

GDK: 56:176.1--01(497.12*14)

Prispelo / Received: 17. 8. 2004

Sprejeto / Accepted: 16. 9. 2004

Izvirni znanstveni članek

Original scientific paper

OCENJEVANJE PROSTORSKE ZGRADBE JELOVO-BUKOVIIH SESTOJEV

David HLADNIK*

Izvleček:

V treh sestojih jelovo-bukovih gozdov na visokem krasu smo raziskali sestojno strukturo in njeno prostorsko zgradbo. Na treh raziskovalnih ploskvah, velikih 2 ha, smo izmerili koordinate dreves ter njihove dendrometrijske znake. Raziskovalne ploskve v treh sestojih se med seboj razlikujejo po svoji zgradbi, gostotah in tudi po parametrih prostorske zgradbe, ki smo jih ocenili na podlagi metod za ocenjevanje prostorske razmestitve dreves. Za drevesa v I in II debelinskem razredu smo izračunali višje povprečne relativne razlike v sestojnih gostotah kot za debelejša drevesa. Ko so vzorčne ploskve presegle velikost 6 a, so bile povprečne relativne razlike pri ocenjevanju števila dreves v III debelinskem razredu v vseh treh sestojih manjše od 30 % v vseh treh sestojih. Na podlagi teoretičnih modelov je bilo mogoče o šopasti rasti dreves sklepati le v sestoji s prevladujočo jelko. V dveh sestojih jelke in bukke smo določili tudi sestojne skupine, ki so jih oblikovala drevesa na površini do 0,5 ha. Za jelko, smreko in bukev smo ocenili ($P < 0,01$), da se njihova prostorska razmestitev razlikuje od slučajnostne, te drevesne vrste pa so oblikovale tudi različno velike sestojne skupine na površini do 0,25 ha. Ker so bila dominantna drevesa v vseh treh sestojih enakomerno in slučajnostno razporejena, sklepamo, da sestoji tudi po obdobju propadanja jelke niso postali razgrajeni.

Gljučne besede: sestojna gostota, prostorska razmestitev dreves, jelovo-bukovi sestoji

ASSESSING SPATIAL STRUCTURE IN THE BEECH AND SILVER FIR FOREST STANDS

Abstract:

Stand structures and spatial patterns were studied in three plots in the beech and silver fir forest on the Karst Plateau in Slovenia. We mapped all stems ≥ 10 cm in diameter at breast height (dbh) on 2 ha plots. The structure of the forest stands on three research plots varied in stand density and in the spatial distribution of stems, analysed using different methods for the characterisation of spatial distribution of trees. The mean relative differences for measuring tree density were substantially greater for trees < 50 cm or < 30 cm than those for large-diameter trees. Relative difference declined after a plot size of about 6 a, where mean relative differences for the ≥ 50 cm dbh class were less than 30 %. Based on theoretical models of spatial distribution, a tendency of clustering or clumping of trees was evident in the stand dominated by silver fir. In two beech and silver fir stands, stems were aggregated in large patches of up to 0.5 ha in size. The spatial distribution of silver fir, spruce and beech varied significantly ($P < 0,01$) from a random distribution. Stems of these species aggregated in small and medium patches up to 0.25 ha. Dominant trees were regularly and randomly distributed in the three stands, indicating that after the period of silver fir decline the structure of stands did not deteriorate.

Keywords: stand density, spatial distribution, beech and silver fir stands

* doc. dr., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO

VSEBINA
CONTENTS

1	UVOD.....	167
	INTRODUCTION	
2	METODE DELA.....	169
	METHODS	
3	REZULTATI.....	172
	RESULTS	
4	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	181
	DISCUSSION AND CONCLUSIONS	
5	SUMMARY.....	184
6	VIRI.....	185
	REFERENCES	

1 UVOD

INTRODUCTION

Današnja zgradbo jelovo-bukovih gozdov na slovenskem visokem krasu so izoblikovali zelo različni načini gospodarjenja. V začetnem obdobju neurejenega gospodarjenja so prevladovale izbirne sečnje in tudi sečnje na golo. Ob koncu 19. stoletja so gozdarski strokovnjaki vpeljali urejeno gospodarjenje z oplodnimi sečnjami, Hufnaglovo prebiralno sečnjo s številnimi različicami in v manjšem obsegu tudi sečnjo na golo. Po letu 1960 so opuščali prebiralno sečnjo in začeli uveljavljati zlasti skupinsko postopno gospodarjenje. Ko so analizirali razvojne procese v teh gospodarskih gozdovih, so ocenili (KORDIŠ 1993), da nobena uporabljena tehnika sečnje ni uspela izoblikovati sestojnih zgradb, ki bi bile dovolj podobne naravni in bi ohranjale številne naravne procese. KORDIŠ (1993) je kot obliko sonaravne zgradbe v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu predvidel strukturno bogato zgradbo, ki bi jo gradila drevesa različnih starosti, razporejena posamič, šopasto ali celo v nekoliko večjih skupinah in bi se združevala v celoto.

Po več stoletjih človekovega izkoriščanja jelovo-bukovih gozdov so se v njih razvile različne sestojne zgradbe. Že v prvih načrtih gospodarjenja so gozdarski strokovnjaki začeli razvijati načelo o spremljanju razvoja gozda, ki je podobno kot drugod v Evropi doseglo svoj vrh z oblikovanjem kontrolne metode gospodarjenja (KOEHL 1992, GAŠPERŠIČ 1995). Sprva je bilo zbiranje podatkov in informacij podrejeno le proizvodni vlogi gozdov, v zadnjih desetletjih pa so po načelih mnogonamenskega gospodarjenja v vsebino načrtovanja in informacijskega sistema zajeli tudi ekološke in socialne funkcije gozdov. Ker se te pogosto navezujejo na prostorske razsežnosti in strukturo gozdnega ekosistema, je bilo treba razviti nove inventurne metode in določiti nove vsebine nadzora, kajti z dotedanjimi statističnimi informacijami, zbranimi po ureditvenih in administrativnih enotah, ni bilo več mogoče ocenjevati na primer posledic onesnaževanja ozračja, učinkov klimatskih sprememb, ogroženosti vrstne in rastiščne pestrosti.

Na ravni gozdnih sestojev raziskovalci sklepajo o učinkovitosti gospodarjenja tudi na podlagi številnih parametrov prostorske razmestitve. Na podlagi prostorske razmestitve dreves so presojali o razlikah v priraščanju mešanih sestojev (PRETZSCH 1995), v gorskih gozdovih šopasti zgradbi sestojev pripisujejo večjo odpornost proti vetrovom, obremenitvi s snegom in manjšo ogroženost od biotskih dejavnikov kot v enomernih sestojih (SCHOENENBERG 2001). BACHOFEN IN ZINGG (2001) sta prikazala, da so ocene vitkosti (razmerje med višino in premerom drevesa), indeksi sestojnih gostot (SDI) in ocene prostorske

razmestitve najboljši indikatorji, po katerih je mogoče presoјati, ali z gospodarjenjem v gorskih gozdovih izboljšujemo njihovo varovalno vlogo. Tudi v jelovo bukovih-gozdovih na Slovenskem so na podlagi prostorske razmestitve sklepali o ekoloških dejavnikih in razvojnih procesih v gozdnih sestojih. BONČINA (1994) je ocenjeval, da so v prebiralnem dinarskem gozdu jelke in buke tiste jelke, ki se vzpenjajo (tekači), posamično razporejene in imajo večje krošnje, medtem ko je bukev razporejena v šopih, tako da ima celoten šop vlogo tekača. V pragozdovih je razvoj bukovih osebkov drugačen kot v gospodarskih gozdovih. KORDIŠ (1993) je ocenjeval, da je rast v zgornji sloj omogočena le redkim osebkom, ti pa zaradi več prostora, ki ga imajo, gradijo mnogo bolj somerne krošnje. BONČINA (1997) je v pragozdnih rezervatih Rajhenav in Krokav na Kočevskem ocenil, da drevesa ne odmirajo enakomerno po površini sestoja, temveč je mrtvo drevje razmeščeno v bolj ali manj izrazitih šopih. Posledica takega odmiranja dreves je raznomerna zgradba sestojev, pomembna pa je tudi velikost nastale vrzeli, kajti v večjih vrzelih se lahko razvijeta mladje in gošča, če pa drevesa odmirajo v majhnih šopih, lahko nastane prebiralna zgradba. V Rajhenavskem pragozdu Bončina ni odkril bistvenih razlik v prostorski razmestitvi jelke in buke, ki ju je primerjal na raziskovalnih ploskvah v optimalni razvojni fazi gozda.

Na žalost na Slovenskem nimamo takih raziskovalnih ploskev, kjer bi bilo mogoče ocenjevati, kako so se spreminjale razmestitve dreves od pomladitve prek letvenjakov in drogovnjakov do debeljakov. Na raziskovalnih ploskvah, ki so bile postavljene v slovenskih gozdovih pred 50 leti (ČOKL 1961), niso izmerili koordinat posameznih dreves, tako da ni mogoče oceniti, kako so propadale zlasti jelke v gospodarskih gozdovih in kakšna je bila prostorska razmestitev poškodovanih dreves in sušic, ki so jih najmočnejše sekali po letu 1970. Pred tem so v jelovo bukovih gozdovih na visokem krasu želeli oblikovati uravnovešeno prebiralno zgradbo, v nižjih debelinskih stopnjah pa pogosto sekali bukev, ki je prevladovala tudi v mladovju in je dobro vraščala. Sušenje jelke in dolgo vztrajanje gozdarskih strokovnjakov, da bi oblikovali ter vzdrževali prebiralno zgradbo v jelovo-bukovih gozdovih, sta odločilno vplivala na strukturo sestojev v gospodarskih gozdovih. Domnevali smo, da je v starih sestojih jelke in buke mogoče odkriti razlike v prostorski razmestitvi dreves in na podlagi teh razlik pojasniti del razvojnih procesov, o katerih na podlagi sestojnih gostot, kot so število dreves na hektar, temeljnica, lesna zaloga in njihova struktura po debelinskih stopnjah ni mogoče sklepati. Po končanem terenskem delu na treh raziskovalnih ploskvah smo preverili več raziskovalnih hipotez o prostorski zgradbi jelovo-bukovih sestojev:

- prostorske razmestitve jelke, buke in smreke v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu se razlikujejo,
- prostorska razporeditev dominantnih dreves ni enaka prostorski razporeditvi celotne

populacije dreves v jelovo-bukovih sestojih,

- prostorska razmestitev se spreminja z razvojem jelovo-bukovih sestojev,
- prostorsko razmestitev dreves je mogoče ocenjevati tudi na podlagi podatkov kontrolne vzorčne metode.

2 METODE DELA METHODS

V letu 2003 smo izmerili in ocenili drevesa na dveh raziskovalnih ploskvah v Leskovi dolini in eni ploskvi na Mašunu na postojnskem gozdnogospodarskem območju. Ploskve merijo 2 ha in so bile natančno odmerjene in zamejčene pri prvi postavitvi leta 1950. V Leskovi dolini sta ploskvi postavljeni v oddelku 36 in sta v arhivskih gradivih označeni s številka 98 in 99 (ČOKL 1961). Ležita na nadmorski višini med 830 in 860 m. Na ploskvi 98 so ob postavitvi določili rastišče *Omphalodo-Fagetum galietosum odorati* (*Abieti-Fagetum* din. *omphalodetosum*), na ploskvi 99 *Omphalodo-Fagetum lycopodietosum* (*Abieti-Fagetum* din. *lycopodietosum*). Ploskev na Mašunu je bila označena z zaporedno številko 97, leži 900 m visoko, njeno rastišče pa je bilo ob zamejčenju določeno kot *Abieto-Calamagrostidetum goodyeretosum*.

Ploskvi v Leskovi dolini merita 200x100 m, na Mašunu pa 160x125 m. Meje ploskev smo uporabili kot osi lokalnega koordinatnega sistema in za vsako drevo določili lokalne koordinate. Tako je bilo mogoče raziskovalne ploskve postaviti v zasnovo geografskega informacijskega sistema in pripraviti izhodišče za spremljanje razvoja dreves na ploskvah v naslednjih desetletjih. Dosedanje meritve na ploskvah in razvoj gozdnih sestojev smo podrobno že opisali (HLADNIK 2004), zato v preglednici 1 podajamo le tiste znake in parametre, ki so pomembni, ko ocenjujemo zlasti današnjo prostorsko zgradbo in razmestitev dreves v jelovo-bukovih gozdovih.

Tlorise raziskovalnih ploskev smo v okolju geografskih informacijskih sistemov (GIS) razdelili na manjše površine vzorčnih ploskev, tako da smo jih najprej razdelili na dve polovici, veliki 100x100 m, nato pa ti polovici delili naprej vse do najmanjših ploskev, ki so merile 12,5x12,5 m. Znotraj Mašunske ploskve, ki je bila nepravilne oblike, smo oblikovali kvadrat 100x100 m in tega razdelili na manjše vzorčne ploskve, enako kot na raziskovalnih ploskvah v Leskovi dolini. Tako smo oblikovali izhodišča za ocenjevanje razlik v sestojnih gostotah in ocenjevanje prostorske razmestitve dreves v treh sestojih.

Preglednica 1: Število dreves, temeljnica in lesna zaloga drevesnih vrst na raziskovalnih ploskvah v Leskovi dolini in na Mašunu leta 2003

Table 1: Number of trees, basal area and growing stock of tree species on research plots in Leskova dolina and Mašun in 2003

	Ploskev / Plot 97				Ploskev / Plot 98				Ploskev / Plot 99			
	Jelka	Smreka	Ostal.	Skupaj	Jelka	Bukev	Ostal.	Skupaj	Jelka	Bukev	Ostal.	Skupaj
	Fir	Spruce	Other	Total	Fir	Beech	Other	Total	Fir	Beech	Other	Total
<i>N</i> (n/ha)	56	256	70	382	81	124	12	217	243	132	38	413
(%)	15	67	18	100	38	57	5	100	59	32	9	100
<i>G</i> (m ² /ha)	5,8	40,7	2,9	49,4	19,1	17,2	1,8	38,1	38,0	6,1	4,8	48,9
(%)	12	82	6	100	50	45	5	100	78	12	10	100
<i>V</i> (m ³ /ha)	87	596	35	718	308	237	26	571	565	66	69	700
(%)	12	83	5	100	54	41	5	100	81	9	10	100

Na podlagi izmere vseh dreves na raziskovalnih ploskvah smo izračunali hektarske vrednosti števila dreves in sestojne temeljnice ter porazdelitev dreves po debelinskih razredih 10-29 cm, 30-49 cm in nad 50 cm. Vrednosti teh parametrov smo primerjali z vrednostmi, izračunanimi na posameznih vzorčnih ploskvah. Posebej smo ocenili relativne razlike med vrednostmi na posameznih vzorčnih ploskvah in pravo vrednostjo gostot za 2 ha raziskovalno ploskev. Relativne razlike smo izračunali po metodi, ki jo je predlagal GRAY (2003):

$$\text{rel. razlika}_{jk} = \text{abs}(x_{ijk} - \mu_{jk}) / \mu_{jk}$$

Razlike za vsako vzorčno ploskev smo računali kot odstopanja v številu dreves, kjer je x_{ijk} vrednost za vzorčno ploskev velikosti i , za debelinski razred j in sestoj k , μ_{jk} pa je prava vrednost za debelinski razred j in sestoj k .

Prostorsko razmestitev dreves smo ocenjevali na podlagi Morisitinega indeksa (MIYADOKORO *et al.* 2003):

$$I_{\delta} = (q \sum_{i=1}^q n_i(n_i-1)) / N(N-1)$$

q – število kvadratov oziroma vzorčnih ploskev,

n_i – število dreves posamezne drevesne vrste na vzorčni ploskvi i ,

N – število vseh dreves na vseh vzorčnih ploskvah q .

Na podlagi tega indeksa je mogoče sklepati o slučajnostni razmestitvi dreves, ko je $I_{\delta} = 1.0$; o enakomerni razmestitvi pri $I_{\delta} < 1.0$ in o šopasti oziroma skupinski razmestitvi, ko je $I_{\delta} > 1.0$. Za vsak indeks, ki je bil večji od 1, smo izračunali vrednost F_0 in jo primerjali

z vrednostjo v F porazdelitvi, da bi določili, če se razmestitev dreves značilno razlikuje od slučajnostne. Vrednosti F_0 smo izračunali po obrazcu, ki so ga predstavili NOGUCHI *et al.* (1999):

$$F_0 = (I_s(N-1) + q - N) / (q - 1)$$

Posebej smo za vsako velikost vzorčnih ploskev izračunali tudi količnik med varianco in povprečno vrednostjo števila dreves na vzorčnih ploskvah. NEUMAN IN STARLINGER (2001) sta tak količnik označila kot Coxov indeks za ocenjevanje šopaste rasti. PUHEK (1998) je zanj predstavil obrazec za preizkus ničelne hipoteze o razmestitvi dreves v sestoji, ki upošteva izhodišče, da je pri slučajnostni (Poissonovi) razmestitvi dreves varianca σ^2 enaka povprečni vrednosti števila dreves r :

$$t = (\sigma^2/r - 1) / (2/(nk - 1))^{1/2}$$

Rezultate, ki jih dajeta zgornji metodi kvadratov, smo primerjali z metodami, pri katerih o prostorski razmestitvi dreves sklepamo na podlagi razmikov med drevesi. V vsakem kvadratu, velikosti 12,5x12,5 m, smo določili središče in od tam merili razdalje do najbližjih dreves (metoda točka-drevo) ali določili najbližje drevo in od tega merili razdalje do sosednjih dreves (metoda drevo-drevo). Pri tem nismo upoštevali središč v tistih kvadratih, ki ležijo na robu raziskovalnih ploskev. Sistematična mreža vzorčnih ploskev je bila tako za 18,75 m oddaljena od roba raziskovalnih ploskev. Pri obeh metodah smo izračunali povprečne oddaljenosti R_k do k -tega drevesa in jih primerjali s teoretičnimi razmaki:

$$R_{kT} = a_k / \mu^{1/2}$$

kjer je a_k konstanta, ki smo jo izračunali za posamezne vrednosti dreves do $k = 15$,

$$a_k = k (2k)! / (2^k k!)^2$$

μ pa je gostota, izračunana na podlagi števila dreves ($N_{ha}/10000$). Teoretično varianco razmikov smo izračunali po obrazcu:

$$\sigma_{Rk}^2 = k/\mu [1/\pi - k ((2k)!)^2 / (2k k!)^4]$$

Puhek (1998) je na podlagi zgornjega Thompsonovega obrazca izpeljal obrazec za računanje teoretičnega koeficienta variacije in tega primerjal z dejanskim koeficientom variacije za ocenjevanje razmikov med drevesi:

$$KV_{kt} = 1/a_k (k/\pi - a_k^2)^{1/2}$$

Dejanski koeficient variacije je odvisen od povprečnih vrednosti razmikov med

drevesi in variance razmikov, teoretični koeficient variacije, ki velja za slučajnostno razmestitev dreves, pa le od vrednosti k , to je od zaporedja razmikov. Na podlagi teh izhodišč je PUHEK (1998) ocenil, da je tudi koeficient variacije za ocenjevanje razmikov med drevesi indikator prostorske razmestitve dreves.

Meritve razdalj med točkami in drevesi ter razmikov med drevesi smo izdelali v okolju geografskega informacijskega sistema ARC/INFO. V tem okolju smo oblikovali tudi model za frekvenčno porazdelitev razdalj med drevesi po metodi Delaunayeve triangulacije (TIN). Po tej metodi smo po tri sosednja drevesa povezali v trikotnik tako, da so bili izpolnjeni pogoji triangulacije: očrtani krog vsakega trikotnika ne vsebuje nobene druge točke oziroma v našem primeru drevesa, trikotniki se med seboj ne prekrivajo, na območju triangulacije med njimi ni vrzeli. Da bi omejili vpliv robov na raziskovalnih ploskvah, smo upoštevali le tista drevesa v trikotnikih, pri katerih so krožnice očrtanih krogov v celoti ležale na območju raziskovalne ploskve.

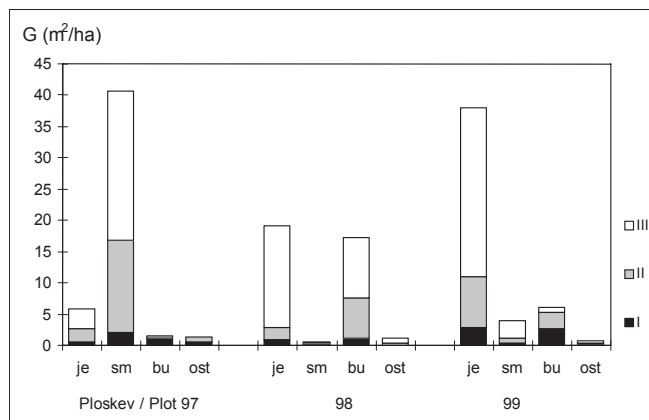
3 REZULTATI **RESULTS**

Raziskovalne ploskve na Mašunu in v Leskovi dolini se med seboj razlikujejo po svoji zgradbi, gostotah in tudi po parametrih prostorske zgradbe, ki smo jih ocenili na podlagi različnih metod za ocenjevanje prostorske razmestitve dreves. Na podlagi treh raziskovalnih ploskev ni mogoče oblikovati dokončnih izhodišč, po katerih bi ocenjevali in primerjali sestojne strukture v jelovo-bukovih gozdovih, predstavljajo pa tri različne sestojne zgradbe, ki so pogoste v teh gozdovih.

3.1 GOSTOTE SESTOJEV **STAND DENSITY**

V temeljnici treh raziskovalnih ploskev oziroma sestojev prevladuje delež III debelinskega razreda - na ploskvi 97 na Mašunu je delež tega razreda 55 %, na ploskvah 98 in 99 v Leskovi dolini pa 71 % oziroma 64 %. Delež I debelinskega razreda v sestojnih temeljnicah je premajhen, da bi lahko sklepali o strukturno bogati zgradbi, ki jo je v jelovo bukovih gozdovih predvidel KORDIŠ (1983), kaže pa tudi na velike odmike od modelov, na podlagi katerih so ocenjevali strukturo lesne zaloge po debelinskih razredih v prebiralnih gozdovih na Kočevskem (KOTAR 2002, BONČINA / DEVJAK 2002). Leta 2003 je

delež I debelinskega razreda na ploskvah v Leskovi dolini predstavljal le 9 % oziroma 6 % sestojne temeljnice, na mašunski ploskvi pa 13 %.

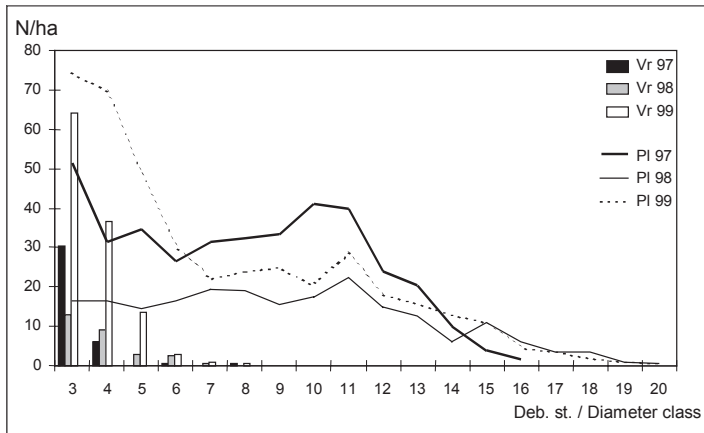


Slika 1: Struktura sestojne temeljnice po debelinskih razredih in drevesnih vrstah na treh raziskovalnih ploskvah v jelovo bukovih-gozdovih leta 2003

Figure 1: The stand basal area by diameter class and distribution of major tree species on the research plots in the beech and silver fir forest in 2003

Na raziskovalnih ploskvah smo odkrili majhen delež vraslih dreves. Najmanjši na mašunski ploskvi s prevladujočo smreko, kjer je v zadnjih 30 letih preraslo merski prag 76 dreves, kar predstavlja 10 % dreves, ki smo jih na ploskvi izmerili leta 2003. Na ploskvi 98 z najnižjo sestojno temeljnico je bilo vraslih dreves le 56. To so v večini drevesa, ki so zaostala v rasti, kajti med temi so jih 31 izmerili že pred 50 leti, ko je bil merski prag za merjenje premerov dreves pri 7,5 cm. Med vraslimi drevesi na vseh ploskvah prevladuje bukev - na ploskvi 97 je delež bukve med vraslimi 50 %, na preostalih ploskvah pa 73 %. Tudi na ploskvi 99, kjer smo ocenili največji delež vraslih dreves (29 % oziroma 237 dreves), med vraslimi prevladujejo tista iz 3. in 4. debelinske stopnje. Večino med temi so prvič izmerili že pred 30 leti (140 dreves), 85 dreves pa že pred 50 leti.

Tudi na podlagi teh podatkov je mogoče sklepati, kakšen je bil razvoj sestojev v zadnjih 50 letih, kajti povsod še vedno prevladujejo drevesa, ki izvirajo iz sredine 19. stoletja, ko je prišlo po obdobju neurejenega gospodarjenja in močnih sečenj do pomladitve in začetka razvoja današnjih sestojev. Danes na raziskovalnih ploskvah prevladujejo enomerni sestoji. Odločilno so jih oblikovali v času prebiralnega gospodarjenja, ko zaradi neuspešnega pomlajevanja jelke ni bilo mogoče doseči in vzdrževati prebiralne zgradbe (HLADNIK 2004), hkrati pa je bilo ugotovljeno, da so se ti sestoji razvili po zakonitostih, značilnih za enodobne gozdove (GAŠPERŠIČ 1967).

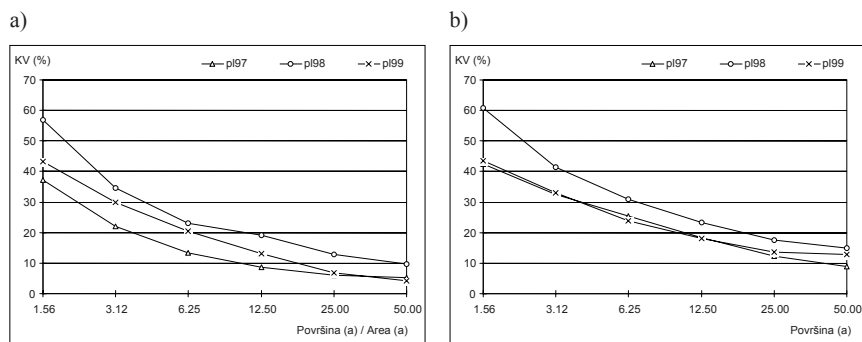


Slika 2: Frekvenčne porazdelitve dreves po debelinskih stopnjah na raziskovalnih ploskvah na Mašunu in v Leskovi dolini leta 2003. S stolpci so prikazana drevesa, vrasla po letu 1950

Figure 2: Frequency distributions of trees by diameter class on the research plots in Leskova dolina and Mašun in 2003. The columns show data on ingrowth trees after 1950

Vrstna sestava se je v zadnjih 50 letih najmočneje spremenila na ploskvi 99, kjer se je v številu dreves za 19 % povečal delež bukke, delež jelke pa zmanjšal za 21 %. Na ploskvah 97 in 98 se je delež bukke povečal le za 3 %, delež jelke pa zmanjšal za 3 % oziroma za 5 % na ploskvi 98. Ko smo ocenjevali razvoj sestojev na raziskovalnih ploskvah, smo pokazali (HLADNIK 2004), da so v zadnjih 50 letih sprva zlasti sekali vraščajočo bukev, v desetletjih močnega sušenja jelke pa so najmočneje sekali jelke v I debelinskem razredu. Ker je bilo pomlajevanje jelke neuspešno, so zlasti na raziskovalni ploskvi 98 nastale sestojne vrzeli, ki jih je izkoristila bukev, tako da se je po 50 letih njen delež v sestojni temeljnici povečal za 16 %. Na ploskvi 97 s prevladujočo smrekjo in ploskvi 99 s prevladujočo jelko, se je delež jelke v sestojni temeljnici na račun drugih drevesnih vrst zmanjšal za 5 % (ČOKL 1961, HLADNIK 2004).

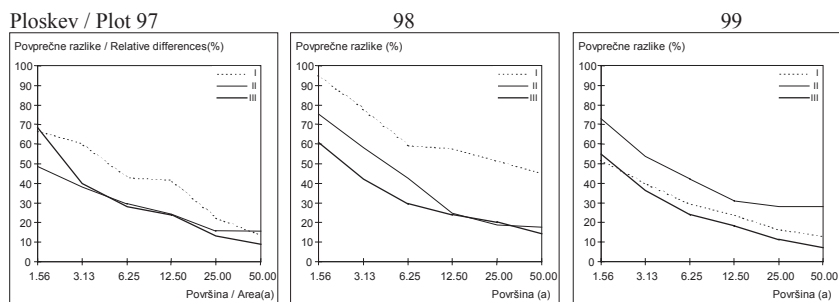
Na obeh ploskvah smo izračunali podobne koeficiente variacije za oceno števila dreves na hektar, večje razlike pa smo ugotovili za ocene sestojne temeljnice. Take razlike je bilo mogoče pričakovati že na podlagi slike 1, kjer smo ugotovili večji delež debelih dreves v sestoji s prevladujočo jelko. Če so taka drevesa neenakomerno razporejena v sestoji, so razlike v oceni sestojne temeljnice po posameznih vzorčnih ploskvah večje, kar ponazarjajo tudi izračunani koeficienti variacije za temeljnico vrzelastega sestoja na ploskvi 98.



Slika 3: Velikost vzorčnih ploskev in koeficient variacije za oceno sestojne temeljnice (a) in števila dreves (b) na treh raziskovalnih ploskvah v jelovo bukovih gozdovih leta 2003
 Figure 3: Effect of plot size on coefficient of variation of stand basal area (a) and number of trees (b) on the research plots in the beech and silver fir forest in 2003

Koeficienti variacije za oceno števila dreves na hektar so bili vselej večji od koeficientov variacije za oceno sestojne temeljnice. Ko smo velikost vzorčnih ploskev povečevali, se je koeficient variacije do velikosti ploskve 25x25 m (6,25 a) strmo znižal, z nadaljnjim združevanjem osnovnih ploskev in s tem povečevanjem njihove površine pa je bil učinek na koeficient variacije manjši. Na variabilnost pri ocenjevanju gostot najmočneje vplivajo drevesa v I in II debelinskem razredu. Za III debelinski razred so povprečne razlike med pravim številom dreves na hektar in ocenami po posameznih vzorčnih ploskvah v vseh treh sestojih najnižje. Ko so vzorčne ploskve presegle velikost 6 a, so bile povprečne relativne razlike pri ocenjevanju števila dreves v III debelinskem razredu manjše od 30 % v vseh treh sestojih. Za drevesa v II debelinskem razredu smo pri taki površini ploskev izračunali povprečne razlike med 30 in 40 %, za drevesa v I debelinskem razredu pa od 30 % za sestoj s prevladujočo jelko (št. 99), 43 % za sestoj s prevladujočo smreko (št. 97) in 60 % za vrzelast sestoj jelke in bukve (št. 97). Da bi dosegli podobne povprečne razlike tudi za II debelinski razred, kot smo jih za III debelinski razred, bi morali površino vzorčnih ploskev podvojiti, povečati na 12,5 a.

V sestoju s prevladujočo jelko (št. 99) smo sicer odkrili največji delež vraslih dreves (29 %), toda povprečne razlike v številu ocenjenih dreves na hektar so bile za I debelinski razred v tem sestoju najnižje in blizu tistim za III debelinski razred. V preostalih sestojih je bil delež I debelinskega razreda manjši, prostorska razmestitev takih dreves pa neenakomerna, kar je mogoče sklepati na podlagi visokih povprečnih razlik tudi še pri 12,5 a velikih vzorčnih ploskvah.



Slika 4: Velikost vzorčnih ploskev in povprečne relativne razlike med ocenjenim številom dreves ter pravo vrednostjo po posameznih debelinskih razredih na treh raziskovalnih ploskvah v jelovo-bukovih gozdovih leta 2003

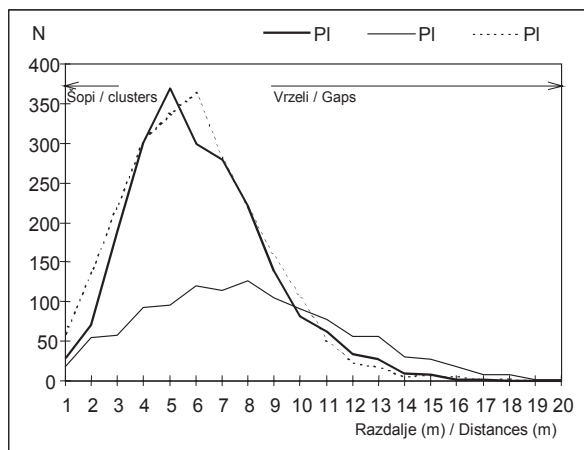
Figure 4: Effect of plot size on mean relative difference between estimated and actual tree density by tree diameter class on the research plots in the beech and silver fir forest in 2003

3.2 PROSTORSKA RAZMESTITEV DREVES SPATIAL DISTRIBUTION PATTERN

Izhodišče za ocenjevanje razlik v prostorski razmestitvi dreves je prikazano na sliki 5, kjer smo označili tudi tiste razdalje med drevesi, ki ponazarjajo območja sestojnih vrzeli in območja šopaste rasti. Obe ločnici lahko zgolj ponazorita, pri kako velikih razdaljah v starih sestojih lahko še ocenimo pojav šopaste rasti ali nastanek vrzeli, kajti opredelitve so pogosto povezane s problemom, ki ga raziskujemo, zlasti pa tudi od rastiščnih razmer in sestojne zgradbe. Po Thompsonovi enačbi (PUHEK 1998) smo za sestoj na ploskvi 99 izračunali, da znaša teoretični povprečni razmak od drevesa do njegovega prvega soseda 2,46 m. Za sestoj na ploskvi 97 smo izračunali 2,56 m, na ploskvi 98 pa 3,39 m. Ti razmaki so izračunani za slučajnostno razporeditev dreves v sestojih. O sestojnih vrzelih lahko sklepamo na podlagi RUNKLEJEVE (1982) opredelitve razširjenih vrzeli, ki jih omejujejo debla okoliških dreves, najmanjše vrzeli pa obsegajo površino 25 m².

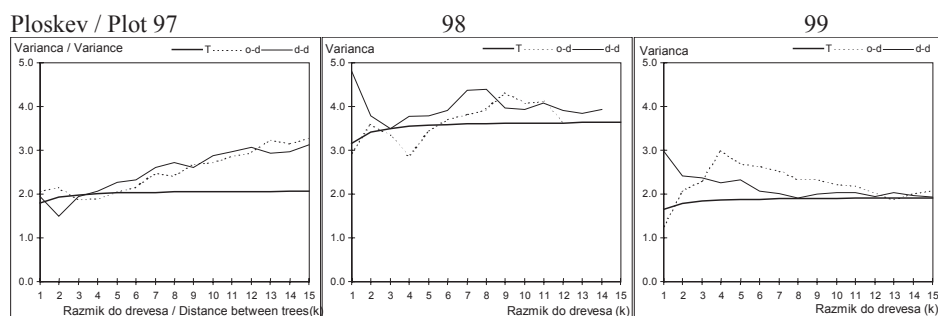
Po analizi razmestitve dreves v okolju geografskih informacijskih sistemov ocenjujemo, da je šopasta rast v starih sestojih jelke in bukve pogostejša na ploskvi 99. Tam smo določili 31 šopov z vsaj tremi drevesi, pri čemer so bili razmaki med posameznimi drevesi manjši od 2 m. V teh šopih je raslo 13 % dreves. Ko smo upoštevali razmake do 3 m, je število takih šopov naraslo na 88, v njih pa je bilo 42 % dreves. Na ploskvi 97 smo ob upoštevanju 3 m razmakov določili 64 šopov (32 % dreves), na ploskvi 98 pa 29 šopov (24 % dreves). Bukev je prevladovala v šopih le v vrzelastem sestoju v Leskovi dolini

(ploskev 98). Tam je po številu prevladovala v 18 od 29 šopov, v sestoji s prevladujočo jelko (ploskev 99) le v petini šopov, na mašunski ploskvi pa v nobenem šopu. Na podlagi teoretičnih modelov je bilo mogoče o šopasti rasti dreves sklepati le na ploskvi 99.



Slika 5: Frekvenčna porazdelitev razdalj med drevesi na treh raziskovalnih ploskvah v jelovo bukovih gozdovih na visokem krasu leta 2003

Figure 5: Frequency distributions of distances between trees on the research plots in the beech and silver fir forest in 2003

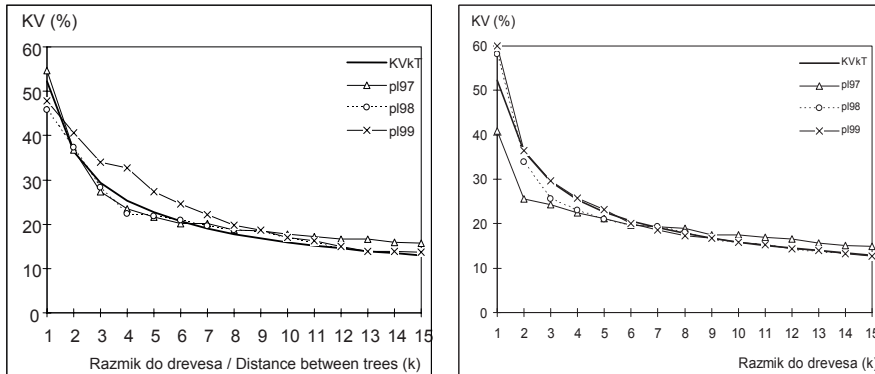


Slika 6: Primerjava varianc za ocene razmikov med drevesi na treh ploskvah v jelovo bukovih gozdovih na visokem krasu leta 2003

Figure 6: Variance of the estimated distances between trees on the research plots in the beech and silver fir forest in 2003

Varianca prvih razmikov med drevesi, večja od teoretične, potrjuje šopasto obliko razmesitve. Na ploskvi 99 s prevladujočo jelko potrujeta šopasto rast obe metodi, pri katerih merimo razdalje od točke do dreves (o-d) ali od drevesa do najbližjih sosednjih dreves (d-d). Povprečne razdalje do tretjega drevesa so na ploskvi s prevladujočo jelko znašale

5,2 m, na ploskvi s prevladujočo smreko pa 5,7 m. Naraščanje variance v starih sestojih je tudi posledica sestojnih vrzeli. Po razporeditvi dreves se razlikujeta sestoja s prevladujočo smreko (ploskev 97) in prevladujočo jelko (ploskev 99), čeprav smo na sliki 3 ocenili, da so njuni koeficienti variacije za oceno števila dreves na hektar izenačeni pri vseh velikostih vzorčnih ploskev.

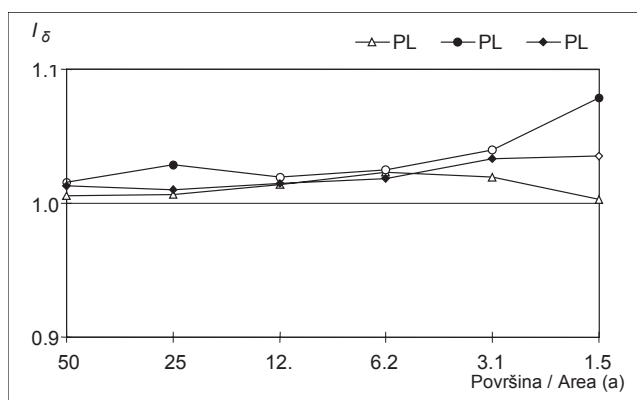


Slika 7: Koeficienti variacije za ocene razmikov med drevesi na treh ploskvah v jelovo bukovich gozdovih na visokem krasu leta 2003, izračunani za metodi točka-drevo (a) in drevo-drevo (b)

Figure 7: Coefficients of variation of the estimated distances between trees on the research plots in the beech and silver fir forest in 2003, calculated for point-tree (a) and tree-tree (b) sampling methods

Na ploskvi 99 je dejanski koeficient variacije za ocene začetnih razmikov med drevesi večji od teoretičnega zlasti pri metodi točka-drevo, pri metodi drevo-drevo pa je večji še do petega drevesa. Na vseh ploskvah pa so koeficienti variacije večji od teoretičnega pri razmakih od 7. drevesa dalje. Pri teh razmakih ni mogoče govoriti o šopasti rasti dreves, lahko pa sklepamo o skupinah, ki jih drevesa oblikujejo v sestojih.

Tako je mogoče sklepati tudi na podlagi Morisitinega indeksa, ki smo ga izračunali za različno velikost vzorčnih ploskev. V sestoju s prevladujočo jelko (ploskev 99) so bile vrednosti tega indeksa značilne pri velikostih od 3.125 do 50 arov, na vrzelasti ploskvi jelke in bukve pa pri vzorčnih ploskvah 1.56 a, 25 a in 50 a. Ker je metodo združevanja vzorčnih ploskev mogoče uporabiti tudi pri računanju relativne variance, smo preverili tudi hipoteze o enakosti variance in povprečnem številu dreves na vzorčnih ploskvah. Ta kriterij je strožji od Morisitinega indeksa, kajti s t-testom ($P < 0.05$) smo značilne razlike odkrili le v sestoju s prevladujočo jelko (ploskev 99), ko so vzorčne ploskve merile 3.125 a in v vrzelastem sestoju jelke in bukve (ploskev 98) pri 25 a velikih vzorčnih ploskvah.



Slika 8: Morisitin indeks razmeščenosti dreves (I_{δ}), izračunan za različne velikosti vzorčnih ploskev na treh raziskovalnih ploskvah v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu leta 2003. S črno brvo so označene vrednosti, značilno >1.0 ($P<0.05$) glede na vrednost F porazdelitve (MIYADOKORO *et al.* 2003, NOGUCHI *et al.* 1999)

Figure 8: The relationship of the Morisita's index of dispersion (I_{δ}) to quadrat size on the research plots in the beech and silver fir forest in 2003. Filled-in symbols are I_{δ} values significantly >1.0 ($P<0.05$) according to the F statistics

Večje razlike kot za razporeditev vseh dreves v sestoji smo ugotovili za drevesne vrste, ki gradijo te sestojke. Pri računanju smo upoštevali le tiste drevesne vrste, ki v številu dreves predstavljajo vsaj 5 % delež. Na sliki 9 je mogoče na podlagi Morisitinega indeksa oceniti, pri kakšni velikosti vzorčnih ploskev odkrijemo odstopanje od slučajnostne razmestitve za posamezne drevesne vrste. Da veliki premiki indeksov ponazarjajo povprečno velikost ploskev, pri katerih smo zaznali skupinsko razporejenost dreves, lahko sklepamo tudi na podlagi t-testa za relativne variance. V sestoji s prevladujočo smreko (97) smo značilne razlike izračunali za jelko ($P<0.01$) vse do ploskev s površino 12.5 a. V vrzelastem sestoji (98) so bile razlike značilne za bukev ($P<0.01$) do površine 3.13 a, za jelko pa na celotnem območju do 25 a ($P<0.001$) in 50 a ($P<0.05$). V sestoji s prevladujočo jelko (99) lahko sklepamo o majhnih skupinah smreke ($P<0.01$), za bukev pa smo značilne razlike izračunali na celotnem območju površin do 12.5 a ($P<0.001$) in tudi še do velikosti 25 a ($P<0.05$).

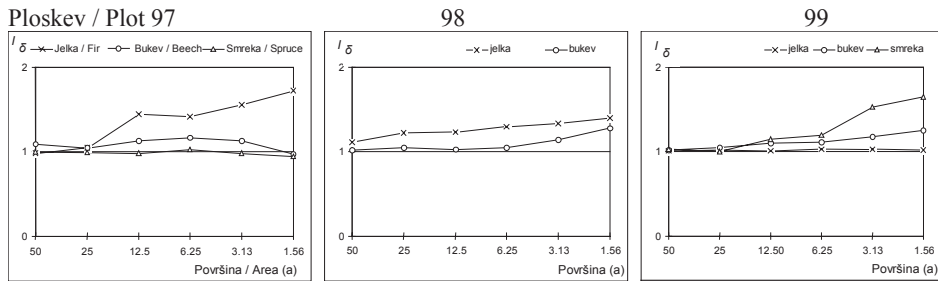


Figure 9: Morisita indeks razmeščenosti dreves (I_{δ}), izračunan za različne drevesne vrste in velikosti vzorčnih ploskev na treh raziskovalnih ploskvah v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu leta 2003

Slika 9: The Morisita's index of dispersion (I_{δ}) for different tree species and quadrat sizes on the research plots in the beech and silver fir forest in 2003

Posebej smo analizirali, kako so na treh raziskovalnih ploskvah razporejena dominantna drevesa, ki smo jih iz populacije dreves izbrali po načelu 100 najdebelejši dreves na hektar. Ta drevesa predstavljajo 26 % vseh dreves v sestoji s prevladujočo smreko in 24 % dreves v sestoji s prevladujočo jelko. V vrzelastem sestoji jelke in bukve bi po tej opredelitvi dominantna drevesa obsegala 46 % dreves v sestoji, zato tu nismo podrobneje analizirali prostorske razmestitve dominantnih dreves tudi po metodi razmikov.

Preglednica 2: Dominantna drevesa na treh raziskovalnih ploskvah v Leskovi dolini in na Mašunu leta 2003

Table 2: Dominant trees (ddom) on research plots in Leskova dolina and Mašun in 2003

Ploskev / Plot		Povprečni premer / Average diameter				I_{δ} (Za vse vrste / all species)	
Drevesna vrsta	N	$d_{1,3}$ (cm)	SD	$d_{1,3}$ (maks)	min	maks	
97	Jelka / Fir	23	58,4 ± 7,2	78	0,943	1,022	
	Smreka / Spruce	177	58,2 ± 6,2	77			
98	Jelka / Fir	95	66,7 ± 13,3	97	0,778	0,994	
	Bukev / Beech	96	55,3 ± 7,5	77			
	Smreka / Spruce	3	57,0 ± 10,8	72			
99	Jelka / Fir	172	62,7 ± 10,3	98	0,785	0,992	
	Bukev / Beech	7	54,5 ± 4,7	62			
	Smreka / Spruce	18	64,0 ± 9,2	81			

Na podlagi Morisitinoga indeksa (I_{δ}) je mogoče sklepati, da so dominantna drevesa enakomerno razporejena na površini vseh treh sestojev. V sestoji s prevladujočo jelko in vrzelastem sestoji jelke in bukve so bile vrednosti indeksa I_{δ} pri vseh velikostih vzorčnih ploskev manjše od 1. Naraščale so od najmanjših vzorčnih ploskev (1,56 a) proti večjim, vse do 50 arskih ploskev. V sestoji s prevladujočo smreko so bile od šestih mogočih

velikosti vzorčnih ploskev vrednosti I_g štirikrat manjše od 1, kar nakazuje enakomerno razporeditev dominantnih dreves, dvakrat pa večje od 1, toda te vrednosti se niso značilno razlikovale od vrednosti za slučajnostno porazdelitev dreves. Tako tudi v sestoji s prevladujočo smreko ni mogoče sklepati, da bi bila dominantna drevesa razporejena v skupinah.

Te izsledke smo potrdili tudi z metodo razmikov, ocenjevanih od točke do dreves. Na ploskvi s prevladujočo jelko so bile povprečne vrednosti razmikov med dominantnimi drevesi vselej večje od tistih na ploskvi s prevladujočo smreko. Značilne razlike ($P < 0,05$) smo odkrili pri razmakih do 5, 6, 7 in 8 drevesa. Na podlagi takih razlik lahko sklepamo, da so v sestoji s prevladujočo jelko razdalje med dominantnimi drevesi v povprečju večje.

4 RAZPRAVA IN SKLEPI **DISCUSSION AND CONCLUSIONS**

Na podlagi treh raziskovalnih ploskev ne moremo izpeljati posplošitev, ki bi veljale v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu, mogoče pa je sklepati o tem, kakšne so pričakovane vrednosti v podobnih sestojih, kot smo jih analizirali v tem prispevku. Del takih ocen bo mogoče izdelati na podlagi podatkov kontrolne vzorčne metode, ki je postala ključna metoda v gozdni inventuri na Slovenskem. V gozdni inventuri najpogosteje uporabljamo vzorčne metode, ki so prirejene za ocenjevanje sestojnih temeljnic, lesnih zalog in manj natančne pri ocenjevanju števila dreves, vrstne sestave ali kakovostne zgradbe sestojev. To velja zlasti za kotnoštevno metodo, kjer je verjetnost, da bo drevo izbrano v vzorec sorazmerna z njegovo temeljnico in tudi za koncentrične krožne ploskve, kjer merimo drevesa I debelinskega razreda le na ploskvi, veliki 2a, drevesa II in III debelinskega razreda pa na 5a. Ob tem vplivajo na velikost vzorčne napake pri tanjših drevesih tudi večje razlike v prostorski razmestitvi teh dreves. Izsledki o sestojnih gostotah na treh raziskovalnih ploskvah v Leskovi dolini in na Mašunu so skladni z izsledki v raziskavah sestojne zgradbe na raziskovalnih ploskvah v prebiralnih gozdovih (KOTAR 2002), kjer so bili koeficienti variacije pri ocenjevanju lesnih zalog nižji kot pri ocenjevanju števila dreves v sestojih, za ocenjevanje kakovostne zgradbe pa so bile premajhne tudi 9 arske ploskve. PUHEK (1998) je podobno primerjavo izdelal na 13 raziskovalnih ploskvah in le na eni v prebiralnem sestoji bukve, jelke in smreke izračunal nižji koeficient variacije za število dreves kot za sestojno temeljnico. Podobno kot za število dreves lahko pričakujemo visoke vzorčne napake tudi pri ocenjevanju vrstne pestrosti in drugih strukturnih znakov v gozdnih sestojih. Na vzorčnih ploskvah kontrolne vzorčne metode ni mogoče ocenjevati, kakšna je

velikost sestojnih skupin, ki jih oblikujejo drevesne vrste. Take ocene je treba izdelati ob popisu sestojev, ponazorimo jih lahko tudi na kartah gozdnih sestojev. GRAY (2003) je v svoji raziskavi sestojnih gostot s prevladujočo duglazijo opozoril, da bi bilo z velikimi vzorčnimi ploskvami neučinkovito ocenjevati vrstno sestavo dreves v nižjih debelinskih stopnjah, kjer so drevesa razmeščena v velikih gostotah. Vrstno pestrost bi bilo bolje ocenjevati na večjih vzorčnih ploskvah s preprostim popisom drevesnih vrst. Na Slovenskem je mogoče podobno rešitev in pomen pripisati popisu sestojev, ki je ob kontrolni vzorčni metodi ključni del gozdne inventure. S fotointerpretacijo letalskih posnetkov je mogoče popis sestojev racionalizirati, s tehnologijo digitalnega analitičnega stereoploterja pa ob ocenjevanju mešanosti, zastrtosti in starosti sestojev meriti vsaj dominantno sestojno višino. KUŠAR IN HOČEVAR (2000) sta pokazala, kakšne so možnosti za racionalizacijo gozdne inventure z dvofazno fototerestrično vzorčno inventuro, na raziskovalnih ploskvah pa bi bilo mogoče izsledke o horizontalni zgradbi sestojev dopolniti z ocenjevanjem vertikalne zgradbe.

Parametre prostorske razmestitve dreves v gozdnih sestojih smo na Slovenskem doslej ocenjevali zlasti na raziskovalnih ploskvah (KOTAR 1993, BONČINA 1997, PUHEK 1998), ker je večina metod zahtevala karte razmestitve dreves oziroma koordinate dreves v izbranih sestojih ali na raziskovalnih ploskvah. PUHEK (1998) je pokazal, da je sklepanje o razmestitvi dreves na podlagi razdalje do najbližjega sosednjega drevesa pogosto nezanesljivo in odvisno tudi od metode, ki jo uporabimo. Take izsledke smo potrdili tudi v naši raziskavi, kjer smo namesto velikega števila slučajnostno postavljenih vzorčnih ploskev uporabili sistematično vzorčno mrežo in ustvarili podobne razmere kot na vzorčnih ploskvah v gozdni inventuri. Na podlagi take zasnove sklepamo, da je ocenjevanje prostorske razmestitve dreves mogoče izpeljati tudi v okviru kontrolne vzorčne metode, kjer podatke o lokacijah dreves zbiramo tako, kot pri metodi točka-drevo. Za vzorčno izbrana drevesa namreč merimo tudi razdalje in azimute od središč vzorčnih ploskev do posameznih vzorčno izbranih dreves. V zadnjih desetletjih so bili tako zbrani podatki o razmestitvi dreves v različnih sestojnih zgradbah po vsej Sloveniji. Na teh ploskvah bi lahko preverili razlike v sestojni zgradbi na podlagi kazalnikov, ki izhajajo iz merjenj razdalj med sosednjimi drevesi (CEDILNIK / KOTAR 1992, KOTAR 1993) ali kotov med najbližjimi sosednjimi drevesi (GADOW *et al.* 1998). Z raziskovanjem prostorske razmestitve dreves bo treba v gozdni inventuri razviti in preizkusiti metode, na podlagi katerih bi ob klasičnih sestojnih gostotah sklepali tudi o stabilnosti gozdnih sestojev, njihovi strukturi raznovrstnosti in razvojnih poteh različnih sestojev. Take metode obsegajo na primer ocenjevanje šopaste zgradbe v varovalnih gorskih gozdovih in njihove mehanske stabilnosti, kot sta pokazala BACHOFEN IN ZINGG (2001), ocenjevanje raznovrstnosti sestojne zgradbe

in njenega vpliva na vrstno pestrost (NEUMANN / STARLINGER 2001), primerjavo sestojnih struktur v gospodarskem gozdu in pragozdnih rezervatih (BONČINA 1997).

Ocene o prostorski razmestitvi dreves, ki smo jih izračunali z metodo točka-drevo, so bile skladne z Morisitininim indeksom, pogosto uporabljenim v ekoloških raziskovanjih. V okviru vzorčnih inventur bi bilo za indikator prostorske razmestitve mogoče uporabiti koeficient variacije razmikov med drevesi, kajti za primerjavo s teoretičnimi vrednostmi ne potrebujemo referenčnih podatkov o sestojnih gostotah (PUHEK 1998). Na podlagi razmikov med drevesi bo mogoče oceniti del sprememb v zgradbi gozdnih sestojev, ki so posledica naravnih dejavnikov in človekovega gospodarjenja, zlasti ko z redčenji pospešujemo enakomerno razporeditev dreves po površini. KOTAR (1980) je na naravnih smrekovih rastiščih v Sloveniji ocenil, da je zato v večini primerov v gorskih gozdovih v optimalni fazi prevladovala slučajnostna razporeditev dreves. Podobno je tudi PUHEK (1998) na raziskovalnih ploskvah v enodobnih smrekovih sestojih na Pokljuki določil šopasto razporeditev v letvenjaku in drogovnjaku, v optimalni fazi zrelega gozda je odkril slučajnostno razporeditev dreves, v starejši razvojni fazi pa enakomerno razporeditev dreves. Na raziskovalni ploskvi v prebiralnem gozdu jelke in bukve je odkril šopasto razporeditev, v pragozdnem rezervatu Krokar, ki ga gradita bukeve in jelka, pa slučajnostno razmestitev dreves.

Na podlagi dokumentacije, ki se je ohranila za tri predstavljene raziskovalne ploskve v jelovo bukovih gozdovih, ni mogoče zanesljivo sklepati, kakšna je bila prvotna prostorska zgradba, iz katere so se razvili današnjih sestoji. Po petdesetih letih od prve izmere raziskovalnih ploskev tega ni moč oceniti niti na podlagi panjev posekanih dreves. Za današnjo sestojno zgradbo je pomembnejša ocena, kako so razporejena dominantna drevesa oziroma, ali so v sestojih območja, kjer je debelih dreves manj, bodisi zaradi močnega propadanja jelke v preteklosti ali celo poskusov, da bi v sestojih oblikovali prebiralno zgradbo. V vseh treh sestojih smo ocenili, da so dominantna drevesa razporejena enakomerno, v predhodni raziskavi (HLADNIK 2004) pa smo ugotovili, da dominantne jelke sodijo v skupino najvitalnejših dreves, ocenjevanih v zadnjih 50 letih. Na podlagi teh izsledkov ni mogoče potrditi domneve, da so posamezni deli današnjih sestojev na treh raziskovalnih ploskvah prostorsko razgrajeni, brez vitalnih dominantnih dreves, kar naj bi ogrozilo stabilnost zgradbe jelovo bukovih gozdov.

5 SUMMARY

We investigated the stand structure and spatial pattern of major trees in a beech and silver fir forest on the Karst Plateau in Slovenia. In 1950 research plots were set up in a beech and silver fir forest to study the optimal values of growing stock levels and the structure of selection forests on those plots. The study plots are situated at an elevation between 830 and 900 m. They comprise 2 hectares each and have been set up on sites *Omphalodo-Fagetum galietosum odorati*, *Omphalodo-Fagetum lycopodietosum* and *Abieto-Calamagrostidetum goodyeretosum*.

In the spring of 2003 we repeated the measurement of trees on three research plots in Leskova dolina and Mašun in the Postojna Forest Management Region. All woody stems ≥ 10 cm dbh were measured to the nearest 0.1 cm and the location of all stems was mapped. We described the stand structure using stem density, basal area, and dbh distribution. The plots were divided into contiguous quadrats by dividing the plot (2 ha) in half again and again, to up to 12 x 12.5 m quadrats. The spatial distribution of stems was analysed using Morisita's index of dispersion, Cox index of clumping, the variance in relation to mean distances between trees and the standard deviation in relation to mean distances (CV). The distances were calculated with GIS ARC/INFO. For the calculation of distances, we chose a systematic grid with a distance of 12.5 m, thus creating about 80 sample points per plot, according to their shape, disregarding sample points in the quadrats at the borderline.

In the past 50 years, the structure of the forest stands on three research plots has changed similarly as in most silver fir and beech forests in which selection cutting was practised. The predominant diameter class in the growing stock structure is the class above 50 cm, whose share on research plot No. 97 has already exceeded 58 % of the total growing stock, on plot No. 98 three quarters and on plot No. 99 two thirds of the total growing stock (Table 1). The structure of the forest stands on three research plots varied in stand density and in the spatial distribution of stems, analysed using different methods for the characterisation of spatial distribution of trees. Relative difference declined exponentially with increasing subplot size for all tree diameter classes in all stands (Fig. 3 and 4). The mean relative differences for measuring tree density were substantially greater for trees < 50 cm or < 30 cm than those for large-diameter trees. Relative difference declined after a plot size of about 6 a, where mean relative differences for the ≥ 50 cm dbh class were less than 30 %. Sampling for basal area or volume requires lower sample intensity than sampling for density (Fig. 3).

Based on theoretical models of spatial distribution, a tendency of clustering or clumping of trees was evident in the stand dominated by silver fir. In two beech and silver fir stands,

stems were aggregated in large patches of up to 0.5 ha in size. The spatial distribution of silver fir, spruce, and beech varied significantly ($P < 0,01$) from a random distribution (Fig. 9). Stems of spruce were aggregated in small patches (up to 3,125 a), beech was aggregated in small (up to 3,125 a, $P < 0.001$) and medium patches (up to 25 a, $P < 0.05$). Dominant trees were regularly distributed in the three stands, indicating that after the period of silver fir decline the structure of stands did not deteriorate. We have estimated that the trees which are thickest today made up the population of the most vigorous or at least predominant and dominant silver fir trees of 50 years ago, i.e. trees which were in the group of the 100 thickest trees per hectare (HLADNIK 2004).

6 VIRI REFERENCES

- Bachofen, H., Zingg, A., 2001. Effectiveness of structure improvement thinning on stand structure in subalpine Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 145, s. 137-149.
- Bončina, A., 1994. Prebiralni dinarski gozd jelke in bukve. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo, Strokovna in znanstvena dela, 115, 94 s.
- Bončina, A., 1997. Naravne strukture gozda in njihove funkcije v sonaravnem gospodarjenju z gozdom. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, 210 s.
- Bončina, A., Devjak, T., 2002. Obravnavanje prebiralnih gozdov v gozdnogospodarskem načrtovanju. *Gozdarski vestnik*, 7-9, s. 316-334.
- Cedilnik, A., Kotar, M., 1992. Razmestitev dreves v sestoji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 40, s. 15-43.
- Čokl, M., 1961. Raziskovalne ploskve v prebiralnih gozdovih na Snežniku v razdobju 1949-1960. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, 92 s.
- Gadow, K., Hui, G.Y., Albert, M., 1998. Das Winkelmass - ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralblatt fuer das gesamte Forstwesen*, 1, s. 1-10.
- Gašperšič, F., 1967. Razvojna dinamika mešanih gozdov jelke-bukve na Snežniku v zadnjih sto letih. *Gozdarski vestnik*, 7-8, s. 202-237.
- Gašperšič, F., 1995. Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdovi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo, 403 s.
- Gray, A., 2003. Monitoring stand structure in mature coastal Douglas-fir forests: effect of plot size. *Forest Ecology and Management*, 175, s. 1-16.
- Hladnik, D., 2004. Debela drevesa v jelovo-bukovih gozdovih na visokem krasu. V: Brus, R. (ur.). Staro in debelo drevje v gozdu. *Zbornik referatov študijskih dni*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, s. 151-166.
- Koehl, M., 1992. Stand Inventory Techniques in Europe. V: Lund, H.G., Landis, E., Atterbury, T. (ur.). *Stand Inventory Technologies 92. Proceedings of the Stand Inventory Technologies: An International Multiple Resource Conference*, World Forestry Center, September 13-17, 1992, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, s. 118-127.
- Kordiš, F., 1993. Dinarski jelovo-bukovi gozdovi v Sloveniji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za

- gozdarstvo, Strokovna in znanstvena dela, 112, 139 s.
- Kotar, M., 1980. Rast smreke na njenih naravnih rastiščih v Sloveniji. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Strokovna in znanstvena dela, 67, 250 s.
- Kotar, M., 1993. Določanje načina razmestitve dreves v optimalni razvojni fazi gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42, s. 121-153.
- Kotar, M., 2002. Prirastoslovne osnove prebiralnega gozda. Gozdarski vestnik, 7-9, s. 291-316.
- Kušar, G., Hočevar, M., 2000. Fototerestrična inventura gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 62, s. 117-148.
- Miyadokoro, T., Nishimura, N., Yamamoto, S., 2003. Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old-growth coniferous forest, central Japan. Forest Ecology and Management, 182, s. 259-272.
- Neuman, M., Starlinger, F., 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. Forest Ecology and Management, 145, s. 91-106.
- Noguchi, S., Tsuboyama, Y., Sidle, R.C., Hosoda, I., 1999. Morphological Characteristics of Macropores and the Distribution of Preferential Flow Pathways in a Forested Slope Segment. Soil Science Society of America Journal, 63, s. 1413-1423.
- Pretzsch, H., 1995. Zum Einfluss des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. AFJZ, 9-10, s. 190-201.
- Puhek, V., 1998. Procjena strukturnih elemenata sastojine na osnovu prostornog rasporeda stabala. Disertacija. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 194 s.
- Runkle, J.R., 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forest of eastern North America. Ecology, 63, 5, s. 1533-1546.
- Schoenenberg, W., 2001. Cluster afforestation for creating diverse mountain forest structures - a review. Forest Ecology and Management, 145, s. 121-128.