v višjih legah pogosto manjka. Posamično so primešani še beli gaber, maklen, gorski javor, češnja, lipa (Gozdnogospodarski načrt..., 2000).

4.1.5 Zgodovina preteklega gospodarjenja

Zgodovino območja, kakor tudi enote so zaznamovali grof Auersperg ter kočevski Nemci, ki so na območju živeli nekaj stoletij in živeli skupaj z gozdom in krajino. Po drugi svetovni vojni so gozdove v ureditveni enoti Stara cerkev, ki je obsegala današnje GE Grintovec in GE Vrbovec, razdelili na prebiralne in meliorativne. Osnova za primerjave na današnjo velikost GE je gozdnogospodarski načrt GE Stara Cerkev, ki je bil izdelan za obdobje od 1970 do 1979. V tem obdobju so označili oddelke v enoti, dopolnili sestojne kategorije (18), uvedli tri vrste gospodarjenja in postavili obratovalne razrede, za katere so določili cilje. Ugotovili so povečanje lesne zaloge in to predvsem v grmiščih, na račun preraščanja v višje debelinske razrede. Pri gojitvenih delih so bile premene presežene, nega pa je zaostajala (Gozdnogospodarski načrt..., 2000).

V obdobju od leta 1980 do 1989 uvedejo 27 gozdnogospodarskih razredov in enoto razdelijo na 137 oddelkov. Izločen je gozdni rezervat Pugled - Žiben. Načrtovana gojitvena dela so bila v veliki meri dosežena. V obdobju od leta 1990 do 1999 je ostalo število oddelkov nespremenjeno, dodatno pa jih delijo še na 339 odsekov. Izločen je še poskusni gospodarski razred, ki je prednostno namenjen divjadi. Lesna zaloga se je dvignila za 7 %, razmerje iglavci : listavci je 42 : 58 %. Realizacija etata je v državnih gozdovih znašala 102 %, v zasebnih 56 %. Večina gojitvenih del se je osredotočila na zaščito smrekovih nasadov pred objedanjem divjadi, najslabša pa je bila realizacija pri negi gošče in letvenjaka (Gozdnogospodarski načrt..., 2000).

V gospodarskem razredu 201 (*Hedero-Fagetum*-skupinsko raznodobni) je bil v preteklem desetletju (1990 - 1999) izveden posek 28791,21 m³ lesa oziroma 48,69 m³/ha. Večino posekanega drevja je predstavljala bukev (67 %), sledi smreka (12 %) ter trdi listavci (8 %). Indeks obnove je v gospodarskem razredu 201 znašal 0,74, indeks nege 1,52 ter indeks varstva 1,12 (Gozdnogospodarski načrt..., 2000).

4.2 METODOLOGIJA DELA

4.2.1 Področje raziskave

Področje raziskave, na katerem smo preučevali dinamiko naravne obnove bukove gošče, je bilo določeno z združbo *Hedero-Fagetum*, ki skupaj z družbo *Querco-Carpinetum* prekriva večino gozdnogospodarske enote Grintovec. Po posvetovanjih z mentorjem diplomske naloge, asistentom na Katedri za gojenje gozdov ter ogledu terena skupaj z revirnim gozdarjem smo v določenih oddelkih izločili možne vrzeli, ki smo jih pozneje natančneje preučili z vidika ustreznosti metodam raziskave. Terenske meritve na preučevanem območju so potekale v mesecu avgustu 2003.

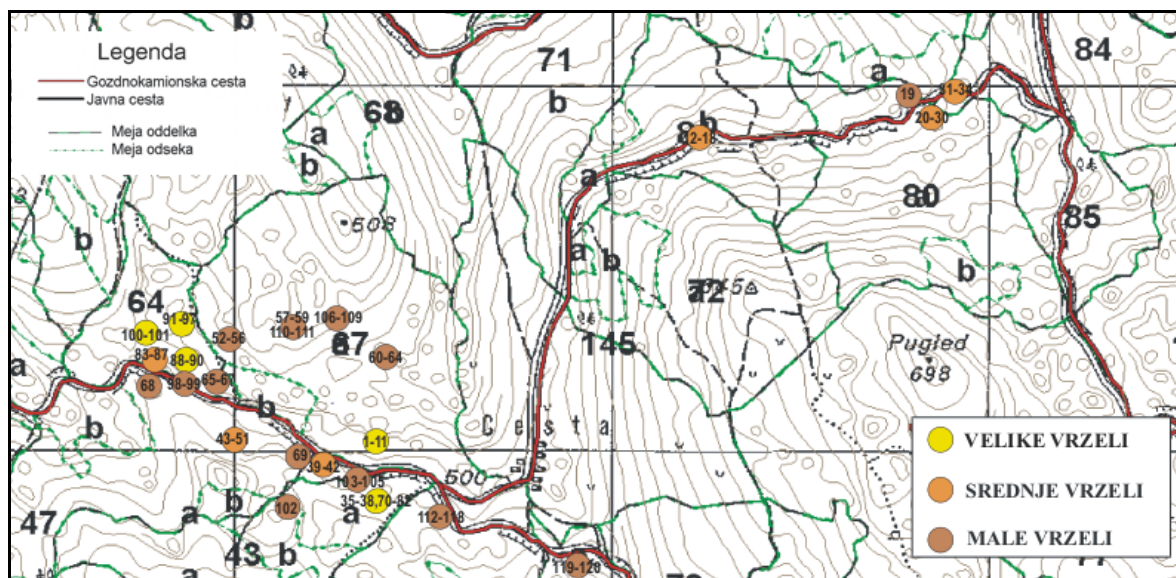
4.2.2 Izbira vrzeli

Vrzeli smo izbrali na podlagi več kriterijev. Iskali smo vrzeli, v katerih je bilo pomlajevanje naravno, nega mladja in gošče v vrzelih pa izvedena v minimalni možni meri ali celo izvzeta. Gošča bukke v vrzelih naj bi bila približno enake starosti ter čim višja, da bi bili znaki kakovosti bolj razpoznavni.

Dinamiko obnove predstavlja prostorski in časovni red, torej velikost vrzeli, njihovo širjenje in časovni razpored oblikovanja ter širjenja vrzeli. Glede na velikost smo preučevali tri različne tipe vrzeli:

- za izločitev velikih vrzeli je bila odločilnega pomena njihova velikost (več kot 0,5 hektarja površine) in dejstvo, da je bila vrzel oblikovana v trenutku pričetka obnove in pozneje ni bila razširjena
- za srednje vrzeli je bila prav tako pomembna velikost (do 0,5 hektarja površine), širitev vrzeli pa ni vplivala na izbiro, v kolikor ni pri tem prihajalo do poškodb med osebki gošče
- male vrzeli ni določala velikost, temveč predvsem stanje v njej; mladovje naj bi se razvijalo pod sklepom matičnega sestoja brez ukrepanja s strani človeka

Na velikih in srednjih vrzelih je bil pogoj tudi možnost zakoličenja večjega števila ploskev, v malih vrzelih pa to pogosto ni bilo možno, zato se v teh vrzelih pogosto pojavlja samo ena. Izbrane vrzeli smo na podlagi mreže ploskev vrisali na milimetrski papir in pozneje ugotovili njihove površine v arih.



Slika št. 2: Karta lokacij vrzeli (izsek karte GE Grintovec M 1: 25 000, OE Kočevje. 1995)

Vrzeli, ki smo jih izločili, so bile oblikovane v zadnjih 20 letih. Sestoji, v katerih so se nahajale vrzeli, so bili večinoma v razvojni fazi debeljaka (priloga B, preglednica št. 1). Zgornje višine so 25 - 28 m, starosti od 90 - 110 let. Drevesna sestava je bila bukev (69 %), smreka (22 %), graden (6 %) in beli gaber (3 %).

4.2.3 Izbira in postavitve raziskovalnih ploskev

Pri izbiri vrzeli in postavitvi ploskev v vrzelih smo upoštevali načelo o nepoškodovanosti gošče pri obnovi in širjenju vrzeli ter nepoškodovanosti s strani divjadi. Vseh ploskev je bilo 120, od tega 40 v velikih vrzelih, 40 v srednjih in 40 v malih vrzelih. Vrzeli smo zavoljo razlikovanja poimenovali. Za postavitve ploskev v vrzelih je bila pomembna naključnost pri izbiri prve ploskve, kar smo zagotovili z metanjem količka za hrbet. Ta točka v ploskvi, kot tudi vse v sosednjih ploskvah so bile oštevilčene in zakoličene.

Predstavljala je jugozahodni kot ploskve velikosti 5 x 5 metrov (0,25 ara). Stranice ploskve smo omejili z merskim trakom, prav tako smo zakoličili ostale kote kvadratne ploskve. Smeri stranic so se ravnale po smereh neba.

Nadaljnje ploskve smo postavljali okrog prve ploskve in pri tem zopet zasledovali smeri neba. Razdalja med stranicama sosednjih ploskev je znašala 2,5 metra, torej je bila razdalja med JZ označenimi količki 7,5 metra. Izjeme v sistematičnosti postavitve, ki so se pojavljale zaradi terena, poškodb v gošči, smo označili na skicah vrzeli. Večina zakoličenih ploskev je bila na ravnem ali blago nagnjenem terenu, po ekspoziciji večinoma severnih in severovzhodnih.

4.2.4 Meritve na raziskovalnih ploskvah

Za določitev kazalnikov ploskev ter nekaterih znakov razrasti posameznih primerkov smo uporabili metode dosedanjih raziskovalcev bukovega mladovja: Šafar (1964), Mlinšek (1967), Brinar (1969), Cimperšek (1988), Sagheb - Talebi (1994, 1996). Preostale znake pa smo določili na posvetovanjih z mentorjem ter asistentom Katedre za gojenje gozdov.

Stranice vseh ploskev smo omejili z metrskim trakom. Za zapisovanje vseh znakov smo imeli oblikovano posebno preglednico, v katero smo vpisovali vse, kar je bilo premerjeno in opisano. Na omejeni ploskvi smo najprej prešteli vse primerke po drevesnih vrstah in drevesa, ki predstavljajo gornji sloj (s svojimi krošnjami v tlorisu pokrivajo celotno ploskev). Prisotnost predrastkov na ploskvi smo zabeležili s številko 1, odsotnost z 0.

Določili smo stopnjo zastiranja ploskve. Okrog ploskve smo prehodili pas razširjen za 2,5 metra, ter na tej razširjeni ploskvi ocenili stopnjo zastiranja starega sestoja. Starost bukev na ploskvah oziroma vrzelih smo ocenili iz odrezkov ter iz podatkov o ukrepih pri obnovi v GGE Grintovec v preteklih desetletjih. Dodali smo tudi leta, ki jih je mladje doseglo pred uvajanjem v obnovo.

Na vsaki ploskvi smo izbrali deset primerkov za podrobno raziskavo. Pri izbiri primerkov smo kot glavni kriterij izbire, upoštevali višino ter enakomerno razmestitev po ploskvi. Na

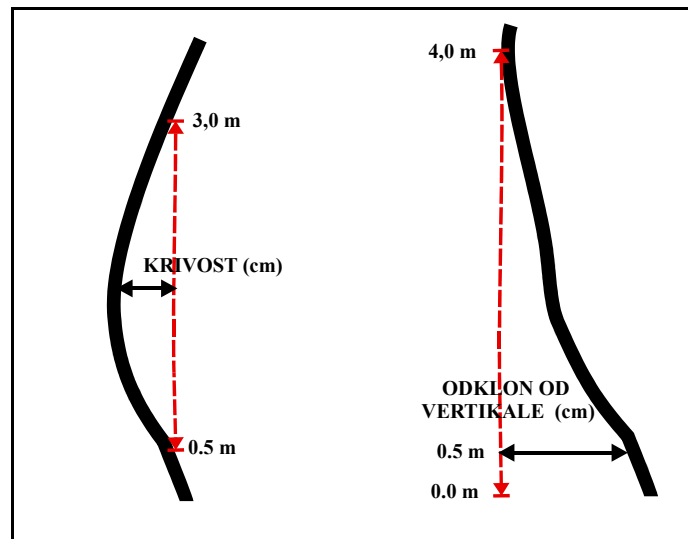
ta način smo na ploskvah velikosti 0,25 ara dobili 400 primerkov za vsak tip vrzeli (skupaj 1200 primerkov), ki bodo predvidoma predstavljali možne kandidate pri izbiralnem redčenju v prihodnosti.

4.2.4.1 Kvantitativni znaki izbranih bukev gornjega sloja

Pri izbranih primerkih na ploskvah smo merili različne kvantitativne znake. Pri meritvah smo si pomagali z železno palico (dolžina 5,5 metrov), na kateri so bile označene vse potrebne višine, ki smo jih za posamezne znake potrebovali. Znaki, ki smo jih merili na posameznem primerku, so:

- višina primerka: merili smo na 0,25 metra natančno, nad višino 5 metrov na 0,5 metra natančno
- premer v prsni višini: na višini 1,3 metra merjeno s kljunastim merilom na milimeter natančno
- višinski prirastek: merjena je bila dolžina prirastka v letu raziskave na milimeter natančno; pri meritvah smo visoke primerke zvili
- dolžino kresnih poganjkov: če so bili prisotni na primerkih smo jih izmerili na milimeter natančno in vrednost prišteli k višinskemu prirastku
- dolžino od vrha terminalnega poganjka do prvega internodija (stranskega poganjka) na milimeter natančno
- višina do tal do prve žive veje: izmerili smo jo z metriskim trakom na centimeter natančno
- širina krošnje: premerili smo krošnjo v največji širini ter pravokotno na to smer, zahtevana natančnost je bila decimetrska
- odklon debla od vertikale: palico smo prislonili k primerku pri 4 metrih višine (če te višine primerek ni dosegal, smo jo prislonili pri nižji višini in jo zapisali v obrazec), jo postavili vertikalno in merili odmik debla od palice pri višini 0,5 metra; tako smo dobili odmik od vertikale v cm/3,5 m
- krivost: palico smo prislonili ob deblo primerka pri 0,5 metrih ter pri 3 metrih višine palice. Tako smo dobili podatek o krivosti v cm/2,5 metra dolžine debla

- število mrtvih in živih vej: smo merili do 4 metrov višine primerka (če te višine niso dosegali smo upoštevali nižjo višino in jo zabeležili v obrazec); pri obeh smo upoštevali premer vej, ki je znašal vsaj tretjino premera primerka pri višini 1,3 metra; pri odmrlih vejah nismo upoštevali zraslih grč



Slika št. 3: Prikaz merjenja krivosti in odklona od vertikale

4.2.4.2 Kvalitativni znaki izbranih bukev gornjega sloja

- poškodbe smo uvrstili v tri razrede:
 - 0 - ni poškodb
 - 1 - poškodbe pri sečnji
 - 2 - poškodbe po toči.
- tip rasti smo določili glede na število terminalnih poganjkov; oblikovali smo tri stopnje:
 - 1 - enovrhati
 - 2 - dvovrhati
 - 3 - večvrhati

4.2.5 Meritve svetlobe

Meritve svetlobnih razmer na ploskvah smo izvedli z istočasnimi meritvami na raziskovalnih ploskvah ter na odprti vrzeli v bližini, ki je obenem predstavljala tudi veliko vrzel. Na ploskvah smo izvedli meritve na višini 5,5, na odprtem pa na višini 1,5 m od tal. Pomagali smo si s teleskopsko palico. V sredini vsake ploskve sta bili opravljeni dve meritvi, ki smo jih posneli v jasnem vremenu po sončnem zahodu dne 14. junija ter 15. julija 2004 v dopoldanskem času in enakomerno oblačnem vremenu.

Za meritve smo uporabili dve napravi LAI-2000 Plant canopy analyzer, na kateri smo priklopili LI-COR kvantna senzorja 190SA. Ti senzorji merijo fotosintetsko aktivno sevanje (PAR), v razponu od 400 do 700 nm valovne dolžine. Enota, v katerih senzor izvaja meritve, je $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (Navodila za LI-COR, 1995).



(a)



(b)

Slika št. 4: LI-COR kvantni senzor 190SA (a) in LAI-2000 Plant canopy analyzer (b)
(<http://www.licor.com>..., 2004)

Na podlagi opravljenih meritev smo izračunali relativne jakosti obsevanja (RJO) v odstotkih za posamezne ploskve. Podobne metode meritev so uporabili tudi drugi raziskovalci: Madsen (1995), Welandar, Ottosson (1997) in Emborg (1998).

4.2.6 Metode iz vrednotenja rezultatov

S statistično analizo smo ugotavljali razlike znakov dreves in kazalcev ploskev med tipi vrzeli ter razredi RJO s pomočjo analize kovariance. Kot kovariato smo uporabili višino. Za preskušanje razlik kvalitativnih znakov po tipih vrzeli ter razredih RJO smo uporabili Pearsonov χ^2 - test. Za preskus razlik pojavljanja predrastkov med tipi vrzeli smo uporabili Cochranov test, med razredi pa Pearsonov χ^2 -test, saj je bilo število ploskev znotraj razredov različno.

Z linearno regresijo smo ugotavljali odvisnosti kazalnikov ploskev in znakov dreves od relativne jakosti obsevanja in medsebojne odvisnosti znakov primerkov. R^2 je korelacijski koeficient, ki nam podaja stopnjo odvisnosti med odvisnim in neodvisnim znakom. Z F-testom smo preskušali regresijsko odvisnost med odvisnim in neodvisnim znakom pri določeni stopnji tveganja.

Z diskriminativno analizo smo poskušali izločiti znake, ki posamezen primerki umestijo v določen svetlobni razred. Parcialne Wilksove lambde (λ) so ekvivalentne parcialnim korelacijskim koeficientom pri multipli regresiji. Manjša, kot je vrednost tega koeficienta, večja je razlikovalna moč določenega znaka. R^2 nam za posamezen znak pove stopnjo odvisnosti tega znaka od ostalih znakov, ki se pojavijo v modelu. S kanonično analizo smo izračunali diskriminativne funkcije, da bi videli, kako so znaki diskriminirani po razredih. Standardizirani koeficienti se nanašajo na standardizirane spremenljivke (primerljive ravni) in nam služijo za interpretacijo.

Vse statistične analize smo izvedli s statističnim programom Statistica.

5 REZULTATI

S pomočjo kvalitativnih in kvantitativnih znakov smo analizirali in primerjali bukovno goščo na ploskvah treh tipov vrzeli in svetlobne razmere v njih.

5.1 VRZELI IN SVETLOBNE RAZMERE

5.1.1 Površine vrzeli

Vrzeli, ki smo jih določili za raziskavo, se po površini razlikujejo med seboj. Največja vrzel je tako v oddelku 67 s površino 120 arov, najmanjše izločene vrzeli pa so v povprečju velike okoli 1 ara (njihovo število je 21). V srednjih vrzelih je povprečna površina malo manj kot 14 arov (preglednica št. 1).

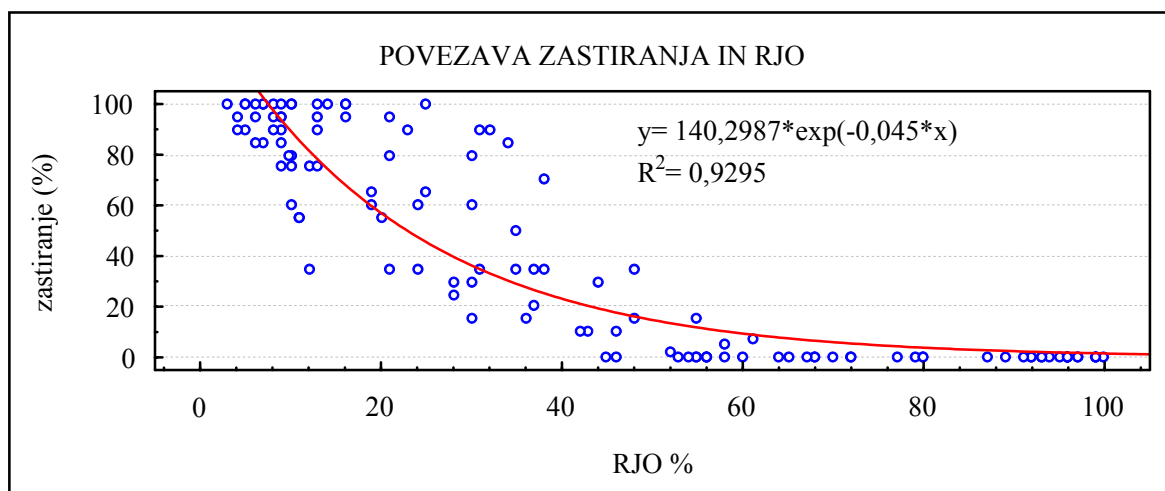
Preglednica št. 1: Prikaz števila in povprečnih velikosti vrzeli po oddelkih

ODDELKI	TIP VRZELI					
	VELIKE		SREDNJE		MALE	
	število vrzeli	povp. površine (ar)	število vrzeli	povp. površine (ar)	število vrzeli	povp. površine (ar)
64	3	57,00	1	13,50	2	2,43
47a			2	15,50	2	2,50
67a	1	120,00			10	0,28
43a	1	66,00			2	0,63
38a					3	0,82
37a					1	0,50
81b			2	8,75		
80a			1	40,00	1	3,00
84			2	3,50		
Σ	5	71,40	8	13,56	21	0,99

5.1.2 Stopnja zastiranja in RJO

Z večanjem stopnje zastiranja se zmanjšuje relativna jakost obsevanja na posameznih ploskvah, pri tem je vrednost korelacijskega koeficienta visoka, kar nakazuje tesno eksponentno odvisnost med kazalcema (slika št. 5). Regresijska odvisnost je statistično

značilna. Do največjih odstopanj prihaja pri zastiranju 0 %, kjer niha vrednost relativne jakosti obsevanja od 45 do 100 %



Slika št. 5: Povezava med stopnjo zastiranja in RJO

5.2 RAZRAST PO TIPIH VRZELI

Zaradi različnih višin po vrzelih smo za statistično analizo uporabili analizo kovariance (kovariata je bila višina). Povprečne dejanske vrednosti kazalcev in znakov smo prikazali v slikah (box - whiskerji), prilagojene pa za nekatere kazalce in znake v oklepaju, če so bile razlike med povprečnimi vrednostmi očitne.

5.2.1 Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev in njihova primerjava po tipih vrzeli

5.2.1.1 Kazalniki ploskev

Svetlobne razmere

Stopnja zastiranja

Ocenjena stopnja zastiranja je bila v skladu s pričakovanji največja v malih vrzelih in najmanjša v velikih, kjer je tudi standardni odklon najmanjši. Pri srednjih vrzelih smo

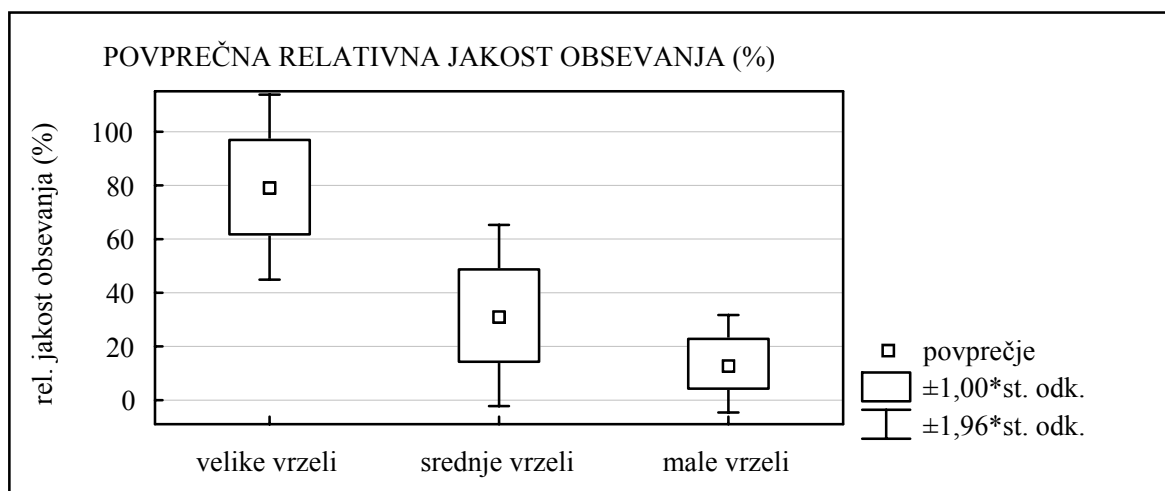
ugotovili velik odklon in razpon med najnižjo in najvišjo oceno zastiranja (0 - 90 %), ki se pojavlja zaradi raznolikosti postavitve ploskev znotraj teh vrzeli (preglednica št. 2).

Preglednica št. 2: Stopnja zastiranja po tipih vrzeli

TIP VRZELI	STOPNJA ZASTIRANJA (%)			
	povprečje	st. odklon	min	max
velike vrzeli	0,17	0,84	0	5
srednje vrzeli	36,17	26,44	0	90
male vrzeli	91,50	9,62	65	100

Relativna jakost obsevanja- RJO

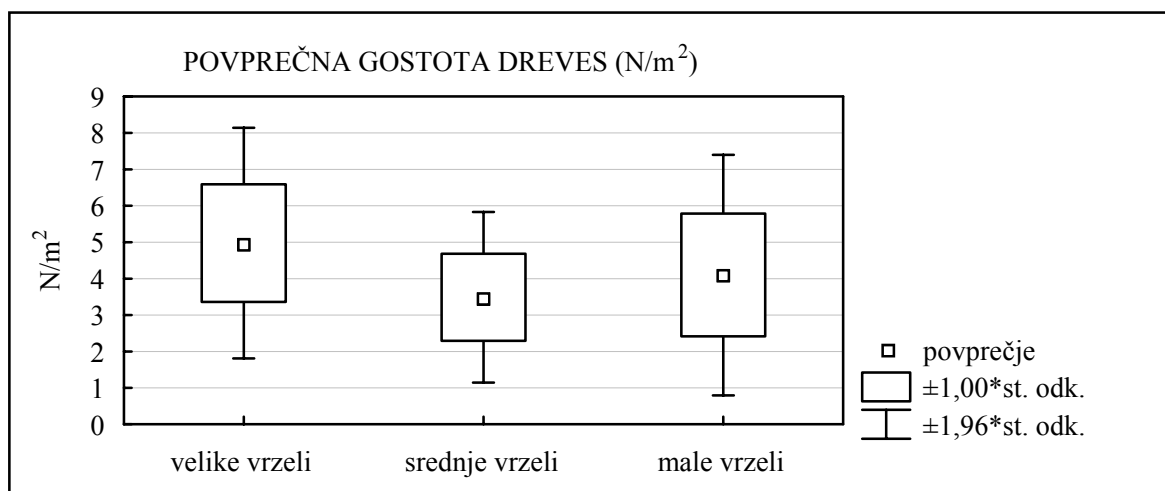
Relativna jakost obsevanja je bila največja v velikih vrzelih (povprečje 79,30 %) in pada do najmanjše (13,55 %) v malih. Znotraj velikih vrzeli smo zasledili velike razlike med najmanjšo (45 %) in največjo vrednostjo (100 %), kar je posledica vpliva bližnjih robnih dreves sestoja. Podobno je bilo tudi v srednjih vrzelih, kjer je raznolikost vrednosti RJO (najmanjša 5 % in največja 67 %) zopet možno pojasniti s postavitvijo ploskev znotraj vrzeli. Manjše razlike v vrednostih RJO (3 - 38 %) se kažejo v malih vrzelih (slika št. 6, preglednica 3; str. 26).



Slika št. 6: Povprečna relativna jakost obsevanja

Gostota dreves

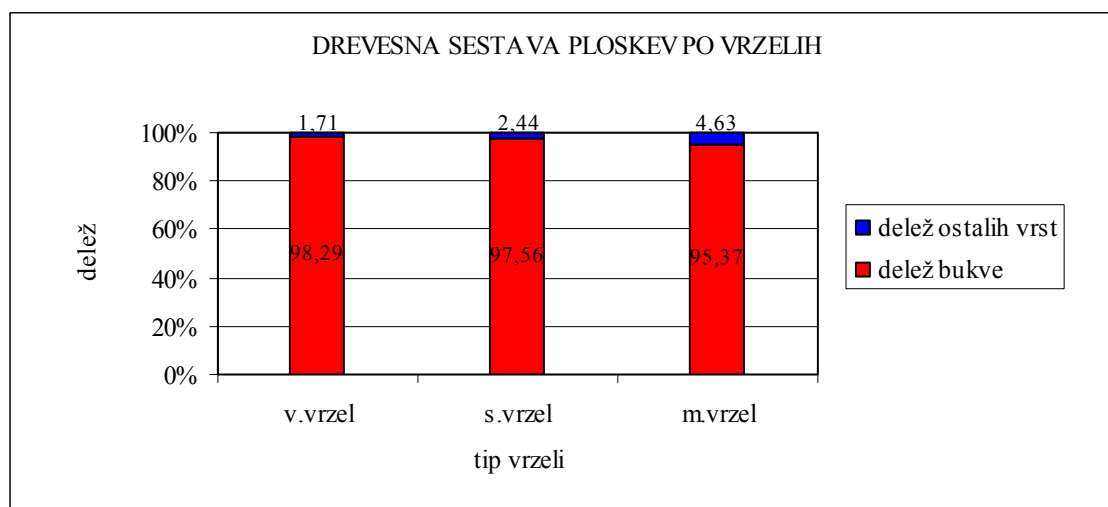
Povprečna gostota dreves na ploskvah je bila največja - 5,00 N/m² (4,93 N/m²) v velikih, najmanjša - 3,49 N/m² (3,70 N/m²) v srednjih vrzelih, nepričakovano visoka pa je bila v malih - 4,10 N/m² (3,93) N/m². Prav tako je bila največja vrednost gostote v veliki vrzeli, ki znaša 8,9 N/m² in najmanjša z 1,5 N/m² v srednji vrzeli (slika št. 7, preglednica št. 3; str. 26).



Slika št. 7: Povprečna gostota dreves po vrzelih

Drevesna sestava

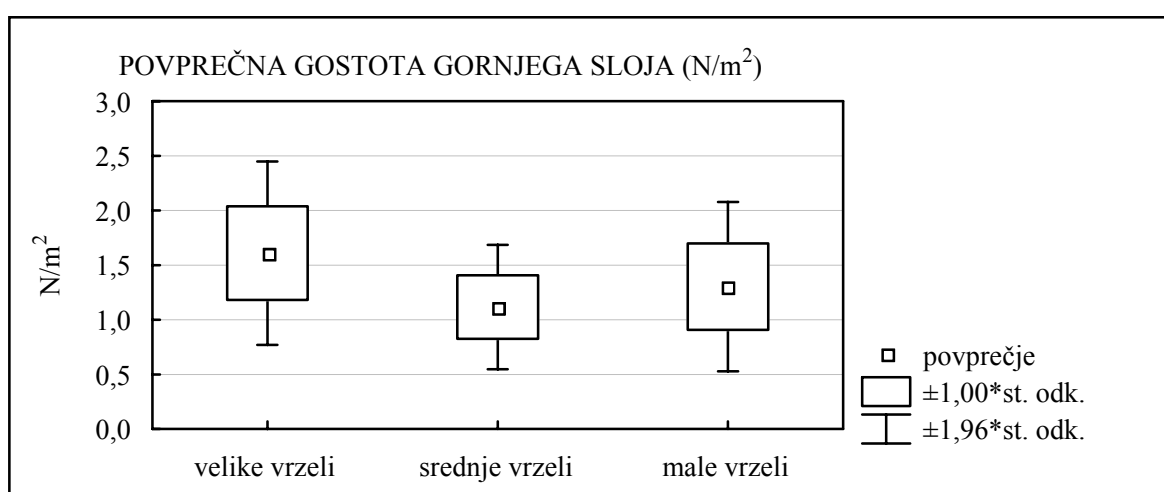
V vseh vrzelih je absolutno prevladovala bukev, delež ostalih drevesnih vrst pa je bil povprečno največji v malih vrzelih (4,63 %). Od ostalih vrst so se največ pojavljali gorski javor, smreka, veliki jesen, graden ter lipa (slika št. 8, preglednica št. 3; str. 26).



Slika št. 8: Drevesna sestava na ploskvah po vrzelih

Gostota gornjega sloja

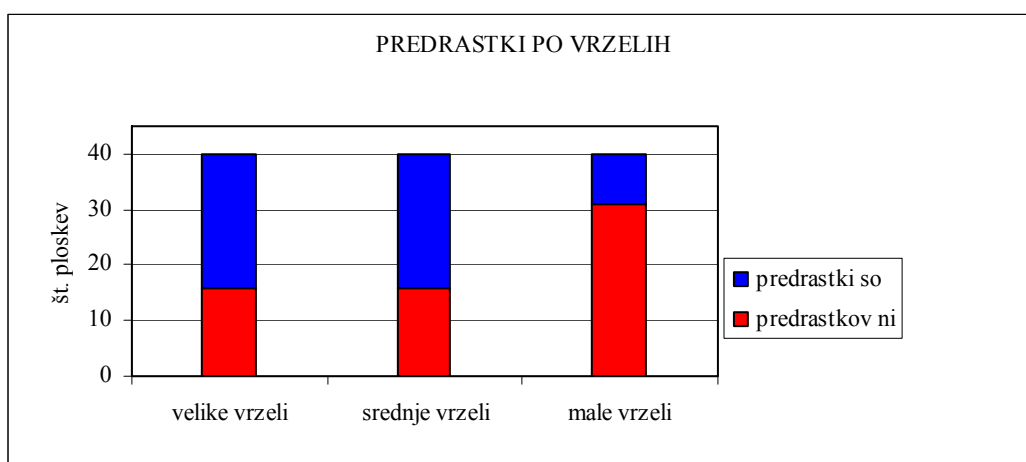
Pri povprečnih gostotah gornjega sloja smo ugotovili največjo vrednost - $1,61 \text{ N/m}^2$ ($1,59 \text{ N/m}^2$) v velikih vrzelih, najmanjše - $1,30 \text{ N/m}^2$ ($1,24 \text{ N/m}^2$) pa v srednjih, kar je podobno kot pri povprečni gostoti dreves. Pri primerjavi gornjega sloja v odstotkih od povprečne gostote dreves, smo ugotovili, da ni razlik med tipi vrzeli, saj deleži neznatno (manj kot 0,5 %) varirajo okrog 33 % (slika št. 9, preglednica št. 3; str. 26)



Slika št. 9: Povprečna gostota gornjega sloja po vrzelih

Predrastki

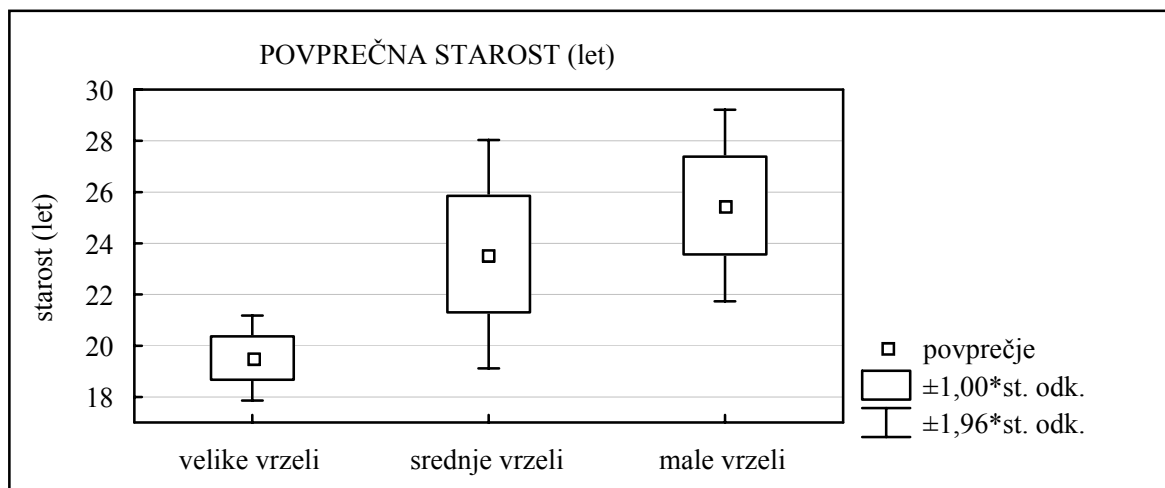
Predrastke bukve smo zabeležili na 24 ploskvah v velikih in srednjih vrzelih. Taki osebki so verjetno rasli že pred oblikovanjem vrzeli, z dodajanjem svetlobe so se razrasli v visoke, vendar nekakovostne bukve. V malih vrzelih je bil pojav predrastkov znatno manjši, saj smo jih zabeležili le na 9 ploskvah, na 31 pa jih nismo zasledili (slika št. 10, preglednica 4; str. 26).



Slika št. 10: Predrastki na ploskvah po tipih vrzeli

Ocena starosti

Največjo povprečno starost (25,5 let) smo ugotovili v malih vrzelih, za 5 let so mlajši primerki v velikih vrzelih. V teh vrzelih je bila razlika med največjo in najmanjšo oceno starosti najnižja (2 leti), medtem ko je pri drugih dveh tipih vrzeli ta razlika 6 let (slika št. 11, preglednica št. 3; str. 26). Pri ocenah starosti je možna tudi napaka v ocenah, ki je ni bilo možno ugotoviti.



Slika št. 11: Povprečna starost po vrzelih

5.2.1.2 Primerjava kazalnikov ploskev

S statistično analizo smo želeli ugotoviti, ali se ugotovljeni kazalci ploskev po tipih vrzeli med seboj značilno razlikujejo. Za testiranje razlik smo zaradi različnih povprečnih višin uporabili analizo kovariance, kjer kot kovariata nastopa višina. Za kazalnik RJO analize kovariance in izračuna prilagojenih vrednosti nismo izvedli, podali smo le povprečne dejanske vrednosti. Razlike v pojavljanju predrastkov, smo preskusili s Cochranovim testom.

Za vse kazalnike ploskev ($N=120$) smo z analizo kovariance ugotovili, da so razlike med tipi vrzeli statistično značilne. Prilagojene vrednosti gostote dreves so se z metodo analize kovariance v srednji vrzeli povzpele iz 3,49 na 3,70 dreves/ m^2 , kar je pa še vedno najmanj izmed vseh treh tipov vrzeli (preglednica št. 3; str. 26). Razlike med prilagojenimi vrednostmi gostote ostalih vrst so bile najmanj značilne, absolutno število primerkov je bilo na vseh ploskvah izredno majhno, v povprečju le tri na ploskev.

Preglednica št. 3: Povprečja in analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po tipih vrzeli (N=120)

KAZALNIKI PLOSKEV		VELIKE VRZELI	SREDNJE VRZELI	MALE VRZELI	R ²	F-test	p
		povprečje					
gos. dreves (N/m ²)	dejansko	5,00	3,49	4,10	0,2138	10,51	0,000*
	prilagojeno	4,93	3,70	3,93			
gos. bukev (N/m ²)	dejansko	4,89	3,40	3,92	0,2286	11,46	0,000*
	prilagojeno	4,85	3,62	3,74			
gos. ost. vrst (N/m ²)	dejansko	0,09	0,09	0,20	0,0967	4,14	0,008
	prilagojeno	0,09	0,08	0,20			
gos. g. sloja (N/m ²)	dejansko	1,61	1,12	1,30	0,3660	22,33	0,000*
	prilagojeno	1,59	1,19	1,24			
st. zastiranja (%)	dejansko	0,18	36,18	91,50	0,8503	219,70	0,000*
	prilagojeno	-0,11	37,54	90,41			
RJO (%)	dejansko	79,30	31,53	13,55	0,6654	76,89	0,000*
starost (let)	dejansko	19,53	23,58	25,48			
	prilagojeno	19,53	23,56	25,49			

S Cochranovim testom smo ugotovili, da pri pojavljanju predrastkov obstajajo statistično značilne razlike med tipi vrzeli. Predrastki se pojavljajo na 57 ploskvah (preglednica št. 4).

Preglednica št. 4: Preskus razlik pojavljanja predrastkov po tipih vrzeli (N=120)

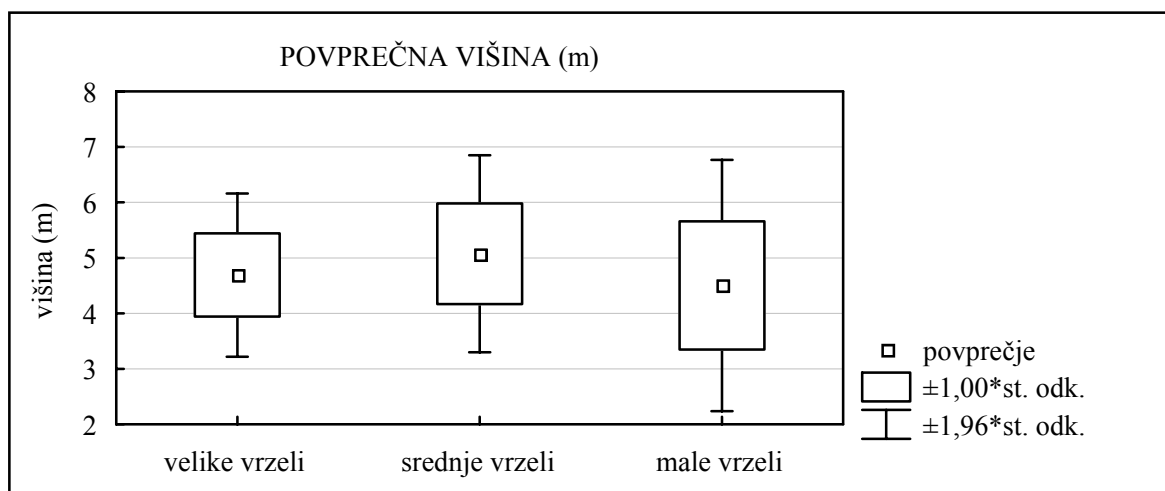
TIP VRZELI	PREDRASTKOV NI		PREDRASTKI SO		Q	st. pr.	p
	število	delež (%)	število	delež (%)			
velike vrzeli	16	40,0	24	60,0	14,52	2	0,007
srednje vrzeli	16	40,0	24	60,0			
male vrzeli	31	77,5	9	22,5			
Σ	63		57				

5.2.2 Povprečne vrednosti znakov izbranih primerkov gornjega sloja po vrzelih in njihova medsebojna primerjava

5.2.2.1 Kvantitativni znaki dreves

Višina

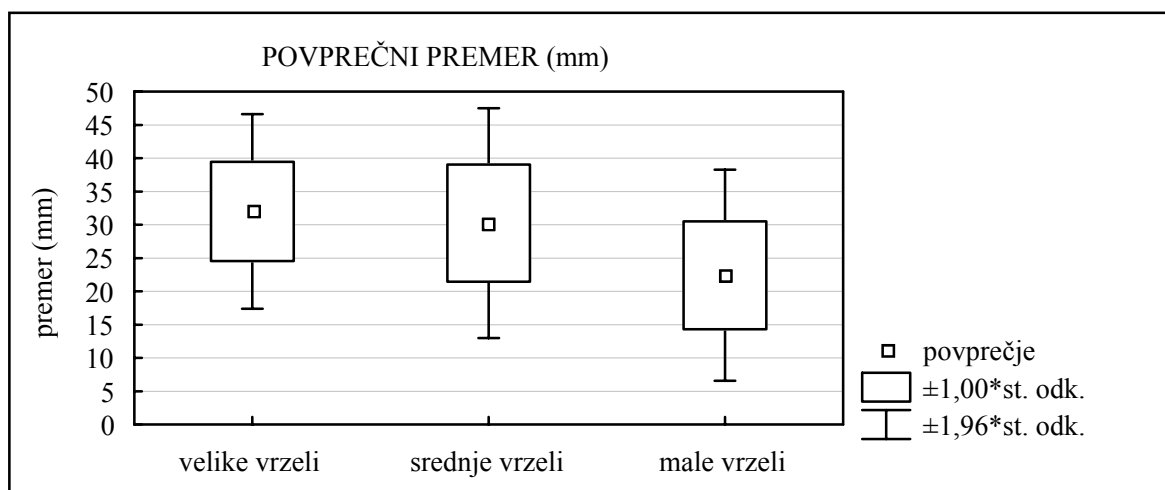
Najvišje buke so bile v srednjih vrzelih, povprečna višina je znašala 5,1 m, večjih razlik med velikimi - 4,7 m in malimi - 4,5 m pa ni bilo (slika št. 12, preglednica št. 5; str. 40). V malih vrzelih smo izmerili najvišjo, 8,5 m visoko in tudi najnižjo, 2,25 metrsko bukev. Prav tako so bili v malih standardni odkloni največji, čemur je lahko bil razlog v številčnosti izbranih vrzeli (21) ter različnih starostih primerkov.



Slika št. 12: Povprečna višina dreves

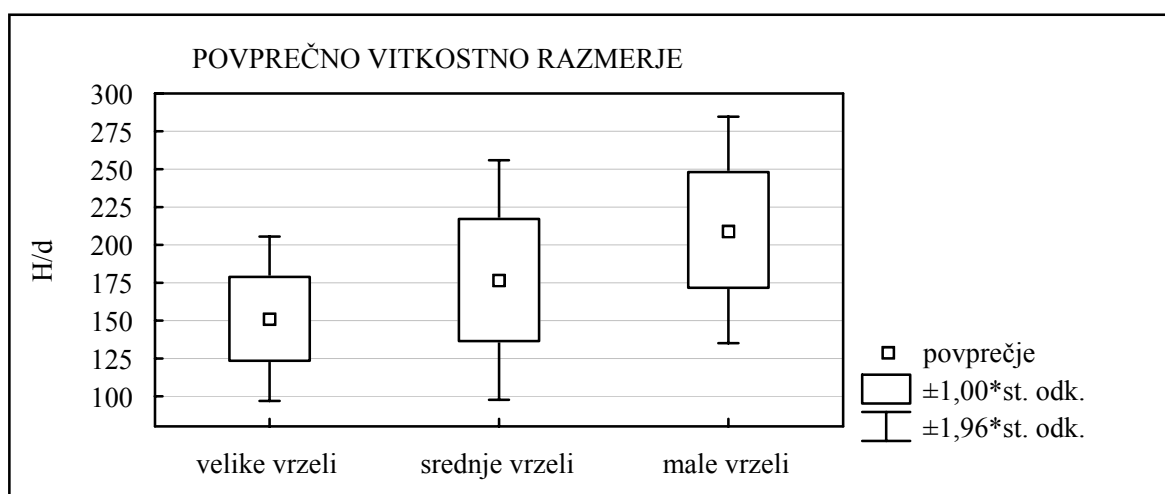
Premjer

Povprečna premera sta bila v velikih in srednjih vrzelih približno enaka in sicer vrednosti 32 (32,4 mm) in 30 mm (28 mm), le da je bil standardni odklon pri srednjih večji. V malih vrzelih smo ugotovili najmanjše povprečje - 22 mm (24 mm), čeprav smo v eni izmed njih izmerili najdebelejši primerek s premerom 60 mm (slika št. 13, preglednica št. 5; str. 40). Najtanjši primerek je bil izmerjen v srednji vrzeli in je znašal 8 mm.



Slika št. 13: Povprečni premer dreves

Vitkostno razmerje

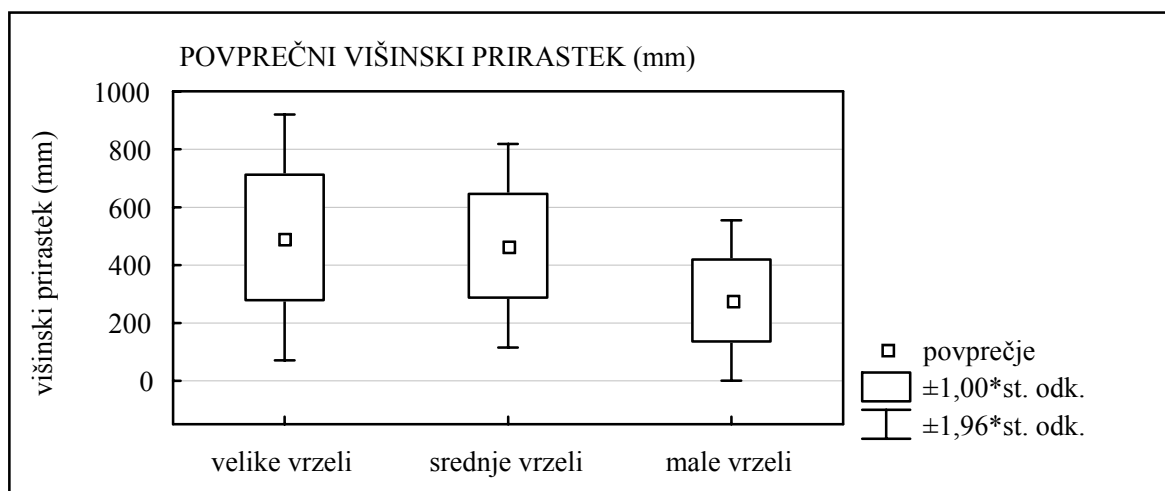


Slika št. 14: Povprečno vitkostno razmerje dreves

Vitkostno razmerje smo izrazili kot kvocient med višino in premerom posameznih primerkov. Povprečna razmerja so se povečevala z zmanjševanjem velikosti vrzeli. Največje odstopanje se je pojavilo v srednjih vrzelih (st.odk. 40,36), kjer je bil opažen tudi primerek z najvišjim vitkostnim razmerjem (338), najnižjega ($H/d = 83$) pa smo zasledili v velikih vrzelih. Povprečno največje je bilo razmerje v malih vrzelih, najmanjše pa v velikih (slika št. 14, preglednica št. 5; str. 40).

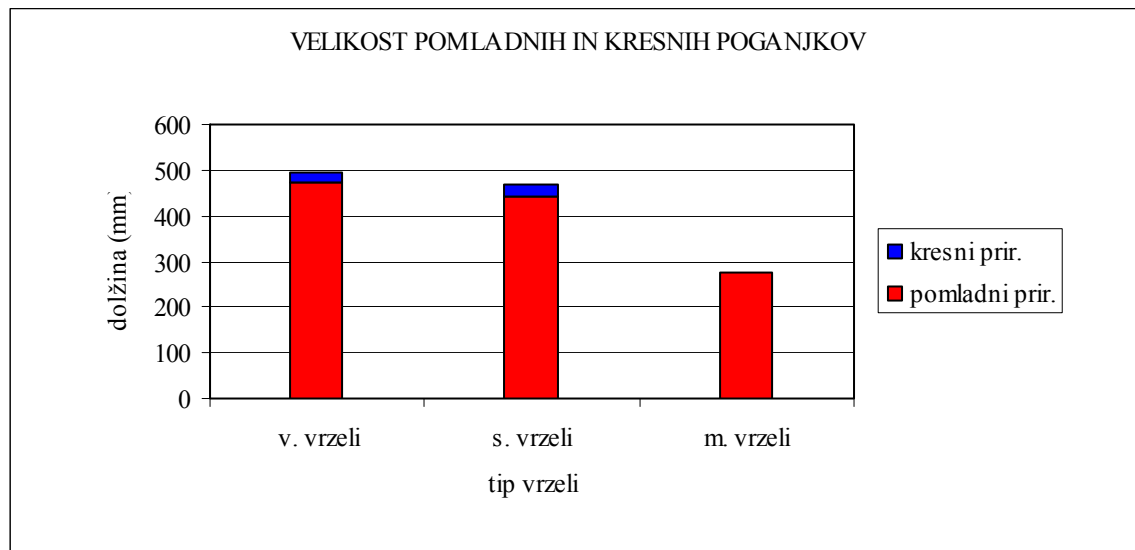
Višinski prirastki

Višinski prirastek je bil v povprečju približno enak v velikih, kjer je njegova vrednost 474 mm in srednjih vrzelih, kjer je bila 441 mm. Standardni odklon je bil največji v velikih, opazno nižja sta bila povprečje, ki znaša 276 mm in odklon v malih vrzelih (slika št. 15, preglednica št. 5; str. 40). Najnižja vrednost prirastka (0 mm) se je pojavila v veliki vrzeli, za kar pa ni bilo vidnega razloga (poškodbe po toči).



Slika št. 15: Povprečni višinski prirastek dreves

Poleg pomladnega višinskega prirastka so nekatera drevesa tvorila kresne poganjke, ki so bili največji v srednjih vrzelih, njegova povprečna vrednost je znašala 25,7 mm. Najmanjši je bil v malih vrzelih, kjer je povprečno meril le 2,00 mm. V velikih vrzelih je povprečje kresnega prirastka znašalo 21,2 mm (slika št. 16, preglednica št. 5; str. 40).



Slika št. 16: Primerjava dolžin povprečnega pomladnega in kresnega poganjka

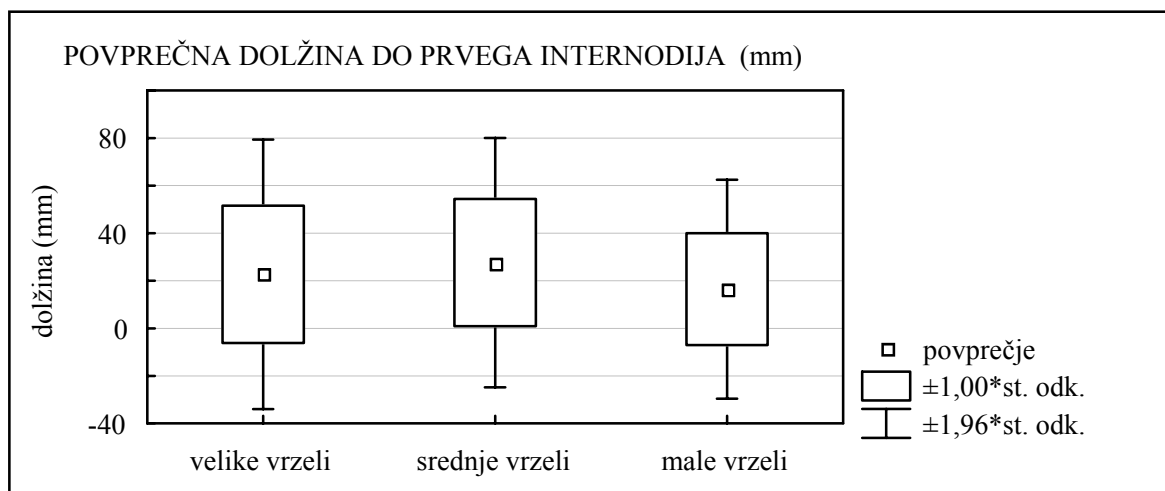


Slika št. 17: Kresni poganjek (foto: Tanko, 2003)

Dolžina do prvega internodija

Povprečna dolžina od vrha terminalnega poganjka do prvega internodija je bila po vrzelih razporejena podobno, kakor višina primerkov. Največja je bila v srednjih - 27,6 mm, najmanjša pa v malih vrzelih - 16,5 mm, kjer so bili tudi odkloni manjši, kakor pri ostalih tipih. V velikih vrzelih je ta dolžina znašala 22,7 mm (slika št. 18, preglednica. 5; str. 40).

Pri vseh vrzelih zasledimo nično dolžino do internodija in sicer v primeru, ko je poleg terminalnega bil razvit tudi subterminalni brst. Največjo dolžino do prvega internodija smo izmerili v veliki vrzeli, znašala je 200 mm.



Slika št. 18: Povprečna dolžina do prvega internodija

Krošnja

Ploščina krošnje

Zaradi statistične obdelave podatkov smo iz obeh premerov krošnje izračunali ploščino po enačbi za elipso:

$$pl = \pi \cdot a \cdot b \quad \dots(1)$$

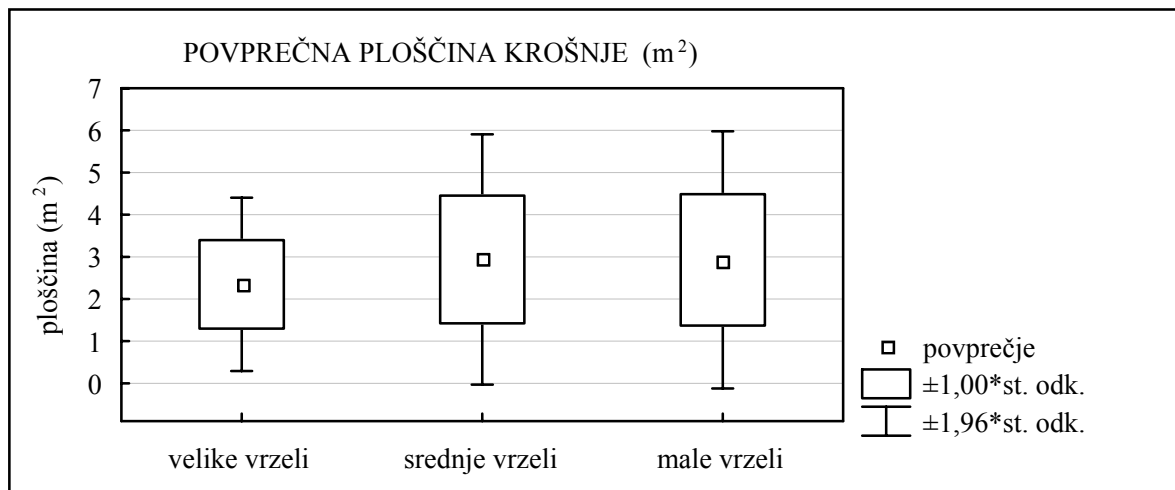
pl = ploščina krošnje

a = polovica širine krošnje v najdaljši smeri

b = polovica širine krošnje v smeri pravokotni na najdaljšo

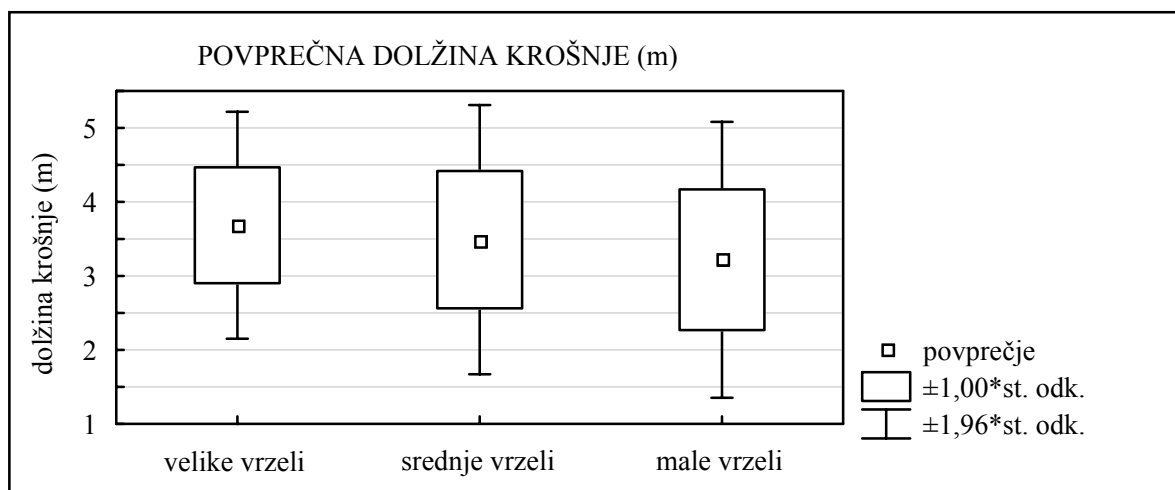
Povprečni ploščini krošenj sta bili v srednjih in malih vrzelih zelo podobni. Vrednosti ploščine so bile v povprečju enake v malih - 2,9 m² (3,3 m²) in srednjih - 2,9 m² (2,7 m²), najmanjše pa v velikih vrzelih - 2,3 m² (2,4m²). Primerek z največjo ploščino - 9,6 m² je

rasel v srednji vrzeli, najmanjšo je imel primerek iz malih vrzeli in sicer $0,38 \text{ m}^2$ (slika št. 19, preglednica št. 5; str. 40).



Slika št. 19: Povprečne ploščine krošenj dreves

Dolžina krošnje



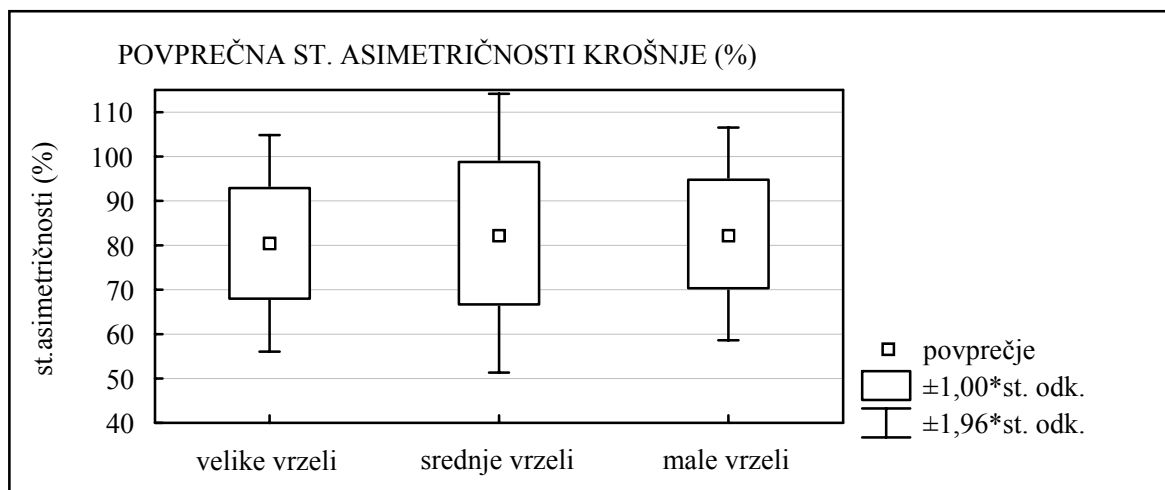
Slika št. 20: Povprečna dolžina krošnje dreves

Povprečne vrednosti dolžin krošenj so bile največje v velikih vrzelih in so znašale 3,7 metrov (3,7 m), najmanjše v malih - 3,2 m (3,4m), v srednjih pa je bila njihova vrednost

3,5 m (3,3 m). Prilagojene vrednosti so položaj najmanjših povprečnih dolžin postavile na srednje vrzeli (slika št. 20, preglednica št. 5; str. 40).

Stopnja asimetričnosti

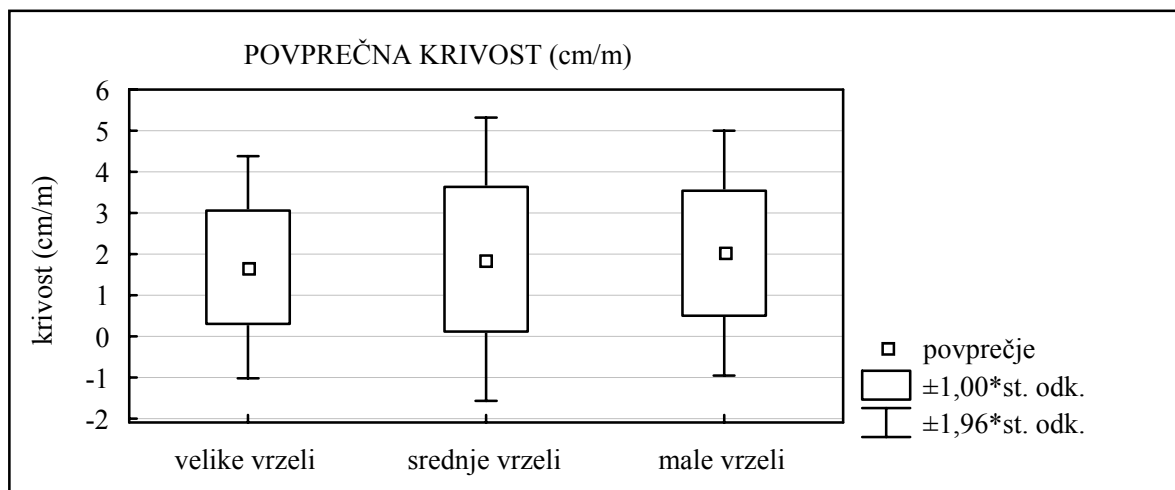
Stopnjo asimetričnosti smo izračunali kot kvocient obeh dolžin krošnje, in sicer smo krajšo delili z daljšo ter izrazili v odstotkih. Največja stopnja asimetričnosti - 83 % se je pojavila v malih vrzelih, z neznatno manjšim deležem - 82 % so jim sledile srednje vrzeli, kjer so bili standardni odkloni največji. Najmanjša stopnja asimetričnosti je bila v velikih vrzelih in je znašala 80 % (slika št. 21, preglednica št. 5; str. 40).



Slika št. 21: Povprečna stopnja asimetričnosti krošnje

Krivost

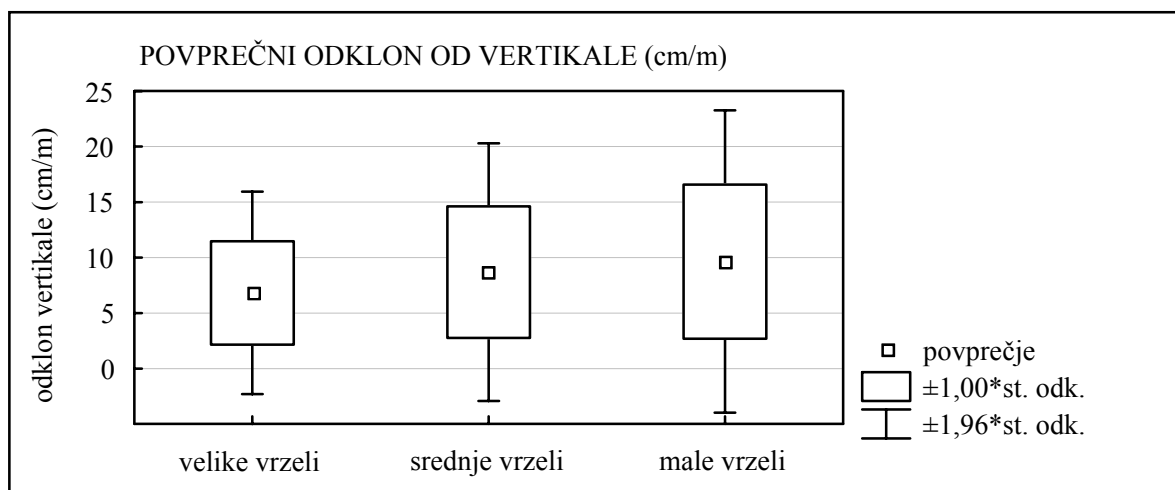
Krivosti so se le neznatno povečevale z zmanjševanjem vrzeli. V povprečju je bila največja krivost v malih vrzelih in je znašala 2,0 cm/m, v srednjih pa je bil največji standardni odklon-1,75 cm/110m (slika št. 22, preglednica št. 5; str. 40). V tej vrzeli smo izmerili tudi največjo krivost osebk, ki je znašala 18 cm/m, medtem ko so bile najmanjše vrednosti pri vseh vrzelih dokaj nizke in so se gibale okrog 0,33 cm/m.



Slika št. 22: Povprečna krivost dreves

Odklon od vertikale

Podobno kot pri krivosti, so se tudi odkloni od vertikalne smeri rasti večali z zmanjševanjem vrzeli, le da so standardni odkloni največji v malih vrzelih (slika št. 23).



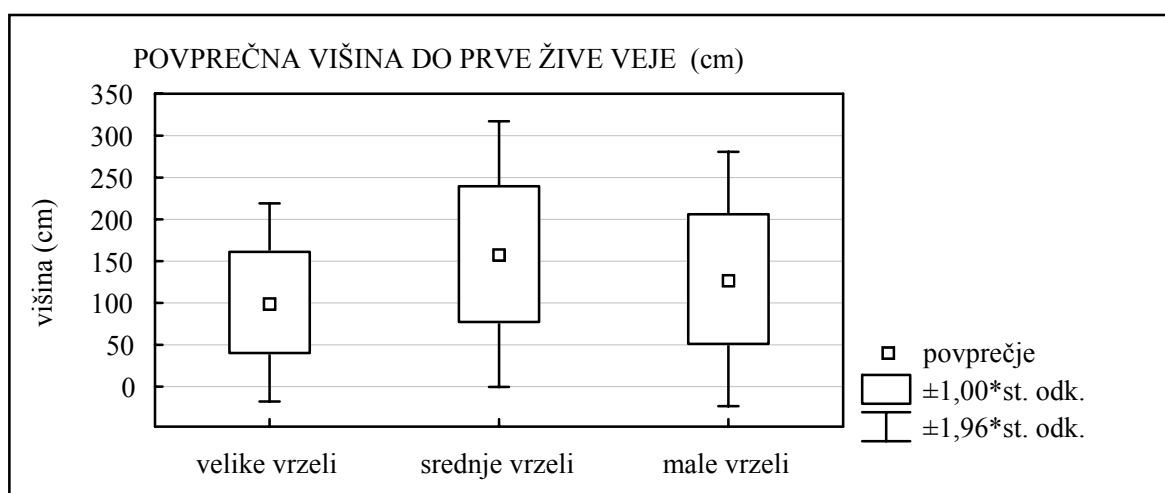
Slika št. 23: Povprečni odklon od vertikale

Opazili smo večje razlike med povprečji (preglednica št. 5; str. 40). V velikih vrzelih so znašala 6,8 cm/m (6,8 cm/m), v srednjih 8,7 cm/m (9,0 cm/m) in v malih 9,6 cm/m (9,4

cm/m). V njih je največ primerkov, ki rastejo bolj ali manj poševno, največji izmerjeni odklon je znašal 46 cm/ m.

Višina do prve žive veje

Višina do prve žive veje je bila največja v srednjih vrzelih - 158 cm (147 cm), najmanjša - 100 cm (103 cm) v velikih vrzelih, v malih je bila njena vrednost 129 cm (138 cm). Največjo višino - 540 cm smo zabeležili v malih vrzelih, kar je posledica velike višine primerka (preko 8 m) na eni izmed ploskev. (slika št. 24, preglednica št. 5; str. 40).



Slika št. 24: Povprečna višina do prve žive veje

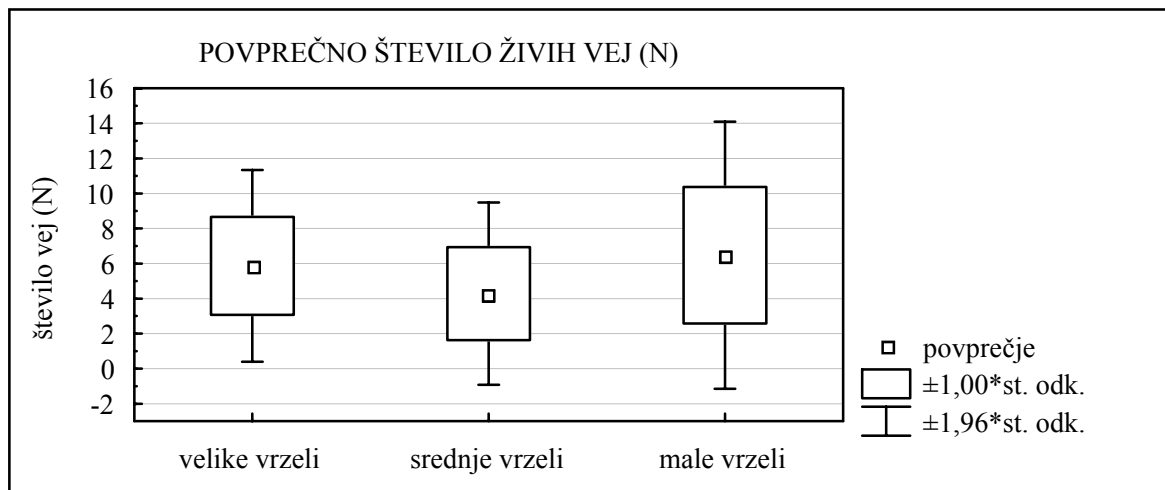
Število vej

Število vej smo pri osebkih, ki niso dosegli višine 4 metrov, preračunali na to višino.

Žive veje

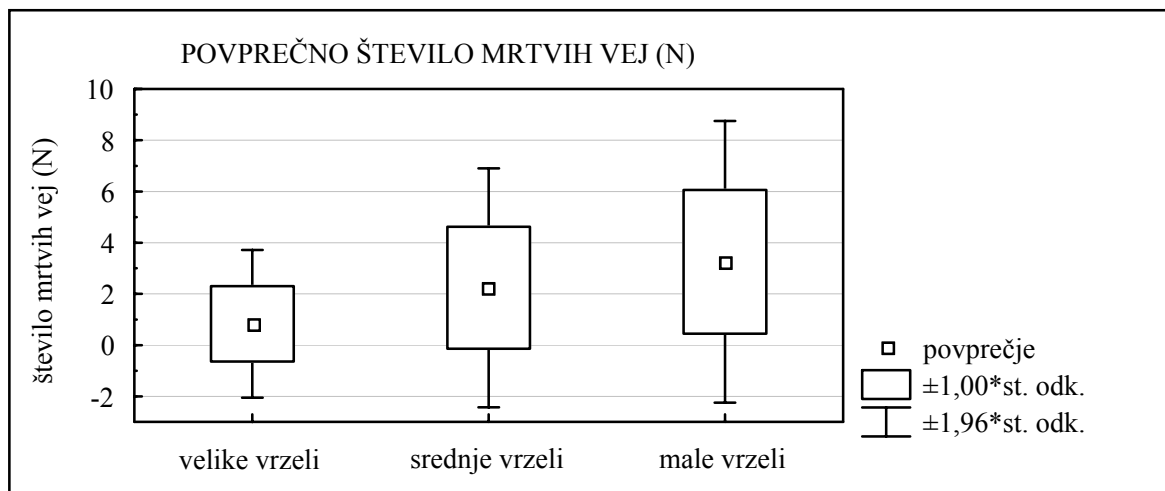
Številčno se je največ živih vej - 6,5 vej/4 m pojavilo v malih vrzelih, kjer je bilo tudi odstopanje od povprečja največje. Najmanj živih vej je bilo v srednjih vrzelih - 4,3 vej/4 m, kjer je razmerje med premerom osebkov in debelino vej najugodnejše za manjše število le-teh (slika št. 25, preglednica št. 5; str. 40). Maksimalno število vej je bilo 29 v malih

vrzelih, na drugi strani pa smo v vseh vrzelih našli tudi primerke brez živih vej, ki bi bile debele vsaj tretjino premera.



Slika št. 25: Povprečno število živih vej vseh dreves

Mrtve veje



Slika št. 26: Povprečno število mrtvih vej

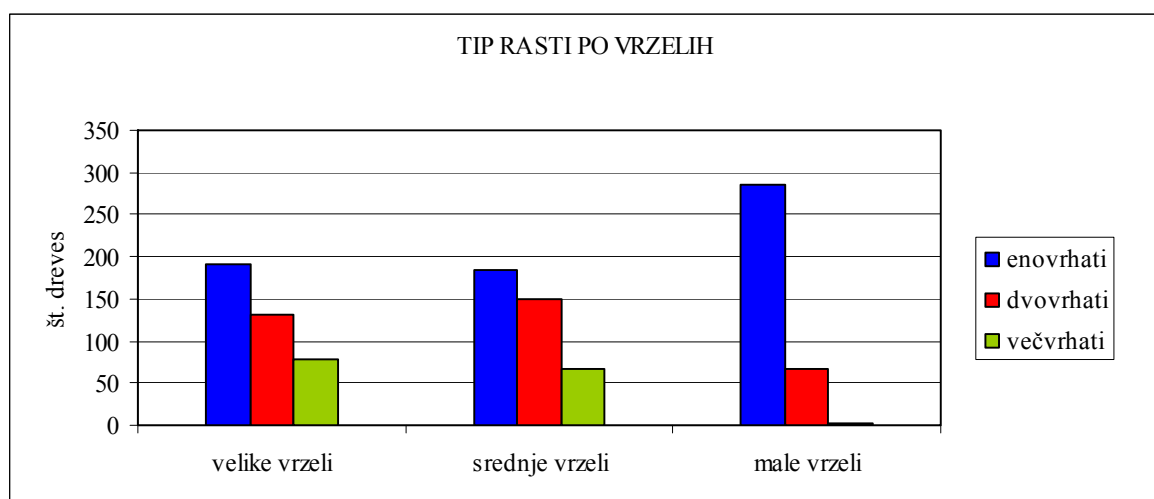
Povprečno število mrtvih vej je najmanjše 0,8 vej/4 m v velikih vrzelih. Nasprotno se bukke v srednjih in malih vrzelih dobro trebijo vej, kar privede do večjega števila mrtvih vej. V srednjih je bilo povprečje 2,2 veje/4 m in v malih 3,3 veje/4 m (slika št. 26,

preglednica št. 5; str. 40). Največ število mrtvih vej na enem drevesu je bilo 16, tak primerk smo opazili v mali, kakor tudi srednji vrzeli. Pri nekaterih primerkih v vseh tipih vrzeli mrtvih vej ni bilo.

5.2.2.2 Kvalitativni znaki dreves

Tip rasti

Ugotovili smo, da je bilo v velikih in srednjih vrzelih dobra polovica primerkov z dvema ali več terminalnimi poganjki, kar predstavlja nezaželeno obliko rasti v bukovi gošči. Nasprotno pa je takih primerkov v malih vrzelih 28 % (slika št. 27, preglednica št. 6; str. 41).



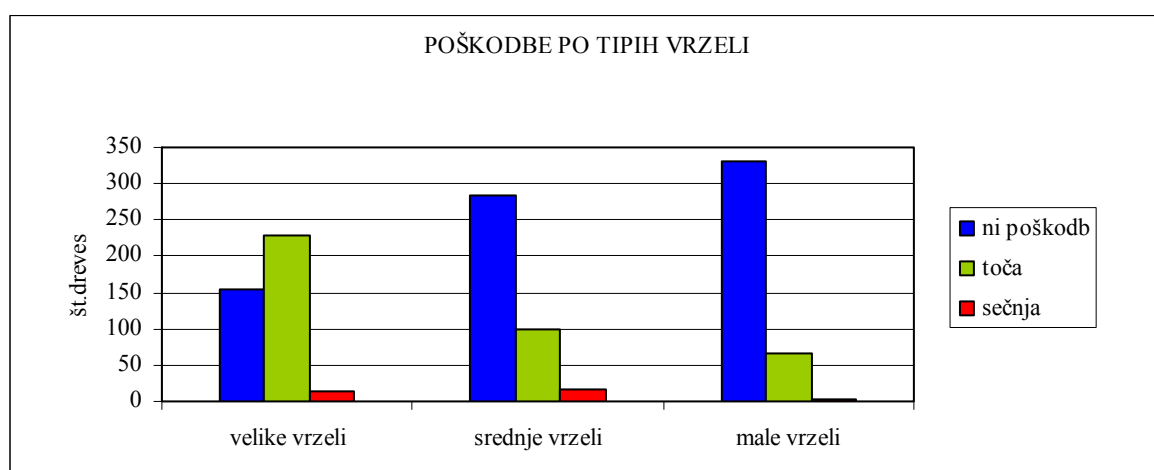
Slika št. 27: Tip rasti po vrzelih



Slika št. 28: Večvrhasti tip rasti v veliki vrzeli (foto: Tanko, 2003)

Poškodbe

Največ poškodb (395 primerkov) v vseh vrzelih je bila posledica močne toče, ki je prizadela širše preučevano območje konec julija 2003. Posledice toče so se kazale v obliki zlomljenih vršnih poganjkov ter poškodbah na vejah (slika št. 29, preglednica št. 6; str. 41). V velikih vrzelih je 229 primerkov utrpelo poškodbe po toči, to število pa je v malih manjše - 65.



Slika št. 29: Poškodbe po tipih vrzeli

V veliki in srednji vrzeli je zaslediti še poškodbe po sečnji na 16 primerkih, ki v mali niso izražene, saj tam niso bila izvedena sečna dela za oblikovanje vrzeli. Te poškodbe so se pokazale na lubju in zlomljenih terminalnih poganjkih.



Slika št. 30: Poškodba po toči (foto: Tanko, 2003)

5.2.2.3 Primerjava znakov dreves med vrzelmi

S statistično analizo smo želeli ugotoviti, ali se ugotovljeni znaki primerkov po tipih vrzeli med seboj značilno razlikujejo. Za testiranje razlik smo zaradi različnih povprečnih višin po tipih vrzeli uporabili analizo kovariance, kjer je kot kovariata nastopala višina. Za višine analize kovariance nismo izpeljali, podali smo le povprečne vrednosti po vrzelih.

Za vse kvantitativne znake dreves smo ugotovili, da so bile razlike med tipi vrzeli statistično značilne. Največji korelacijski koeficienti se pojavijo pri premeru, dolžini in ploščini krošnje ter pri vitkostnem razmerju (preglednica št. 5).

Preglednica št. 5: Primerjava kvantitativnih znakov dreves in preskus značilnosti razlik med vrzelmi (N=1200)

	VELIKE VRZELI		SREDNJE VRZELI	MALE VRZELI	R ²	F-test	p
ZNAKI DREVES	število	povprečje					
višina (m)	dejansko	4,7	5,1	4,5	0,6403	709,78	0.000*
	dejansko	32,0	30,3	22,4			
premer (mm)	prilagojeno	32,4	28,3	24,0	0,3256	192,51	0.000*
	dejansko	151,1	176,8	209,9			
vitkostno razmerje	prilagojeno	150,8	178,6	208,5	0,2131	107,95	0.000*
	dejansko	474,1	441,3	275,7			
pom.prir. (mm)	prilagojeno	475,8	434,7	281,0	0,0229	9,33	0.000*
	dejansko	21,2	25,7	2,0			
kres.prir. (mm)	prilagojeno	21,1	26,1	1,7	0,2291	118,49	0.000*
	dejansko	495,4	467,0	277,7			
viš. prirastek (mm)	prilagojeno	496,6	460,8	282,7	0,0328	13,51	0.000*
	dejansko	22,7	27,6	16,5			
internodij (mm)	prilagojeno	22,8	27,1	16,9	0,3808	245,21	0.000*
	dejansko	2,3	2,9	2,9			
plošč. krošnje (m ²)	prilagojeno	2,4	2,7	3,2	0,4900	383,01	0.000*
	dejansko	3,7	3,5	3,2			
dolžina krošnje (m)	prilagojeno	3,7	3,3	3,4	0,0197	42,78	0.000*
	dejansko	80,46	82,13	82,57			
st. asimetričnosti	prilagojeno	80,56	81,62	82,97	0,0309	34,68	0.000*
	dejansko	1,7	1,9	2,0			
krivost (cm/m)	prilagojeno	1,7	2,0	2,0	0,0585	24,75	0.000*
	dejansko	6,8	8,7	9,6			
odklon od vert. (cm/m)	prilagojeno	6,8	9,0	9,4	0,2916	70,03	0.000*
	dejansko	100,6	158,4	128,6			
viš. do prve veje (cm)	prilagojeno	103,0	146,9	137,8	0,2840	158,10	0.000*
	dejansko	5,9	4,3	6,5			
št. živih vej	prilagojeno	5,8	4,8	6,1	0,2003	99,88	0.000*
	dejansko	0,8	2,2	3,3			
št. mrtvih vej	prilagojeno	0,8	2,4	3,1			

Za preskus razlik kvalitativnih znakov med tipi vrzeli, smo uporabili Pearsonov χ^2 -test. Rezultati kažejo, da so med vrzelmi razlike statistično značilne za poškodbe, kakor tudi za tip rasti (preglednica št. 6).

Preglednica št. 6: Preskus razlik med tipi vrzeli za pojavljanje poškodb in tip rasti
(N=1200)

	VELIKE VRZELI	SREDNJE VRZELI	MALE VRZELI	χ^2	st. prost.	p
TIP RASTI	število osebkov					
enovrhati	190	185	286	101,95	4	0,000*
dvovrhati	131	149	111			
večvrhati	79	66	3			
Σ	400	400	400			
POŠKODBE						
poškodb ni	155	283	331	187,55	4	0,000*
sečnja	15	17	4			
toča	230	100	65			
Σ	400	400	400			

5.3 RAZRAST PO RJO RAZREDIH

Vsako izmed ploskev smo glede na vrednost RJO uvrstili v enega od treh razredov, ki smo jih oblikovali po tretjinah od absolutne vrednosti 100 % RJO. Tako je razred I obsegal vrednosti od 67-100 %, razred II od 34-66 % in razred III od 0-33 %. V tako oblikovanih razredih se je spremenilo število ploskev in dreves, ki jih je obsegal posamezen razred. Največ se jih je pojavilo v razredu III (59 ploskev, 590 primerkov), v razredu II je 32 ploskev in 320 primerkov, v razredu I pa jih je bilo najmanj (29 ploskev, 290 primerkov). To pomeni, da je skorajda polovica vseh ploskev bila v razredu šibke jakosti osvetlitve (0-33 %).

5.3.1 Povprečne vrednosti kazalnikov ploskev in njihova primerjava po razredih RJO

5.3.1.1 Kazalniki ploskev

Svetlobne razmere

Stopnja zastiranja

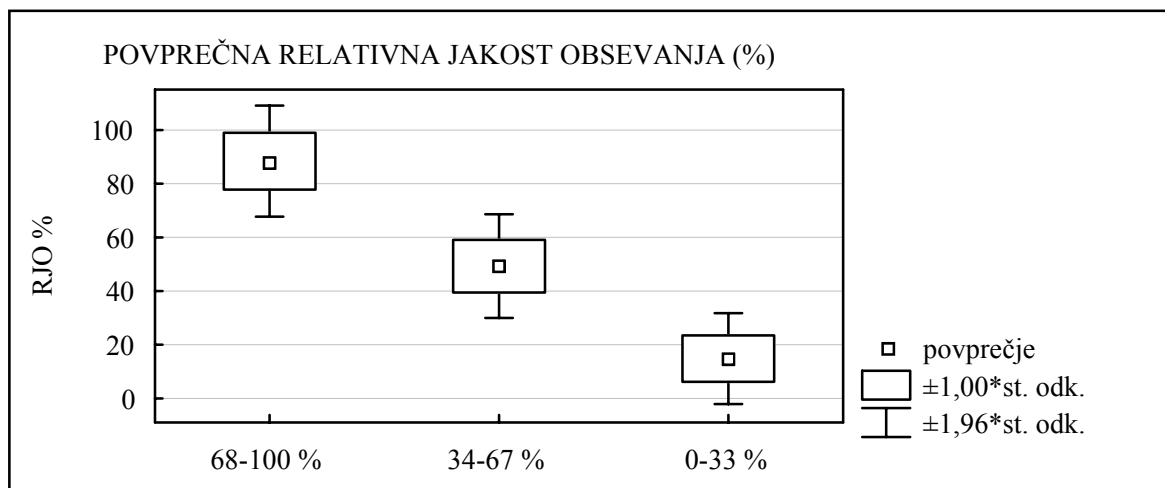
Stopnja zastiranja je bila največja v razredu III in najmanjša (povprečje je 0) v razredu I, kjer je tudi standardni odklon 0. V razredu II pa smo ugotovili velik razpon med minimalno (0 %) in maksimalno (85 %) stopnjo zastiranja (preglednica št. 7).

Preglednica št. 7: Stopnja zastiranja po RJO razredih

RJO razredi	STOPNJA ZASTIRANJA %				
	št. ploskev	povprečje	st. odklon	min	max
Razred I	29	0,00	0	0	0
Razred II	32	15,13	21,67	0	85
Razred III	59	78,47	23,82	15	100

Relativna jakost obsevanja

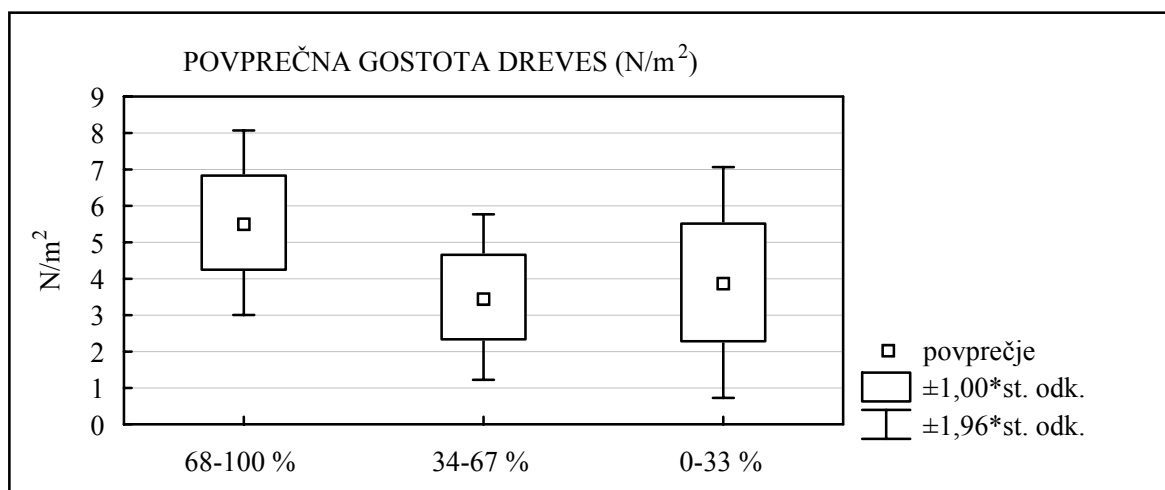
Ker so razredi oblikovani iz absolutnih vrednosti RJO, je pričakovano, da so bile vrednosti povprečij približno na sredini razredov in padajo linearno. Tako je bila največja povprečna RJO (88 %) v razredu I in najmanjša (15 %) v razredu III. V razredu II je povprečen RJO znašal 49 % (slika št. 31, preglednica št. 8; str. 46).



Slika št. 31: Povprečna relativna jakost obsevanja po RJO razredih

Gostota dreves

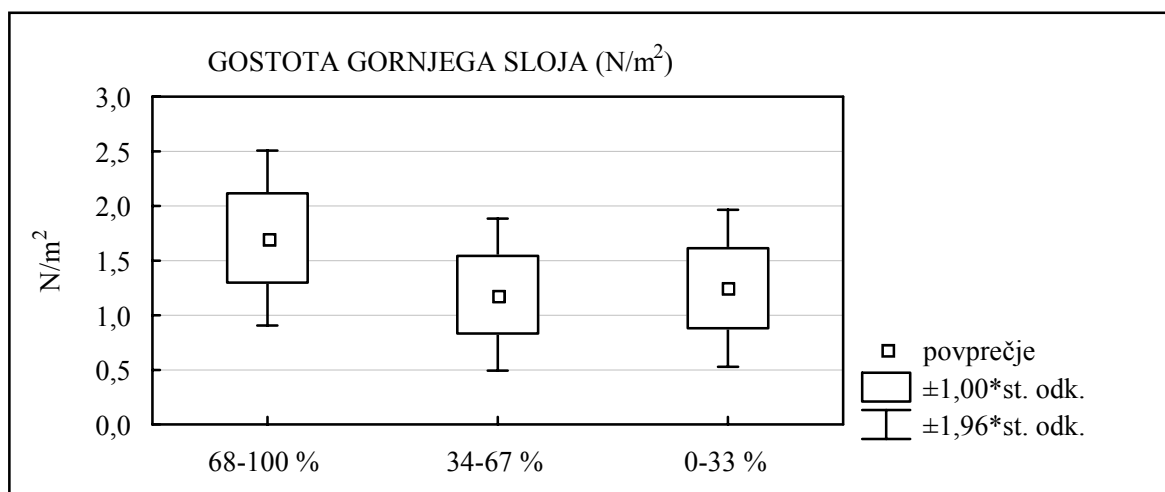
Povprečna gostota dreves na ploskvah je bila največja - $5,54 \text{ N/m}^2$ ($5,47 \text{ N/m}^2$) v razredu I, najmanjša - $3,50 \text{ N/m}^2$ ($3,63 \text{ N/m}^2$) v razredu II, med njima pa gostota v razredu III z vrednostjo $3,9 \text{ N/m}^2$ ($3,83 \text{ N/m}^2$). Tudi največja vrednost gostote ($8,9 \text{ N/m}^2$) se je pojavila v razredu I in najmanjša z $1,5 \text{ N/m}^2$ v razredu III (slika št. 32, preglednica št. 8; str. 46).



Slika št. 32: Povprečna gostota dreves po RJO razredih

Gornji sloj

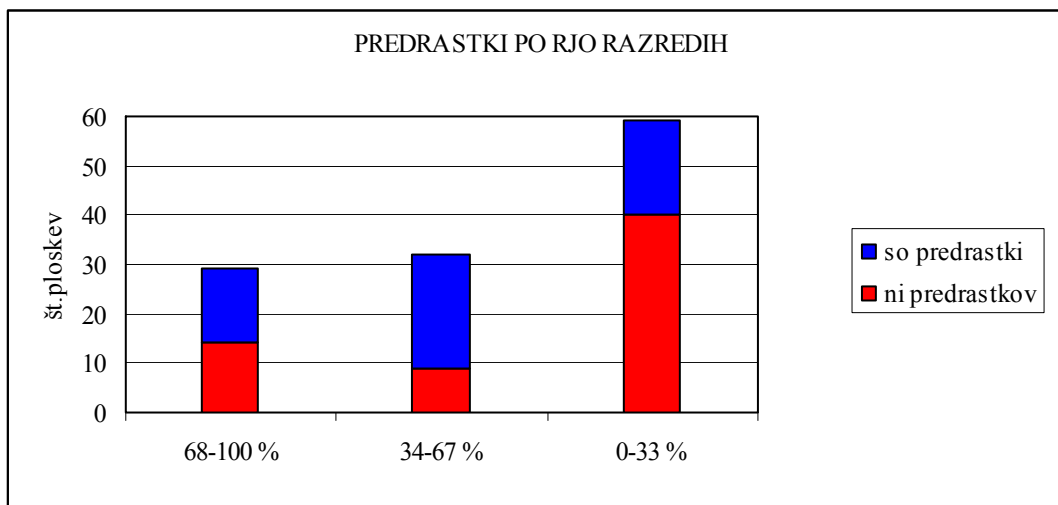
Povprečne gostote gornjega sloja po razredih so nam pokazale podobne rezultate kot pri gostoti vseh primerkov na ploskvi.. Najvišje - $1,70 \text{ N/m}^2$ ($1,68 \text{ N/m}^2$) je bilo ponovno v razredu I in najmanjše - $1,19 \text{ N/m}^2$ ($1,24 \text{ N/m}^2$) v razredu II. Delež gornjega sloja glede na celotno gostoto je bil največji (35 %) v razredu II, in tudi druga sta dosegala blizu to vrednost. Zaključimo, da je bilo ne glede na svetlobne razmere, približno 1/3 vseh primerkov v gornjem sloju (slika št. 33, preglednica št. 8; str. 46).



Slika št. 33: Povprečna gostota gornjega sloja po RJO razredih

Predrastki

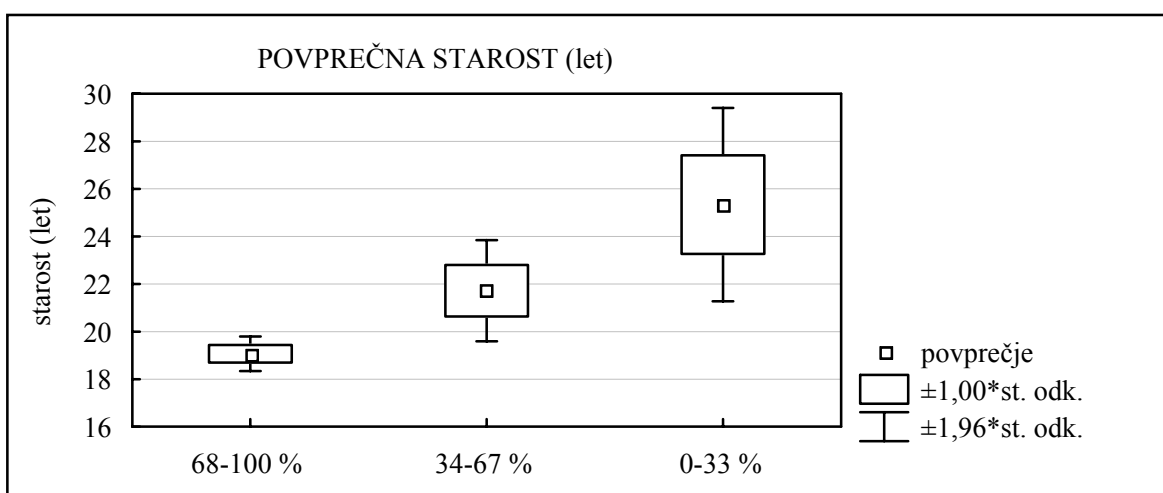
Največ predrastkov (na 23 ploskvah) smo zabeležili v razredu II, najmanj (15 ploskev) v razredu I. Na 40 ploskvah, ki so spadale v razred III, nismo zasledili nobenega predrastka (slika št. 34, preglednica št. 9; str. 46).



Slika št. 34: Predrastki na ploskvah po RJO razredih

Starost

Največjo povprečno starost (25 let) smo ocenili v razredu III, najmanjšo (19 let) v razredu I, kjer je bila tudi razlika med največjo in najmanjšo oceno starosti najnižja (2 leti). V drugih dveh razredih je ta razlika znašala 5 in 7 let. Prilagojene povprečne starosti se niso bistveno razlikovale od dejanskih. Najstarejši primerek je bil 28 let iz razreda III, najmlajši pa z 19 leti v razredu I (slika št. 35, preglednica št. 9; str. 46).



Slika št. 35: Povprečna starost po RJO razredih

5.3.1.2 Primerjava kazalnikov ploskev

S statistično analizo smo želeli ugotoviti, ali se ugotovljeni kazalniki ploskev po RJO razredih med seboj značilno razlikujejo. Za testiranje razlik smo zaradi različnih višin na ploskvah uporabili analizo kovariance, kjer je kot kovariata nastopala višina. Izjema je bila RJO, za katero nismo ugotavljali razlik, temveč smo podali le povprečne vrednosti. Za preskus razlik pojavljanja predrastkov smo uporabili hi-kvadrat (χ^2) test, saj število ploskev po razredih ni bilo enako.

Za kazalnike ploskev smo ugotovili, da so razlike med RJO razredi statistično značilne. Izjema je le gostota ostalih vrst, kjer teh razlik nismo odkrili. Dokaj tesno korelacijsko povezavo smo ugotovili pri gostoti gornjega sloja ($R^2 = 0,40$), stopnji zastiranja ($R^2 = 0,78$) in starosti ($R^2 = 0,74$) z RJO razredi (preglednica št. 8).

Preglednica št. 8: Povprečja in analiza statističnih razlik kazalnikov ploskev po RJO razredih (N=120)

KAZALNIKI PLOSKEV		RAZRED RJO			R ²	F-test	p
		I	II	III			
		povprečje					
gos. dreves (N/m ²)	dejansko	5,54	3,50	3,90	0,3126	17,59	0,000*
	prilagojeno	5,47	3,63	3,83			
gos. bukev (N/m ²)	dejansko	5,44	3,39	3,77	0,3271	18,80	0,000*
	prilagojeno	5,37	3,53	3,70			
gos. ost. vrst (N/m ²)	dejansko	0,10	0,11	0,14	0,0125	0,49	0,691
	prilagojeno	0,10	0,10	0,14			
gos. g. sloja (N/m ²)	dejansko	1,70	1,19	1,25	0,4002	25,80	0,000*
	prilagojeno	1,68	1,24	1,22			
st. zastiranja (%)	dejansko	0,00	15,13	78,47	0,7788	136,12	0,000*
	prilagojeno	-1,75	16,64	77,72			
RJO (%)	dejansko	88,38	49,28	14,83			
starost (let)	dejansko	19,07	21,72	25,34	0,7396	109,83	0,000*
	prilagojeno	19,08	21,70	25,35			

Statistično značilne razlike smo ugotovili tudi za pojavljanje predrastkov med RJO razredi (preglednica št. 9)

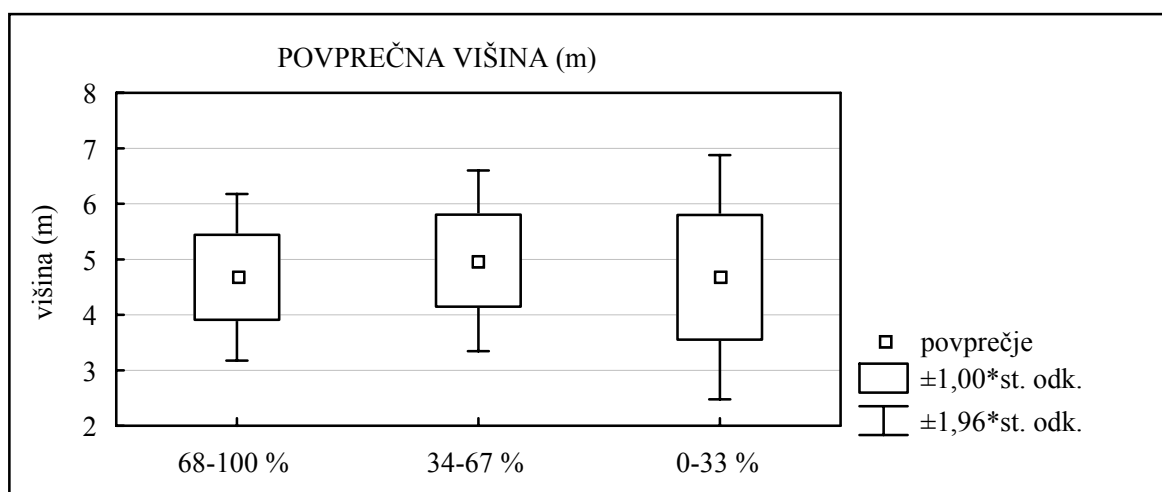
Preglednica št. 9: Ugotavljanje razlik za predrastke med razredi (N=120)

PREDRASTKI	RAZRED RJO			χ^2	st. prost.	p
	I	II	III			
	število ploskev					
ni predrastkov	14	9	40			
predrastkov so	15	23	19	13,37	2	0,001
Σ	29	32	59			

5.3.2 Povprečne vrednosti znakov primerkov gornjega sloja po RJO razredih in njihova medsebojna primerjava

5.3.2.1 Kvantitativni znaki dreves

Višina

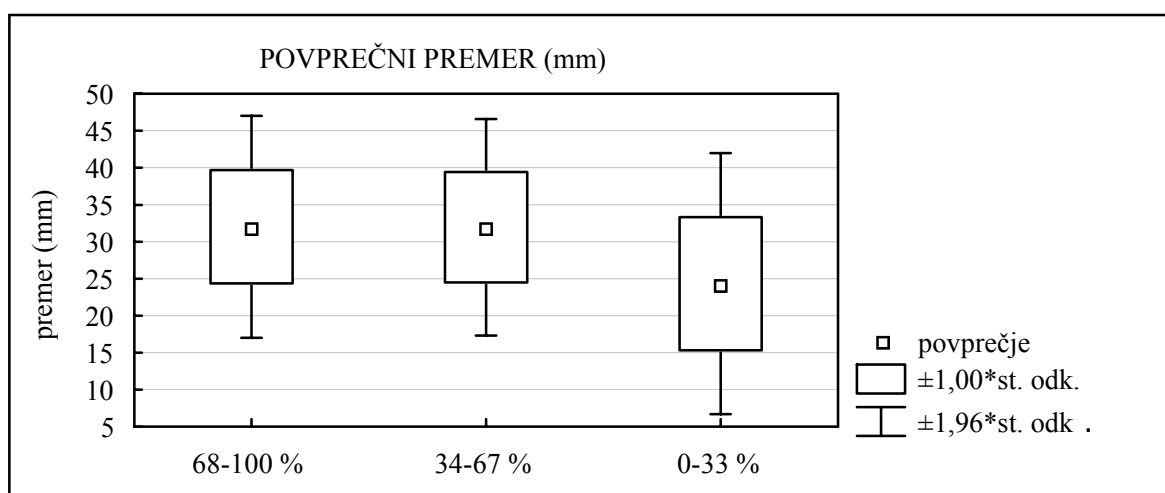


Slika št. 36: Povprečna višina dreves

Povprečne višine so bile največje - 4,98 m v razredu II, v ostalih dveh razredih pa smo ugotovili enake vrednosti - 4,67 m. Standardni odkloni so bili največji v razredu I (slika št. 36, preglednica št. 12; str. 58).

Premjer

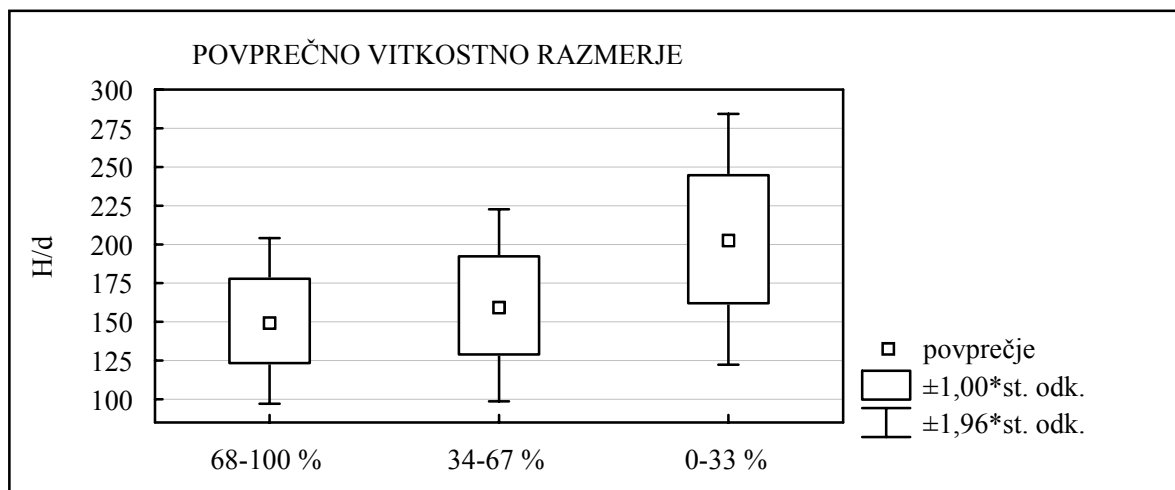
V razredu I in II smo ugotovili enak povprečni premer - 32,0 mm (prilagojena 32,7 mm in 30,7 mm). V razredu I je bilo povprečje najmanjše - 24 mm (25 mm), kjer so tudi standardni odkloni najbolj izstopali (slika št. 37, preglednica št. 11; str. 58).



Slika št. 37: Povprečni premer dreves

Vitkostno razmerje

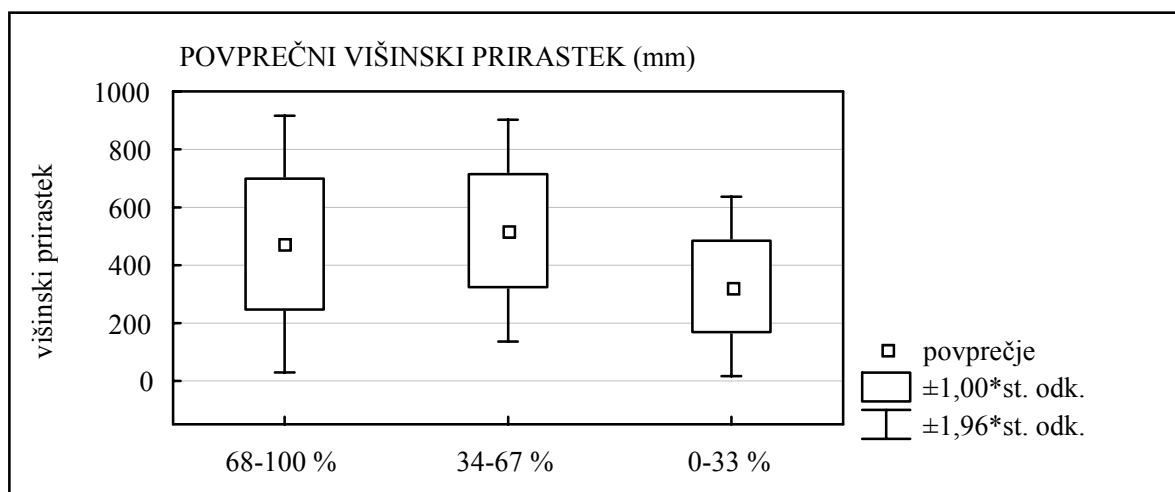
Povprečna vitkostna razmerja so se večala z upadanjem svetlobnih razmer oziroma jakosti RJO. Največje odstopanje se je pojavilo v razredu III, vitkost je bila 203, najmanjše razmerje - 151 pa smo ugotovili v razredu I (slika št. 38, preglednica št. 11; str. 58).



Slika št. 38: Povprečno vitkostno razmerje dreves

Višinski prirastki

Višinski prirastek je bil v povprečju najdaljši - 520 mm v razredu II in malo manjši - 473 mm v razredu I, s tem da je bil standardni odklon največji prav v tem razredu. Svetloba je pozitivno vplivala na velikost prirastka, saj je imelo 223 ali 19 % primerkov dolžino 600 mm in več (slika št. 39, preglednica št. 11; str. 58).



Slika št. 39: Povprečni višinski prirastek

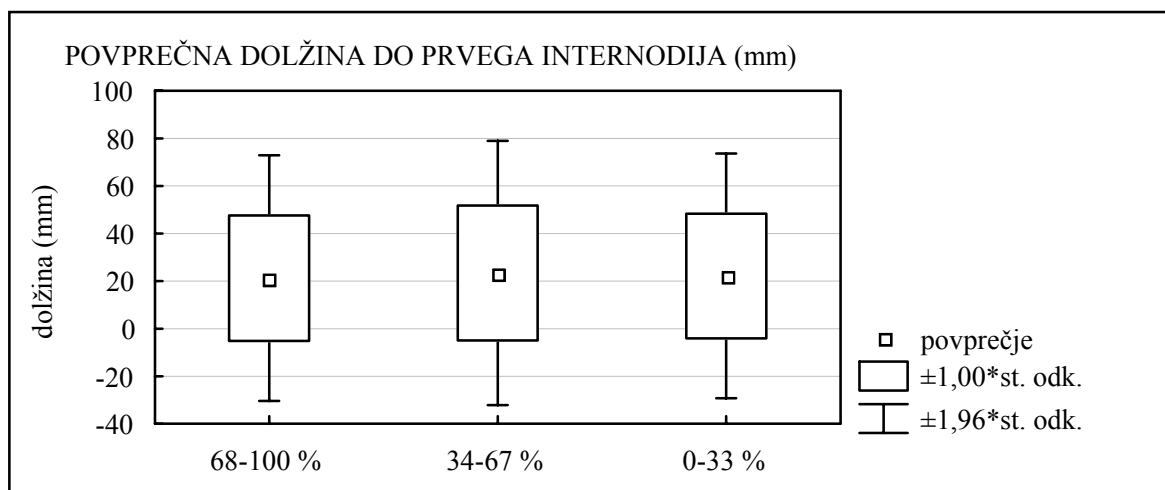
Največji povprečni kresni prirastek smo ugotovili v razredu II, najmanjši pa v razredu III (preglednica št. 11; str. 58). Od vseh 1200 dreves jih je bilo 1013 dreves brez kresnega prirastka. Največji odstotek primerkov brez kresnega prirastka se je pojavil v razredu III, najmanjši v razredu II, kjer so tudi skupni povprečni prirastki najvišji (preglednica št. 10).

Preglednica št. 10: Primerjava dolžin povprečnega pomladnega in kresnega poganjka

PRIRASTEK	RAZRED RJO		
	I	II	III
pomladni (mm)	454	481	323
kresni prirastek (mm)	19	38	3
bu brez kresnega (%)	77,6	69,1	96,1
skupni prirastek (mm)	473	519	327

Dolžina do prvega internodija

Povprečna dolžina do prvega internodija je bila z 23 mm najdaljša v razredu II, v razredu II za 1 mm, v razredu III pa za 2 mm manjša. Standardni odkloni so bili v vseh razredih precejšnji, kar kaže na veliko variabilnost dolžin do prvega internodija (slika št. 40, preglednica št. 11; str. 58).

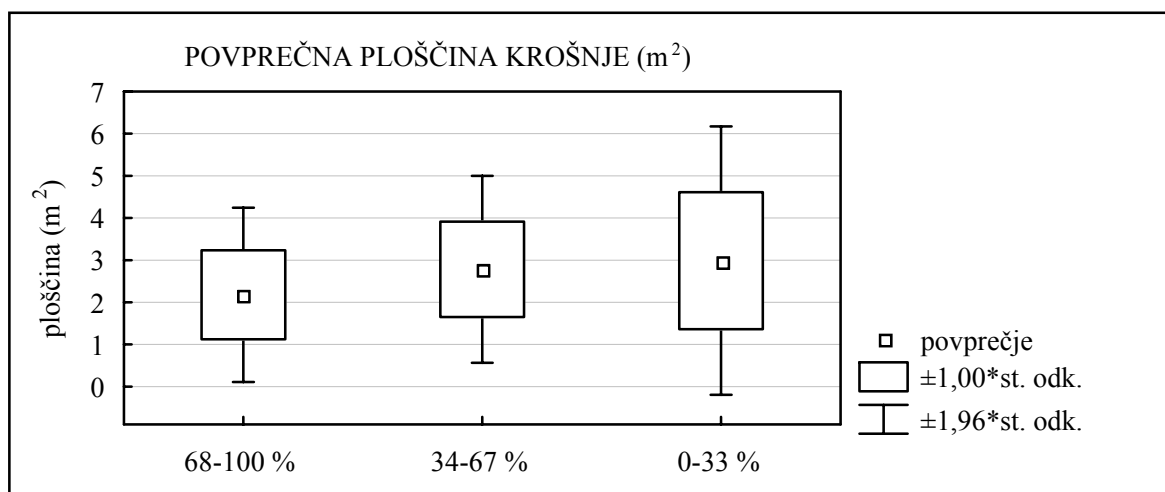


Slika št. 40: Povprečna dolžina do prvega internodija

Krošnja

Ploščina krošnje

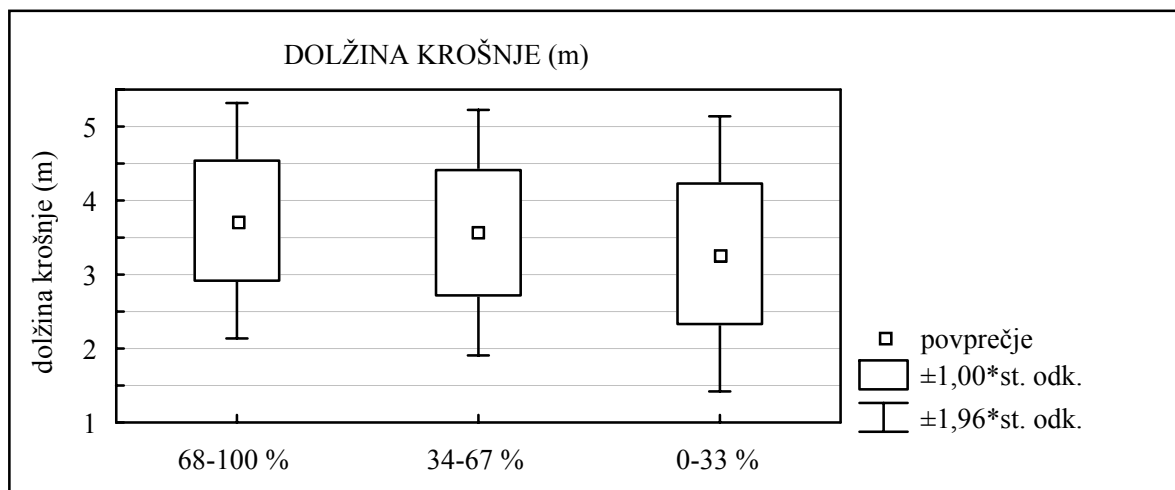
Primerki, uvrščeni v razred III, so imeli v povprečju največjo krošnjo - 2,97 m² (3,10 m²). Manjše ploščine smo ugotovili v razredu II, znašale so 2,8 m² (2,6 m²) in v razredu I s ploščino 2,2 m² (2,3 m²). Razponi ploščin so bili od 0,38 - 9,2 m², kar kaže na veliko raznolikost bukovih primerkov v tem razredu (slika št. 41, preglednica št. 11; str. 58).



Slika št. 41: Povprečne ploščine krošenj dreves

Dolžina krošnje

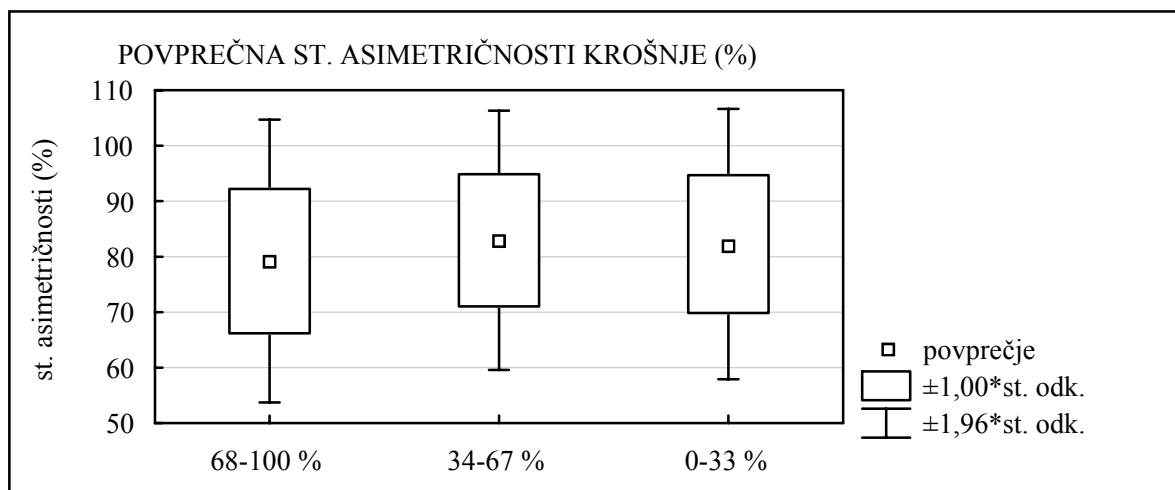
Ugotovili smo, da so najdaljše krošnje s 3,8 m v razredu I, malo krajše so bile s 3,6 m v razredu II, najmanjše pa s 3,3 m v razredu III. Največji standardni odklon je bil v razredu II (slika št. 42, preglednica št. 11; str. 58).



Slika št. 42: Povprečna dolžina krošnje dreves

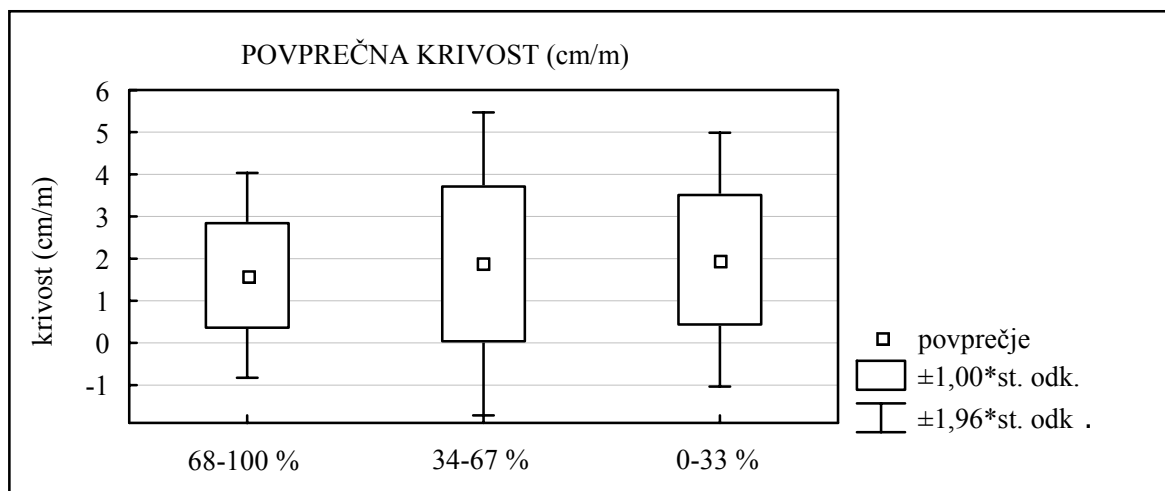
Stopnja asimetričnosti

Največja stopnja asimetričnosti se je pojavila v razredu II, podobno povprečje se je pokazalo v razredu III. Največji odklon smo zasledili v razredu I. Ugotovili smo, da krošnje v preseku niso pretirano ovalnih oblik (slika št. 43).



Slika št. 43: Povprečna asimetričnost krošnje

Krivost

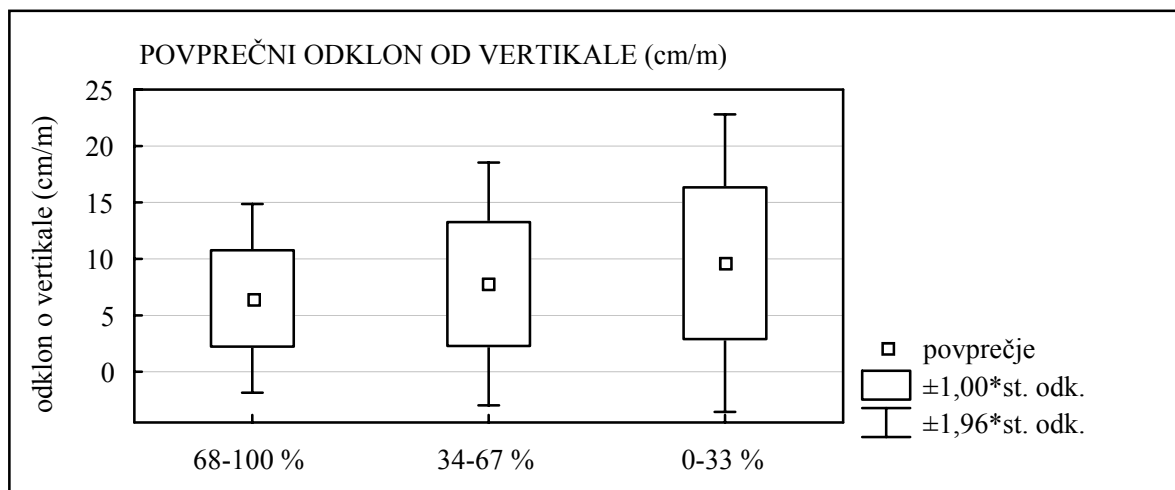


Slika št. 44: Povprečna krivost dreves

Krivosti so si podobne v vseh razredih, več primerkov z večjo krivostjo je v pogojih šibke jakosti svetlobe. Največja krivost - 2,0 cm/m, je v razredu III, najmanjša v razredu I z 1,6 cm/m, v razredu II pa je bilo povprečje 1,9 cm/m. Največji standardni odklon, katerega vrednost je bila 1,83 cm/m, je bil v razredu II (slika št. 44, preglednica št. 11; str. 58).

Odklon od vertikale

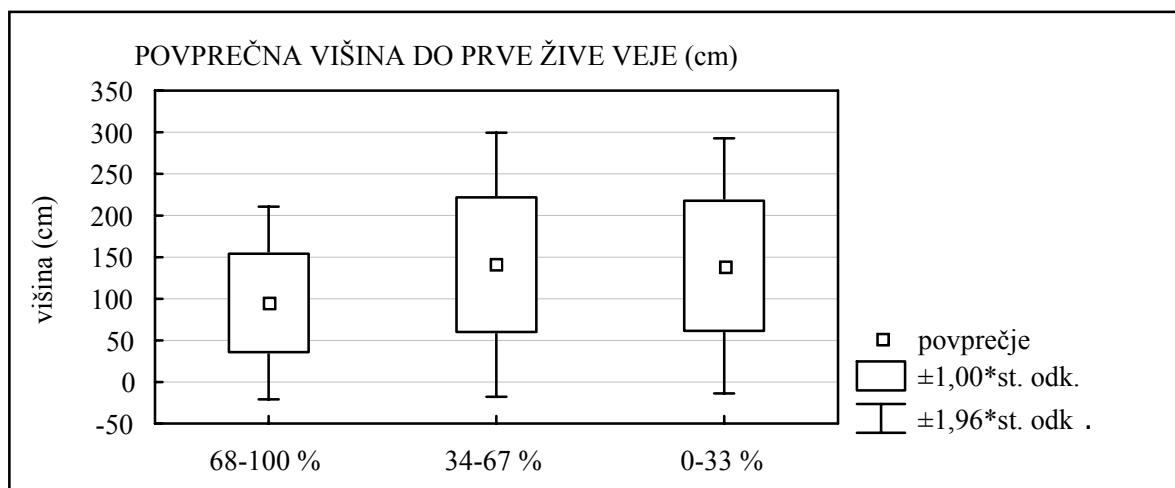
Odkloni od vertikalne smeri so se povečevali z zmanjševanjem RJO. Povprečno so bili največji v razredu III, njihova vrednost je bila 9,6 cm/m, najmanjši s 6,5 cm/m v razredu I. V razredu II je bilo njihovo povprečje 7,8 cm/m (slika št. 45, preglednica št. 11; str. 58). Pri tem znaku se kaže velika raznolikost primerkov v razredu III z velikim standardnim odklonom, ki je znašal 6,72 cm/m.



Slika št. 45: Povprečni odklon od vertikale

Višina do prve žive veje

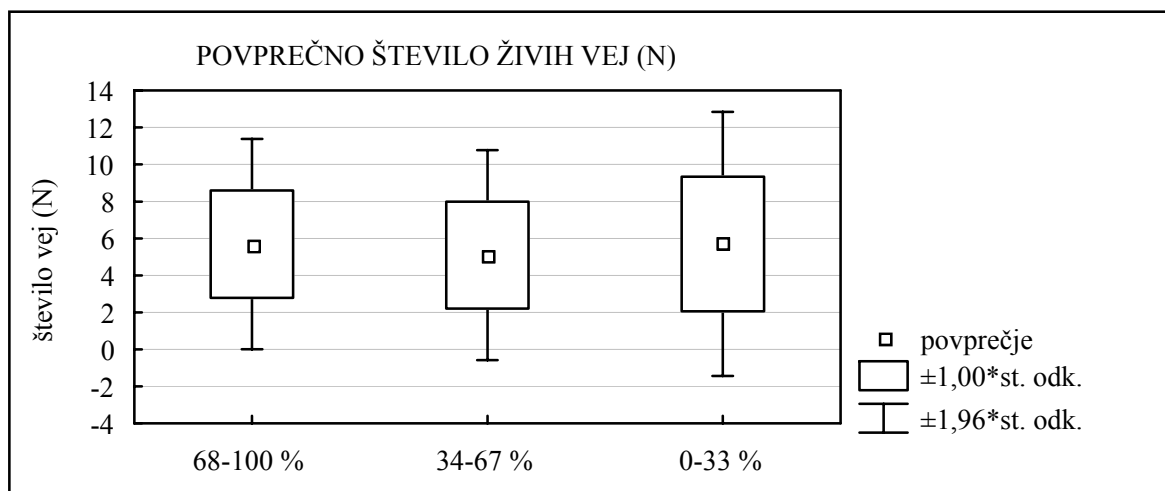
Višine do prvih živih vej so bili približno na isti ravni (okoli 140 cm) v razredih II in III, v razredu I pa je bilo povprečje za 40 cm nižje. Ko smo povprečja korigirali s pomočjo analize kovariance, smo ugotovili, da so povprečne višine do žive veje najvišje (144 cm) v razredu III, za točno 10 cm pa nižje v razredu II. V razredu I je bila prilagojena vrednost 99 cm/m (slika št. 46, preglednica št. 11; str. 58).



Slika št. 46: Povprečna višina do prve žive veje

Število vej

Žive veje

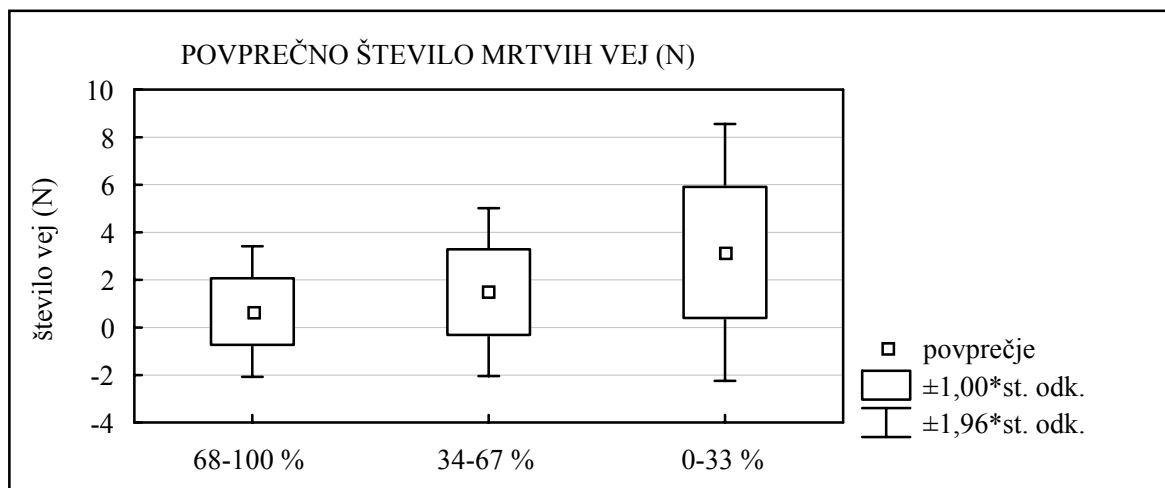


Slika št. 47: Povprečno število živih vej

Največ živih vej - 5,7 vej/4 m, so v povprečju imele bukke v razredu III, kjer je bilo tudi odstopanje od povprečja največje. Podobno število smo ugotovili tudi za razred II, kjer je ta vrednost znašala 5,1 vej/4 m. Še najmanj - 5,1 vej/4 m, smo jih zasledili v razredu II, kjer je bilo razmerje med premerom osebka in debelino vej najugodnejše za manjše število letih (slika št. 47, preglednica št. 11; str. 58).

Mrtve veje

Povprečno število mrtvih vej je bilo s 3,16 vej/4 m največje v razredu III, kjer je največji tudi standardni odklon - 2,75 vej/4 m. Najmanj mrtvih vej se je pojavilo v razredu II, kjer je bila ta vrednost 0,67 vej/4 m. V razredu II je to število 1,48 vej/4 m (slika št. 48, preglednica št. 11; str. 58).

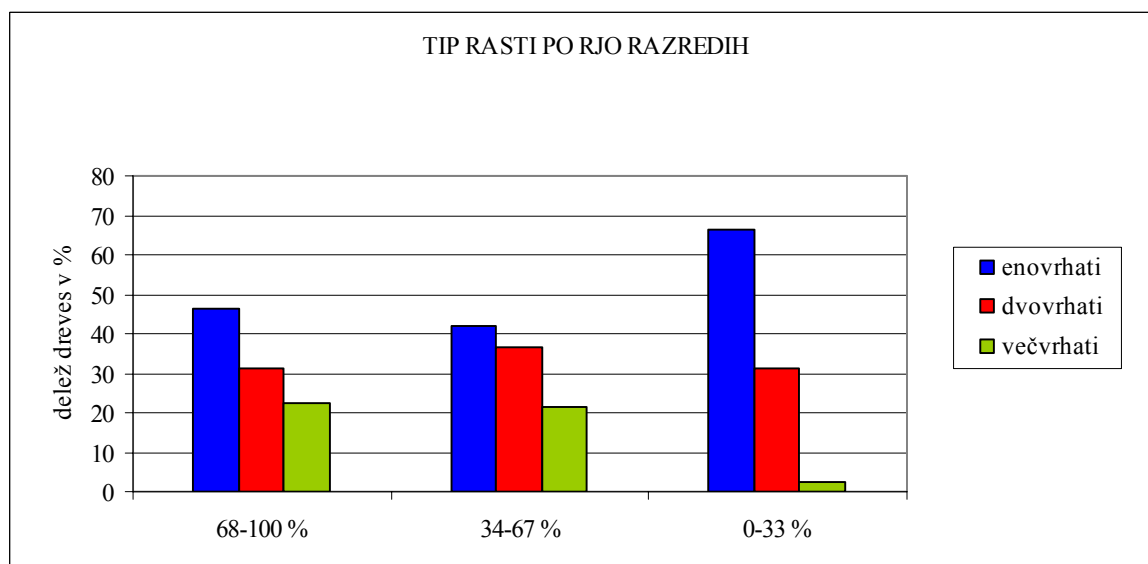


Slika št. 48: Povprečno število mrtvih vej

5.3.2.2 Kvalitativni znaki dreves

Tip rasti

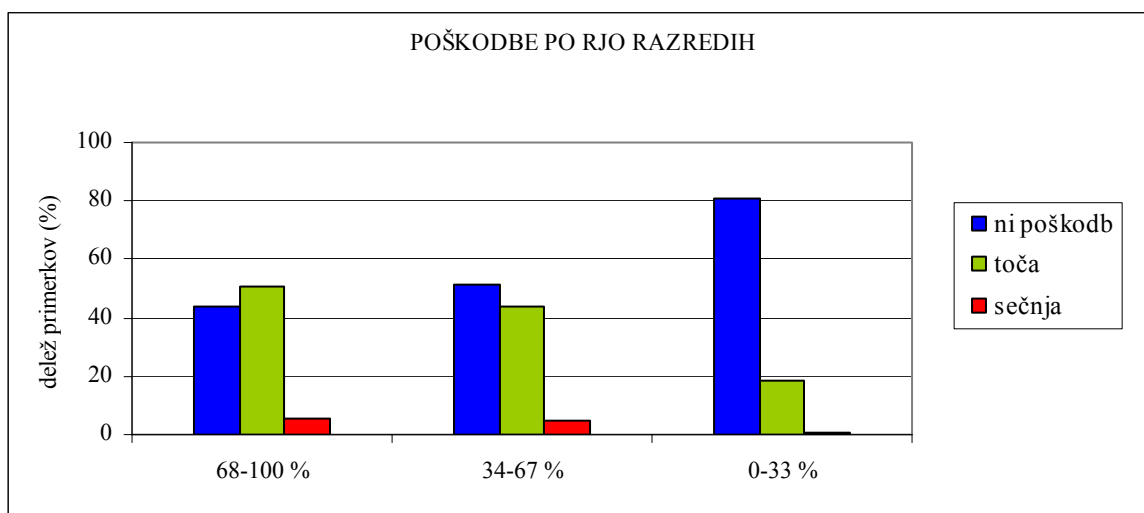
Največ, 66 % enovrhatih primerkov, se je relativno pokazalo v razredu III, tu je bilo tudi najmanj dvo in večvrhatih primerkov.



Slika št. 49: Tip rasti po RJO razredih

Največ dvovrhatih smo opazili v razredu II, kjer je ta delež znašal 37 %, največ večvrhatih z 21 % pa v razredu I (slika št. 49, preglednica št. 12; str. 59).

Poškodbe



Slika št. 50: Poškodbe po RJO razredih

Največ delež poškodb po toči (50 %) in sečnji (5 %) se je pojavilo v razredu I. Dokaj visok je relativni delež po toči poškodovanih primerkov v razredu II, kjer je bila ta vrednost 44 %, najmanjši pa v razredu III (18 %), tako v tem razredu kar 81 % primerkov ni utrpelo nikakršnih poškodb (slika št. 50, preglednica št. 12; str. 59).

5.3.2.3 Primerjava znakov dreves

S statistično analizo smo želeli ugotoviti, ali se ugotovljeni znaki primerkov po RJO razredih med seboj značilno razlikujejo. Za testiranje razlik kvantitativnih znakov po razredih smo zaradi različnih povprečnih višin uporabili analizo kovariance kjer je kot kovariata nastopala višina. Za preskus razlik kvalitativnih znakov med RJO razredi, smo uporabili Pearsonov χ^2 test in ugotovili visoko značilne statistične razlike za oba opazovana znaka, poškodbe in tip rasti.

Preglednica št. 11: Primerjava kvantitativnih znakov dreves in preskus značilnosti razlik (N=1200)

ZNAKI DREVES	RAZRED RJO				R ²	F-test	p	
	I		II					III
	število	povprečje						
višina (m)	dejansko	4,7	5,0	4,7	0,6384	703,94	0.000*	
premer (mm)	dejansko	32,0	32,0	24,3				
	prilagojeno	32,7	30,7	25,0				
vitkostno razmerje	dejansko	150,7	160,7	203,4	0,3281	194,71	0.000*	
	prilagojeno	150,1	161,9	202,8				
pom.prir (mm)	dejansko	454,0	481,3	323,3				0,1619
	prilagojeno	456,7	476,0	326,0				
kres.prir. (mm)	dejansko	19,1	38,0	3,2	0,0448	18,68	0.000*	
	prilagojeno	19,0	38,0	3,2				
viš. prirastek (mm)	dejansko	473,1	519,2	326,6				0,1938
	prilagojeno	475,7	514,0	329,2				
internodij (mm)	dejansko	21,2	23,4	22,2	0,0102	4,11	0,006	
	prilagojeno	21,5	22,9	22,4				
plošč. krošnje (m ²)	dejansko	2,2	2,8	3,0				0,3903
	prilagojeno	2,3	2,6	3,1				
dolžina krošnje (m)	dejansko	3,7	3,6	3,3	0,4867	378,03	0.000*	
	prilagojeno	3,8	3,4	3,3				
st. asimetričnosti	dejansko	79,22	82,96	82,28				0,0253
	prilagojeno	79,36	82,68	82,42				
krivost (cm/m)	dejansko	1,6	1,9	2,0	0,0329	13,56	0.000*	
	prilagojeno	1,6	1,9	2,0				
odklon od vert. (cm/m)	dejansko	6,5	7,8	9,6				0,0665
	prilagojeno	6,4	8,0	9,5				
viš. do prve veje (cm)	dejansko	94,9	141,0	139,6	0,2871	160,52	0.000*	
	prilagojeno	98,7	133,5	143,4				
št. živih vej	dejansko	5,7	5,1	5,7				0,2573
	prilagojeno	5,5	5,4	5,5				
št. mrtvih vej	dejansko	0,7	1,5	3,2	0,2250	115,72	0.000*	
	prilagojeno	0,6	1,6	3,1				

Za vse kvantitativne znake dreves smo ugotovili, da so razlike statistično značilne. Največji korelacijski koeficienti so bili pri premeru, ploščini in dolžini krošnji, kar nam pokaže dokaj tesno odvisnost med temi znaki in RJO razredi. Pri dolžini do prvega internodija je bila stopnja tveganja višja, kot pri ostalih znakih.

Preglednica št. 12: Preskus razlik za poškodbe in tip rasti med razredi RJO (N=1200)

TIP RASTI	RAZRED						χ^2 .	st. pr.	p
	I		II		III				
	št. dreves	delež	št. dreves	delež	št. dreves	delež			
enovrhati	135	46,56	135	42,19	391	66,27	101,95	4	0,000*
dvovrhati	90	31,03	117	36,56	184	31,19			
večvrhati	65	22,41	68	21,25	15	2,54			
Σ	290	100	320	100	590	100			
POŠKODBE									
poškodb ni	128	44,14	164	51,25	477	80,85	147,55	4	0,000*
sečnja	15	5,17	16	5,00	5	0,85			
toča	147	50,69	140	43,75	108	18,3			
Σ	290	100	320	100	590	100			

5.4 POVEZAVE IN ODVISNOSTI

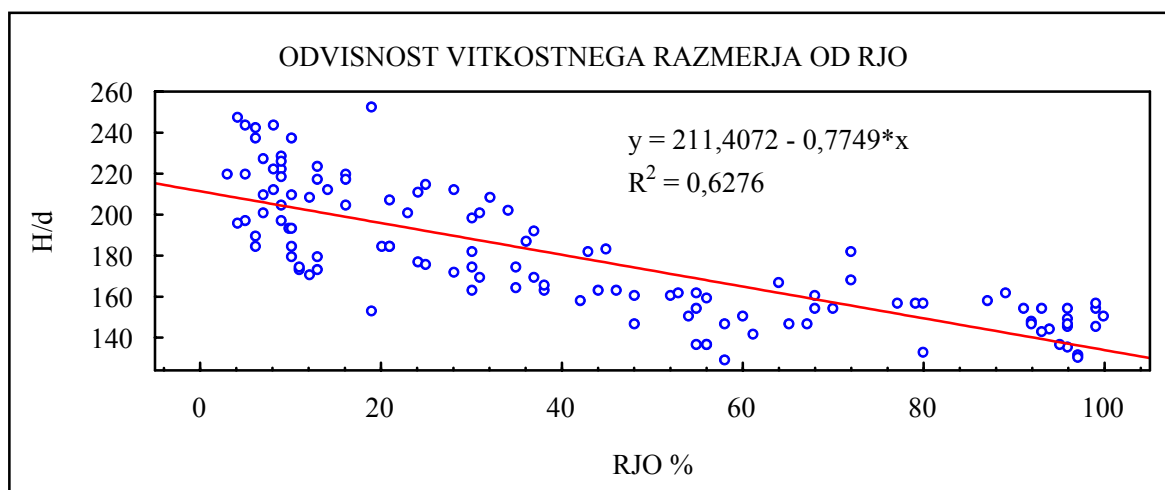
5.4.1 Prikaz linearne odvisnosti kazalnikov ploskev in znakov dreves od RJO

S pomočjo linearne regresije smo ugotavljali odvisnosti med kazalniki ploskev in znaki dreves (povprečja po ploskvah) od relativne jakosti obsevanja. Največja stopnja povezanosti se je pokazala med stopnjo zastiranja in RJO, v preglednici je podana le linearna. Visoki korelacijski koeficienti in tesne povezave so se nam pokazale tudi pri odvisnosti vitkostnega razmerja od RJO (slika št. 49), starosti od RJO, premera od RJO, številom mrtvih vej od RJO (slika št. 50) in višinskim prirastkom od RJO (slika št. 51). Odvisnosti, ki niso bile statistično značilne so: višina do prvega internodija, gostota ostalih drevesnih vrst, višina, število živih vej in krivost od RJO. Odvisnost kresnih prirastkov od RJO je bila značilna, a šibka. Zaključujemo, da svetloba v večji meri ne vpliva na pojavljanje in dolžino kresnih prirastkov (preglednica št. 13).

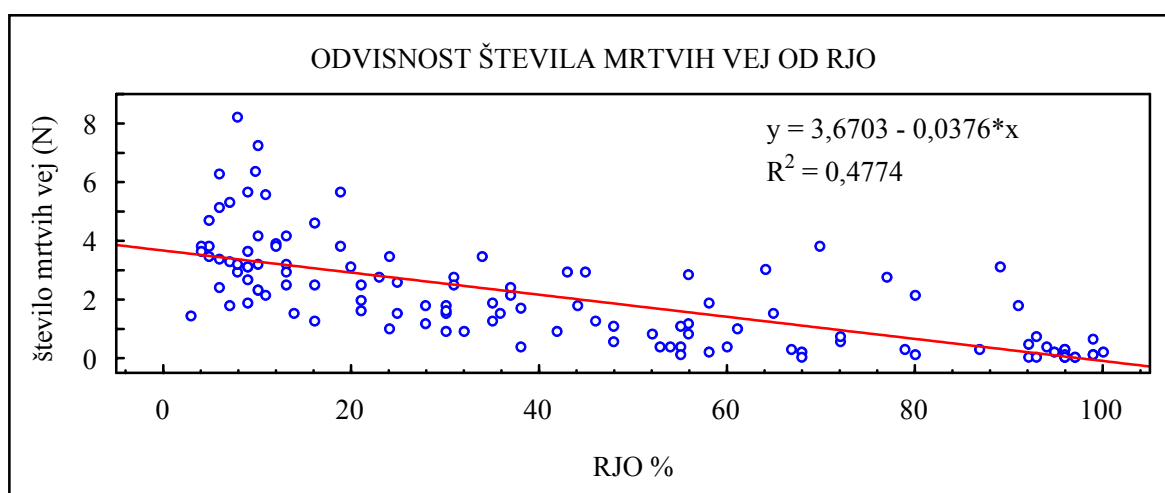
Preglednica št. 13: Linearna regresija v odvisnosti od RJO (N=120)

KAZALNIKI IN ZNAKI	R ²	SS	st. pr.	F	p
gostota dreves	0,1497	266,3	118	20,77	0,000
gostota bukev	0,1571	258,1	118	21,99	0,000
gostota ost. dr. vrst	0,0033	3,6	118	0,40	0,531
gostota gornjega sloja	0,1502	18,3	118	20,85	0,000
zastiranje	0,7464	50.773,8	118	347,24	0,000
starost	0,7312	298,5	118	321,04	0,000
višina	0,0037	57,0	118	0,44	0,507
premer	0,3770	2.895,1	118	71,40	0,000
vitkostno razmerje	0,6316	42.067,7	118	202,29	0,000
pom. prirastek	0,2596	1.390.009,9	118	41,37	0,000
kres. prirastek	0,0339	172.408,7	118	4,14	0,044
višinski prirastek	0,2590	1.722.490,0	118	41,24	0,000
višina do prvega internodija.	0,0025	22.861,1	118	0,29	0,591
ploščina krošnje	0,1576	61,0	118	22,08	0,000
dolžina krošnje	0,1364	25,0	118	18,64	0,000
stopnja asimetričnosti	0,0520	2.886,6	118	6,48	0,012
krivost	0,0292	67,6	118	3,55	0,062
odklon od vertikale	0,1342	1.101,5	118	18,30	0,000
višina do prve žive veje	0,0679	318.962,2	118	8,60	0,004
št. živih vej	0,0063	594,1	118	0,75	0,389
št. mrtvih vej	0,4570	192,3	118	99,31	0,000

Grafično smo prikazali tri najbolj tesne povezave znakov dreves od RJO. Za odvisnost vitkostnega razmerja od RJO smo ugotovili, da se s slabšanjem svetlobnih razmer zmanjšuje vitkost, povezava je bila negativna (slika št. 51). Pri številčnosti mrtvih vej je bilo opazno zmanjševanje le-teh s povečevanjem jakosti RJO, povezava je bila negativna. Do največjih odstopanj je prihajalo v pogojih slabe jakosti svetlobe, kjer je bila tudi variabilnost znakov primerkov največja (slika št. 52).

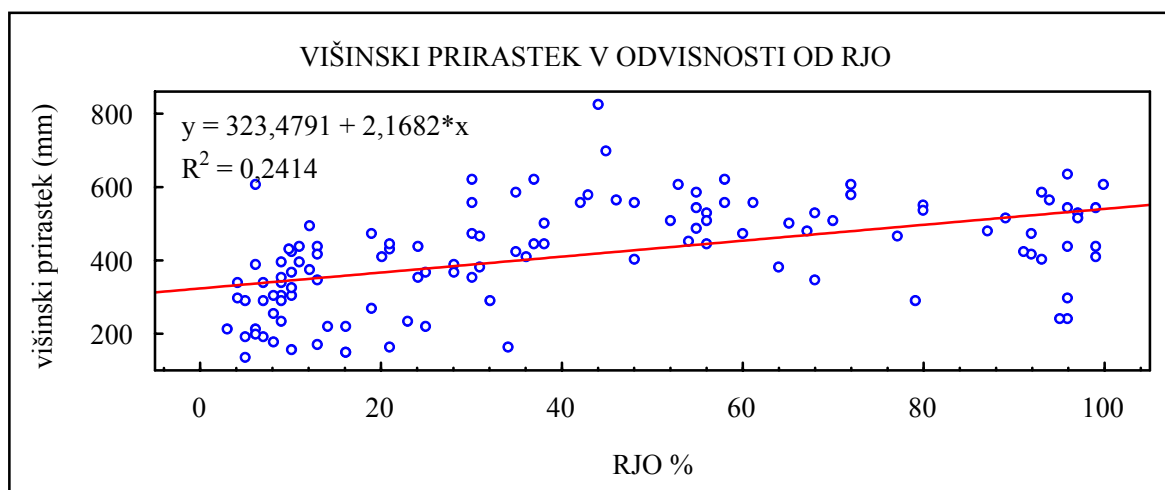


Slika št. 51: Odvisnost vitkostnega razmerja od RJO



Slika št. 52: Odvisnost števila mrtvih vej od RJO

Višinski prirastek je bil najnižji pri nizkih vrednostih RJO, razlike med povprečnimi prirastki po ploskvah so bile tu največje. S povečevanjem RJO so se povečevali tudi prirastki, linearna regresijska odvisnost je statistično značilna (slika št. 53).



Slika št. 53: Odvisnost višinskega prirastka od RJO

5.4.2 Medsebojne odvisnosti znakov dreves

Iz korelacijske matrike (priloga A, preglednica št. 1), smo ugotovili, da so medsebojne odvisnosti statistično značilne in tesne za naslednje znake:

- premer v odvisnosti od višine: povezava je tesna ($R = 0.707$) in pozitivna
- dolžina krošnje od višine (0,669) in premera (0,576), obe povezavi sta bili pozitivni
- višinski prirastek od dolžine krošnje (0,217), višinski prirastki so se povečevali z dolžino krošnje
- ploščina krošnje v odvisnosti od višine (0,578), premera (0,517) in dolžine krošnje (0,452); vse našteje povezave so bile pozitivne
- število živih vej od višine (-0,507) in višine do prve žive veje (-0,487); ti dve povezavi sta negativni
- število mrtvih vej od, vitkostnega razmerja (0,498), premera (-0,447) in dolžine krošnje (-0,319)

5.5 RAZLIKOVANJE PRIMERKOV NA RAZREDE RJO Z UPORABO KAKOVOSTNIH ZNAKOV

Diskriminativna analiza se uporablja za določitev spremenljivk, ki najbolj razlikujejo dve ali več naravno navzočih skupin. V našem primeru smo želeli poiskati odgovor na vprašanje, kateri znaki dreves so odločilni pri uvrstitvi določenega primerka v posamezen razred RJO. Pri določitvi znakov, ki smo jih vnesli v model, smo se opirali na korelacijske koeficiente linearne regresije in nekatere logične predpostavke o vplivnosti znakov. Kot dva izmed znakov smo tu upoštevali relativni prirastek in relativno dolžino krošnje, kjer smo osnovne vrednosti teh znakov podelili z višino posameznega primerka.

Diskriminativna funkcijska analiza nam pokaže, da ima največjo diskriminativno moč ploščina krošnje (parcialni Wilksov λ znaša 0.81), sledi ji premer ter relativni višinski prirastek (preglednica št. 14).

Preglednica št. 14: Diskriminativna funkcijska analiza za znake dreves (N=1200)

ZNAK	parcialni λ	F	p	R^2
vitkostno razmerje	0,9733	16,32	0,000*	0,5875
ploščina krošnje	0,8184	131,84	0,000*	0,4784
premer	0,9377	39,46	0,000*	0,7184
rel.prirastek	0,9472	33,11	0,000*	0,1612
rel.dol.krošnje	0,9579	26,10	0,000*	0,0894
poškodbe	0,9731	16,39	0,000*	0,0514
št.mrtvih vej	0,9695	18,71	0,000*	0,1801
tip rasti	0,9838	9,79	0,000*	0,0730
odklon	0,9926	4,42	0,012	0,1106
krivost	0,9955	2,69	0,068	0,1182
št.živih vej ^{a)}	0,9986	0,84	0,431	0,3346

a) znak ni vključen v model

Število živih vej ni bilo vključeno v model, saj vrednost F ni dosegla modelnega (2,2). Korelacijski koeficienti je najvišji pri premeru, sledi vitkostno razmerje in ploščina krošnje. Najmanjši je pri relativni dolžini krošnje. Število živih vej ima visok R^2 , torej je

odvisno od drugih znakov, vendar v skupnem nima diskriminativne (razlikovalne) moči pri uvrstitvi v razrede RJO.

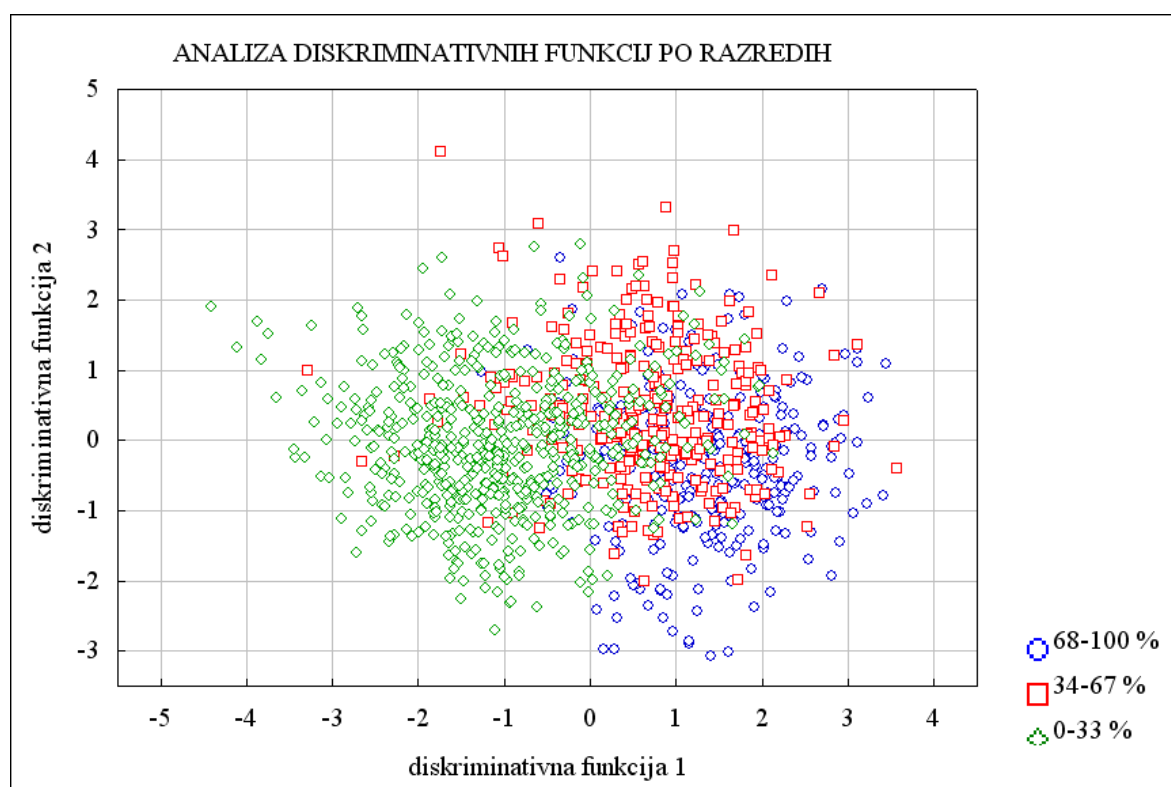
Nadalje smo izvedli kanonično analizo in izračunali dejanski diskriminativni funkciji, da bi videli, kako 10 spremenljivk (znakov) vključenih v model diskriminira med različnimi razredi. Za interpretacijo so pomembni standardizirani koeficienti.

Preglednica št. 15: Standardizirani koeficienti za diskriminativni funkciji

ZNAKI	STANDARDIZIRANI KOEFCIENTI	
	diskr.funk.1	diskr.funk.2
vitkostno razmerje	-0,3286	0,3117
ploščina krošnje	-0,7869	0,4950
premer	0,6307	0,3528
rel.prirastek	0,2244	0,6934
rel.dol.krošnje	0,2047	-0,5638
poškodbe	0,2298	0,0511
št.mrtvih vej	-0,2612	0,1096
tip rasti	0,1398	0,3070
odklon	-0,1046	0,1820
krivost	0,0902	0,1015
lastna vrednost	1,1396	0,0813
kumulativen delež	0,9334	1,0000

Prva diskriminativna funkcija je s standardiziranimi koeficienti najbolj pojasnjena s ploščino elipse in premerom, druga pa z relativnim prirastkom in ploščino elipse. Pri obeh je dokaj visoko tudi vitkostno razmerje. (preglednica št. 15). Lastne vrednosti (ang. izraz eigenvalues) so deleži variance izračunani za korelacijo med kanoničnimi spremenljivkami (preglednica št. 15). Kumulativni delež prve diskriminativne funkcije utemelji 93 % pojasnjene variance (tolikšen delež diskriminativne moči je pojasnjen s prvo diskriminativno funkcijo).

Pri grafičnem prikazu (slika št. 54) obeh diskriminativnih funkcij je opazno grupiranje RJO razredov, še najbolj vidno je v razredu III, prva diskriminativna funkcija ta razred razlikuje od ostalih dveh (v grafu postavljen bolj v levo).



Slika št. 54: Prikaz rezultatov analize diskriminativnih funkcij

Eden od ciljev diskriminativne funkcijske analize je klasifikacija primerkov. To dosežemo s koeficienti klasifikacije ki uvrstijo primerke v modelne razrede in jih primerjajo z izvornimi razvrstitvami.

Preglednica št. 16: Klasifikacijska matrika

RAZREDI	DEJANSKA RAZVRSTITEV	PRAVILNOST UVRSTITVE	MODELNA RAZVRSTITEV		
	št. primerkov	%	I	II	III
I	290	66,55	193	70	27
II	320	48,75	94	156	70
III	590	86,78	13	65	512
Σ	1200	71,75	300	291	609

Na podlagi znakov uvrščenih v analizo lahko trdimo, da je možno 72 % primerkov pravilno umestiti v dejanski RJO razred. Največji odstotek zanesljivosti se pojavi v razredu

III, kjer je 512 primerkov uvrščenih tako v modelni, kot tudi dejanski razred (preglednica št. 16). Pri ostalih razredih pa na podlagi znakov ne moremo s enako zanesljivostjo to ugotoviti. Tako je 164 primerkov iz razreda II uvrščenih v druga dva.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

Za boljše poznavanje dinamike naravne obnove v podgorskih bukovih gozdovih je pomembno poznati dva pomembna dejavnika, ki vplivata na razrast mladovja: velikost vrzeli in jakost svetlobe v njih. V pričujoči raziskavi smo poskušali ugotoviti razlike in odvisnosti kazalcev in znakov razrasti bukovih gošč od svetlobnih razmer in velikosti vrzeli. V ta namen smo v izbranih vrzelih izločili 120 raziskovalnih ploskev in na vsaki podrobneje analizirali 10 bukovih primerkov v fazi gošče. Temu je sledilo iz vrednotenje rezultatov, razdeljenih po sklopih:

- ugotavljanje statističnih razlik med povprečji kazalcev in znakov razrasti po tipih vrzeli in razredih RJO
- ugotavljanje odvisnosti kazalcev in znakov razrasti od relativne jakosti obsevanja ter medsebojna primerjava znakov primerkov
- diskriminativna analiza znakov primerkov

Velikost vrzeli in svetlobne razmere

Naravno pomlajevanje ni le pod vplivom prejete količine svetlobe, temveč tudi sestojne klime, ki se pojavi v vrzelih in je med drugim odvisna tudi od velikosti le-teh (Diaci, 2000). V naši raziskavi so velikosti vrzeli oziroma njihove površine v razponu od 0,04 do 120 arov, na podlagi katerih smo jih uvrstili v 3 velikostne tipe. Poleg tipov vrzeli smo pri analizi rezultatov tvorili tri svetlobne razrede, razporejene po tretjinskih deležih RJO.

Relativne jakosti obsevanja, ki prikazujejo delež obsevanja glede na celotno jakost, se med tipi vrzeli statistično razlikujejo. Največja povprečna vrednost RJO je v velikih vrzelih (79 %), vendar s precejšnjim raztrosom vrednosti v razponu od 45% do 100%. Najverjetnejši razlog je v vplivu obdajajočega sestoja, oziroma različnem položaju ploskev v vrzeli glede na robna drevesa. Do podobnih rezultatov je prišel tudi Sagheb-Talebi (1996), ki je na zunanjem robu vrzeli ugotovil za 35 % manjše povprečne vrednosti RJO, kot v centru vrzeli.

Povezava med RJO in stopnjo zastiranja je tesna, vendar ni linearna. Vrednosti zastiranja so primerljive z vrednostmi RJO, le raztros je manjši. Razlike v primerjavi z RJO so večje pri nižjih vrednostih, oziroma bližje robnim drevesom. Robna drevesa namreč v manjši meri vplivajo na oceno stopnje zastiranja kot na RJO. Poleg tega pri določanju zastrtosti prisotna tudi subjektivnost ocene merilca. Sagheb-Talebi (1996) je z ocenjeno stopnjo zastiranja ugotovil močno linearno povezavo z RJO, a so bile povprečne velikosti vrzeli manjše (20 arov).

V naši raziskavi je zaradi manjših površin (povprečje 14 arov) in postavitve nekaterih ploskev v notranjem robu vrzeli povprečna vrednost RJO v srednjih vrzelih za 47 % manjša, kot v velikih.

Zmanjševanje svetlobnega sevanja z zmanjševanjem velikosti vrzeli so ugotovili tudi pri raziskavi naravnega pomlajevanja smreke, kjer so največje vrednosti tako direktnega, kot tudi difuznega sevanja ugotovili v velikih vrzelih. Podoben trend so opazili tudi pri trajanju potencialnega direktnega sevanja, ki ga je bilo najmanj v malih vrzelih (Diaci in sod., 2000).

Raztrose RJO smo občutno zmanjšali z oblikovanjem razredov, kar je za dodatno analizo razrasti primernejše. Znotraj razredov se zmanjšajo povprečne stopnje zastiranja, v razredu III pa se povečajo odkloni od povprečja, saj je v tem razredu največ (59) zelo raznolikih ploskev.

Kazalniki gošč na ploskvah

Za gostoto dreves na posameznih ploskvah obstajajo statistične razlike med tipi vrzeli, prav tako tudi med RJO razredi. Povprečne vrednosti gostot so najvišje v velikih vrzelih (5,00 primerka/m²) in razredu I (5,54 primerka/m²), nepričakovano pa so najmanjše v srednjih vrzelih (3,49 primerka/m²) in razredu II (3,50 primerka/m²). V pragozdnih bukovih goščah je Mlinšek (1967) v majhnih pomladitvenih jedrih ugotovil podobne povprečne vrednosti gostote (4 - 6 primerkov/m²), kot na naših vrzelih. Podrobna primerjava ni možna, saj so bili raziskovani primerki nižjih višin (1,9 - 3,2 m), svetlobnih

razmer pa ni ugotavljal. V primerjavi z zastrtimi vrzelmi, se v nezastrtih pojavi za 10 - 30 % več primerkov na enoto površine (Pintarič, cit. po Cimperšek, 1988). V naši raziskavi je za 20 do 30% več dreves v velikih vrzelih, kakor v malih. Cimperšek (1988) v svoji analizi naravne obnove v subpanonskem bukovju ugotavlja gostote mladja in gošče različnih starosti, višin in premerov, vrednosti se gibljejo v razponu 0,8 do 22,4 primerka/m².

Prilagojene vrednosti glede na višino, so gostoto v naših vrzelih in razredu sicer nekoliko povečale, vendar ne v veliki meri. Razlogi za tako stanje so verjetno različne specifične lastnosti vrzeli, kot so velikost vrzeli, ekspozicija ali rastišča. Ugotovili smo tudi, da obstaja linearna odvisnost gostote dreves od RJO, vendar ni posebej tesna. To povezavo je ugotovil tudi Sagheb-Talebi (1996), ki je statistične razlike potrdil tudi za rastiščne razrede. Povprečne vrednosti gostote so višje v primerjavi z našimi, čemur je razlog iskati v nižjih povprečnih višinah ter mlajših primerkih (mediana 9 let).

Delež ostalih drevesnih vrst je na vseh ploskvah neznaten. Večina teh dreves so predstavljale mladice (smreka) ali nekaj let stari primerki (javor), ki niso posegali v gornji sloj. Razlike med vrzelmi so statistično značilne, med razredi pa razlik nismo odkrili. Regresijske odvisnosti v povezavi z RJO nismo potrdili.

Kar smo ugotovili pri gostoti dreves, velja tudi za gostoto gornjega sloja. Razmerja znotraj tipov vrzeli in RJO razredi so enaka, kar kaže na odvisnost gostote gornjega sloja od gostote dreves ($R^2 = 0,58$). Najmanjša je gostota v srednjih vrzelih ter razredu II, v splošnem pa se povečuje z naraščanjem RJO.

Za pojavljanje predrastkov smo ugotovili, da obstajajo statistične razlike med tipi vrzeli in RJO razredi. Predrastke smo opazili na 53 % vseh ploskev, relativno največ v velikih vrzelih in v razredu II. Dejstvo je, da je na ploskvah v malih vrzelih, oziroma pri šibkih jakostih osvetlitve (razred III) bilo najmanj predrastkov. Nasprotno je Šafar (1964) ugotovil večjo številčnost predrastkov pod zastorom. Vzrok za ti nasprotujoči si ugotovitvi bi lahko bil v nespremenjenosti svetlobnih razmer na naših ploskvah v malih vrzelih, ki silaškim drevesom niso dopustile možnosti za razrast.

Starost smo ugotavljali s štetjem letnic posekanega primerka iz večine ploskev, za primerjavo pa smo upoštevali tudi podatke o letu uvajanja v obnovo sestoja. Zato starost v naši raziskavi ni objektivno merilo za analizo in ugotavljanje razlik in odvisnosti. V splošnem lahko samo povzamemo, da so v malih vrzelih in razredu III najvišje starosti, v povprečju 4 leta več od ostalih vrzeli in razredov. Verjetni so tudi veliki odkloni starosti primerkov znotraj ploskev, za kar pa bi bila potrebna detajlna analiza.

Sagheb-Talebi (1996) je ugotovil, da se starost mladovja, ki ga je raziskoval, giblje v razponu od 4 do 20 let in je značilno povezana z RJO.

Znaki dreves

Pri izbiri ploskev smo se odločali za gošče primerljivih višin. Vendar smo pri prvih analizah ugotovili, da so srednje višine drevesc v srednjih vrzelih značilno višje od ostalih skupin vrzeli. Zato smo višino uporabili kot kovariato pri analizah razlik po tipih vrzeli in razredih sevanja. Največje višine smo ugotovili v srednjih vrzelih in razredih II, kar je v skladu s prejšnjimi ugotovitvami o gostoti dreves in kaže na njuno negativno medsebojno povezavo ($R^2 = 0,19$). Sagheb-Talebi (1996) je za prilagojene starosti ugotovil pozitivno odvisnost povprečnih višin od RJO razredov, najvišje vrednosti višine pa je dognal v razredu $RJO > 80 \%$. Pri raziskavi vpliva zastiranja na morfologijo mladja, so ugotovili za 70 % večje višine na ploskvah v vrzeli, kakor na primerjalnih pod zastorom (Collet in sod., 2001).

Premjer se linearno povečuje z višino, ta odvisnost je tesna in statistično značilna. Potrdili smo tudi pozitivno odvisnost premera od RJO. S primerjavo povprečnih vrednosti višin in premerov po vrzelih smo ugotovili, da je premer v velikih vrzelih, v primerjavi s srednjimi, kljub povprečno manjšim višinam, večji za 1,7 mm. Razlog za debelejšje primerke je verjetno večja količina svetlobnega sevanja v velikih vrzelih. Povprečna premera v razredih I in II sta enaka (32 mm), v razredu III pa je veliko manjši (24 mm).

Podobno so ugotovili tudi Collet in sodelavci (2001) na mladju bukve, kjer so po oblikovanju vrzeli ugotovili večjo debelinsko rast, ki se je izrazila že v prvem letu po

odpiranju vrzeli. Tudi Sagheb-Talebi (1996) je pri isti starosti primerkov dognal naraščanje premera s povečevanjem svetlobnega sevanja, največja povprečja so izkazovale ploskve v centru vrzeli.

Za vitkostna razmerja smo ugotovili statistične razlike med tipi vrzeli in RJO razredi. Največje povprečno vitkostno razmerje (210) dosežemo v malih vrzelih in razredu III (203), najmanjše pa v velikih vrzelih (151) in razredu I (151). Ugotavljamo tudi, da obstaja statistično značilna in tesna linearna povezava med vitkostnim razmerjem in RJO, kjer se z manjšanjem jakosti osvetlitve povečuje vitkostno razmerje. Mlinšek (1967) v pragozdni gošči ugotavlja za 17 - 35 % nižje povprečne vitkosti v primerjavi z goščo v gospodarskem gozdu. V gornjem sloju se vitkostna razmerja v pragozdu, kot tudi v gospodarskem gozdu gibljejo od 200 do 260, s tem da so standardni odkloni večji v gospodarski gošči.

Med poprečji letnih višinskih prirastkov smo odkrili statistično značilne razlike po tipih vrzeli in RJO razredih. Največji povprečni prirastek je v velikih vrzelih in, kar je nepričakovano, v razredu II. Razlog za to bi lahko bile večje povprečne višine v tem razredu. V obeh primerih so višinski prirastki skorajda za 40 % večji kot v malih vrzelih in razredu III. Leibundgut (1993) navaja za bukev manjšanje višinskih prirastkov ob odpiranju vrzeli. Regresijska odvisnost višinskega prirastka od RJO je pozitivna in statistično značilna.

Podobno je v raziskavi Brinarja (1969) višinski prirastek zastrtega mladja zaostajal povprečno za 42 % glede na mladje na odprtem. Collet in sodelavci (2001) so po oblikovanju vrzeli na mladju bukke opazili značilno povečan višinski prirastek, ki se je postopoma povečeval v roku treh let. Večjo odzivnost so pokazale starejše skupine primerkov (9-12 let). Nekateri avtorji pripisujejo povečanje prirastka na svetlobi zvečanju listne površine, kakor tudi progresivni fotosintetski učinkovitosti, ki je v povezavi z dostopnostjo sevanja (Minotta in Pinzauti, 1996). Nasprotno drugi avtorji ob manjšem indeksu LAI na svetlobi ugotavljajo večje prirastke, kot posledica povečane neto asimilacije (Tognetti in sod., 1998). Prirastek bukke pod zastorom je bil značilno manjši tudi pri raziskavi Canhama (1988), kjer se je pokazala potencialna pomembnost lateralne rasti pri sencovzdržnih vrstah, ki s tem pridobijo boljše mikro-pogoje za rast pod zastorom.

Pri Sagheb-Talebiju (1996) so prirastki naraščali z vsakim letom raziskave (vpliv starosti), odvisni pa so bili od svetlobnih razmer in najvišji v sredini vrzeli. Tesne odvisnosti je ugotovil tudi z rastiščem, medtem ko ekspozicija na prirastek ni imela vpliva.

Enako porazdelitev povprečij znotraj vrzeli in razredov kot pri višinskih prirastkih, ugotavljamo tudi za kresne. Pri razdelitvi RJO na razrede se, glede na srednje vrzeli, povprečna dolžina kresnega prirastka v razredu II poveča za 12 mm. Zelo majhne vrednosti se pokažejo v malih vrzelih, kot tudi razredu III. Razlike po vrzelih in razredih so statistično značilne, odvisnost kresnega prirastka od RJO je šibka ($R^2 = 0,04$), vendar značilna. Zaključimo lahko, da obstaja povezava med RJO in pojavljanjem kresnega prirastka, vendar je ta verjetno odvisen še od množice drugih dejavnikov.

Tako Brinar (1969) ni ugotovil razlik v pojavljanju kresnih poganjkov med primerjalnimi primerki pri naravni in reducirani svetlobi, opaženo pa je bilo močno nihanje tega pojava, domnevno kot posledica spreminjajočih se ekoloških dejavnikov in dednosti. Cimperšek (1988) navaja zaželenost kresnih poganjkov, saj pomenijo dodatno prednost pri višinski rasti mladih primerkov. V primeru olesenitve, pa jih lahko poškoduje pozeba. Sagheb-Talebi (1996) ugotavlja pojavljanje prvega in drugega kresnega poganjka, ki se tvori konec avgusta na 10 % bukev, ki so tvorile že prvega. Dolžine kresnih poganjkov lahko dosegajo do 2/3 pomladnega. Ugotovil je pozitivno odvisnost tvorjenja teh poganjkov od svetlobe, kot možne razloge pa navaja še prisotnost hranil, rezervne snovi v rastlini, vreme, koreninski sistem in dednost.

Dolžina do prvega internodija po tipih vrzeli je statistično značilna. Povprečno je najmanjša v malih, največja pa v srednjih vrzelih. Pri porazdelitvi po razredih, ugotovimo, da so vrednosti v vseh treh razredih na približno enaki ravni (22 mm), vendar kljub temu statistično značilne. Odvisnosti od RJO nismo potrdili. Zaključimo lahko, da na dolžino od vrhnjega poganjka do prvega internodija ne vplivajo svetlobne razmere.

Nasprotno je Sagheb-Talebi (1996) ugotovil negativno odvisnost vrhnjega internodija od RJO, poškodb po divjadi in kresnega prirastka.

Ploščina krošnje se povečuje z zmanjševanjem RJO, povezava je negativna in statistično značilna. Pri porazdelitvah po tipih vrzeli in razredih RJO je po prilagojenih vrednostih ploščina največja v malih vrzelih ter razredu III. V pogojih šibke svetlobe bukov gošče povečajo svoje krošnje v iskanju boljših razmer za preživetje. Šafar (1964) ugotavlja veliko večji delež slabih oblik krošnje pod zastorom, kakor v odprti vrzeli. Krošnje se v zgornjem delu razširijo in pridobijo dežnikasto obliko. Kot razlog, da bukev zgosti prirastni potencial na osvajanje višjih plasti v mladovju in so krošnje premalo in slabo razvite, navaja predolgo stanje zasenčenosti. Nasprotno Mlinšek (1967) v pragozdni gošči ugotavlja normalno razvitost krošenj brez večjih znakov senčne rasti, veje so tanke in stebila že delno otrebljena.

Ploščina krošnje je značilno odvisna tudi od višine, premera ter gostote dreves na ploskvi. Odvisnost je v prvih dveh primerih pozitivna, s povečevanjem gostote pa se ploščina krošnje zmanjšuje. Podobno za premer, višino in gostoto ugotavlja tudi Sagheb-Talebi (1996), ki pa je proučeval le širino krošnje v eni osi.

Stopnja asimetričnosti je statistično značilna po vrzelih in RJO razredih, vendar je odvisnost tega znaka od RJO zelo šibka. Ugotavljamo, da svetlobne razmere nimajo vpliva na asimetričnost krošenj.

Dolžina krošnje je po vrzelih najmanjša v srednjih vrzelih, pri primerjavi razredov pa v razredu III. Odvisnost od RJO in povezava s ploščino krošnje sta statistično značilni. Zaključujemo, da se ob šibki jakosti svetlobe v primerjavi s polno osvetlitvijo, oblikujejo krajše krošnje, kar je verjetno posledica odmiranja spodnjih vej.

Krivosti so med vrzelmi in razredi RJO statistično značilne, najmanjše vrednosti se pokažejo v velikih vrzelih (1,7 cm/m) ter razredu I (1,6 cm/m). Pri prikazu odvisnosti krivosti od RJO pa vidimo, da ta povezava ni statistično značilna. Tudi Šafar (1964) je v skupinah mladovja pod zastorom ugotovil do štirikrat manjši odstotek odlično ravnih debelc ter večji delež krivih debelc v primerjavi s skupinami v vrzelih. Brinar (1969) je na mladju pri pogojih reducirane svetlobe (50 %) ugotovil 13 % več krivih ter 13 % manj popolnoma ravnih primerkov v primerjavi z mladjem, raslim pri polni svetlobi. Brinar tudi

predpostavlja, da se ta znak tekom razvoja do stopnje v kateri bi pomenil hujšo napako, ublaži ali celo izgine. Starejši, že izoblikovani primerki bi lahko bili razlog, da v naši raziskavi nismo opazili večjih razlik krivosti v odvisnosti od svetlobnih razmer.

Odklon od vertikale je linearno odvisen od RJO, s slabšanjem svetlobnih razmer se povečuje. Največji je v malih vrzelih (9,6 cm/m) ter razredu III (9,5 cm/), tu je največja tudi variabilnost. Najmanjši je v velikih vrzelih (6,8 cm/m) in razredu I (6,5 cm/m). Zaključimo lahko, da je ta znak v primerjavi s krivostjo bolj odvisen od svetlobnih razmer v vrzelih, vendar lahko tudi za ta znak z razvojem pričakujemo manjši vpliv na stojnost dreves.

Prilagojeno število živih vej je po razredih skoraj na enaki ravni, po vrzelih pa je v malih največje. To je bilo v nasprotju z našimi pričakovanji, saj smo v pogojih slabe osvetljenosti pričakovali manjše število živih vej, ki naj bi bilo negativno odvisno od RJO. To neskladje si razložimo z metodo meritve vej, kjer je kot merilo preštevanja uporabljena tretjina premera. Tako smo ob nižjih vrednostih premera, kar je slučaj pri nizkih osvetljenostih, prešteli tudi tanjše veje, kot na primerkih odprtih vrzeli.

Med obravnavanimi tipi vrzeli in razredi RJO smo ugotovili statistično značilne razlike, izražena in značilna je tudi linearna odvisnost od RJO. Največje število mrtvih vej je v povprečju na malih vrzelih in v razredu III. Število mrtvih vej bolj odraža dejansko razmerje med vrzelmi, saj jih v velikih vrzelih na mnogo primerkih nismo opazili. Seveda tudi tukaj lahko ugotovimo povezavo s premerom, ki nam število mrtvih vej na tanjših osebkih relativno poveča. V splošnem pa lahko ugotovimo, da se z zmanjševanjem svetlobnega sevanja bukve bolje trebijo vej.

Največji delež (več kot 65 %) enovrhatih ter najmanjši delež večvrhatih primerkov se pojavi v malih vrzelih in razredu III, kar pomeni določeno prednost pri določitvi kakovosti. Največ dvovrhatih osebkov pa se pojavi v srednjih vrzelih (37 %) in razredu II (37 %), kjer je tudi najmanj enovrhatih. Večvrhatost je najbolj izražena v velikih vrzelih in razredu I, kjer smo opazili veliko košatost nekaterih primerkov. Zaključimo lahko, da polna

osvetlitev negativno vpliva na razvoj vršnih poganjkov, kar ima lahko za posledico slabe zasnove.

Kot razlog pojavu večvršnosti navaja Šafar (1964) pozebe, ki uničijo terminalni poganjek, njegovo funkcijo pa prevzamejo lateralni poganjki. Značilnih razlik v pojavljanju rogovil med skupinami mladovja pod zastorom in v vrzeli ni ugotovil. Brinar (1969) je na mladju pod zastorom ugotovil za 33 % več rogovilastih osebkov. Sagheb-Talebi (1996) je na 11% primerkov ugotovil dvovrhatost, na manj kot 1 % pa večvrhatost. Pojavljanje dvo in večvrhatosti je bilo v pozitivni zvezi s svetlobnimi razmerami, povezave s pojavljanjem kresnih poganjkov pa ni potrdil.

Največji delež nepoškodovanih osebkov smo zasledili v malih vrzelih ter razredu III, kjer so bile tudi poškodbe po toči najmanj izražene. V ostalih vrzelih in razredih je bila toča najbolj vpliven dejavnik poškodb, v velikih vrzelih in razredu I je bil delež največji. Verjeten razlog za tako stanje bi v malih vrzelih lahko predstavljala zaščita s strani sestoja. Poškodb po sečnji ni veliko, še največ jih je v velikih in srednjih vrzelih. V malih je delež teh poškodb skoraj izostal, saj niso nastale z načrtnim človekovim posegom.

Multivariatna analiza kakovostnih znakov drevesc glede na razrede RJO

Z diskriminativno analizo smo proučevali vzajemno učinkovanje kakovostnih znakov drevesc glede na svetlobne razmere. Na ta način smo želeli izpostaviti znake, ki so z vidika svetlobnih razmer pomembnejši od drugih, oziroma znake ki so manj pojasnjeni z drugimi znaki. Rezultati nam pokažejo, da ima največjo razlikovalno moč ploščina krošnje, sledijo premer, relativni višinski prirastek in vitkostno razmerje. Na podlagi teh znakov bi lahko dokaj zanesljivo uvrstili posamezen primerek v katerega izmed razredov RJO.

Sklepi

Svetloba vpliva na razrast bukovih gošč, kakovost je precej spremenljiva, a boljša v razmerah šibke do srednje osvetljenosti. V takih razmerah lahko pričakujemo nekoliko nižje gostote dreves s še vedno ugodnim razmerjem med premerom in višino ter dovolj globokimi in velikimi krošnjami, primerki pa ohranjajo višinske prirastke na visoki ravni. Tudi vrh drevesa se pri takšni osvetlitvi manj metlasto razrašča, od razvoja dvovršnih dreves v prihodnosti pa z nadaljnjim dodajanjem svetlobe pričakujemo prevlado enoosnosti.

Glede na rezultate prikazane v naši raziskavi, lahko zaključimo, da bi bila optimalna jakost osvetlitve, ki na kakovost gošč bukve vpliva najugodnejše, med analiziranimi razredoma II in III, oziroma pri vrednostih relativne jakosti svetlobe od 20 do 60 %. Pri tem naj bi se velikosti vrzeli z optimalnimi svetlobnimi razmerami, gibale v razponu od 3 do 30 arov. Tudi Sagheb-Talebi (1996) ugotavlja značilno odvisnost med pogostnostjo pojavljanja primerkov zadovoljive kakovosti in relativno jakostjo svetlobe. Dognal je, da na splošno kakovost bukve najbolj vpliva razred RJO 20 - 39 %.

Dve hipotezi pričujoče raziskave smo potrdili, eno pa le deloma. Svetloba je imela odločilen vpliv na razrast gošč in njihovo kakovost. V nenegovanih bukovih goščah prevladajo najmočnejši primerki, kar se pokaže predvsem v razmerah polne do srednje osvetlitve, kjer se pojavijo bujno razrasli primerki dolgih krošenj. S pravočasno in ustrezno nego bi te primerke izločili in dali prednost nižjim, a bolj kakovostnim bukvam.

Med tipi vrzeli smo predvidevali večje razlike. V slabših svetlobnih razmerah smo pričakovali slabše rezultate zaradi nagnjenosti bukve k plagiotropni rasti. Te razmere so negativno vplivale na horizontalno razraslost krošenj, vitkost, krivost, odklon od navpične rasti, pozitivno pa na dolžino čistega debla in enovrhatost krošnje. Kjer se zaradi zaostrenih ekonomskih razmer nega ne izvaja, ima vzgoja pod zastorom mnogo dobrih lastnosti. Prav tako smo predpostavljali, da bo v večjih vrzelih več napak: npr. vršnih poganjkov in izrazitejša debelovejnatost. Rezultati nakazujejo, da je obnova bukovih gozdov v pogledu komercialno zanimive razrasti in stabilnosti proces optimiranja.

Rezultati sicer nakazujejo smiselno uporabo malih do srednjih vrzeli, kjer naj bo tudi težišče ukrepanja. Občasna odstopanja v eno ali drugo smer, zaradi majhnih razlik ne pomenijo bistvene izgube kakovosti ali stabilnosti, pripomorejo pa k večji sproščenosti gospodarjenja ter so hkrati bolj usklajene z naravno dinamiko obnove, ki je pretežno malopovršinska, vendar zaradi naravnih ujm, kljub temu raznolika.

V prihodnjih raziskavah bi bilo smiselno zajeti večje intervale svetlobnih razmer, da bi lahko še jasneje zaznali neugodne učinke skromnih ali premočnih svetlobnih razmer. Prav tako je povezava med kakovostnimi znaki mladja in odraslih dreves še precej nepojasnjena.

7 POVZETEK

Naravna dinamika obnove v bukovjih je malopovršinska, kakovost gošč v pragozdnih ostankih je boljša v primerjavi z gospodarskim gozdom, vendar razmere niso primerljive. Obnova v srednjih do velikih vrzelih je zanimiva zaradi pospeševanja svetloljubnih vrst, koncentracije del in prostorskega reda, vendar zahteva intenzivna negovalna dela v mlajših razvojnih fazah, kar ne ustreza današnjim ekonomskim razmeram. Sprejemljivejša je obnova v malih vrzelih in pod zastorom, kjer z manj nege dosežemo boljšo kakovost. V razmerah šibke jakosti svetlobe je bukev nagnjena k plagiotropni razrasti. Zaradi nasprotujočih si ugotovitev, je potrebno določiti ustrezno velikost vrzeli in svetlobne razmere v njih.

Z raziskavo smo želeli ugotoviti razlike v razrasti in kakovosti podgorskih bukovih gošč pod različnimi svetlobnimi razmerami. Zanimale so nas lastnosti gošč, kakor tudi posameznih primerkov gornjega sloja.

Rezultati opravljene analize kažejo, da se najbolj kakovostni primerki oblikujejo v pogojih šibke do srednje osvetljenosti (RJO 14 - 32 %; površine 1 do 14 arov). Najbolj izraženi ugodni učinki teh razmer se kažejo na enovrhatost in razraslost krošnje, vitkostnem razmerju in čistosti debla. V razmerah polne osvetljenosti (RJO 79 %; površine 71 arov) je opazna silaška, čokata rast z dolgimi krošnjami in izrazito večvrhatostjo, pozitivni učinki pa se kažejo na višinskem prirastku. Izrazito šibka osvetljenost (RJO 5 - 14 %; površine 0,5 do 1 ara) negativno vpliva na stabilnost osebka in z njo povezano navpično rast, na prekomerno razraslost krošenj in manjše višinske prirastke.

Prihodnje raziskave bi morale obsegati večje razpone svetlobnih razmer za jasnejšo izločitev učinkov na razrast. Potrebno je ugotoviti optimalne velikosti in dinamiko širjenja vrzeli.

8 SUMMARY

Natural dynamics of regeneration in beech forests are mostly small scale, and the potential quality of saplings is higher in virgin forests compared to managed forests. However, conditions are not completely comparable. For example, in large gaps in managed forests, light demanding species are more successful. On the other hand, these gaps demand more intensive tending in younger development phases, which may not be economically feasible. It is more appropriate to initiate regeneration in smaller gaps where canopy conditions are more closed, as we can achieve better quality with less tending. These contradicting facts are one more reason for precisely defining suitable gap sizes and light regimes for successful natural regeneration in beech forest.

The main objective of this research was to determine differences in architecture and quality of saplings (between 3 and 5.5 m tall) in sub-montane beech forests. We focused on the attributes of saplings as well as the characteristics of several specimens in the upper layer.

The results showed that saplings with the highest quality were formed in low to mid-range light intensity (RLI 14-32 %; size 1 do 14 ar). The advantages of these conditions are shown by the number of terminal shoots, branching of the crown, the height-diameter ratio, and stem length without branches. In conditions of full light intensity (RLI 79 %; size 71 ar), more robust specimens with deep crowns and several distinct terminal shoots were found. The positive effects of these conditions are shown by higher height increments. Very low light intensities (RLI 5-14 %; size 0,5 do 1 ar) caused excessive branching, lower growth rates of height increments, lower specimen stability, and caused a-vertical growth.

Future research should examine a larger range of light conditions, which will more clearly show the effects of light on beech architecture. The optimal sizes and gap dynamics should be determined in more detail.

9 LITERATURA

Brinar M. 1969. Vpliv svetlobe na razvoj bukovega mladja = Der Einfluss des Lichtes auf die Entwicklung des Buchenjungwuchses. Zbornik- Research reports, 7: 61-144

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

Chadwick, D. O., C. L. Bruce. 1990. Forest stand dynamics. New York, John Wiley & Sons: 520 str.

Cimperšek M. 1988. Ekologija naravne obnove v subpanonskem bukovju. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 31: 121-184

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

Collet C., Lanter O., Pardos M. 2001. Effect of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. Annals of Forest. Science, 58: 127-134

Diaci J. 1999. Meritve sončnega sevanja v gozdu - I. Presoja metod in instrumentov. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 58: 105-138.

Diaci J., Thormann J.- J., Kolar U. 1999. Meritve sončnega sevanja v gozdu-II. Metode na osnovi projekcij hemisfere neba in krošenj. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 60: 177-210.

Diaci J. 2000. Izbrana poglavja iz predmeta gojenje gozdov na podiplomskem študiju gozdarstva : Študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 60 str.

Diaci J., Kutnar L., Rupel M., Smolej I., Urbančič M., Kraigher H. 2000. Interactions of ecological factors and natural regeneration in an altimontane norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand. *Phyton*, 40: 17-26.

Emborg J. 1998. Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 106: 83-95.

Gozdnogospodarski načrt GGE Grintovec za obdobje 1980-1989. 1980. Kočevje, Zavod za gozdove Slovenije.

Gozdnogospodarski načrt GGE Grintovec za obdobje 1990-1999. 1990 Kočevje, Zavod za gozdove Slovenije.

Gozdnogospodarski načrt GGE Grintovec za obdobje 2000-2009. 2000 Kočevje, Zavod za gozdove Slovenije.

Gozdnogospodarski načrt GGO Kočevje za obdobje 2000-2009. 2000 Kočevje, Zavod za gozdove Slovenije.

Karta GE Grintovec. 1995. Kočevje, Zavod za gozdove Slovenije.

Leibundgut H. 1993. Nega gozda. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 191 str.

Madsen P. 1995. Effects of soil water content, fertilization, light, weed competition and seedbed type on natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica*). *Forest ecology and Management*, 72: 251-264

Madsen P., Larsen J.B. 1997. Natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica* L.) with respect to canopy density, soil moisture and soil carbon content. *Forest Ecology and Management*, 97: 95-105

Marinček L. 1987. Bukovi gozdovi na Slovenskem. 1. natis. Ljubljana, Delavska enotnost: 153 str.

Minotta G., Pinzauti S., 1996. Effect of light and soil fertility on growth, leaf chlorophyll content and nutrient use efficiency of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. *Forest ecology and Management*, 86: 61-71.

Mlinšek D. 1967. Pomlajevanje in nekatere razvojne značilnosti bukovega in jelovega mladovja v pragozdu na Rogu. *Zbornik BF*, 15: 7-32

Mlinšek D., Bakker A. 1990. Jugendwachstum und Holzqualität bei der Buche. *Forst Wissenschaftliches Centrallblatt*, 109: 242-248

Modry M., Hubeny D., Rejšek K. 2004. Differential response of naturally regenerated European shade tolerant tree species to soil type and light availability. *Forest Ecology and Management*, 188: 185-195

Navodila za delo z opremo LI-COR SA senzorji. 1995. LI-COR Inc. Nebraska: 25 str.

Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije za leto 2003. 2004. Ljubljana: 47 str.

Pregledna karta OE Kočevje. 1986. Kočevje, Zavod za gozdove Slovenije.

Sagheb-Talebi K. 1994. Study of some characteristics of young beeches in the regeneration gaps of irregular shelterwood system (Femelschlag). *Genetics and Silviculture of Beech: Proceeding from the 5th Beech Symposium of the IUFRO Project Group P1.10-00 Denmark*, 19-24. sep. 1994. Madsen S. F. (ur). Denmark, Forskningscentret for Skov & Landskab: 105-116

Sagheb-Talebi K. 1996. Quantitative und qualitative Merkmale von Buchenjungwuechsen (*Fagus sylvatica* L.) unter dem Einfluss des Lichtes und anderer Standortsfaktoren. Beiheft zur Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen, 78: 219 str.

Šafar J. 1964. Kakvoča bukovog mladika u sastojinama Dinarskih planina. Šumarski list, 88: 307-315

Tognetti R., Minotta G., Pinzauti S., Michelozzi M., Borghetti M. 1998. Acclimation to changing light conditions of long-term shade-grown beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings of different geographic origins. Trees, 12: 326-333

Welander N.T., Ottosson B. 1997. Influence of photosynthetic photon flux density on growth and transpiration in seedlings of *Fagus sylvatica*. Tree Physiology, 17: 133-140

Welander N.T., Ottosson B. 1998. The influence of shading on growth and morphology in seedlings of *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. Forest Ecology and Management, 107: 117-126

LI-COR Biosciences - LAI-2000 Plant Canopy Analyzer: For Direct, Rapid, Non-Destructive LAI Measurements. 2004

http://www.licor.com/env/Products/AreaMeters/lai2000/2000_intro.jsp (15.10. 2004)

LI-COR Biosciences - LI-190SA Quantum Sensor. 2004

<http://www.licor.com/env/Products/Sensors/li190sa.jsp> (15.10. 2004)

ZAHVALA

Zahvaljujeva se:

Prof. dr. Juriju Diaciju za vse napotke, usmeritve in pomoč tekom izdelave naloge

Doc. dr. Robertu Brusu za hitro recenzijo dela.

Dipl. ing. Dušanu Roženbergerju , asistentu na Katedri za gojenje gozdov za koristne nasvete in pomoč pri terenskih meritvah.

Zahvala gre tudi teh. sodelavcu Urošu Kolarju za vso logistično podporo in dipl. ing. Andreju Rozmanu za pomoč pri statistični obdelavi podatkov.

Hvala tudi zaposlenim na ZGS OE Kočevje, še posebej pa obema revirnim gozdarjema GE Grintovec za koristne informacije

Tomu Naglu za pregled angleških prevodov.

Hvala vsem prijateljem, ki so nama tekom študija kakorkoli stali ob strani in naši mami, ki je verjela v naju.

PRILOGA A: Medsebojne odvisnosti znakov

Preglednica št. 1: Korelacijska matrika medsebojnih odvisnosti znakov dreves (N=1200)

	Š.M.VEJ	Š.Ž.VEJ	V.Ž.VEJ	ODKL.	KRIV.	T. RASTI	ST. A.	D. KR.	PL. KR.	INTER.	V. PRI.	K. PRI.	P. PRI.	H/D	VIŠINA	PREMER
PREMER	-0,447	-0,332	0,219	-0,238	-0,180	0,261	0,071	0,576	0,517	0,100	0,307	0,055	0,308	-0,773	0,707	1,000
VIŠINA	-0,220	-0,507	0,482	-0,146	-0,152	0,039	0,117	0,669	0,578	0,099	0,164	0,016	0,169	-0,170	1,000	
VITKOST	0,498	0,071	0,089	0,212	0,142	-0,313	-0,012	-0,258	-0,231	-0,065	-0,350	-0,087	-0,342	1,000		
P. PRIR.	-0,245	-0,046	-0,055	-0,194	-0,103	0,046	0,028	0,229	0,016	0,181	0,943	0,014	1,000			
K. PRIR.	-0,006	-0,026	0,014	-0,036	0,034	0,137	-0,075	0,005	-0,064	0,005	0,346	1,000				
V. PRIR.	-0,232	-0,052	-0,047	-0,194	-0,085	0,089	0,002	0,217	-0,006	0,171	1,000					
INTER.	-0,055	-0,128	0,077	-0,060	-0,036	0,000	0,032	0,042	0,005	1,000						
PL. KROŠ.	-0,094	-0,170	0,202	-0,052	-0,088	-0,051	0,190	0,452	1,000							
DOL. KROŠ.	-0,319	-0,133	-0,330	-0,185	-0,211	0,014	0,073	1,000								
ST. ASIM.	0,063	-0,076	0,062	-0,021	-0,047	-0,005	1,000									
TIP RASTI	-0,136	-0,135	0,033	-0,079	0,016	1,000										
KRIVOST	0,209	0,005	0,055	0,269	1,000											
ODKLON	0,094	-0,051	0,032	1,000												
V. Ž. VEJE	0,097	-0,487	1,000													
ŠT.Ž.VEJ	0,103	1,000														
ŠT.M.VEJ	1,000															

s črno označene značilne odvisnosti, $p=0,05$

PRILOGA B: Stanje na področju raziskave

Preglednica št. 1: Stanje in izvedena dela v izbranih oddelkih GE Grintovec

		ODDELKI								
		37a	38a	43a	47a	64	67a	80a	81b	84
OBRNOVA	leto	1984	1991	1991	1985	1190	1991	1989	1988	1986
LZ v času obnove (m3/ ha)		215	256	275	197	303	234	323	287	266
LZ leta 2000 (m3/ ha)		471	321	270	399	229	310	190	381	301
D. SESTAVA V času obnove (%)	bu	43	67	80	68	81	29	86	92	93
	sm	40	18	10	26	6,5	27	10	3	5
	gr	6	5,1	3,2	3	6,8	23	1	2	1
	b. gab	6	3,2	0,2	1		1,8	2	2	1
	g. ja	2	1,9	1,6	1		2,5			
	li	2	0,8	0,2	1		4,8	1	1	
	ost	1	2,9	3,6		4,9	10			
D. SESTAVA leta 2000 (%)	bu	37	88	74	63	62	55	69	77	91
	sm	50	6	26	36	28	24	16	10	6
	gr	8	5		1	4	12	5	7	
	b. gab	3	1			5	4	3	3	1
	g. ja	2						3	1	3
	li						3	4		
	ost					1				
R. FAZA čas obnove (%)	mladovje								x	
	drogovnjak	x	70	90		60	45	x	x	x
	debeljak	x	10	10	x	40		x	x	x
	v obnovi		20							
R. FAZA leta 2000 (%)	raznomenen									
	pionirski						55			
	mladovje		9	9		47	15		2	1
	drogovnjak		2		1			17		10
POSEK (m3)	debeljak	100	76	91	82	33	38	35	98	88
	v obnovi		13		17			46		
	raznomenen					20	42	3		
GOJ. DELA	pripr. sest., tal (ha)	0,15	1,00	0,20		0,30	7,00			
	nega mladja (ha)				0,50	3,50		10,00	2,50	0,20
	nega gošče (ha)		0,30	2,80		0,80		1,70		0,60
	redčenje (ha)			13,00	10,00			3,00		1,50
	sadnja (ha)			0,20						
	zaščita (kos)			50,00						
	ostalo (ha)		0,80				5,60		1,00	

PRILOGA C: Vrzeli in primerki



Slika št. 1: Tip velike vrzeli s površino 120 arov, izločeno 11 ploskev (foto: Tanko, 2004)



Slika št. 2: Tip srednje vrzeli s površino 13,5 arov, izločeno 5 ploskev (foto: Tanko, 2004)



Slika št. 3: Tip male vrzeli s površino 3 are, izločene 3 ploskve (foto: Tanko, 2004)



a.) velike vrzeli



b.) srednje vrzeli



c.) male vrzeli

Slika št. 4: Prikaz primerkov bukve po tipih vrzeli (foto: Tanko, 2004)

Preglednica št. 1: Kazalci ploskev ter znaki treh primerkov iz Slike 4

	VELIKA VRZEL	SREDNJA VRZEL	MALA VRZEL
KAZALCI PLOSKVE			
RJO (%)	95	46	13
gostota dreves (N/m ²)	118	84	167
ZNAKI PRIMERKA			
višina (m)	5,00	5,50	4,75
premer (mm)	32	33	27
starost (let)	19	23	25
višinski prirastek (mm)	503	495	482
kresni prirastek (mm)	0	40	0
ploščina krošnje (m ²)	1,7	2,16	2,8
tip rasti	2	1	1
viš. do žive veje (cm)	28	145	113
št. živih vej	6	4	8
št. mrtvih vej	2	2	3
poškodbe	toča	toča	ni

PRILOGA D: Shema raziskave

PODROČJE RAZISKAVE:	zdržba <i>Hedero-Fagetum</i>
VRZELI:	nenegovana gošča približno enake starosti in višine <u>tipi vrzeli glede na velikost:</u> • velike vrzeli • srednje vrzeli • male vrzeli
PLOSKVE NA VRZELIH:	v vsakem tipu vrzeli 40 ploskev velikosti 0,25 ara sistematična postavitev <u>kazalniki ploskev:</u> • gostota dreves, bukev, ostalih drevesnih vrst • gostota gornjega sloja • prisotnost predrastkov • stopnja zastiranja • relativna jakost osvetlitve (RJO) • ocena starosti
BUKVE NA PLOSKVAH:	na vsaki ploskvi 10 osebkov, 400 osebkov na ploskev kriterija izbire: višina in enakomerna razmestitev <u>kvantitativni znaki bukev:</u> • višina • premer • višinski prirastek ○ pomladni prirastek ○ kresni prirastek • dolžina do prvega internodija • višina do prve žive veje • širina krošnje (2 smeri) • krivost • odklon debla od vertikale • število mrtvih vej • število živih vej <u>kvalitativni znaki bukev:</u> • poškodbe • tip rasti