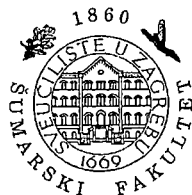


GLASNIK ZA ŠUMSKE POKUSE

Annales
EXPERIMENTIS SILVARUM CULTURAE PROVEHENDIS

33



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ZAGREB 1996
UNIVERSITAS STUDIORUM ZAGRABIENSIS
FACULTAS FORESTALIS
INSTITUTUM EXPERIMENTIS CULTURAE PROVEHENDIS

GLASNIK

ZA ŠUMSKE POKUSE

Knjiga 33



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA

OŽUJAK, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ZAGREB 1996

Glavni urednik
Editor in Chief

dr. sc. JOSO VUKELIĆ, izv. prof.

Tehnički urednik
Technical Editor

mr. sc. IGOR ANIĆ

Lektor
Language Editor

dr. sc. BRANKA TAFRA

IZDAVAČ – PUBLISHED BY:

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Faculty of Forestry, University of Zagreb
10 000 Zagreb, Svetošimunska 25, Hrvatska

Slog i prijelom

DENONA d.o.o., Zagreb

Časopis je glasilo znanstvenih radnika Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Tiska se kao godišnjak. Naklada 1000 primjeraka.

Objavljeni se članci referiraju u časopisima: CAB Abstracts, Forestry Abstracts,
Geobase.

Tiskanje ove publikacije omogućili su Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike
Republike Hrvatske te Javno poduzeće »Hrvatske šume«, Zagreb.

TISAK: Kratis, Zagreb

ANNALES

EXPERIMENTIS SILVARUM CULTURAE PROVEHENDIS

Volumen 33

ZAGREB IN CROATIA MCMXCVI

UNIVERSITAS STUDIORUM ZAGRABIENSIS
FACULTAS FORESTALIS
INSTITUTUM EXPERIMENTIS SILVARUM CULTURAE PROVEHENDIS

SADRŽAJ (SUMMARIUM)

<i>Duro Rauš, Željko Španjol, Dario Baričević</i>	Izvorni znanstveni članak	
Ekološko-biološka istraživanja i sukcesija na trajnim plohama u bukovo-jelovoj šumi u Hrvatskoj		1
Ecological-biological research and succession on permanent plots in the beech and fir forest in Croatia		52
<i>Davorin Kajba</i>	Izvorni znanstveni članak	
Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost obične breze (<i>Betula pendula Roth</i>) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj		53
Interpopulation and intrapopulation variability of the silver birch (<i>Betula pendula Roth</i>) in a part of its habitat in the Republic of Croatia		107
<i>Juro Čavlović</i>	Izvorni znanstveni članak	
Sustavna dinamika u planiranju gospodarenja regularnim šumama na području Uprave šuma Zagreb		109
Using system dynamics in even-aged forests management in the area of the Zagreb forest district		151
<i>Josip Franjić</i>	Izvorni znanstveni članak	
Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur L., Fagaceae</i>) u Hrvatskoj		153
Morphometric analysis of leaf variability posavina and podravina populations of the common oak (<i>Quercus robur L., fagaceae</i>) in Croatia		212
<i>Ivan Martinić</i>	Izvorni znanstveni članak	
Ekonomski i organizacijski kriteriji za oblikovanje šumskih radova		215
Economic and organizational criteria in desinging on the forest operations forms		297
<i>Marilena Idžojtić</i>	Izvorni znanstveni članak	
Morfološka obilježja i uspijevanje nekih dvoigličavih međuvrskih hibrida borova na pokusnim plohama Đurđevački peski i u Arboretumu Lisičine		301
Morphological characteristics and growing of some two-needle interspecific pine hybrids on plots of Đurđevački peski and in the Arboretum Lisičine		337

ĐURO RAUŠ, ŽELJKO ŠPANJOL, DARIO BARIČEVIĆ

EKOLOŠKO-BIOLOŠKA ISTRAŽIVANJA I SUKESIJA NA TRAJNIM PLOHAMA U BUKOVO-JELOVOJ ŠUMI U HRVATSKOJ

ECOLOGICAL-BIOLOGICAL RESEARCH AND SUCCESSION ON
PERMANENT PLOTS IN THE BEECH AND FIR FOREST IN
CROATIA

Prispjelo: 17. 6. 1996.

Prihvaćeno: 2. 9. 1996.

Autori u radu prikazuju prvu fazu postavljanja trajnih ploha u bukovo-jelovim šumama u Hrvatskoj. Ukupno je prikazano 14 trajnih ploha i na njima su određeni: lokalitet, geološka podloga, tlo, klima, vegetacija, struktura po hektaru, pripadajuća zoocenoza i zdravstveno stanje. To je *nulto* stanje svake plohe od datuma njezina postavljanja. Postavljanje trajnih ploha na terenu i uzimanje podataka za *nulto* stanje završeno je do 1990. godine i svi podaci za svaku plohu posebno su pohranjeni u Zavodu za uzgajanje šuma na Šumarskom fakultetu u Zagrebu. Pohranjivanjem podataka *nultog* stanja trajnih ploha završen je rad na prvoj fazi postavljanja 100 trajnih ploha u različitim ekosustavima u Hrvatskoj.

Daljnja istraživanja na tim plohama odnose se na drugu fazu rada, koja obuhvaća detaljna poredbena istraživanja na multidisciplinarnoj osnovi, a trajala bi najmanje 20 godina (1990 - 2010). U proteklom istraživačkom razdoblju od 1991. do 1995. najviše se istraživalo propadanje bukovo-jelovih šuma te se pratila prirodna obnova u tim šumama.

Ključne riječi: trajne plohe, istraživanja, "laboratorij u prirodi", geološka podloga, tlo, klima, ekosustav, struktura po ha, propadanje šuma, obnova šuma

UVOD - INTRODUCTION

Trajnim ploham koriste se istraživači u različitim eksperimentalnim šumarskim istraživanjima već duže od 150 godina (Rauš 1984), a i druge znanosti čiji je predmet istraživanja u prirodi služe se takvim načinom dugoročnih istraživanja.

Ilijanić je (1965) predložio osnivanje ploha u našoj zemlji, što su prihvatili geobotaničari i drugi srodni stručnjaci, no taj prijedlog nije odmah ostvaren i pretvoren u istraživački projekt.

Društvo ekologa Jugoslavije održalo je u Ohridu 1975. godine Simpozijum za organizaciju mreže trajno zaštićenih površina u Jugoslaviji i njihovo istraživanje (Rauš i dr. 1980).

Mreža trajno zaštićenih površina obuhvatila je sve dosada zakonima zaštićene prirodne objekte u Hrvatskoj: nacionalne parkove, rezervate i druga zaštićena područja, koja su od izuzetnog značenja i za fundamentalna istraživanja i za racionalno korištenje i zaštitu okoliša.

Novе površine trebalo je zaštititi u onim kopnenim i vodnim ekološkim sustavima, uključujući i Jadransko more, koje nisu zastupljene u dosadašnjim zakonom zaštićenim objektima prirode (Rauš i dr. 1979).

Načela za ostvaraj mreže trajno zaštićenih površina jesu ova:

1. Mreža treba obuhvatiti prirodne i karakteristične ekološke sustave na horizontalnom i vertikalnom profilu kopna i mora u Hrvatskoj.
2. Pri konkretnom odabiranju trajnih površina treba dati prednost:
 - a) ekološkim sustavima koji su specifični za određena biogeografska područja u Hrvatskoj
 - b) ekološkim sustavima koji su i dosada u tom smislu proučavani
 - c) ekološkim sustavima koji su pod snažnim pritiskom antropogenih čimbenika (degradirani)
 - d) ekološkim sustavima u kojima je antropogeni čimbenik dominantan i sustavan (agrobiocenoze)
 - e) ekološkim sustavima čije je trajno proučavanje opravdano s društveno-ekonomskoga stanovišta.

U Hrvatskoj je to obavljeno do 1990. godine, a ukupno je izdvojeno 100 trajnih ploha i time je završena prva faza rada (Rauš 1995).

Tako su, dakle, osnovani "laboratoriji u prirodi" pod kontrolom istraživačkog tima. Njima će se moći služiti istraživači samo u dogovorene svrhe i na način određen metodikom istraživanja.

Svaka ploha uvedena je u registar trajnih ploha pod svojim brojem, a na terenu je dobila vidljivu oznaku namjene s osnovnim podacima (broj plohe, projekt, tema, vrijeme osnivanja, površina).

Podaci se nalaze na tablici veličine 50 x 60 cm, koja je postavljena na drvenom stupu (14 x 14 x 200 cm) na rubu svake izdvojene plohe i nosi ovaj sadržaj:

TRAJNA POKUSNA PLOHA BR....	
Projekt: "Čovjek i biosfera" (MAB)	
Tema: Komparativna istraživanja ekološkog sustava	
Ploha osnovana: godine	
Površina: ha	
	Sveučilište u Zagrebu

PROGRAM ISTRAŽIVANJA I METODIKA RADA RESEARCH PROGRAMME AND WORK METHOD

Program istraživanja ima tri faze:

Prva faza obuhvaća organizaciju mreže trajno zaštićenih površina u Hrvatskoj i indentifikaciju onih objekata na kojima će se ostvariti dogovoreni znanstvenoistraživački program. Prva faza započela je 1977, a završena je 1990. godine.

Druga faza obuhvaća detaljna poredbena istraživanja na multidisciplinarnoj osnovi i trajala bi najmanje 20 godina.

Treća faza jest sinteza i primjena rezultata dobivenih u drugoj fazi, s tim da se istraživanja nastavljaju jer bi ona praktično, uzimajući u obzir dijalektiku prirode, stalno trajala (odatle i naziv TRAJNE PLOHE).

Upotrijebljena metodika rada u skladu je s međunarodnim programom "ČOVJEK I BIOSFERA" (MAB) UNESCO-a i programom IUFRO-a i dr.

Površina zakonom zaštićenih objekata u Republici Hrvatskoj kreće se od 5 do 20 000 ha. Znači, mi smo našu trajnu plohu postavili tamo gdje ima najmanje 5 ha zaštićene površine, a ploha je veličine $100 \times 100 \text{ m} = 1 \text{ ha}$; ta se površina već prema potrebi dijeli na manje kvadrate, i to 10×10 , 5×5 i $1 \times 1 \text{ m}$.

Budući da na tim površinama istraživanja obavljaju znanstvenici različitih područja, jasno je da će svaki primijeniti svoju metodiku rada, ali takvu koja se uklapa u međunarodne projekte i čiji rezultati moraju biti usporedivi s istovjetnim istraživanjima u drugim europskim državama i u svijetu (Rauš i dr. 1979).

DOSADAŠNJI REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS OF RESEARCH TO DATE

I. FAZA

U skladu s programom započela je u 1977. prva faza istraživanja, tj. rekognosciranje terena, i to najprije u sjevernoj Hrvatskoj. Do 1990. završeno je postavljanje sto trajnih ploha u Republici Hrvatskoj (Korčula).

U ovom se radu prikazuju samo izabrane trajne plohe u bukovo-jelovoj šumi.

Dosad je u multidisciplinarnim istraživanjima tih ploha sudjelovalo oko 20 stručnjaka i znanstvenih radnika, a obuhvaćeni su ovi problemi:

- postavljanje novih ploha
- šumska flora i vegetacija
- istraživanja korijenskoga sustava drveća
- struktura i obrada šuma
- uzgojna istraživanja šuma
- mikroklimatska istraživanja
- entomofaunska istraživanja

TRAJNE PLOHE U BUKOVO-JELOVOJ ŠUMI U HRVATSKOJ
PERMANENTS PLOTS OF BEECH AND FIR FOREST IN CROATIA

REDNI BROJ No.	NAZIV TRAJNE PLOHE Name of permanent plot	ODJEL Department	BILJNA ZAJEDNICA Plant community	DATUM POSTAVLJANJA PLOHE Date of laying the plot PRVA IZMJERA - First survey	RADOVE NA PLOHI OBAV- LJALI SU - Work on the plot done by:
32.	ČORKOVA UVALA - NP PLITVICE	1	ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1981.</u> 1981.	dr. Đuro Rauš dr. Zvonko Seletković dr. Nikola Lukić
33.	ČUDINKA - NP PLITVICE	91	ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1981.</u> 1981.	dr. Đuro Rauš dr. Zvonko Seletković dr. Nikola Lukić
34.	CRNI VRH - NP PLITVICE	26	ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1981.</u> 1981.	dr. Đuro Rauš dr. Zvonko Seletković dr. Nikola Lukić
35.	POD KIKOM - NP PLITVICE	38	ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1981.</u> 1981.	dr. Đuro Rauš dr. Zvonko Seletković dr. Nikola Lukić
42.	LITORIĆ - VRBOVSKO	7a	ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1980.</u> 1984.	dr. Đuro Rauš dr. Joso Vukelić
44.	STAZA POD MALIM BU- KOVCEM - NP RISNJAK		ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1982.</u> 1983.	dr. Đuro Rauš dr. Joso Vukelić
54.	ŠTIROVAČA - KRASNO		ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1985.</u>	dr. Đuro Rauš dr. Joso Vukelić dr. Zvonko Seletković
68.	KUPJAČKI VRH - NPŠO ZALESINA	2	ABIETI-FAGETUM CROATICUM Ht. 1938 facies <i>Omphalodes verna</i> Bukovo-jelova šuma	<u>1965.</u> 1965.	dr. Ivo Dekanić dr. Slavko Matić dr. Đuro Rauš
69.	KUPJAČKI VRH - NPŠO ZALESINA	4	ABIETI-FAGETUM CROATICUM Ht. 1938 facies <i>Merc. p.</i> Bukovo-jelova šuma	<u>1965.</u> 1965.	dr. Ivo Dekanić dr. Slavko Matić dr. Đuro Rauš
70.	KUPJAČKI VRH - NPŠO ZALESINA	3	ABIETI-FAGETUM CROATICUM Ht. 1938 facies <i>Merc. p.</i> Bukovo-jelova šuma	<u>1962.</u> 1962.	dr. Ivo Dekanić dr. Slavko Matić dr. Đuro Rauš

Đ. Rauš, Z. Španjol & D. Baričević: Ekološko-biološka istraživanja i sukcesija na trajnim ploham u bukovo-jelovoj šumi u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 1-52, Zagreb, 1996.

REDNI BROJ No.	NAZIV TRAJNE PLOHE Name of permanent plot	ODJEL Department	BILJNA ZAJEDNICA Plant community	DATUM POSTAVLJANJA PLOHE Date of laying the plot PRVA IZMJERA - First survey	RADOVE NA PLOHI OBAVLJALI SU - Work on the plot done by:
71.	KUPJAČKI VRH - NPŠO ZALESINA	9	<i>ABIETI-FAGETUM CROATICUM</i> Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1975.</u> 1975.	dr. Branimir Prpić dr. Zvonko Seletković dr. Đuro Rauš
87.	ČORKOVA UVALA - NP PLITVICE		<i>ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM</i> Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1987.</u>	dr. Branimir Prpić dr. Zvonko Seletković dr. Đuro Rauš
96.	NADŽEK BILO - KRASNO	91	<i>ABIETI-FAGETUM ILLYRICUM</i> Ht. 1938 Bukovo-jelova šuma	<u>1990.</u> 1991.	dr. Joso Vukelić dr. Đuro Rauš Tomo Devčić
97.	DEVČIĆA TAVANI - OTOČAC		<i>ABIETI-FAGETUM DINARICUM</i> Ht. 1938 Dinarska bukovo-jelova šuma	<u>1980.</u> 1984.	dr. Branimir Prpić dr. Đuro Rauš

Đ. Rauš, Ž. Španjol & D. Baričević: Ekološko-biološka istraživanja i sukcesija na trajnim ploham u bukovo-jelovoj šumi u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 1-52, Zagreb, 1996.

- populacija malih sisavaca
- kralježnjaci, gmazovi, ribe
- ornitofauna
- određivanje biomase
- lovstvo (zoologija divljači)
- fitopatologija
- zaštita prirode.

Neki su rezultati već objavljeni u radu: Rauš, i dr. (1979, 1980, 1984): *Komparativna istraživanja ekosustava u Hrvatskoj*, a odnose se na utvrđivanje biomase, propadanje šuma i prikaz nultoga stanja vegetacije.

Na svim izdvojenim trajnim plohama šumskih ekosustava utvrđena je vegetacijska pripadnost, a određeni su broj stabala, temeljnica, volumen po hektaru, zdravstveno stanje i dr.

Sva spomenuta istraživanja koja su proveli znanstvenici različitih specijalnosti daju početne rezultate i uglavnom se odnose na oslikavanje *nultoga stanja* na trajnim plohama u bukovo-jelovim šumama u Hrvatskoj (Rauš 1995).

TRAJNA PLOHA br. 32
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 32
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1981.

Površina: 1 ha

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Čorkova uvala

Odjel/odsjek: 1

Geološka podloga: vapnenac i dolomit

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Klima: klimatološka stanica "Plitvice-Kozjak"

Srednje mjesečne i godišnje količine oborina (O) i temperature zraka (T) od 1980. do 1986. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
O, mm	85	133	126	145	132	168	66	86	133	156	114	168	1511
T, °C	-1,6	-2,9	3,2	8,5	13,7	15,6	18,1	17,5	14,8	10,0	3,5	1,2	9,5

Godišnji hod srednje relativne vlage (%) za razdoblje od 1980. do 1986. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
%	84	85	79	70	74	80	77	80	84	85	87	88	81

Glavno obilježje vjetrovnog režima je znatna čestota pojavljivanja tišina gotovo u polovini svih sati. U godišnjoj raspodjeli smjerova vjetra prevladavaju vjetrovi iz NNE i SSW smjera.

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Čorkova uvala

Odjel: 1

Ekspozicija: SW

Geološka podloga: vapnenac

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Florni sastav

I. Sloj drveća	95 %		
<i>Abies alba</i> Mill.	3.3	<i>Picea abies</i> (Lam.) Lk.	1.1
<i>Fagus sylvatica</i> L.	2.2		
II. Sloj grmlja	10 %		
<i>Fagus sylvatica</i> L.	2.2	<i>Sambucus racemosa</i> L.	+
<i>Abies alba</i> Mill.	1.2	<i>Lonicera alpigena</i> L.	+
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	1.2	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+
<i>Daphne mezereum</i> L.	+2	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	R
<i>Rhamnus falax</i> Boiss.	+2		
III. Sloj prizemnog rašća	80 %		
<i>Oxalis acetosella</i> L.	2.3	<i>Cardamine trifolia</i> L.	+
<i>Festuca silvatica</i> (Poll.) Vill.	1.2	<i>Prenanthes purpurea</i> L.	+
<i>Galium rotundifolium</i> L.	1.2	<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) Schm.	+
<i>Polygonatum vericillatum</i> (L.) All.	1.2	<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	+
<i>Sanicula europaea</i> L.	1.2	<i>Actaea spicata</i> L.	+
<i>Helleborus niger</i> L.	1.2	<i>Symphytum tuberosum</i> L.	+
<i>Solidago virga aurea</i> L.	1.2	<i>Geranium robertianum</i> L.	+
<i>Anemone nemorosa</i> L.	1.2	<i>Euphorbia dulcis</i> L.	+
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	1.2	<i>Paris quadrifolia</i> L.	+
<i>Asperula odorata</i> L.	1.2	<i>Cardamine bulbifera</i> (L.) Cr.	+
<i>Aspidium filix mas</i> (L.) Rich.	1.2	<i>Scrophularia nedosa</i> L.	+
<i>Abies alba</i> Mill.	1.1	<i>Cardamine polyphylla</i> (W.K.) Schultz.	+
<i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth.	+2	<i>Circaea lutetiana</i> L.	+
<i>Lathyrus vernus</i> Berenh.	+2	<i>Cardamine savensis</i> Schultz.	+
<i>Cyclamen europaeum</i> L.	+2	<i>Luzula silvatica</i> (Huds.) Gaud.	+
<i>Brachypodium silvaticum</i> (Huc.) R.S.	+2	<i>Phyteuma spicatum</i> L.	+

<i>Carex silvatica</i> Huds.	+2	<i>Anemone hepatica</i> L.	+
<i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	+2	<i>Vicia oroboides</i> Wulf.	+
<i>Mercurialis perennis</i> L.	+	<i>Picea abies</i> (Lam.) L.	+
<i>Viola silvatica</i> Lam.	+	<i>Omphalodes verna</i> Mch.	R
<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	<i>Ajuga reptans</i> L.	R
<i>Fagus sylvatica</i> L.	+	<i>Polypodium vulgare</i> L.	R
<i>Carex pilosa</i> Scop.	+	<i>Ranunculus platanifolius</i> L.	R
<i>Rubus hirtus</i> W.K.	+	<i>Solanum dulcamara</i> L.	R
<i>Mycelis muralis</i> (L.) Rchb.	+	<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	R
<i>Lilium maritagon</i> L.	+		

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Čorkova uvala

Odjel: 1

Trajna ploha br. 32

Površina: 1 ha

Godina: 1981.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA + SMREKA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	74	0,27	0,6	67	0,25	0,5	141	0,52	1,1
11 - 20	97	1,68	10,5	79	1,17	6,5	176	2,85	17,0
21 - 30	48	2,42	26,2	26	1,26	12,9	74	3,68	39,1
31 - 40	23	2,30	32,4	12	1,33	17,0	35	3,63	49,4
41 - 50	15	2,58	41,3	9	1,58	22,4	24	4,16	63,7
51 - 60	20	4,79	82,1	5	1,23	18,9	25	6,02	101,0
61 - 70	13	4,40	81,0	9	3,07	50,0	22	7,47	131,0
71 - 80	2	0,89	17,2	8	3,59	61,4	10	4,48	78,6
81 - 90				6	3,55	63,2	6	3,55	63,2
91 - 100				5	3,47	62,9	5	3,47	62,9
101 - 110				4	3,57	66,2	4	3,57	66,2
111 - 120				5	5,28	99,4	5	5,28	99,4
121 - 130				3	2,52	69,7	3	2,52	69,7
131 - 140									
141 - 150				1	0,97	33,0	1	0,97	33,0
Ukupno	292	19,33	291,3	239	32,84	584,0	531	52,17	875,3

Zoocenoza:

Sisavci – U ovom području žive jeleni, srne, divokoze, mrki medvjed, divlja mačka, kuna zlatica, kuna bjelica, mala lasica, zerdav, tvor, jazavac, divlja svinja, obični zec, veliki puh, vjeverica, ris; ježevi, krtice, puhovi, miševi, rovke, šišmiši.

Ptice – Značajnije su veliki tetrijeb, gluha lještarka, grabljivice (orao zmijar, jastrebec kokošar, škanjac osaš, škanjac mišar, par surih orlova, sove: velika ušara, šumska sovina, sova jastrebača), različite vrste dupljašica, vrana (gavran i dr.), kukavica, sjenice, drozdovi, obični brgljez, puzavac kljukavac, strijež palčić, crnoglava grmuša, obični i šumski zviždak, zlatoglavi i vatroglavi kraljić, siva muharica, crnoglava muharica, zimovka čučurin, zeba bitkavica i dr.

Kukci – Od kukaca promatrani su skokunci, skakavci, žoharaši, opnokrilci, muhe, leptiri i kornjaši. U ovim šumama česti su kornjaši iz porodice zlatica. Za život šume važnije su strizibube jer se one hrane drvom. Potkornjaci žive u svojim labirintima u drvu. Kukci koji se hrane životinjama iz porodica su hitri i trčaka. Osobito su privlačni leptiri kojih je 90 vrsta, od toga četrdesetak dnevnih.

Gmazovi – Od gmazova tu je zidna gušterica, bjelouška u nižim predjelima, a poskok i riđovka na stjenovitim terenima (Rauš 1995).

TRAJNA PLOHA br. 33
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 33
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1981.

Površina: 1 ha

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Čudinka

Odjel/odsjek: 91

Geološka podloga: vapnenac i dolomit

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Klima: vidi plohu br. 32

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938) - vidi plohu br. 32

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Čudinka

Odjel: 91

Trajna ploha br. 33

Površina: 1 ha

Godina: 1981.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA			SMREKA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	80	0,24	0,6	103	0,36	0,6	23	0,09	0,1	206	0,69	1,3
11 - 20	129	2,28	14,1	118	1,93	8,7	34	0,59	2,1	281	4,80	24,9
21 - 30	39	2,10	19,6	45	2,28	19,5	7	0,29	1,7	91	4,67	40,8
31 - 40	25	2,49	28,9	13	1,27	14,4	3	0,29	2,6	41	4,05	45,9
41 - 50	29	5,00	69,4	12	1,79	22,2	4	0,74	8,4	45	7,53	100,0
51 - 60	27	6,89	103,6	11	1,75	36,7	4	0,97	11,8	42	9,61	152,1
61 - 70	21	6,77	105,5	5	1,68	22,8	2	0,68	8,8	28	9,13	137,1
71 - 80	1	0,50	8,2	3	1,22	16,8	2	0,91	11,8	6	2,63	36,8
81 - 90				1	0,88	8,0	2	1,19	15,4	3	1,77	23,4
Ukupno	351	26,27	349,9	311	13,16	149,7	81	5,75	62,7	743	44,88	562,3

Zoocenoza: vidi plohu br. 32

TRAJNA PLOHA br. 34
 BUKOVO-JELOVA ŠUMA
 PERMANENT PLOTS no. 34
 BEECH AND FIR FOREST
 (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1981.

Površina: 1 ha

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Crni vrh

Odjel/odsjek: 26

Geološka podloga: vapnenac i dolomit

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Klima: vidi plohu br. 32

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938) - vidi plohu br. 32

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma
 Područje: NP "Plitvička jezera"
 Predjel: Crni vrh
 Odjel: 26

Trajna ploha br. 34
 Površina: 1 ha
 Godina: 1981.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA			SMREKA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	1	0,01	0,0	74	0,24	0,5	9	0,02	0,0	84	0,27	0,5
11 - 20	83	1,64	11,1	155	2,67	13,1	7	0,08	0,2	245	4,39	24,4
21 - 30	68	3,62	36,9	40	2,00	18,9	4	0,22	1,6	112	5,84	57,4
31 - 40	41	4,20	51,4	9	0,86	10,6	2	0,19	1,9	52	5,25	63,9
41 - 50	27	4,31	58,7	3	0,53	7,0	2	0,38	4,7	32	5,22	70,4
51 - 60	13	3,13	46,9	6	1,50	20,6	7	1,70	22,3	26	6,33	89,8
61 - 70	5	1,66	26,7	7	2,25	31,7	12	4,15	56,2	24	8,06	114,6
71 - 80	5	2,27	37,8	5	2,17	31,3	5	2,19	30,1	15	6,63	99,2
81 - 90	1	0,55	9,5	2	1,14	16,5	3	1,64	22,5	6	3,33	48,5
Ukupno	244	21,39	279,0	301	13,36	150,2	51	10,57	139,5	596	45,32	568,7

Zoocenoza: vidi plohu br. 32

TRAJNA PLOHA br. 35
 BUKOVO-JELOVA ŠUMA
 PERMANENT PLOTS no. 35
 BEECH AND FIR FOREST
 (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1981.

Površina: 1 ha

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Pod Kikom

Odjel/odsjek: 38

Geološka podloga: vapnenac i dolomit

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Klima: vidi plohu br. 32

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938) - vidi plohu br. 32

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: N.P. "Plitvička jezera"

Predjel: Pod Kikom

Odjel: 38

Trajna ploha br. 35

Površina: 1 ha

Godina: 1981.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA + SMREKA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	1	0,00	0,0	60	0,22	0,4	61	0,22	0,4
11 - 20	24	0,59	4,2	108	1,73	8,0	132	2,32	12,2
21 - 30	74	3,92	41,8	6	0,24	1,6	80	4,16	43,4
31 - 40	77	7,79	102,2	1	0,10	1,1	78	7,89	103,3
41 - 50	52	8,54	121,3	1	0,20	2,4	53	8,74	123,7
51 - 60	29	6,95	104,2				29	6,95	104,2
61 - 70	19	6,57	103,2	1	0,30	3,9	20	6,87	107,1
71 - 80	17	7,48	122,1				17	7,48	122,1
81 - 90	8	4,65	78,5				8	4,65	78,5
Ukupno	301	46,49	677,5	177	2,79	17,4	478	49,28	694,9

Zoocenoza: vidi plohu br. 32

TRAJNA PLOHA br. 42
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 42
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1980.

Površina: 1 ha

Područje: Gorski kotar

Predjel: Litorić

Odjel/odsjek: 7a

Geološka podloga: vapnenac i dolomit

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Klima: Prema Köppenovoj klasifikaciji za niža je gorska područja karakteristična klimatska zona C, tj. umjereno topla kišna klima.

Srednje mjesečne i godišnje količine oborina (O) i temperature zraka (T) od 1948. do 1960. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
O, mm	260	224	160	183	175	166	133	139	205	260	279	302	2486
T, °C	-1,2	-0,3	1,7	6,6	11,3	14,9	16,8	16,2	12,8	8,2	3,4	0,8	7,7

Goransko područje prvo je po količini oborina u Hrvatskoj. Goleme količine kiše, snijega i tuče padnu tokom godine. Veći dio ukupnih oborina padne u hladnijoj polovici godine (od listopada do ožujka), a maksimum je mjesečnih oborina između listopada i prosinca, što znači da Gorski kotar ima primorski oborinski režim.

Prema zabilježenim veličinama srednjaka gorski i pretplaninski dijelovi Gorskoga kotara pripadaju krajevima s najvećom relativnom vlagom zraka u Hrvatskoj.

Mjesečni i godišnji srednjaci relativne vlage zraka od 1948. do 1960. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
%	89	87	84	82	81	81	80	81	86	90	92	94	86

Utjecaj je vjetrova, osobito juga i bure, u Gorskom kotaru, u vezi s ostalim klimatskim elementima, vrlo snažan i višestruko se odražava u biološkom i ekološko-gospodarskom pogledu.

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938) - vidi plohu br. 32

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: Šumarija Vrbovsko

Predjel: Litorič

Odjel/odsjek: 7a

Trajna ploha br. 42

Površina: 1 ha

Godina: 1994.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA + OTL			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	41	0,56	0,8	10	0,04	0,2	51	0,60	1,0
11 - 20	58	1,21	6,9	18	0,42	3,6	76	1,63	10,6
21 - 30	33	1,73	23,7	20	0,94	11,2	53	2,67	34,9
31 - 40	20	2,01	22,9	27	3,79	38,5	47	5,80	61,5
41 - 50	29	4,80	59,0	35	5,66	82,1	64	10,46	141,5
51 - 60	31	7,67	101,7	17	4,04	62,4	48	11,71	164,1
61 - 70	13	4,26	58,5	2	0,66	10,6	15	4,92	69,1
71 - 80	3	1,32	18,4				3	1,32	18,4
81 - 90	1	0,53	7,5				1	0,53	7,5
Ukupno	229	24,09	299,4	129	15,55	208,6	358	39,64	508,6

Zoocenoza: Na ovom području žive mnoge životinjske vrste: srneća i jelenska divljač, divlja svinja, vjeverica, puh, mrki medvjed, vuk, lisica, jazavac, divlja mačka, ris, kuna zlatica i bjelica, lasica i dr. od dlakave divljači. Od pernatih vrsta nalaze se: tetrijeb gluhan, lještarka, prepelica pućpura, divlji golub, sokol, orao, sova i dr.

TRAJNA PLOHA br. 44
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 44
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1982.

Površina: 1 ha

Područje: NP Risnjak

Predjel: Staza pod Malim Bukovcem

Geološka podloga: Geološku podlogu čine tanje uslojene jurske vapnenačke naslage s dolomitnim ulošcima, te svjetlosivi vapnenci srednjojurske starosti.

Tlo: Najveće površine u Nacionalnom parku "Risnjak" zauzima smeđe šumsko tlo (kalkokambisol) s bukovo-jelovim šumama i djelomice s pretplaninskim bukovim šumama. Bukovo-jelova zajednica ima vrlo široku amplitudu pridolaska, pa se javlja i na ostalim tlima, osobito na ilimeriziranima.

Klima: Risnjak se nalazi na području sukobljavanja maritimnih i kontinentalnih utjecaja, te utjecaja Alpa sa sjeverozapada i dinarskih planina na jugoistoku, što uvjetuje umjereno topla ljeta, kišovite jeseni te duge i oštre zime.

U Nacionalnom parku "Risnjak" nema meteoroloških stanica. Najbliža meteorološka stanica bila je u Lividrazi.

Srednja mjesečna i godišnja količina oborina (O) i temperatura zraka (T) od 1971. do 1980. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
O, mm	409	317	347	338	229	249	190	166	268	374	488	395	3770
T, °C	-2,0	-1,4	0,7	3,4	8,8	12,5	14,2	13,3	10,0	5,7	1,6	-1,5	5,4

Srednja mjesečna i godišnja relativna vlažnost zraka od 1971. do 1980. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
%	93	93	93	94	95	93	93	94	95	95	94	93	94

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Broj snimke:	1	2	3	4	5
Lokalitet:	Staza pod M. Bukovcem - trajna ploha br. 44				
Veličina snimke (m ²):	400				
Datum:	12. 6. 1985.				
Nadmorska visina (m):	970				
Ekspozicija:	južna				
Inklinacija (°):	40				
Geološka podloga:	vapnenac i dolomit				
Tlo:	kalkokambisol				
Pokrovnost (%):					
- sloja drveća	95	90	60	80	90
- sloja grmlja	10	25	5	20	5
- sloja prizemnog rašća	90	95	90	90	80
- sloja mahova	0	0	0	0	0
- ukupna pokrovnost:	100	100	100	100	100

Florni sastav

I. Sloj drveća

<i>Fagus sylvatica</i> L.	3.3	3.3	3.3	2.3	3.3	V
<i>Abies alba</i> Mill.	1.1	2.2	1.1	3.3	2.2	V
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	1.1	.	(+)	+	.	III
<i>Ulmus montana</i> Huds.	+	.	.	.	.	II
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	.	+	.	.	.	I

II. Sloj grmlja

<i>Rhamnus fallax</i> Boiss.	+2	+2	R	+2	+2	V
<i>Lonicera alpigena</i> L.	+	+2	R	+2	R	V
<i>Fagus sylvatica</i> L.	1.1	2.2	+	+	+	V
<i>Daphne mezereum</i> L.	+	+	+	+	+	V
<i>Daphne laureola</i> L.	+	+	+	.	R	IV
<i>Sorbus aria</i> (L.) Cr.	.	R	R	R	R	IV
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	R	R	R	.	.	III
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	.	+	.	.	.	II
<i>Lonicera xylosteums</i> L.	R	.	.	.	.	I
<i>Ulmus montana</i> Huds.	.	R	.	.	.	I
<i>Sambucus racemosa</i> L.	.	R	.	.	.	I
<i>Euonymus verrucosa</i> Scop.	.	.	R	.	.	I
<i>Euonymus latifolia</i> (L.) Mill.	.	.	.	+	.	I
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	.	.	.	R	.	I

III. Sloj prizemnog rašća

<i>Helleborus n. macranthus</i> (Freyn.) Sch.	1.2	2.3	2.3	3.3	3.3	V
<i>Mercurialis perennis</i> L.	2.2	2.3	3.3	1.2	2.2	V
<i>Omphalodes verna</i> Moench	1.2	1.2	1.2	2.2	1.2	V
<i>Cardamine enneaphyllos</i> (L.) Cr.	+	1.2	+2	+	+2	V
<i>Asperula odorata</i> L.	+2	1.2	+2	+2	+2	V
<i>Anemone nemorosa</i> L.	1.2	+	+2	+2	1.2	V

<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	+	+	+	1.2	V
<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	1.2	+	+	+	+	V
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	+	+	+	+	V
<i>Cirsium erisithales</i> (Jacq.) Scop.	+	+	+	+2	R	V
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	+	+	+	+2	+	V
<i>Paris quadrifolia</i> L.	+	R	R	+	R	V
<i>Euphorbia carniolica</i> Jacq.	+	R	+	+	R	V
<i>Abies alba</i> Mill.	+	+	+	+	+	V
<i>Salvia glutinosa</i> L.	+	.	+	+	+2	IV
<i>Prenanthes purpurea</i> L.	+	+	.	+	+	IV
<i>Gentiana asclepiadea</i> L.	R	+2	+2	+2	.	IV
<i>Sanicula europaea</i> L.	+2	+2	+	+	.	IV
<i>Ranunculus plataniifolius</i> L.	+2	+	+	.	+	IV
<i>Cardamine trifolia</i> L.	+	+	.	1.2	+2	IV
<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.) All.	R	R	R	+	.	IV
<i>Cyclamen europaeum</i> L.	+	+	+	+	.	IV
<i>Actaea spicata</i> L.	1.2	.	R	.	R	IV
<i>Symphytum tuberosum</i> L.	R	.	R	+2	+	IV
<i>Lilium martagon</i> L.	.	+	+	1.2	+	IV
<i>Siler trilobum</i> (Jacq.) Cr.	.	R	+	+	+	IV
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) Schm.	.	R	+2	+2	+	IV
<i>Arenonia agrimonoides</i> (L.) DC.	R	.	.	+	+	III
<i>Nephrodium filix mas</i> (L.) Rich.	+2	R	.	+	.	III
<i>Fragaria vesca</i> L.	+	+	.	.	R	III
<i>Phyteuma spicata</i> L.	.	+	R	.	+	III
<i>Lamium orvala</i> L.	.	.	R	+	+	III
<i>Hacquetia epipactis</i> (Scop.) DC.	1.2	+	.	.	.	II
<i>Oxalis acetosella</i> L.	+	+	.	.	.	II
<i>Carex silvatica</i> Huds.	R	R	.	.	.	II
<i>Melittis melissophyllum</i> L.	+	.	.	+	.	II
<i>Mycelis muralis</i> (L.) Rchb.	.	+	.	.	R	II
<i>Asplenium trichomanes</i> L.	.	+	.	R	.	II
<i>Ruscus hypoglossum</i> L.	.	R	.	+1	.	II
<i>Calamintha grandiflora</i> (L.) Moench	.	+	R	.	.	II
<i>Galium sylvaticum</i> L.	.	.	1.2	1.2	.	II
IV. Sloj mahova						
<i>Dicranum scoparium</i> (L.) Hedw.	.	+2	.	.	.	I

Sljedeće vrste iz sloja prizemnog rašča javljaju se samo u jednoj snimci:

Petasites albus (L.) Gaertner, *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Aposeris foetida* (L.) Less., *Festuca gigantea* (L.) Vill., *Leucoium vernum* L., *Sambucus nigra* L., *Polystichum lobatum* (Huds.) Pres., *Primula elatior* (L.) Hill., *Neottia nidus avis* (L.) Rich., *Geranium robertianum* L., *Fagus sylvatica* L., *Festuca silvatica* L., *Fraxinus excelsior* L., *Rubus idaeus* L., *Rubus hirtus* W. K., *Viola silvestris* Lam., *Veronica urticifolia* Jacq., *Rosa spinosissima* L., *Anemone ranunculoides* L., *Aruncus sylvestris* Kost. i *Pleurospermum austriacum* (L.) Hoffm.

Ukupno su 73 vrste.

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: NP "Risnjak"

Predjel: Staza pod Malim Bukovcem

Odjel:

Trajna ploha br. 44

Površina: 1 ha

Godina: 1983.

Debljinski razredi	JELA			BUKVA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	16	0,09	0,3	312	0,98	4,8	328	1,07	5,1
11 - 20	28	0,56	3,9	106	1,92	16,2	134	2,48	20,1
21 - 30	13	0,64	6,8	52	2,74	30,7	65	3,38	37,5
31 - 40	19	1,95	24,7	39	3,82	48,2	58	5,77	72,9
41 - 50	16	2,67	37,3	26	4,09	55,4	42	6,76	92,7
51 - 60	12	3,00	43,6	16	3,83	53,9	28	6,83	97,5
61 - 70	12	4,22	62,9	3	1,01	14,5	15	5,23	77,4
71 - 80	8	3,68	55,1	1	0,45	6,6	9	4,13	61,7
81 - 90	3	1,75	26,0				3	1,75	26,0
Ukupno	127	18,56	260,6	555	18,84	230,3	682	37,40	490,9

Zoocenoza: Od viših životinjskih vrsta u Nacionalnom parku "Risnjak" žive vodozemci, gmazovi, ptice i sisavci.

Sisavci – Katedra za lovstvo Šumarskoga fakulteta u Zagrebu (dr. Dominik Raguž, dr. Marijan Grubešić) utvrđivala je vrstu, brojnost, stabilnost populacija vrsta i migraciju sisavaca.

U Nacionalnom parku "Risnjak" prema tim istraživanjima, stalno ili povremeno, žive ove vrste:

- | | |
|--|--|
| - obična srna (<i>Capreolus capreolus</i>) | - zerdav (<i>Mustela erminea</i>) |
| - mrki medvjed (<i>Ursus arctos</i>) | - jež (<i>Erinaceus</i> sp.) |
| - obični jelen (<i>Cervus elaphus</i>) | - obična krtica (<i>Talpa europaea</i>) |
| - divokoza (<i>Rupicapra rupicapra</i>) | - puh (<i>Glis glis</i>) |
| - divlja svinja (<i>Sus scrofa</i>) | - miševi (vrste) |
| - jazavac (<i>Meles meles</i>) | Zakonom nezaštićene vrste: |
| - kuna zlatica (<i>Martes martes</i>) | - lisica (<i>Vulpes vulpes</i>) |
| - kuna bjelica (<i>Martes foina</i>) | - divlja mačka (<i>Felis silvestris</i>) |
| - vjeverica (<i>Scirius vulgaris</i>) | Zakonom zaštićena vrsta: |
| - lasica (<i>Mustela nivalis</i>) | - vuk (<i>Canis lupus</i>) |

Godine 1974. u NP "Risnjak" primijećen je ris nakon što ga 70 godina nije bilo u Gorskom kotaru i nakon što je 1973. godine bio unesen u Sloveniju. Danas je već vrlo brojna.

Ptice – Ornitološka istraživanja na tri trajne plohe na Risnjaku tijekom 1986. godine obavljao je Zavod za ornitologiju (dr. Goran Sušić). Istraživalo se standardiziranom relativnom metodom linearnog transektu, prema finskom modelu, a rezultati su prikazani u tablicama, priloženima uz istraživane plohe na Vilju, Bukovcu i Leski. U rubrici MB upisan je broj zabilježenih parova u pojasu širine 50 m, na ukupnoj duljini od 2,6 km, a u rubrici SB broj parova određene vrste ptica u pojasu izvan MB pojasa zajedno s brojem u MB (zbrojeno). Kako je desno od rubrike SB sistematski popis vrsta koje su najčešće pri radu na linearnom transektu (kopnene vrste), popis na formularu koji se odnosi na određenu trajnu plohu ujedno služi i kao popis ptičjih vrsta zabilježenih na toj plohi. Najviše je ptica zabilježeno u Leski (31). Na Bukovcu je zabilježeno 18 vrsta, a na Vilju 12. Još bolji pokazatelj promjene kvantitativne strukture zajednica ptica u visinskom gradijentu je pad broja parova, odnosno apsolutnoga broja jedinki s porastom nadmorske visine: u Leski u pojasu širokom 50 m na duljini od 2,6 km dolaze 53 para (106 jedinki), na Bukovcu 40 parova (80 jedinki), a na Vilju 13 parova (26 jedinki). Detaljniju će analizu autor učiniti nakon daljih istraživanja.

Entomofauna – Entomofaunu Risnjaka istražuje Zoologijski zavod Biološkog odjela Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (dr. Paula Durbešić, mr. Snježana Vujičić-Karlo). Prema tim istraživanjima najdominantniji red kukaca su kornjaši (*Coleoptera*), kojih je u 1985. godini u asocijaciji *Blechno-Abietetum* (TP* 43) zabilježeno 930, u asocijaciji *Abieti-Fagetum illyricum* (TP 44) 2779, u zajednici *Aceri-Fagetum subalpinum* (TP 45) 4091 i u zajednici *Piceetum montanum* (TP 46) 3623 imaga. Stalnim lovom u vegetacijskom razdoblju u 1985. godini prikupljena su 12 233 imaga. Determinacijom kornjaša utvrđene su najčešće vrste: *Carabus catenulatus*, *C. catenulatus*, *C. Creutzeri*, *C. violaceus azureus*, *C. croaticus croaticus*, *Melops striolatus*, *Pterostichus violatus carniolocus*, *Pterostichus metallicus*, *Abax carinatus*, *Nebria brevicollis*, *Rhagium mordax* i dr.

TRAJNA PLOHA br. 54
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 54
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1985.
Površina: 1 ha
Područje: Velebit
Predjel: Štirovača
Geološka podloga: vapnenac i dolomit

*TP - trajna ploha

Tlo: smeđe karbonatno tlo

Klima: Klimatski podaci RMZH za razdoblje 1931 - 1960. pokazuju da je srednja godišnja temperatura približno 5 °C, da je prosječna siječanjska temperatura -4 °C, a tri mjeseca (XII, I. i II) imaju srednju mjesečnu temperaturu ispod 0 °C. Srednji godišnji broj dana s maksimalnom temperaturom zraka iznad 25 °C iznosi samo 18, srednji godišnji broj dana s maksimalnom temperaturom zraka ispod 0 °C (ledenih) 50, a srednji godišnji broj dana sa snježnim pokrivačem jednakim ili većim od 10 cm za razdoblje 1948 - 1962. iznosi 90.

Podaci za količinu oborina pokazuju da je srednja godišnja količina oborina u razdoblju 1925 - 1940. iznosila 3023 mm, gdje su izraženi proljetni maksimum od 802 mm, jesenski od 1097 mm, Ljetni minimum od 502 mm također je vrlo visok i povoljan za razvitak vegetacije.

Takvi klimatski podaci karakteriziraju perhumidnu, umjereno hladnu klimu, koja po Köppenovoj klasifikaciji odgovara tipu Dfwbx". Taj je tip klime karakterističan ipak za viša područja u Hrvatskoj, međutim klima je Štirovače dobrim dijelom modificirana geomorfologijom terena, koja je ovdje uvjetovala stvaranje tzv. mrazišta.

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Područje:	Štirovača				
Predjel:	Klepina duliba				
Datum:	1986. godina				
Veličina:	1 ha				
Broj snimke:	5				
Ekspozicija:	sjeverna				
Inklinacija (°):	5				
Nadmorska visina, m:	1100				
Geološka podloga:	vapnenac i dolomit				
Tlo:	smeđe tlo na vapnencu				
Pokrovnost (%)					
- sloja drveća:	95	40	100	100	90
- sloja grmlja:	5	2	0	15	10
- sloja priz. rašća:	80	80	90	90	90
- ukupna pokrovnost:	100	100	100	100	100

Florni sastav

I. Sloj drveća

<i>Abies alba</i> Mill.	2.3	1.1	+	+	1.1	V
<i>Picea abies</i> (Lam.) Lk.	2.3	1.1	+	2.1	2.3	V
<i>Fagus sylvatica</i> L.	1.1	3.3	5.5	3.3	2.1	V
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	.	.	.	.	(+)	II
<i>Ulmus montana</i> Mill.	.	.	.	.	(+)	I

II. Sloj grmlja

<i>Fagus sylvatica</i> L.	1.2	.	1.3	2.3	1.2	IV
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	1.2	+	.	+	+	IV
<i>Picea abies</i> (Lam.) Lk.	+	1.1	.	1.2	.	III
<i>Abies alba</i> Mill.	+	1.1	.	+	.	III
<i>Ulmus montana</i> Mill.	+	.	.	.	+	III
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	.	.	.	.	+	I

<i>Lonicera nigra</i> L.	.	.	.	1.1	.	I
III. Sloj prizemnog rašća						
<i>Oxalis acetosella</i> L.	2.3	2.3	2.3	1.2	.	V
<i>Nephradium filix mas</i> (L.) Rich.	1.2	1.2	2.2	1.2	3.3	V
<i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	V
<i>Cardamine trifolia</i> L.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	V
<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	+	+	+	1.1	V
<i>Nephradium spinulosum</i> Strem.	+2	+2	+2	+2	1.2	V
<i>Aremonia agrimonoides</i> (L.) N.	(+)	+	+2	+2	+	V
<i>Calamintha grandiflora</i> (L.) M.	(+)	+2	+	+	+	V
<i>Festuca silvatica</i> (Poll.) Vill.	+2	+2	.	+2	+2	IV
<i>Fagus sylvatica</i> L.	+	R	+	.	+	IV
<i>Anemone nemorosa</i> L.	1.3	1.2	+2	1.2	.	IV
<i>Stellaria nemorum</i> L.	+	.	+	+	1.2	IV
<i>Saxifraga rotundifolia</i> L.	+2	+2	.	1.2	+2	IV
<i>Cardamine enneaphyllos</i> (L.) C.	+	1.2	+	+	.	IV
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	R	+	R	+	.	IV
<i>Paris quadrifolia</i> L.	.	+	+	+	+	IV
<i>Dryopteris phegopteris</i> (L.) Pra.	+2	.	+2	.	+2	III
<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.)	+2	+	+	.	.	III
<i>Euphorbia carniolica</i> Jacq.	+2	+	+	.	.	III
<i>Viola silvestris</i> Lam.	+2	+2	+	.	.	III
<i>Rubus idaeus</i> L.	+	.	.	+2	+	III
<i>Abies alba</i> Mill.	+	.	+	+	.	III
<i>Milium effusum</i> L.	+2	+2	.	+2	.	III
<i>Symphytum tuberosum</i> L.	(+)	R	.	+	.	III
<i>Asperula odorata</i> L.	(+)	+2	+	.	.	III
<i>Actaea spicata</i> L.	.	+	.	+2	+2	III
<i>Geranium robertianum</i> L.	.	+	.	+	+	III
<i>Prenanthes purpurea</i> L.	1.3	+	.	.	.	II
<i>Carex pilosa</i> Scop.	+	+	.	.	.	II
<i>Luzula luzulina</i> (Vill.) D.T. et S.	1.2	+2	.	.	.	II
<i>Carex silvatica</i> Huds.	+2	+2	.	.	.	II
<i>Rubus hirtus</i> W.K.	+	+	.	.	.	II
<i>Veronica montana</i> L.	+	.	.	.	+	II
<i>Cardamine bulbifera</i> (L.) Cr.	(+)	.	.	+	.	II
<i>Petasites albus</i> Gärtn.	(+)	R	.	.	.	II
<i>Doronicum austriacum</i> Jacq.	.	+	.	.	+	II
<i>Polystichum lobatum</i> (Huc.) Pr.	.	+2	.	+2	.	II
<i>Ranunculus</i> sp. L.	.	+	.	R	.	II
<i>Moebringia muscosa</i> L.	.	+	.	.	+	II
<i>Cardamine polyphilla</i> (W.K.) S.	.	.	.	+	+	II
<i>Veratrum album</i> L.	.	(+)	+	.	.	II
<i>Epilobium montanum</i> L.	.	.	.	(+)	+	II
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	1.3	.	.	.	.	I
<i>Veronica urticaefolia</i> Jacq.	+	.	.	.	.	I
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) Sc.	R	.	.	.	.	I
<i>Orchis morio</i> L.	R	.	.	.	.	I
<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	(+)	.	.	.	.	I
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	.	.	+	.	.	I
<i>Polypodium vulgare</i> L.	.	.	.	+2	.	I
IV. Sloj mahova						
<i>Polystichum attenuatum</i> Menz..	.	2.3	.	.	1.2	II
<i>Dicranum scoparium</i> (L.) Hed.	.	1.2	.	.	2.2	II

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Na trajnoj plohi (100 x 100 m) izmjereni su prsni promjeri svih stabala iznad 3 cm i dobiveni su ovi rezultati:

	Bukva	Jela	Smreka	Ukupno
Broj stabala	275,0	67,0	94,0	436,0
Temeljnica	33,6	6,0	20,4	60,0
Drvena zaliha	481,2	104,3	277,9	863,4

Takvi podaci o visini temeljnice i drvene zalihe po hektaru mogu se još samo naći u bukovo-jelovoj fitocenozi u Hrvatskoj u prašumama Čorkova uvala i Devčića tavani, koje prema Prpiću (1980) u optimalnoj fazi razvoja dosežu i 1000 m³/ha. Zoocenoza:

Sisavci – Fitocenozu nastavaju jeleni, srne, divokoze, mrki medvjed, divlja mačka, kuna zlatica, kuna bjelica, mala lasica, zerdav, tvor, jazavac, divlja svinja, obični zec, veliki puh, vjeverica, ris; ježevi, krtice, puhovi, miševi, rovke, šišmiši.

Ptice – Značajnije su veliki tetrijeb, gluha lještarka, grabljivice (orao zmijar, jastreb kokošar, škanjac osaš, škanjac mišar, par surih orlova, velika ušara, šumska sovina, sova jastrebača), različite vrste dupljašica, vrana (gavran i dr.), kukavica, sjenice, drozdovi, obični brgljez, puzavac kljukavac, strijež palčić, crnoglava grmuša, obični i šumski zviždak, zlatoglavi i vatroglavi kraljić, siva muharica, muharica crnoglava, zimovka čučurin, zeba bitkavica i dr.

Kukci – Od kukaca promatrani su skokunci, skakavci, žoharaši, opnokrilci, muhe, leptiri i kornjaši. U ovim šumama česti su kornjaši iz porodice zlatica. Za život šume važnije su strizibube jer se one hrane drvom. Potkornjaci žive u svojim labirintima u drvu. Kukci koji se hrane životinjama iz porodica su hitri i trčaka. Osobito su privlačni leptiri kojih je 90 vrsta, od toga četrdesetak dnevnih.

Gmazovi – Od gmazova tu je zidna gušterica, bjelouška u nižim predjelima, a poskok i riđovka na stjenovitim terenima.

TRAJNA PLOHA br. 68
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 68
BEECH AND FIR FOREST

(*Abieti-Fagetum croaticum* Ht. 1938 facies
Omphalodes verna Rauš 1975)

Godina osnivanja: 1965.

Površina: 1 ha

Područje: NPŠO Zalesina

Predjel: Kupjački vrh

Odjel/odsjek: 2

Geološka podloga: vapnenac

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Klima: meteorološka stanica Zalesina (1952 - 1981) prema S. Bertoviću

Srednja mjesečna i godišnja količina oborina (O) i temperatura zraka (T) od 1952. do 1981. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
O, mm	157	150	140	176	167	154	143	160	184	203	230	210	2074
T, °C	-2,9	-1,5	1,5	5,7	10,8	14,3	15,9	15,0	11,8	7,5	3,1	-0,9	6,7

Srednja mjesečna i godišnja relativna vlaga zraka od 1952. do 1981. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
%	82	82	81	79	76	76	78	81	83	84	86	85	81

Broj dana sa snijegom (= 0,1 mm)

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godišnje
	9,9	9,5	8,9	6,0	1,0	0,0			0,1	1,3	5,2	9,0	97,8

Broj dana sa snježnim pokrivačem = 1,0 cm

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godišnje
	9,9	9,5	8,9	6,0	1,0	0,0			0,1	1,0	7,7	19,4	97,8

Broj dana sa snježnim pokrivačem = 30,0 cm

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godišnje
	12,7	9,4	8,3	0,9	0,1						2,0	6,1	39,6

Broj dana s mrazom

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godišnje
	1,1	1,0	3,2	4,8	2,4	0,4		0,3	2,9	5,0	3,4	1,2	25,7

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum croaticum* facies *Omphalodes verna*)

Broj snimke:	1	2	3	4	5
Lokalitet:	G J Kupjački vrh				
Odjel:	2				
Veličina snimke (m ²):	400				
Datum:	24. VI. 1975.				
Nadmorska visina (m):	750 - 850				
Ekspozicija:	SW				
Inklinacija (°):	20 - 30				
Geološka podloga:	vapnenci i dolomiti				
Tlo:	smeđa tla na vapnencima				
Pokrovnost (%)					
- sloja drveća:	100	100	90	80	80
- sloja grmlja:	10	10	20	10	10
- priz. rašća:	90	100	100	100	100
- ukupna pokrovnost:	100	100	100	100	100

Florni sastav

I. Sloj drveća

Karakteristične vrste asocijacije i sveze:

<i>Fagus sylvatica</i> L.	3.3	2.2	2.2	3.3	3.3
<i>Abies alba</i> Mill.	2.2	2.2	2.2	1.1	1.1
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	1.2	1.1	.	.
Pratilice:					
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	R	.	.	.	.

II. Sloj grmlja

Karakteristične vrste asocijacije i sveze:

<i>Fagus sylvatica</i> L.	1.2	+	+	1.2	1.2
<i>Abies alba</i> Mill.	1.1	+	2.2	+	1.2
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	1.2	+	+	+	.
<i>Daphne laureola</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Corylus avellana</i> L.	+	1.2	1.2	+2	+
<i>Daphne mezereum</i> L.	.	+	.	.	+
<i>Lonicera alpigena</i> L.	.	+	1.2	+	.
Pratilice:					
<i>Rhamnus falax</i> Boiss.	(+)	.	+	+2	+
<i>Sorbus aria</i> (L.) Cr.	.	.	R	.	.

III. Sloj prizemnog rašća

Karakteristične vrste asocijacije i sveze:

<i>Omphalodes verna</i> Mch.	1.2	3.4	3.3	2.2	1.2
<i>Sanicula europaea</i> L.	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
<i>Carex silvatica</i> Huds.	+2		+2	+2	+2
<i>Mercurialis perennis</i> L.	3.3	1.2	1.2	1.2	1.2

<i>Actea spicata</i> L.	+	+	.	+	.
<i>Festuca silvatica</i> (Poll.) Vill.	.	+2	+2	1.2	+2
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Asperula odorata</i> L.	.	1.2	.	1.2	1.2
<i>Galeobdolon luteum</i> L.	+	+	+	+	+
<i>Polygonatum multiflor.</i> (L.) All.	R	.	+	+	.
<i>Pulmonaria officinalis</i> L.	1.2	+	1.2	+2	+2
<i>Lamium orvala</i> L.	1.2	+	1.2	+2	+2
<i>Anemone nemorosa</i> L.	1.2	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	.	+	+	+	.
<i>Lonicera alpigena</i> L.	.	+	.	+	.
<i>Abies alba</i> Mill.	+	.	.	.	.
<i>Ulmus montana</i> Gled.	.	.	.	+	.
<i>Viola silvestris</i> Lam.	.	.	.	.	+
Pratilice:					
<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	+	+	+	1.2
<i>Athyrium f. femina</i> (L.) Roth.	+2	1.2	1.2	1.2	.
<i>Aspidium f. mas</i> (L.) Schott.	+2	1.2	1.2	1.2	.
<i>Salvia glutinosa</i> L.	+	1.2	1.2	+	+2
<i>Oxalis acetosella</i> L.	.	+	.	.	.
<i>Aremonia agrimonoides</i> (L.) N	+	+	.	+	.
<i>Cardamine bulbifera</i> L.	+	+	.	.	.
<i>Cirsium erisithales</i> (Jacq.) Sc.	.	.	+	1.2	1.2
<i>Lilium martagon</i> L.	+	+	+	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	R	.	.	.	.
<i>Gentiana asclepiadea</i>	.	.	.	.	R

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: NPŠO Zalesina

Predjel: Kupjački vrh

Odjel: 2

Trajna ploha br. 68

Površina: 1 ha

Godina: 1965.

Debljinski razredi	JELA			BUKVA			JAVOR			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	101	0,48	1,7	170	0,74	1,3	7	0,04	0,1	278	1,26	3,0
11 - 20	86	1,71	9,6	104	1,89	11,0	18	0,39	2,2	208	3,99	22,9
21 - 30	39	2,12	17,6	59	2,98	25,6	33	1,87	17,7	131	6,97	60,9
31 - 40	34	3,74	39,2	21	1,98	22,7	14	1,34	15,8	71	7,06	77,7
41 - 50	43	8,54	81,0	1	0,20	2,7	5	0,80	10,5	49	9,54	94,3
51 - 60	27	6,47	79,9							27	6,47	79,9
61 - 70	9	3,10	39,9							9	3,10	39,9
71 - 80	3	1,36	17,7							3	1,36	17,7
81 - 90	2	1,16	15,1							2	1,16	15,1
91 - 100	1	0,66	8,6							1	0,66	8,6
Ukupno	345	29,34	310,3	355	7,79	63,3	77	4,44	46,3	779	41,57	420,0

Godina: 1995.

Debljin- ski razredi	JELA			BUKVA			JAVOR			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	38	0,23	0,4	103	0,68	2,6	6	0,04	0,1	147	0,95	3,1
11 - 20	56	1,14	6,3	96	2,00	10,3	9	0,22	1,4	161	3,36	17,9
21 - 30	29	1,46	11,7	71	3,80	35,6	15	0,83	8,2	115	6,09	55,7
31 - 40	34	3,50	36,8	36	3,52	41,4	13	1,08	13,9	83	8,10	92,1
41 - 50	35	5,70	66,3	13	2,07	39,1	5	0,79	10,5	53	8,56	115,4
51 - 60	26	6,19	77,6	2	0,47	6,9				28	6,66	84,6
61 - 70	9	3,04	40,2							9	3,04	40,2
71 - 80	4	1,34	24,6							4	1,34	24,6
81 - 90	1	0,58	7,5							1	0,58	7,5
91 - 100	2	1,44	19,4							2	1,44	19,4
Ukupno	234	24,62	290,8	321	12,50	135,9	48	2,96	34,1	603	40,62	460,5

Zoocenoza: Od viših životinjskih vrsta u ovom području i okolici žive vodozemci, gmazovi, ptice i sisavci.

Sisavci:

- obična srna (*Capreolus capreolus*)
 - mrki medvjed (*Ursus arctos*)
 - obični jelen (*Cervus elaphus*)
 - divokoza (*Rupicapra rupicapra*)
 - divlja svinja (*Sus scrofa*)
 - jazavac (*Meles meles*)
 - kuna zlatica (*Martes martes*)
 - kuna bjelica (*Martes foina*)
 - vjeverica (*Scirius vulgaris*)
 - lasica (*Mustela nivalis*)
 - zerdav (*Mustela erminea*)
 - jež (*Erinaceus* sp.)
 - obična krtica (*Talpa europaea*)
 - puh (*Glis glis*)
 - miševi (vrste)
- Zakonom nezaštićene vrste:
- lisica (*Vulpes vulpes*)
 - divlja mačka (*Felis silvestris*)
- Zakonom zaštićena vrsta:
- vuk (*Canis lupus*)

Godine 1974. primijećen je ris nakon što ga 70 godina nije bilo u Gorskom kotaru i nakon što je 1973. godine bio unesen u Sloveniju. Danas je već vrlo brojčan.

TRAJNA PLOHA br. 69
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 69
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum croaticum* Ht. 1938 facies
Mercurialis perenis Rauš 1975)

Godina osnivanja: 1965.
Površina: 1 ha
Područje: NPŠO Zalesina
Predjel: Kupjački vrh
Odjel/odsjek: 4
Geološka podloga: vapnenac i dolomit
Tlo: smeđe tlo na vapnencu
Klima: vidi plöhu br. 68

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum croaticum* fac. *Mercurialis perenis*).

Broj snimke:	6	7	8
Lokalitet:		GJ Kupjački vrh	
Odjel:		4	
Veličina snimke (m ²):		400	
Datum:		24. VI. 1975.	
Nadmorska visina (m):		750 - 850	
Ekspozicija:		SW	
Inklinacija (°):		20 - 30	
Geološka podloga:		vapnenci i dolomiti	
Tlo:		smeđa tla na vapnencima	
Pokrovnost (%):			
- sloja drveća:	100	100	90
- sloja grmlja:	10	10	20
- priz. rašća:	90	100	100
- ukupna pokrovnost:	100	100	100

Florni sastav

I. Sloj drveća

Karakteristične vrste
asocijacije i sveze:

<i>Fagus sylvatica</i> L.	3.3	2.2	2.2
<i>Abies alba</i> Mill.	2.2	2.2	2.2
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	1.2	1.1
Pratilice:			
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	R	.	.

II. Sloj grmlja

Karakteristične vrste
asocijacije i sveze:

<i>Abies alba</i> Mill.	1.1	+	2.2
<i>Corylus avellana</i> L.	+	1.2	1.2
<i>Fagus sylvatica</i> L.	1.2	+	+
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	1.2	+	+
<i>Daphne laureola</i> L.	+	+	+
<i>Lonicera alpigena</i> L.	.	+	1.2
<i>Daphne mezereum</i> L.	.	+	.
Pratilice:			
<i>Rhamnus falax</i> Boiss.	(+)	.	+
<i>Sorbus aria</i> (L.) Cr	.	.	R

III. Sloj prizemnog rašća

Karakteristične vrste
asocijacije i sveze:

<i>Omphalodes verna</i> Mch.	1.2	3.4	3.3
<i>Mercurialis perennis</i> L.	3.3	1.2	1.2
<i>Sanicula europaea</i> L.	1.2	1.2	1.2
<i>Pulmonaria officinalis</i> L.	1.2	+	1.2
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	+	+	+
<i>Galeobdolon luteum</i> L.	+	+	+
<i>Lamium orvala</i> L.	+	1.2	.
<i>Carex silvatica</i> Huds.	+2	.	+2
<i>Festuca silvatica</i> (Poll.) Vill.	.	+2	+2
<i>Actea spicata</i> L.	+	+	.
<i>Lonicera alpigena</i> L.	.	+	+
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	R	.	+
<i>Anemone nemorosa</i> L.	1.2	.	.
<i>Asperula odorata</i> L.	.	1.2	.
<i>Abies alba</i> Mill.	+	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	.	+	.
Pratilice:			
<i>Athyrium f. femina</i> (L.) Roth.	+2	1.2	1.2
<i>Aspidium f. mas</i> (L.) Schott.	+2	1.2	1.2
<i>Salvia glutinosa</i> L.	+	1.2	1.2
<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	+	+
<i>Lilium martagon</i> L.	+	+	.
<i>Aremonia agrimonoides</i> (L.) Neck.	+	+	.
<i>Cardamine bulbifera</i> L.	+	+	.
<i>Oxalis acetosella</i> L.	.	+	.
<i>Cirsium erisithales</i> (Jacq.) Scop.	.	.	+
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	R	.	.

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: NPŠO Zalesina

Predjel: Kupjački vrh

Odjel: 4

Trajna ploha br. 69

Površina: 1 ha

Godina: 1965.

Debljinski razredi	JELA			BUKVA			JAVOR			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	75	0,36	1,3	49	0,24	0,5				124	0,60	1,8
11 - 20	89	1,83	10,5	48	0,98	5,6	2	0,06	0,3	139	2,87	16,4
21 - 30	49	2,73	22,7	31	1,68	15,2	12	0,71	6,7	92	5,12	44,6
31 - 40	42	4,29	44,4	41	4,23	46,6	27	2,59	30,2	110	11,11	121,2
41 - 50	39	6,18	71,0	22	3,47	46,5	19	3,17	37,3	80	12,82	154,8
51 - 60	18	4,47	55,3	4	0,88	12,4	3	0,69	9,7	25	6,04	77,4
61 - 70	7	2,39	30,9							7	2,39	30,9
Ukupno	319	22,25	236,1	195	11,50	127,0	63	7,22	84,2	577	40,95	447,1

Godina: 1995.

Debljinski razredi	JELA			BUKVA			JAVOR			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	129	0,52	1,7	101	0,32	1,3	6	0,01	0,1	236	0,85	3,1
11 - 20	73	1,54	8,5	43	0,89	4,9	3	0,08	0,5	119	2,51	13,9
21 - 30	44	2,35	20,2	28	1,46	13,4	8	0,43	4,1	80	4,25	37,9
31 - 40	43	4,15	41,5	34	3,62	42,9	22	2,32	27,4	97	10,10	112,0
41 - 50	31	5,24	60,5	29	4,72	63,1	16	2,74	36,6	76	12,70	160,6
51 - 60	14	3,53	44,0	11	2,59	37,7	5	1,22	17,8	30	7,34	99,6
61 - 70	4	1,32	17,0							4	1,32	17,0
71 - 80	2	0,84	10,9							2	0,84	10,9
Ukupno	340	19,49	204,3	246	13,60	163,3	60	6,80	86,5	644	39,91	455,0

Zoocenoza: vidi plohu br. 68

TRAJNA PLOHA br. 70
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 70
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum croaticum* Ht. 1938 facies
Mercurialis perenis Rauš 1975)

Godina osnivanja: 1965.
Površina: 1 ha
Područje: NPŠO Zalesina
Predjel: Kupjački vrh
Odjel/odsjek: 3
Geološka podloga: vapnenac i dolomit
Tlo: smeđe tlo na vapnencu
Klima: vidi plohu br. 68

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum croaticum* fac. *Mercurialis perenis*)

Broj snimke:	9	10
Lokalitet:	GJ Kupjački vrh	
Odjel:	3	
Veličina snimke (m ²):	400	
Datum:	24.VI 1975.	
Nadmorska visina (m):	750 - 850	
Ekspozicija:	SW	
Inklinacija (°):	20 - 30	
Geološka podloga:	vapnenci i dolomiti	
Tlo:	smeđa tla na vapnencima	
Pokrovnost (%):		
- sloja drveća:	80	80
- sloja grmlja:	10	10
- priz. rašća:	100	100
- ukupna pokrovnost:	100	100

Florni sastav

I. Sloj drveća

Karakteristične vrste
asocijacije i sveze:

<i>Fagus sylvatica</i> L.	3.3	3.3
<i>Abies alba</i> Mill.	1.1	1.1

II. Sloj grmlja

Karakteristične vrste
asocijacije i sveze:

<i>Fagus sylvatica</i> L.	1.2	1.2
<i>Abies alba</i> Mill.	+	1.2
<i>Corylus avellana</i> L.	+2	+
<i>Daphne laureola</i> L.	+	+
<i>Lonicera alpigena</i> L.	+	.
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	+	.
<i>Daphne mezereum</i> L.	.	+
Pratilice:		
<i>Rhamnus falax</i> Boiss.	+2	+

III. Sloj prizemnog rašća

Karakteristične vrste
asocijacije i sveze:

<i>Omphalodes verna</i> Mch.	2.2	1.2
<i>Sanicula europaea</i> L.	1.2	1.2
<i>Mercurialis perennis</i> L.	1.2	1.2
<i>Asperula odorata</i> L.	1.2	1.2
<i>Festuca silvatica</i> (Poll.) Vill.	1.2	+2
<i>Pulmonaria officinalis</i> L.	+2	+2
<i>Carex silvatica</i> Huds.	+2	+2
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	+	+
<i>Galeobdolon luteum</i> L.	+	+
<i>Actea spicata</i> L.	+	+
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	+	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	.
<i>Lonicera alpigena</i> L.	+	.
<i>Ulmus montana</i> Gled.	+	.
<i>Viola silvestris</i> Lam.	.	+
Pratilice:		
<i>Cirsium erisithales</i> (Jacq.) Scop.	1.2	1.2
<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	1.2
<i>Salvia glutinosa</i> L.	+	+2
<i>Athyrium f. femina</i> (L.) Roth.	1.2	.
<i>Aspidium f. mas</i> (L.) Schott.	1.2	.
<i>Aremonia agrimonoides</i> (L.) Neck.	+	.
<i>Gentiana asclepiadea</i> L.	.	R

Zoocenoza: vidi plohu br. 68

TRAJNA PLOHA br. 71
 BUKOVO-JELOVA ŠUMA
 PERMANENT PLOTS no. 71
 BEECH AND FIR FOREST
 (*Abieti-Fagetum croaticum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1975.

Površina: (95 m x 84,2 m) = 0,8 ha

Područje: NPŠO Zalesina

Predjel: Kupjački vrh

Odjel/odsjek: 9

Geološka podloga: vapnenac i dolomit

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Klima: vidi plohu br. 68

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Broj snimke:	1	2	3
Lokalitet:		GJ Kupjački vrh	
Odjel:		9	
Veličina snimke (m ²):		400	
Datum:		24. VI. 1975.	
Nadmorska visina (m):		900 - 960	
Ekspozicija:		W	
Inklinacija (°):		15 - 25	
Geološka podloga:		vapnenci i dolomiti	
Tlo:		smeđa tla na vapnencima	
Pokrovnost (%):			
- sloja drveća:	90	90	90
- sloja grmlja:	10	15	15
- priz. rašća:	100	90	90
- ukupna pokrovnost:	100	100	100

Florni sastav

I. Sloj drveća

Karakteristične vrste
 asocijacije i sveze:

<i>Fagus sylvatica</i> L.	3.3	3.3	3.3
<i>Abies alba</i> Mill.	2.1	2.1	2.1
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	+	
<i>Ulmus montana</i> Gled.	.	.	+

II. Sloj grmlja

Karakteristične vrste
 asocijacije i sveze:

<i>Corylus avellana</i> L.	1.2	1.2	1.2
<i>Fagus sylvatica</i> L.	1.2	1.2	1.2
<i>Lonicera xylosteum</i> L.	+	1.2	1.2

<i>Daphne laureola</i> L.	+2	+	+
<i>Abies alba</i> Mill.	1.2	.	+
<i>Lonicera alpigena</i> L.	.	+	1.2
<i>Ulmus montana</i> Gled.	+	+	.
<i>Daphne mezereum</i> L.	.	+	+
Pratilice:			
<i>Rhamnus falax</i> Boiss.	+	+	+
<i>Sambucus racemosa</i> L.	.	+	+

III. Sloj prizemnog rašća

Karakteristične vrste
asocijacije i sveze:

<i>Omphalodes verna</i> Mch.	3.4	3.4	3.3
<i>Asperula odorata</i> L.	1.3	1.2	1.2
<i>Sanicula europaea</i> L.	1.2	1.2	1.2
<i>Actea spicata</i> L.	+	1.2	1.2
<i>Carex silvatica</i> Huds.	R	+2	+
<i>Festuca silvatica</i> (Poll.) Vill.	R	R	+2
<i>Anemone nemorosa</i> L.	.	1.2	1.2
<i>Geranium robertianum</i> L.	+	+	.
<i>Galeobdolon luteum</i> L.	+	+	.
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	+	.	+
<i>Paris quadrifolia</i> L.	+	.	+
<i>Scolopendryum vulgare</i> (L.) Newm.	R	.	+2
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	R	+	.
<i>Cardamine trifolia</i> L.	+	.	.
<i>Mercurialis perennis</i> L.	+	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	.	+	.
<i>Lamium orvala</i> L.	.	.	+
<i>Epilobium montanum</i> L.	.	R	.
Pratilice:			
<i>Athyrium f. femina</i> (L.) Roth.	1.2	1.2	1.2
<i>Aspidium f. mas</i> (L.) Schott.	1.2	1.2	1.2
<i>Rubus idaeus</i> L.	+	1.2	+
<i>Oxalis acetosella</i> L.	+	+	+
<i>Cardamine eneaphylla</i> L.	+	+	+
<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.) All.	+	+	+
<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	+	+
<i>Dryopteris phaegopteris</i> (L.) Chr.	.	+2	+
<i>Circaea lutetiana</i> L.	+	+	.
<i>Lunaria rediviva</i> L.	+	.	+
<i>Calamintha grandiflora</i> (L.) Mch.	+	.	+
<i>Cardamine polyphylla</i> L.	.	+	+
<i>Millium effusum</i> L.	R	.	+
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	.	R	+
<i>Scrophularia nedosa</i> L.	R	R	.
<i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth.	.	+2	.
<i>Arenaria agrimonoides</i> (L.) Neck.	+	.	.
<i>Cardamine bulbifera</i> L.	+	.	.
<i>Gentiana asclepiadea</i> L.	+	.	.
<i>Mycelis muralis</i> (L.) Rchb.	.	+	.
<i>Lilium martagon</i> L.	.	+	.
<i>Cirsium erisithales</i> (Jacq.) Scop.	R	.	.

Zoocenoza: vidi plohu br. 68

TRAJNA PLOHA br. 87
 BUKOVO-JELOVA ŠUMA
 PERMANENT PLOTS no. 87
 BEECH AND FIR FOREST
 (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1988.

Površina: 1 ha

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Čorkova uvala

Odjel/odsjek: 1

Geološka podloga: vapnenac

Tlo: smeđe tlo na vapnencu

Klima: vidi plohu br. 32

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938) - vidi plohu br. 32

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: NP "Plitvička jezera"

Predjel: Čorkova uvala

Odjel: 1

Trajna ploha br. 87

Površina: 1 ha

Godina: 1957.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA			SMREKA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	358	0,72	3,6	39	0,08	0,3	12	0,02	0,1	409	0,82	3,9
11 - 20	140	2,48	20,0	21	0,37	2,5	7	0,12	0,8	168	2,97	23,4
21 - 30	55	2,60	29,7	16	0,79	8,1	4	0,20	2,0	75	3,59	39,9
31 - 40	23	2,21	30,0	6	0,58	7,5				29	2,79	37,5
41 - 50	16	2,44	40,9	5	0,80	12,6				21	3,24	53,5
51 - 60	12	2,73	52,3	4	0,95	16,8	1	0,24	4,2	17	3,92	73,3
61 - 70	6	1,99	40,8	9	3,34	55,4				15	5,33	96,2
71 - 80	1	0,44	9,9	4	1,88	33,5	2	0,88	16,8	7	3,20	60,2
81 - 90				6	3,72	65,4	1	0,57	10,9	7	4,29	76,3
91 - 100				6	4,65	81,9	2	2,13	41,0	9	6,78	122,9
101 - 110				3	2,45	47,4				3	2,45	47,4
111 - 120				5	5,72	100,1				5	5,72	100,1
121 - 130												
131 - 140				1	1,35	26,1				1	1,35	26,1
Ukupno	611	15,61	227,1	125	26,68	457,6	30	4,16	75,8	766	46,45	760,7

Godina: 1975.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA			SMREKA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	125	0,25	1,2	27	0,05	0,2	10	0,02	0,1	162	0,32	1,5
11 - 20	117	2,07	16,7	23	0,41	3,0	5	0,09	0,6	145	2,57	20,4
21 - 30	57	2,80	30,8	8	0,39	4,3	4	0,20	2,1	69	3,39	37,2
31 - 40	30	2,89	39,1	5	0,48	6,7				35	3,37	45,8
41 - 50	15	2,39	38,3	7	1,11	18,1				22	3,50	56,5
51 - 60	16	3,80	69,7	3	0,79	14,5				19	4,59	84,2
61 - 70	10	3,31	68,0	3	1,00	18,6	1	0,36	6,9	14	4,67	93,6
71 - 80	3	1,36	30,2	6	2,58	49,4				9	3,94	69,4
81 - 90				3	1,66	32,1	3	1,70	32,8	6	3,36	64,9
91 - 100				8	5,55	106,8	1	0,74	14,2	9	6,29	121,0
101 - 110				6	5,20	97,2	1	0,90	17,0	7	6,10	114,2
111 - 120				3	3,22	62,4	1	1,02	19,7	4	4,24	82,1
121 - 130				3	3,56	69,1				3	3,56	69,1
131 - 140				1	1,47	28,4				1	1,47	28,4
Ukupno	373	18,87	294,0	106	27,47	510,8	26	5,03	93,4	505	51,37	898,4

Zoocenoza: vidi plohu br. 32

TRAJNA PLOHA br. 96
BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 96
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1990.

Površina: 1 ha

Područje: Krasno

Predjel: Nadžak-bilo

Odjel/odsjek: 91

Geološka podloga: vapnenac i dolomit

Tlo: smeđe karbonatno tlo

Klima: Hidrometeorološka stanica Zavižan (1 594 m n. v.)

Srednje mjesečne i godišnje količine oborina (O) i temperature zraka (T) od 1961. do 1985. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
O, mm	146	147	161	176	159	136	96	145	157	187	220	190	1920
T, °C	-4,5	-4,5	-2,2	1,2	6,1	9,7	12,1	11,8	9,1	4,8	0,6	-3,0	3,4

Godišnji hod srednje relativne vlage (%) od 1961. do 1985. godine

Mjeseci	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednjak
%	83	84	83	79	79	79	75	76	79	82	83	83	80

Od vjetrova prevladavaju jugo i bura.

Iz navedenih podataka može se zaključiti da istraživano područje ima u većem dijelu perhumidnu, umjereno hladnu klimu, prema Köppenovoj klasifikaciji tipa "Cfsbx".

Vegetacija: bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum illyricum* Ht. 1938)

Područje: Krasno

Predjel: Nadžak-bilo

Odjel: 91

Ekspozicija: sjeveroistočna

Inklinacija: 10°

Nadmorska visina: 1 380 m n. v.

Veličina plohe: 400 m²

Datum snimanja: 7. VIII. 1990.

Florni sastav

	90 %		
I. Sloj drveća	90 %		
<i>Fagus sylvatica</i> L.	4.5	3.5	4.5
<i>Abies alba</i> Mill.	2.2	+	2.1
<i>Picea abies</i> (Lam.) Lk.	+	.	1.1
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	.	+
II. Sloj grmlja	15 %		
<i>Fagus sylvatica</i> L.	1.2	.	+
<i>Lonicera alpigena</i> L.	+2	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	.	+
III. Sloj prizemnog rašća	70 %		
<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	1.2	1.2
<i>Oxalis acetosella</i> L.	1.3	2.3	2.3
<i>Galium odoratum</i> L.	1.2	+	1.2
<i>Festuca altissima</i>	1.2	.	.
<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	+2	1.2	+
<i>Calamintha grandiflora</i> (L.) Mch.	+	.	+2
<i>Symphytum tuberosum</i> L.	1.2	+	+
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	.	+
<i>Veronica montana</i> L.	+	+2	.
<i>Stellaria nemorum</i> L.	2.2	2.2	.
<i>Dryopteris filix mas</i> (L.) Rich.	1.2	3.3	+2
<i>Cardamine enneaphyllos</i> (L.) Cr.	+	.	+
<i>Geranium nodosum</i> L.	+2	+	+
<i>Anemone nemorosa</i> L.	+	+	+
<i>Sanicula europaea</i> L.	1.2	.	1.2
<i>Carex silvatica</i> Huds.	+2	.	+2
<i>Aremonia agrimonioides</i> (L.) Neck.	+	+2	+
<i>Cicerbita alpina</i> (L.) Wallr.	+2	1.2	+
<i>Prenanthes purpurea</i> L.	+	+	+
<i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	1.3	2.3	1.2
<i>Paris quadrifolia</i> L.	+	+	+
<i>Millium effusum</i> L.	+	.	.
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	+	.	+2
<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.) All.	+2	+	+2
<i>Cardamine trifolia</i> L.	+2	+2	+
<i>Petasites albus</i> Gärtn.	+2	+	+
<i>Actaea spicata</i> L.	+	.	+
<i>Adenostyles glabra</i> (Vill.) D.C.	+	.	.
<i>Clematis vitalba</i> L.	.	+	.
<i>Rubus hirtus</i> W.K.	.	+2	.
<i>Veratum album</i> L.	.	+	+
<i>Polystichum lonchitis</i> (L.) Roth.	.	+	+2
<i>Rubus idaeus</i> L.	.	.	+2
<i>Epilobium montanum</i> L.	.	.	+
<i>Ranunculus auricomus</i> L.	.	.	+
IV. Sloj mahova			
<i>Dicranum scoparium</i> (L.) Hedw.	.	.	+2

Struktura po hektaru: Bukovo-jelova šuma

Područje: Krasno

Predjel: Nadžak-bilo

Odjel: 91

Trajna ploha br. 96

Površina: 1 ha

Godina: 1990.

	N	G	V	omjer drv. mase (%)
JELA I SMREKA	55	8,1423	94,2537	18,07
BUKVA	433	36,6425	422,1322	80,93
GORSKI JAVOR	49	0,7322	5,1939	1,00
Suma	537	45,517	521,5798	100,00

Zoocenoza:

Sisavci – Fitocenozu nastavaju jeleni, srne, divokoze, mrki medvjed, divlja mačka, kuna, zlatica, kuna bjelica, mala lasica, zerdav, tvor, jazavac, divlja svinja, obični zec, veliki puh, vjeverica, ris; ježevi, krtice, puhovi, miševi, rovke, šišmiši.

Ptice – Značajnije su veliki tetrijeb, gluha lještarka, grabljivice (orao zmijar, jastrebač, škanjac osaš, škanjac mišar, par surih orlova, sove: velika ušara, šumska sovina, sova jastrebača), različite vrste dupljašica, vrana (gavran i dr.), kukavica, sjenice, drozdovi, obični brgljez, puzavac kljukavac, strijež palčić, crnoglava grmuša, obični i šumski zviždak, zlatoglavi i vatroglavi kraljić, siva muharica, muharica crnoglava, zimovka čučurin, zeba bitkavica i dr.

Kukci – Od kukaca promatrani su skokunci, skakavci, žoharaši, opnokrilci, muhe, leptiri i kornjaši. U ovim šumama česti su kornjaši iz porodice zlatica. Za život šume važnije su strizibube jer se one hrane drvom. Potkornjaci žive u svojim labirintima u drvu. Kukci koji se hrane životinjama iz porodica su hitri i trčaka. Osobito su privlačni leptiri kojih je 90 vrsta, od toga četrdesetak dnevnih.

Gmazovi – Od gmazova tu je zidna gušterica, bjelouška u nižim predjelima, a poskok i riđovka na stjenovitim terenima.

TRAJNA PLOHA br. 97
DINARSKA BUKOVO-JELOVA ŠUMA
PERMANENT PLOTS no. 97
BEECH AND FIR FOREST
(*Abieti-Fagetum dinaricum* Ht. 1938)

Godina osnivanja: 1980.

Površina: 1 ha

Područje: Otočac

Predjel: Devčića tavani

Odjel/odsjek: 91

Geološka podloga: vapnenac i dolomit

Tlo: smeđe karbonatno tlo

Klima: Prema 30-godišnjim motrenjima (1931 - 1960) za dio Senjskoga bila unutar kojega se nalazi prašuma Devčića tavani srednja je godišnja temperatura zraka oko 5 °C, siječanjska srednja temperatura oko -5 °C, srednja srpanjska temperatura zraka oko 16 °C, a toplo razdoblje traje oko 130 dana. Srednja godišnja količina oborina iznosi oko 1875 mm. Snježni pokrivač je visok i dugo traje.

Vegetacija: dinarska bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum dinaricum* Ht. 1938)

Broj snimke:	1	2	3
Lokalitet:		Velebit	
Odjel/odsjek:		Devčića tavani	
Veličina snimke (m ²):	12	12	11
Datum:		9. IX. 1978.	
Ekspozicija:	NO	O	N
Inklinacija (°):	5 - 10	5 - 10	5 - 10
Nadmorska visina:		1192 - 1295 m n. v.	
Geološka podloga:		vapnenac	
Tlo:		smeđe karbonatno tlo	
Sastojina:	prašuma	gosp. šuma	prašuma
Pokrovnost (%):			
- sloja drveća	100	80	100
- sloja grmlja	5	10	10
- sloja priz. rašća	70	100	80
- sloja mahova	2	2	2
- ukupna pokrovnost:	100	100	100

Florni sastav

I. Sloj drveća

<i>Fagus sylvatica</i> L.	3.4	3.4	3.3
<i>Abies alba</i> Mill.	2.1	2.1	2.1
<i>Picea abies</i> (Lam.) Lk.	+	1.1	1.1
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	+	1.1

II. Sloj grmlja

<i>Abies alba</i> Mill.	1.1	1.1	1.1
<i>Lonicera alpigena</i> L.	1.2	+2	1.2
<i>Fagus sylvatica</i> L.	+	1.2	1.2
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	+	1.1
<i>Daphne mezereum</i> L.	+2	+	+
<i>Lonicera nigra</i> L.	R	+	+
<i>Picea abies</i> (Lam.) Lk.	.	+	+
<i>Rubus idaeus</i> L.	.	.	+
<i>Euonymus latifolia</i> (L.) Mill.	+	.	.
<i>Sorbus aria</i> (L.) Cr.	.	R	.
<i>Rhamnus falax</i> Boiss.	.	R	.

III. Sloj prizemnog rašća

<i>Oxalis acetosella</i> L.	2.3	+	1.2
<i>Asperula odorata</i> L.	2.2	+	1.2
<i>Homogyne silvestris</i> (Sc.) Cass.	1.2	1.2	+
<i>Festuca silvatica</i> L.	1.2	1.2	1.2
<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.	1.2	+	+
<i>Veronica montana</i> L.	+	+	+
<i>Cardamine trifolia</i> L.	1.2	1.2	+
<i>Prenanthes purpurea</i> L.	1.2	1.2	+
<i>Ajuga reptans</i> L.	1.2	+	+
<i>Cyclamen europaeum</i> L.	+2	+2	+
<i>Viola silvestris</i> Lam.	+2	+	+
<i>Polygonatum verticillatum</i> All.			
<i>Carex pilosa</i> Scop.	+2	1.2	+
<i>Calamintha grandiflora</i> Münch	1.2	1.2	+2
<i>Carex silvatica</i> Huds.	1.2	+	+2
<i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	+2	+2	+2
<i>Symphytum tuberosum</i> L.	1.2	+	+
<i>Rubus idaeus</i> L.	R	+	+
<i>Sanicula europaea</i> L.			
<i>Rubus hirtus</i> W. K.	R	+	+
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	1.1	+	+
<i>Rosa</i> sp. L.	+	+	+
<i>Agrimonia agrimonoides</i> L.	+	+	+
<i>Senecio nemorensis</i> L.	+	+	+
<i>Lonicera alpigena</i> L.	+2	+2	1.2
<i>Mercurialis perennis</i> L.	+	1.2	+
<i>Paris quadrifolia</i> L.	+	+	+
<i>Aspidium filix mas</i> (L.) Rich.	+2	+2	+2
<i>Geranium phaeum</i> L.	+	+	+
<i>Euphorbia carniolica</i> Jacq.	+	+	+
<i>Actea spicata</i> L.	R	+	+
<i>Polystichum lobatum</i> (Huds.) Pr.	+	+	+2
<i>Galium rotundifolium</i> L.	(+)	+	+
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	+	.	+
<i>Lilium martagon</i> L.	+	+	.
<i>Mycelis muralis</i> (L.) Rchb.	R	+	.
<i>Geranium robertianum</i> L.	+	.	+
<i>Aconitum vulparia</i> Rchb.	+	+	.
<i>Fragaria vesca</i> L.	.	+	+

<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	.	1.3	+2
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	.	1.2	+2
<i>Phyteuma spicata</i> L.	.	R	R
<i>Moehringia muscosa</i> L.	.	+2	+
<i>Epilobium montanum</i> L.	.	+	+
<i>Dorycnium austriacum</i> Vill.	.	+	+
<i>Petasites albus</i> (L.) Gaertner	.	+	+
<i>Neottia nidus avis</i> (L.) Rich.	+	+	R
<i>Salvia glutinosa</i> L.	+	.	.
<i>Chaerophyllum silvaticum</i> L.	R	.	.
<i>Picea abies</i> (Lam.) Lk.	R	.	.
<i>Abies alba</i> Mill.	.	+	.
<i>Helleborus niger</i> L.	.	+	.
<i>Pulmonaria officinalis</i> L.	.	+	.
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	.	+	.
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rchb.	.	R	.
<i>Euphatorium cannabinum</i> L.	.	+	.
<i>Melandryum rubrum</i> Roehl.	.	R	.
<i>Scrophularia nodosa</i> L.	.	+	.
<i>Epilobium angustifolium</i> L.	.	+	.
<i>Melica uniflora</i> Retz.	.	+	.
<i>Stellaria nemorum</i> L.	.	.	+

IV. Sloj mahova

<i>Polytrichum attenuatum</i> Menz.	1.2	1.2	1.2
<i>Hypnum cupressiforma</i>	1.2	.	.

Struktura po hektaru: Dinarska bukovo-jelova šuma

Područje: Otočac

Trajna ploha br. 97

Predjel: Devčića tavani

Površina: 1 ha

Odjel:

Godina: 1972.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA			JAVOR			SMREKA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	122	0,52	2,4	98	0,46	1,8	111	0,5	3,1	4	0,0	0,1	335	1,5	7,4
11 - 20	74	1,48	14,5	97	1,83	14,4	49	1,0	9,5	2	0,0	0,2	222	4,3	38,7
21 - 30	66	3,52	45,7	40	2,09	23,6	5	0,2	2,8	4	0,3	3,1	115	6,1	75,3
31 - 40	64	6,72	96,6	18	1,91	26,3				5	0,6	7,7	87	9,2	130,6
41 - 50	54	8,61	131,6	14	2,29	35,2				2	0,4	5,7	70	11,0	172,5
51 - 60	27	6,36	101,9	8	1,94	31,7				1	0,3	4,0	36	8,5	137,5
61 - 70	7	2,28	37,6	4	1,41	23,9				1	0,3	5,4	12	4,0	67,0
71 - 80	2	0,88	14,9	1	0,50	7,6							3	1,4	22,6
81 - 90	2	1,06	18,1	1	0,53	9,2				1	0,5	9,2	4	2,1	36,4
91 - 100										1	0,7	11,6	1	0,7	11,6
101 - 110				1	0,95	18,8							1	1	18,8
Ukupno	414	31,40	463,3	181	13,90	192,5	165	1,7	15,4	21	3,0	47,2	886	50	718,4

Godina: 1978.

Debljinski razredi	BUKVA			JELA			JAVOR			SMREKA			UKUPNO		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
4 - 10	101	0,44	2,0	74	0,30	1,2	83	0,40	1,8	3	0,0	0,1	261	1,2	5,1
11 - 20	63	1,25	12,3	70	1,23	9,1	44	0,90	8,7	1	0,0	0,2	178	3,4	30,4
21 - 30	64	3,36	43,8	29	1,53	17,2	8	0,40	4,6	2	0,1	1,3	103	5,4	67,0
31 - 40	64	8,48	96,8	19	1,69	23,3				5	0,5	6,8	85	11,0	126,9
41 - 50	51	6,77	129,5	14	2,39	37,1				2	0,3	4,8	67	9,5	171,4
51 - 60	27	6,47	103,8	6	1,49	24,4				2	0,5	7,4	35	8,4	135,7
61 - 70	10	3,26	53,8	5	1,69	29,1				1	0,3	5,9	16	5,3	88,8
71 - 80	2	0,91	15,3										2	0,9	15,3
81 - 90	2	1,08	18,6	1	0,53	9,2				1	0,6	10,2	4	2,2	38,0
91 - 100										1	0,7	11,6	1	0,7	11,6
101 - 110															
111 - 120				1	0,97	19,2							1	1,0	19,2
Ukupno	384	32,00	375,9	216	11,80	169,8	135	1,70	15,1	18	3,1	48,3	753	49,0	709,4

Zoocenoza:

Sisavci – Fitocenozu nastavaju jeleni, srne, divokoze, mrki medvjed, divlja mačka, kuna, zlatica, kuna bjelica, mala lasica, zerdav, tvor, jazavac, divlja svinja, obični zec, veliki puh, vjeverica, ris; ježevi, krtice, puhovi, miševi, rovke, šišmiši.

Ptice – Značajnije su veliki tetrijeb, gluha lještarka, grabljivice (orao zmijar, jastreb kokošar, škanjac osuš, škanjac mišar, par surih orlova, velika ušara, šumska sovina, sova jastrebača), različite vrste dupljašica, vrana (gavran i dr.), kukavica, sjenice, drozdovi, obični brgljez, puzavac kljukavac, strijež palčić, crnoglava grmuša, obični i šumski zviždak, zlatoglavi i vatroglavi kraljić, siva muharica, muharica crnoglava, zimovka čučurin, zeba bitkavica i dr.

Kukci – Od kukaca promatrani su skokunci, skakavci, žoharaši, opnokrilci, muhe, leptiri i kornjaši. U ovim su šumama česti kornjaši iz porodice zlatica. Za život šume važnije su strizibube jer se one hrane drvom. Potkornjaci žive u svojim labirintima u drvu. Kukci koji se hrane životinjama iz porodica su hitri i trčaka. Osobito su privlačni leptiri kojih je 90 vrsta, od toga četrdesetak dnevnih.

Gmazovi – Od gmazova tu je zidna gušterica, bjelouška u nižim predjelima, a poskok i ridovka na stjenovitim terenima.

Opisano *nulto* stanje na izdvojenim trajnim plohama u bukovo-jelovim šumama u Hrvatskoj ima posebno značenje jer su se upravo ti ekosustavi u posljednjih 25 godina naglo počeli sušiti i propadati. Njihovo je propadanje izazvano sekularnim promjenama klime (duga sušna razdoblja), onečišćavanjem zraka i kiselim kišama, pa će se na njima moći pratiti sušenje šuma uspoređivanjem s gospodarskim šumama istih ekosustava. Probleme propadanja i sušenja šuma, te načine gospodarenja u njima pokazat će usporedna istraživanja zaštićenih objekata (trajne plohe)

kojima gospodari priroda i gospodarskih šuma kojima gospodare šumari, što će se istraživati u drugoj fazi ostvarivanja spomenutoga projekta.

II. FAZA

Druga faza obuhvaća detaljna poredbena istraživanja na multidisciplinarnoj osnovi i trajat će najmanje 20 godina (1990 - 2010) u zavisnosti od financijskih i kadrovskih mogućnosti.

ZDRAVSTVENO STANJE BUKOVO-JELOVIH ŠUMA U HRVATSKOJ HEALTH STATE OF BEECH AND FIR FORESTS IN CROATIA

Međunarodni kriteriji za procjenu:

I. Kvaliteta vrha kod četinjača određuje se po ovim stupnjevima:

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 0 - normalan, istegnut vrh | - sve četinjače |
| 1 - kratak, zbijen vrh | - sve četinjače |
| 2 - dvostruki vrh | - sve četinjače |
| 3 - nagnut, savijen vrh | - smreka |
| 4 - gnjezdast vrh | - jela |
| 5 - plosnat, splošten vrh | - obični i crni bor |
| 6 - odlomljen vrh | - smreka |
| 7 - sekundarni vrh | - smreka |
| 8 - suhi vrh | - sve vrste drveća |
| 9 - prozor u vrhu | - smreka |

II. Mehanička oštećenost debla određuje se kod svih vrsta drveća u dva stupnja:

- 0 - bez oštećenja
1 - oštećeno deblo - trupac s donjega kraja stabla
Ocjenjuju se oštećenja koja su nastala zbog različitih udaraca (dovlačenje iz šume, udarci kamena itd.).

III. Ispadanje iglica i lišća (osutost) određuje se kod svih vrsta drveća osim borova. Pri ocjeni ispadanja treba uzeti u obzir gustoću grana u krošnji. Rijetke grane već same po sebi daju izgled osute krošnje !

Stupnjevi gustoće (prozirnosti, osutosti) krošnjanja:

- 0 - normalno gusta krošnja - gubitak iglica ili lišća manji od 10 %
1 - blago prozirna krošnja - gubitak iglica ili lišća 11 - 25 %
2 - srednje prozirna krošnja - gubitak iglica ili lišća 26 - 60 %
3 - jako prozirna krošnja - gubitak iglica ili lišća više od 61 %, kod listača obrasle lišćem samo jake grane krošnje, a često i deblo živčićima
4 - vrlo jako prozirna - do potpuno gola krošnja (sušac)

IV. Požutjelost (klorotičnost) asimilacijskih organa drveća utvrđuje se kod svih vrsta drveća, a naglašeno je kod četinjača, i to u prvom redu kod smreke. Razlikuju se ovi stupnjevi: 0 - nije izrazita (boja iglica/lišća normalna je za određenu vrstu drveća)

1 - mala, neizrazita požutjelost (0 - 25 %)

2 - srednja požutjelost (26 - 60 %)

3 - velika požutjelost (61 - 100 %)

Postotak (%) odnosi se na požutjeli dio asimilacijskih organa.

V. Odumiranje (nekrotičnost) je pojava koja se utvrđuje kod svih vrsta drveća u ovim stupnjevima:

0 - neprimjetno ili vrlo malo (manje od 10 %)

1 - malo (neizrazito, 11 - 25 %)

2 - srednje (izrazito, 26 - 60 %)

3 - jako, ne zahvaća vrh drveća (više od 61 %)

4 - vrlo jako, zahvaća vrh drveća (više od 61 %)

Odumiranje ili nekrotičnost izražava se u postocima vegetacijskih organa još prisutnih na stablu.

VI. Suhe bočne grane utvrđuju se kod svih četinjača i listača. To su suhe grane u gornjem dijelu krošnje. Pojava se ocjenjuje u ovim stupnjevima:

0 - nisu primjetne (utvrđene)

1 - prisutne su

2 - brojne

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 32

Datum snimanja: 8. VII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane			
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	21	7	1	2	3	30	4	16	14	4			19	13	2		20	10	4			22	11	1
%	62	20	3	6	9	88	12	47	41	12			56	38	8		59	29	12			65	32	3

Broj procijenjenih stabala na plohi je 34.

Datum snimanja: 2. VIII. 1989.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha						Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane			
	0	1	2	4	8	9	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	20	6	1	2	4	1	30	4	14	15	4	1		16	14	4		18	11	4	1		22	8	4
%	59	17	3	6	12	3	88	12	41	44	12	3		47	41	12		53	32	12	3		65	23	12

Broj procijenjenih stabala na plohi je 34.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 33

Datum snimanja: 9. VII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha						Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)				Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane				
	0	1	2	4	6	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	20	4	2	5	1	1	30	3	6	20	4	2	1	12	18	1	2	12	14	4	1	2	11	19	3
%	60	12	6	16	3	3	91	9	19	60	12	6	3	36	55	3	6	36	43	12	3	6	33	58	9

Broj procijenjenih stabala na plohi je 33.

Datum snimanja: 2. VIII. 1989.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)				Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane				
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	21	3	2	4	8	26	6	10	18	1	1	2	13	16	1	2	14	14	1	1	2	14	15	3
%	66	9	6	13	6	81	19	32	56	3	3	6	41	50	3	6	44	44	3	3	6	44	47	9

Broj procijenjenih stabala na plohi je 32.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 34

Datum snimanja: 10. VII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha				Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)				Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane				
	0	1	2	6	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	22	3	3	1	27	2	4	17	8			8	19	2		8	14	7			10	19	
%	76	10	10	4	93	7	14	59	27			28	65	7		28	48	24			34	66	

Broj procijenjenih stabala na plohi je 29.

Datum snimanja: 2. VIII. 1989.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)				Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane				
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	19	5	2	1	2	27	2	4	16	5	3	1	8	14	4	3	10	10	5	3	1	10	15	4
%	66	17	7	3	7	93	7	14	55	17	11	3	28	48	14	10	35	35	17	10	3	35	52	14

Broj procijenjenih stabala na plohi je 29.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 35

Datum snimanja: 11. VII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha				Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)				Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane			
	0	1	4		0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	2	3	3		8		2	6				5	3		6	2				6	2	
%	25	37	37		100		25	75				62	38		75	25				75	25	

Broj procijenjenih stabala na plohi je 8.

Datum snimanja: 2. VIII. 1989.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha				Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)				Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane			
	0	1	4		0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	2	3	3		8		3	5				6	2		7	1				6	2	
%	25	37,5	37,5		100		38	62				75	25		88	12				75	25	

Broj procijenjenih stabala na plohi je 8.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 42

Datum snimanja: 11. VIII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)				Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane				
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	22	53	2		2	78	1	45	25	6	3		44	28	7		50	21	5	3		63	15	1
%	28	68	2		2	99	1	57	32	8	3		56	35	9		63	27	7	3		80	19	1

Broj procijenjenih stabala na plohi je 79.

Datum snimanja: 21. VII. 1989.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)				Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane				
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	23	45	4	6	1	77	2	35	30	9	5		42	27	8	2	43	22	8	6		46	26	7
%	29	57	5	8	1	97	3	44	38	12	6		53	34	10	3	54	28	10	8		58	33	9

Broj procijenjenih stabala na plohi je 79.

Datum snimanja: 25. XI. 1994.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)					Suhe bočne grane		
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	24	42	4	6		75	1	33	27	12	4		40	22	10	4	40	20	11	5		41	21	14
%	32	55	5	8		99	1	43	36	16	5		53	29	13	5	53	26	14	7		54	28	18

Broj procijenjenih stabala na plohi je 76.

Na trajnoj pokusnoj plohi br. 42, u predjelu Litorić, u Šumariji Vrbovsko praćenjem zdravstvenoga stanja jele (*Abies alba* Mill.) u tri navrata između 1988. i 1994. uočeno je blago pogoršanje zdravstvenoga stanja i opće vitalnosti sastojine. To se očituje u postotku stupnja odumiranja 2 i 3, koji blago raste 1988. (7 % i 3 %), 1989. (10 % i 8 %) i 1994. (14 % i 7 %). Da stabla odumiru pokazuje i broj procijenjenih stabala koji se sa 79 smanjio na 76.

Godine 1989. uočljivo je znatno pogoršanje stanja. Uzimajući u obzir samo stupnijeve koji označavaju znatno oštećenje, može se zaključiti da je stanje u odnosu na prošlu godinu lošije za približno 25 do 30 %.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 44

Datum snimanja: 2. i 3. VII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)					Suhe bočne grane		
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	18	42	1	1	1	60	3	3	30	25	5		17	43	3		9	28	21	5		14	39	10
%	29	68	1	1	1	95	5	4	48	40	8		27	68	5		14	45	33	8		22	62	16

Broj procijenjenih stabala je 63.

Godine 1988. 48 % stabala ima znatnije osutu, a 42 % odumrlu krošnju. Slično je stanje i na ostalim dijelovima Parka u toj zajednici.

Datum snimanja: 24. VII. 1989.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)					Suhe bočne grane		
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	18	38	1	1	5	60	3	2	25	24	12		7	37	19		6	21	23	13		9	39	15
%	28	60	2	2	8	95	5	3	40	38	19		11	59	30		10	33	37	20		15	62	23

Broj procijenjenih stabala je 63.

Datum snimanja: 2. i 5. VI. 1993.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)					Suhe bočne grane		
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	16	36	1		2	53	2	1	25	20	9		2	41	12		2	24	20	9		2	43	10
%	29	65	2		4	96	4	2	46	36	16		4	75	21		4	45	35	16		4	78	18

Broj procijenjenih stabala je 55.

Nakon znatnoga pogoršanja zdravstvenoga stanja 1989. godine blaži se trend nastavio i tijekom 1993. posebno u općem zdravstvenom stanju i vitalnosti stabala jele. Porastao je postotak požutjelosti u stupnjevima 1 (75 %) te ispadanje iglica (1 stupanj - 46 %). Općenito se može reći da je zdravstveno stanje stalno loše. Može se očekivati opet jače pogoršanje, kao što je bilo i prije, jer se broj procijenjenih stabala s 63 smanjio na 55, što je posljedica odumiranja jelovih stabala.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 68

Datum snimanja: 2. VIII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)					Suhe bočne grane		
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	44	68	1	1	1	108	7	43	63	7	2		48	65	2		53	53	7	2		84	28	3
%	38	59	1	1	1	94	6	37	55	6	2		42	57	2		46	46	6	2		73	24	3

Broj procijenjenih stabala je 113.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 69

Datum snimanja: 2. VIII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)					Suhe bočne grane			
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2	
kom.	32	58	1	1		88	4	32	48	9	3		31	57	3	1		36	44	8	4		47	43	2
%	35	63	1	1		96	4	35	52	9	3		34	62	3	1		39	48	9	4		51	47	2

Broj procijenjenih stabala je 92.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 70

Datum snimanja: 2. VIII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane			
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	45	52	1	1		97	2	35	47	14	3		34	63	2		41	46	11	1		56	42	1
%	46	52	1	1		98	2	35	48	14	3		34	64	2		41	47	11	1		57	42	1

Broj procijenjenih stabala je 97.

Zdravstveno stanje jele (*Abies alba* Mill.) na trajnoj plohi br. 71

Datum snimanja: 3. VIII. 1988.

STUPANJ OŠTEĆENOSTI	Kvaliteta vrha					Ošt. debla		Ispadanje iglica (osutost)					Požutjelost (klorotičnost)				Odumiranje (nekrotičnost)				Suhe bočne grane			
	0	1	2	4	8	0	1	0	1	2	3	4	0	1	2	3	0	1	2	3	4	0	1	2
kom.	17	63	1	1		72	10	20	49	12	1		12	36	7		21	49	11	1		39	40	3
%	20	77	1	1		88	12	24	60	15	1		15	77	8		26	60	13	1		47	49	4

Broj procijenjenih stabala je 82.

Što se tiče zdravstvenoga stanja jelovih stabala na 4 trajne plohe (68 - 71) na NPŠO Zalesina, predio Kupjački vrh, može se reći da je dobro. Razlog tomu leži u više čimbenika. Iako je Zalesina, predio Kupjački vrh, izložen svojom visinom (750 - 850 m n. v.) zračnim polucijama riječkog industrijskog bazena i talijanskih emisija onečišćenja, ipak njezina udaljenost u središtu Gorskoga kotara umnogome joj pomaže, za razliku od šuma NP "Risnjak", koji je prvi na udaru. Ovdje se mora spomenuti da Šumarski fakultet pravilno gospodari ovim šumama, što osigurava vitalnost i stabilnost ovih šumskih ekosustava.

ZAKLJUČAK - CONCLUSION

Na temelju obavljenih istraživanja mogu se donijeti ovi zaključci:

1. Postavljanje trajnih ploha u Hrvatskoj trajalo je od 1977. do 1990. godine. Ukupno je postavljeno sto trajnih ploha u različitim ekosustavima, od toga 14 u bukovo-jelovoj šumi.
2. Ujedno je ovim poslom završena prva faza rada na trajnim plohama u Hrvatskoj.

3. Svaka je trajna ploha na terenu iskolčena i trajno obilježena s drvenim stupovima i pločom, s opisom.
4. U proteklom razdoblju obavljena su multidisciplinarna istraživanja na trajnim plohama. U njima je sudjelovalo oko 50 stručnjaka, a u istraživanjima ekosustava bukovo-jelove šume sudjelovalo je 20 istraživača.
5. Istraženo je *nulto* stanje svake plohe, tj. opisani su početni parametri koji će se pratiti u drugoj fazi istraživanja idućih 20 godina.
6. Izrađena je karta rasprostranjenosti trajnih ploha u Hrvatskoj.
7. Postavljanje trajnih ploha i njihov raspored poslužit će istraživačima kao "laboratorij u prirodi", a nakon određenoga vremena moći će se zaključiti da li se prirodnim ekosustavima u Hrvatskoj dobro gospodari ili je potrebno mjere gospodarenja korigirati i usmjeriti prema zakonima prirode po kojima ona gospodari na trajnim plohama.
8. Projekat "Sto trajnih ploha Republike Hrvatske (ekološka istraživanja)" uklapa se u međunarodne projekte i moći će se uspoređivati s podacima drugih zemalja, što je i dosada rađeno na polju sušenja šuma u Europi.
9. Očuvanje prirodnog okoliša najbolje se može pratiti upravo na trajnim plohama širom naše zemlje.
10. Ekološki sustavi bukovo-jelovih šuma vrlo su važni za hrvatsko šumarstvo pa im treba posvetiti posebnu pažnju.

LITERATURA - LITERATURE:

- B e r t o v i ć, S.: Neke klimatološke značajke obične meteorološke stanice Zalesina, za 30-godišnje razdoblje motrenja (1952 - 1981. godine), Zagreb.
- C e s t a r, D., i dr., 1979: Ekološko-gospodarski tipovi šuma na profilu Štirovača - Lešće. Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko, Zagreb.
- C e s t a r, D., i dr., 1983: Prirodni šumski rezervat "Čorkova uvala-Čudinka". Radovi br. 53 Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb.
- C e s t a r, D., i dr., 1984: Prirodni šumski rezervat "Kik-Visibaba". Radovi br. 58, Jastrebarsko.
- G l a v a č, V., H. K o e n i e s & B. P r p i ć, 1985: O unosu zračnih polutanata u bukove i bukovo-jelove šume Dinarskog gorja sjeverozapadne Jugoslavije. Šumarski list 9 - 10: 429 - 447, Zagreb.
- H o r v a t, I., 1962: Vegetacija planina zapadne Hrvatske. JAZU Prirodoslovna istraživanja, Zagreb.
- I v a n č e v i ć, V., 1984: Strukturne i ekološke značajke specijalnog rezervata šumske vegetacije Štirovača. Bilten III kongresa ekologe Jugoslavije, knjiga I: 275 - 281, Sarajevo.
- M a k j a n i ć, B., 1971-72: O klimi užeg područja Plitvičkih jezera. Geografski glasnik 33 - 34, Zagreb.
- K u š a n, V., 1991: Izgled oštećenih stabala jele, smreke i bukve. HED i UŠ Delnice, Zagreb.
- P l a v š i ć, N. i dr, 1972: Prilog poznavanju biljnosociološkog sastava i elemenata građe prašumskog rezervata Čorkova uvala. Šumarski list 9 - 10, Zagreb.
- P o j e, D., 1989: Pregled klimatskih karakteristika N.P. Plitvička jezera. Plitvički bilten, Plitvička Jezera.

- P r p i ć, B., 1972: Neke značajke prašume Čorkova uvala. Šumarski list 9 - 10, Zagreb.
- P r p i ć, B., 1979: Struktura i funkcioniranje prašume bukve i jele (*Abieti-Fagetum illyricum* Horv. 1938) u Dinaridima SR Hrvatske. Zbornik II kongresa ekologe Jugoslavije, knj. I, Zagreb.
- P r p i ć, B., 1987: Sušenje šumskog drveća u SR Hrvatskoj s posebnim osvrtom na opterećenja Gorskog kotara kiselim kišama s teškim metalima. Šumarski list 1 - 2: 53 - 60, Zagreb.
- R a u š, Đ., 1975: Fitocenološka karta gospodarskih jedinica Kupjački vrh i Belevine u fakultetskoj šumi Zalesina. GZH, Zagreb.
- R a u š, Đ., 1977: Fitocenološka karta gospodarske jedinice Sungerski lug. GZH, Zagreb.
- R a u š, Đ., Z. S e l e t k o v i ć, N. Š e g u l j a & J. T o p i ć, 1979: Komparativna istraživanja ekosistema u Hrvatskoj, I. faza. Organizacija mreže trajnih ploha, Drugi kongres ekologe Jugoslavije, knj. II, Zagreb.
- R a u š, Đ., & Z. S e l e t k o v i ć, 1980: Komparativna istraživanja ekosistema u Hrvatskoj. Šumarski list 5 - 6: 202 - 218, Zagreb.
- R a u š, Đ., 1984: Znanstveni značaj Nacionalnog parka "Risnjak". Šumarski list 3 - 4: 147 - 53, Zagreb.
- R a u š, Đ., 1984: Dosadašnji rezultati rada na trajnim plohama u Hrvatskoj. III. kongres ekologe Jugoslavije, knj. I: 193 - 197, Sarajevo.
- R a u š, Đ., & J. V u k e l i ć, 1984: Šumska vegetacija Nacionalnog parka "Risnjak". III kongres ekologe Jugoslavije, 239 - 252, Sarajevo.
- R a u š, Đ., J. V u k e l i ć, M. G l a v a š & Z. S e l e t k o v i ć, 1987: Vegetacijsko-strukturne osobine i ekološka stabilnost fitocenoze bukve i jele (*Abieti-Fagetum illyricum* Horv. 1938) u specijalnom rezervatu šumske vegetacije Štirovača u srednjem Velebitu. Rukopis, Zagreb.
- R a u š, Đ., 1987: Šumarska fitocenologija. Zagreb.
- R a u š, Đ., & J. V u k e l i ć, 1988: Intesität des Tannensterbens (*Abies alba* Mill.) in verschiedenen Waldphytozönosen des Nationalparkes "Risnjak". 5. IUFRO- Tannensymposium, 309 - 319, Zvolen.
- R a u š, Đ., 1991: Zaštita prirode i čovjekova okoliša. Zagreb.
- R a u š, Đ., I. T r i n a j s t i ć, J. V u k e l i ć & J. M e d v e d o v i ć, 1992: Karta šumskih zajednica Hrvatske 1: 500 000. U: Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP "Hrvatske šume", 79 - 80, Zagreb.
- R a u š, Đ., I. T r i n a j s t i ć, J. V u k e l i ć & J. M e d v e d o v i ć, 1992: Biljni svijet hrvatskih šuma. U: Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP "Hrvatske šume", 33 - 77, Zagreb.
- R a u š, Đ., Š. M e š t r o v i ć, I. T r i n a j s t i ć, J. V u k e l i ć & Ž. Š p a n j o l, 1992: Zaštićeni prirodni objekti u hrvatskim šumama. U: Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP "Hrvatske šume", 197 - 222, Zagreb.
- R a u š, Đ., J. V u k e l i ć, Ž. Š p a n j o l & T. Đ u r i č i ć, 1994: Rezultati vegetacijskih istraživanja na trajnim pokusnim plohama NP "Risnjak". Zbornik savjetovanja NP "Risnjak", 43 - 70, Crni Lug.
- R a u š, Đ., 1994: Prijedlog za proširenje NP "Risnjak" oko izvorišnog dijela rijeke Kupe. Zbornik savjetovanja NP "Risnjak", 145 - 150, Crni Lug.
- R a u š, Đ., 1994: Prijedlog lokacije za osnivanje botaničkog vrta u NP "Risnjak". Zelene vijesti HPS, br. 2, Zagreb.
- R e d ž e p o v i ć, S., Đ. S e r t i ć, M. K r g a, M. Č u r v i j a & F. S l a m i ć, 1989: Mikrobiološka istraživanja šumskih tala na području NP Plitvička jezera. Radovi Radne zajednice zaštita i uređenje Plitvičkih jezera, Plitvički bilten 2: 17 - 27, Plitvička Jezera.

- S u š i ć, G., 1988: Struktura zajednice ptica duž visinskog gradijenta Risnjaka i Papuka. Disertacija, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 143 str.
- T i k v i ć, I., Z. S e l e t k o v i ć & I. A n i ć, 1995: Propadanje šuma kao pokazatelj promjene ekoloških uvjeta u atmosferi. Šumarski list 11 - 12: 361 - 371, Zagreb.
- T r i n a j s t i ć, I., 1972: O rezultatima komparativnih istraživanja florističkog sastava prašumskih gospodarskih sastojina zajednice *Fagetum croaticum abietetosum* Ht. u Hrvatskoj. Šum. list 9 - 10: 334 - 347, Zagreb.
- V u j č i ć - K a r l o, S., 1992: Fauna trčaka (*Carabidae*) i njihove cenološke karakteristike u Nacionalnom parku "Risnjak". Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- V u k e l i ć, J., 1985: Doprinos fotointerpretacijske analize vegetacijskom istraživanju šumskih zajednica Nacionalnog parka "Risnjak". Glasnik za šumske pokuse 23:95 - 140, Zagreb.
- Z l a t a r i ć, B., 1953: Neki taksacijski elementi jele i bukve u odnosu na ekologiju i razdiobu šuma na Risnjaku. Glasnik za šumske pokuse 11: 111 - 162, Zagreb.

ECOLOGICAL-BIOLOGICAL RESEARCH AND SUCCESSION ON PERMANENT PLOTS IN THE BEECH AND FIR FOREST IN CROATIA

Summary

The following conclusions can be drawn on the basis of the research:

1. The establishment of permanent plots in Croatia took place between 1977 to 1990. One hundred permanent plots in all were established in different ecosystems, out of which 14 were set up in the beech and fir forests. Five plots are presented in the paper.
2. This research denotes the completion of the first phase of activities relating to permanent plots in Croatia.
3. Each permanent plots was pegged out and marked with wooden pickets and descriptive boards.
4. In the past period, multidisciplinary research on permanent plots was carried out by about 50 actively participating experts, while the ecosystem of beech and fir forest was studied by about 20 experts.
5. The "zero" state of each plots was studied. In other words, the starting parameters were described which will be observed in the second phase of the research in the next 20 years.
6. A map of permanent plots distribution in Croatia was made.
7. Permanent plots and their distribution will be used by the researchers as a "laboratory in the nature". After a period of time, management measures will be assessed to determine whether the Croatian natural forest ecosystem are properly managed, or whether the measures should be corrected and conformed to the laws of nature reigning in these permanent plots.
8. The project "A hundred permanent plots in the Republic of Croatia (ecological research)" is an integral part of international projects, and will enable comparisons with data from other countries. This has already been done regarding the problem of forest decline in Europe.
9. The conservation of natural environment can best be observed in permanent plots set up across Croatia.
10. The ecological system of beech and fir forests are of vital importance for the forestry of Croatia and should be paid more attention.

Author's address:
Đuro Rauš, Željko Španjol, Dario Baričević
Faculty of Forestry
HR-10000 Zagreb
P.O. Box 178

DAVORIN KAJBA

MEĐUPOPULACIJSKA I UNUTARPOPULACIJSKA VARIJABILNOST OBIČNE BREZE (*Betula pendula* Roth) U DIJELU PRIRODNE RASPROSTRANJENOSTI U REPUBLICI HRVATSKOJ

INTERPOPULATION AND INTRAPOPULATION VARIABILITY OF
THE SILVER BIRCH (*Betula pendula* Roth) IN A PART OF ITS
HABITAT IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Prispjelo: 29. 7. 1996.

Prihvaćeno: 2. 9. 1996.

U radu su istraživane populacije obične breze s područja Hrvatske iskazale značajniju unutarpopulacijsku varijabilnost visinskoga i debljinskog prirasta, broja grana, te morfoloških svojstava lista i ploda u odnosu na varijabilnost među testiranim populacijama. Istraživanjem fenotipske stabilnosti visina i promjera kod istih polusrodnika, testiranih na trima različitim lokalitetima, dobiven je značajan utjecaj staništa, što je izraženo znatnim modifikacijama uz statistički značajne razlike za interakciju polusrodnici \times stanište. Procjenom genetskih parametara za visinu, promjer iznad vrata korijena i broj grana utvrđeno je kako ta svojstva pripadaju skupini osrednje genetske kontrole. Vrijednosti očekivane genetske dobiti pokazuju kako se može ostvariti značajno genetsko poboljšanje u volumnom prirastu selekcijom u istraživanim populacijama, te osnivanjem druge generacije klonske sjemenske plantaže. Negativne genotipske i pozitivne visoke vrijednosti fenotipske korelacije, te velik udio okolišne komponente varijance u ukupnoj fenotipskoj varijanci rezultat su postojanja izrazite interakcije polusrodnici \times stanište.

Morfometrijska istraživanja svojstava lista kod polusrodnika i adultnih stabala iz istraživanih populacija utvrdila su postojanje statistički značajne unutarpopulacijske varijabilnosti kod svih mjerenih svojstava.

Na osnovi provedenih istraživanja unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti obične breze u Hrvatskoj može se zaključiti da je tip varijabilnosti kinalan, odnosno da ne postoji jasno izražen genetski diskontinuitet lokalnih populacija.

Ključne riječi: *Betula pendula*, međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost, fenotipska stabilnost, genetski parametri

UVOD – INTRODUCTION

Danas je obična breza (*Betula pendula Roth*), kao brzorastuća vrsta, vrlo perspektivna i kao drvena sirovina prijeko potrebna cijelom nizu proizvoda, osobito onima zbog čije izradbe drvena tvar preradom gubi svoja kemijska i fizikalna svojstva. Kao šumska vrsta smatrana je manje kvalitetnom i neopravdano sporednom, a odnos prema njoj izmijenio se zbog potrebe za brezovinom. Ona bi uvelike mogla podmiriti povećane potrebe za kvalitetnim industrijskim drvom.

Njezin veliki areal upućuje na njezinu znatnu ekološku amplitudu. U Hrvatskoj raste na južnoj granici svoga areala, pretežno u mješovitima, a rjeđe u čistim sastojinama. Kao pionirska vrsta zauzima površine na kojima se prirodno širi šuma. Dosađa u Hrvatskoj nije istraživana genetska izdiferenciranost lokalnih populacija obične breze. Cilj je ovih istraživanja bio utvrđivanje fenotipske i genotipske varijabilnosti u populacijama obične breze i među njima u Hrvatskoj. Na osnovi dobivenih rezultata moguće je odrediti smjer u oplemenjivanju i izradbi optimalnog modela oplemenjivanja, koji bi imao praktičnu primjenu u rasadničkoj proizvodnji i pri osnivanju kultura obične breze.

Proizvodnju brezova drveta trebalo bi nastaviti i unapređivati zato što je obična breza u panonskom gorju Hrvatske vrsta relativno brzog rasta i prirasta, ali i dobre vitalnosti. U budućnosti će oplemenjivanje i uzgoj obične breze imati svakako još veću ulogu, jer nedostatak drva i intenzivno iskorištavanje glavnih vrsta drveća sve više zahtijeva uzgoj brzorastućih vrsta u kulturama s kratkim ophodnjama.

GOSPODARSKO ZNAČENJE OBIČNE BREZE U EUROPI – ECONOMIC SIGNIFICANCE OF THE SILVER BIRCH IN EUROPE

Tek se s bržim razvojem kemijske prerade drva pojavilo zanimanje za većom proizvodnjom drvene tvari obične breze u velikom dijelu njezine rasprostranjenosti. Zbog većeg udjela obične breze u šumskim površinama na sjeveru Europe u tim su zemljama intenzivirani radovi na njezinu oplemenjivanju. Za proizvodnju šperploča, lesonita, iverica, celuloze itd. trebaju velike količine mekih listača.

Potražnja za brezovinom porasla je zbog pomanjkanja drva dugih vlakanaca, kakvo je i brezovo drvo. Tako je zanimanje za običnu brezu započelo s brzim razvojem tehnologije kemijske prerade drva, osobito industrije papira i kartona.

Prije pedesetak godina počelo je oplemenjivanje u skandinavskim zemljama. Prvih je godina breza bila prilično zanemarena u programima oplemenjivanja. Cilj uzgoja šumskog drveća obično su bili kvalitetni trupci borovine, smrekovine i drugoga mekog drva za piljenje. Breza je imala nadimke kao što su "dobronamjerna laž" i "bezvrijedni korov". S porastom potražnje rastao je i interes ljudi iz gospodarstva za visokokvalitetnim brezovim drvom. Zbog prijašnje prakse seljenja poljoprivrede, stvaranjem obradivih površina paljevinom, a poslije njihovom zabranom bile su vrlo česte prekrasne brezove sastojine. Okolnosti koje su ubrzale stvaranje čistih

brezovih sastojina nestale su s napuštanjem prakse seobe poljoprivrednih površina. Jedina mjera za osiguranje dovoljne količine dodatne sirovine bila je unaprijediti uzgoj breze, uz korištenje genetski oplemenjenih sadnica (K o s k i 1991). Nakon dugogodišnjih istraživanja na oplemenjivanju radi proizvodnje u Finskoj je sada značajno razmatranje programa uzgoja breze prema otpornosti na biljojede (V e l l i n g 1985).

U Velikoj Britaniji je genetsko istraživanje breze pokrenuto radi očuvanja genetske raznolikosti, proizvodnje oplemenjenih genotipova i boljeg razumijevanja genetike ove vrste šumskog drveća (R o o k & F l e t c h e r 1991). Breza je prikladna vrsta za genetsko istraživanje jer pokazuje veliku fiziološku i morfološku raznovrsnost, cvate u relativno mladoj dobi i razmnaža se razmjerno lako, seksualno i aseksualno. U zapadnim se zemljama breza cijeni zbog njezina drva, a može biti korisna za uređenje i očuvanje okoliša, čime je stekla i veliku popularnost u javnosti.

Škotski istraživač B r o d i e (1990) upozorava na važnost selekcije protiv podložnosti vertikalnom pucanju zbog zimotrenosti. Drugi su bili zainteresirani za selekciju klonova *B. pendula* za specifične lokalitete, npr. za lokacije nekadašnjih površinskih ugljenokopa (G o o d et al. 1985). Također je upozoreno kako breza ima određenu ulogu u crnogoričnim šumama kao drvo koje može pridonijeti raznolikosti zbog svoje privlačnosti te zbog životinjskog svijeta, a može i pomoći da se umanje posljedice acidifikacije. Široki raspon korisnih svojstava breze može ići u prilog njezinoj uporabi u šumarstvu te čak omogućuje širenje šumskoga areala. Što je veći broj izabраниh značajki i opseg oplemenjivanja, napredak će biti polaganiji. Opravdanje za neki program oplemenjivanja drveća zahtijeva jasne koristi, obično financijske, kao što su, primjerice, povećanje vrijednosti i proizvodnje brezovine.

Pri selekciji stabala obične breze u Njemačkoj obraća se pažnja na tri tipa breze: breza za piljenje, breza za furnir i maser breza. U prvog tipa pri izboru treba obratiti pažnju na rast, pravost debla, finoću grana i oblik krošnje. U drugog tipa važna su svojstva kore, koja treba biti glatka, bez uzdužnih pukotina, ili pak valovita i crvenkastosmeđa. U trećeg tipa karakteristična je debela i plosnata kora. Maser breza obično je slabijeg rasta i krivog debla.

Ako se pretpostavi kako je razlog za oplemenjivanje breze ponajprije veća proizvodnja drvne tvari, to će zahtijevati identifikaciju genotipova koji su tolerantni i primjenjivi u današnjoj uzgojnoj praksi te koji dobro preživljavaju i brzo prirašćuju. Željeni općenamjenski genotip breze vidi se kao genotip s dobrim volumnim prirastom, dobre pravosti, male krošnje u odnosu na promjer i cilindričnog debla s laganim vodoravnim granama. Sva tržišta drvne građe zahtijevaju ravne dužine, ali specijalizirana tržišta, npr. drvene oplata ili furniri, imaju zahtjeve koje breza može ispuniti i koji bi mogli biti cilj u programu njezina oplemenjivanja. Finske brezove sastojine pokazuju kako je moguće proizvesti vrijedne trupce za furnir, koji će ustoj biti i vrlo atraktivan (maser breza).

Najuspješniji programi oplemenjivanja drveća primijenjeni su na vrste koje se uzgajaju u jednodobnim sastojinama uz ostvarenje najveće genetske dobiti. Iako ima puno čistih prirodnih sastojina, breza najčešće uspijeva u mješovitim sastojinama

ma s drugim vrstama listača ili četinjača (G i m m i n g h a m 1984). Uzgajanje šuma utjecat će na stupanj genetske dobiti koja se može ostvariti u praksi.

GOSPODARSKO ZNAČENJE OBIČNE BREZE U HRVATSKOJ – ECONOMIC SIGNIFICANCE OF THE SILVER BIRCH IN CROATIA

Prosječni prirast naših šuma relativno je nizak, a struktura drvene zalihe nepovoljna zbog nedovoljnog udjela mekih listača i četinjača, koje su danas vrlo tražena sirovina na domaćem i stranom tržištu. Meke listače, koje donedavno nisu bile cijenjene, postale su nužne za mnoge proizvode, osobito za proizvode u izradi kojih drvo preradom gubi svoja kemijska i fizikalna svojstva. Iz tih razloga one postaju gospodarski sve značajnije. Tako je i zanimanje za običnu brezu započelo s brzim razvojem tehnologije kemijske prerade drva, osobito industrije papira i kartona.

Obična je breza i u nas također bila sporedna i malo cijenjena vrsta, no danas je mnogi istraživači svrstavaju u drvo budućnosti zbog vrsnoće drvene tvari za preradu, njezine otpornosti na štetne polutante te malog broja štetnika koji je napadaju, uz relativno dobar volumni prirast u prirodnim sastojinama i kulturama. Imajući na umu današnji trenutak šumarstva i prerade drva u Republici Hrvatskoj, proizvodnja brezovine može se obavljati u prirodnim sastojinama u njezinu arealu i u nov osnovanim šumskim i intenzivnim kulturama (R a u š & M a t i ć 1994).

Obična je breza vrsta relativno brzog rasta i prirasta u panonskom gorju Hrvatske, pa proizvodnju brezova drveta treba nastaviti i unapređivati u prirodnim fitocenozama obične breze te mješovitim sastojinama hrasta kitnjaka i obične bukve, u kojima je primiješana i obična breza (S k e n d e r o v i ć 1990).

Iako je obična breza bila zapostavljena kao šumska vrsta, ona kao tipična pionirska vrsta osvaja većinu staništa, a osobito kitnjakova i bukova. Jedna je od najotpornijih vrsta na studen, podnosi sušu i ljetne vrućine, a prema tlu ima male zahtjeve. Sve to govori o njezinoj velikoj adaptabilnoj sposobnosti (Ocvirek & Orlić 1994).

Kao šumska vrsta smatrana je manje kvalitetnom i sporednom, no danas se, pod utjecajem narastajuće potrebe za njezinim drvom i sve učestalijim propadanjem šuma, taj stav promijenio. Odlikuje je brz rast u ranoj mladosti, a po proizvodnji ona je ravnopravna s drugim brzorastućim listačama na izvanšumskim zemljištima. U velikoj bi mjeri mogla podmiriti povećane potrebe za industrijskim drvom u kratkim i srednje dugim ophodnjama na sporednim staništima, kojima Hrvatska obiluje.

U Hrvatskoj obična breza raste na južnoj granici svoga areala, s prosječnim dobnim prirastom od 4,0 m³/ha, u dobi od 40 do 45 godina (Rauš & Vukelić 1986), u odnosu na 7,5 m³/ha za Švedsku pri istoj dobi ili prema 3,8 m³/ha u Finskoj, u dobi od 60 godina. Kako domaća industrija celuloze i papira oskudijeva kvalitetnom sirovinom, te kako postoji veliko zanimanje za namjensku proizvodnju brezova drveta, potrebno je usmjeriti gospodarenje ovom vrstom prema povećanju

drvne tvari za celulozu (R a u š & M a t i ć 1994). Drvna se pričuva u jednodobnim sastojinama obične breze u Hrvatskoj procjenjuje na 274 100 m³. Obnova sastojina ove vrste obavljala bi se nakon ophodnje od 40 do 50 godina, pretežno umjetnim putem, a sva bi stabla trebala posjeći čistom sječom. Nakon druge ophodnje i završetka svoje pionirske uloge obična bi breza omogućila da se na te biotope vrati stabilna autohtona vegetacija hrasta kitnjaka ili obične bukve (R a u š & V u k e l i ć 1986).

Brezovina se upotrebljava kao stolarsko, kolarsko i tokarsko drvo, a kao trgovački sortimenti (trupci, neokrajčene piljenice) zbog svoje se kakvoće upotrebljava samo u zemljama sjeverne Europe. Različiti elementi uključeni u programe oplemenjivanja određuju idealan tip (ideotip) za određenu vrstu šumskog drveća. To su svojstva vezana uz proizvodnju i selekciju na određeni tip okolišne adaptacije te otpornosti na patogene organizme i štetnike. U Hrvatskoj bi obična breza imala ponajprije ulogu nosioca sirovinske osnove za proizvodnju papira. U našim bi uvjetima zbog navedenih razloga idealan genotip obične breze bilo stablo s ukupnom maksimalnom količinom iskoristive biomase u tehnologiji kemijske prerade drva. Proizvodni kapaciteti ambalažnoga papira u Hrvatskoj (Belišće), koji podmiruju naše i izvozno tržište, bili su procijenjeni na dovoljnu količinu sirovine, no sve veća orijentacija stanovništva na uporabu drveta kao energenta dovodi u pitanje sadašnju opskrbu (S l a č a n a c & K l j a i ć 1985). Zbog mogućnosti uzgoja u našim uvjetima i kvalitetnih sortimenata (npr. trupaca) trebalo bi selekcionirati stabla ne samo na volumnu proizvodnju i pravost već i na punodrvnost i sposobnost čišćenja od grana. U srednjoj, a pogotovo u južnoj Europi varijabilnost i obilnost formi nije tako velika kao na sjeveru Europe. Iz tih bi razloga za uzgoj bio prihvatljiviji tip s manjim udjelom granjevine, koja stvara velike transportne troškove i koja nije isplativa za iskorištavanje kao industrijska sirovina u kemijskoj preradi. U istraživanjima koja su proveli P e t r i ć i dr. (1991) utvrđeno je kako su vlakanca u granama značajno kraća od vlakanca u deblovini (u prosjeku za 15 %).

Skandinavske su zemlje, u kojima se za proizvodnju poluceluloze zbog boljega flutinga upotrebljava gotovo isključivo breza, velik konkurent na svjetskom tržištu. Morfološka struktura i kemijski sastav brezovine veoma pogoduje proizvodnji vršne poluceluloze, odnosno papira, i daje mu potrebnu krutost. Krutost papira omogućava izradu kvalitetnoga valovitog kartona za proizvodnju ambalaže. Za ocjenu kakvoće, ako se zbroje sva mehanička svojstva papira proizvedenoga od poluceluloze i ako se za bukvu uzme indeks 100, breza se boduje sa 120, a hrast s 80.

Zbog nedostatka industrijskog drva, osobito brezovine, bilo je nužno pristupiti angažiranju uzgajivača i oplemenjivača šumskog drveća radi pronalaženja metoda za intenzivniji uzgoj obične breze s većom proizvodnošću i kvalitetom.

MATERIJAL I METODE RADA – MATERIAL AND METHODS

Tijekom srpnja 1988. i 1989. godine selekcionirana su stabla obične breze na područjima Moslavačke gore (Šumarija Kutina), Papuka (šumarije Čeralije i Ka-

menško), NPŠO Dotrščina (Zagreb) i Banovine (Šumarija Duga Resa). Svaka je populacija zastupljena sa po deset fenotipski najljepših stabala. Sjeme sa selekcioniranih stabala skupljeno je odmah po sazrijevanju plodnih resa, u srpnju 1988. i 1989. godine. Zbog primijećene varijabilnosti veličine plodnih resa mjerene su njihove duljine i širine s deset stabala po populaciji, odnosno na 50 do 100 resa po stablu. Skupljene plodne rese prosušene su na sobnoj temperaturi (20 °C) i do sjetve pohranjene na stalnu temperaturu od + 4 °C. Sjeme je obične breze vrlo malo, težine samo 0,25 mg, s vrlo malim endospermom, zbog čega je klijanje vrlo osjetljiv proces. Usto punog sjemena ima malo, a njegova je klijavost relativno slaba.

Radi istraživanja varijabilnosti pojedinih morfoloških svojstava ploda obične breze tijekom 1992. godine mikroskopski su mjerena neka njihova svojstva. Plod je okriljeni oraščić perutka, s bubrežastim krilcima, a mjerene su okularnim mikrometrom pod povećanjem 440 puta širina ploda i širina krilca ploda. Uzorci plodova pripadali su različitim provenijencijama iz Hrvatske (Moslavačka gora, Papuk, Dotrščina, Duga Resa). Sa selekcioniranih stabala iz populacija izmjereno je 50 sjemenki po stablu.

Sjeme je sijano u otvorenom kljajalištu (stakleniku) u vrta Zavoda za šumarsku genetiku i dendrologiju Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Supstrat se sastojao od prosijane smjese komposta i zemlje, čija je površina prekrivena slojem usitnjenog treseta debljine do 1 cm. Sjeme svakoga pojedinog stabla sijano je odjelito na površinu od oko 0,45 m², što je iznosilo ukupno 18 m². Kasna sjetva na otvorenom provedena je zbog karaktera poludormantnosti sjemena obične breze, čije sjeme fiziološku aktivnost postiže tek nakon određenog vremena mirovanja (stratifikacije).

Tijekom lipnja, sljedeće godine nakon sjetve presađeni su sijanci iz gredica staklenika u kontejnere ("Bosnaplast") visine 18 cm, u kojima su biljke uzgajane do presadnje na pokusne terenske plohe (dobi 1 + 0, odnosno 2 + 0 godina).

Testovi provenijencija i polusrodnika osnovani su u studenome 1988. i 1989. godine, u Dišnicama (Šumarija Kutina), Stoblovcu (Šumarija Slatina) i u Bosiljevu (Šumarija Duga Resa). Sadnice obične breze imale su 1 + 0 godina, a razmak sadnje iznosio je 3 m x 2 m. Pokusne plohe imale su od 0,71 do 1,06 ha, a postavljene su kao blok-sustav sa slučajnim rasporedom tretiranja. Na plohici (bloku) bilo je šest biljaka, a broj se ponavljanja, zavisno od broja uzgojenih polusrodnika, kretao od 5 do 15.

Na selekcioniranim stablima u adultnim populacijama i familijama polusrodnika, testiranih na trima različitim lokalitetima, izučavana su neka morfometrijska svojstva lista, kao što su duljina peteljke, duljina i širina plojke lista, broj postranih žila, udaljenost od baze do najšireg dijela lista i broj zubaca između druge i treće žile lista. Izmjere svojstava lista izučavane su na izbojcima s plodnim resama i bez njih (listovi s fertilnih i sterilnih izbojaka).

Obradeni su i korelativni odnosi između morfoloških svojstava lista u adultnih stabala iz istraživanih populacija, koja nisu prava roditeljska stabla, i potomstva iz istih populacija. Također je istraživana fenotipska stabilnost morfoloških svojstava lista u istih polusrodnika, a testiranih u različitim terenskim pokusima.

Totalne visine i promjeri iznad vrata korijena u testovima provenijencija i polusrodnika obične breze izmjereni su u srpnju 1995. godine. Dvije pokusne plohe, Dišnice (Šumarija Kutina) i Stoblovac (Šumarija Slatina) imale su 1 + 6 godina, a pokusna ploha Bosiljevo (Šumarija Duga Resa) imala je 1 + 4 godine.

Podaci za totalne visine, promjere iznad vrata korijena i broja grana obrađeni su prvotno za ukupan broj podataka za svaku familiju polusrodnika na pojedinoj pokusnoj plohi kako bi se dobio uvid u širinu varijabilnosti. Poslije su podaci obrađeni i na temelju sredina ploha da bi poslužili za daljnju statističku obradu. Zbog različite plantažne dobi za procjenu fenotipske stabilnosti tih svojstava uzeti su prosječni visinski i debljinski prirast kod istih polusrodnika testiranih na trima različitim lokalitetima.

Osnovni biometrijski parametri, kao što je srednja vrijednost uzorka (\bar{x}), minimalna i maksimalna vrijednost uzorka, standardna devijacija (s), koeficijent varijabilnosti (C. V. %), obračunati su tijekom obrade mjerenih podataka uz uporabu računalnih programa Excel 4.0, Excel 5.0 i Statistica.

Za procjenu genetskih parametara primijenjene su metode analize varijance i analize kovarijanci, kako je prikazano u tablicama 1 i 2.

Tablica 1. Analiza varijance s očekivanim srednjim kvadratima za pojedino svojstvo
Table 1. Form of analysis of variance with expected mean squares for each trait

Izvor varijabilnosti Source of variation	Stupnjevi slobode D.f.	Sredina kvadrata M.S.	Očekivati srednji kvadrati E.M.S.
Blokovi	r - 1	-	-
Tretiranje	q - 1	M_g	$\sigma_e^2 + r \sigma_g^2$
Pogreška	(r-1) (q-1)	M_c	σ_e^2

Tablica 2. Analiza varijance i kovarijance s dobivenim i očekivanim srednjim kvadratima za svojstva x i y

Table 2. Form of analysis of variance and covariance with observed and expected mean products for traits x and y

Izvor varijabilnosti Source of variation	Stupnjevi slobode D.f.	Svojstvo Trait X	Svojstvo Trait Y	Sredina umnoška Mean product	Očekivani srednji umnožak Expected mean product
Blokovi	r - 1	-	-	-	-
Tretiranje	q - 1	M_{gx}	M_{gy}	$M_{gx} g_y$	$\sigma_{xy} + r \sigma_{gx} g_y$
Pogreška	(r-1) (q-1)	M_{ex}	M_{ey}	$M_{ex} g_y$	σ_{xy}^2

Fenotipska korelacija ($r_{ph\ xy}$) dobivena je pomoću sredine kvadrata i srednjeg umnoška prema formuli:

$$r_{ph\ xy} = \frac{M_{gx\ gy}}{\sqrt{M_{gx} M_{gy}}}$$

Genotipska korelacija ($r_{g\ xy}$) procijenjena je na osnovi varijanci i kovarijanci:

$$r_{g\ xy} = \frac{\sigma_{gx\ gy}}{\sqrt{\sigma_{gx}^2 \sigma_{gy}^2}}$$

Nasljednost (h^2) računata je po formuli:

$$h^2 = \frac{4 \sigma_F}{\frac{\sigma_F}{r} + \sigma_I} \quad (\text{F a l c o n e r 1960, B e c k e r 1984}).$$

Genetski koeficijent varijabilnosti (G.C.V. %) izračunat je po formuli:

$$\text{G.C.V. (\%)} = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{\bar{x}}$$

Procjena genetskog poboljšanja selekcijom računata je po formuli:

$$\Delta G = i \sigma_{ph} h^2 \quad (\text{F a l c o n e r 1981}),$$

gdje je i intenzitet selekcije od 5 % u velikom uzorku iz normalno distribuirane populacije ($i = 2,06$), δ_{ph} je fenotipska standardna devijacija mjerene populacije prije selekcije, a h^2 je nasljednost za pojedino svojstvo.

Procjena genetskog poboljšanja, kao procjena povećanja vrijednosti svojstava na koja se stabla selekcioniraju glede sredine pojedinog svojstva u populaciji prije selekcije, računata je po formuli:

$$\Delta G\% = \frac{\Delta G}{\bar{x}} \cdot 100.$$

Za procjenu interakcije polusrodnici \times stanište analizirana je varijanca (tablica 3), odnosno urađena je regresijska analiza i grafička obrada u računalnom programu Statistica.

Tablica 3. Analiza varijance za procjenu interakcije polusrodnici \times stanište

Table 3. Form of analysis of variance for estimation of genotype \times environment interaction

Izvor varijabilnosti Source of variation	Stupnjevi slobode D.f.	Zbroj kvadrata S.S.	Sredina kvadrata M.S.	F-vrijednost F-value
Lokaliteti	$n_b - 1$	$\sigma_e^2 + n_f \sigma_b^2$		
Polusrodnici	$n_p - 1$	$\sigma_e^2 + n_b \sigma_f^2 + K \sigma_p^2$		
Interakcija	$n_b \cdot n_p$	$\sigma_e^2 + n_b \sigma_f^2$		
Pogreška		σ_e^2		

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA RESULTS AND DISCUSSION

VARIJABILNOST VELIČINE PLODNIH RESA VARIABILITY OF LENGHT AND WIDTH OF CATKINS

Duljina plodnih resa u prosjeku je imala vrijednosti od 30,0 mm (populacija Papuk) do 33,8 mm (populacija Duga Resa). Širina varijabilnosti kod mjerenih stabala iz 4 populacije kretala se od 25 do 40 mm. Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti pojedine populacije iznosile su od 7,9 do 14,1 %.

Širina plodnih resa u prosjeku je bila od 5,5 mm (populacija Duga Resa) do 7,7 mm (populacija Moslavačka gora). Širina varijabilnosti toga svojstva kod mjerenih stabala iz 4 istraživane populacije kretala se od 5 do 9 mm. Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti za pojedine populacije iznosile su od 7,4 do 20,5 %.

Testiranjem t-testom nije utvrđena statistički značajna razlika među srednjim vrijednostima istraživanih populacija. T-testom utvrđeno je postojanje statistički značajne razlike na razini od 5 % između populacija Moslavačka gora i Duga Resa.

K a n t o r je (1950) utvrdio da plodna resa prosječno sadrži 450 sjemenki, s ukupno 5500 resa u 1 kg, dok 1000 sjemenki teži 0,1 g.

VARIJABILNOST ŠIRINE PLODA I ŠIRINE KRILCA PLODA VARIABILITY OF SEED WIDTH AND WIDTH OF HALF-WING

Aritmetička sredina za širinu ploda kretala se u pojedinačnih adultnih stabala od 927 do 1385 μm , sa širinama varijabilnosti od 870 do 1000 μm (Ku 10) i od 1320 do 1500 μm (DR 1). Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti (C.V.) u svih mjerenih stabala bile su u rasponu od 1,13 do 5,80 %. Utvrđena je velika varijabilnost širine ploda među pojedinim stablima u svakoj populaciji, uz njihove relativno male vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. I l i e v je (1987) utvrdio kako se prosječna vrijednost širine sjemena obične breze iz četiriju populacija iz Bugarske kretala od 886 do 1131 μm .

Širina krilca ploda obične breze pokazala se mnogo varijabilnija od širine ploda. Prosječna širina krilca ploda selekcioniranih stabala kretala se od 1332 do 2217 μm u pojedinačnih stabala, sa širinama varijabilnosti od 1120 do 1540 μm (DR 6) i od 2150 do 2350 μm (Ku 9). Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti (C.V.) kretale su se od 1,30 do 15,25 %.

Iz dobivenih rezultata vidljivo je kako u svakoj populaciji, kod oba mjerena svojstva, postoji znatna širina varijabilnosti među pojedinim stablima, dok su širine varijabilnosti za pojedine populacije imale približno iste vrijednosti.

Analizom varijanci dobivena je statistički značajna unutarpopulacijska varijabilnost na razini od 1 % za oba svojstva u svih istraživanih populacija. Također su dobivene i statistički značajne razlike među promatranim provenijencijama obične

breze iz Hrvatske i za širinu ploda ($F=12,239^{**}$) i za širinu krilca ploda ($F=124,846^{**}$).

Procjena nasljednosti, odnosno genetske heterogenosti (h^2), za širinu ploda iznosi 0,90, a za širinu krilca ploda 0,99. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti kako je vrlo izražena unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost širine ploda i širine krilca ploda pod visokom genetskom kontrolom i malim utjecajem okolišnih čimbenika. Procjena genotipske i fenotipske kovarijance ($r_{gxy} = 0,01$, $r_{phxy} = -0,71$) između tih dvaju svojstava pokazuje kako se neovisno nasljeđuju i kako su pod najvećim utjecajem individualnog nasljeđa (genotipa), uz negativnu fenotipsku korelaciju.

Istraživanja morfoloških svojstava veličine ploda i zaštitnih ljusaka ploda vrsta iz roda *Betula* u središnjem masivu Španjolske utvrdila su jasno razdvajanje vrsta *B. pendula*, *B. carpatica* i *B. fontqueri* na osnovi tih svojstava te hibridno porijeklo vrste *Betula celtiberica* (P e i n a d o & M o r e n o 1989).

KLIJAVOST SJEMENA I UZGOJ BILJAKA IZ SJEMENA GERMINATION OF SEEDS AND RAISING OF PLANTS FROM THE SEED

Dobiveni rezultati klijavosti ispitivanih uzoraka sjemena bitno su manji od postojećih standarda prema kojima je najmanja klijavost 20 %. Velik je bio i udio šturog sjemena u uzorku (iznosio je od 92,3 do 99,4 %), što je rezultiralo i malim upotrebnim vrijednostima sjemena (od 0,0 do 1,40 %). Ispitivanja klijavosti sjemena i njegove vijabilnosti nisu dala razlike između uzoraka sjemena skupljenih sa stabala u sklopu ili izvan njega. Male vrijednosti klijavosti sjemena bile su među uzorcima koji pripadaju istoj populaciji, ali i među populacijama.

Frekvencija punog sjemena, istraživana u skandinavskim zemljama, kretala se od 48 do 67 % (S a r v a s 1952), a klijavost prosječno 52,2 %.

Analizom plodnih resa obične breze K a n t o r je (1950) utvrdio da je veći postotak klijavosti dobiven od sjemena s gornje trećine plodne rese, bez obzira s kojega su dijela krošnje ubrani.

Kako bi se prekinuo stadij mirovanja (dormantnost) i eventualni inhibitori klijanja, zrelo sjeme skupljeno 22.7.1986. sa smeđih resa položeno je između dvaju slojeva vlažnog treseta i tako stratificirano 10 tjedana. Adsorpcijom vode veličina se sjemena povećava, a budući da se enzimске aktivnosti odvijaju u aerobnim metaboličkim procesima, potrebno je u supstratu osiguranje prozračnosti (kisik) te održavanje temperature od 22 °C. Nakon provedene stratifikacije klijanci su primijećeni već osmi dan nakon sijanja, a njihov se udio kretao od 75 do 90 % od ukupne količine punog sjemena. Vrijeme potrebno da sijanci prerastu u biljku ovisi o temperaturi, vlazi i svjetlu. Temperatura je bila jedan od važnih čimbenika kojima se uspio održati razvoj sijanaca u biljčicu s jednim do dva para listova. Tek u optimalnim uvjetima (temperature i vlage) uspio se održati ponik te daljnji stadij razvoja klijanaca u biljku. U suprotnome su klijanci ugibali i znatno se smanjivao njihov broj u odnosu na početnu količinu ponika.

Sjeme svoj stadij fiziološke zrelosti postiže tek nakon određenog vremena u stanju mirovanja, a M o r k je (1944) ustanovio da sjeme obične breze pokazuje određeni stupanj dormantnosti. I temperatura ima utjecaj na klijavost sjemena obične breze, pa je pri temperaturi ispod 17 °C dobivena klijavost od 13,0 % (M o r k 1944). Rezultati rasadničke proizvodnje biljaka obične breze (O c v i r e k & O r l i ć 1988) pokazali su kako je u prvih mjesec dana nakon sjetve potrebno održavati neprekidno visoku vlažnost supstrata uz visoku temperaturu, što osigurava brzo klijanje, dobro zakorjenjivanje i maksimalno preživljavanje klijanaca. Rasadnička proizvodnja obične breze moguća je i u klasičnom rasadniku na otvorenome i u plasteniku, uz obilno zalijevanje u tijeku cijele vegetacije (R a u š & M a t i ć 1994).

VARIJABILNOST VISINA SADNICA VARIABILITY OF SEEDLING HEIGHTS

Visine su dvogodišnjih sadnica u svakoj populaciji bile vrlo promjenjive. Populacija Duga Resa imala je prosječnu visinu uzgojenih polusrodnika u rasponu od 25,3 do 36,8 cm, sa širinom varijabilnosti od 10 do 63 cm. U populaciji Dotrščina prosječna je visina bila od 30,6 do 38,2 cm, sa širinom varijabilnosti od 10 do 64 cm. Populacija Moslavačka gora imala je prosječne visine sadnica od 26,1 do 37,9 cm i širinu varijabilnosti od 10 do 57 cm. U populaciji Papuk uzgojeni polusrodnici imali su prosječnu visinu od 27,0 do 41,8 cm, a širina varijabilnosti kretala se od 10 do 68 cm. Zbog velike širine varijabilnosti u svakoj populaciji i koeficijent varijabilnosti (C.V.) u pojedinačnih se polusrodnika kretao u vrijednostima od 21,9 do 43,8 %.

Preživljavanje uzgojenih sadnica polusrodnika obične breze iz različitih populacija u Hrvatskoj pokazalo je također značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost, koja se u polusrodnika kretala u prosjeku od 50 do 95 %.

R a u š & M a t i ć (1994) navode kako je rasadnička proizvodnja obične breze moguća u klasičnom rasadniku na otvorenome i u plasteniku, u kontejnerskoj proizvodnji pri uporabi različitih tipova kontejnera. Istraživanja koja su proveli O c v i r e k & O r l i ć (1994) pokazala su da je dob sadnica pri sadnji obične breze na terenu važan čimbenik o kojemu ovisi brzina početnog rasta. Tako su sadnice u dobi od 2 + 0 godina imale superiorniji rast u odnosu na sve ostale inačice dobi 1 + 0 godina.

Jednogodišnje sadnice, pri osnivanju testova provenijencija i polusrodnika u ovim istraživanjima, imale su mnogo bolje preživljavanje glede dopune pokusne plohe dvogodišnjim sadnicama.

Varijabilnost visina dvogodišnjih sadnica obične breze iskazala je izrazitu unutarpopulacijsku varijabilnost polusrodnika u svim istraženim populacijama. Analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika među polusrodnicima na razini od 1 %, a F-vrijednost iznosila je 18,516**. Statističkom obradom međupopulacijska varijabilnost totalnih visina sadnica nije bila statistički značajna (F = 2,736). Vidljiva je mnogo veća unutarpopulacijska varijabilnost totalnih visina ju-

venilnih sadnica u dobi od 2 + 0 godina u odnosu na dobivene statistički neznačajne razlike među testiranim populacijama.

MEĐUPOPULACIJSKA I UNTARPOPULACIJSKA VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA ADULTNIH STABALA INTERPOPULATION AND INTRAPOPULATION VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF FROM ADULT TREES

Duljina peteljke iznosila je u prosjeku od 16,80 do 26,52 mm (kod izbojaka s plodnim resama) i od 17,16 do 26,02 mm (kod izbojaka bez plodnih resa). Koeficijent varijabilnosti toga svojstva kretao se u granicama od 7,80 do 17,26 % kod oba tipa izbojaka. Varijabilnost toga svojstva izražajnija je u pojedinim populacijama, s približno istom širinom varijabilnosti, što je vidljivo i iz dobivenih F-vrijednosti za duljinu peteljke. Za sve četiri populacije, kod izbojaka s plodnim resama i bez njih, utvrđene su statistički značajne unutarpopulacijske razlike na razini od 1 %. Analizom varijanci među populacijama nije dobivena statistički značajna razlika kod oba tipa izbojaka, a F-vrijednost iznosila je 1,167, odnosno $F = 2,722$.

Duljina plojke lista u adultnih stabala obične breze iznosila je u prosjeku od 36,46 do 60,24 mm kod oba tipa izbojaka, a širina varijabilnosti iznosila je od 28 do 72 mm. Koeficijent varijabilnosti kretao se od 7,50 do 15,40 %. Duljina plojke lista, mjerena na izbojku s plodnim resama i bez njih, iskazala je statistički značajne razlike u svakoj populaciji na razini od 1%. F-vrijednosti dobivene za međupopulacijsku varijabilnost duljine plojke lista nisu bile statistički značajne, a iznosile su $F = 0,498$ (kod plodnih izbojaka), odnosno $F = 0,631$ (kod sterilnih izbojaka).

Vrijednosti morfometrijske izmjere širine plojke lista na izbojcima s plodnim resama i bez njih u prosjeku su u svim populacijama iznosile od 25,46 do 43,58 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 18 do 56 mm, a koeficijent varijabilnosti od 7,96 do 16,19 %. Unutarpopulacijska varijabilnost toga svojstva iskazala je u oba tipa izbojaka statistički značajne razlike na razini od 1 %. Međupopulacijska varijabilnost za širinu plojke lista nije dala statistički značajne razlike ($F = 0,585$ kod plodnih izbojaka, odnosno $F = 0,305$ kod sterilnih izbojaka).

U prosjeku je kod mjerenih stabala iz četiriju populacija u oba tipa izbojaka broj postranih žila iznosio od 4,94 do 6,94. Širina varijabilnosti kretala se od 4 do 8 postranih žila, a koeficijent varijabilnosti od 4,86 do 12,80 %. Statistički značajne razlike utvrđene su u populacijama na razini od 1 %. Međupopulacijska varijabilnost broja postranih žila iskazala je statistički značajnu razliku na razini od 5 % kod izbojaka s plodnim resama i bez njih ($F = 5,049^*$, odnosno $F = 3,977^*$).

Značajnost razlika u broju postranih žila iskazana je na razini od 1 % između populacije Duga Resa te populacija Moslavačka gora i Papuk kod izbojaka s plodnim resama. Kod listova sa sterilnih izbojaka značajnost razlika na razini od 1 % utvrđena je između populacije Duga Resa i populacije Dotrščina, dok je na razini od 5 % značajnost između populacija Dotrščina i Papuk. Glede broja postranih žila evidentno je postojanje razlika između kordunske populacije i populacija s Mosla-

Tablica 4. Analiza varijanci za neka morfološka svojstva lista adultnih stabala različitih populacija obične breze iz Hrvatske kod izbojaka s plodnim resama i bez njih

Table 4. Analysis of variance for some morphological leaf parameters of adult trees from different populations from Croatia, the shoots with and without catkins

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		izbojci s plodnim resama – shoots with catkins					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	28,227**	34,784**	14,181**	6,849**	16,185**	13,254**
2.	Duga Resa	79,995**	44,615**	24,625**	19,184**	52,337**	35,513**
3.	Moslav. gora	20,233**	22,542**	11,008**	3,527**	32,951**	48,920**
4.	Papuk	14,833**	7,031**	5,406**	20,844**	7,055**	8,361**
Između populacija Between population		1,167	0,498	0,585	5,049*	3,046	2,451

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		izbojci bez plodnim resama – shoots without catkins					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	12,409**	18,978**	9,606**	6,247**	60,816**	7,129**
2.	Duga Resa	40,865**	71,353**	34,517**	25,160**	36,325**	25,042**
3.	Moslav. gora	36,635**	33,539**	32,929**	8,698**	52,487**	6,546**
4.	Papuk	15,665**	10,561**	12,829**	16,305**	5,210**	6,520**
Između populacija Between population		2,722	0,631	0,305	3,977*	3,809*	6,925**

vačke gore, Papuka i Dotrščine. Broj postranih žila jedino je mjereno morfološko svojstvo koje je iskazalo statistički značajne razlike među populacijama, i to za listove sa sterilnih i fertilnih izbojaka.

Provedenom statističkom analizom morfometrijskih svojstava u populacijama *Betula lanata* i utvrđivanjem intregresije s vrstom *Betula pendula* dobivena su dva osnovna svojstva koja su uključivala 75 % ukupne varijabilnosti: broj postranih žila i odnos duljine i širine ženske rese (S h e m b e r g 1979).

Udaljenosti od baze do najšireg dijela lista imale su prosječnu vrijednost za oba tipa izbojaka, plodnih i sterilnih, od 10,04 do 19,02 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 7 do 24 mm, dok je koeficijent varijabilnosti bio u rasponu od 6,58 do 17,69 %. Analizom varijanci dobivene su statistički značajne razlike u istraživanim populacijama na razini od 1 %, kod oba tipa uzimanih uzoraka lista. Među populacijama je utvrđena statistički značajna razlika mjenog svojstva kod listova s izbojaka bez plodnih resa, i to na razini od 5 %.

Dobivene su statistički značajne razlike za listove sa sterilnih izbojaka za udaljenost od baze do najšireg dijela lista. One su se javile u populacija Dotrščina i Duga Resa na razini od 1 %, a između Dotrščine te populacija Papuk i Moslavačka gora na razini od 5 %.

Broj zubaca između druge i treće žile lista iznosio je kod plodnih i kod sterilnih izbojaka u prosjeku od 3,06 do 4,82. Širina varijabilnosti bila je od 2 do 6 zubaca, s koeficijentom varijabilnosti od 5,00 do 21,70 %. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je statistički značajna na razini od 1 % u svih populacija za oba tipa izbojaka. Statistički značajna razlika među populacijama za broj zubaca bila je samo kod sterilnih izbojaka ($F = 6,925^{**}$).

Značajnost razlika za broj zubaca bila je kod izbojaka bez plodnih resa među svim istraživanim populacijama na razini od 1 %.

List je morfometrijski mjereno na plodnim i sterilnim izbojcima, a rezultati su odvojeni jer samo izbojak s plodnim resama najbolje pokazuje recentno stanje biljke i njegovu reproduktivnu zrelost. Koeficijenti korelacije za mjerena svojstva lista na izbojcima s plodnim resama i bez njih imali su pozitivne statistički značajne vrijednosti na razini od 1 %. Za duljinu peteljke $r = 0,949^{**}$, za duljinu lista $r = 0,858^{**}$, za širinu plojke lista $r = 0,588^{**}$, kod broja postranih žila $r = 0,822^{**}$, kod udaljenosti od baze $r = 0,973^{**}$, a za broj zubaca korelacijski koeficijent iznosio je $r = 0,742^{**}$. Dobivene vrijednosti korelacije pokazuju da se za morfometrijsku analizu mogu koristiti listovi s plodnih i sterilnih izbojaka bez utjecaja na pouzdanost izmjera. Međutim, kod listova sa sterilnih izbojaka postojala je međupopulacijska varijabilnost udaljenosti od baze i broja zubaca, dok za ta svojstva kod listova s plodnih izbojaka varijabilnost nije utvrđena, iako je postojala tendencija iskazivanja razlika među populacijama. Kod listova od oba tipa izbojaka utvrđena je statistički značajna međupopulacijska varijabilnost broja postranih žila na razini od 5 % ($F = 5,049^{*}$ i $F = 3,977^{*}$).

Varijabilnost lista obične breze istraživana je i u drugim zemljama (Poljska, V. Britanija, SAD) različitim metodama. Grafičku metodu za uspoređivanje niza obilježja dvaju ili više uzoraka primijenili su J a n t y s – S z a f e r o v a (1951), dok su morfometrijske metode upotrebljavali G a r d i n e r & J e f f e r s (1962), G a r d i n e r & P e a r c e (1978), D a n c i k & B a r n e s (1972), S h e m b e r g (1979),

Coyle et al. (1982), a primjenjivane su pri međuvrsnoj determinaciji breza pri određivanju međuvrsne hibridizacije, povratnoga križanja i introgresije.

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja lista u različitim populacijama obične breze iz Hrvatske može se zaključiti da je za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje uzeti broj postranih žila u odnosu na druga mjerena svojstva. To je svojstvo iskazalo statistički značajne međupopulacijske razlike kod oba tipa izbojaka. U svakoj pojedinoj populaciji utvrđena je vrlo izražena široka varijabilnost svakoga pojedinog svojstva. Ona je veća od međupopulacijske varijabilnosti, osim kod broja postranih žila. Korelacijskom analizom je također utvrđeno i nepostojanje morfološke različitosti istraživanih svojstava listova s plodnih i sterilnih izbojaka.

**ODNOS MORFOLOŠKIH SVOJTAVA LISTA IZMEĐU
SELEKCIJIRANIH ADULTNIH STABALA I POTOMSTVA IZ ISTIH
POPULACIJA**
RELATION OF MOPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF BETWEEN SELECTED
ADULT TREES AND PROGENY FROM THE SAME POPULATIONS

Suodnosi morfometrijskih svojstava lista adultnih stabala i potomstava iz istih populacija, testiranih na trima različitim staništima, imali su negativnu vrijednost korelativnoga koeficijenta u polovici istraživanih slučajeva, a u četiri slučaja i statistički značajne negativne vrijednosti. To upućuje na slabe korelativne veze morfoloških svojstava između adultnih stabala i potomstava iz istih populacija. Pozitivne vrijednosti korelacijskoga koeficijenta bile su u većini slučajeva statistički beznačajne. Statistički značajne pozitivne vrijednosti korelacije dobivene su u jednom slučaju za broj postranih žila ($r = 0,770^*$) i za broj zubaca između druge i treće žile lista ($r = 0,738^*$). Procjene nasljednosti za ta svojstva iskazale su visoke vrijednosti. Za broj postranih žila iznosile su od $h^2 = 0,68$ do $0,86$, a za broj zubaca $h^2 = 0,58$ do $0,62$.

Iz ukupno dobivenih rezultata moguće je zaključiti da je većina morfoloških svojstava lista obične breze pod većim utjecajem stanišnih prilika te da je samo za broj postranih žila i broj zubaca između druge i treće žile lista moguće očekivati jači utjecaj nasljeđa od utjecaja okolice.

FENOTIPSKA STABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U
POLUSRODNIKA U RAZLIČITIM TERENSKIM POKUSIMA
PHENOTYPIC STABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF IN
HALF-SIB PROGENIES IN DIFFERENT FIELD PLOTS

VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U TESTU
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA OBIČNE BREZE IZ DIŠNICA
(ŠUMARIJA KUTINA)

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF IN THE TEST OF
PROVENANCES AND HALF-SIB PROGENIES OF SILVER BIRCH DIŠNICE
(FOREST RANGE OFFICE KUTINA)

Prosječna duljina peteljke pojedinih polusrodnika iznosila je od 13,24 mm (S 2394, populacija Moslavačka gora) do 19,90 mm (S 2375, populacija Dotrščina). Analizom varijanci dobivena je statistički značajna F-vrijednost za unutarpopulacijsku varijabilnost za sve tri testirane populacije: $F = 10,274^{**}$, $F = 5,750^{**}$ i $F = 9,472^{**}$. Prosječna vrijednost populacija za to svojstvo kretala se od 17,61, 17,39 i 17,05 mm, te nije dobivena statistički značajna međupopulacijska značajnost ($F = 0,164$). Koeficijenti varijabilnosti u polusrodnika iznose od 11,36 do 20,16 % i iskazuju približno isti raspon vrijednosti u svakoj populaciji.

Duljina plojke lista iznosila je u prosjeku u polusrodnika od 44,50 mm (S 2381, moslavačke provenijencije) do 70,84 mm (S 2403, populacija Dotrščina). Koeficijent varijabilnosti u svakoj populaciji imao je približno istu širinu, a u polusrodnika se kretao od 7,31 do 28,77 %. Prosječna vrijednost duljine plojke lista za populacije iznosila je 51,90, 53,58 i 52,81 mm, pa međupopulacijska varijabilnost nije iskazala statistički značajne razlike ($F = 0,428$). Statistički značajne razlike utvrđene su u populaciji Dotrščina na razini od 1 % ($F = 15,301^{**}$), te u populaciji Moslavačka gora na razini od 5 % ($F = 2,273^*$), kako je prikazano u tablici 5.

Morfometrijskim izmjerama širine plojke lista u polusrodnika dobivene su prosječne vrijednosti od 35,62 mm (S 2389, populacija Papuk) do 56,92 mm u polusrodnika (S 2403, populacije Dotrščina). Širina varijabilnosti i koeficijent varijabilnosti imali su podjednake vrijednosti u svakoj populaciji, s tim da je populacija Dotrščina iskazala i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost toga svojstva ($F = 12,258^{**}$) (tablica 5). Prosječne vrijednosti za populacije iznosile su 42,11, 43,73 i 42,47 mm, a analizom varijanci nije dobivena statistički značajna međupopulacijska varijabilnost ($F = 0,433$).

Prosjek broja postranih žila lista u mjerenih polusrodnika kretao se od 5,72 do 6,50 (S 2399 i S 2394 iz populacije Dotrščina), s rasponom vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 8,16 do 13,60 %. Statistički značajne razlike unutarpopulacijske varijabilnosti za to svojstvo dobivene su u populacije Dotrščina ($F = 3,748^{**}$). Također je dobivena i statistički značajna razlika među populacijama na razini od 5 % ($F = 4,105^*$) (tablica 5).

Tablica 5. Analiza varijanci za neka morfološka svojstva lista polusrodnika i različitih populacija obične breze iz Hrvatske na pokusnoj plohi Dišnice (Šumarija Kutina)

Table 5. Analysis of variance for some morphological leaf parameters of half sib progenies and from different populations from Croatia Field plot Dišnice (Forest range office Kutina)

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	10,274**	15,301**	12,258**	3,748**	4,500**	7,070**
2.	Moslav. gora	5,750**	2,273*	1,850	0,899	7,044**	1,821
3.	Papuk	9,472**	2,983	4,057	1,230	5,122**	3,802*
Između populacija Between population		0,164	0,428	0,433	4,105*	0,051	2,398

Statistički značajna međupopulacijska varijabilnost provenijencija obične breze glede broja postranih žila dobivena je i u adultnih stabala, što upućuje na vrlo izraženu genetsku kontrolu toga svojstva.

Mjerena udaljenost od baze do najšireg dijela lista imala je u polusrodnika prosječnu vrijednost od 11,02 do 15,00 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 6 do 28 mm, dok je koeficijent varijabilnosti bio u rasponu od 12,23 do 28,60 %. Analizom varijanci dobivene su statistički značajne razlike u svim trima istraživanim populacijama na razini od 1 % (tablica 5). Analizom varijanci među populacijama nije utvrđena statistički značajna razlika udaljenosti od baze do najšireg dijela lista ($F = 0,051$).

Broj zubaca između druge i treće žile lista u polusrodnika je u prosjeku iznosio od 3,30 do 4,24. Širina varijabilnosti bila je od 2 do 6 zubaca, a koeficijent varijabilnosti kretao se od 9,66 do 18,93 %. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je statistički značajna na razini od 1 % u populaciji Dotrščina i Papuk (tablica 5). Statistički nije dobivena značajna razlika među populacijama za broj zubaca ($F = 2,398$).

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja listova polusrodnika iz triju populacija obične breze u terenskom pokusu u Dišnicama može se zaključiti kako je za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje uzeti broj postranih žila u odnosu na druga mjerena svojstva. U svakoj je populaciji utvrđena vrlo izrazita varijabilnost svakoga pojedinog svojstva, a samo je za broj postranih žila utvrđeno i postojanje značajne razlike za međupopulacijsku varijabilnost.

VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U TESTU
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNICA OBIČNE BREZE IZ BOSILJEVA
(ŠUMARIJA DUGA RESA)

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF IN THE TEST OF
PROVENANCES AND HALF-SIB PROGENIES OF SILVER BIRCH BOSILJEVO
(FOREST RANGE OFFICE DUGA RESA)

Prosječna je duljina peteljke u pojedinim polusrodnika iznosila od 10,41 mm (S 2377, populacija Moslavačka gora) do 14,74 mm (S 2390, populacija Duga Resa). Analizom varijanci dobivena je statistički značajna F-vrijednost za unutarpopulacijsku varijabilnost kod svih istraživanih populacija: $F = 7,233^{**}$, $F = 12,755^{**}$ i $F = 5,104^{**}$. Prosječna vrijednost duljine peteljke na razini populacija bila je približno ista i kretala se od 11,84, 12,87 i 12,02 mm, te nije dobivena statistički značajna međupopulacijska značajnost, $F = 1,766$ (tablica 6). Koeficijent varijabilnosti kod polusrodnika kretao se od 7,90 do 19,50 %. Iskazuje podjednaku širinu varijabilnosti u svakoj populaciji.

Duljina plojke lista u prosjeku je kod polusrodnika iznosila od 35,92 mm (S 2393, kordunske provenijencije) do 55,30 mm (S 2388, populacija Papuk). Koeficijent varijabilnosti u svakoj je populaciji imao približno istu širinu, a kod polusrodnika se kretao od 6,16 do 27,88 %. Prosječne vrijednosti duljine plojke lista kod istraživanih populacija iznosile su 44,98, 45,92, 44,57 i 45,25 mm, te međupopulacijska varijabilnost nije iskazala statistički značajne razlike ($F = 0,255$) (tablica 6). Statistički značajne razlike utvrđene su u populacijama Dotrščina i Moslavačka gora na razini od 1 % ($F = 5,358^{**}$ i $F = 14,450^{**}$), te u populaciji Papuk na razini od 5 % ($F = 4,089^*$), kako je prikazano u tablici 6.

Tablica 6. Analiza varijanci za neka morfološka svojstva lista polusrodnika i različitih populacija obične breze iz Hrvatske na pokusnoj plohi Bosiljevo (Sumarija Duga Resa)
Table 6. Analysis of variance for some morphological leaf parameters of half sib progenies and from different populations from Croatia Field plot Bosiljevo (Forest range office Duga Resa)

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	7,233**	5,358**	12,779**	12,943**	5,561**	16,170**
2.	Moslav. gora	12,755**	14,450**	11,039**	8,278**	10,230**	3,954**
3.	Papuk	5,104**	4,089*	2,590	17,302**	6,025**	6,245**
Između populacija Between population		1,766	0,255	0,118	0,371	5,619*	0,672

Morfometrijskim izmjerama širine plojke lista kod polusrodnika su dobivene prosječne vrijednosti od 29,60 mm (S 2393, populacija Duga Resa) do 44,22 mm (S 2384, populacija Moslavačka gora). Širine varijabilnosti i koeficijenti varijabilnosti polusrodnika imali su podjednake vrijednosti i širinu u svakoj populaciji, s tim da su populacije Dotrščina i Moslavačka gora iskazale i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost toga svojstva ($F = 12,258^{**}$ i $F = 11,039^{**}$) (tablica 6). Prosječne vrijednosti za populacije iznosile su 36,06, 35,62, 36,31 i 35,27 mm, a analizom varijanci nije dobivena statistički značajna međupopulacijska varijabilnost ($F = 0,118$).

Broj postranih žila lista kod mjerenih polusrodnika iznosio je u prosjeku od 5,40 do 7,06 (S 2386 i S 2388 iz populacije Papuk), s rasponom vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 1,81 do 11,64 %. Statistički značajne razlike unutarpopulacijske varijabilnosti za to svojstvo dobivene su za sve istraživane populacije na razini od 1 % ($F = 12,943^{**}$, $F = 8,278^{**}$ i $F = 17,302^{**}$). Nije dobivena statistički značajna razlika među populacijama, a F-vrijednost je iznosila 0,371 (tablica 6).

Mjerena udaljenost od baze do najšireg dijela lista imala je kod polusrodnika prosječne vrijednosti od 8,69 do 14,30 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 6 do 21 mm, dok je koeficijent varijabilnosti pojedinih polusrodnika bio u rasponu od 7,90 do 24,06 %. Analizom varijanci dobivene su statistički značajne razlike u istraživanim populacijama na razini od 1 % ($F = 5,561^{**}$, $F = 10,230^{**}$, $F = 6,025^{**}$), kako je prikazano u tablici 6. Analizom varijanci među populacijama utvrđena je statistički značajna razlika udaljenosti od baze do najšireg dijela lista na razini od 5 % ($F = 5,619^*$) (tablica 6).

Statistički značajne razlike udaljenosti od baze do najšireg dijela lista između moslavačke populacije i populacije Dotrščina dobivene su t-testom. Statistički značajna međupopulacijska varijabilnost provenijencija obične breze za to je svojstvo utvrđena i kod adultnih stabala obične breze.

Broj zubaca između druge i treće žile lista kod polusrodnika je u prosjeku iznosio od 3,34 do 4,58 (polusrodnici iz populacije Dotrščina). Širina varijabilnosti kretala se od 3 do 5 zubaca, a vrijednost koeficijenta varijabilnosti iznosila je od 2,50 do 15,33 %. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je statistički značajna na razini od 1 % kod svih istraživanih populacija (tablica 6). Statistički nije dobivena značajna razlika među populacijama za broj zubaca ($F = 0,672$).

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja listova polusrodnika iz četiriju populacija obične breze u terenskom pokusu u Bosiljevu može se zaključiti kako je međupopulacijska varijabilnost bila statistički značajna samo kod udaljenosti od baze do najšireg dijela plojke lista. Procjena nasljednosti za to svojstvo imala je visoke vrijednosti ($h^2 = 0,67$ do $0,82$), što upućuje na mali utjecaj okoliša, koji je uvjetovao dobivene razlike u međupopulacijskoj varijabilnosti.

U svakoj je populaciji utvrđena vrlo izražena varijabilnost polusrodnika za sva istraživana svojstva, dok je kod udaljenosti od baze do najšireg dijela lista utvrđeno i postojanje statistički značajne razlike u međupopulacijskoj varijabilnosti.

VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U TESTU
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNKA OBIČNE BREZE IZ STOBLOVCA
(ŠUMARIJA SLATINA)

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF IN THE TEST OF
PROVENANCES AND HALF-SIB PROGENIES OF SILVER BIRCH STOBLOVAC
(FOREST RANGE OFFICE SLATINA)

Prosječna duljina peteljke pojedinih polusrodnika iznosila je od 11,86 mm (S 2384, populacija Moslavačka gora) do 19,56 mm (S 2389, populacija Papuk). Analizom varijanci dobivena je statistički značajna F-vrijednost za unutarpopulacijsku varijabilnost svih triju testiranih populacija, $F = 22,959^{**}$, $F = 10,679^{**}$ i $F = 32,065^{**}$ (tablica 7). Prosječna vrijednost populacija za to svojstvo kretala se u rasponu od 13,72, 14,46 i 15,32 mm, te nije dobivena statistički značajna međupopulacijska značajnost, $F = 2,043$ (tablica 7). Koeficijenti varijabilnosti kod polusrodnika iznose od 9,11 do 19,54 % i iskazuju podjednak raspon vrijednosti u svakoj populaciji.

Duljina plojke lista kod polusrodnika u prosjeku je iznosila od 44,34 mm (S 2388, provenijencija Papuk) do 61,42 mm (S 2395, populacija Dotrščina). Koeficijent varijabilnosti u svakoj je populaciji imao približno istu širinu, a kod polusrodnika se kretao od 5,69 do 14,28 %. Prosječna vrijednost duljine plojke lista na razini populacije iznosila je 52,79, 54,33 i 53,56 mm, pa međupopulacijska varijabilnost nije iskazala statistički značajne razlike ($F = 0,099$) (tablica 7). Statistički značajne razlike utvrđene su u svim trima populacijama na razini od 1 % ($F = 7,357^{**}$, $F = 10,716^{**}$, $F = 23,532^{**}$), kako je prikazano u tablici 7.

Tablica 7. Analiza varijanci za neka morfološka svojstva lista polusrodnika i različitih populacija obične breze iz Hrvatske na pokusnoj plohi Stoblovac (Šumarija Slatina)

Table 7. Analysis of variance for some morphological leaf parameters of half sib progenies and from different populations from Croatia Field plot Stoblovac (Forest range office Slatina)

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednosti F-value					
		Duljina peteljke Petiole length	Duljina plojke lista Leaf blade length	Širina plojke lista Leaf blade width	Broj postranih žila No. of leave veins	Udaljenost od baze Distan. from base	Broj zubaca No. of toths
1.	Dotrščina	22,959**	7,357**	4,995**	30,397**	3,690**	12,750**
2.	Moslav. gora	10,679**	10,716**	17,889**	5,675**	9,788**	7,368**
3.	Papuk	32,065**	23,532**	46,163**	7,325**	39,984**	9,318**
Između populacija Between population		2,043	0,099	0,148	3,153	0,870	0,275

Morfometrijskim izmjerama širine plojke lista kod polusrodnika su dobivene prosječne vrijednosti od 34,08 mm (S 2392, populacija Papuk) do 47,48 mm (S 2377, populacija Moslavačka gora). Širina varijabilnosti i vrijednosti koeficijenta varijabilnosti imali su podjednake vrijednosti u svakoj populaciji, s tim da su sve istraživane populacije iskazale i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost toga svojstva: $F = 4,995^{**}$, $F = 17,889^{**}$, $F = 46,163^{**}$ (tablica 7). Prosječne vrijednosti za populacije iznosile su 40,83; 40,92 i 40,00 mm, a analizom varijanci nije dobivena statistički značajna međupopulacijska varijabilnost ($F = 0,148$).

Broj postranih žila lista kod mjerenih polusrodnika u prosjeku je iznosio od 5,76 do 7,52 (S 2379, populacija Moslavačka gora i S 2395 iz populacije Dotrščina), s rasponom vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 5,43 do 9,87 %. Statistički značajne razlike unutarpopulacijske varijabilnosti za to svojstvo dobivene su kod svih triju istraživanih populacija ($F = 30,397^{**}$, $F = 5,675^{**}$, $F = 7,325^{**}$). Nije dobivena statistički značajna razlika među populacijama za to svojstvo ($F = 3,253$) (tablica 7).

Mjerenja udaljenosti od baze do najšireg dijela lista kod polusrodnika imala je prosječnu vrijednost od 11,74 do 16,18 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 8 do 22 mm, dok je koeficijent varijabilnosti bio u rasponu od 7,57 do 14,40 %. Analizom varijanci dobivene su statistički značajne razlike u svim trima istraživanim populacijama na razini od 1 %: $F = 3,690^{**}$, $F = 9,788^{**}$, $F = 39,984^{**}$ (tablica 7). Analizom varijanci među populacijama nije utvrđena statistički značajna razlika udaljenosti od baze do najšireg dijela lista ($F = 0,870$).

Broj zubaca između druge i treće žile lista polusrodnika u prosjeku je iznosio od 3,16 do 4,12. Širina varijabilnosti bila je od 2 do 5 zubaca, a koeficijent varijabilnosti kretao se od 5,97 do 16,50 %. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je statistički značajna na razini od 1 % kod svih istraživanih populacija ($F = 12,750^{**}$, $F = 7,368^{**}$ i $F = 9,318^{**}$), kako je prikazano u tablici 7. Statistički nije dobivena značajna razlika među populacijama za broj zubaca ($F = 0,275$).

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja listova kod polusrodnika iz triju populacija obične breze u terenskom pokusu u Stoblovcu može se zaključiti kako je unutar svake pojedine populacije utvrđena vrlo izražena šira varijabilnost svakoga pojedinog svojstva nego što je međupopulacijska varijabilnost. Zbog toga su i dobivene statistički značajne razlike za istraživana svojstva na razini polusrodnika, ali ne i na razini populacija.

VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U ISTIH
POLUSRODNIKA U RAZLIČITIM TERENSKIM POKUSIMA
VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF FROM THE SAME
HALF-SIB PROGENIES IN DIFFERENT FIELD PLOTS

Na osnovi provedenih morfometrijskih istraživanja listova istih polusrodnika iz triju populacija obične breze, testiranih u trima terenskim eksperimentima: Dišnice (Šumarija Kutina), Stoblovac (Šumarija Slatina) i Bosiljevo (Šumarija Duga Resa), može se zaključiti da je u svakoj pojedinoj populaciji utvrđena vrlo izražena

varijabilnost za svako pojedino svojstvo na svakom od lokaliteta. Unutarpopulacijska varijabilnost morfometrijskih svojstava lista kod svih je populacija, u većini slučajeva, iskazala statistički značajne razlike na razini od 5 i 1 % (tablica 7).

I u međupopulacijskoj je varijabilnosti broja postranih žila u testu iz Dišnica utvrđeno postojanje značajne razlike na razini od 5 % ($F = 4,105^*$). U terenskom pokusu u Bosiljevu međupopulacijska je varijabilnost bila statistički značajna za udaljenost od baze do najšireg dijela plojke lista ($F = 5,619^*$).

Provedenom statističkom analizom morfometrijskih karakteristika u populacijama *Betula lanata* i utvrđenom introgresijom vrstom *Betula pendula* dobivena su dva osnovna svojstva koja su uključivala tri četvrtine ukupne varijabilnosti: broj postranih žila i odnos duljine i širine ženske rese (S h e m b e r g 1979).

Broj postranih žila i u našim je istraživanjima dao statistički značajne razlike u međupopulacijskoj varijabilnosti kod adultnih stabala, te u jednom testu polusrodnika. Također je u provedenim morfometrijskim istraživanjima lista u različitim adultnim populacijama obične breze u Hrvatskoj zaključeno kako je za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje uzimati broj postranih žila u odnosu na druga mjerena svojstva.

Zbog vrlo izražene unutarpopulacijske varijabilnosti svih istraživanih morfoloških svojstava lista u istraživanim populacijama može se zaključiti da bi za osnovne naznake u procjeni međupopulacijske varijabilnosti obične breze mogao poslužiti ponajprije broj postranih žila te eventualno i udaljenost od baze do najšireg dijela lista.

FENOTIPSKA STABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTA U ISTIH POLUSRODNIKA TESTIRANIH NA TRIMA RAZLIČITIM LOKALITETIMA PHENOTYPIC STABILITY OF MORPHOLOGICAL LEAF TRAITS FROM THE SAME HALF-SIB PROGENIES TESTED ON THREE DIFFERENT LOCALITIES

Glede duljine peteljke vrijednosti su korelacije za iste polusrodnike na eksperimentalnim plohamu pozitivne, statistički beznačajne ($r = 0,004$, $r = 0,054$ i $r = 0,101$).

Za duljinu plojke lista vrijednosti korelacije za iste polusrodnike, testirane na trim različitim staništima, imaju pozitivnu statistički nesigificantnu vrijednost, ($r = 0,039$), dobivenu između testova Kutina i Slatina. Negativne, statistički nesigificantne vrijednosti dobivene su između testova Duga Resa i Kutina, odnosno Duga Resa i Slatina ($r = -0,036$, $r = -0,392$).

Za širinu plojke lista vrijednosti korelacije za iste polusrodnike, testirane na trima različitim staništima, dale su pozitivnu statistički nesigificantnu vrijednost, ($r = 0,245$), između testova Kutina i Slatina. Negativne statistički nesigificantne vrijednosti dobivene su između testa Duga Resa i Kutina, te Duga Resa i Slatina ($r = -0,107$, $r = -0,441$).

Vrijednosti korelacije za iste polusrodnike za broj postranih žila imaju pozitivne, statistički beznačajne vrijednosti ($r = 0,073$, $r = 0,134$) za testove Kutina i Slatina, odnosno Kutina i Duga Resa. Negativna, statistički beznačajna vrijednost ko-

relacijskog koeficijenta dobivena je između testova Duga Resa i Slatina ($r = -0,137$). Za udaljenost od baze do najšireg dijela lista vrijednosti korelacije za iste polusrodnike imale su pozitivnu, statistički beznačajnu vrijednost ($r = 0,220$) između testova Kutina i Slatina. Negativne, statistički beznačajne vrijednosti dobivene su između testa Duga Resa i Kutina, te Duga Resa i Slatina ($r = -0,228$, $r = -0,355$).

Za broj zubaca između druge i treće žile lista statistički značajna negativna vrijednost koeficijenta korelacije dobivena je između testova Kutina i Slatina ($r = -0,643^*$). Pozitivna vrijednost koeficijenta korelacije dobivena je između testova Kutina i Duga Resa ($r = 0,079$), a negativna, beznačajna vrijednost između testova Slatina i Duga Resa ($r = -0,061$).

Budući polusrodnici nisu bili iste plantažne dobi. Slabiji je razvoj lisne površine na pojedinim staništima uvjetovao negativne vrijednosti korelacije toga svojstva, koje je inače u adultno-juvenilnim korelacijama iskazalo zavidnu stabilnost i pozitivne vrijednosti korelacije.

Suodnosi morfometrijskih svojstava lista u istih polusrodnika, testiranih na trima različitim staništima, imali su negativnu vrijednost korelativnoga koeficijenta u polovici istraživanih slučajeva. Druga polovica istraživanih korelacija imala je statistički beznačajne pozitivne vrijednosti. Iz dobivenih rezultata moguće je zaključiti kako su morfološka svojstva lista obične breze pod utjecajem stanišnih prilika, a na neka svojstva postoji mali utjecaj okoliša, kao što je potvrđeno i kod adultno-juvenilnih korelacija.

Fenotipska stabilnost istraživanih morfoloških svojstava lista kod istih polusrodnika, testiranih na različitim staništima, istraživana je i analizom varijanci. Dobiveni rezultati za svako morfološko svojstvo lista iskazali su statistički značajne F-vrijednosti na razini od 1 % ne samo u izvorima varijabilnosti među lokacijama već i među polusrođnicima, kao i u interakciji polusrođnici \times stanište. Na temelju dobivenih rezultata statističke obrade podataka može se zaključiti kako se radi o visoko fenotipski nestabilnim svojstvima. Rezultati dobiveni analizom varijanci imaju potvrdu i u vrijednostima korelacijskih koeficijenata dobivenih među istim polusrođnicima testiranima na više staništa. U polovici slučajeva negativne, a u ostalim slučajevima i statistički neznačajne pozitivne vrijednosti korelacije upućuju na velik utjecaj stanišnih uvjeta pri oblikovanju morfoloških svojstava lista u mlađoj dobi ontogenetskog razvoja obične breze.

NASLJEDNOST MORFOLOŠKIH SVOJTAVA LISTA KOD ADULTNIH STABALA I KOD POTOMSTAVA IZ ISTIH POPULACIJA TESTIRANIH U RAZLIČITIM TERENSKIM POKUSIMA

HERITABILITY OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF LEAF FROM ADULT TREES AND PROGENIES FROM THE SAME FIELD PLOTS EXPERIMENTS

Vrijednost nasljednosti (h^2) za duljine peteljke iznosila je za selekcionirana adultna stabla iz četiriju populacija 0,14. Vrijednosti izračunate nasljednosti za potomstva iz triju populacija, u trima terenskim pokusima, iznosile su od $h^2 = 0,42$ (pokusna ploha Slatina) do $h^2 = 0,51$ (pokusna ploha Duga Resa).

Procjene vrijednosti nasljednosti za duljine i širine plojke lista kod odraslih i testiranih potomstava u terenskim pokusima iskazale su veliku nesigurnost ($h^2 = 0,00$). Greška pokusa za ta dva istraživana svojstva bila je velika, što je imalo izravan utjecaj na procjenu nasljednosti pod utjecajem veličine pokusne plohe s plohi-cama velikoga broja ponavljanja te heterogenosti staništa. I iz prijašnjih se rezultata daje zaključiti kako je riječ o svojstvima koja su pod velikim utjecajem okoliša, te je to još više utjecalo na dobivene rezultate.

Vrijednost nasljednosti (h^2) za broj postranih žila kod selekcioniranih adultnih stabala iz četiriju populacija iznosila je $h^2 = 0,86$. Vrijednost nasljednosti za potomstva iz triju populacija u trima terenskim pokusima iznosila je od $h^2 = 0,68$ (pokusna ploha Slatina) do $h^2 = 0,76$ (pokusna ploha Kutina). Broj postranih žila iskazao je visoke vrijednosti nasljednosti i kod adultnih stabala i u sva tri terenska pokusa u kojima je testirano potomstvo iz istih populacija. Za to je svojstvo dobivena i statistički značajna pozitivna vrijednost korelacije između adultnih stabala i potomstava iz istih populacija ($r = 0,770^*$).

Udaljenost od baze do najšireg dijela lista imala je procjenu vrijednosti nasljednosti kod adultnih stabala od $h^2 = 0,67$, dok je u terenskim pokusima kod polusrodnika dobivena procjena od $h^2 = 0,82$ (pokusna ploha Duga Resa). Neznačajna vrijednost dobivena je i kod drugih dvaju pokusa, kao posljedica velike greške pokusa.

Za broj zubaca između druge i treće žile lista kod adultnih stabala procijenjena vrijednost nasljednosti iznosila je $h^2 = 0,59$, a u različitim terenskim pokusima ta se vrijednost kretala u granicama od $h^2 = 0,58$ do $h^2 = 0,62$. Dobivena je i statistički značajna pozitivna vrijednost korelacije između adultnih stabala i potomstava iz istih populacija za to svojstvo ($r = 0,738^*$).

Procjene nasljednosti (genetske heterogenosti) za morfološka svojstva lista kod adultnih stabala i potomstava iz istih populacija dale su visoke vrijednosti za duljinu peteljke, udaljenost od baze do najšireg dijela lista, broj žila i broj zubaca, dok su duljina i širina lista imale male procjene vrijednosti nasljednosti. Visoke vrijednosti nasljednosti, uz njihovu konstantnost u različitim terenskim pokusima, iskazane su za broj postranih žila. U provedenim morfometrijskim analizama listova adultnih stabala zaključeno je kako je za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje uzimati broj postranih žila. Za broj postranih žila i broj zubaca dobivene su statistički značajne vrijednosti korelacije između adultnih stabala i potomstava iz istih populacija, što bi upućivalo na stabilnost tih svojstava. Čini se kako je utjecaj stanišnih uvjeta na formiranje morfoloških svojstava najznačajniji za duljinu i širinu lista, jer su ta svojstva imala i negativne vrijednosti koeficijenta korelacije pri testiranju istih polusrodnika na različitim lokalitetima, a male su i nerealne vrijednosti nasljednosti. Obrađen je i odnos morfoloških svojstava lista između selekcioniranih adultnih stabala i potomstava iz istih populacija, te su za druga svojstva dobivene većinom negativne korelativne vrijednosti ili vrlo male, beznačajne pozitivne vrijednosti.

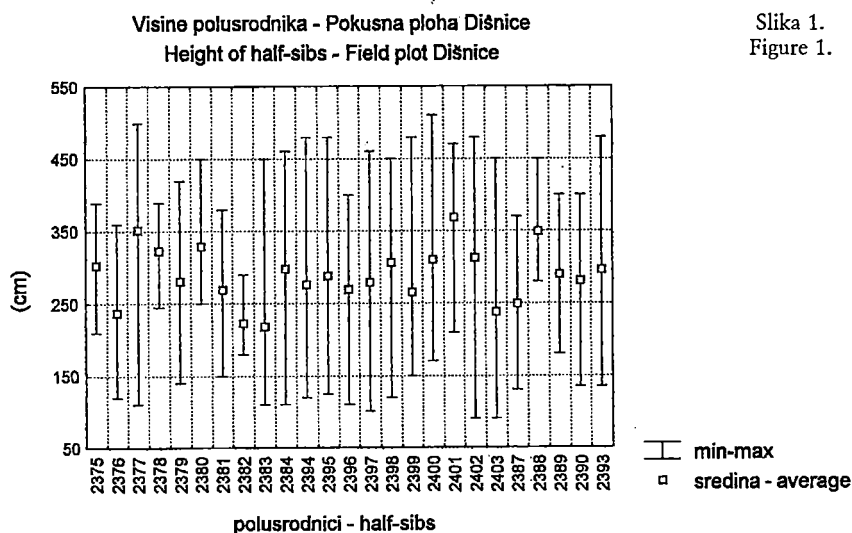
Glede spoznaja o varijabilnosti morfoloških svojstava lista i njihove stabilnosti vidi se kako i parametri nasljednosti nisu konstantne veličine (K r s t i n i ć 1967, 1976, G r a č a n 1972, K a j b a 1991), već se mijenjaju s obzirom na stanište

i dob, kao i pri testiranju potomstava iz istih populacija na različitim staništima. Visok stupanj genetske kontrole broja postranih žila u svim je tretiranjima iskazao svoju konstantnost te statistički značajne razlike u procjeni unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti morfoloških svojstava lista u adultnih stabala i polusrodnika.

VARIJABILNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U PROVENIJENCIJA I POLUSRODNICA NA POKUSNOJ PLOHI DIŠNICE VARIABILITY OF HEIGHT, DIAMETER AND NUMBER OF BRANCHES OF PROVENANCES AND HALF-SIBS ON THE FIELD PLOT DIŠNICE

VARIJABILNOST VISINA PROVENIJENCIJA I POLUSRODNICA VARIABILITY OF HEIGHTS OF PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 1 prikazani su podaci za visine polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Dišnicama (Šumarija Kutina) u dobi od 1 + 6 godina.



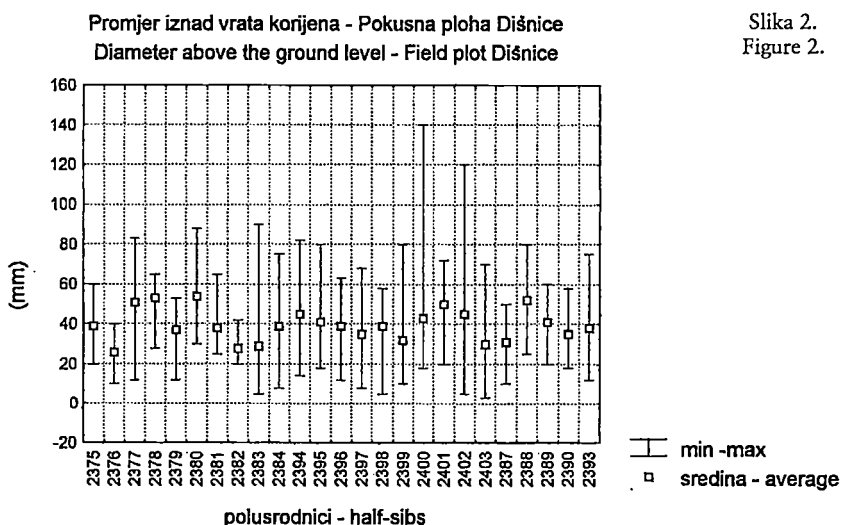
Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su visinu od 218,2 do 351,8 cm. Širina varijabilnosti kretala se od 110 do 500 cm, dok se koeficijent varijabilnosti kretao u rasponu od 15,48 do 43,16 %. U populaciji Dotrščina prosječna se visina kod polusrodnika kretala između 237,8 i 369,1 cm. Širina varijabilnosti bila je u testiranim populacijama od 90 do 510 cm, a koeficijenti varijabilnosti imali su vrijednosti od 20,47 do 34,70 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju visinu od 249,4 do 349,2 cm. Širina varijabilnosti kreće se od 130 do 480 cm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 15,51 do 33,33 %.

U svakoj je populaciji utvrđena približno ista širina varijabilnosti za visine polusrodnika, uz relativno podjednake vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti visina za populacije iznosile su 282,3 cm (Moslavačka gora), 281,7 cm (Dotrščina) i 289,1 cm (Papuk).

Provedenom analizom varijanci nisu dobivene statistički značajne razlike za unutarpopulacijsku varijabilnost ukupnih visina ($F = 1,76$, $F = 1,18$ i $F = 1,12$). F -vrijednost u procjeni međupopulacijske varijabilnosti također je bila statistički beznačajna ($F = 0,14$) (tablica 8).

VARIJABILNOST PROMJERA IZNAD VRATA KORIJENA U
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA
VARIABILITY OF DIAMETERS ABOVE THE GROUND LEVEL OF PROVENANCES
AND HALF-SIBS

Na slici 2 prikazani su podaci izmjera promjera iznad vrata korijena kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Dišnicama (Šumarija Kutina) u dobi od 1 + 6 godina.



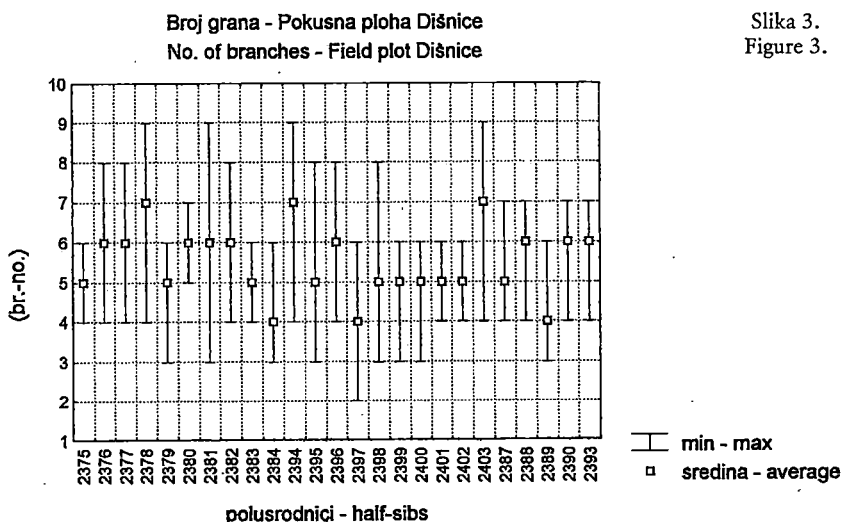
Prosječni promjeri za polusrodnike iz populacije Moslavačka gora kretali su se u rasponu od 26,2 do 54,0 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 5 do 90 mm, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 17,55 do 69,55 %. Promjer iznad vrata korijena u polusrodnika populacije Dotrščina kreće se između 29,7 i 49,7 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 3 do 140 mm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 28,32 do 55,06 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju promjer od 31,0 mm do 52,0 mm. Širina varijabilnosti kreće se od 10 do 80 mm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 29,13 do 52,86 %.

U svakoj populaciji iskazale su se približno iste širine varijabilnosti za debljinski prirast, uz relativno podjednake vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Unutarpopulacijske vrijednosti širine varijabilnosti i koeficijenta varijabilnosti pokazale su mnogo veću varijabilnost toga svojstva u odnosu na visine polusrodnika. Prosječne vrijednosti promjera za populacije iznosile su: 38,7 mm (Moslavačka gora), 38,1 mm (Dotrščina) i 38,8 mm (Papuk).

Provedenom analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika na razini od 5 % za unutarpopulacijsku varijabilnost svojstva promjera iznad vrata korijena u populaciji Moslavačka gora ($F = 2,99^*$) (tablica 8). Ostale dvije populacije imale su statistički beznačajne vrijednosti ($F = 1,13$, $F = 1,03$) kako je prikazano u tablici 8. F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti također je bila statistički beznačajna ($F = 0,04$) (tablica 8).

VARIJABILNOST BROJA GRANA IZMEĐU PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA VARIABILITY OF NUMBER OF BRANCHES BETWEEN PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 3 prikazani su podaci provedenih izmjera broja grana kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Dišnicama (Šumarija Kutina) u dobi od 1 + 6 godina.



Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su po dužinskom metru broj grana od 4,4 do 6,5. Širina varijabilnosti kretala se od 3 do 9, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 13,04 do 28,07 %. U populaciji Dotrščina broj grana kod polusrodnika kretao se između 4,0 do 6,8. Širina varijabilnosti za polusrodnike u

populaciji kretala se od 3 do 9, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 13,40 do 33,33 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju broj grana od 4,1 do 5,7. Širina varijabilnosti kreće se od 3 do 7, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 13,68 do 24,04 %.

U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti za broj grana, uz relativno podjednak raspon vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti broja grana za populacije iznosile su 5,5 (Moslavačka gora), 5,2 (Dotrščina) i 5,3 (Papuk).

Provedenom analizom varijanci nisu dobivene statistički značajne razlike unutarpopulacijske varijabilnosti broja grana ($F = 0,60$, $F = 0,38$ i $F = 1,32$) kako je prikazano u tablici 8. F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti bila je također statistički beznačajna ($F = 0,24$) (tablica 8).

Tablica 8. Analiza varijanci i F-vrijednosti visine, promjera iznad vrata korijena i broja grana u polusrodnika obične breze na pokusnoj plohi Dišnice

Table 8. Analysis of variance and F-value for the height, diameter above the ground level and no. of branches for silver birch half-sibs

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednost F-value		
		Visina polusrodnika Height of half-sibs (cm)	Promjer iznad vrata korijena Diameter above the ground level (mm)	Broj grana kod polusrodnika No. of branches of half-sibs
1.	Moslavačka gora	1,76	2,99*	0,60
2.	Papuk	1,18	1,13	0,38
3.	Dotrščina	1,12	1,03	1,32
Između populacija Between populations		0,14	0,04	0,24

**VARIJABILNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA NA POKUSNOJ PLOHI STOBLOVAC
VARIABILITY OF HEIGHT, DIAMETER AND NUMBER OF BRANCHES OF
PROVENANCES AND HALF-SIBS ON THE FIELD PLOT STOBLOVAC**

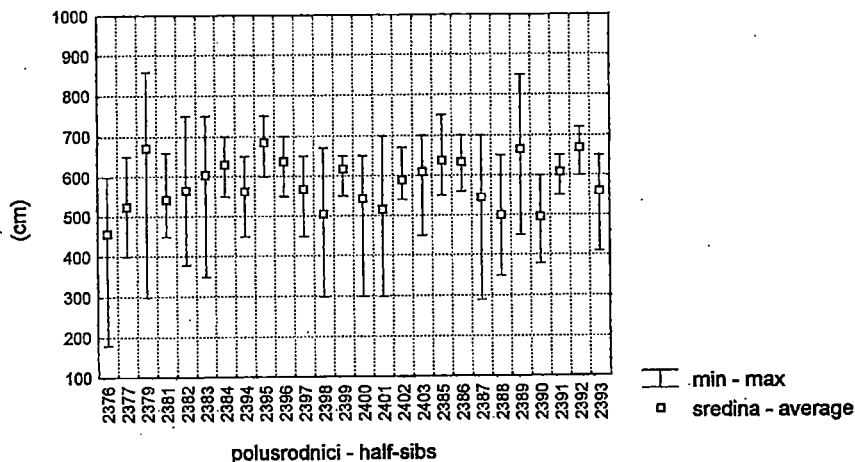
**VARIJABILNOST VISINA PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA
VARIABILITY OF HEIGHTS OF PROVENANCES AND HALF-SIBS**

Na slici 4 prikazani su podaci za visine polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Stoblovcu (Šumarija Slatina) u dobi od 1 + 6 godina.

Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su prosječnu totalnu visinu od 458,3 do 672,0 cm. Širina varijabilnosti kretala se od 180 do 860 cm, dok je koeficijent varijabilnosti iznosio od 8,89 do 29,40 %. U populaciji Dotrščina visina

Visina polusrodnika - Pokusna ploha Stoblovac
Height of half-sibs - Field plot Stoblovac

Slika 4.
Figure 4.



se kod polusrodnika kreće između 515,0 i 685,0 cm. Širina varijabilnosti u polusrodnika u populaciji kretala se od 300 do 750 cm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 6,86 do 25,74 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju totalnu visinu od 495,0 do 667,5 cm. Širina varijabilnosti kreće se od 290 do 850 cm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 5,35 do 20,00 %.

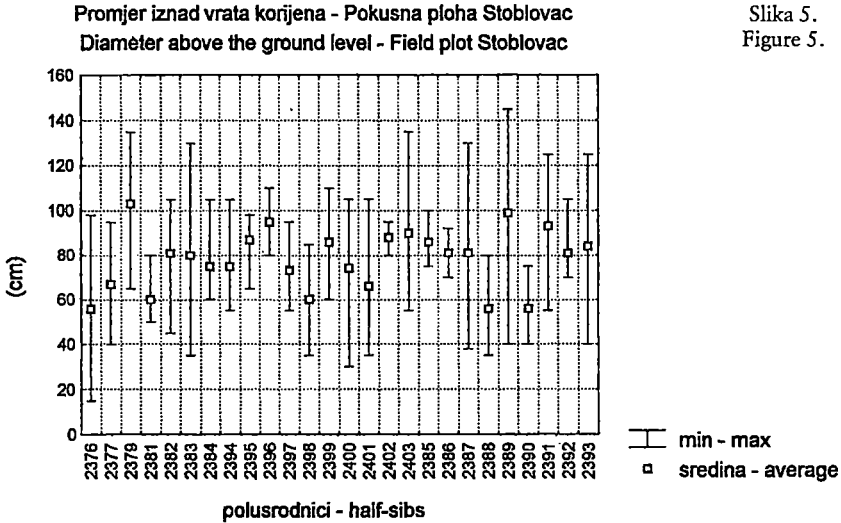
U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti za visine polusrodnika, uz relativno podjednak raspon u vrijednostima koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti visina za populacije iznosile su 574,3 cm (Moslavačka gora), 580,3 cm (Dotrščina) i 588,8 cm (Papuk).

Provedenom analizom varijanci nisu dobivene statistički značajne razlike za unutarpopulacijsku varijabilnost mjerene visine ($F = 2,17$, $F = 2,10$ i $F = 1,16$) kako je prikazano u tablici 9. F-vrijednost je u procjeni međupopulacijske varijabilnosti također bila statistički beznačajna ($F = 0,11$) (tablica 9).

VARIJABILNOST PROMJERA IZNAD VRATA KORIJENA U PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA VARIABILITY OF DIAMETERS ABOVE THE GROUND LEVEL OF PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 5 prikazani su podaci izmjera promjera iznad vrata korijena kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Stoblovcu (Šumarija Slatina) u dobi od 1 + 6 godina.

Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su prosječne promjere od 56,0 do 103,0 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 15 do 135 mm, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 13,33 do 36,30 %. Promjer iznad vrata korijena kod polusrodnika populacije Dotrščina kreće se između 60,0 i 95,0 mm. Širina va-



rijabilnosti kretala se za polusrodnike u populaciji od 30 do 135 mm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 5,71 do 29,24 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju promjer od 55,6 do 99,3 mm. Širina varijabilnosti kreće se od 35 do 145 mm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 9,43 do 43,28 %.

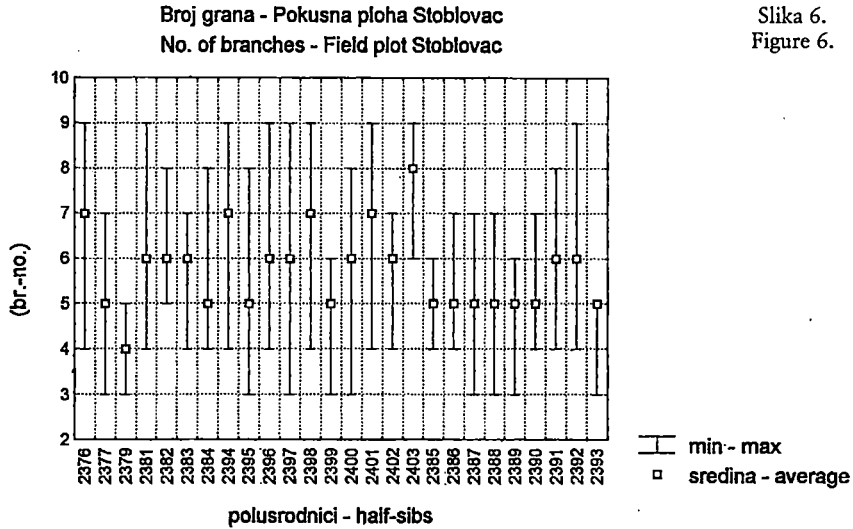
U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti debljinskog prirasta, uz relativno podjednake vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Unutarpopulacijske vrijednosti širine varijabilnosti i koeficijenta varijabilnosti pokazale su nešto veću varijabilnost toga svojstva glede visine polusrodnika. Prosječne vrijednosti promjera za populacije iznosile su 75,8 mm (Moslavačka gora), 79,0 mm (Dotrščina) i 83,0 mm (Papuk).

Provedenom analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika na razini od 5 % za unutarpopulacijsku varijabilnost debljinskog prirasta u populaciji Moslavačka gora ($F = 2,66^*$) (tablica 9). Ostale dvije populacije imale su statistički beznačajne vrijednosti ($F = 1,64$, $F = 1,13$). F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti također je bila statistički beznačajna, $F = 0,64$.

VARIJABILNOST BROJA GRANA IZMEĐU PROVENIJENCIJA I POLUSRODNKA VARIABILITY OF NUMBER OF BRANCHES BETWEEN PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 6 prikazani su podaci provedenih izmjera broja grana kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Stoblovcu (Šumarija Slatina) u dobi od 1 + 6 godina.

D. Kajba: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost obične breze (*Betula pendula Roth*) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 53–108, Zagreb, 1996.



Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su po metru od 4,2 do 7,1 grana. Širina varijabilnosti kretala se od 3 do 9, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 17,78 do 30,00 %. U populaciji Dotrščina broj grana kod polusrodnika kretao se između 5,0 do 7,8. Širina varijabilnosti za polusrodnike u populaciji kretala se od 3 do 9, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 11,15 do 30,77 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju broj grana od 4,7 do 6,3. Širina varijabilnosti kreće se od 3 do 9, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 17,03 do 29,55 %.

Tablica 9. Analiza varijanci i F-vrijednosti visine, promjera iznad vrata korijena i broja grana u polusrodnika obične breze na pokusnoj plohi Stoblovac
Table 9. Analysis of variance and F - value for the height, diameter above the ground level and no. of branches for silver birch half-sibs

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednost F-value		
		Visina polusrodnika Height of half-sibs (cm)	Promjer iznad vrata korijena Diameter above the ground level (mm)	Broj grana kod polusrodnika No. of branches of half-sibs
1.	Moslavačka gora	2,17	2,66*	1,16
2.	Papuk	2,10	1,64	1,92
3.	Dotrščina	1,16	1,13	2,05
Između populacija Between populations		0,11	0,64	0,61

U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti broj grana, uz relativno podjednak raspon vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti broja grana za populacije iznosile su 5,7 (Moslavačka gora), 6,1 (Dotrščina) i 5,1 (Papuk).

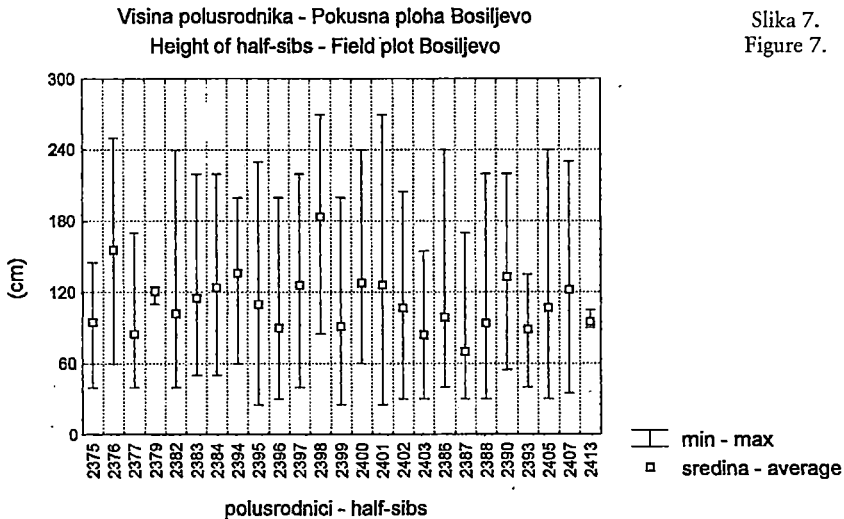
Provedenom analizom varijanci nisu dobivene statistički značajne razlike za unutarpopulacijske varijabilnosti broja grana ($F = 1,16$, $F = 1,92$ i $F = 2,05$) kako je prikazano u tablici 9. F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti bila je također statistički beznačajna ($F = 0,61$) (tablica 9).

VARIJABILNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA NA POKUSNOJ PLOHI BOSILJEVO VARIABILITY OF HEIGHT, DIAMETER AND NUMBER OF BRANCHES OF PROVENANCES AND HALF-SIBS ON THE FIELD PLOT BOSILJEVO

VARIJABILNOST VISINA PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA VARIABILITY OF HEIGHTS OF PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 7 prikazani su podaci za visine polusrodnika iz četiriju provenijencija u terenskom pokusu u Bosiljevu (Šumarija Duga Resa) u dobi od 1 + 4 godina.

Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su totalnu visinu od 84,5 do 156,1 cm. Širina varijabilnosti kretala se od 40 do 250 cm, dok je koeficijent varijabilnosti iznosio od 5,39 do 49,78 %. U populaciji Dotrščina visina se kod polusrodnika kreće između 83,6 i 184,3 cm. Širina varijabilnosti za polusrodnike u populaciji kretala se od 25 do 270 cm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 38,06 do 71,52 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju visinu od 70,0 do 132,5 cm. Širina varijabilnosti kreće se od 30 do 240 cm, a vrijednosti koeficijenta varijabil-



nosti od 41,04 do 60,45 %. Lokalna populacija Duga Resa, iako zastupljena sa samo tri polusrodnika, također je iskazala znatnu unutarpopulacijsku varijabilnost. Prosječna visina za polusrodnike iznosila je od 95,0 do 122,2 cm. Širina varijabilnosti kreće se od 30 do 240 cm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 9,12 do 54,69 %.

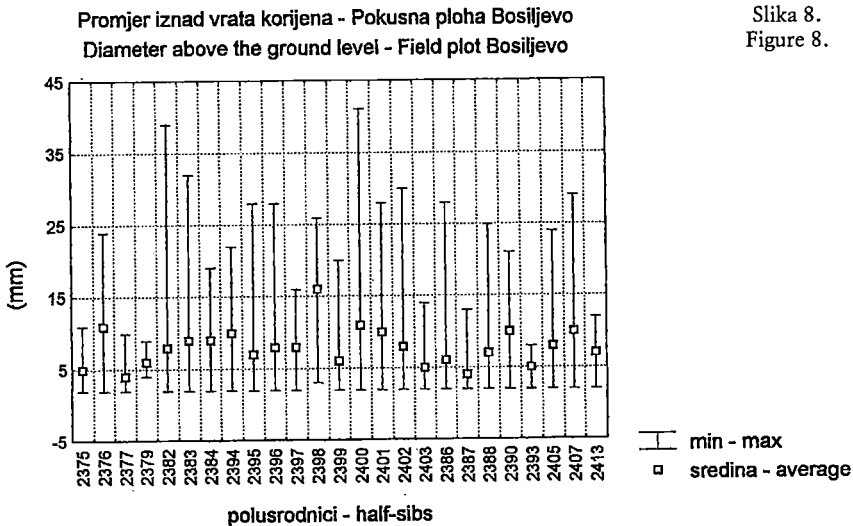
U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti za visine polusrodnika, uz veliki raspon vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti visina za populacije iznosile su: 114,7 cm (Moslavačka gora), 112,3 cm (Dotrščina), 93,3 cm (Papuk) i 112,8 cm (Duga Resa).

Provedenom analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika za unutarpopulacijsku varijabilnost mjerene visine u populaciji Dotrščina ($F = 2,72^*$) (tablica 10). Varijabilnost u ostalim izučavanim populacijama nije iskazala statistički značajne razlike ($F = 1,06$, $F = 2,32$ i $F = 0,51$) kako je prikazano u tablici 10. F-vrijednost u procjeni međupopulacijske varijabilnosti bila je statistički beznačajna ($F = 1,63$) (tablica 10).

VARIJABILNOST PROMJERA IZNAD VRATA KORIJENA U PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA VARIABILITY OF DIAMETERS ABOVE THE GROUND LEVEL OF PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 8 prikazani su podaci izmjera promjera iznad vrata korijena kod polusrodnika iz četiriju provenijencija u terenskom pokusu u Bosiljevu (Šumarija Duga Resa) u dobi od 1 + 4 godina.

Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora imali su promjer od 4,0 do 11,2 mm. Širina varijabilnosti kretala se od 2 do 39 mm, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 36,94 do 131,15 %. U populaciji Dotrščina promjer iznad vrata



korijena u polusrodnika se kreće između 5,3 i 16,3 mm. Širina varijabilnosti za polusrodnike u populaciji kretala se od 2 do 41 mm, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 60,44 do 120,83 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju promjer od 4,5 do 10,1 mm. Širina varijabilnosti kreće se od 2 do 28 mm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 51,78 do 115,90 %. Lokalna populacija Duga Resa također je iskazala znatnu unutarpopulacijsku varijabilnost. Promjer za polusrodnike iznosio je od 7,0 do 10,0 mm. Širina varijabilnosti kreće se od 2 do 29 mm, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 71,43 do 92,00 %.

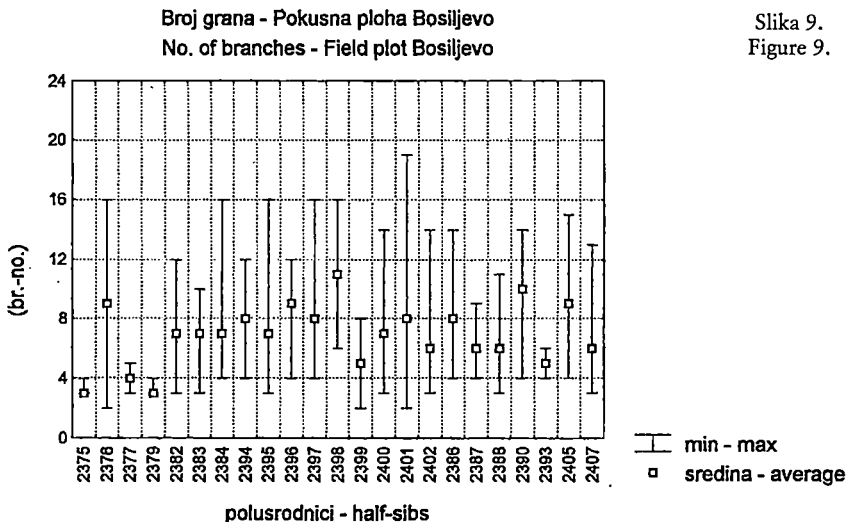
U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti debljinskog prirasta. Koeficijent varijabilnosti imao je izrazito visoke vrijednosti iskazane i u vrijednosti devijacija (*s*) u svakoga polusrodnika. Unutarpopulacijske vrijednosti širine varijabilnosti i koeficijenta varijabilnosti pokazale su veću varijabilnost toga svojstva u odnosu na visine polusrodnika. Prosječne vrijednosti promjera za populacije iznosile su 7,9 mm (Moslavačka gora), 8,2 mm (Dotrščina), 6,2 mm (Papuk) i 8,6 mm (Duga Resa).

Provedenom analizom varijanci nije dobivena statistički značajna razlika za unutarpopulacijsku varijabilnost debljinskog prirasta s vrijednostima $F = 0,82$, $F = 2,71$, $F = 1,71$ i $F = 0,49$ (tablica 10). *F*-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti također je bila statistički beznačajna ($F = 1,92$) (tablica 10).

VARIJABILNOST BROJA GRANA IZMEĐU PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA

VARIABILITY OF NUMBER OF BRANCHES BETWEEN PROVENANCES AND HALF-SIBS

Na slici 9 prikazani su podaci provedenih izmjera broja grana kod polusrodnika iz triju provenijencija u terenskom pokusu u Bosiljevu (Šumarija Duga Resa) u dobi od 1 + 4 godina.



Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora po metru su imali prosječno od 3,2 do 9,2 grana. Širina varijabilnosti kretala se od 2 do 16, dok su koeficijenti varijabilnosti iznosili od 13,97 do 60,93 %. Broj grana kod polusrodnika u populaciji Dotrščina kretao se između 5,1 do 11,4. Širina varijabilnosti kretala se za polusrodnike u populaciji od 2 do 19, a koeficijenti varijabilnosti imaju vrijednosti od 32,59 do 68,38 %. Polusrodnici iz populacije Papuk imaju prosječno od 4,7 do 9,8 grana. Širina varijabilnosti kreće se od 3 do 14, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 24,73 do 53,17 %. Polusrodnici iz populacije Duga Resa imali su prosječno od 6,3 do 9,1 grana. Širina varijabilnosti kreće se od 3 do 15, a vrijednosti koeficijenta varijabilnosti od 41,61 do 55,52 %.

U svakoj populaciji iskazala se približno ista širina varijabilnosti broja grana, uz relativno podjednak raspon vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Prosječne vrijednosti broja grana za populacije iznosile su 6,4 (Moslavačka gora), 7,3 (Dotrščina), 6,7 (Papuk) i 7,5 (Duga Resa).

Provedenom analizom varijanci dobivena je statistički značajna razlika na razini od 5 % za unutarpopulacijsku varijabilnost broja grana kod populacije Moslavačka gora ($F = 3,14^*$) kako je prikazano u tablici 10. Ostale istraživane populacije nisu iskazale značajnost unutarpopulacijske varijabilnosti. F-vrijednost za procjenu međupopulacijske varijabilnosti bila je također statistički beznačajna ($F = 2,67$) (tablica 10).

Tablica 10. Analiza varijanci i F-vrijednosti visine, promjera iznad vrata korijena i broja grana u polusrodnika obične breze na pokusnoj plohi Bosiljevo
Table 10. Analysis of variance and F-value for the height, diameter above the ground level and no. of branches for silver birch half-sibs

Red. br. No.	Populacija Population	F-vrijednost F-value		
		Visina polusrodnika Height of half-sibs (cm)	Promjer iznad vrata korijena Diameter above the ground level (mm)	Broj grana kod polusrodnika No. of branches of half-sibs
1.	Moslavačka gora	1,06	0,82	3,14*
2.	Papuk	2,32	2,71	1,76
3.	Dotrščina	2,72*	1,71	1,74
4.	Duga Resa	0,51	0,49	1,35
Između populacija Between populations		1,63	1,92	2,67

VARIJABILNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U
PROVENIJENCIJA I POLUSRODNIKA TESTIRANIH U RAZLIČITIM
TERENSKIM POKUSIMA

VARIABILITY OF HEIGHT, DIAMETER AND NUMBER OF BRANCHES OF
PROVENANCES AND HALF-SIBS TESTED ON DIFFERENT FIELD PLOTS

Širine varijabilnosti i vrijednosti koeficijenta varijabilnosti za sva istraživana svojstva imale su, u prosjeku, najveće vrijednosti u terenskom pokusu u Bosiljevu, osnovanome na bujadnicama kordunskog područja. Koeficijent varijabilnosti visine, promjera i broja grana imao je najniže vrijednosti u pokusnoj plohi Stoblovac (Slatina), gdje je tlo obrađeno prije osnivanja pokusa. Te su vrijednosti niže od onih na pokusnoj plohi Dišnice (Kutina), osnovanoj na neobrađenom tlu. Promjer iznad vrata korijena imao je u svim trima pokusima najveće vrijednosti koeficijenta varijabilnosti u odnosu na druga mjerena svojstva. Unutarpopulacijska varijabilnost promatranih svojstava iskazivala je svoj sve veći raspon pod utjecajem okolišnih čimbenika u različitim terenskim pokusima te na taj način povećavala nenasljednu varijabilnost (modifikacije).

Varijabilnost mjerenih svojstava u populaciji u nekim je slučajevima iskazala i statistički značajne razlike na razini od 5 %. Promjer iznad vrata korijena kod populacije Moslavačka gora u dvama terenskim pokusima (Kutina i Slatina) imao je značajnu F-vrijednost, a i broj grana kod iste populacije iskazao je statističku značajnost u pokusu u Bosiljevu (Duga Resa).

Utvrđena je vrlo izražena varijabilnost istih familija s obzirom na sva istraživana svojstva, što pokazuje vrlo jak utjecaj okoliša, odnosno modifikabilnost istraživanih svojstava.

Za međupopulacijsku varijabilnost nije dobivena statistički značajna razlika nijednoga istraživanog svojstva u populacijama iz Hrvatske koje je testirano u trima različitim terenskim pokusima.

Pri istraživanju provenijeničnih pokusa *Betula pendula*, koje je proveo Johnson (1951), utvrđena je znatna unutarpopulacijska varijabilnost kod većine testiranih populacija. U dobi od tri i pet godina polusrodnici obične breze imali su za totalne visine izrazito veliku unutarpopulacijsku varijabilnost u eksperimentalnim istraživanjima koje su proveli Kleinschmidt & Svobla (1982) i Velling (1979). Istraživanja polusrodnika obične breze, testiranih na četirima različitim staništima sjeverne Švedske (Erkén 1972), utvrdila su veliku unutarpopulacijsku varijabilnost debljinskog prirasta.

I provedena analiza rezultata iz ukupno 19 terenskih pokusa u Finskoj, unatoč velikim gubicima u preživljavanju, dovela je do zaključaka (Raulo 1977, Velling 1979) kako je postojeća genetska varijabilnost obične breze veća među pojedinačnim stablima nego među sastojinama ili lokalitetima.

Obična breza u Hrvatskoj raste na svojem krajnjem južnom dijelu areala, te su njezine mješovite sastojine rubne populacije. Teorija niskih vrijednosti varijanci kod marginalnih populacija sugerira kako pojedine vrste imaju malu unutarpopula-

cijsku varijancu kada su u blizini ruba (margina) svoje ekološke rasprostranjenosti. Provedena istraživanja bijele smreke (T r e m b l e y & S i m o n 1989) ili žutog bora (H a m r i c k et al. 1989) izvješćuju o postojanju inbridinga kod rubnih populacija. No, ipak, one sadržavaju visoku genetsku raznolikost. Kod rase crnog bora (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) u marginalnim populacijama središnje Turske utvrđeno je postojanje velikog udjela unutarpopulacijske genetske varijabilnosti (K a y a & T e m e r i t 1994). To je također poduprto i nedjelovanjem topografskog učinka na genetsku izdiferenciranost populacija. R e h f e l d t je (1991) izvijestio kako se četinjače razlikuju ovisno o načinu prilagodbe na različita (heterogena) staništa, tzv. adaptivne kline.

Obična breza u Hrvatskoj raste u okolišu koji je načinjen od mozaika mikrookoliša, uz znatnu mikrookolišnu heterogenost među lokalitetima. Radi prilagodbe na mikrookoliš ova pionirska vrsta mora posjedovati velik dio genetske varijabilnosti među familijama u populaciji. Marginalne populacije moraju sadržavati što je moguće veću širinu udaljenih familija u populaciji. Velika unutarpopulacijska genetska varijabilnost ogleđa se i u procjenama nasljednosti pojedinih svojstava kod polusrodnika. Visoke vrijednosti genetske heterogenosti (nasljednosti) ukupne visine i promjera iznad vrata korijena kod polusrodnika sugeriraju kako se selekcijom u populaciji može ostvariti znatno genetsko poboljšanje. Genetska dobit bit će mnogo djelotvornija kod unutarpopulacijske selekcije nego kod selekcije među populacijama.

FENOTIPSKA STABILNOST I ADAPTABILNOST VISINA I PROMJERA U POLUSRODNIKA PHENOTYPIC STABILITY AND ADAPTABILITY OF HALF-SIB HEIGHTS AND DIAMETERS

FENOTIPSKA STABILNOST I ADAPTABILNOST VISINA U POLUSRODNIKA PHENOTYPIC STABILITY AND ADAPTABILITY OF HALF-SIB HEIGHTS

Zbog različite plantažne dobi u testovima provenijencija i polusrodnika za istraživanje fenotipske stabilnosti upotrebljavane su vrijednosti prosječnoga visinskog i debljinskog prirasta.

Rezultati analize varijanci za prosječni visinski prirast kod istih polusrodnika populacije Moslavačka gora, testiranih na trima različitim lokalitetima, dobivena je F-vrijednost statistički značajna ($F = 156,97^{**}$) za lokalitete, dok za polusrodnike i interakciju polusrodnici \times stanište nema statističke značajnosti.

Testiranjem istih polusrodnika na trima različitim lokalitetima iz populacije Papuk također je dobivena statistička značajnost među lokalitetima polusrodnika, dok značajnost među polusrodnicima te u interakciji polusrodnici \times stanište značajnost nije dobivena.

Analizom varijance prosječnoga visinskog prirasta za istraživane polusrodnike iz populacije Dotrščina, testirane na trima različitim lokalitetima, dobivena je statistička značajnost za lokalitete ($F = 299,62^{**}$) i za interakciju polusrodnici \times staništa ($F = 1,74^*$). F – vrijednost za polusrodnike nije bila značajna, a iznosila je $F = 0,61$.

Analize varijanci provedene za iste polusrodnike iz triju populacija, a testiranih na trima različitim staništima, za prosječni visinski prirast dale su veći utjecaj staništa na svojstvo koje inače podliježe jačoj genetskoj kontroli. To upućuje na fenotipsku nestabilnost tog svojstva na razini polusrodnika, uz veliku unutarpopulacijsku varijabilnost. Statistički značajna interakcija na razini od 5 % ($F = 1,74^*$, $F_{5\% \text{ tablično}} = 1,72$) kod polusrodnika populacije Dotrščina može se objasniti najvećom širinom varijabilnosti visina u toj populaciji na svim trima testiranim lokalitetima.

Iz navedenih tablica vidljivo je kako je utjecaj staništa u smislu modifikacija značajan za visinski prirast obične breze. Statistički značajna razlika za interakciju polusrodnici \times stanište kod jedne populacije upućuje i na postojanje specifične adaptacije pojedinih polusrodnika na uvjete staništa.

Kleinschmitt & Svobla (1982) iznijeli su rezultate visinskog priraščivanja trogodišnjeg potomstva od 44 populacije *B. pendula*. Porijeklo populacija bilo je od središnje Europe do Finske, a testirano je na sedam staništa u Njemačkoj. Populacije iz Finske i Švedske imale su najslabije rezultate pod utjecajem preseljenja na velike udaljenosti prema jugu. Interakcija genotip \times okoliš bila je značajnija što se više sužavala genetska varijabilnost od cijele regije prema pojedinoj populaciji i polusrodnicima. Langhamer je (1982) istraživanjem petogodišnjeg potomstva polusrodnika obične breze, koje je testirano na više lokaliteta u Norveškoj, a potjecalo je s različitih geografskih širina, utvrdio nepostojanje bilo kakva utjecaja preseljenja unutar tih granica rasprostranjenosti. U svom je radu utvrdio i neke značajke za interakciju genotip \times okoliš, jer su neke familije iskazale opću adaptaciju i najbolje rezultate na svim pokusnim lokalitetima.

FENOTIPSKA STABILNOST I ADAPTABILNOST PROMJERA U POLUSRODNICA PHENOTYPIC STABILITY AND ADAPTABILITY OF HALF-SIB HEIGHTS

Analizom varijanci za prosječni debljinski prirast istih polusrodnika populacije Moslavačka gora, testiranih na trima različitim lokalitetima, vidljivo je kako su F – vrijednosti statistički značajne za lokalitete ($F = 127,53^{**}$), polusrodnike ($F = 3,71^{**}$) i interakciju polusrodnici \times lokalitet ($F = 3,09^{**}$).

Testiranjem istih polusrodnika iz populacije Papuk na trima različitim lokalitetima dobivena je statistička značajnost prosječnoga debljinskog prirasta među lokalitetima ($F = 91,72^{**}$). Značajnost nije dobivena među polusrodnicima ni kod interakcije polusrodnici \times lokaliteti.

Rezultati analize varijance prosječnoga debljinskog prirasta za istraživane polusrodnike iz populacije Dotrščina, testiranih na trima različitim lokalitetima, dali su

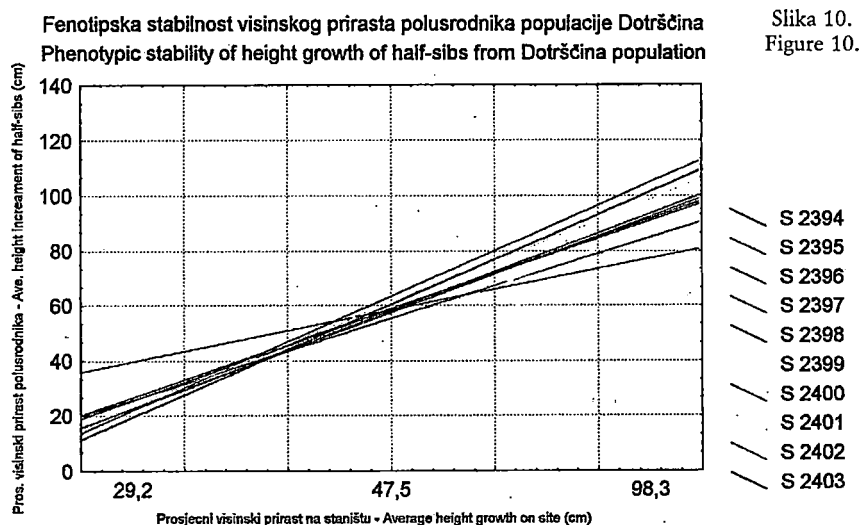
statističku značajnost za lokalitete ($F = 194,44^{**}$), dok za polusrodnike i interakciju polusrodnici \times lokaliteti nije utvrđena.

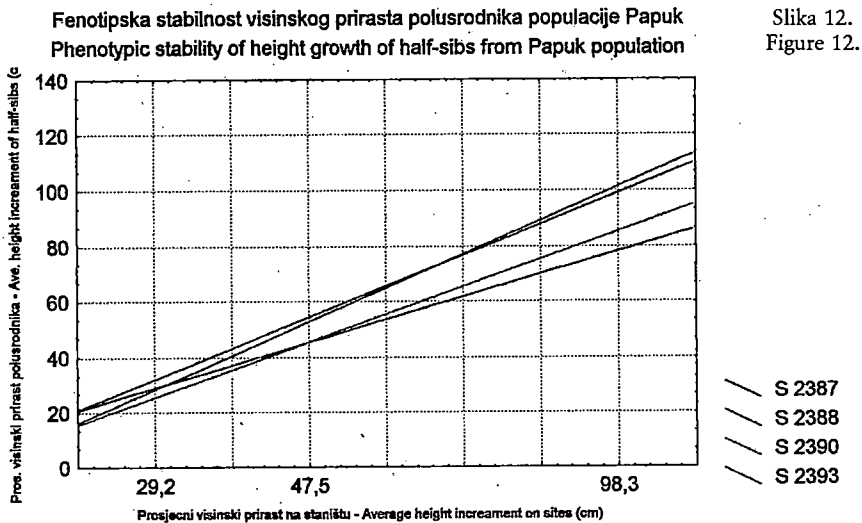
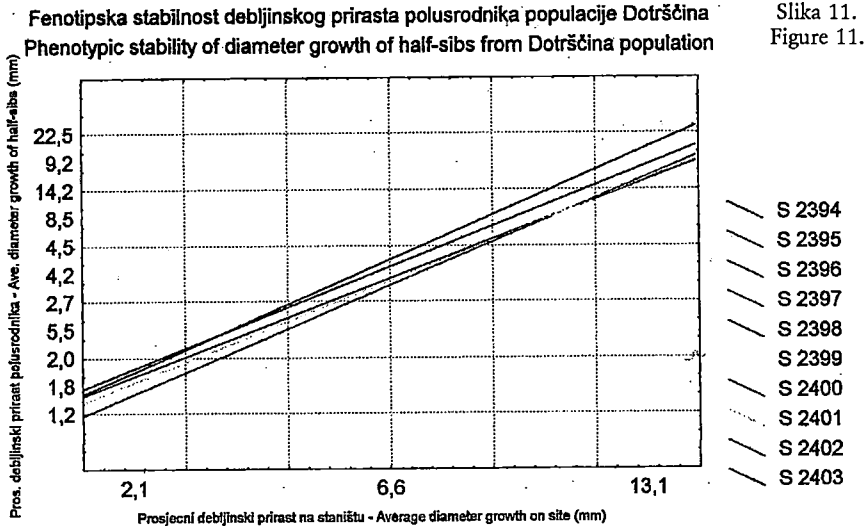
Analizama varijanci provedenim za iste polusrodnike iz triju populacija utvrđene su statistički značajne razlike među lokalitetima za prosječni debljinski prirast na svim trima testiranim staništima. Velik utjecaj staništa na debljinski rast upućuje na značajnu fenotipsku nestabilnost toga svojstva na razini polusrodnika, uz veliku varijabilnosti u svakoj populaciji. Dobivena statistička značajnost među polusrodnicima moslavačke populacije ($F = 3,71^{**}$) upućuje na postojanje istaknute varijabilnosti u populaciji, koja omogućuje genetsko poboljšanje debljinskog prirasta selekcijom najboljih familija. Interakcija polusrodnici \times lokalitet, koja je također značajna kod ove populacije ($F = 3,09^{**}$), pokazuje fenotipsku nestabilnost toga svojstva. Za ostvarenje genetske dobiti treba voditi računa o specifičnoj adaptaciji pri selekciji polusrodnika iz Moslavačke gore.

Vidljivo je kako je utjecaj staništa u smislu modifikacija značajan i za debljinski prirast obične breze. Statistički značajna razlika za interakciju polusrodnici \times stanište u jednoj populaciji upućuje i na postojanje specifične adaptacije pojedinih polusrodnika na stanišne uvjete.

Rast i prirast obične breze u uskoj su vezi s interakcijom različitih populacija kada su uzgajane na različitim staništima. Posebno u Švedskoj postoje sjeverno-južni klimatski gradijenti, što uključuje različite populacije i sposobnost prilagodbe polusrodnika na stanišne uvjete, odnosno na određeni okoliš. Tu hipotezu potvrđuju rezultati koje su dobili H å b j ø r g (1972), J o h n s s o n (1977), V e l l i n g (1979), K l e i n s c h m i t t & O t t o (1980).

Istraživanja fenotipske stabilnosti, odnosno veličine variranja fenotipskih vrijednosti određenih genotipova na različitim staništima, definiranih zbrojem kva-

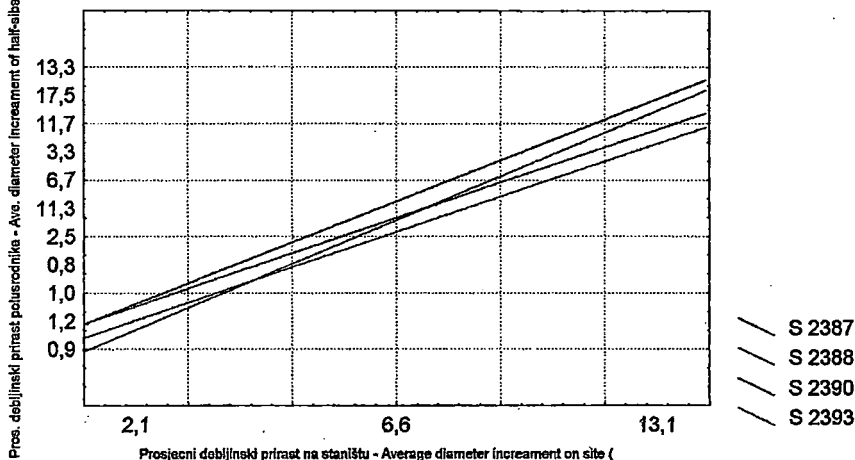




dratnih odstupanja od linije regresije, prvi su u šumarstvu proveli J o h n s t o n & S a m u e l (1978), a na značajnost interakcije genotip \times stanište upozorio je S h e l b o u r n e (1972). Danas je izučavanje interakcije genotip \times stanište i ostvarenje optimalnih modifikacija kroz interakciju obvezno u uzgajanju šumskog drveća. Ta su istraživanja primijenjena i u oplemenjivanju domaćih vrsta brzorastućih listača (K r s t i n i ć 1984, 1990, K r s t i n i ć i d r. 1990, K r s t i n i ć & K a j b a 1993).

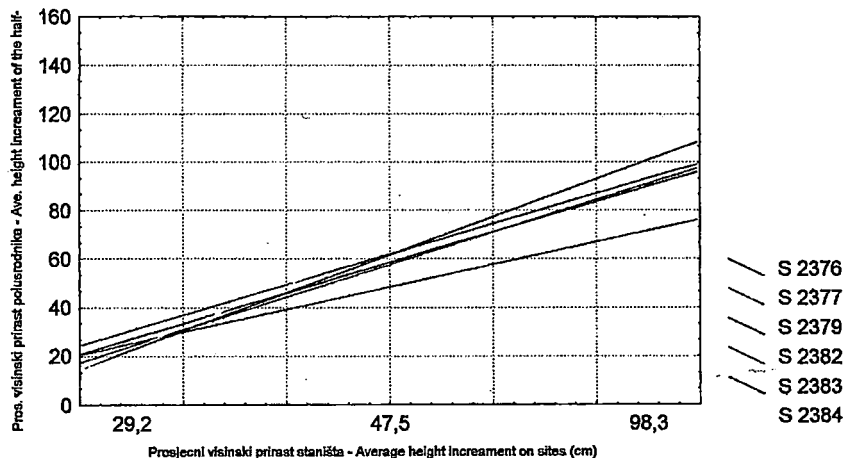
Fenotipska stabilnost debljinskog prirasta polusrodnika populacije Papuk
Phenotypic stability of diameter growth of half-sibs from Papuk population

Slika 13.
Figure 13.



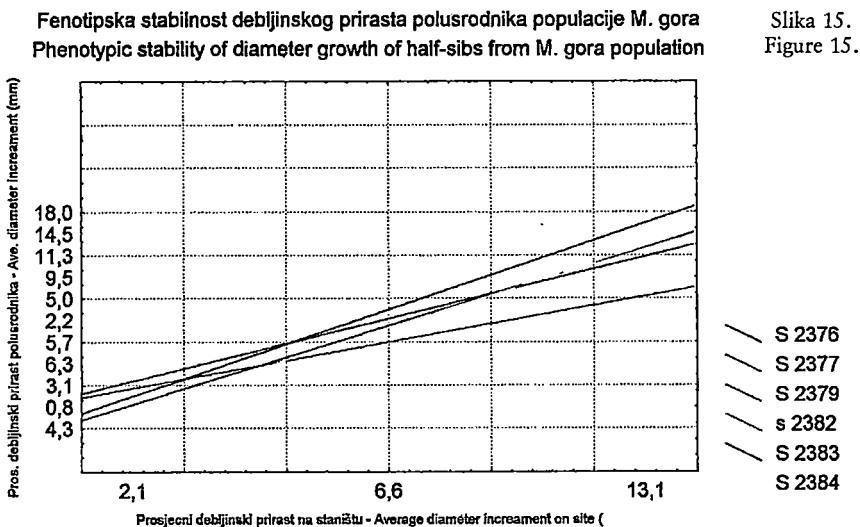
Fenotipska stabilnost visinskog prirasta polusrodnika populacije M. gora
Phenotypic stability of height growth of half-sibs from M. gora population

Slika 14.
Figure 14.



Postojanje interakcije polusrodnici \times stanište za debljinski i visinski prirast u pojedinim populacijama, testiranim na trima različitim staništima, upućuje na specifičnu adaptaciju nekih polusrodnika na uvjete testiranih lokaliteta. To je vidljivo i iz priloženih slika 10 do 15, na kojima su odnosi istih polusrodnika i staništa prikazani regresijskim pravcima.

Za izučavanje interakcije polusrodnici \times stanište primijenjena je i rang-korelacija. Vrijednosti rang-korelacije za visinu i promjer kod istih polusrodnika izučava-



nih u parovima testiranih lokaliteta imaju negativne vrijednosti te potvrđuju postojanje izrazite interakcije polusrodnici \times stanište.

Zanimljivo je primijetiti kako su odnosi visine i promjera kod istih polusrodnika, u svim trima terenskim pokusima imali visoke vrijednosti rang-korelacije (r_{rang}), 0,87, 0,86 i 0,87. To pokazuje da totalne visine i promjeri visoko koreliraju, te da polusrodnici izrazite dinamike visinskog prirasta uključuju i dobar debljinski prirast, što može biti od važnosti pri selekciji fenotipski najboljih stabala u populaciji i testiranju potomstva.

NASLJEDNOST VISINA, PROMJERA I BROJA GRANA U POPULACIJAMA TESTIRANIMA U RAZLIČITIM TERENSKIM POKUSIMA HERITABILITY OF HEIGHTS, DIAMETERS AND NUMBER OF BRANCHES IN POPULATIONS TESTED ON DIFFERENT FIELD EXPERIMENTS

Vrijednost nasljednosti kod totalne visine bila je za testirane populacije $h^2 = 0,41$ (pokusna ploha Bosiljevo), $h^2 = 0,46$ (pokusna ploha Dišnice) i $h^2 = 0,38$ (pokusna ploha Stoblovac).

Vrijednost nasljednosti kod promjera iznad vrata korijena bila je za testirane populacije $h^2 = 0,48$ (pokusna ploha Bosiljevo), $h^2 = 0,40$ (pokusna ploha Dišnice) i $h^2 = 0,51$ (pokusna ploha Stoblovac).

Vrijednost nasljednosti kod broja grana po metru bila je za testirane populacije $h^2 = 0,56$ (pokusna ploha Bosiljevo), $h^2 = 0,48$ (pokusna ploha Dišnice) i $h^2 = 0,50$ (pokusna ploha Stoblovac).

Procjena nasljednosti (h^2) istraživanih populacija u različitim testovima prove-nijencija i polusrodnika obične breze za visinu, promjer i broj grana pokazala je

kako među testiranim populacijama i familijama te na individualnoj razini postoji vrlo izrazita heterogenost. Konstantnost dobivenih vrijednosti u različitim terenskim pokusima upućuje na postojanje genetske heterogenosti na svim testiranim lokalitetima.

Procjena genetskih parametara za više svojstava kod obične breze izučavana je u familijama punih srodnika u dobi od 12 godina u južnoj Finskoj. Procjena genetske heterogenosti (nasljednosti), u užem smislu, za volumni, visinski i debljinski prirast iznosila je $h^2 = 0,12$ (N e p v e u & V e l l i n g 1983).

Procjena nasljednosti kod visinskoga prirasta računata je u različitoj dobi do 9 godina. Imala je visoke vrijednosti i kretala se od $h^2 = 0,91$ do $h^2 = 0,97$ (K ö n i g 1971). Poslije je (K ö n i g 1982) upozorio na dobivene različite rezultate. Uz polusrodnike i topkros, polikros i dialel križanja procjena i realizacija genetske dobiti uvelike je ovisila o bonitetu staništa na kojima je testirano potomstvo obične breze.

Spoznaja o varijabilnosti tih svojstava dokazuju da i parametri nasljednosti nisu konstantne veličine, već se mijenjaju glede dobi i pri testiranju potomstava iz istih populacija, kada su testirana u različitom okolišu. Osrednji stupanj genetske kontrole pokazao je svoju konstantnost u različitim terenskim pokusima. Manje vrijednosti genetske heterogenosti djelomično mogu biti objašnjene općenito visokim vrijednostima varijanci okoliša. Procjena h^2 (u užem smislu) značajnija je od h^2 (u širem smislu) u provedenoj selekciji populacija u prvoj generaciji, jer h^2 (u širem smislu) predstavlja gornji limit koji može biti ostvaren selekcijom, o čemu se mora voditi računa pri procjeni.

Među testiranim familijama utvrđena je vrlo značajna genetska heterogenost, te bi bilo važno i dalje pratiti razinu genetske kontrole gospodarski važnih svojstava tijekom ontogenetskog razvoja u uvjetima promjenjivih čimbenika okoliša, jer nisu konstantne veličine. Promjenjive vrijednosti nasljednosti dobivene su kod različitih vrsta četinjača (Y i n g & M o r g e n s t e r n 1979, N i e n s t a e d t & R i e m e n s c h n e i d e r 1985, i drugi) te kod brzorastućih listača (H i c k s et al. 1977, B o r r a l h o et al. 1992, i drugi). Vrijednosti nasljednosti pokazuju promjene u genetskoj kontroli u okolišu koje su nastale nakon starjenja.

PROCJENA GENETSKIH PARAMETARA ZA VISINU, PROMJER IZNAD VRATA KORIJENA I BROJ GRANA ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS FOR THE HEIGHTS, DIAMETERS ABOVE THE GROUND AND NUMBER OF BRANCHES

Procjene nasljednosti (h^2) totalnih visina, promjera iznad vrata korijena i broja grana imale su vrijednosti od 0,38 do 0,56 za istraživane populacije testirane na trima lokalitetima. Dobivene vrijednosti procjene nasljednosti pokazuju da su ta svojstva pod osrednjim stupnjem genetske kontrole. Iz dobivenih rezultata može se također zaključiti i postojanje izrazite genetske varijabilnosti tih svojstava u populacijama iz Hrvatske. Dobivene vrijednosti nasljednosti upućuju na stabilnost istraživanih svojstava na svim testiranim lokacijama, odnosno na sličnu genetsku heterogenost glede istraživanih svojstava.

Tablica 11. Procjena genetske heterogenosti, odnosno nasljednosti (h^2), genetskoga koeficijenta varijabilnosti (G.C.V. %) i genetskog poboljšanja (ΔG) za svojstva istraživanih populacija testiranih na trima pokusnim plohama

Table 11. Estimate of genetic heterogeneity/heritability (h^2), genetic coefficient of variability (G.C.V. %) and genetic gain (ΔG) for the investigated traits of tested populations on three different field plots

Pokusna ploha Bosiljevo – Field plot Bosiljevo

Svojstvo	h^2	G.C.V. %	ΔG	ΔG (%)
Visina – Height	0,41	5,34	19,19	17,73
Promjer – Diameter	0,48	9,98	2,58	33,86
Broj grana – No. of branches	0,56	10,49	2,52	36,00

Pokusna ploha Dišnice – Field plot Dišnice

Svojstvo	h^2	G.C.V. %	ΔG	ΔG (%)
Visina – Height	0,46	8,47	72,25	23,17
Promjer – Diameter	0,40	12,04	12,80	32,10
Broj grana – No. of branches	0,48	10,27	0,92	19,80

Pokusna ploha Stoblovac – Field plot Stoblovac

Svojstvo	h^2	G.C.V. %	ΔG	G (%)
Visina – Height	0,38	13,80	69,76	12,07
Promjer – Diameter	0,51	12,87	19,51	24,30
Broj grana – No. of branches	0,50	10,96	1,26	22,12

Genetska dobit uzgojem polusrodnika od selekcioniranih plus stabala, dobivenih slobodnim oprašivanjem u prirodnim sastojinama, općenito je mala jer su svojstva za koja se stabla selekcioniraju poligena, a nasljeđuju se najčešće po aditivnom modelu nasljeđivanja. Roditeljska stabla su heterozigotna, a oplodena su uglavnom inferiornim muškim roditeljima, zbog čega je vrlo često izračunata nasljednost (h^2) mala (K r s t i n i ć 1967, 1976, G r a č a n 1972, Z o b e l & T a l b e r t 1984, N a m k o o n g et al. 1988).

Dobivene vrijednosti genetske heterogenosti u populacijama obične breze u Hrvatskoj upućuju na veliku mogućnost ostvarenja genetske dobiti selekcijom.

Procjene genetskog poboljšanja (ΔG) za istraživana svojstva (visina, promjer i broj grana) na trima različitim lokalitetima u prosjeku su iznosile (ΔG %): za visine 17,66 %, za promjer 30,09 % i za broj grana po metru 25,97 %. Dobivene vrijed-

nosti pokazuju da se kod obične breze, kao brzorastuće vrste, može ostvariti značajno genetsko poboljšanje. Zbog izrazite unutarpopulacijske varijabilnosti na individualnoj razini i na razini familija najbolje je rezultate moguće dobiti selekcijom najboljih stabala svake populacije, te osnivanjem jedinstvene klonske sjemenske plantaže, upotrebive za sve istraživane populacije. Uz postojeće vrijednosti genetskog poboljšanja za visinski i debljinski prirast moguće je očekivati dva do tri puta veći volumni prirast (N a n s o n 1968).

Odabirom najboljih stabala u selekcioniranim familijama polusrodnika i osnivanjem druge generacije klonske sjemenske plantaže ostvarila bi se mnogo veća ukupna genetska dobit ($\Sigma\Delta G$). Genetsko bi poboljšanje u prosjeku tada, prema rezultatima dobivenima na trima pokusnim plohama, iznosilo: za visinu 56,86 %, za promjer iznad vrata korijena 85,51 % te za broj grana po metru 92,71 %.

Analizom kovarijanci za istraživana svojstva (visina, promjer i broj grana) dobivene su visoke pozitivne vrijednosti fenotipske korelacije (r_{phxy}), dok su vrijednosti genotipske korelacije (r_{gxy}) imale negativne ili nerealne vrijednosti (tablica 12). Te su vrijednosti procjene genetske korelacije nastale kao rezultat velikih iznosa varijanci i greške u pokusu (velike standardne greške genetske korelacije), koja nastaje kao rezultat postojanja izrazite interakcije polusrodnici \times stanište. Negativna genotipska korelacija visine i promjera, te promjera i broja grana (pokusna ploha Bosiljevo) pokazuje kako selekcija za jedno od tih svojstava isključuje drugo svojstvo.

Čini se da visoke pozitivne vrijednosti fenotipske korelacije upućuju na nedjelotvornost nasljeđa za ta svojstva, unatoč dobivenim vrijednostima genetske heterogenosti (h^2). Dobivene vrijednosti fenotipske korelacija (r_{phxy}) za parove svojstava pokazuju da je selekcija za jedno svojstvo pod jakim utjecajem okoliša i za drugo svojstvo.

Tablica 12. Procjena fenotipske i genotipske korelacije
Table 12. Estimation of phenotypic and genotypic correlation

Pokusna ploha Bosiljevo – Field plot Bosiljevo

		Visina	Promjer	Broj grana
Visina	Fenotipska korelacija	-	-	-
	Genotipska korelacija	-	-	-
Promjer	Fenotipska korelacija	0,94	-	-
	Genotipska korelacija	-0,77	-	-
Broj grana	Fenotipska korelacija	0,81	0,61	-
	Genotipska korelacija	0,00	-0,46	-

Pokusna ploha Dišnice – Field plot Dišnice

		Visina	Promjer	Broj grana
Visina	Fenotipska korelacija	-	-	-
	Genotipska korelacija	-	-	-
Promjer	Fenotipska korelacija	0,50	-	-
	Genotipska korelacija	0,80	-	-
Broj grana	Fenotipska korelacija	0,98	0,90	-
	Genotipska korelacija	0,00	0,00	-

Pokusna ploha Stoblovac – Field plot Stoblovac

		Visina	Promjer	Broj grana
Visina	Fenotipska korelacija	-	-	-
	Genotipska korelacija	-	-	-
Promjer	Fenotipska korelacija	0,95	-	-
	Genotipska korelacija	0,00	-	-
Broj grana	Fenotipska korelacija	0,97	0,05	-
	Genotipska korelacija	0,00	0,07	-

Procjenom nasljednosti pomoću regresije roditelj – potomstvo dobivene su male vrijednosti genetske heterogenosti, a testirane su na trima različitim lokalitetima. Za visinski prirast procjena nasljednosti (h^2) kretala se, zavisno od terenskoga pokusa, od negativne procjene $h^2 = -0,09$ (test Bosiljevo) do $h^2 = 0,10$ (test Kutina), odnosno $h^2 = 0,25$ u testu Slatina. Negativne vrijednosti, ili vrijednosti veće od jedan dobivene u procjenama nasljednosti, uvjetovane su fenomenom juvenilnog stadija pokusnih uzoraka ili nastaju kao rezultat isključenja blokovske i stanišne komponente varijance (A d a m s & J o l l y 1977, H i c k s et al. 1977). Procjena genetske heterogenosti za debljinski prirast iznosila je $h^2 = 0,03$ (test Bosiljevo), $h^2 = 0,07$ (test Kutina) i $h^2 = 0,21$ (test Slatina).

Vidljivo je kako procjene nasljednosti obračunate putem regresije majka – potomstvo imaju mnogo niže vrijednosti u odnosu na procjene dobivene analizom varijanci. Osim prije navedenih poteškoća u procjeni nasljednosti putem regresije mora se voditi računa o tome da bi heterogenost u slučajnom uzorku, kada bi ravnomjerno zastupao cijelu populaciju, imala mnogo višu vrijednost. Na osnovi naših objektivnih kriterija izabrali smo fenotipski iznatprosječna stabla, što je, uza sve probleme s procjenama prosječnog prirasta roditelja i potomstva, uvjetovalo niske vrijednosti nasljednosti. Izborom plus stabala, genetski sličnih stabala u danoj populaciji, dobiva se manja vrijednost h^2 u odnosu na sve predstavnike jedne populacije.

Također je izračunato genetsko poboljšanje putem regresije majka – potomci najčešće nerealno iz više razloga, kao što je. neadekvatna metoda procjene vrijednosti nasljednosti (H a t t e m e r 1963) ili umanjene vrijednosti selekcijskog diferencijala (i) zbog provedenih uzgojnih zahvata u gospodarskim šumama (uzgojnim su zahvatima odstranjena inferiorna stabla). Na ovaj se način i ne procjenjuje genetska heterogenost populacije u kojoj se stabla selekcioniraju, već samo onog dijela populacije u kojemu je obavljena selekcija, što rezultira većom genetskom homogenošću roditeljskih stabala i potomstva, pa je izračunata nasljednost mala (Krstinić & K a j b a 1991).

Procjene fenotipske, genotipske i okolišne komponente varijanci prikazane su u tablici 13. Procjena okolišne varijance imala je mnogo veći udio za sva svojstva i u svim trima terenskim pokusima (prosječno 79,82 %) u odnosu na genotipsku varijancu (prosječno 20,24 %).

Tablica 13. Procjena fenotipske, genotipske i okolišne komponente varijance
Table 13. Estimation of phenotypic, genotypic and environmental compounds of variances

Pokusna ploha Bosiljevo – Field plot Bosiljevo

Svojstvo	Varijanca		
	Fenotipska	Genotipska	Okolišna
Visina	730,80	157,63 (21,57 %)	573,17 (78,43 %)
Promjer iznad korijena	10,80	2,26 (20,92 %)	8,54 (79,08 %)
Broj grana	12,26	1,76 (14,36 %)	10,50 (85,64 %)

Pokusna ploha Dišnice – Field plot Dišnice

Svojstvo	Varijanca		
	Fenotipska	Genotipska	Okolišna
Visina	541,17	127,93 (23,64 %)	413,12 (76,36 %)
Promjer iznad korijena	14,82	3,76 (25,40 %)	11,06 (74,60 %)
Broj grana	10,42	1,28 (12,26 %)	9,14 (87,74 %)

Pokusna ploha Stoblovac – Field plot Stoblovac

Svojstvo	Varijanca		
	Fenotipska	Genotipska	Okolišna
Visina	624,13	169,26 (27,12 %)	454,87 (72,88 %)
Promjer iznad korijena	15,28	3,23 (21,16 %)	12,05 (78,84 %)
Broj grana	9,86	1,55 (15,70 %)	8,31 (84,3 %)

PREŽIVLJAVANJE POLUSRODNIKA U TERENSKIM POKUSIMA
SURVIVAL OF HALF-SIBS IN FIELD EXPERIMENTS

Na pokusnoj plohi Dišnice (Šumarija Kutina), u dobi pokusa od 1 + 6 godina, polusrodnici iz domaće populacije Moslavačka gora preživljavali su od 33 do 87 %; prosječno 55 %. Polusrodnici iz populacije Dotrščina imali su raspon preživljavanja od 49 do 88 %, a prosječno za populaciju 61 %. Polusrodnici iz populacije Papuk na ovoj su pokusnoj plohi preživljavali od 32 do 72 %, a u prosjeku 50 %.

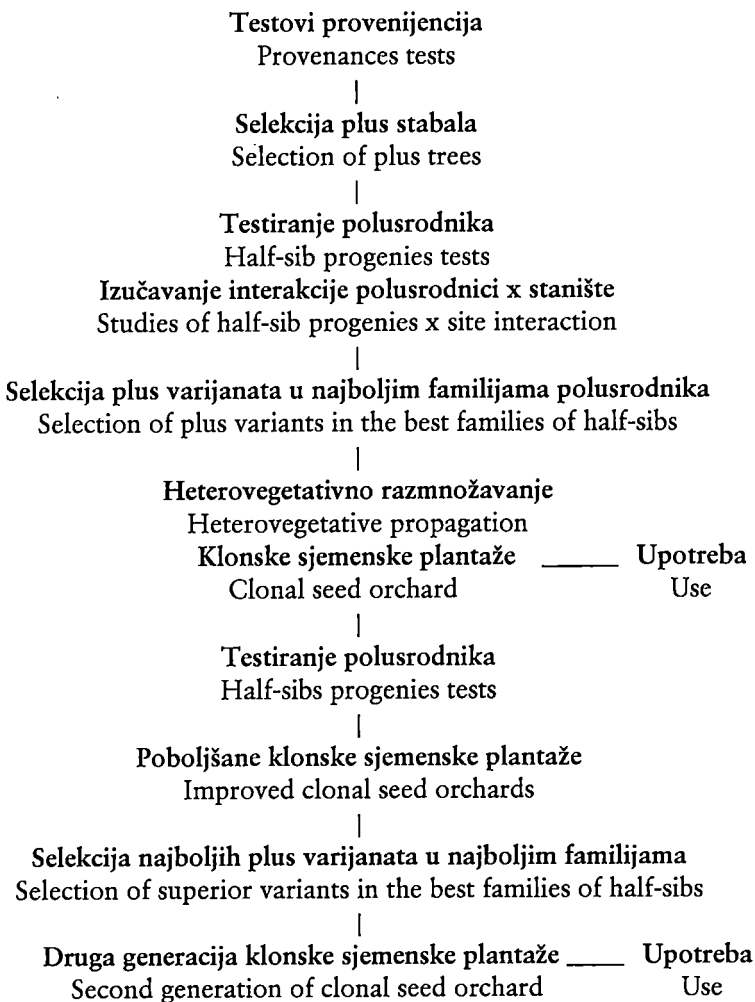
Pokusna ploha Stoblovac (Šumarija Slatina) poorana je prije osnivanja pokusa, a podaci o preživljavanju dani su za dob 1 + 6 godina. Polusrodnici iz domaće populacije Papuk preživljavali su od 53 do 85, %, prosječno 71 %. Polusrodnici iz populacije Dotrščina preživljavali od 54 do 75 %, a populacija prosječno 67 %. Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora na ovoj su pokusnoj plohi preživljavali od 60 do 86 %, a populacija prosječno 74 %.

Na pokusnoj plohi Bosiljevo (Šumarija Duga Resa), u dobi pokusa od 1 + 4 godina, polusrodnici iz domaće populacije preživljavali su od 17 do 38 %, prosječno 30 %. Polusrodnici iz populacije Dotrščina imali su raspon u preživljavanju od 21 do 63 %, a populacija prosječno 41 %. Polusrodnici iz populacije Papuk na ovoj su pokusnoj plohi preživljavali od 33 do 58 %, u prosjeku 41 %. Polusrodnici iz populacije Moslavačka gora preživljavali su od 21 do 54 %, a populacija prosječno 38 %.

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da su vrijednosti preživljavanja među polusrodnicima u svakoj populaciji imale širok raspon, a prosjeci su na populacijskoj razini na svakom pojedinom staništu bili približno iste vrijednosti. Gubici na pokusnoj plohi Stoblovac bili su najmanji, jer je prije osnivanja pokusa zemljište obrađeno, dok su najslabiji rezultati dobiveni na bujadnicama terenskog pokusa u Bosiljevu. Može se zaključiti da se pripremom zemljišta može znatno povećati uspjeh osnivanja kultura obične breze. Obična je breza vrsta vrlo osjetljiva na presadnju, te se korištenjem kvalitetnih sadnica u dobi 1 + 0 godina, a ne 2 + 0, mogu izbjeći gubici pri osnivanju nasada. Dopunjavanjem dvogodišnjim sadnicama na plohi u Bosiljevu imali smo potpuni gubitak, iako se radilo o domaćoj populaciji. Na toj su pokusnoj plohi zabilježeni i najveći gubici od divljači, a potrebno je i češće čišćenje od bujadi u prvim godinama od osnivanja kultura.

Velike štete od divljači primijećene su već prvih godina nakon osnivanja pokusnih ploha pri evidentiranju preživljavanja, jer objekti nisu ograđeni. Neke od sadnica koje su bile izgrižene pri zemlji, a koje smo čepovali, poslije su potjerale, dok smo kod drugih šteta formirali sadnice za daljnji rast, ali ih nismo uključivali u obradu podataka.

Model oplemenjivanja obične breze na osnovi provedenih istraživanja u Hrvatskoj
Model of improvement for silver birch on the basis of carried out research in Croatia



Cilj postizanja otpornosti na sisavce, biljojede, od posebne je važnosti pri uzgoju obične breze i potaknuo je istraživanja, osobito u skandinavskim zemljama. Voluharica (*Microtus* sp.), zec (*Lepus* sp.) i europski los (*Alces alces*) mogu praktički uništiti mlade nasade (Koski 1991, Raulo & Lähde 1977, Rousi 1988, Danell & Huss-Danell 1985).

ZAKLJUČCI – CONCLUSIONS

1. Istraživane adultne populacije i familije polusrodnika obične breze iz Hrvatske (Moslavačka gora, Papuk, Banovina, Dotrščina) iskazale su značajniju unutarpopulacijsku varijabilnost visinskoga i debljinskog prirasta, broja grana, te morfoloških svojstava lista i ploda u odnosu na varijabilnost između testiranih populacija.

2. Rezultati izmjera visina, promjera i broja grana u polusrodnika iz istraživanih populacija, testiranih na trima različitim lokalitetima, pokazali su u svakoj populaciji vrlo izrazitu i statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost. Među-populacijska varijabilnost nije dala statistički značajne razlike za ta istraživana svojstva.

3. Istraživanjem fenotipske stabilnosti visina i promjera u istih polusrodnika, testiranih na trima različitim lokalitetima, dobiven je značajan utjecaj staništa, što je izraženo znatnim modifikacijama. Statistički značajne razlike za interakciju polusrodnici \times stanište u pojedinim pokusnim plohama upućuju i na postojanje specifične adaptacije pojedinih polusrodnika.

4. Procjenom genetskih parametara za visinu, promjer iznad vrata korijena i broj grana utvrđeno je da ta svojstva pripadaju skupini osrednje genetske kontrole, uz njihove podjednake procjene genetske heterogenosti (h^2) u svim trima terenskim pokusima. Vrijednosti očekivane genetske dobiti pokazuju da se može ostvariti značajno genetsko poboljšanje u volumnom prirastu selekcijom najboljih familija i plus varijanata u familijama unutar istraživanih populacija te osnivanjem druge generacije klonske sjemenske plantaže.

5. Analizom kovarijanci među istraživanim svojstvima (visina, promjer iznad vrata korijena i broj grana) dobivene su negativne genotipske vrijednosti te pozitivne visoke vrijednosti fenotipske korelacije. Velik udio okolišne komponente varijance u ukupnoj fenotipskoj varijanci rezultat su postojanja izrazite interakcije polusrodnici \times stanište.

6. Morfometrijska istraživanja svojstava lista u polusrodnika iz istraživanih populacija utvrdila su postojanje statistički značajne unutarpopulacijske varijabilnosti kod svih mjerenih svojstava. Većinom negativne vrijednosti korelacije kod morfoloških svojstava lista među polusrođnicima, testiranima na trima različitim lokalitetima, upućuju kako su ta svojstva pod jakim utjecajem staništa. Za procjenu među-populacijske varijabilnosti može poslužiti broj postranih žila te udaljenost od baze do najšireg dijela lista. Ta bi se svojstva ubuduće mogla koristiti u istraživanju genetske raznolikosti među lokalnim populacijama.

7. Provedena morfometrijska istraživanja lista u adultnih stabala iz istraživanih populacija utvrdila su postojanje vrlo istaknute, statistički značajne varijabilnosti za sva mjerena svojstva u svakoj populaciji. Za procjenu međupopulacijske varijabilnosti najbolje je uzeti broj postranih žila. Za to su svojstvo dobivene statistički značajne razlike među testiranim populacijama. Nije utvrđeno postojanje morfološke različitosti među listovima uzimanih s plodnih i sterilnih izbojaka.

8. Utvrđena je vrlo izrazita statistički značajna unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost širine ploda i širine krilca ploda. Dobivene visoke vrijednosti nasljednosti (h^2), te vrijednosti genetske i fenotipske korelacije pokazuju da su ta svojstva pod visokom genetskom kontrolom i malim utjecajem okolišnih čimbenika.

9. Sjeme obične breze potrebno je, zbog malog udjela punog sjemena, slabe klijavosti i poludormantnosti, stratificirati u vlažnom tresetu ili ga držati navlaženoga najmanje 48 sati prije sjetve. Pri prijelazu biljke iz stadija kotiledona u mladu biljku s listovima nužno je osigurati minimalnu temperaturu od 16° C, uz optimalno navlaživanje i svjetlo.

10. Varijabilnost totalnih visina dvogodišnjih sadnica kod uzgojenih je polu-srodnika iskazala statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost u istraživanim populacijama. Statistički nije utvrđeno postojanje međupopulacijske varijabilnosti.

11. Preživljavanje u terenskim pokusima iskazalo je velike gubitke, koji se mogu izbjeći uporabom kvalitetnih sadnica u dobi 1 + 0 godina, obradom zemljišta prije sadnje i zaštitom osnovanih kultura od divljači.

12. Na osnovi provedenih istraživanja unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti obične breze u Hrvatskoj može se zaključiti da je tip varijabilnosti klanalan, odnosno da ne postoji jasno izražen genetski diskontinuitet lokalnih populacija.

LITERATURA – REFERENCES

- Adams, W. T., & R. J. Jolly, 1977: Analysis of genetic variation for height growth and survival in open-pollinated progenies of eastern white pine. Proc. Northeast For. Tree Improv. Conf. 25: 117 – 131.
- Baker, W. A., 1984: Manual of Quantitative Genetics. Academic Enterprises, Pullman, 188 pp, Wageningen.
- Brodie, I., 1990: Birch provenance proposals for Scotland. Scottish Forestry 44: 94 – 100.
- Coyle, B. F., T. L. Sharik & P. P. Feret, 1982: Variation in Leaf Morphology among Disjunct and Continuous Populations of River Birch (*Betula nigra* L.). Silvae Genetica 31: 122 – 125.
- Danic, B. P., & B. V. Barnes, 1972: Natural Variation and Hybridization of Yellow Birch and Bog Birch in Southeastern Michigan. Silvae Genetica 21: 1 – 9.
- Danell, K., & K. Huss – Danell, 1985: Feeding by insects and hares on birches earlier affected by moose browsing. Oikos 44 (1): 75 – 81.
- Erkén, T., 1972: Results of progeny trials with birch in Middle and Upper Norrland. Sveriges Skogsvrdsförb, Tidskrift 5: 437 – 476.

- Gardiner, A. S., & J. N. R. Jeffers, 1962: Analysis of the Collective Species *Betula alba* L. on the basis of Leaf Measurements. *Silvae Genetica* 11: 156 – 161.
- Gardiner, A. S., & N. J. Pearce, 1978: Leaf-shape as an indicator of introgression between *Betula pendula* and *B. pubescens*. *Trans. Bot. Soc. Edinb.* 43: 91 – 103.
- Gimingham, C.H., 1984: Ecological aspects of birch. In *Birches*. Eds D.M. Henderson and D. Mann. *Proc. Royal Soc. Edinb.*, 85 B: 65 – 72.
- Good, J. E. G., & T. G. Williams & D. Moss, 1985: Survival and growth of selected clones of birch and willow on restored opencast coal sites. *J. Applied Ecol.*, 22: 995 – 1008.
- Gračan, J., 1972: Varijabilnost i nasljednost nekih svojstava evropskog ariša populacije Varaždinskeg. Magistarski rad, 121 str., Zagreb.
- Habjörg, A., 1972: Effects of photoperiod and temperature on growth and development of three latitudinal and three altitudinal populations of *Betula pubescens* Ehrh. *Medd. Nor. Landbr. Hogsk.* 51(2) : 131 – 139.
- Hamrick, J. L., & H. M. Blanton & K. J. Hamrick, 1989: Genetic structure of geographically marginal populations of ponderosa pine. *Amer. J. Bot.* 76 (11): 1559 – 1568.
- Hattemer, H. H., 1963: Estimates of Heritability Published in Forest Tree Breeding Research. *World Consul. on For. Gen. and Tree Improv.*, 2a/3, 14 pp., Stockholm.
- Hicks, R. R., Jr., & G. Rink & B. E. Custer, 1977: Variation and heritability of seedling height in East Texas sycamore and river birch. *Proc. Northeast For. Tree Improv. Conf.* 25: 133 – 137.
- Iliev, I., 1987: Fizični i fiziološki kačestva na semenata ot bradavičesta breza (*Betula pendula* Ehrh.). *Gorsko stopanstvo* 1: 17 – 19.
- Jentys – Szafrova, J., 1951: Analysis of the collective species *Betula alba* L. on the basis of leaf measurements. Part III: *Betula oycoviensis* Bess. and *Betula obscura* Kotula. Determination on the basis of a single leaf. *Bulletin Acad. Pol. Sci. Lett. (B)*, 1.
- Johnsson, H., 1951: Avkommeprövning av björk – preliminära resultat fran unga försöksplanteringar. *Svensk Papperstidning* Nr 11 – 12:1 – 30.
- Johnsson, H., 1977: Syd- och nordflyttning av björkprovenienser. Summary: South- and north dislocation of birch provenances. *Föreningen skogsträdsförädling, Instituteten för skogsförbättring, Yearbook 1976*: 48 – 61.
- Johnstone, B. C. R., & C. J. A. Samuel, 1978: The interaction between genotype and site: its influence on tree selection programmes in Britain. *Eighth World Forestry Congress, Jakarta* 18 p.
- Kajba, D., 1991: Procjena genetskog heterogeniteta-nasljednosti i genetske dobiti za neka gospodarski važna svojstva u klonskim testovima stablastih vrba. *Šum. list* 10 – 12: 449 – 460.
- Kantor, J., 1950: Pøispivek k pistìni bàizy. 397 – 478, Praha.
- Kaya, Z., & A. Temerit, 1994: Genetic Structure of Marginally Located *Pinus nigra* var. *pallasiana* Populations in Central Turkey. *Silvae Genetica* 43 (5/6): 272 – 277.
- Kleinschmit, J., & H. J. Otto, 1980: Prüfung von Birkenherkünften und Einzelbäumen sowie Züchtung mit Birke. *Forst- und Holzwirt* 35 (5): 81 – 88.
- Kleinschmit, J., & J. Svobla, 1982: Prüfung von Birkenherkünften und Einzelbäumen-erste Ergebnisse der Feldversuche. *Der. Forst- und Holzwirt* 10: 257 – 263.
- Koski, R., 1991: Experience with genetic improvement of birch in Scandinavia. In: Lorrain-Smith & Worrel (ed.) *The commercial potential of birch in Scotland*: 67 – 74.
- König, A., 1971: Entscheidungshilfen für die Forstpflanzenzüchtung. *Allg. Forst Zeitschrift*.

- K ö n i g, A., 1982: Some problems involved in the application of conventional quantitative genetic models in birch breeding. IUFRO-Working Parties "Genetics" (S 2.04.01-03,05) at Escherode from Sep 6th – 10th.
- K r s t i n i ć, A., 1967: Varijabilnost i nasljednost visina i broja grana kod bijele vrbe (*Salix alba* L.) populacija Bakovci i Lipovljani. Šum. list 1/2: 27 – 49.
- K r s t i n i ć, A., 1976: Varijabilnost bujnosti rasta i pravilnosti debla hibrida bijele vrbe (*Salix alba* L.) i krhke vrbe (*Salix fragilis* L.). Glas. šum. pokuse 19: 103 – 245.
- K r s t i n i ć, A., 1984: Fenotipska stabilnost, adaptabilnost i produktivnost nekih klonova stablastih vrba. Glas. šum. pokuse, pos. izd. 1: 5 – 24.
- K r s t i n i ć, A., 1990: Fenotipska stabilnost, adaptabilnost i produktivnost nekih klonova stablastih vrba II. Šum. list 6 – 8: 227 – 235.
- K r s t i n i ć, A., Ž. M a j e r & D. K a j b a, 1990: Utjecaj staništa i klona na produkciju drvne mase u kulturama stablastih vrba na dunavskim adama kod Vukovara. Šum. list 1/2: 45 – 63.
- K r s t i n i ć, A., & D. K a j b a, 1993: Oplemenjivanje brzorasućih listača. Glas. šum. pokuse, pos. izd. 4: 59 – 72.
- M o r k, E., 1944: Om bjokefruktens bygning, modning og spiring. Medd.Det Norske Skogforsoksv. 8.
- N a m k o o n g, G., H. C. K a n g & J. S. B r o u a r d, 1988: Tree Breeding: Principles and Strategies. Springer – Verlag, 180 pp., New York.
- N a n s o n, A., 1968: Perspectives d'amélioration en premiere generation par selection des provenances. *Silvae Genetica* 17: 130 – 132.
- N e p v e u, G., & P. V e l l i n g, 1983: Rauduskoivun puuaineen laadun geneettinen vaihtelu. *Folia Forestalia*, Institutum Forestale Fenniae, No. 575, 21 pp.
- N i e n s t a e d t, H., & D. E. R i e m e n s c h n e i d e r, 1985: Changes in heritability estimates with age and site in white spruce, *Picea glauca* (Moench) Voss. *Silvae Genetica* 34: 34 – 41.
- O c v i r e k, M., & S. O r l i ć, 1988: Rasadnička proizvodnja obične breze (*Betula pendula* Roth), prvi rezultati. *Radovi* 23 (75): 109 – 113.
- O c v i r e k, M., & S. O r l i ć, 1994: Prilog istraživanjima kultura i uspijevanja obične breze. *Radovi* 29 (1): 49 – 58.
- P e i n a d o, M., & G. M o r e n o, 1989: The genus *Betula* (*Betulaceae*) in the Sistema Central (Spain). *Willdenowia* 18: 343 – 359.
- R a u l o, J., 1977: Development of dominant trees in *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh. plantations. *Met. Julk.* 90.4: 3 – 14, Helsinki.
- R a u l o, J., & E. L ä h d e, 1977: Rauduskoivun viljelytuloksia Lapissa. *Folia Forestalia*, Institutum Forestale Fenniae No. 325, 10 pp.
- R a u š, Đ., & J. V u k e l i ć, 1986: Vegetacijske i strukturne osobine fitocenoza obične breze (*Betula pendula* Roth.) na Psunju. Šum. list 5 – 6: 177 – 187.
- R a u š, Đ., & S. M a t i ć, 1994: Istraživanja vegetacijskih i uzgojnih problema obične breze (*Betula pendula* Roth.) na području Požege i Slatine. Glas. šum. pokuse 30: 337 – 360.
- R e f e l d t, G. E., 1991: Gene Resource Management : Using Models of Genetic Variation in Silviculture. USDA-Forest Service, Genetic/Silviculture Workshop, Wenatchee, WA, USA: 31 – 44.
- R o o k, D. A., & A. M. F l e t c h e r, 1991: Research on the genetics of birch in Britain. In: Lorrain-Smith & Worrel (ed.) *The commercial potential of birch in Scotland*: 43 – 55.
- R o u s i, M., 1988: Resistance breeding against voles in birch: possibilities for increasing resistance by provenance transfers. *Bulletin OEPP* 18(2): 257 – 263.

D. Kajba: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost obične breze (*Betula pendula Roth*) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 53–108, Zagreb, 1996.

- Sarvas, R., 1952: On the flowering of birch and the quality of seed crop. Ibid. 40.
- Shelburne, C. J. A., 1972: Genotype-environment interaction: its study and its implications in forest tree improvement. Proc. IUFRO Genetics-SABRAO Joint Symposia, Tokyo.
- Shemberg, M. A., 1979: Analiz hibridnih populaciji *Betula lanata* V. Vassil v Severnom Pribaikal'je. Izvestiia Sibirskogo Otdeleniya Akademii Nauk SSSR, Biologičeskikh Nauk 3 (15): 69 – 75.
- Skenderović, J., 1990: Neke šumskouzgojne osobine obične breze (*Betula pendula* Roth.) u panonskom gorju Hrvatske. Glas. šum. pokuse 26: 361 – 377.
- Slanec, M., & Kljaić, 1985: Značaj i potreba uzgoja breze za Kombinat Belišće. Kombinat Belišće, Belišće – Bel: 4.
- Tremblay, M., & J. P. Simon, 1989: Genetic structure of marginal populations of white spruce (*Picea glauca*) and its northern limit of distribution in Nouveau-Quebec. Can. J. For. Res. 19(11): 1371 – 1379.
- Velling, P., 1979: Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa. Summary: Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. Folia For. 416 :1 – 24.
- Ying, C. C., & E. K. Morgenstern, 1979: Correlation of height growth and heritability at different ages in white spruce. Silvae Genet. 28: 181 – 185.
- Zobel, B., & J. Talbert, 1984: Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, 505 pp., New York.

INTERPOPULATION AND INTRAPOPULATION VARIABILITY OF THE SILVER BIRCH (*Betula pendula* Roth) IN A PART OF ITS HABITAT IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Summary

The researched populations of the silver birch in the territory of Croatia (Moslavačka gora, Papuk, Banovina, Dotrščina) have manifested a higher intrapopulation variability with respect to their property of height and diameter increment, the number of branches, as well as their leaf and seed morphological traits, in relation to the variability between the tested populations.

The results of measurements of height, diameter and the number of branches in the half-sibs from the researched populations, tested on three different localities, have shown inside each population a very marked and statistically significant intrapopulation variability. The interpopulation variability did not show any statistically significant differences for the said researched properties. By the research of the phenotypical stability of height and diameter in the same half-sibs, tested on three different localities, a significant influence of the site has been noted, that is manifested by considerable modifications. The statistically significant differences for the half-sibs \times site interaction on some plots indicate the existence of a specific adaptation of some half-sib. By the evaluation of genetic parameters for the property of height, the diameter above the ground level and the number of branches, these properties have been found to belong to the group of a moderate genetic control, along with their similar evaluations of genetic heterogeneity/heritability in all three field experiments. The values of the expected genetic gain indicate that an important genetic improvement in the volume production can be achieved by the selection inside the researched populations, as well as by the establishment of the second generation seed orchard. The negative genotypical correlations as well as positive high values of the phenotypical ones, and a large portion of the environmental variance component in the total phenotypical variance, result from the existence of a pronounced half-sibs \times site interaction.

The morphometrical research of leaf traits in the half-sibs and adult trees from the researched populations confirmed the existence of the statistically significant intrapopulation variability for all measured properties. Mostly negative correlation values for the leaf morphological properties, between the same half seeb tested on three different localities, suggest that these properties are strongly affected by the site. For the evaluation of the interpopulation variability the traits such as the number of veins and the distance between the leaf base and the leaf widest part may be used. In the future these traits might be used in the research of genetic diversity

between local populations. The existence of the morphological diversity between leaves taken from fertile shoots and those taken from sterile ones has not been found.

A strongly marked and statistically significant intrapopulation and interpopulation variability has been found for the properties of seed width and width of half-wing. The obtained high heritability values (h^2), as well as values of the genetic and phenotypical correlation, suggest that these properties are under a high genetic control and slightly affected by environment factors. Due to a small portion of the full seed, a poor germinability and the semi-dormancy, the silver birch seed should be stratified in wet peat or be kept wetted for at least 48 hours prior to sowing. At the plant transition from the cotyledon into a young plant with leaves, it is necessary to ensure the minimum temperature of 16 °C, with optimal wetting and light.

The variability of two-year seedling total heights in the cultivated half-sibs has shown a statistically significant intrapopulation variability in the researched populations. Statistically, the existence of the interpopulation variability has been determined.

The survival in the field experiments showed high losses which can be avoided by using good quality seedlings aged 1+0 year, land preparation and protection of established plantations against the game.

On the basis of the carried out research of the silver birch intrapopulation and interpopulation variability in the region of Croatia, it can be concluded that the variability is of clinal type, i.e. that the clearly marked genetic discontinuity of local populations does not exist.

Author's address:
Davorin Kajba
Faculty of Forestry
HR – 10 000 Zagreb
P. O. Box 178

JURO ČAVLOVIĆ

SUSTAVNA DINAMIKA U PLANIRANJU GOSPODARENJA REGULARNIM ŠUMAMA NA PODRUČJU UPRAVE ŠUMA ZAGREB

USING SYSTEM DYNAMICS IN EVEN-AGED FORESTS
MANAGEMENT IN THE AREA OF THE ZAGREB FOREST DISTRICT

Prispjelo: 12. 6. 1996.

Prihvaćeno: 2. 9. 1996.

Osnovni je zahtjev koji se danas postavlja pred gospodarenje šumskim resursima trajna proizvodnja svih koristi šuma uz očuvanje stabilnosti šumskih ekosustava. Kada je riječ o gospodarenju regularnom šumom, to će biti osigurano postizanjem kompozicije normalne i stabilne šume, što se zasniva na normalnom nizu dobnih razreda.

Kako se radi o prirodnim sustavima u kojima vladaju vrlo složeni uzročno-posljedični odnosi u vremenu i prostoru, za metodu rada izabrano je sustavno dinamičko modeliranje. Projektiran je simulacijski model procesa gospodarenja regularnom šumom po metodi razmjera dobnih razreda.

Simuliranjem odgovarajućih scenarija u radu je istraživana budući razvoj razmjera dobnih razreda po površini i drvnjoj zalihi na području Uprave šuma Zagreb na različitim razinama gospodarenja unutar uređajnog razreda hrasta lužnjaka.

Simulacijsko je istraživanje pokazalo da je gospodarenje regularnom šumom definirano dinamikom oplodne sječe (načinom računanja površinskog etata glavnog prihoda) i duljinom ophodnje i da je vrlo snažan čimbenik koji utječe na buduće ponašanje (kretanje razmjera dobnih razreda, etata i drvne zalihe) zatvorenog sustava regularne šume.

Ključne riječi: potrajno gospodarenje, regularna šuma, sustavna dinamika, kretanje razmjera dobnih razreda, oplodna sječa, ophodnja

UVOD – INTRODUCTION

Gospodarenje šumama u današnjim je uvjetima vrlo složen i odgovoran posao. U jednom složenom dinamičkom sustavu nalazi se niz resursa (šumsko zemljište, šumsko drveće, životinjski svijet, ljudi, vrijeme, novac) koji su u stalnim uzajamnim i ograničavajućim odnosima (B u o n g i o r n o & G i l l e s 1987).

Upravljanje šumama i upotreba šuma i šumskih zemljišta na način i u takvoj mjeri da se očuva njihova biološka raznolikost, produktivnost, mogućnost obnove,

vitalnost i njihov potencijal za sadašnjost i za budućnost pretpostavlja ispravno donošenje odluka o vremenu, mjestu, količini i načinu korištenja šumskih resursa.

Ljudska se aktivnost može opisati kao metodično stremljenje prema ostvarenju sigurnih ciljeva. Tako je i gospodarenje šumskim resursima dosada bilo često usmjereno prema najvećoj ekonomskoj dobiti u najkraćem mogućem ophodnom razdoblju (što veći kamatnjak). To se odnosilo na smanjenje površina prirodnih i mješovitih šuma na račun podizanja monokultura brzorastućih četinjača i mekih listača. Takav način gospodarenja kratkoročno postiže uspjeh, ali ne vodi prema nužnoj potrajnoj proizvodnji svih šumskih dobara, što jamči stabilnost svih čimbenika u ekosustavu, uključujući i čovjeka. E v a n s i H i b b e r d (1990) navode da je gospodarenje prirodnim, mješovitim i raznolikim šumama ključ za ostvarenje proizvodnje svih šumskih vrijednosti.

Prema F a e s h e r u (1989) određivanje ekonomskih procesa u ekološkom kompleksu može uključiti ove sastavnice: ekonomsku djelotvornost (uspješnost), ekološke učinke, socijalnu i kulturnu pomirljivost (snošljivost).

Ekonomska se djelotvornost ogleda u maksimiziranju čiste sadašnje vrijednosti sječiive drvene zalihe i određivanju ekonomske politike (H a i g h t 1985, K a y a & B u o n g i o r n o 1987, M e d e m a & L y o n 1985).

Danas je sve aktualnije vrednovanje socioekološke funkcije šume. U tom je kontekstu značajno spomenuti istraživanja utjecaja borovih kultura na čistoću zraka u Sredozemlju (M e š t r o v i ć 1980). Djelatnosti koje uzrokuju emisiju CO₂ i sve veću njegovu akumulaciju u atmosferi trebaju biti oporezivane tako da se asimilira asimilacija CO₂ kao jedna od važnih općekorisnih funkcija šume. Primjerice, u Norveškoj je na temelju računanja optimalnog razdoblja ophodnje u smrekovoj sastojini (H o e n 1994), u koju je uključena cijena od 250 NOK za tonu asimiliranog CO₂, ophodnja produžena s 80 na 155 godina.

Estetske kvalitete šuma već se dugo vremena vrednuju kao vrlo važan proizvod šume. Studije u sjeveroistočnom dijelu SAD-a (B i r c h 1983) pokazuju da privatni šumovlasnici kao osnovne razloge posjedovanja šume navode njihovo korištenje za rekreaciju i uživanje u njihovoj estetskoj vrijednosti. Istraživanja u borovim i hrastovo-borovim sastojinama u istočnom Teksasu pokazuju da s povećanjem vremena ophodnje i čišćenjem tla ispod krošanja raste estetska vrijednost, odnosno predodžba šumske ljepote (R u d i s, G r a m a n n, R u d d e l & W e s t p h a l 1988).

Nova teorija gospodarenja šumom nastoji spojiti ekološke, ekonomske, socio-loške i kulturalne zahtjeve. U stvarnosti, još uvijek smo daleko od ostvarenja tih ciljeva. Klasična ekonomska teorija daje prednost spajanja proizvodnih čimbenika (priroda, ljudski rad i kapital) da bi se postigla što veća dobit u kapitalu. Ta načela, koja su još u praksi, razaraju prirodu u cijelom svijetu, u kojemu vlada nestabilna ravnoteža, uzrokovana pogrešnim odnosom proizvodnih čimbenika. Nužno je vratiti se stabilnoj ravnoteži, gdje priroda i ljudski rad dominiraju nad čimbenikom koji se zove "kapital".

Tradicionalni stavovi, koji se ogledaju u samom znanju, uskom gledanju na stvari, gospodarenju prirodom i proizvodnji što većega kapitala, ne odgovaraju više

zahtjevima za rješavanje ozbiljnih lokalnih, regionalnih i globalnih problema. Šumarska politika i gospodarenje šumama stalno su pod utjecajem aktualnih političkih i ekonomskih stavova, koji su uzrokovali gubitak kvalitete prirode, a s tim u svezi i gubitak kvalitete življenja u cijelom svijetu.

Prirodi podređeno gospodarenje šumama, koje se odlikuje novim načinom kreativnoga i interaktivnog razmišljanja, suradnjom s prirodom, potrajnom i uravnoteženom proizvodnjom svih šumskih dobara radi kvalitetnijeg življenja, danas je sve aktualnije. Glavni ciljevi tako usmjerenoga šumarstva po prednostima su zaštita okoliša, ostvarivanje osnovnih ljudskih potreba u prirodnim ekosustavima te ostvarivanje osnovnih potreba nacionalnoga gospodarstva zasnovanoga na drvnjoj sirovini.

U srednjoj Europi (Švicarska, Njemačka) šumari se sve više vraćaju gospodarenju šumama podređenom prirodi. To je obilježeno prebornim stablimičnim sječama, prirodnom obnovom autohtonim vrstama drveća bez teške mehanizacije i pesticida, što sve skupa rezultira miješanim, raznodobnim i raznoliko strukturiranim i stabilnim šumama (F e a s h e r 1989).

Gospodarenje šumama moći će zadovoljiti opća temeljna načela samo uz uvjet istodobnoga ostvarenja osnovnih sastavnica uređenja: prostor kao tehnička, vrijeme kao ekonomska te materija kao biološka sastavnica uređivanja (K r i ž a n e c 1992).

PREDMET I SVRHA ISTRAŽIVANJA – THE PROBLEM AND AIM OF INVESTIGATION

Kako se u ljudi počela javljati spoznaja da drvene zalihe nisu neiscrpne, šume su se počele uređivati na načelima potrajnoga šumskog gospodarenja. Pitanje potrajnosti imalo je velik utjecaj na razvoj šumarske znanosti, a posebice na razvoj znanstvene discipline uređivanje šuma. Metoda dijeljenja šume na godišnje sječine seže još u 14. stoljeće. Potrajnost je ostvarivana različitim metodama (rašestarenje po drvnjoj zalihi, rašestarenje po površini, kombinirane metode i druge) i prolazila je različite faze od stroge potrajnosti preko intenzivnoga sastojinskog gospodarenja pa do metode razmjera dobnih razreda (M i l e t i ć 1922).

Pojam proizvodne i prihodne potrajnosti zapravo je širi pojam potrajnoga šumskoga gospodarenja (U g r e n o v i ć 1922). Ostvarivanje je potrajnoga prihoda ugrađeno u tradicionalnu šumarsku teoriju i praksu i radno je načelo pri gospodarenju i upravljanju šumama. To je osnova na kojoj je šumsko gospodarstvo organizirano tako da se iz šume dobivaju svake godine (trajno) podjednaki prihodi uz osiguranje i očuvanje proizvodne sposobnosti šume (K l e p a c 1965).

Potrajno gospodarenje šumskim bogatstvom danas ima mnogo širi koncept od neprekinute proizvodnje podjednakih prihoda drvene tvari. U tom je kontekstu očuvanje šuma radi njihovih općekorisnih funkcija i genetskog potencijala mnogo važnije od neprekinute proizvodnje drvene tvari.

Kontinuirana proizvodnja podjednakih prihoda ne znači istodobno u određenim slučajevima i potrajno gospodarenje šumskim resursima (G a n e 1992). Razvoj u tom smjeru ide prema traženju puta ekonomskog progresa koji neće naškoditi blagostanju budućih generacija (P e a r c e i dr. 1989).

Šumarstvo ima dva aspekta (G a n e 1991), a može biti promatrano sa stanovišta šumskih resursa i sa stanovišta upotrebe dobara. Unutar potrajnoga šumskog gospodarenja postoji s jedne strane *ponuda* resursa (različite šumske površine ili izvori dobara, različite vrste dobara i stopa korištenja dobara), a s druge strane *potražnja* za različitim vrstama proizvoda za zadovoljenje potreba industrije, trgovine i različitih socijalnih grupa s različitom stopom potrošnje.

Resursi se mogu promatrati na različitim razinama (država, područje, gospodarska jedinica), gdje su izvori ponude velikog broja vrsta dobara različiti, pa je i potrajno šumsko gospodarenje specifično za svaku od nabrojanih razina.

U istoj je vezi i potražnja za dobrima, gdje je još uključena i sigurnost za stalnom zaposlenošću, prihodima, investicijskim aktivnostima generiranim neprekidnim pritjecanjem dobara. I na svakoj pojedinoj razini gospodarenja prema različitim okolnostima postoje specifičnosti potrajnoga šumskog gospodarenja od mjesta do mjesta. Potrajno šumsko gospodarenje ovisi o pronalaženju zadovoljavajuće kombinacije svih elemenata zasnovanoj na svakoj posebnoj situaciji ili problemu.

Potrajno šumsko gospodarenje mora uzeti u obzir sve moguće interakcije u traženju zadovoljavajuće ravnoteže između šumskih resursa i korištenja dobara, uzevši pri tome u obzir prostorne i vremenske razlike.

Prema M e š t r o v i ć u (1978) osnovno načelo potrajnosti prihoda, koje se provlači kroz sve zakonske uredbe i pravilnike za uređivanje šuma, treba poprimiti dinamičan i progresivan smisao. To će biti osigurano postizanjem kompozicije normalne i stabilne šume koja se zasniva na normalnom nizu dobnih razreda.

Potrebna je novi pristup integralnoga i dugoročnog planiranja jedinstvenim prostorom. Načelo potrajnosti prihoda treba proširiti na pojam potrajnoga šumskog gospodarenje. Ono bi postalo vodeće načelo po kojemu bi se gospodarilo šumskim resursima na razini određenoga šireg prostora. U tom je smjeru sustavna dinamika znanstvena disciplina koja može pružiti snažnu podršku pri upravljanju najsloženijim sustavima u kojima vladaju interaktivna međusobna djelovanja svih elemenata proučavanog sustava jednodobne šume.

Na osnovi navedene problematike istraživanja te najnovijih spoznaja iz područja sustavne dinamike postavljen je skup ciljeva:

- projektirati kontinuirani simulacijski model gospodarenja regularnom šumom po metodi razmjera dobnih razreda
- istražiti budući razvoj razmjera dobnih razreda na temelju konkretnoga gospodarenja i stanja resursa unutar više razina i kategorija gospodarenja na području Uprave šuma Zagreb
- utvrditi značajne razlike među pojedinim kategorijama gospodarenja
- na temelju različitih scenarija definiranih politika gospodarenja simulirati ponašanje resursa unutar uređajnog razreda hrasta lužnjaka na četiri razine gospodarenja

- odrediti najpovoljnije gospodarenje s obzirom na dobivene rezultate simulacije
- utvrditi značajne razlike među različitim razinama gospodarenja u istoj kategoriji gospodarenja (uređajni razred hrasta lužnjaka)
- ispitati valjanost kontinuiranoga simulacijskog modela na temelju ponašanja stvarne jednodobne šume (realnog sustava) u prošlosti
- odrediti važnost primjene sustavne dinamike kao snažne podrške u planiranju gospodarenja regularnim šumama.

Ispunjenje tih ciljeva omogućilo bi stvaranje znanstvene podloge za predviđanje i planiranje gospodarenja regularnim šumama.

PRIMJENA METODA SIMULIRANJA I MODELIRANJA U ŠUMARSTVU – MODELLING AND SIMULATION IN FORESTRY

Važnost metode simulacije u praksi i primjeni tek u novije doba postaje sve veća. Sve do kraja pedesetih godina dvadesetog stoljeća troškovi opsežnih računskih operacija bili su toliko veliki da se znanost usmjerila na nalaženje analitičkih rješenja za sve jednostavnije sustave, a složeni su se sustavi potpuno prepuštali ljudskoj intuiciji i improvizaciji. Budući da su cijene računala znatno smanjene i da su tako pojeftinile i opsežne računске operacije, važnost simulacije kao metode iznimno je porasla.

Metode simulacije počele su se razvijati 1950. godine, ponajprije pri izradi i konstrukciji balističkih raketa i svemirskih letjelica, a potom za civilnu i inženjersku primjenu.

Pod pojmom simulacija razumijeva se imitiranje ponašanja stvarnosti različite prirode. Postoji cijeli niz definicija, ali je važno da se pod tim pojmom razumijeva niz aktivnosti, od eksperimentiranja na realnom sustavu pa do analize eksperimentalnih rezultata, što znači: modeliranje promatrane zbilje, računalno programiranje i eksperimentiranje modelom (M u n i t i ć 1989).

Prema M u n i t i ć u (1990) postoje najmanje tri opća razloga uporabe simulacijskih modela:

1. Rješavanje najsloženijih upravljačkih sustava, u kojima je matematička ili statistička analiza previše složena.
2. Omogućavanje istraživaču da stekne nova znanja i razumijevanja mehanizama događanja, odnosno zakonitosti u složenim realnim sustavima.
3. Omogućavanje predviđanja ponašanja sustava eksperimentiranjem na simulacijskom modelu, a ne na realnom sustavu, koje bi moglo izazvati neželjene posljedice za promatrani sustav, ugrožavajući mu katkad i samu egzistenciju. To znači da simulacijsko modeliranje omogućava eksperimentiranje na najsloženijim sustavima bez opasnosti za njihovu egzistenciju, rast i razvoj.

Šumski se ekosustav može ubrojiti u najsloženije ekosustave u biosferi. Njega sačinjava šumska zajednica ili asocijacija, njezino stanište te svi organski i anorganski ciklički procesi u sustavu. Iz tog su razloga nastali vrlo složeni simulacijski modeli šumskih ekosustava ili dijelova šumskih ekosustava. Tako prema K o l s t r o m u (1991) postoje sljedeće različite i moguće razine pri konstruiranju simulacijskih modela u šumarstvu: stanica, tkivo, dio stabla, stablo, sastojina i šuma.

Druga osnovna podjela računalnih modela nastala je prema pristupu modeliranju. Tako prema B o s s e l u (B o s s e l i dr. 1991) postoje dva tipa računalnih modela. To su deskriptivni modeli ("matematički" ili "statistički" modeli) i eksplanatorni, mehanicistički, strukturni modeli ili modeli temeljeni na procesima (process-based).

Najveći dio simulacijskih modela u šumarstvu, koji su zapravo deskriptivni, rađeni su na temelju za računalo prilagođenih različitih prirasno-prihodnih tablica. Prema B o s s e l u & K r i e g e r u (1991) to su *growth table models*, gdje se razvoj sastojina opisuje bročano, odnosno gdje je predstavljen rast i razvoj sastojine na plohi u funkciji vrste drveta, kvalitete staništa i vremena.

U svijetu je razvijeno mnogo determinističkih simulacijskih modela u području rasta, razvoja i prirasta pojedinačnih stabala (L e e & C h a n 1988) i sastojina različitih vrsta drveća na različitim lokalitetima: bukove sastojine (R i e b e l i n g & W e i m a n n 1984), duglazijeve (M o h r e n 1987, M o h r e n i dr. 1984, M i t c h e l l i dr. 1983), smrekove (K i s i l e v & A t r o s h c h e n k o 1985), srebrnolisno javorove (C a r p e n t i e r 1987), tulipančeve (B u r k h a r d t i dr. 1983), eukaliptusove (O l i v e i r a & C o n t o 1986), mješovitih sastojina tvrdih listača (S o l o m o n & L e a h 1986). Ovdje je značajno spomenuti simulacijski model dugoročnog planiranja FOBSI (J o b s t l 1984), koji je razvijen na temelju srednjoročnog planiranja i gospodarenja po načelu potrajnosti prihoda.

U nas je (P r a n j i ć 1985, P r a n j i ć i dr. 1988) predstavljen simulacijski model razvoja čistih jednodobnih sastojina hrasta lužnjaka. Primjenom tog modela praćene su promjene sastojinskih parametara te distribucije stabala i njihovih dimenzija u prostoru i vremenu. Pri tome odabir stabala koja ostaju na plohi ovisi o indeksu konkurencije, tj. o broju stabala po jedinici površine, te o njihovim međusobnim udaljenostima, a prirast je u funkciji vremena.

Ovdje je značajno spomenuti i rad koji opisuje način simuliranja sadašnje i buduće distribucije prsnih promjera na temelju sastojinskih parametara i jednogodišnjega radijalnog prirasta (K r u ž i ć 1991).

Kako se u zadnjih dvadeset godina događaju brze i nepredvidive promjene ekoloških uvjeta koje se odražavaju na šumske ekosustave, razvijen je velik broj procesnih ili strukturnih modela s različitim pristupom rješavanja određenih problema. Istodobno dolazi do izražaja sve manja upotrebljivost deskriptivnih simulacijskih modela, zasnovanih na prirasno-prihodnim tablicama pri srednjoročnom i dugoročnom planiranju (B o s s e l 1991). Strukturni ili eksplanatorni modeli predstavljaju stvarne sustave sastavljene od veličina stanja (biomasa, količina hraniva i dr.) povezanih procesima (veličina promjena varijabli stanja: asimilacija, respiracija i

dr.) u dinamički sustav u kojemu postoje povratne sprege. Strukturni simulacijski modeli temeljeni su na biološkim procesima, a njihova je prednost u tome što se mogu upotrebljavati za ekstrapolaciju izvan područja eksperimentalnih podataka, odnosno za predviđanje ponašanja sustava u posve novim uvjetima (B o s s e l 1991).

B o s s e l (1991) procesne ili eksplanatorne modele dijeli na dvije osnovne kategorije prema razini koju model predstavlja:

- modeli koji simuliraju fiziološke procese na razini stabla (tzv. real-structure modeli ili fiziološki modeli)
- modeli koji simuliraju procese na razini plohe ili sastojine (tzv. gap-modeli).

Osnova je svih fizioloških modela čvrsta fizikalna veza između apsorbirane radijacije i proizvodnje suhe tvari (T r o s t 1990). Fiziološki modeli simuliraju fiziološke procese na razini stabla ili čiste sastojine: fotoprodukcija lišća, fotoprodukcija krošnje, respiracija (lišća, parenhima, drva, korijena i drugo), obnova lišća i finoga korijenja, distribucija asimilata i prirašćivanje, opadanje lišća, opskrba i potreba za dušikom, mineralizacija i humifikacija te ostali procesi na razini stabla. U tom su području razvijeni modeli koji simuliraju razvoj čistih sastojina ili kultura jedne vrste drveća: BIOMASS (Mc Murtrie i dr. 1990, Mc Murtrie 1991, Mc Murtrie & Landsberg 1991), BEECH (Schafer i dr. 1990), SPRUCE (Bossel 1986, Krieger i dr. 1990). Poslije je razvijen općeniti model TREEDYN, koji simulira rast te dinamiku ugljika i hraniva u jednodobnim čistim sastojinama, bez obzira na vrstu drveća.

Najveći je nedostatak i teškoća kod tih modela nepoznavanje pravih fizioloških ili fizikalnih objašnjenja za brojne parametre fizioloških procesa, na primjer pitanje stvarnog objašnjenja mehanizama koji upravljaju redistribucijom asimilata (S i e v a n e n i dr. 1988).

Gap-modelima se simulira razvoj vegetacije kroz dugo razdoblje (nekoliko stotina godina). Ti modeli najčešće imaju vremenski korak od jedne godine. Proces koji su zajednički za sve šumske ekosustave i na temelju kojih se mogu graditi općeniti modeli razvoja cenoze su klijanje, rast, smrtnost i kompeticija stabala. Ti su procesi dovoljni da bi model imao realnu strukturu, da bi ispravno funkcionirao i da bi mogao poslužiti za predviđanje nekakva budućeg razvoja šume (L e e m a n s & P r e n t i c e 1987). Osim tih osnovnih procesa u model se mogu uključiti brojni drugi procesi koji se odvijaju u šumskim zajednicama, kao što su neposredni antropogeni utjecaji (sječa, selekcija, sadnja biljaka; npr. K i e n a s t & K r a u c h i 1991), posredni antropogeni utjecaji, npr. onečišćenje i globalni poremećaji klime (P r e n t i c e i dr. 1991), utjecaji hidrološkog režima u nizinskim šumama (I v k o v 1994) i drugo.

Iako postoje teškoće zbog različitoga vremenskog koraka simuliranja, koji je kod gap-modela jedna godina, a kod fizioloških je modela potrebna dnevna ili čak kraća rezolucija (proces fotosinteze), radi se na stvaranju hibridnih modela u kojima su spojena dva pristupa modeliranju. Takav je na primjer model FORMIX (Bossel 1991, Bossel & Krieger 1991).

Uz opisane tipove modela na razini stabla i sastojine razvijen je i veći broj modela koji simuliraju razvoj vegetacije na razini krajolika ili regije. Takav je i model FORSKA, koji je u osnovi sličan gap-modelima, ali simulira razvoj vegetacije na nizu ploha koje su izvrnute raznim tipovima poremećaja, tako da se kao rezultat dobije struktura krajolika po tipovima vegetacije (Prentice i dr. 1991).

Sva su istraživanja simulacijskih modela u šumarstvu usmjerena prema daljem razvoju sveobuhvatnih računalnih sustava putem integracije s klasičnim metodama rješavanja problema (linearno programiranje, npr. B u o n g i o r n o & G i l l e s 1986, H o e n 1992, Š e g o t i ć 1993, Č a v l o v i ć 1994) radi razvoja takozvanog sustava podrške pri odlučivanju (Decision Support Systems). Tako L o h i dr. (1991) opisuju metodu izrade integralnog sustava za podršku u šumskom gospodarenju, koji u sebi objedinjuje baze podataka, geografski informacijski sustav, modele za simulaciju i ekspertni sustav. Taj se sustav (IRMA – Integrated Resource Management Automation) sastoji od četiri računalna podsustava. To su korisnički međusklop (interface), zatim sustav gospodarskih informacija, sustav upravljanja bazama podataka i geografski informacijski sustav. Sustav gospodarskih informacija sastoji se od dva osnovna dijela, a to su ekspertni sustav (rule-based programiranje – kvalitativno znanje) i modeli za simuliranje (kvantitativna znanja). Sve se sastavnice sustava mogu mijenjati i modificirati kada se god za to ukaže potreba.

Zato se s pravom može očekivati da će takvi inteligentni i sveobuhvatni računalni sustavi imati neobično veliku važnost primjene u redovitom gospodarenju šumama.

RAZVOJ I PRIMJENA SUSTAVNE DINAMIKE

Sustavna je dinamika relativno nova znanstvena disciplina koja ima vlastitu metodologiju istraživanja, modeliranja, simuliranja i optimiranja složenih dinamičkih sustava. Ona obuhvaća i konkretnu primjenu "sustavnog mišljenja" i kibernetike na probleme upravljanja složenim dinamičkim sustavima, tj. organizacijskim sustavima, npr. poduzećem, općinom, županijom, gospodarskim granama, cjelokupnim gospodarstvom, svjetskim gospodarskim i društvenim sustavom itd.

Ekonomist J a y F o r r e s t e r (1961) prvi je primijenio opća načela kibernetike pri istraživanju funkcioniranja industrijskih sustava te je svojim djelom *Industrial Dynamics* pokrenuo rađanje nove znanstvene discipline, koja se u početku zvala industrijska dinamika, no poslije je zbog proširivanja područja primjene dobila naziv sustavna dinamika (System Dynamics), odnosno dinamika sustava (prema nekim našim autorima).

U nas se prof. dr. A n t e M u n i t i ć (1990, 1992) bavi sustavnom dinamičkom računalnom simulacijom modela različitih realiteta.

U šumarstvu se izvode modeliranja na načelima sustavne dinamike, koja služe kao podrška pri planiranju potrajnoga gospodarenju šumskim resursima na različitim razinama gospodarenja (G a n e 1992). Razvijena su tri modela, i to VOLPLAN

za planiranje proizvodnje drvene tvari, TIMPLAN za financijsko i ekonomsko planiranje rasta, sječe, izrade i prodaje te GROPLAN za financijsko planiranje i gospodarenje šumom (G a n e 1986, G a n e 1991). U nas su u području drvnoindustrijske proizvodnje provedena istraživanja uz pomoć sustavne dinamike (G r l a d i n o v i ć 1992).

Osnovne vrijednosti sustavne dinamike zasada možda još nisu toliko sukladne tipu odgovora o ponašanju dinamičkih sustava, koji se dobivaju primjenom jezika DYNAMO, koliko izmijenjenom pristupu postavljanju pitanja. Naime, sustavna dinamika omogućuje da se svi sustavi (bili oni živi, neživi, ljudski ili tehnički) obuhvate jedinstvenom metodologijom simulacije. Drugim riječima, ta disciplina pruža sveobuhvatan način sustavnog pristupa i sustavnog mišljenja, koji nije samo teorije, nego i konkretne, aplikacijske naravi.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA – THE AREA OF THE RESEARCH

Uprava šuma Zagreb gospodari šumama i šumskim zemljištem u državnom vlasništvu na prostoru koji se sastoji od bivšega Prigorsko-zagorskog i Srednjoposavskoga šumskogospodarskog područja. To su dvije cjeline koje se međusobno razlikuju po svojim posebnostima.

Bivše Prigorsko-zagorsko šumskogospodarsko područje smješteno je u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske i gravitira gradu Zagrebu. Područje je heterogeno i ističe se složenim geomorfološkim, litološkim i biljnogeografskim odnosima. Tu su izražena tri krupna biotopa: posavska ravnica, prigorsko pobrđe i osamljene gore, koje strše izolirane iznad nižih terena (Medvednica, Ivančica, Strahinjčica, Macelj i Samoborsko gorje). Sve gore i prigorja dobro su pokriveni šumom. Kvarturna je ravnica većinom iskrčena od šume, osim u južnom dijelu posavske ravnice, gdje su se održale veće površine lužnjakovih šuma.

To je relativno gusto naseljen prostor u kojemu živi preko 1 000 000 stanovnika, odnosno 307 stanovnika po kvadratnom kilometru (prema popisu stanovništva iz 1981. god.). Šumske površine zauzimaju 1160 km², što je ukupna šumovitost od 34 %. Jedna je od najvažnijih značajki ovog područja vrlo snažan industrijski razvoj i urbanizacija s jedne strane, te stalna tendencija smanjivanja šumskih površina, s druge strane. U tom je smjeru potrebno staviti poseban naglasak na općekorisnu funkciju šuma tog prostora.

Prostor bivšega Srednjoposavskoga šumskogospodarskog područja nalazi se uz lijevu obalu rijeke Save s manjim otklonom na zapadnom dijelu. Prostor je podijeljen cestovnom i željezničkom komunikacijom Zagreb – Vinkovci. Sjeverno od navedenih komunikacija nalaze se blago uzdignuti, brdski i gorski predjeli, a južno se nalaze šume i šumska zemljišta koja pripadaju srednjoposavskoj ravnici.

Ukupna je površina tog prostora 2530 km², a naseljen je s oko 150 000 stanovnika (59 stanovnika po 1 km²). Šumske površine zauzimaju 885,5 km², što je uku-

pna šumovitost od 35 %. Velik dio nizinskih šuma nalazi se u poplavnoj zoni rijeke Save, a izgradnjom vodoprivrednih objekata radi obrane od poplava veći je dio šuma iskrčen. Međutim, zahvaljujući osvajanju novih šumskih površina podizanjem plantaža i pošumljavanjem čistina, ukupne se šumske površine tog područja povećavaju. Na tom su prostoru podignuti veliki drvnoindustrijski kapaciteti. U tom se smislu osim općekorisnih funkcija šume ističe veliko šumskogospodarsko značenje šuma tog područja.

Cjelovito područje Uprave šuma Zagreb vrlo je heterogeno i u njemu vladaju složeni odnosi između šumskih resursa i okruženja. Gospodarenje tim šumama organizirano je u 14 šumarija, i to 8 šumarija iz bivšega Prigorsko-zagorskoga šumskogospodarskog područja (dio Uprave šuma Zagreb I) i 6 šumarija iz bivšega Srednjoposavskog šumskogospodarskog područja (dio Uprave šuma Zagreb II).

Podaci o šumskim resursima snimljeni su u Odjelu za uređivanje šuma – Uprava šuma Zagreb. Iz osnova gospodarjenja za 41 gospodarsku jedinicu, koje se nalaze na području Uprave šuma Zagreb u državnom vlasništvu, prikupljeni su podaci o površinama dobnih razreda, o drvnim zalihama i prirastu po uređajnim razredima. Nakon prikupljanja ti su osnovni podaci svrstani prema pojedinim uređajnim razredima na svim razinama gospodarjenja (gospodarska jedinica, šumarija, dio uprave šuma i cjelokupna uprava šuma).

Tako snimljeni i svrstani podaci početna su stanja pojedinih sustava pri simulacijskom istraživanju ponašanja danog sustava.

Ukupna šumom obrasla površina državnih šuma kojima gospodari Uprava šuma Zagreb iznosi 89 152 ha. Drvna zaliha od 20 029 710 m³ godišnje prirašćuje oko 2,83 % od ukupne drvene zalihe (566 650 m³). Kada se promatra dobná struktura, uočava se prezastupljenost srednjih dobnih razreda i nedostatak zrelih sastojina. Za ilustraciju kvalitativne strukture šumskih resursa ovog područja važno je razmotriti strukturu po uređajnim razredima. Svakako je najznačajniji uređajni razred hrasta lužnjaka na 31 150 ha (35 % ukupne površine), čija drvna zaliha od 8394 767 m³ (42 %) godišnje prirašćuje oko 2,4 % (204 406 m³). Nadalje, prema značenju i prema zastupljenosti slijede bukove šume (20 131 ha), šume hrasta kitnjaka (12 513 ha), jasena (7816 ha), jele (3734 ha), ostalo (7214 ha), panjače (5024 ha), grabove šume (1185 ha). Šume posebne namjene čine zaseban uređajni razred (2281 ha).

Šumom obrasle površine kojima gospodare šumarije kreću se od 2610 ha (Šumarija D. Stubica) pa do 10 770 ha (Šumarija Velika Gorica).

Niža razina gospodarjenja sastoji se u podjeli prostora na 41 gospodarsku jedinicu. Struktura je gospodarskih jedinica po kvalitativnom sastavu, dobnj strukturi i površini raznolika. Primjerice, površina gospodarskih jedinica kreće se od 154 ha (GJ Savski vrbaci) pa do 6860 ha (GJ Grede – Kamare).

METODA RADA – WORKING METHOD

PROJEKTIRANJE MODELA PROCESA GOSPODARENJA REGULARNOM ŠUMOM (MODEL PGRS) MODELLING MANAGEMENT OF EVEN AGED FOREST (PGRS MODEL)

Za istraživanje gospodarenja šumskim resursima u regularnim šumama prihvaćena je metoda računalne simulacije pomoću sustavne dinamike. To je metoda koja se zasniva na sustavnom pristupu istraživanja tokova materijala, informacija i energije te uzročno-posljedičnih veza koje postoje u složenim sustavima.

Objektivni aspekt polazi od toga da se regularna šuma može promatrati kao složeni biološki sustav u kojemu vladaju uzročno-posljedični odnosi među brojnim elementima navedenog sustava. Zbog sve većeg problema nedostatka informacija potrebnih za uspješno odlučivanje pri pretpostavljenom gospodarenju šumom javlja se potreba razvoja i primjene simulacijskih modela i u šumarstvu. Na temelju informacija o prošlom i trenutnom stanju i načinu ponašanja simulacijom se nastoje dobiti spoznaje o danom sustavu u kraćem ili dužem razdoblju.

Izrađen je simulacijski model procesa gospodarenja regularnom šumom (model PGRS) te prihvaćen kompajler DYNAMO prema M u n i t i ć u (1990). Na temelju iznesenoga polazi se od toga da model računalne simulacije, uz pomoć sustavne dinamike, predstavlja konkretnu regularnu šumu kao zatvoreni sustav koji teži uspostavljanju ravnoteže. Modelom se nastoje obuhvatiti i opisati svi utjecajni čimbenici koji postoje u samom sustavu i izvan njega (biološki poremećaji, gospodarski postupci) i koji mogu utjecati na brže ili sporije uspostavljanje stanja ravnoteže (postizanje normalnog razmjera dobnih razreda).

Pojednostavljeno, regularna se šuma može prikazati kao sustav koji se sastoji od dva osnovna dijela. Jedan, po površini manji dio čine zrele sastojine u kojima se izvode oplodne sječe i pomlađivanje sastojina, te ostvaruje etat glavnog prihoda. Drugi dio šume čine sastojine u kojima se one njeguju proredom, te ostvaruje etat prethodnog prihoda. Između tih dvaju dijelova postoji neprekinuto kretanje sastojina. Izvođenjem oplodnih sječa smanjuje se površina zrelih sastojina, a povećava se površina sastojina koje se proređuju. S druge strane, s vremenom one sastojine koje su po svojoj starosti najbliže zrelima prelaze u dio šume koji čine zrele sastojine, povećavajući njegovu površinu.

Takav se dinamički sustav može prikazati sljedećim verbalnim modelom:

Veća brzina izvođenja oplodne sječe (ha/god.) uzrokovat će povećanje površine nezrelih sastojina, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Što je površina nezrelih sastojina veća, bit će veća i brzina prelaženja sastojina (ha/god.) u dio šume koji čine zrele sastojine, što znači opet pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Površina će nezrelih sastojina biti manja što je brzina prelaženja sastojina veća, pa imamo negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu. Globalni je predznak povratne sprege negativan (-), pa je prvi krug povratnog djelovanja negativan (-KPD1). Veća brzina prelaženja sastojina iz dijela šume nezrelih sastojina uzrokovat će povećanje

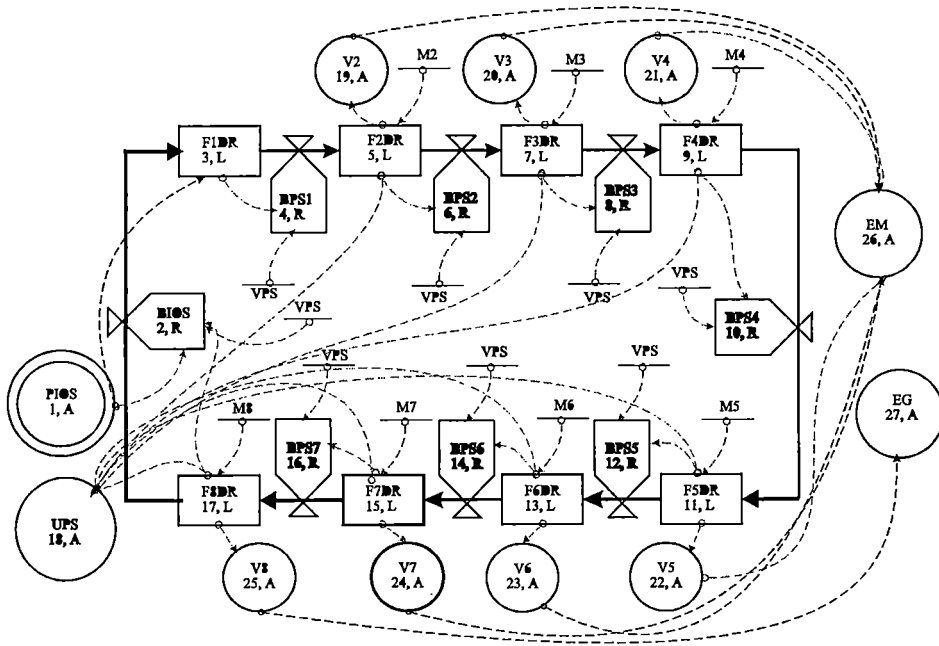
površine zrelih sastojina. Što je veća površina zrelih sastojina, bit će i veća brzina izvođenja oplodnih sječa, dakle pozitivna (+) uzročno-posljedična veza. Površina sastojina zrelih za oplodnu sječicu bit će manja što je veća brzina izvođenja oplodnih sječa, što znači negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu. Globalni je predznak povratne sprege ponovno negativan (-), pa je i drugi krug povratnog djelovanja negativan (-KPD2).

Ako se želi promatrati regularna šuma kao dinamički sustav koji se sastoji od dobnih razreda bez obzira na njihov broj i širinu, tada ona može biti predstavljena sljedećim verbalnim modelom:

Brzina izvođenja oplodne sječe (ha/god.) ovisit će o politici izvođenja sječe kao mehanizma upravljanja. Ona može biti konstantna ako je vezana uz ukupnu površinu šume koja se tijekom vremena ne mijenja, ili promjenjiva, ako je vezana uz određeni dio površine šume koji je s vremenom promjenljiv do trenutka izjednačenja površina dobnih razreda.

Što je veća brzina izvođenja oplodne sječe, bit će veća površina prvoga dobnog razreda, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu među promatranim elementima sustava. Po toj logici brzina prelaženja sastojina iz prvoga u drugi dobnii razred bit će veća što je veća površina prvoga dobnog razreda, a to znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Istodobno će stanje, odnosno površina prvoga dobnog razreda biti manja što je brzina prelaženja sastojina iz prvoga u drugi dobnii razred veća, a to pak znači negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu. Veća brzina prelaženja sastojina iz prvoga u drugi dobnii razred uzrokovat će povećanje površine drugoga dobnog razreda, što znači pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Ako je veća površina drugoga dobnog razreda, bit će brže prelaženje sastojina iz drugoga u treći dobnii razred, što upućuje na pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Istodobno će površina drugoga dobnog razreda biti manja što je brzina prelaženja sastojina u treći dobnii razred veća, pa imamo negativnu (-) uzročno-posljedičnu vezu. Niz uzročno-posljedičnih veza dalje se nastavlja na isti način i njegova je duljina ovisna o broju dobnih razreda koji čine konkretnu regularnu šumu, odnosno o duljini ophodnje kojom se gospodari konkretnom regularnom šumom. Površina posljednjega dobnog razreda u kojemu se izvode oplodne sječe bit će veća što je brzina prelaženja sastojina iz pretposljednega dobnog razreda veća, pa postoji pozitivna (+) uzročno-posljedična veza. Brzina izvođenja oplodne sječe ovisi o upravljačkoj politici izvođenja oplodne sječe. Ako prema politici izvođenja oplodne sječe brzina sječe ovisi o površini posljednjega dobnog razreda, onda će ona biti veća što je veća površina posljednjega dobnog razreda, što upućuje na pozitivnu (+) uzročno-posljedičnu vezu. Što je brzina izvođenja oplodne sječe veća, bit će manja površina posljednjega dobnog razreda, a to znači negativnu uzročno-posljedičnu vezu, odnosno negativan (-) krug povratnog djelovanja.

Na osnovi tako danoga verbalnog modela dinamičkog sustava regularne šume moguće je predočiti njegov strukturni model te elementarni dijagram tokova u simbolici DYNAMO (slika 1).



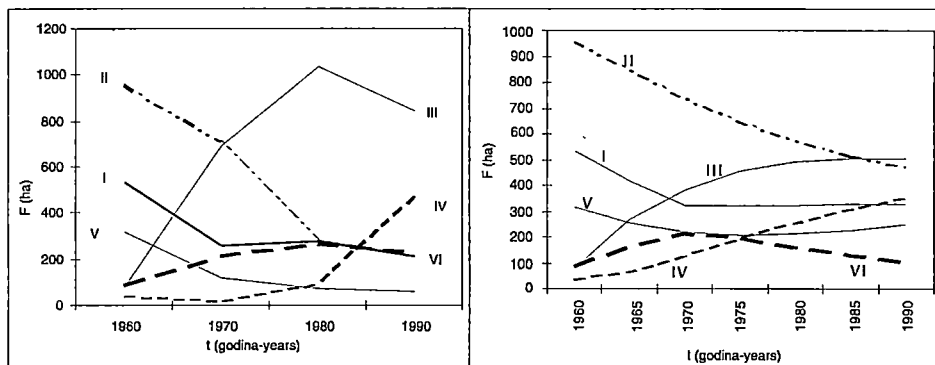
BIOS - brzina izvođenja oplodnih sječa (ha/god.), BPS1, BPS2,..., BPS7 - brzina prelaženja sastojina iz jednoga u drugi dobnog razred (ha/god.), F1DR, F2DR,..., F8DR - površina prvoga, drugoga,..., osmoga dobnog razreda (ha), EG - etat glavnog prihoda ($m^3/god.$), EM - etat međuprihoda ($m^3/god.$), M2, M3,..., M8 - prosj. drvena zaliha pojed. dobn. razr. ($m^3/god.$), PIOS - politika izvođenja oplodne sječe (ha/god.), UPS - ukupna površina šume (ha), V2, V3,..., V8 - ukupna drvena zaliha pojed. dobn. razr. (m^3), VPS - prosječno vrijeme prelaženja sastojina iz jednoga u drugi dobnog razred (godina)

Slika 1. Elementarni dijagram tokova modela PGRS
 Figure 1. Elementary diagram flows of PGRS model

VREDNOVANJE MODELA – VALUATION OF THE MODEL

Kakvoća i valjanost modela PGRS ispitane su na temelju stvarnih podataka dinamike ponašanja realnog sustava u prošlosti. Kao primjer dinamike ponašanja realnog sustava uzeta je za razmatranje gospodarska jedinica Južna Ivančica u prošlom razdoblju od 1960. do 1990. godine. Na temelju podataka iz Osnova gospodarenja za navedeno prošlo razdoblje prikazano je kretanje dobnih razreda po površini po uređajnim razdobljima od po 10 godina (slika 2a). Na slici se može uočiti tendencija kretanja površina dobnih razreda i međuovisnost pojedinih dobnih razreda.

Pomoću modela PGRS za ophodnju od 120 godina simulirana je dinamika ponašanja navedenoga realnog sustava regularne šume za prošlih 30 godina. Na



Slika 2. a) stvarno kretanje površina dobnih razreda
b) simulirano kretanje dobnih razreda – GJ Južna Ivančica
Figure 2. a) real tendency of age classes area
b) simulate tendency of age classes area – Working circle Južna Ivančica

temelju stanja površina dobnih razreda iz 1960. godine te pretpostavljene politike gospodarenja za razdoblje 1960 – 1990. godine dobivena je dinamika kretanja površina dobnih razreda (slika 2b).

Uspoređivanjem i analiziranjem prikazanih dviju slika može se donijeti ocjena kvalitete i valjanosti simulacijskog modela. Uočljiva finija slika kretanja površina dobnih razreda u simulacijskom modelu objašnjava se korakom računanja stanja pri simulaciji. Taj korak iznosi 0,5 godine, a podaci su prikazani u razdobljima od po 5 godina. Općenito se može reći da su osnovne tendencije kretanja površina dobnih razreda slične. Najveće se razlike očituju u kretanju drugoga i trećeg dobnog razreda. Izrazito povećanje površine trećeg dobnog razreda povezano s jednakim smanjenjem površine drugoga dobnog razreda, te stagniranje površine četvrtoga dobnog razreda u prvih 20 godina posljedica je neravnomjerne starosne strukture sastojina u drugom dobnom razredu u stvarnoj šumi. To znači da je najveći dio sastojina bio zastupljen u posljednjem dijelu drugoga dobnog razreda. Ujednačenije kretanje dobnih razreda po površini, u simulacijskom modelu, događa se zbog pretpostavljene jednolike starosne strukture sastojina u dobnim razredima te jednolikog prelaženja sastojina. Razlike u ponašanju realnoga i simuliranog sustava mogle su nastupiti i zbog promjenljivoga gospodarenja u promatranom razdoblju, za koje nije bilo mogućnosti da se ugradi u program simulacijskog modela. U prilog objašnjenja nastalih razlika može se dodati i činjenica da modeli uvijek sadrže određeni stupanj apstrakcije stvarnosti.

Na osnovi ponašanja simulacijskog modela, te usporedbe sa stvarnim ponašanjem realnog sustava može se zaključiti da je model valjan i da se može primijeniti za simuliranje budućeg ponašanja. Homogene regularne šume (uređajni razredi) na velikim površinama (uprava šuma), gdje je starosna struktura sastojina u dobnim razredima jednolika, jesu realni sustavi koji se mogu uspješno predočiti takvim si-

mulacijskim modelom. Drugim riječima, može se reći da je ovaj model pogodan za dugoročno planiranje pri gospodarenju regularnim šumama s precizno određenim gospodarenjem.

SUSTAV SIMULACIJSKOG ISTRAŽIVANJA – THE SYSTEM OF THE SIMULATION RESEARCH

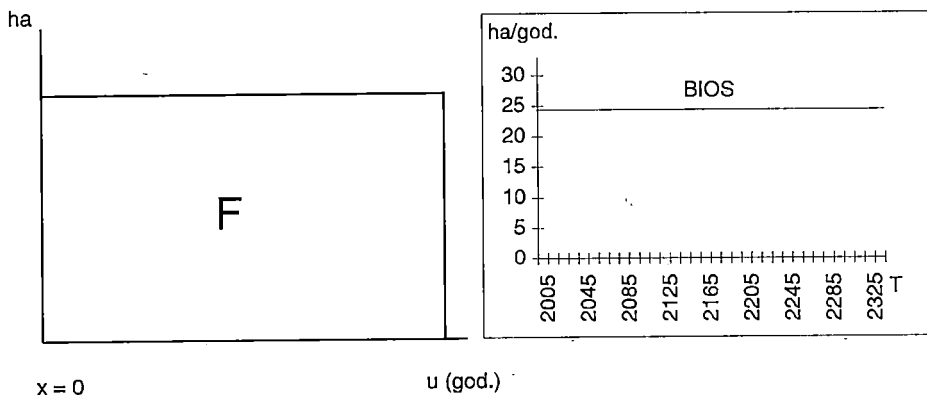
U Upravi šuma Zagreb istraživano je na više razina i kategorija gospodarenja uz pomoć izrađenih simulacijskih modela gospodarenja regularnom šumom. Modeli se razlikuju po scenariju politike izvođenja oplodne sječe te variranoj duljini ophodnje za regularnu šumu.

Prema politici izvođenja oplodne sječe izrađeno je nekoliko scenarija:

Prvi se scenarij zasniva na načelu da se oplodna sječa izvodi u zrelim sastojinama na površini koja predstavlja u -ti dio ukupne površine šume. U tijeku simulacijskog razdoblja nisu predviđene promjene ukupne površine šume, bilo povećanje površine pošumljavanjem, bilo smanjenje površine, pa je brzina izvođenja oplodne sječe konstantna za cijelo razdoblje simulacije (slika 3).

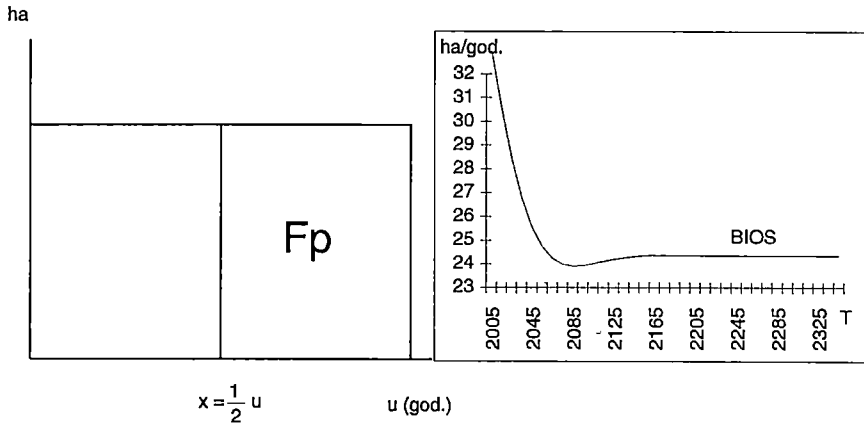
Drugi se scenarij zasniva na načelu da se oplodna sječa izvodi u zrelim sastojinama na površini koja predstavlja kvocjent između površine sastojina koje su starije od jedne polovine ophodnje i vrijednosti jedne polovine ophodnje. Na slici 4 vidi se kako brzina izvođenja oplodne sječe nije konstantna. Ona je ovisna o površini sastojina starijih od jedne polovine ophodnje i koja je varijabilna u razdoblju izjednačavanja površina dobnih razreda.

Nakon vremenske točke u kojoj je izjednačena površina dobnih razreda brzina je izvođenja oplodne sječe konstantna.



Slika 3. Politika izvođenja oplodne sječe prema ukupnoj površini šume
Figure 3. Policy of felling according total forest area

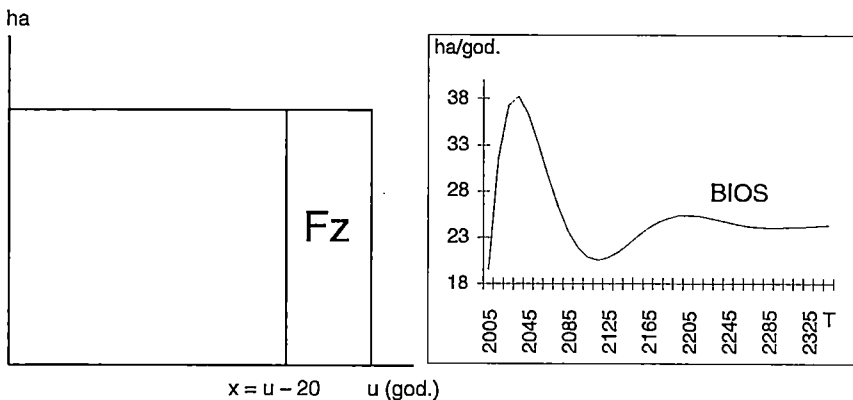
$$PIOS = \frac{F}{u} = BIOS$$



Slika 4. Politika izvođenja oplodne sječe prema površini sastojina starijih od polovine ophodnje
Figure 4. Policy of felling according area stands oldest of half rotation age

$$\text{PIOS} = \frac{F_p}{u - \frac{u}{2}} = \text{BIOS}$$

Treći se scenarij zasniva na načelu da se oplodna sječa izvodi u sastojinama posljednjega dobnog razreda, na površini koja je jednaka jednoj dvadesetini površine posljednjega dobnog razreda u danom vremenskom trenutku. Iz slike 5 vidi se da je brzina izvođenja oplodne sječe varijabilna tijekom cijelog razdoblja simulacije i da pokazuje oscilacijski karakter.



Slika 5. Politika izvođenja oplodne sječe prema površini posljednjega dobnog razreda
Figure 5. Policy of felling according area of last age class

$$\text{PIOS} = \frac{F_z}{u - (u - 20)} = \frac{F_z}{20} = \text{BIOS}$$

Uz podršku simulacijskog modela prvog scenarija, s duljinom ophodnje od 140 godina, istraživano je ponašanja površina dobnih razreda, drvene zalihe i etata na svim razinama gospodarenja (Uprava šuma Zagreb, dio Uprave šuma Zagreb I, dio Uprave šuma Zagreb II, šumarija i gospodarska jedinica) te u najzastupljenijim kategorijama gospodarenja (uređajni razredi hrasta lužnjaka, hrasta kitnjaka, bukve i jasena).

Nadalje, drugi i opsežniji dio istraživanja obavljen je samo u uređajnom razredu hrasta lužnjaka, ali na četiri razine gospodarenja, i to u Upravi šuma Zagreb, u dijelu Uprave šuma Zagreb II, Šumariji Novoselec i u gospodarskoj jedinici Josip Kozarac. U svakom od spomenutih scenarija izrađeni su simulacijski modeli prema duljini ophodnje, pa se u svakom scenariju nalaze po četiri modela za duljine ophodnje od 100, 160, 180 i 200 godina.

Na kraju je, na temelju varijabilne i nepravilne politike izvođenja oplodne sječe te nedefinirane duljine ophodnje, istraženo ponašanje sustava šume hrasta lužnjaka na razini Uprave šuma Zagreb.

DISKUSIJA S REZULTATIMA ISTRAŽIVANJA – RESULTS AND DISCUSSION

Modelom 1 istraženo je kretanje šumskih resursa (površine dobnih razreda, drvena zaliha i etat) na razini gospodarenja cjelokupne Uprave šuma Zagreb, gdje se gospodari s ophodnjom od 140 godina, a oplodna se sječa izvodi na *u*-tom dijelu ukupne šumske površine. Velike i brze promjene površina dobnih razreda događaju se u prvih 90 godina. Posebno je zabilježeno veliko povećanje površine slabo zastupljenoga posljednjega dobnog razreda. Ako se zanemare mala odstupanja površina dobnih razreda od normalne površine, može se reći da je normalan razmjer dobnih razreda postignut za 90 godina. Zabilježena je niska drvena zaliha po hektaru u posljednja dva dobnog razreda. U razdoblju izjednačavanja površina dobnih razreda, kada je smanjena površina prezastupljenih srednjih dobnih razreda, ukupna se drvena zaliha smanjila za 316 000 m³, s početnih 18 826 000 m³ na 18 510 000 m³. Uz stalan etat glavnog prihoda (180 710 m³) zabilježeno je smanjenje etata prethodnog prihoda sa 130 000 m³ na 119 000 m³ godišnje.

Na dijelu Uprave šuma Zagreb I koji gravitira gradu Zagrebu kretanje šumskih resursa istraženo je modelom 2. Površina posljednjega dobnog razreda sporije je rasla i izjednačila se s normalnom za 130 godina ne prelazeći njezinu vrijednost (40 godina poslije u odnosu na cjelokupnu Upravu šuma Zagreb). Početna ukupna drvena zaliha od 8 957 000 m³ približno je jednaka stalnoj zalihi nakon 130 godina (8 954 000 m³). U razdoblju izjednačavanja površina dobnih razreda u početku je brzo rasla ukupna drvena zaliha prema najvećoj vrijednosti (9 020 000 m³ u 30. godini), a nakon te vremenske točke vrijednost ukupne drvene zalihe polaganije opada prema konstantnoj vrijednosti u 130. godini. Uz stalan etat glavnog prihoda od

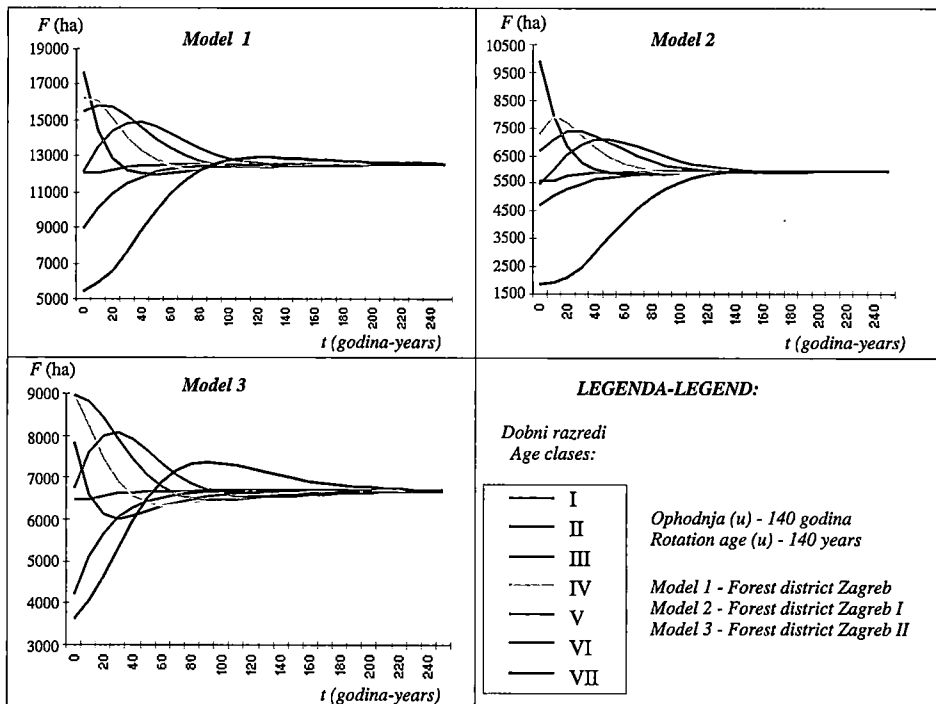
89 422 m³ godišnje vrijednost etata prethodnog prihoda u razdoblju prvih 130 godina polagano se smanjivala s početne maksimalne (67 000 m³) prema konstantnoj vrijednosti (57 000 m³).

Modelom 3 istraženo je kretanje površina dobnih razreda, drvne zalihe i etata na razini gospodarenja dijelom Uprave šuma Zagreb II koji gravitira rijeci Savi. Kretanje površine posljednjega dobnog razreda znatno se razlikuje od kretanja iz prethodnoga modela. Proporcionalno jače zastupljeni srednji dobnih razredi (IV. i V) uzrokovali su brži rast površine posljednjega dobnog razreda, koji je vrijednost normalne površine dostigao već nakon 60 godina. Početni utjecaj brzih promjena stanja posljednjega dobnog razreda izazvao je poslije sporije izjednačenje površina dobnih razreda. Zbog toga se krivulja površine posljednjega dobnog razreda vrlo dugo zadržala iznad vrijednosti normalne površine (razdoblje od 60. do 230. godine). Potpuno izjednačenje površina dobnih razreda zato se događa gotovo pred kraj promatranog razdoblja simulacije, mnogo poslije nego što je to na razini gospodarenja dijelom Uprave šuma Zagreb I. Zabilježena je niska drvena zaliha posljednjega dobnog razreda. Ukupna je drvena zaliha sa početnih 7 905 000 m³ narasla na 8 211 000 m³ u 40. godini, a pri kraju razdoblja simulacije postignuta je konstantna vrijednost od 8 018 000 m³. Ponavlja se sličnost kretanja etata prethodnog prihoda s prethodna dva modela. Početna se vrijednost etata prethodnog prihoda (70 860 m³) polagano smanjivala prema konstantnoj vrijednosti pri kraju simulacijskog razdoblja (62 700 m³). Prema scenariju i zadanoj politici gospodarenja etat je glavnog prihoda konstantan tijekom cijelog razdoblja i iznosi 90 000 m³ godišnje.

Sve tri razine gospodarenja obilježava vrlo slična početna struktura dobnih razreda, odnosno dijelovi Uprave šuma Zagreb imaju više-manje sličnu strukturu dobnih razreda. S jedne strane postoje jako zastupljeni srednji dobnih razredi nasuprot slabo zastupljenomu posljednjem dobnom razredu, dok je površina prvoga dobnog razreda približno normalna. Takva početna struktura dobnih razreda i scenarijem zadana politika gospodarenja odredile su specifičan razvoj razmjera dobnih razreda te kretanje drvne zalihe i etata. Značajno je posebno stabilno ponašanje površine prvoga dobnog razreda. Početna približno normalna površina prvoga dobnog razreda postigla je vrlo brzo konstantnu vrijednost normalne površine na sve tri razine gospodarenja. Iako je početna površina šestoga dobnog razreda jednaka onoj prvoga, razvoj šestoga dobnog razreda je drugačiji. U početku je površina šestoga dobnog razreda rasla do svoje maksimalne vrijednosti, kada je prelaženje sastojina iz prezastupljenih srednjih dobnih razreda bilo brže od prelaženja sastojina iz šestoga u sedmi dobnih razred. Potpuno izjednačenje površina dobnih razreda postignuto je najprije na razini gospodarenja dijelom Uprave šuma Zagreb I (u 140. god.), dok je na ostale dvije razine gospodarenja to postignuto na kraju razdoblja simulacije. To upućuje na zaključak da površina šume nije u korelaciji s potrebnim vremenom izjednačenja površina dobnih razreda (ukupna površina Uprave šuma Zagreb je 88 734 ha, a površina šuma dijela Uprave šuma Zagreb I je 41 560 ha). Ako se promatra površina triju prezastupljenih srednjih dobnih razreda (III, IV. i

V), vidi se da ona iznosi 400 % normalne površine za sve tri razine gospodarenja. Za ponašanje sustava bitna je, međutim, međusobna struktura površine tih triju dobnih razreda. Na razini gospodarenja dijelom Uprave šuma Zagreb I površina IV. i V. dobnog razreda u odnosu na površinu svih triju dobnih razreda manje je relativno zastupljena nego što je to na razini gospodarenja dijelom Uprave šuma Zagreb II. Četvrti i peti dobnih razredi "bliži" su posljednjemu dobnom razredu kojega su promjene stanja odraz stanja spomenutih dobnih razreda. Polaganiji rast površine posljednjega dobnog razreda u modelu 2 posljedica je veće površine trećega i manje površine četvrtoga i petoga dobnog razreda. Suprotno je u modelu 3, u kojemu brže raste površina posljednjega dobnog razreda s tendencijom oscilacijskog ponašanja. To je poslije izazvalo kasnije izjednačenje površina dobnih razreda. Na temelju toga može se reći da vrijeme izjednačenja površina dobnih razreda (uspostavljanje ravnoteže sustava) ovisi o strukturi i odnosu početnih stanja elemenata promatranog sustava. Taj početni odnos stanja elemenata sustava može biti manje ili više u stanju neravnoteže. Prema tomu, to će izazvati ranije uspostavljanje ravnoteže uz polaganije promjene stanja elemenata sustava, odnosno kasnije uspostavljanje ravnoteže uz brže promjene stanja elemenata sustava. Povezano s razvojem razmjera dobnih razreda, odvija se kretanje drvne zalihe i etata. Etat je glavnog prihoda konstantan zbog dane politike gospodarenja, a etat prethodnog prihoda opada u razdoblju izjednačavanja površina dobnih razreda zbog prežastupljenosti srednjih dobnih razreda.

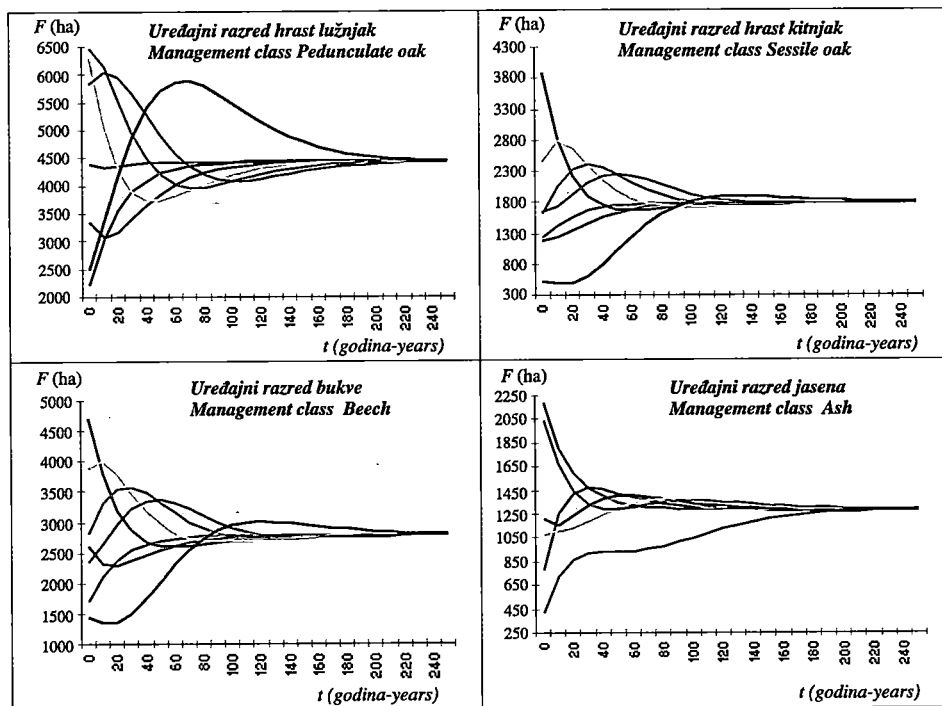
Modelom 4 istraženo je kretanje šumskih resursa u četiri najzastupljenija uređajna razreda (hrasta lužnjaka, hrasta kitnjaka, bukve i jasena). Razvoj razmjera dobnih razreda određen je danom politikom gospodarenja te početnom strukturom dobnih razreda svakoga pojedinog uređajnog razreda. Tako se u uređajnom razredu hrasta lužnjaka u prvih 60 godina može planirati s vrlo brzim i velikim rastom površine zrelih sastojina, dok je površina sastojina prvoga dobnog razreda u kojima se njeguju pomladak i mladik te čiste koljik i letvik konstantna tijekom cijelog razdoblja simulacije (250 godina). Jače početno neuravnoteženo stanje sustava (UR hrast lužnjak) izazvalo je kasno izjednačenje površina dobnih razreda (kraj razdoblja simulacije) preko brzih i intenzivnih promjena stanja posljednjega dobnog razreda. Zabilježen je gotovo jednak razvoj razmjera dobnih razreda između uređajnih razreda hrasta kitnjaka i bukve zbog slične početne strukture dobnih razreda. Polaganiji je rast površine slabo zastupljenoga posljednjega dobnog razreda uzrok brzoga nepotpunog izjednačenja površina dobnih razreda. To se događa u trenutku kada posljednji dobnih razred dostiže vrijednost normalne površine, već nakon 100 godina. U uređajnom jasenovu razredu zabilježen je vrlo polagan rast površine posljednjega dobnog razreda te kasno dostizanje vrijednosti normalne površine. Ni u ovom modelu nije uočen utjecaj ukupne površine šume na brzinu izjednačenja površina dobnih razreda (hrast lužnjak 31 150 ha, hrast kitnjak 12 513 ha, bukva 20 130 ha, jasen 7816 ha). Uz danu politiku gospodarenja najveći utjecaj na brzinu izjednačenja površina ima početna struktura površina dobnih razreda. Kretanje



Slika 6. Kretanje površina dobnih razreda
 Figure 6. Trends of age classes area

drvne zalihe i etata prethodnog prihoda odraz je specifičnosti kretanja površina dobnih razreda svakoga pojedinog uređajnog razreda u razdoblju izjednačavanja površina dobnih razreda. U uređajnim razredima hrasta lužnjaka, hrasta kitnjaka i buke uočljiva je preniska drvena zaliha u posljednja dva dobn razreda.

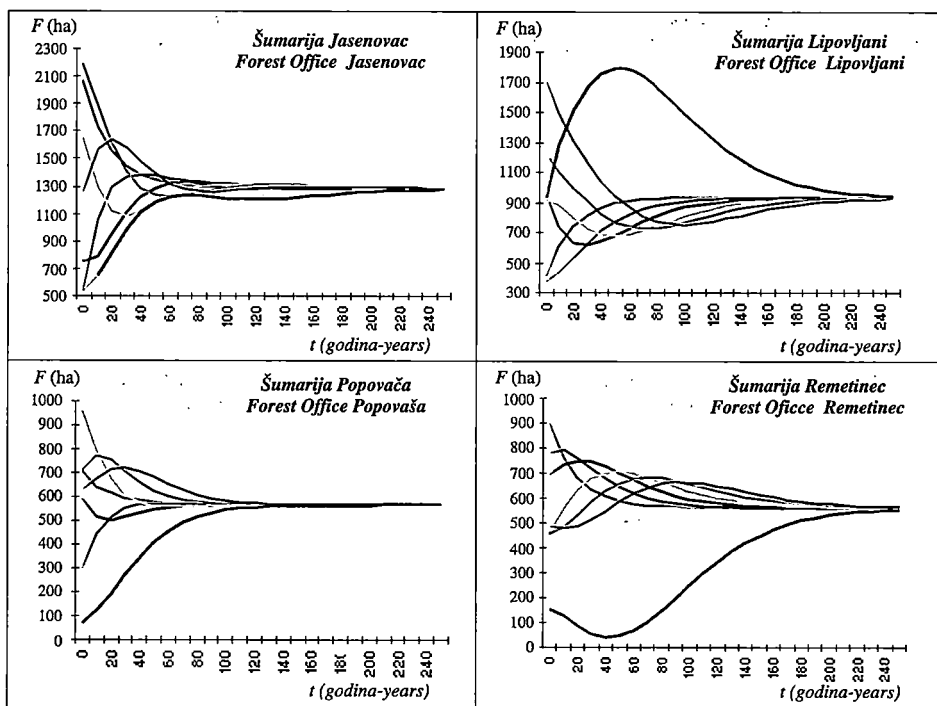
Kretanje promatranih resursa u 14 šumarija Uprave šuma Zagreb prikazano je modelom 5. Na slici 8 opaža se da je razvoj razmjera dobnih razreda karakterističan za svaku pojedinu šumariju. Površina šuma kojima gospodare šumarije kreće se od 2661 ha (Šumarija Donja Stubica), pa do 12 714 ha (Šumarija Novska). Prema potrebnom vremenu izjednačenja površina dobnih razreda postoje tri skupine šumarija. U prvoj su skupini šumarije u kojima je izjednačenje površina dobnih razreda postignuto za 100 – 140 godina. To su šumarije Donja Stubica (2661 ha), Jasenovac (7383 ha), Popovača (6899 ha) i Samobor (6316 ha). Drugu skupinu čine šumarije u kojima je izjednačenje površina dobnih razreda postignuto za 140 – 180 godina. To su šumarije Kutina (8084 ha), Velika Gorica (11 544 ha) i Zlatar (2712 ha). Najveću skupinu čini ostalih sedam šumarija, u kojima je izjednačenje površina dobnih razreda postignuto nakon 200 i više godina. U svakoj šumariji postoji razli-



Slika 7. Kretanje površina dobnih razreda – Model 4
Figure 7. Trends of age classes area – Model 4

čita početna struktura dobnih razreda. Najpovoljniji je odnos površina dobnih razreda u prvoj skupini šumarija, gdje je razdoblje uspostavljanja normalnog razmjera dobnih razreda najkraće. Što se tiče kretanja drvene zalihe i etata prethodnog prihoda, može se reći da je ono odraz specifičnosti kretanja površina dobnih razreda u razdoblju njihova izjednačavanja, za svaku pojedinu šumariju.

Modelom 6 istraženo je kretanje površina dobnih razreda, drvene zalihe i etata u 4 slučajno izabrane gospodarske jedinice: GJ Josip Kozarac (5728 ha), GJ Kutinske prigorske šume (2781 ha), GJ Šiljakovačka Dubrava I (661 ha) i GJ Žumberak-Novoselska gora (4590 ha). Slično kao i na razini gospodarenja u šumariji, razvoj je razmjera dobnih razreda u korelaciji s početnom strukturom površina dobnih razreda pojedine gospodarske jedinice. Posebno se ističe gospodarska jedinica Žumberak-Novoselska gora, gdje su već za 50 godina djelomično izjednačene površine dobnih razreda. To se može objasniti pravilnom ravnotežom, s jedne strane, slabo zastupljenih trećega i sedmoga dobnog razreda i nešto jače zastupljenih ostalih dobnih razreda, s druge strane. Kretanje etata prethodnog prihoda karakteristično je za

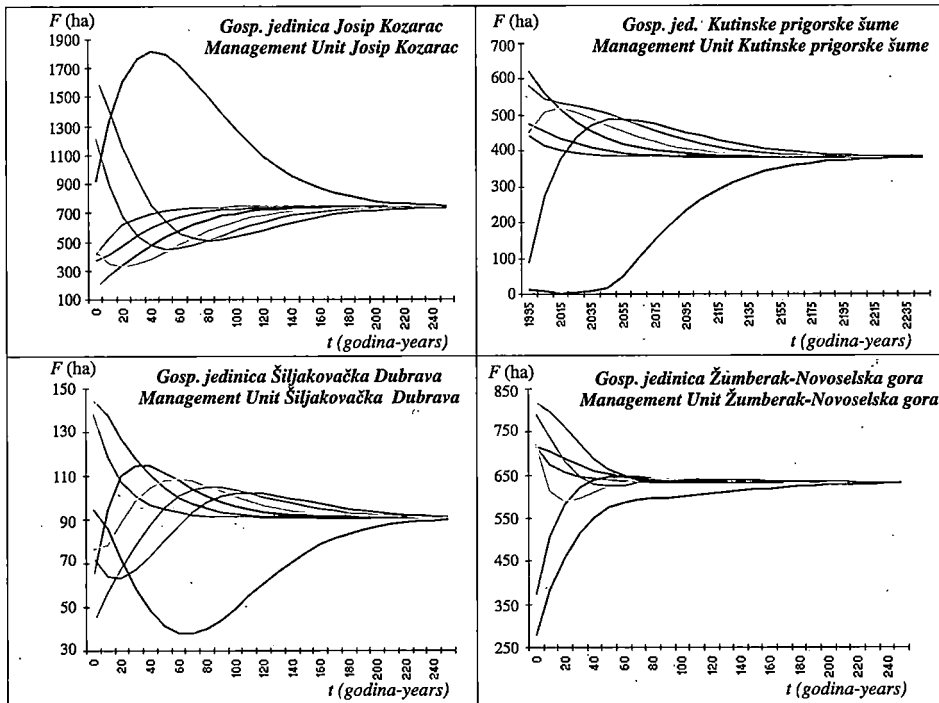


Slika 8. Kretanje površina dobnih razreda – Model 5
Figure 8. Trends of age classes area – Model 5

svaku pojedinu gospodarsku jedinicu, a GJ Žumberak-Novoselska gora ističe se s vrlo postojanim etatom prethodnog prihoda.

Slikama 6 – 9 prikazan je razvoj razmjera dobnih razreda u modelima od 1 do 6.

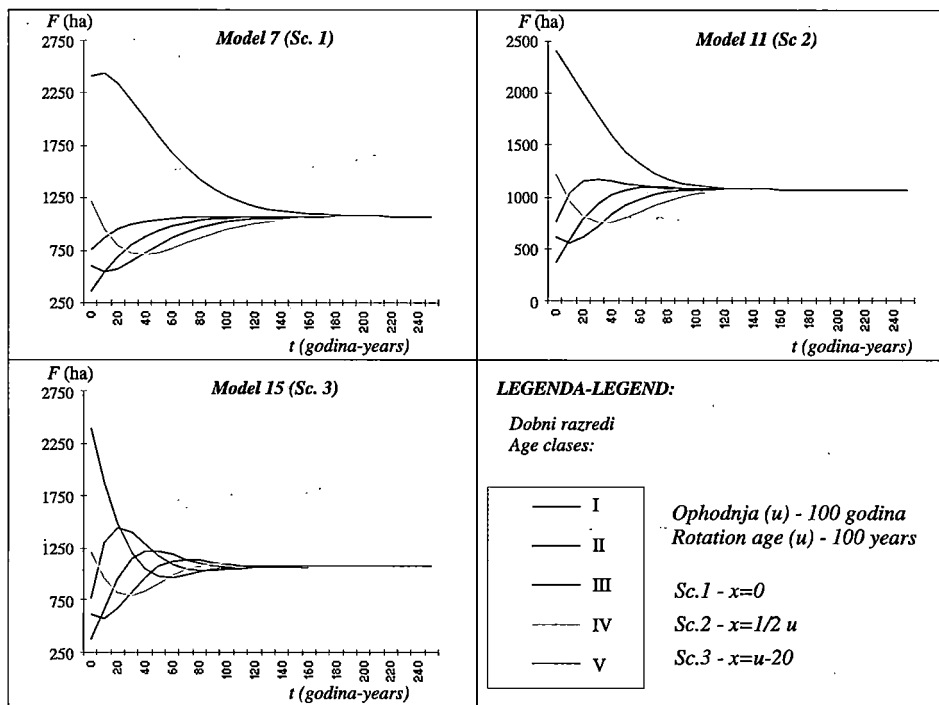
U modelima 7 – 18 istraženo je ponašanje šumskih resursa u uređajnom razredu hrasta lužnjaka, i to na četiri razine gospodarenja: Uprava šuma Zagreb, dio Uprave šuma Zagreb II, Šumarija Novoselec i gospodarska jedinica Josip Kozarac. Na temelju različitih politika upravljanja i gospodarenja, predstavljenih s 3 scenarija i 12 modela, istraživano je kretanje površina dobnih razreda, etata i drvene zalihe na navedenim četirima razinama gospodarenja. Osnovna je namjera da se na temelju dobivenih rezultata istraživanja odabere i definira najpovoljnija politika gospodarenja jednodobnom šumom za određene okolnosti i postavljene ciljeve. Istraživanje na četirima razinama gospodarenja hrastom lužnjakom, gdje se površina šume kreće od 3900 ha na najnižoj razini, pa do 31 500 ha na najvišoj razini, provedeno je usporedno radi utvrđivanja mogućeg utjecaja površine šume na ponašanje danog sustava.



Slika 9. Kretanje površina dobnih razreda – Model 6
Figure 9. Trends of age classes area – Model 6

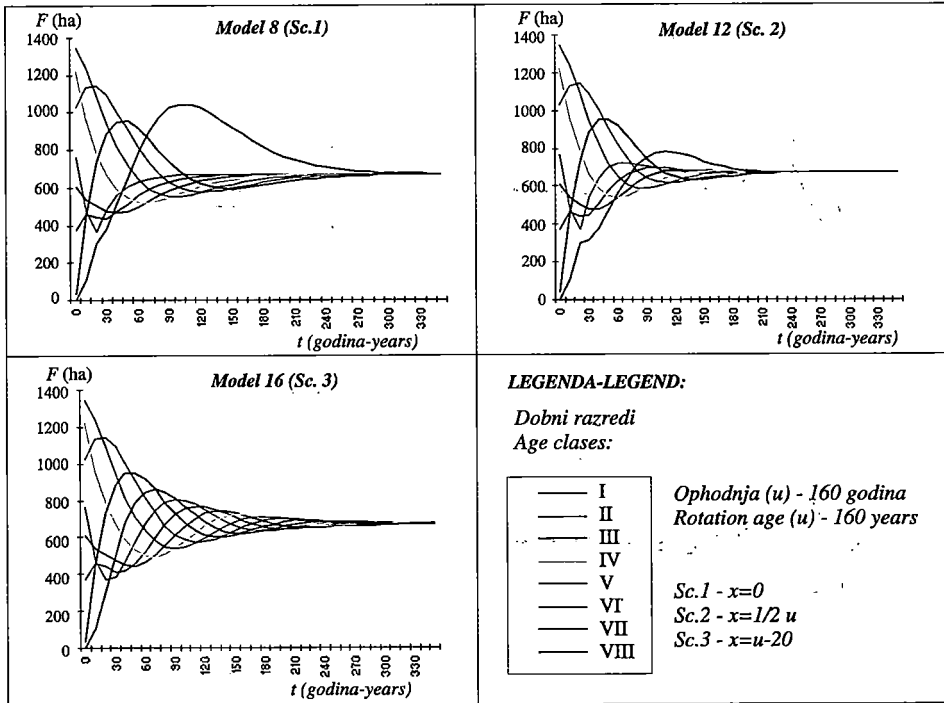
Na temelju 1. scenarija istraživano je kretanje dobnih razreda po površini, drvene zalihe i etata u uređajnom razredu hrasta lužnjaka na četirima spomenutim razinama gospodarenja. Šumom se gospodari tako da se svake godine posiječe i obnovi u -ti dio ukupne površine šume. Po scenariju postoje četiri modela za četiri različite duljine ophodnje.

Modelom 7 predstavljena je šuma kojom se gospodari uz ophodnju od 100 godina i na način definiran scenarijem. Skraćivanjem ophodnje povećala se površina posljednjega dobnog razreda (V), odnosno površina sastojina starijih od 80 godina. Tako se ona kreće između 45 % (Šumarija Novoselec) i 73 % (GJ Josip Kozarac) ukupne šumske površine. Oplodna sječa izvodi se u najzrelijim sastojinama posljednjega dobnog razreda, na stotom dijelu ukupne šumske površine. Na temelju početnog stanja i scenarijem definirane politike gospodarenja određen je razvoj razmjera dobnih razreda te kretanje drvene zalihe i etata. Razvoj razmjera dobnih razreda određen je početnom strukturom dobnih razreda, brzinom izvođenja oplodnih sječa, koja je u ovom modelu konstantna, te normalnom površinom kao ciljem kojemu



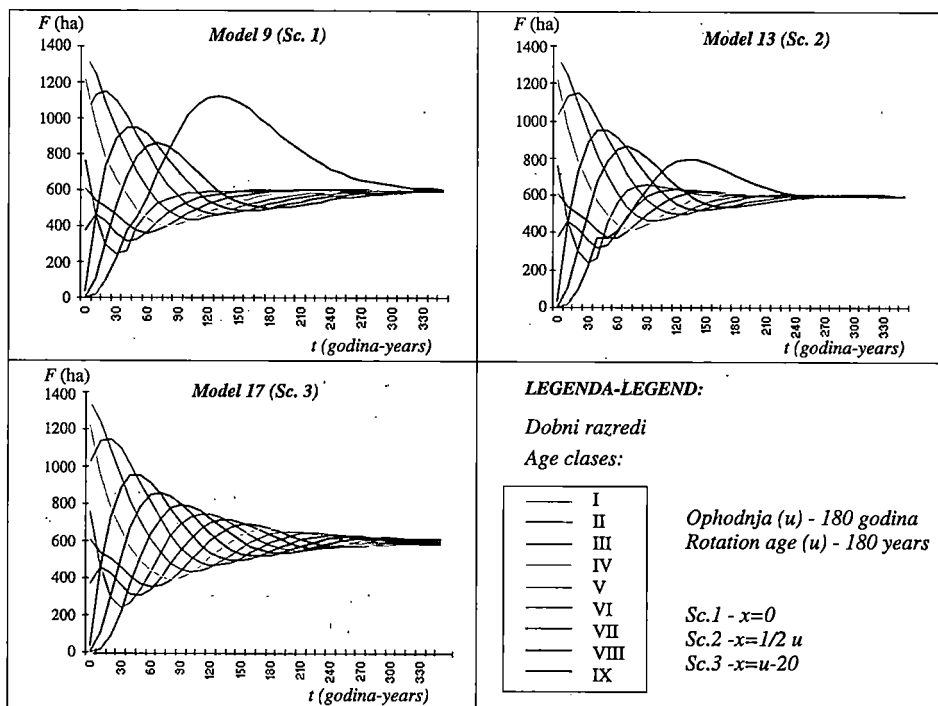
Slika 10. Kretanje površina dobnih razreda po scenarijima, Šumarija Novoselec, UR h. lužnjak
Figure 10. Trends area of age classes per scenarios, FO Novoselec, MC of Pedunculata oak

ovaj zatvoreni dinamički sustav teži radi postizanja stanja ravnoteže. S jedne su se strane dogodile manje promjene (povećanje) površina prvih četiriju dobnih razreda, a s druge su strane veće promjene (smanjenje) površine posljednjega dobnog razreda u jednakom razdoblju. Karakteristična je potpuno jednaka početna struktura te jednak razvoj razmjera dobnih razreda na prvim trima razinama gospodarenja, dok je u GJ Josip Kozarac početna struktura dobnih razreda nešto drugačija. Međutim, bez obzira na površinu šume (razina gospodarenja) i na početnu strukturu dobnih razreda u ovom su modelu istodobno izjednačene površine dobnih razreda (u 170. godini). U razdoblju izjednačavanja površina dobnih razreda, kada se smanjuju površine zrelih sastojina i povećavaju površine sastojina u dobi do 80 godina, vrijednost etata prethodnog prihoda progresivno se povećavala. Ukupna drvna zaliha u tom se razdoblju progresivno smanjivala. To se objašnjava smanjivanjem površine posljednjega dobnog razreda s relativno visokom prosječnom drvnom zalihom po hektaru te povećanjem površine prvoga dobnog razreda.



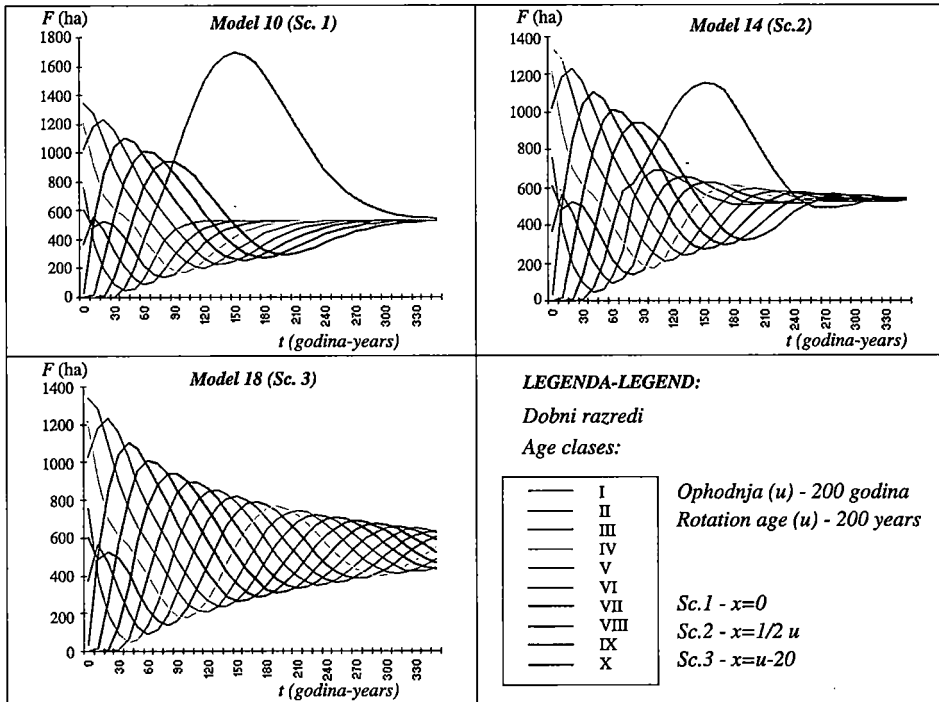
Slika 11. Kretanje površina dobnih razreda po scenarijima, Šumarija Novoselec, UR h. lužnjak
Figure 11. Trends area of age classes per scenarios, FO Novoselec, MC of Pedunculate oak

Model 8 predstavlja šume u kojima je ophodnja produžena za 20 godina. U prvih 20 godina nije se izvodila oplodna sječa radi formiranja posljednjega dobnog razreda. Upravo zbog toga posebno se ističe vrlo brzi rast površine posljednjega dobnog razreda, čija maksimalna vrijednost iznosi 155 % (Šumarija Novoselec) pa do 240 % (GJ Josip Kozarac) normalne površine. Potpuno izjednačenje površina dobnih razreda postignuto je između 280. i 300. godine. Brzo prelaženje sastojina u posljednji dobnii razred prouzročilo je brže ili sporije smanjivanje etata prethodnog prihoda. Njegova najmanja vrijednost događa se u vremenskoj točki najveće vrijednosti površine posljednjega dobnog razreda. Nakon toga polagano raste i postiže konstantnu vrijednost u trenutku izjednačenja površina dobnih razreda. Zbog jednakog intenziteta izvođenja oplodnih sječa, što je svojstveno 1. scenariju, etat je glavnog prihoda stalan, pa je krivulja etata ukupnog prihoda usporedna s krivuljom etata prethodnog prihoda. Ukupna je drvena zaliha u prvih 20 godina rasla zbog smanjenja površine prvoga dobnog razreda.



Slika 12. Kretanje površina dobnih razreda po scenarijima, Šumarija Novoselec, UR h. lužnjak
 Figure 12. Trends area of age classes per scenarios, FO Novoselec, MC of Pedunculate oak

Model 9 dobiven je produžavanjem ophodnje za 40 godina u promatranim šumama. Kako se oplodna sječa izvodi u posljednjem, devetom dobnom razredu i kako je ona ovisna o njihovoj površini, brzina izvođenja oplodne sječe na početku ima vrijednost nula. Za to su vrijeme formirana posljednja dva dobnog razreda. Što se tiče razvoja razmjera dobnih razreda po površini, u modelu je uočeno pravilno nizanje krivulja površina pretposljednjih dobnih razreda, gdje svaka iduća ima manju vrijednost maksimuma te izdvajanje krivulje površine posljednjega dobnog razreda s najvećim maksimumom. Odnos najveće vrijednosti površine posljednjega dobnog razreda i normalne površine povećao se, ako se uspoređuje s modelom 8. Potpuno izjednačenje površina dobnih razreda pomaknuto je pred kraj razdoblja simulacije oko 340. godine. Kretanje etata prethodnog prihoda slično je onomu iz prethodnog modela, osim što se njegova najmanja vrijednost događa kasnije, u vremenskoj točki kulminacije površine posljednjega dobnog razreda. Kretanje ukupne drvene zalihe ima sličnu tendenciju iz prethodnog modela. Ono je određeno površinom prvoga i jače zastupljenih pretposljednjih dobnih razreda. Na početku

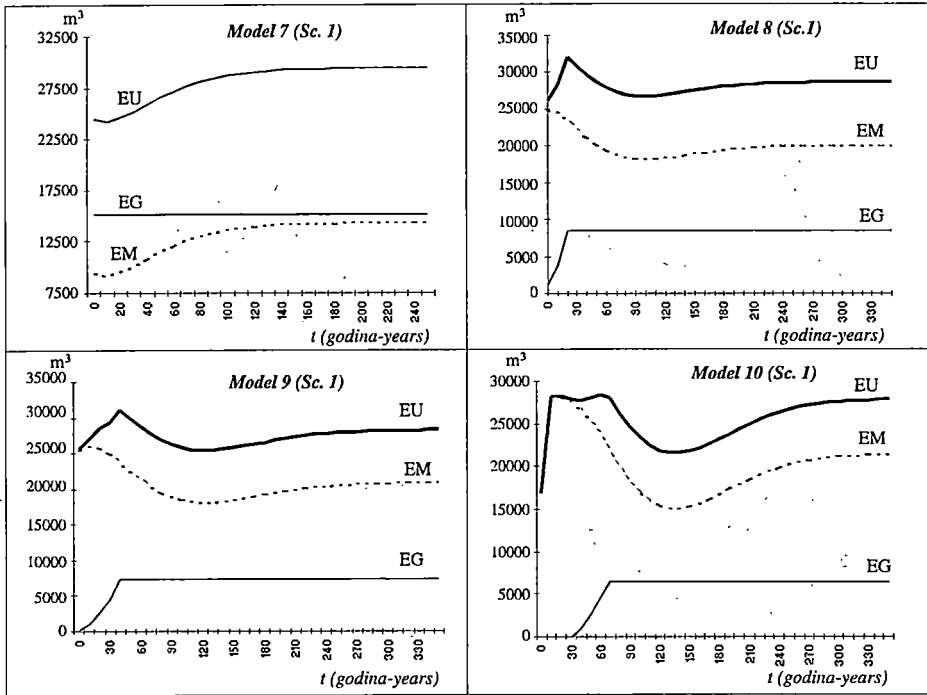


Slika 13. Kretanje površina dobnih razreda po scenarijima, Šumarija Novoselec, UR h. lužnjak
 Figure 13. Trends area of age classes per scenarios, FO Novoselec, MC of Pedunculate oak

drvena zaliha raste kako se smanjuje površina prvoga dobnog razreda, a potom opada smanjivanjem površina pretposljednjih dobnih razreda.

Produžavanjem ophodnje za 60 godina dobiven je model 10. Sustav je povećan za jednu krivulju u odnosu na model 9. Još je izraženije pravilno nizanje krivulja površina dobnih razreda, a osobito je izraženo izdvajanje krivulje posljednjega dobnog razreda po svojoj najvećoj vrijednosti. Zakonitost koja je uočena u modelima 7, 8 i 9 da se produžavanjem ophodnje povećava vrijeme potrebno za izjednačenje površina dobnih razreda, nije se pojavila u modelu 10. Potpuno izjednačenje površina dobnih razreda događa se pred kraj razdoblja simulacije, kao u modelu 9, gdje je ophodnja 180 godina. Kretanje etata i drvene zalihe nastavljeno je s istom tendencijom, ali različite jačine.

Politika gospodarenja u 2. scenariju zasniva se na načelu da se svake godine oplodna sječa i obnova sastojina izvodi na površini koja je jednaka kvocijentu površine sastojina starijih od polovine ophodnje i vrijednosti polovine ophodnje. Znači, intenzitet izvođenja oplodne sječe ovisi o površini sastojina starijih od polovine op-

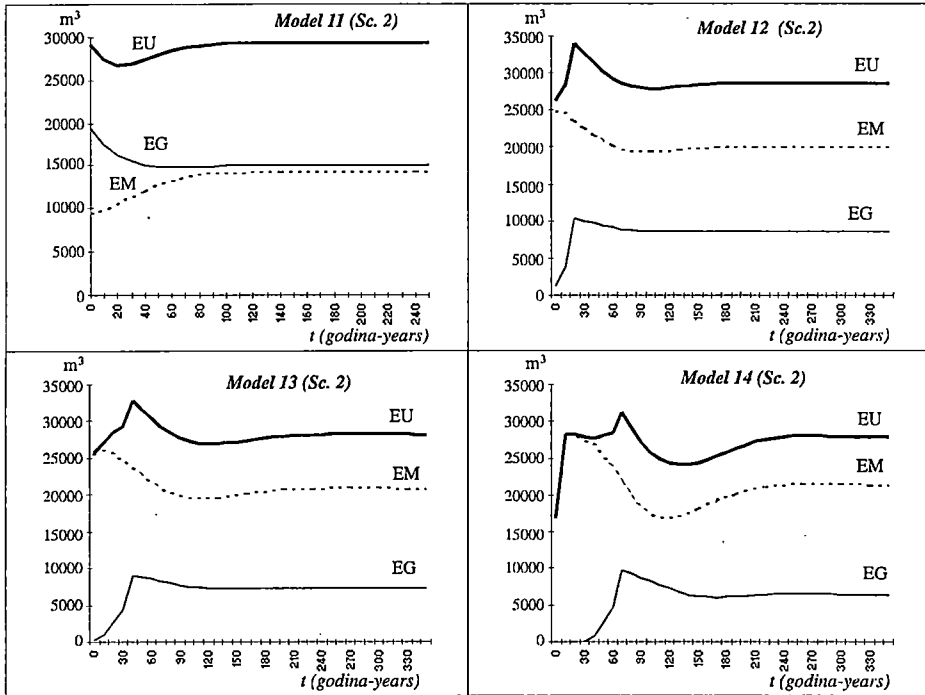


Slika 14. Kretanje godišnjeg etata prethodnoga, glavnoga i ukupnog prihoda, Šumarija Novoselec, UR hrast lužnjak

Figure 14. Trends of felling-plan per years, FO Novoselec, MC of Pedunculate oak

hodnje. Kako površina sastojina starijih od polovine ophodnje nije konstantna u prvom dijelu razdoblja, tako ni brzina izvođenja oplodne sječe nije konstantna u danom razdoblju. Postoje 4 modela za 4 duljine ophodnje (100, 160, 180 i 200 godina).

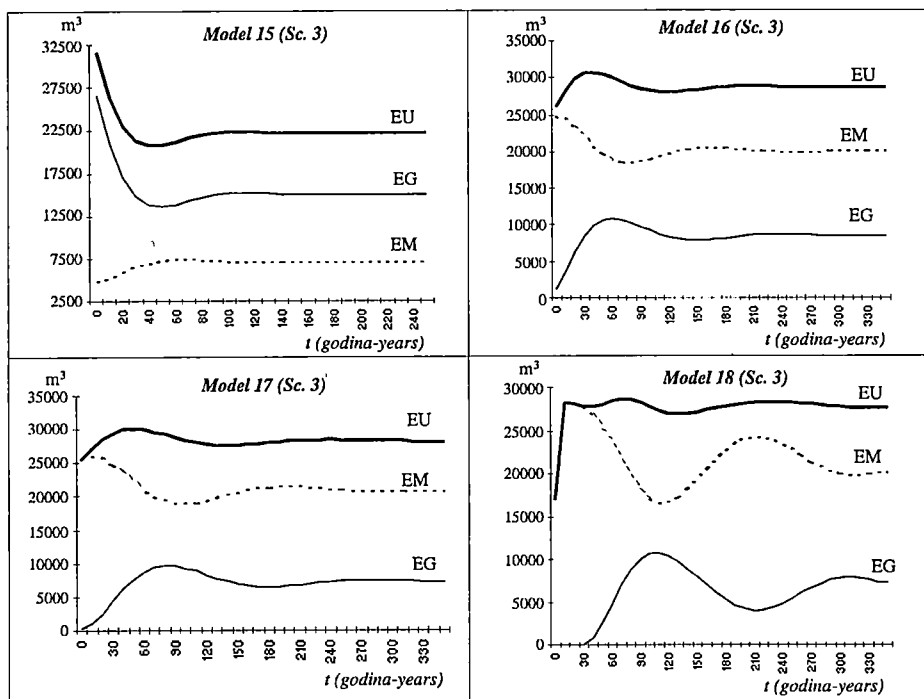
U modelu 11 intenzitet izvođenja oplodne sječe na početku je bio izrazito velik (površina sastojina starijih od 50 godina iznosi 73 % do 82 % ukupne površine), te se smanjivao kako se smanjivala površina posljednjega dobnog razreda. To je izazvalo brže promjene stanja površina dobnih razreda, pa je normalan razmjer dobnih razreda postignut 60 godina prije nego u modelu 7. Etat glavnog prihoda nije konstantan kao u modelima 1. scenarija. On je u svezi s brzinom izvođenja oplodne sječe, koja je na početku razdoblja najveća, a potom opada prema konstantnoj vrijednosti u trenutku izjednačenja površina dobnih razreda. Ponašanje etata prethodnog prihoda, kao i ukupne drvene zalihe, ima tendenciju modela 7, samo su promjene brže zbog kraćeg razdoblja u kojemu je postignuto izjednačenje površina dobnih razreda



Slika 15. Kretanje godišnjeg etata prethodnoga, glavnoga i ukupnog prihoda, Šumarija Novoselec, UR hrast lužnjak

Figure 15. Trends of felling-plan per years, FO Novoselec, MC of Pedunculate oak

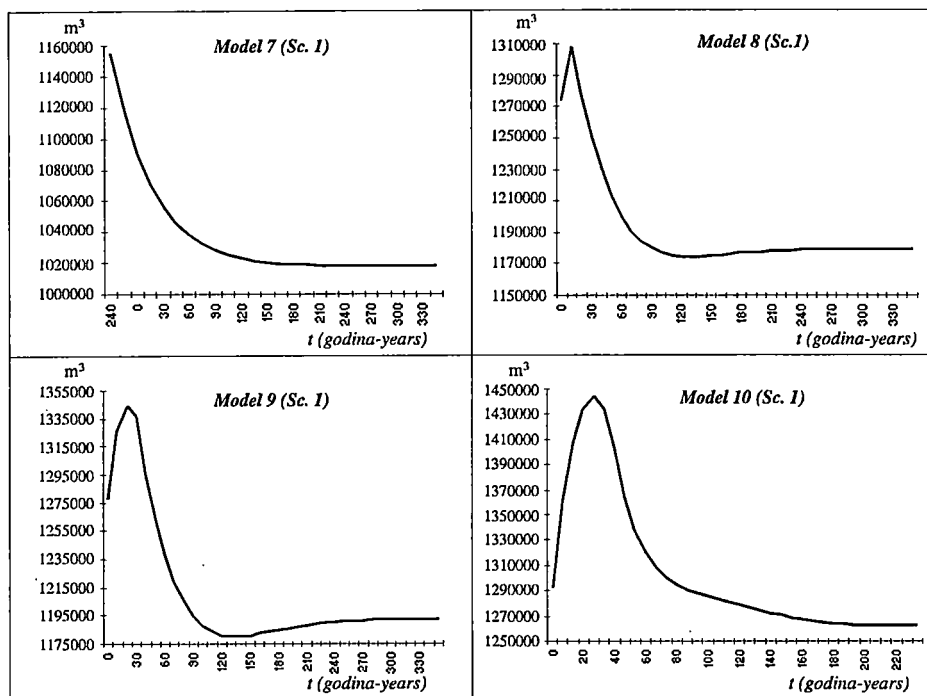
Kada se uspoređuje slika kretanja dobnih razreda po površini modela 12 sa slikom modela 8, uočava se značajna razlika u ponašanju prvoga i posljednjega dobnog razreda. Sporiji rast površine i slabije izražena najveća vrijednost krivulje posljednjega dobnog razreda te dinamičnije kretanje površine prvoga dobnog razreda uzrok su bržega potpunog izjednačenja površina dobnih razreda. To se dogodilo za 70 do 100 godina prije nego u modelu 8. Razlika u kretanju površina dobnih razreda odraz je promjenjive brzine izvođenja oplodne sječe. Ona je u prvih 20 godina vrlo brzo rasla i postigla maksimalnu vrijednost u trenutku kada je površina sastojina starijih od 80 godina bila najveća. Od te vremenske točke BIOS polagano opada i postiže konstantnu vrijednost u vremenskoj točki izjednačenja površina dobnih razreda. To je čimbenik koji je u tom razdoblju smanjio rast površine posljednjega dobnog razreda u odnosu na model 8. Krivulja etata glavnog prihoda ima isti tijek kao opisana dinamika izvođenja oplodnih sječa. Kretanje etata prethodnog prihoda i ukupne drvene zalihe ima izraženiju dinamiku u odnosu na model 8 zbog opisanog ponašanja sustava.



Slika 16. Kretanje godišnjeg etata prethodnoga, glavnoga i ukupnog prihoda, Šumarija Novoselec, UR hrast lužnjak
Figure 16. Trends of felling-plan per years, FO Novoselec, MC of Pedunculate oak

Kretanje dobnih razreda po površini u modelu 13 razlikuje se na isti način od modela 9 kao što je to slučaj prethodnog modela i njemu sukladnog modela iz prethodnog scenarija. Nastavljeno je pravilno nizanje krivulja pretposljednjih dobnih razreda, gdje se posljednji dobnii razred izdvaja samo po dužem razdoblju između maksimalnih vrijednosti susjednih krivulja (60 godina). Produženjem ophodnje vremenska točka izjednačenja površina dobnih razreda pomaknula se udesno na vremenskoj osi za 40 godina u odnosu na model 12. Kada se uspoređuje razdoblje izjednačavanja površina dobnih razreda sa sukladnim modelom prethodnog scenarija, vidi se da je ono kraće za 60 do 90 godina, ovisno o razini gospodarenja. Prednost ovog modela očituje se i u manje ekstremnom ponašanju krivulje posljednjega dobnog razreda. Kretanje etata i ukupne drvene zalihe nastavljeno je s istom tendencijom i s pomakom udesno u odnosu na prethodni model.

Za model 14 karakteristično je da nije nastavljeno slično nizanje krivulja površina dobnih razreda. Izdvajanje krivulje posljednjega dobnog razreda ne samo po dužem razdoblju između najvećih vrijednosti sa susjednim dobnim razredom već i



Slika 17. Kretanje ukupne drvene zalihe, Šumarija Novoselec, UR hrast lužnjak
Figure 17. Trends of total growing stock, FO Novoselec, MC of Pedunculate oak

po izraženijem maksimumu, upućuje na sličnost s modelima 1. scenarija. Potpuno izjednačenje površina dobnih razreda nastupilo je na kraju razdoblja simulacije, kao u modelu 10. U modelu je zabilježeno višestruko osciliranje krivulje prvoga dobnog razreda oko osi normalne površine, a to se odrazilo i na pojačano oscilirajuće ponašanje ostalih elemenata sustava. Posljednjih 100 godina obilježeno je smirivanjem oscilacija, gdje su odstupanja oko normalne površine unutar granice + 5 %. Ako se uzme da je takav razmjer dobnih razreda zadovoljavajući, onda je izjednačenje površina dobnih razreda nastupilo 100 godina prije nego u modelu 10. Iz sličnosti kretanja dobnih razreda po površini s modelom 10 nastala je sličnost kretanja etata. Neznatna razlika u kretanju etata glavnog prihoda u razdoblju izjednačavanja površina sastojina starijih od 100 godina s površinom sastojina mlađih od 100 godina posljedica je politike gospodarenja. I nakon 105. godine uočljivo je oscilirajuće ponašanje ukupne drvene zalihe.

Scenarijem definirana politika gospodarenja sastoji se u tome da brzina izvođenja oplodne sječe ovisi o površini posljednjega dobnog razreda. Ponašanje

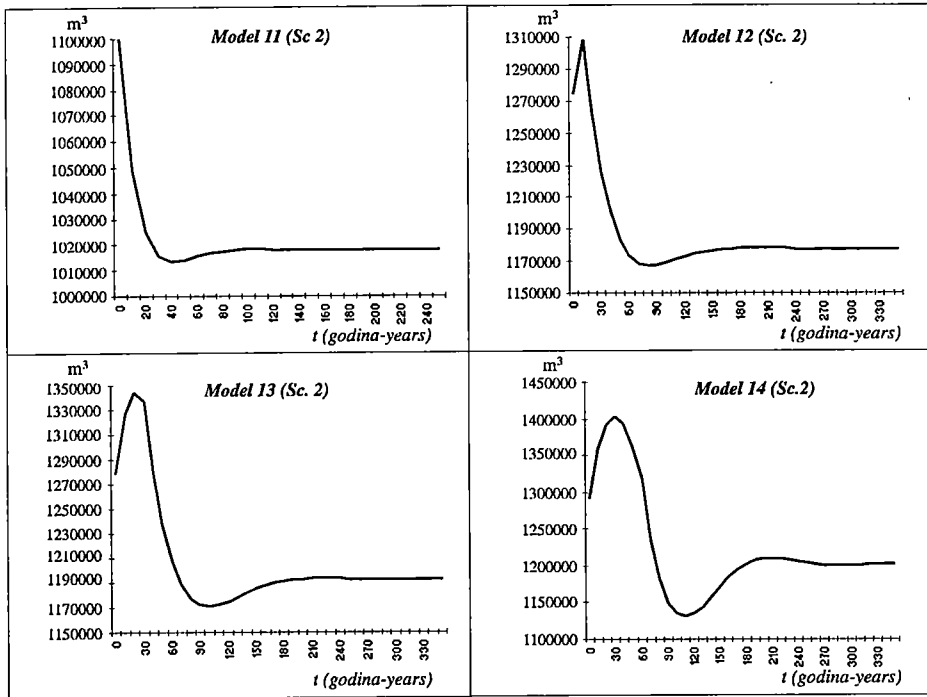
istraživanih elemenata za 4 različite duljine ophodnje (100, 160, 180 i 200 godina) prikazano je s 4 modela.

U modelu 15 uočene brže promjene stanja površina dobnih razreda u odnosu na model 11 upućuju na sustav s izraženijom dinamikom i naznakom oscilirajućeg ponašanja. Brže promjene površina posljednjega i prvoga dobnog razreda, a preko njih i ostalih, posljedica su bržeg izvođenja oplodnih sječa na početku razdoblja. Do toga je došlo zato što je $1/20$ površina na opisani način nastaloga posljednjega dobnog razreda bila veća od $1/50$ površine sastojina starijih od 50 godina na početku simulacije. Razdoblje izjednačavanja površina dobnih razreda može se podijeliti na dva dijela. U prvom dijelu brzo se mijenja stanje površina, a u drugom dijelu smiruju se oscilacije izazvane tim brzim promjenama. Iako drukčije dinamike, vremenska točka izjednačenja površina dobnih razreda odgovara onoj iz modela 11. Brže i izraženije promjene etata i ukupne drvene zalihe isto tako upućuju na dinamičniji model u odnosu na model 11.

Model 16 upućuje na posebno dinamično ponašanje, koje se značajno razlikuje od modela prethodnih dvaju scenarija. Već nakon prvih 30 godina formiran je snop isprepletenih krivulja površina dobnih razreda, koje osciliraju oko uzdužne osi snopa (pravca normalne površine). Za razliku od prethodnih modela, krivulja se posljednjega dobnog razreda ne izdvaja iz snopa, već se snop krivulja jednakomjerno sužava i prelazi u svoju os na kraju razdoblja simulacije. U odnosu na model 12, u modelu 16 dugotrajnije se, ali ujednačenije izjednačuju površine dobnih razreda. Kao odraz spomenutoga kretanja površina dobnih razreda oscilira i kretanje etata i ukupne drvene zalihe. U vremenskoj točki najmanje vrijednosti etata glavnog prihoda nalazi se najveća vrijednost etata prethodnog prihoda, i obrnuto. Etat cjelokupnog prihoda nije stalan zbog različite jačine promjena spomenutih etata.

Produžavanjem ophodnje za još 20 godina, odnosno dodavanjem još jednoga dobnog razreda, dobiven je model 17. Nastavljena je slična tendencija razvoja razmjera dobnih razreda. Os normalne površine pomaknuta je naniže, a osciliranje krivulja oko te osi izraženije je u odnosu na model 16. Zbog toga se snop krivulja sporije sužava pa je potpuno izjednačenje površina dobnih razreda pomaknuto više udesno na vremenskoj osi u odnosu na model 16. Potpuno izjednačenje površina nije postignuto ni na kraju razdoblja. Kretanje etata i ukupne drvene zalihe pokazuje tendenciju prethodnog modela, ali s izraženijim i dugotrajnijim osciliranjem vrijednosti.

Model 18 pokazuje još izraženiju dinamiku u odnosu na prethodna dva. Izraženim i pravilnim osciliranjem oko osi normalne površine, koja je produženjem ophodnje pomaknuta naniže, krivulje površina dobnih razreda čine gust i simetričan snop koji ima tendenciju vrlo sporog sužavanja. To upućuje na činjenicu da se produžavanjem ophodnje po 3. scenariju vrlo progresivno povećava vrijeme potrebno za izjednačenje površina dobnih razreda. Povezano s kretanjem dobnih razreda po površini, nastalo je posebno izraženo osciliranje vrijednosti etata i ukupne drvene zalihe s tendencijom dugotrajnog smirivanja.



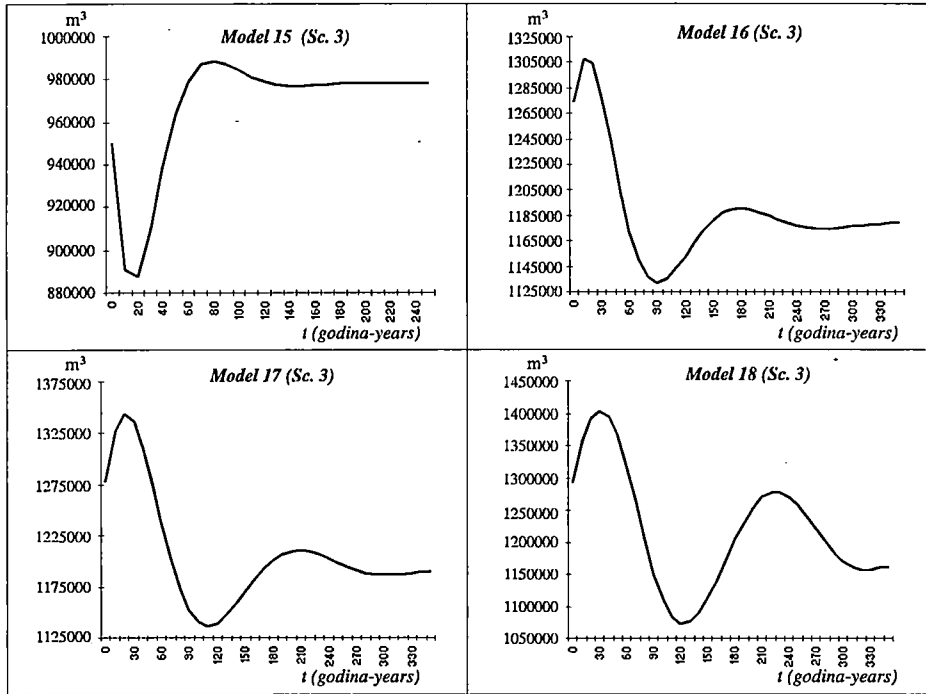
Slika 18. Kretanje ukupne drvene zalihe, Šumarija Novoselec, UR hrast lužnjak
Figure 18. Trends of total growing stock, FO Novoselec, MC of Pedunculate oak

Na slikama 10 do 19 zbog prostora, samo na razini gospodarenja u Šumariji Novoselec, prikazano je kretanje površine dobnih razreda, etata te drvene zalihe u modelima od 7 do 18.

Modelom 19 prikazano je ponašanje sustava šume hrasta lužnjaka na području Uprave šuma Zagreb kao posljedica varijabilne i nepravilne politike izvođenja oplodne sječe te nedefinirane duljine ophodnje. Takvo gospodarenje može biti uvjetovano različitim čimbenicima, kao što je izostanak uroda sjemena, masovna pojava sušenja srednjodobnih i starih sastojina, povećana potražnja za ekološkom funkcijom starih sastojina i drugo. Kako se to može odraziti na kretanje dobnih razreda i etata prikazano je na slici 20.

Tablica 1 prikazuje odnos vremenskih točaka izjednačenja površina dobnih razreda, etata i ukupne drvene zalihe prema scenariju i između scenarija, na razini gospodarenja hrastom lužnjakom u Upravi šuma Zagreb.

Prikazani podaci o etatu i drvnj zalihi odnose se na razdoblje nakon izjednačenja površina dobnih razreda, ili na kraj razdoblja simulacije, u slučaju kada još



Slika 19. Kretanje ukupne drvene zalihe, Šumarija Novoselec, UR hrast lužnjak
Figure 19. Trends of total growing stock, FO Novoselec, MC of Pedunculata oak

nisu izjednačene površine dobnih razreda (modeli 17 i 18). Dakle, podaci se odnose na uravnoteženo stanje proučavanih jednodobnih šuma. Uspoređivanjem podataka u navedenim tablicama uočava se sličnost odnosa promatranih elemenata među četirima navedenim razinama gospodarenja hrastom lužnjakom. To upućuje na zaključak da na kretanje površina dobnih razreda, etata i drvene zalihe ne postoji utjecaj površine šume. Prema tomu, razmatranje rezultata iz tablica odnosi se na sve četiri istraživane razine gospodarenja hrastom lužnjakom.

Za sva tri scenarija može se općenito reći da se produžavanjem ophodnje povećava potrebno vrijeme za izjednačavanje površina dobnih razreda. Slika 20, na kojoj je dan prikaz odnosa vremena potrebnoga za izjednačenje površina dobnih razreda i ophodnje, pokazuje velike razlike među scenarijima.

Po 1. scenariju produžavanjem ophodnje linearno se povećava vrijeme potrebno za izjednačenje površina dobnih razreda do duljine ophodnje od 180 godina. Zanimljivo je da je to vrijeme isto za ophodnje od 180 i 200 godina.

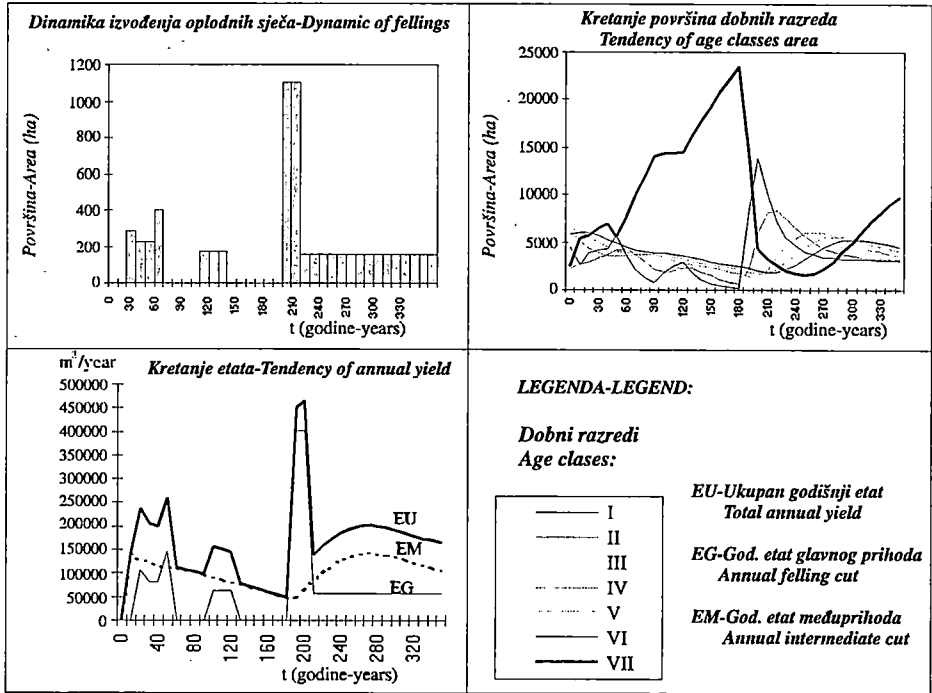
Sporo progresivno povećanje vremena izjednačenja površina dobnih razreda obilježje je 2. scenarija, a cijela krivulja nalazi se ispod krivulje 1. scenarija.

Tablica 1. Prikaz odnosa T_{idr} , etata i drvne zalihe prema scenariju i između scenarija
Table 1. Relationship T_{idr} , allowable cut and growing stock under and between scenarios

Scenario		Ophodnja (godina) – Rotation age (years)			
		100	160	180	200
1	T_{idr}	170	300	340	340
	EM	33 856	55 117	58 594	61 207
	EG	112 591	68 010	59 231	52 207
	EU	146 447	123 127	117 825	113 414
	V	6 485 309	8 251 584	8 519 017	8 708 067
2	T_{idr}	130	200	250	330
	EM	33 865	55 131	58 675	61 267
	EG	112 591	68 010	59 229	52 114
	EU	146 456	123 141	117 904	113 381
	V	6 484 981	8 251 664	8 519 202	8 710 282
3	T_{idr}	130	350	>350	>350
	EM	33 866	55 209	58 514	57 916
	EG	112 606	67 757	59 014	58 278
	EU	146 472	122 966	117 528	116 194
	V	6 485 310	8 256 231	8 494 191	8 375 185
EM – etat prethodnog prihoda ($m^3/god.$)		EU – etat cjelokupnog prihoda ($m^3/god.$)			
EG – etat glavnog prihoda ($m^3/.$)		V – ukupna drvna zaliha (m^3)			
T_{idr} – vremenska točka izjednačenja površina dobnih razreda					

Dinamičnost modela 3. scenarija uočava se i u vrlo brzom i progresivnom rastu vremena potrebnoga za izjednačenje površina dobnih razreda produžavanjem ophodnje.

Kada je cilj gospodarenja postići normalan razmjer dobnih razreda uz produžavanje ophodnje, temeljem slike 21, izabrat će se najpovoljnija politika gospodarenja i upravljanja jednodobnom šumom koja je definirana 2. scenarijem. Prednost modela 2. scenarija (modeli 12 i 13) prema modelima 1. scenarija očituje se u većoj ravnomjernosti zrelih prema ostalim sastojinama u razdoblju izjednačavanja površina dobnih razreda. Ekstremno prezastupljene zrele sastojine u sredini spomenutog razdoblja, pri gospodarenju definirane 1. scenarijem, nedostatak su u odno-



Slika 20. Kretanje oplodne sječe, površina dobnih razreda i godišnjeg etata; scenarij 4
 Figure 20. Tendency of fellings, age classes area and annual yield; Scenario 4

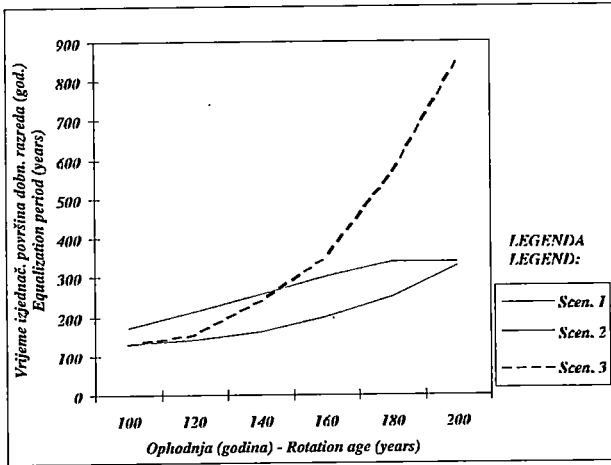
su na modele 2. scenarija i ne odgovaraju zahtjevima kvalitetnoga gospodarenja s potrajnom proizvodnjom.

Za gospodarenje definirano 3. scenarijem može se reći da je najbliže prirodnomu, odnosno da ono prati i oponaša procese u prirodi. Ono je karakterizirano vrlo polaganim i jednolikim uspostavljanjem stanja ravnoteže sustava. Takvo gospodarenje primjereno je u šumama u kojima su primarno izražene općekoriske funkcije (park-šume, nacionalni parkovi, parkovi prirode).

Gospodarenjem definiranim 2. scenarijem nastoji se ubrzati proces postizanja stanja ravnoteže i potrajnosti prihoda u drvnj tvari. Ono je primjereno u šumama koje imaju jače izražen gospodarski karakter.

Više statično i manje intenzivno gospodarenje u odnosu na 2. scenarij definirano je 1. scenarijem.

Promjena politike gospodarenja nije utjecala na promjenu veličine etata cjelokupnog prihoda, kako se to vidi iz tablica. Mijenjao se odnos između etata glavnoga i etata prethodnog prihoda kako se mijenjala duljina ophodnje. Produžavanjem



Slika 21. Odnos vremena potrebna za izjednačenje površina dobnih razreda i duljine ophodnje prema scenarijima
Figure 21. Relationship between equalization period of age classes area and rotation age under scenarios

ophodnje rasla je površina sastojina koje se njeguju proredom, a smanjivala površina zrelih sastojina u kojima se izvodi oplodna sječa. Jedino se model 3. scenarija s ophodnjom od 200 godina razlikuje od prethodna dva po etatu glavnoga i prethodnog prihoda zato što u tom modelu ni na kraju razdoblja nisu izjednačene površine dobnih razreda, odnosno vrijednosti etata nisu konstantne. Promjene ukupne drvene zalihe nisu izazvane različitim politikama gospodarenja. Produžavanjem ophodnje povećava se ukupna drvena zaliha.

ZAKLJUČAK – CONCLUSION

Na temelju opisane metodologije znanstvenog istraživanja, projektiranoga simulacijskog modela, provedenih simulacija te ispitivanja valjanosti simulacijskog modela moguće je donijeti sljedeće zaključke:

1. Modeliranjem se uz pomoć sustavne dinamike mogu predstaviti različiti složeni sustavi u šumarstvu, pa tako i sustav regularne šume kojom se gospodari metodom razmjera dobnih razreda. Računalnim simulacijskim modelom mogu se simulirati ponašanja stvarnih sustava regularne šume u definiranom vremenu, te na taj način odrediti njihov budući razvoj. Takva tehnika pruža velike mogućnosti pri planiranju u šumarstvu, kako na lokalnoj, tako i na višim razinama gospodarenja.

2. Na temelju razmatranja dobivenih podataka kretanja dobnih razreda po površini u istraživanim šumama (Uprava šuma Zagreb, dijelovi Uprave šuma Zagreb I i II, šumarije, gospodarske jedinice te uređajni razredi) može se zaključiti da vrijeme koje je potrebno za izjednačenje površina dobnih razreda u najvećoj mjeri ovisi o početnoj strukturi i odnosu površina dobnih razreda u promatranoj stvarnoj šumi. Utjecaj ukupne šumske površine nije uočen. Taj utjecaj posredno postoji, uz pretpostavku da na većoj šumskoj površini postoji povoljnija struktura dobnih razreda.

3. U svim istraživanim šumama u Upravi šuma Zagreb najveće se promjene u kretanju površina dobnih razreda, etata i drvene zalihe događaju u prvih 100 godina. Ovisno o stvarnom stanju i odnosu dobnih razreda unutar pojedine razine i kategorije gospodarenja, vrijeme potrebno za izjednačenje površina dobnih razreda kreće se od 90 godina (cjelokupna Uprava šuma Zagreb, šumarija Jasenovac) do preko 200 godina (Šumarija Lipovljani, GJ Šiljakovačka Dubrava).

4. Kretanje etata i ukupne drvene zalihe odraz je specifičnosti kretanja površina dobnih razreda konkretne šume. Promjene etata i ukupne drvene zalihe najveće su prvih 100 godina, kada se događaju i najveće promjene površina dobnih razreda kao posljedica početne nepravilne dobne strukture istraživanih šuma.

5. Na temelju pretpostavljenoga gospodarenja, početnog stanja površina dobnih razreda te stanja prirasta i drvene zalihe bilo koje stvarne jednodobne šume predstavljenim kontinuiranim simulacijskim modelom moguće je odrediti budući razvoj razmjera dobnih razreda te kretanje etata i drvene zalihe.

6. Uočena sličnost dinamike ponašanja između istraživanih stvarnih šumskih sustava hrasta lužnjaka na četiri različite razine gospodarenja nepravilnih početnih dobnih struktura upućuje na zaključak da se, teoretski, normalan razmjer dobnih razreda koji osigurava potrajnost prihoda, može postići jednako brzo i na razini gospodarske jedinice i na razini šumarije, dijela uprave šuma i cjelokupne uprave šuma.

7. Zakonitost da normalnu površinu najprije postigne prvi dobni razred, a potom redom drugi, treći i tako dalje uočena je u svim šumama nepravilne početne dobne strukture.

8. Kada se pri gospodarenju površinski etat glavnog prihoda računa na temelju ukupne površine šume, produžavanjem ophodnje izrazito se povećava površina posljednjega dobnog razreda u sredini simulacijskog razdoblja. To je u manjoj mjeri izraženo pri gospodarenju u kojemu se površinski etat glavnog prihoda računa na temelju površine sastojina starijih od polovine ophodnje, dok u gospodarenju definiranom 3. scenarijem polaganije se i ujednačenije izjednačuju površine svih dobnih razreda.

9. Promjena duljine ophodnje prema simuliranim scenarijima u istraživanim jednodobnim šumama hrasta lužnjaka utječe na duljinu vremena potrebnoga za postizanje normalnog razmjera dobnih razreda. Skraćivanjem ophodnje smanjuje se vrijeme potrebno za izjednačenje površina dobnih razreda i obrnuto, produžavanjem ophodnje povećava se to vrijeme. Svakako da u zdravim i stabilnim šumama hrasta lužnjaka nepravilne dobne strukture skraćivanje ophodnje radi smanjenja razdoblja izjednačavanja površina dobnih razreda nije dovoljno jako opravdano.

10. Promjene gospodarenja definirane simuliranim scenarijima nemaju utjecaja na veličinu ukupne drvene zalihe i etata. Prema simuliranim scenarijima produžavanjem ophodnje ukupna se drvena zaliha povećava. Na etat cjelokupnog prihoda ne utječe duljina ophodnje. Mijenja se samo odnos između etata prethodnog prihoda i etata glavnog prihoda. Produžavanjem ophodnje povećava se etat prethodnog prihoda, a smanjuje etat glavnog prihoda.

11. Politika gospodarenja jednodobnom šumom definirana brzinom izvođenja oplodne sječe (načinom računanja površinskog etata glavnog prihoda) i duljinom ophodnje vrlo je snažan vanjski čimbenik koji utječe na buduće ponašanje (kretanje razmjera dobnih razreda, etata i drvne zalihe) zatvorenoga sustava regularne šume.

12. U gospodarenju definiranomu 2. scenarijem u razdoblju izjednačavanja površina dobnih razreda postoji ravnomjerniji odnos zrelih i mladih sastojina te povoljniji odnos potrebnoga vremena izjednačenja površina dobnih razreda i duljine ophodnje. Zato se za buduće gospodarenje ovim šumama hrasta lužnjaka, koje imaju nepravilnu dobnu strukturu, radi postizanja stabilnog sustava s potrajnom proizvodnjom svih koristi od šume ocjenjuje najpovoljnije gospodarenje pri kojemu oplodne sječe ovise o površini sastojina starijih od polovine ophodnje, a šumom se gospodari ophodnjom od 140 do 180 godina.

13. Gospodarenjem regularnom šumom nepravilne dobne strukture uz maksimalnu ophodnju, gdje je izvođenje oplodne sječe ovisno samo o površini najzrelijih sastojina, polagano se i ujednačeno uspostavljava normalni razmjer dobnih razreda. Takav je model primjeren u šumama u kojima su izražene više općekorisne, a manje gospodarske funkcije šume.

14. Sustavnim dinamičkim modeliranjem moguće je u simulacijski model ugraditi buduće predvidive neželjene promjene koje će se odraziti na gospodarenje šumskim resursima na određenom području. Na temelju takve dinamike ponašanja sustava kao odziva na simulirani scenarij može se izvoditi dugoročno planiranje fizičkih, ekonomskih i financijskih elemenata.

15. Na osnovi ispitivanja valjanosti simulacijskog modela može se zaključiti da je model valjan i da se može primijeniti za simuliranje budućeg ponašanja, osobito u regularnim šumama na većim površinama gdje je starosna struktura sastojina unutar dobnih razreda jednolika. Izrađeni je simulacijski model pogodna osnova za dugoročno planiranje pri gospodarenju regularnim šumama.

Ovo je istraživanje provedeno da bi se prikazao novi pristup koji bi omogućio lakše planiranje i predviđanje pri gospodarenju regularnim šumama, a u kontekstu šireg smisla potrajne proizvodnje. Ono upućuje na potrebu daljnjeg istraživanja jer je otvorilo brojna nova pitanja koja nisu mogla biti obuhvaćena ovim radom. Određene pretpostavke izvedene na temelju dobivenih rezultata i donesenih zaključaka trebaju poslužiti kao osnova za daljnje istraživanje radi unapređenja toga vrlo važnoga šumarskog područja.

LITERATURA – REFERENCES

- Birch, T. W., 1983: The forest land owners of New York. USDA For. Serv. Resour. Bull. NE-78. 80 p.
- Bossel, H., 1986: Dynamics of forest dieback: systems analysis and simulation. *Ecol. Modelling* 3: 259 – 288.
- Bossel, H., 1991: Modelling forest dynamics: Moving from description to explanation. *For. Ecol. Management* 42: 129 – 142.
- Bossel, H., & H. Krieger, 1991: Simulation model of natural tropical forest dynamics. *Ecol. Modelling* 59: 37 – 71.
- Bossel, H., H. Krieger, H. Schaffer & N. Trost, 1991: Simulation of forest stand dynamics, using real-structure process models. *For. Ecol. Manage.* 42: 3 – 21.
- Buonigiorno, J., & K. J. Gilles, 1986: Forest management and economics. Macmillan, New York, 285 pp.
- Burkhardt, H. E., B. R. Knoebel & D. E. Beck, 1983: A Growth and Yield Model for Thinned Stands of Yellow-poplar (*Liriodendron tulipifera*). *Forest Growth Modelling and Simulation*: 41 – 53, Wien.
- Carpentier, J. P., 1987: Modelling the growth and yield of sugar maple stands. *Memoire, Direction de la Recherche et du Developpement, Ministere de l'Energie et des Ressources, Quebec (1987) No. 91*, 160 pp.
- Čavlović, J., 1994: Linearno programiranje u planiranju i gospodarenju jednodobnim šumama. *Glas. šum. pokuse* 31: 435 – 442, Zagreb.
- Evan's, J., & B. G. Hibberd, 1990: Managing to diversify forests. *Arboricultural Journal* 14: 373 – 378.
- Fahser, L., 1988: The ecological orientation of the forest economy. *Natural Resources and Development*. 28: 71 – 99.
- Fahser, L., 1989: Forest management-an ecological, social, cultural and economic commitment. *Forests as living space and economic factor, Proceedings of the Workshop on Forests at Max Mueller Bhavan, Bombay, December 4 – 9, 1989*, 7 pp
- Forrester, J. W., 1961: *Industrial dynamics*, Massachusetts Institute of Technology Press Cambridge, Massachusetts, Students Edition, Tenth Printing, 1980, Copyright 1961 by Massachusetts Institute of Technology.
- Forrester, J. W., 1968: *Principles of systems*. Massachusetts Institute of Technology Press Cambridge, Massachusetts and London, England, Second Preliminary Edition, Ninth Printing, 1980, Copyright 1968. by Jay W. Forrester.
- Forrester, J. W., 1971: *World dynamics*. Wright-Allen Press, Inc. Cambridge, Massachusetts, Second Edition, Copyright 1971, 1973, Wright-Allen Press, Inc Ninth Printing, 1980, Copyright 1968. by Jay W. Forrester.
- Gane, M., 1986: TIMPLAN: A planning system for industrial timber-based development. *Commonwealth Forestry Review*. 65 (1): 41 – 49.
- Gane, M., 1992: Sustainable Forestry. *Commonwealth Forestry Review*. 71 (2): 83 – 90.
- Gane, M., 1992: Country experience with modelling systems for forest sector planning. *Special Paper for 10th World Forestry Congress, Paris*.
- Grladi nović, T., 1993: Istraživanje optimalnog režima poslovanja u proizvodnji namještaja. *Disertacija, Zagreb*.
- Haight, R. G., 1985: A Comparison of Dynamic and Static Economic Models of Uneven-Aged Stand Management. *Forest Sci.* 4: 957 – 974.

- H o e n, H. F., 1987: Optimal timber management scheduling for a region. *Scandinavian Forest Economics*. 29: 89 – 99..
- H o e n, H. F., 1992: GAYA-LP: A PC-based long range forest management model. Paper prepared for the EURO XII/TIMS XXXI Joint International Conference in Helsinki, Finland, June 28th – July 1st 1992.
- H o e n, H. F., 1994: The Faustmann rotation in the presence of a Positive CO₂-price. *Scandinavian Forest Economics*. 35: 278 – 287.
- I v k o v, M., 1994: Simuliranje razvoja sastojina uz pomoć modela ovisnosti debljinskog prirasta o razini podzemnih voda. *Glas. šum. pokuse* 30: 95 – 142, Zagreb.
- J o b s t l, H. A., 1984: Simulation of long-term development as a basis sustained yield management and medium-term planning. *Forst-und Holzwirt* 39 (14 – 15): 349 – 354.
- K a y a, I., & J. B u n g i o r n o, 1987: Economic Harvesting of Uneven-Aged Northern Hardwood Sands Under Risk: A Markovian Decision Model. *Forest Sci.* 4: 889 – 907.
- K i e n a s t, F., & N. K r a u c h i, 1991: Simulated successional characteristics of managed and unmanaged low-elevation forests in central Europe. *For. Ecol. Manage.* 42: 49 – 61.
- K i s i l e v, A. F., & O. A t r o s h c h e n k o, 1985: Modelling the growth and productivity of Belorussian Norway spruce stands. *Lesovedenie i Lesnoe kozjajstvo* 20: 70 – 75.
- K l e p a c, D., 1965: Uređivanje šuma. *Znanje*, Zagreb, 340 str.
- K l s t r o m, T., 1991: Modelling early development of a planted pine stand: an application of object-oriented programming. *For. Ecol. Manage.* 42: 67 – 77.
- K r i e g e r, H., H. S c h a f e r & H. B o s s e l, 1990: SPRUCOM – a simulation model of spruce stand dynamics under varying immision exposure. *Syst. Anal. Model. Simul.* 7 (2): 117 – 129.
- K r i ž a n e c, R., 1992: Uređivanje šuma – Razvoj metoda. U *Šume u Hrvatskoj*: 131 – 152, Zagreb.
- K r u ž i ć, T., 1991: Simuliranje sadašnje i buduće distribucije prsnih promjera. *Šumarski list* 65 (1 – 2): 55 – 62, Zagreb.
- L e e, J. S., & C. T. C h a n, 1988: Studies on the simulation model for the growth of individual trees of a young Taiwan red cypress plantation in the Ta-Hsueh-Shan area. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 21 (2): 25 – 44.
- L e e m a n s, R., 1992: Simulation and future projection of succession in a Swedish broad-leaved forest. *For. Ecol. Manage.* 48: 305-319.
- L e e m a n s, R., & I. C. P r e n t i c e, 1987: Description and simulation of tree layer composit. and size distribution in primaeval *Picea-Pinus* forst. *Vegetatio* 69:147 – 156.
- L o h, D. K. Y. -T. C h u, H. H o l t f r e r i c h & Y. K. C h o o, 1991: Integrated resource management automation. U: Current advances in the use of computers in forest research; Workshop of the IUFRO Working Party S4. 11 – 03, Joensuu, Finland, February 14, 1991, Saarenmaa H. (Ed.): 69 – 77.
- M c M u r t r i e, R. E., 1991: Relationship of forest productivity to nutrient and carbon supplay – a modelling analysis. *Tree Physiology* 9: 89 – 99.
- M c M u r t r i e, R. E., & J. Landsberg, 1991: BIOMASS – a mechanistic model of the growth of tree stands. *ASIT Newsletter* 3 (3): 33 – 35.
- M c M u r t r i e, R. E., D. A. R o o k & F. M. K e l l i h e r, 1990: Modelling the yield of *Pinus radiata* on a site limited by water and nitrogen. *For. Ecol. Manage.* 30: 381 – 413.
- M e d e m a, E. L., & G. W. L y o n, 1985: The Determination of Fancial Rotation Ages for Coppicing Tree Species. *Forest Sci.* 2: 398 – 404.
- M e š t r o v i ć, Š., 1978: Pravilnik o izradi šumsko-privrednih osnova, osnova gospodarenja i programa za unapređenje šuma u svijetlu šumarske znanosti. *Šumarski list* 102 (8 – 10): 352 – 364.

- Meštrović, Š., 1980: Utjecaj borovih kultura na čistoću zraka u kliško-solinskom bazenu. Glas. šum. pokuse 20: 231 – 293.
- Mitchell, K. J., H. Oswald & J.-M. Ottorini, 1983: Modelling the Growth of Douglas Fir in France. Forest Growth Modelling and Simulation: 25 – 40, Wien.
- Miletić, Ž., 1922: Ideja potrajnosti u nauci o uređivanju šuma. Šumarski list 46 (1 – 12): 84 – 392.
- Mohren, G. M. J., 1987: Simulation of forest growth, applied to Douglas fir stands in the Netherlands. Thesis, Agricult. Univers., Wageningen, Netherlands (1987), 184 pp.
- Mohren, G. M. J., C. P. van Gerwen & C. J. T. Spitters, 1984: Simulation of primary production in even-aged stands of Douglas fir. For. Ecol. Manage. 9: 27 – 49.
- Munitić, A., 1990: Komputerska simulacija uz pomoć sistemske dinamike. Brodosplit, Kultura, Split.
- Munitić, A., & N. Račić, 1992: Sustav dinamičko kompjutersko simulacijsko modeliranje brdskih elektroenergetskih sustava. Zbornik radova 37. međunarodnog godišnjeg skupa KoREMA 92, Hrvatsko društvo za komunikacije, računarstvo, elektroniku, mjerenje i automatizaciju, Zagreb.
- Munitić, A., 1992: Sustav dinamička kontinuirana kompjuterska simulacija. Zbornik radova 37. međunarodnog godišnjeg skupa KoREMA 92, Hrvatsko društvo za komunikacije, računarstvo, elektroniku, mjerenje i automatizaciju, Zagreb.
- Oliveira, A. J., & L. Conto, 1986: Simulation and economic comparison of regeneration, density increase and interplanting in eucalypt stands, using the MANFLOR System—a case study. Instituto de Pasquisas e Estudos Florestais 34: 63 – 67.
- Pearce, D., A. Markandya & E. B. Barbier, 1989: Blueprint for a green economy. Earthscan Publications, London.
- Pranjić, A., V. Hitrec & N. Lučić, 1988: Praćenje razvoja sastojina hrasta lužnjaka tehnikom simuliranja. Glas. šum. pokuse 24: 133 – 149, Zagreb.
- Prentice, I. C., M. T. Sykes, & W. Cramer, 1991: The possible dynamic response of northern forests to global warming. Global Ecology and Biogeography Letters 1: 129 – 135.
- Riebeling, R., & H. J. Weimann, 1984: Simulation of long-term development and yield performance of beech in the Scheleder Wald. Forst-und Holzwirt 39 (14 – 15): 354 – 361.
- Rudis, V. A., J. H. Gramann, E. J. Rueddel & J. M. Westphall, 1988: Forest Inventory and Management-Based Visual Preference Models of Southern Pine Stands. Forest Science. 4: 846 – 863.
- Schäfer, H., H. Krieger & H. Bossel, 1990: The modelling of air pollution effects on plants, particularly on forest growth. U: Acid deposition in Europe: environmental effects, control strategies and policy options, Chadowich, M.J., & M. Hutton (Eds.). Stockholm Environmental Institute: 31 – 79.
- Sievänen, R., P. Hari, P. J. Orama & P. Pelkonen, 1988: A model for the effect of photosynthate allocation and soil nitrogen on plant growth. Ecol. Modelling 41: 55 – 65.
- Solomon, D. S., & W. B. Leah, 1986: Simulated yields for managed northern hardwood stands. USDA Forest Service, NE-578: 24.
- Šegotić, K., 1993: Matematički model za upravljanje šumama. Glas. šum. pokuse, posebno izdanje 4: 315 – 320, Zagreb.
- Trost, N., 1990: An approximate formula for the daily photoproduction of forest tree canopies. Ecol. Modelling 49: 297 – 309.
- Ugrešević, A., 1922: Potrajnost šumskog gospodarenja. Šumarski list 46 (1 – 12): 149 159; 73 – 285.

USING SYSTEM DYNAMICS IN EVEN-AGED FORESTS MANAGEMENT IN THE AREA OF THE ZAGREB FOREST DISTRICT

Summary

As time is one of the most important components in planning and managing forests, the goal of this research is to establish the best method of managing of even-aged forest with a view of achieving a sustainable production. This goal can be fulfilled by studying trends in forest resources within a longer period of time. A scientific research on the dynamics of even-aged forest system was conducted using system dynamics. The research was based on concrete data on the state of forest resources in the area of the Zagreb Forest District. In designing a continuous simulation model of a sustainable even-aged forest management, the latest insights into the field of system dynamics were used. Manifold simulations of four scenarios were conducted with an electronic computer. By applying the basic simulation model, the dynamics of forest resource trends were studied at all management levels (management unit, forest office, a part of forest district, the entire district) and management categories (management class). Defined management policies were used to design four scenarios, the aim being to select the most favourable policy. The research was done within the Pedunculate oak management class at four management levels. The results obtained from the established methodology of scientific research, the simulation model, the conducted simulations, and the evaluation of the simulation model validity, can be described as follows:

System dynamics in modelling can be used to represent different complex systems in the field of forestry, including the system of even-aged forest managed with the age class distribution method. The time needed to achieve equalization of age class areas depends mostly on the initial structure and relation of age class areas within the observed real forest. The time needed to achieve equalization of age class areas ranges between 90 years (the entire Zagreb Forest District, the Jasenovac Forest Office) and over 200 years (the Lipovljani Forest Office, Management Unit Šiljakovačka Dubrava). A regular age-class distribution ensuring yield sustainability can be obtained equally fast both at the levels of management unit, forest office, partial forest district, and the entire forest district. A change in rotation age within the simulated scenarios in the observed of even-aged Pedunculate oak forest influences the length of time needed to achieve a regular age class distribution. The policy of even-aged forest management, defined by the intensity at which seed fellings are done (a method of computing the surface allowable cut of the principal yield) and the rotation age, provides a very important external factor affecting fu-

ture trends (trends in age class distribution, allowable cuts and growing stock) of a closed even-aged forest management system. The best future method of managing the studied Pedunculate oak forests of irregular age structure is the one in which seed fellings depend on the area of stands older than one half of rotation age, and the forests are managed with a rotation lasting between 140 and 180 years. In this way a stable system with a sustainable production of all forest benefits will be achieved. By using the system of dynamic modelling, it is possible to build into the simulation model the future predictable undesirable changes affecting the management of forest resources in a certain area. This kind of trend in the system dynamics resulting from a simulated scenario offers a possibility for long-term planning of physical, economic and financial elements. The natural systems in question are governed by highly complex cause-consequence relations in time and space; therefore, the dynamic system modelling provides a strong support to planning and deciding in forest management. Consequently, the applied methodology, coupled with the use of the GIS technology, is recommended in concrete practice. In this way, a sound basis will be made for drawing up of both short-term and long-term management plans of a certain area at several management levels. Spatial and time planning in managing forest resources will be raised to a more qualitative level.

Author's address:
Juro Čavlović
Faculty of Forestry
HR – 10 000 Zagreb
P. O. Box 178

JOSIP FRANJIĆ

MORFOMETRIJSKA ANALIZA VARIJABILNOSTI LISTA POSAVSKIH I PODRAVSKIH POPULACIJA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR* L., *FAGACEAE*) U HRVATSKOJ

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF LEAF VARIABILITY POSAVINA
AND PODRAVINA POPULATIONS OF THE COMMON OAK
(*QUERCUS ROBUR* L., *FAGACEAE*) IN CROATIA

Prispjelo: 5. 6. 1996.

Prihvaćeno: 2. 9. 1996.

U radu je obavljena multivarijatna, univarijatna, deskriptivna, parametrijska i neparametrijska analiza uzoraka listova hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), kojom se pokušala dobiti jasnija slika o individualnoj i populacijskoj varijabilnosti hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Analizom je obuhvaćeno ukupno 20 populacija hrasta lužnjaka, koje potječu iz različitih bioklimatskih područja (Posavine i Podravine, te četiri kontrolne populacije iz Istre, Slovenije i Njemačke). Analizom su utvrđene signifikantne razlike među populacijama, te razlike među stablima u populaciji, s tim da su razlike među stablima u populaciji veće od razlika među populacijama. Takvi rezultati navode na zaključak da svaka populacija ima približno isti broj genotipova, a razlika se javlja samo u preživljavanju (zastupljenosti, frekvenciji), koje je vjerojatno u uskoj svezi s ekološkim čimbenicima (edafski i klimatski). Istraživanja varijabilnosti hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj u funkciji su dobivanja boljega pregleda genetske izdiferenciranosti lokalnih populacija, što je bitna osnova za izdvajanje sjemenskih sastojina (rajonizaciju) i za očuvanje genofonda hrasta lužnjaka.

Ključne riječi: *Quercus robur*, hrast lužnjak, morfološka svojstva lista, morfometrijska analiza, multivarijatna analiza, varijabilnost

UVOD – INTRODUCTION

OSNOVNE ZNAČAJKE RODA *QUERCUS* L.

S obzirom na broj vrsta rod *Quercus* L. pripada najbogatijim drvenastim rodovima umjerenoga pojasa sjeverne hemisfere. O broju vrsta koje obuhvaća rod *Quer-*

cus postoje različita gledišta. Tako Hegi (1908), Ascherson & Gräbner (1911), Anić (1946) i Neger & Münch (1950) navode oko 200, Jovanović & Vukičević (1983) oko 300, Schwarz (1936) i Krahl-Urban (1959) oko 320, Krüssmann (1972) oko 450, Melchior (1964) više od 600 vrsta drveća, rjeđe grmlja koje rastu u Europi, Sjevernoj i Južnoj Americi i Aziji (slika 1).

Tako velike razlike u broju vrsta rezultat su promjene statusa taksona nižih od vrste, tj. niži taksoni (podvrste, varijeteti i forme) dignuti su na razinu vrste, kao i shvaćanja širine roda, jer neki autori mijenjaju status podrodova i sekcija pa tako nastaje više "rodova" unutar roda *Quercus* s. l. (usp. Simonkai 1890, Kotschy, Borbas, Beck, Schneider prema Ashersonu & Gräbneru 1911; Javorka 1924, Schwarz 1936, 1936a, 1964, Benson 1962, Menickij 1966; Mátyás 1970, 1970a, Erdeši & Gajić 1977, Erdeši i dr. 1977, Erdeši 1985, Trinajstić 1988, Franjić 1993, 1993a, 1994, 1994a, 1996).

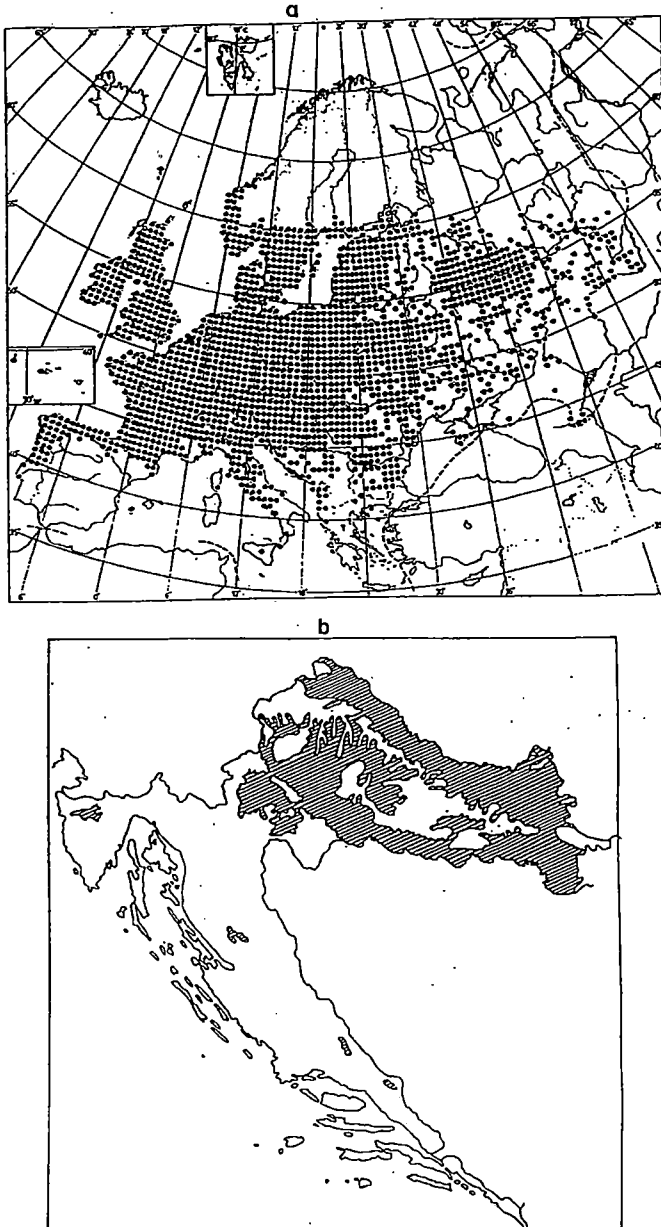
Rod *Quercus* odlikuje se velikom polimorfnošću. Varijabilnost i polimorfnost hrastova, kako se to može razabrati iz bogate literature (Schwarz 1936, 1936a; Cosens 1963; Tucović & Jovanović 1970; Trinajstić 1974; Vidaković & Krstinić 1974; Borchert 1975; Olsson 1975, 1975a; Jovanović & Tucović 1975; Brookes & Wigston 1979; Rushton 1979; Parabučski i dr. 1980; Glotov i dr. 1981; Bačić 1981, 1983; Martinis i dr. 1987; Trinajstić 1988; Vidaković & Trinajstić 1988) uvjetovana je i činjenicom da se praktički svi hrastovi međusobno križaju, ako rastu jedni uz druge i ako postoji odgovarajuće stanište za preživljavanje križanaca (Grant 1981). Za međusobno razlikovanje pojedinih vrsta i nižih taksona roda *Quercus* u prvome redu služe morfološka lista i ploda.

OPĆE MORFOLOŠKE ZNAČAJKE HRASTA LUŽNJAKA

Hrast lužnjak je listopadno, 30 – 40 (– 50) m visoko drvo s prsnim promjerom do 250 cm i s drvnom masom jednoga stabla do 65 m³. Zabilježena su stabla s prsnim promjerom oko 600 cm i starošću oko 2000 godina (usp. Herman 1971, Jovanović & Vukičević 1983, Rauš 1986).

Krošnja je bogato razgranjena, nepravilna, s horizontalnim ili uzdignutim krivdavim granama. Stabla uzrasla na osami imaju kratka i debela debela te voluminoznu i široko ovalnu krošnju. Deblo se, naime, već nisko iznad tla razgranjuje na karakterističan način u debele, dugačke i narijetko razmještene grane. Stabla pak uzrasla u šumskome sklopu imaju dugačka, ravna, jedra i od grana čista debela sa slabije razvijenom krošnjom. Kora debela i grana u mladosti je gotovo glatka, zatim fino uzdužno ispucala, poslije dublje izbrazdana, ljušti se u obliku malenih pločica. Mlade grančice (izbojci) i u najmlađim stadijima su gole ili rjeđe trepavičasto dlakave, ubrzo ogoljele, više-manje uglaste, modrozeleno ili smeđasto nahukane (usp. Trinajstić 1974). U većoj starosti razvijaju se u krošnji mnogobrojni kratki izbojci (usp. Csapody i dr. 1966, Herman 1971, Trinajstić 1974, Troll 1957).

Postoje četiri tipa izbojaka; početkom vegetacijskoga razdoblja stvaraju se kratki plodni (usp. sliku 2a), dugi plodni i proljetni neplodni izbojci, te u drugome di-



Slika 1. Rasprostranjenost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) a – u Europi (Jalas & Suominen 1976), b – u Hrvatskoj (Franjić 1994; Trinajstić 1996)
Figure 1. Common oak distribution (*Quercus robur* L.) a – in Europe (Jalas & Suominen 1976), b – in Croatia (Franjić 1994; Trinajstić 1996)

jelu vegetacijskoga razdoblja ljetni ili neplodni izbojci. Kratki plodni izbojak najbolje pokazuje recentno stanje biljke i reproduktivnu zrelost pojedinoga stabla. Dugi plodni izbojci u svome donjem dijelu nose listove nalik na listove svojih predaka, a proljetni neplodni izbojci nose listove iz juvenilne faze razvitka pojedinoga stabla (usp. Meijknecht 1955, Menickij 1966, Blue & Jensen 1988, Trinajstić 1989). Ljetni, neplodni izbojci nose listove koji odražavaju vrlo stare filogenetske odnose. Kratki plodni izbojak dug je (2–) 5 – 10 cm i nosi na sebi 3 – 8 (–9) listova (usp. Trinajstić 1988, Franjić 1993, 1994). Listovi su na njemu raspoređeni kitnjasto, tvoreći tzv. lisni mozaik. Na izbojku nisu nikada svi listovi jednakomjerno razvijeni, pa su obično 2 – 3 najdonja lista nepravilna, izrazito manja i više-manje zakržljala (Trinajstić 1989). Pupovi su jajasti ili duguljasto-jajasti, do 8 mm dugi, na vrhu šiljasti ili tupi, većinom peterostrani, goli. Palistići su suho-kožičasti, više-manje goli, linearni, ubrzo otpadaju. Listovi su skupljeni u vršnome dijelu grančice, s kratkim, dosta debelim, golim, poluvaljkastim, 0,2 – 1,0 cm dugim peteljka. Njihova je plojka 8 – 15 (–20) cm duga i 3 – 10 cm široka, obrnuto jajasta ili obrnuto jajastodugoljasta, izrazito najšira u gornjoj trećini, na bazi više-manje asimetrična, duboko srcasto-uškasta, često s više-manje produženim uškastim režnjevima, rijetko zaobljena ili klinasta, postrance pliće ili dublje perasto urezana na 4 – 8 pari nejednakih, tupih ili poluokruglih ili produženo poluokruglih režnjeva, između kojih se nalaze više-manje široki urezi, a vrlo rijetko je potpuno cijela i cijeloga ruba. Plojka je odozgo gola, jasnozeleno, bez sjaja, nježna, odozdo gola ili u mladosti narijetko dlakava, poslije ogoljela, svijetlozelena. Nervatura je perasta, s 5 – 7 pari postranih žila. Muške su rese 2 – 5 cm duge, valjkaste, njihova je os gola. Muški su cvjetovi sjedeći, njihov je perigon sastavljen od 5–8 žučkasto zelenih, linealnolancetastih, u gornjem dijelu naglo ušiljenih, pri dnu sraslih listića i imaju 6 – 8 prašnika s golim filamentima. Ženski su cvjetovi pojedinačni ili u čupercima do pet cvjetova raspoređenih u rahlu resu na dugoj stapci. Plodnica je na vrhu s trokrakom, u gornjem dijelu srcasto zaobljenom stigmom. Plodovi su pojedinačni ili po 3 – 5 na 3 – 6 (–16) cm dugim zajedničkim stapkama. Kupula je zdjelčasta do tanjurasta, 0,7–1,2 (–2) cm duga i 0,7 – 1,4 (–2,3) cm u promjeru, pokrivena sitnim, najčešće 1 – 2 mm širokim, široko-jajastim do trokutastim, pepeljasto ili žutosmeđe maljavom dlakavim ljuskama, koje su raspoređene poput crjepova na krovu i koje tijesno priliježu jedna uz drugu, uglavnom su plosnate, rjeđe pri dnu više-manje izbočene. Žir je duguljast ili elipsoidan, na vrhu šiljast, 1,5 – 5 cm dug i 0,7 – 2,7 cm u promjeru, svijetlosmeđ ili žutosmeđ, na površini uzdužno isprugan, viri iz kupule za 1/2 ili za 2/3 duljine. Broj kromosoma $2n = 22?$, 24 (usp. Sax 1930, Federov 1974, Trinajstić 1974). Fertilitnost hrast lužnjak postiže na osami oko 50. godine, u sastojini 20 – 30 godina poslije, u panjači već oko 20. godine (usp. Špiranec 1951, Šafar 1966, Herman 1971, Rauš 1986). Klijavost žira traje, u običnom postupku spremanja, pola godine. Biljke iz sjemena u prvim godinama rastu polagano, pod gustim sklopom venu nakon 2 – 3 godine, ali se iz uspavanih pupova ponegdje ponovno stvaraju izbojci. Prema Prpićevim istraživanjima (1976) u mladosti nadzemni dio polagano raste u visinu, dok korijen brzo prodire u dubinu i malo u širinu.

Korijenski je sustav snažno razvijen, te stoga stabla nisu osjetljiva na vjetroizvale. Do šeste ili rjeđe do osme godine korijenski se sustav sastoji gotovo isključivo od žile srčanice, koja prodire više od 2 m u dubinu, i od manjega broja bočnoga korijenja. Poslije, tj. oko tridesete godine, prevladava bočno korijenje, koje djelomično prodire na veliku udaljenost od debla, a djelomično prodire koso duboko u tlo. Tijekom daljnjega razvoja nastaje korijenje koje je u starih stabala često velikih dimenzija. No, u plitku tlu kao i u tlu s visokom razinom podzemne vode prestaje rasti žila srčanica već nakon kratkoga vremena (usp. Herman 1971, Prpić 1976, Rauš 1986).

LITERATURNI PODACI O MORFOLOŠKOJ VARIJABILNOSTI LISTA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR* L.)

Kako je morfološka varijabilnost u većine biljnih vrsta često vrlo velika i na prvi pogled matematički neobjašnjiva, to je ona, vrlo često, bila velik izazov za mnoge istraživače, koji su raznim statističkim metodama pokušavali objasniti zakonitosti raspodjele pojedinih svojstava. Budući da je morfološka varijabilnost hrasta lužnjaka, zbog svoje nepotpune reproduktivne izoliranosti prema vrstama roda *Quercus*, vrlo velika, i ovaj je rad jedan od pokušaja u upoznavanju zakonitosti raspodjele istraživanih parametara modernim statističkim metodama.

Tijekom navedenih istraživanja otkriven je niz problema u svezi sa zakonitošću u determinaciji kvantitativnih odnosa analiziranih parametara. Kako je morfometrijska analiza vršena jedino standardnim statističkim metodama (usp. Franjić 1993a, 1994, 1994a), u suradnji i konzultacijama s matematičarima-statističarima, koji se navedenom problematikom bave, sugerirano je da se istraživani parametri podvrgnu neparametrijskoj i multivarijatnoj analizi.

Budući da u našim populacijama hrasta lužnjaka nisu bila obavljena detaljnija morfometrijska istraživanja oblika lista i žira, istraživana su od 1989. do 1995. godine individualna i populacijska varijabilnost nekih morfoloških parametara lista i žira, te je kao rezultat izrađen magistarski rad "Morfometrijska analiza lista i ploda hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj" (Franjić 1993) i objavljeno nekoliko manjih radova (Franjić 1993a, 1994, 1994a, Trinajstić & Krstinić 1993, Krstinić i dr. 1996, Trinajstić 1996, Trinajstić & Franjić 1996).

Kako je broj radova o morfometrijskoj, a posebice multivarijatnoj analizi parametara lista hrasta lužnjaka relativno malen, ovom će se prilikom dati pregled nekih radova, vezanih uz navedenu problematiku, koji su rađeni na nekim srodnim vrstama. Prikazat će se i radovi koji su primjenjivali iste ili slične metode rada.

Stebbins i dr. (1947) uspoređuju herbarski materijal vrsta *Quercus marilandica* i *Q. ilicifolia* s različitim staništa. Utvrđeno je da su najpouzdanija svojstva za poredbu tih dviju vrsta širina plojke lista, broj bočnih žila, oblik baze plojke, dlačice s donje strane lista, duljina terminalnih pupova adultnih izbojaka i dubina kupule žira. Dobiveni rezultati pokazuju razlike u području u kojemu obje vrste rastu zajedno, a ne postoji razlika u rezultatima gdje se areali ne preklapaju, tj. tamo gdje nema dotoka drugoga genetskoga materijala.

Cousens (1963, 1965) je istraživao svojstva hrastova lužnjaka i kitnjaka na području Velike Britanije. Dobiveni su rezultati pokazali različite stupnjeve introgresije, a njihova je provjera obavljena i u Hrvatskoj.

Menickij (1966) istražuje varijabilnost nekih parametara lista kavkaskih i maloazijskih hrastova primjenjujući Meijknechtovu metodu uzimanja uzoraka (usp. Meijknecht 1955). Statističko-grafičkom analizom utvrđeno je da se populacije međusobno razlikuju, te da se na osnovi nekih parametara mogu odrediti i neki niži taksoni od vrste.

Maze (1968) istražuje introgresiju između dviju alopatričkih sjevernoameričkih vrsta, *Quercus macrocarpa* i *Q. gambelii*. Na osnovi upotrijebljene metode obrade podataka dobiveni rezultati pokazuju na prisutnost sekundarne simpatrije.

Moggi & Paoli (1972) istražuju varijabilnost talijanskih listopadnih hrastova podrodova *Quercus* i *Cerris*. Mjeren je velik broj parametara lista i ploda. Oni su obrađeni standardnim statističkim metodama, a neka kvantitativna obilježja (oblik baze plojke, dlakavost gornje i donje strane plojke, dlakavost mladih izbojaka i terminalnih pupova) poslužila su za kvalitetniju interpretaciju dobivenih rezultata. Utvrđeno je da se podrodovi, a i same vrste mogu dosta dobro determinirati na osnovi primijenjene statističko-grafičke analize.

Olsson (1975) istražuje hibridizaciju hrastova lužnjaka i kitnjaka statističko-grafičkom analizom lista. Utvrđeno je da se na osnovi nekih parametara može determinirati pojedino stablo, što bi prema njemu moglo poslužiti za razdiobu taksona nižih od vrste.

Filipello & Vittadini (1975) i Filipello & Zorzoli (1982) također istražuju varijabilnost vrsta *Quercus pubescens* i *Q. petraea* na osnovi nekih morfoloških svojstava lista. Najbolji pokazatelj za determinaciju vrsta i određivanje stupnja hibridnosti pokazao se L/N-indeks (L = broj režnjeva, N = broj bočnih žila). Utvrđeno je da *Q. petraea* ima u 98 % slučajeva $L/N < 1$, u 2 % $L/N = 1$, a samo je na jednom lokalitetu (Appennino pavese) taj odnos 29:71 %; *Q. pubescens* ima u 30 % slučajeva $L/N < 1$, u 68 % $L/N = 1$, a u 2 % $L/N > 1$; *Q. virgiliana* ima u 80 % slučajeva $L/N < 1$, a u 20 % $L/N = 1$.

Kissling (1977, 1980) istražuje srednjoeuropske hrastove (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. cerris*), koristeći se morfometrijskim metodama za izradu ključa za determinaciju vrsta.

Rushton (1979) je istraživao odnos između geografske rasprostranjenosti i klimatsko-edafskih obilježja za 135 populacijskih uzoraka vrsta *Quercus robur* i *Q. petraea* iz Walesa, te srednje i istočne Engleske, služeći se multivarijatnom analizom. Utvrđeno je da su čiste sastojine hrasta lužnjaka raspoređene u istočnome dijelu otoka i da su povezane s visokim vrijednostima pH. Populacije koje sadrže nešto hibrida smještene su zapadnije, a populacije hrasta kitnjaka (čiste i one s hibridima) raspoređene su uglavnom u Walesu, te su općenito edafski i klimatski odijeljene od populacija čistoga lužnjaka. Dokazano je da populacije hibrida pridolaze samo na intermedijarnim staništima.

Milletti i dr. (1982) istražuju hrast kitnjak u istočnim Alpama. Primijenjena je statistička analiza morfoloških parametara lista. Dobiveni se rezultati ne podudara-

ju s dotadašnjim literaturnim podacima. Rezultati pokazuju manju varijabilnost u obliku nego u dimenzijama. Srednje vrijednosti istraživanih parametara sIn: duljina plojke = 10 cm, duljina peteljke = 1,5 cm, 7 – 8 režnjeva, 9 – 12 bočnih žila. Što se tiče kvalitativnih svojstava, baza je klinasta ili zaobljena, peteljka je gola i žljebasta, pupovi i izbojci su dlakavi, gornja strana lista je gola, a donja je dlakava.

Rushton (1983) istražuje na 35 lokaliteta vrste *Quercus robur* i *Q. petraea*. Multivarijatnom analizom nekih svojstava lista utvrdio je da je stupanj hibridnosti tih dviju vrsta 13,3 %. Primijećena je veća zastupljenost hibrida u mješovitim populacijama. Sve je analizirane populacije podijelio u osam tipova s obzirom na zastupljenost čistih vrsta i hibrida.

Jensen (1986) je multivarijatnom analizom istraživao oblik ploda i geografsku rasprostranjenost sjevernoameričke vrste *Quercus ellipsoidalis*. Utvrđeno je da se sjeverne i južne populacije međusobno razlikuju u nekim od istraživanih svojstava.

Blue & Jensen (1988) istražuju varijabilnost nekih morfoloških svojstava lista u nekih vrsta roda *Quercus*, primjenjujući faktorsku analizu varijance. Utvrđeno je da se vrijednosti pojedinih parametara mijenjaju tijekom godine (sezonska varijabilnost).

Ietswaart & Feij (1989) istraživali su hibridizaciju i introgresiju između *Quercus robur* i *Q. petraea* u 12 nizozemskih populacija koristeći se multivarijatnom analizom. Utvrđena je sveza između pojedinih svojstava i pridolaženja nekih stupnjeva hibridizacije i introgresije, tj. hibridi koji su sličniji lužnjaku pridolaze na vlažnijima, a oni koji su sličniji kitnjaku na sušim staništima.

Smole & Batič (1992) istraživali su varijabilnost svojstava lista i ploda četiriju vrsta hrastova (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens* i *Q. cerris*) iz Slovenije. Utvrđeno je da su morfološka svojstva (oblik i duljina lisne plojke, duljina peteljke i duljina stapke ploda) karakteristična za razlikovanje promatranih vrsta hrastova i da imaju veliko značenje za detaljniju razdiobu. Nije utvrđeno po kojoj su zakonitosti povezana istraživana svojstva, ali njihova povezanost s nekim drugim kvalitativnim karakteristikama (režnjevi i dlakavost lista te oblik žira) daju mogućnost za detaljniju podjelu.

Aas (1993) istražuje morfološku varijabilnost 10 svojstava lista hrastova *Quercus robur* i *Q. petraea*, koristeći se univarijatnom i multivarijatnom analizom radi rješavanja taksonomskoga statusa tih dviju vrsta i njihovih hibrida.

Dupouey & Badeau (1993) istraživali su morfološku varijabilnost (lista, ploda i izbojaka) triju vrsta hrastova (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) u sjeveroistočnoj Francuskoj. Nad 19 svojstava obavili su faktorsku analizu. Utvrđene su signifikantne razlike između triju analiziranih vrsta za većinu svojstava.

Elsner (1993) istražuje morfološku varijabilnost hrasta lužnjaka i kitnjaka u sjevernoj Njemačkoj radi razdiobe staništa čistih vrsta od staništa njihovih hibrida. U analizu su uključena morfološka svojstva listova, koja su obrađena diskriminantnom analizom. Rezultat je provedene analize postojanje staništa hibrida u neposrednoj blizini staništa čistih vrsta, što je vrlo čest slučaj u srednjoj i posebice u zapadnoj Europi. U našim se populacijama tek u novije vrijeme pristupilo detaljnijoj morfometrijskoj analizi lista te su i literaturni podaci vrlo oskudni.

Bačić (1983) istražuje varijabilnost nekih morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka dviju populacija (Batunja – sjeveroistočna Bosna i Zapadna Kusara – jugoistočna Slavonija). Utvrđeno je da postoje razlike u istraživanim svojstvima i unutar populacija i između populacija. Također je utvrđeno da su vrijednosti za istraživana svojstva veće u listova adultnih od listova juvenilnih stabala. Utvrđena su i svojstva koja najviše variraju (duljina peteljke i površina lista), te obilježja koja najmanje variraju (broj režnjeva, ureza i bočnih žila).

Franjić (1993a) istražuje varijabilnost morfoloških svojstava (duljine i najveće širine plojke) triju nizinskih zajednica hrasta lužnjaka (*Genista elate-Quercetum roboris typicum*, *Carpino betuli-Quercetum roboris* i *Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris*) u Hrvatskoj. Deskriptivnom analizom izmjerenih parametara utvrđeno je da zbog visoke varijabilnosti nema razlika među stablima u populaciji ni među stablima različitih populacija. Regresijskom je analizom utvrđeno da među navedenim svojstvima postoji visoka korelacija, a među stablima u čistim lužnjakovim zajednicama (bez primjese drugih hrastova) uočava se manja varijabilnost od zajednice u kojoj lužnjak raste zajedno s drugim hrastovima. Takvo se stanje objašnjava kao posljedica introgresije (obogaćenja) genoma lužnjaka s genima drugih hrastova s kojima raste na istom staništu i adaptibilnosti takva heterogenoga materijala na plus staništa.

Trinajstić & Krstinić (1993) istražuju varijabilnost hrasta lužnjaka primjenjujući morfometrijsku analizu duljine i širine plojke lista. Utvrđeno je da postoji vrlo visoka korelacija između dvaju istraživanih svojstava ($r \approx 0,9$). Regresijski se pravci istraživanih populacija ne razlikuju po nagibu i po odsječku na osi ordinate (a_0 i po a_1). Utvrđeno je da se populacije međusobno razlikuju po raspodjelama LL-indeksa (duljina/širina plojke), ali je primijećeno da se populacije Calabria (Italija) i Kostolac (BiH) ne razlikuju, što se dovodi u vezu s nadmorskom visinom, koja je za te dvije populacije približno jednaka.

Trinajstić & Franjić (1996) istražuju morfološke razlike među obilježjima lista (duljina i širina plojke, duljina peteljke, broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke) u sva četiri tipa izbojaka (kratki fertilni, kratki sterilni, dugi fertilni, dugi sterilni i u slobodno ubranih listova s tla). Primjenom standardnih statističkih metoda utvrđeno je da se navedena svojstva različito ponašaju u različitim tipova izbojaka, tj. kratki fertilni i kratki sterilni izbojci gotovo ne pokazuju razlike, ali se listovi dugih sterilnih izbojaka razlikuju od dugih fertilnih, a i od kratkih fertilnih i kratkih sterilnih. I listovi dugih fertilnih izbojaka razlikuju se od listova kratkih fertilnih i kratkih sterilnih izbojaka.

SVRHA ISTRAŽIVANJA – OBJECTIVE OF RESEARCHES

Poredbeno-statističkom analizom svojstava lista kratkih fertilnih izbojaka (adultni materijal) nizinskih šumskih zajednica iz Posavine i Podravine u Hrvatskoj pokušao se utvrditi stupanj unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti, te

stupanj ekoloških i genetskih razlika istraživanih populacija hrasta lužnjaka s osvrtom na razlike između skupine posavskih i skupine podravskih populacija. Za kontrolu uzete su i populacije izvan navedenoga područja – Motovun (Hrvatska), Ljubljana (Slovenija), Grosselfingen i Bisingen (Njemačka).

S istraživanjem se željela utvrditi varijabilnost svojstava (duljina i širina plojke, duljina peteljke i broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke lista), tj. utvrditi varijabilnost deskriptivnih statističkih parametara [aritmetičke sredine (\bar{x}), standardne devijacije (s_x), širine varijabilnosti ($x_{\min.} - x_{\max.}$), koeficijenta varijabilnosti (C.V.)] istraživanih svojstava. Također je obavljena neparametrijska analiza (Kolmogorov-Smirnov, Mann-Whitneyev U-test, Wald-Wolfowitzov test, Kruskal-Wallisov, Median test i Signed rank test), te multivarijatna "cluster" analiza.

Varijabilnost se hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj utvrđuje radi dobivanja boljega pregleda fenotipske i genetske izdiferenciranosti lokalnih populacija, što je bitna pretpostavka (osnova) za planiranje (izdvajanje) sjemenskih objekata (rajonizaciju) i radova na očuvanju genofonda hrasta lužnjaka.

Istraživanjima se na kraju želi utvrditi da li postoji adultno-juvenilna korelacija za istraživana svojstva lista. Ako bi se utvrdilo da korelacija postoji, tada bi dobiveni rezultati imali svoju praktičnu primjenu, tj. tada bi se mogla na osnovi makromorfoloških svojstava lista, u mladoj sastojini, s velikim brojem stabala po jedinici površine i s relativno velikom vjerojatnošću izlučivati ona stabla za koja se zna da imaju traženu kvalitetu (da mogu preživjeti do kraja ophodnje, da su zadovoljavajuće kvalitete debla, da pokazuju veću otpornost na "kisele kiše", na napad štetnih gljiva i kukaca i dr.).

MATERIJAL I METODE RADA – MATERIAL AND WORKING METHODS

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA – PODRIJETLO MATERIJALA

Kako su zakonitosti raspodjele pojedinih parametara analizirane jedino u savskome slivnom području (Posavina), istraživanja su se proširila i na dravski sliv (Podravinu) da bi se utvrdili modeli varijabilnosti za čitav nizinski dio areala hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Nažalost, zbog ratnih prilika nije bilo moguće analizirati cijeli lužnjakov areal u Hrvatskoj.

Listovi za morfometrijsku analizu potječu iz 16 populacija hrasta lužnjaka, koje pripadaju nizinskim šumskim zajednicama hrasta lužnjaka iz Posavine i Podravine, jedne populacije iz Istre (Motovun), te iz dviju populacija iz SR Njemačke (Bisingen i Grosselfingen) i jedne iz Slovenije (Ljubljana) (usp. tablicu 1).

Kako je prethodnim istraživanjima utvrđeno, a uvodno već i spomenuto, nije svejedno s kojega se izbojka na istom stablu uzimaju uzorci listova. Stoga je u ovom slučaju uzet uzorak listova kratkih fertilnih izbojaka. U uzorku su isključivo samo zdravi, normalno i potpuno (ubrani u drugome dijelu vegetacijskoga razdoblja) razvijeni listovi, koji su ubrani sa stabala na osami ili na rubu šume (osvijetljeni dio

krošnje). Nedovoljno razvijeni listovi su odstranjeni zato što su takvi listovi, zbog nekih fizioloških ili nekih drugih razloga, nepotpuno razvijeni i što ne daju pravi oblik fenotipa, te bi njihovom analizom nastala neka imaginarna slika, koja ne bi bila stvarna odlika genotipa. Takav izbor stabala posljedica je spoznaje da samo ono stablo koje se nalazi na osami, a i onaj dio stabla koji se nalazi na vanjskome dijelu šume, može pokazati svoj fenotip u potpunosti, tj. onako kako je on definiran genotipom (usp. Franjić 1993, 1994, 1994a). U tom slučaju uzrok je svih razlika pod utjecajem genotipa i staništa.

Ukupno je analizirano 20 populacija, 116 stabala i 7545 listova, a na svakom je listu izmjereno pet parametara, tj. ukupno je analizirano 37 725 izmjerenih podataka.

SKUPLJANJE I PREPARIRANJE UZORAKA ZA ANALIZU

Skupljanje uzoraka često je i najteži dio nekoga pokusa, a posebno je problematično skupljanje uzoraka za biološke pokuse, jer je skupljanje takvih uzoraka vremenski vrlo ograničeno na pojedine dijelove vegetacijskoga razdoblja. Pojavljivanje pojedinih struktura za analizu (npr. dobar urod žira hrasta lužnjaka) ne može se predvidjeti, a rukovanje, obrada i čuvanje materijala je vrlo teško i vezano je uz velike troškove.

Budući da za kvalitetnu statističku analizu treba skupiti reprezentativan uzorak s dovoljnim brojem primjeraka, skupljanje je uzoraka hrasta lužnjaka bilo vezano uz česta i skupa putovanja, relativno tešku i skupu obradu uzoraka (sušenje herbarske građe, skladištenje, mjerenje i statističku obradu uzoraka).

IZBOR STABALA U SASTOJINI

Prijašnjim je istraživanjima (Franjić 1993, 1994) utvrđeno da nije svejedno s koje- ga se stabla (u sastojini ili na osami) uzimaju uzorci listova za morfometrijsku analizu, jer se krivim odabirom stabala može dobiti uzorak nepodoban za istraživanje, pa se strogo vodilo računa o odabiru stabala za analizu. U istraživanjima su upotrijebljena adulta stabla, i to najčešće stabla na osami (soliteri) ili stabla na rubu šume, zbog toga što su plodne grane takvih stabala razmjerno nisko i mogućnost je skupljanja kvalitetnoga uzorka veća, a ujedno su i troškovi skupljanja mnogo niži. Budući da se radi o hrastu lužnjaku koji ima simpodijalan rast, te svaki vršni izbojak ima funkciju vegetacijskoga vrha, sasvim je svejedno s kojega će se dijela krošnje uzimati uzorak listova za analizu. Kako je već istaknuto, to je uzorak listova kratkih izbojaka (usp. sliku 2a), koji jedini predstavljaju recentno stanje vrste (usp. Trinajstić 1989, Franjić 1993, 1993a) i koji su ubrani sa stabala na rubu šume ili sa solitera.

VRIJEME SKUPLJANJA UZORAKA LISTOVA

Imajući na umu fenološki razvoj kratkih izbojaka (fertilnih i sterilnih), koji se razvijaju na početku vegetacijskoga razdoblja, vrijeme skupljanja uzoraka listova re-

lativno je kratko; ono zbog razvoja listova u hrasta lužnjaka može početi početkom srpnja i trajati do kraja rujna. Do kraja lipnja listovi nisu potpuno razvijeni, a početkom listopada listovi već počinju opadati.

U istraživanja su uključeni listovi skupljeni u navedenom godišnjem razdoblju od 1990. do 1994. godine.

NAČIN SKUPLJANJA UZORAKA LISTOVA I PREPARIRANJE

Uzorci su listova skupljeni trganjem kratkih izbojaka s odabranih stabala i stavljeni u PVC vrećice, nakon čega su prešanjem osušeni u novinskome papiru i spremljeni u herbar.

METODA RADA

Svaki je obrađeni (herbariziran) list označen brojem od 1-n (usp. Trinajstić 1988, Franjić 1993, 1994), a u svakoga normalno razvijenoga i neoštećenog lista mjerena je duljina plojke (l_{lo}), širina plojke (l_{la}) i duljina peteljke (l_p), te su brojeni režnjevi s lijeve (n_{ld}) i s desne strane plojke (n_{ls}) lista (usp. Franjić 1993a, 1994a, slika 2b). Sve izmjerene dimenzije listova mjerene su s preciznošću od 1 mm.

Svi su uzorci strojno statističko-grafički analizirani usporedbom statističkih paketa SPSS/PC + V2.0 i SAS 6.04 na PC-u 386, 486, Digital 466.

Općenito bi se sve primijenjene statističke metode mogle podijeliti u tri skupine:

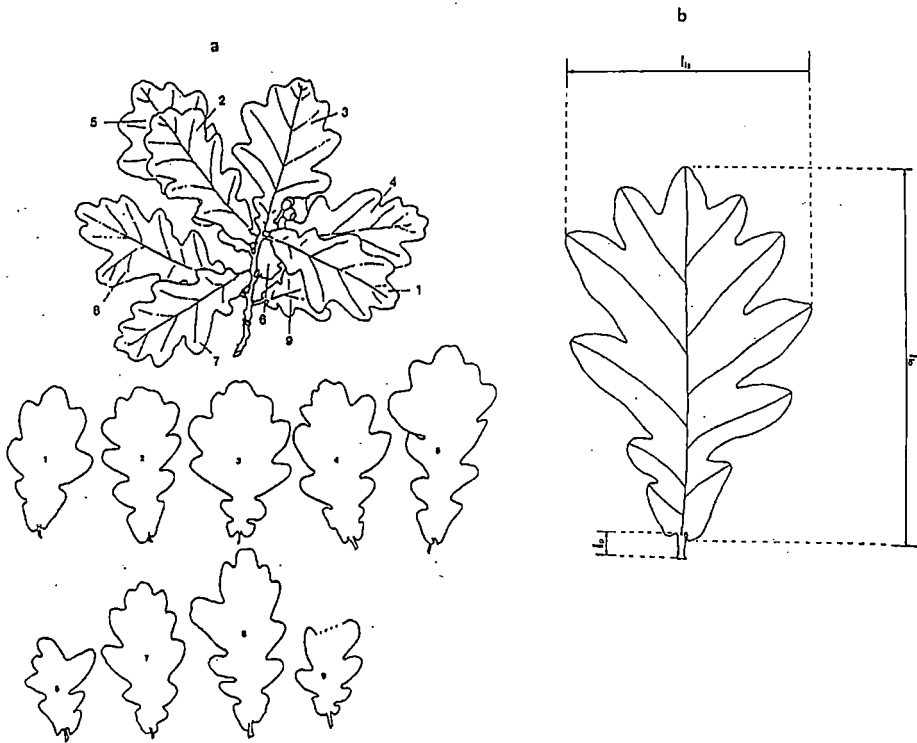
1. deskriptivna statistika
2. testiranje hipoteza (neparametrijski i parametrijski testovi)
3. multivarijatna "cluster" analiza.

DESKRIPTIVNA STATISTIKA

Za sve uzorke određene su aritmetičke sredine (\bar{x}), standardne devijacije (s_x), koeficijenti varijabilnosti (C.V.), širine varijabilnosti ($x_{min.}-x_{max.}$) mjerenih svojstava lista uporabom standardnih formula (usp. Tavčar 1946, Prodan 1961, Snedecor & Cochran 1971, Sneath & Sokal 1973, Petz 1974, Sokal & Rohlf 1981, Pranjić 1990).

TESTIRANJE HIPOTEZA

Budući da je prijašnjim istraživanjima utvrđeno (usp. Franjić 1993, 1994), a i sadašnjima potvrđeno da sve raspodjele (distribucije) frekvencija nisu normalne, bilo je potrebno primijeniti neparametrijske metode da bi se utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika na individualnoj (među stablima) i populacijskoj (među populacijama) razini.



Slika 2. a – kratki fertilni izbojak s listovima (Trinajstić 1989),
b – mjerena svojstva lista (Franjić 1993)
Figure 2. a – short fertile shoot with leaves (Trinajstić 1989),
b – measured properties of the leaf (Franjić 1993)

Ukupno je primijenjeno šest neparametrijskih testova:

1. Kolmogorov-Smirnov test
2. Mann-Whitneyev U-test
3. Wald-Wolfowitzov test
4. Kruskal-Wallisov H-test
5. Median test
6. Signed rank test.

Kruskal-Wallisov H-test prihvaćen je kao najpouzdaniji, jer se temelji na pretpostavci da imamo k neovisnih uzoraka za koje želimo ustanoviti da li potječu iz iste populacije (usp. Franjić 1990), što u potpunosti odgovara skupljenomu uzorku. Zahtjevi ostalih testova su više ili manje odstupali od moguće prilagodbe uzorka, te su zbog toga i rezultati dobiveni tim testovima smatrani nepouzdanima i zbog toga su isključeni. Pretpostavka simetrije broja režnjeva je testirana "signed rank" testom (test da je medijan razlike u broju režnjeva jednak 0).

MULTIVARIJATNA "CLUSTER" ANALIZA

Radi lakšega snalaženja "cluster" analizu smo za ovaj rad podijelili na:

1. "Cluster" metode
2. Određivanje mjera sličnosti i udaljenosti
3. Izračunavanje kofenetskoga korelacijskoga koeficijenta (r_c)
4. Tijek obrade podataka
5. Metodološki pristup "cluster" analizi morfološke varijabilnosti hrasta lužnjaka.

"CLUSTER" METODE

U ovome su radu upotrijebljene hijerarhijske "cluster" metode, i to aglomerativne (SAHN – "Sequential Agglomerative Hierarchic Nonoverlapping Clustering Methods"), koje smanjuju podatke spajanjem objekata sve do finalno jedne jedinstvene skupine, a divizivne dijele objekte u sve manje i manje skupine sve do finalne situacije – jedan objekt = jedna skupina. Prema Sneathu & Sokalu (1973) aglomerativne metode nesumnjivo su najčešći pristup u taksonomiji i biologiji općenito.

Prema Lanceu & Williamsu (1967) može se postaviti opći algoritam koji se odnosi na kombinatorne metode i koji zapravo određuje cijeli niz SAHN metoda:

$$U_{(J, K), L} = \alpha_J U_{J,L} + \alpha_K U_{K,L} + \beta U_{J,K} + \gamma U_{J,L} - U_{K,L}$$

gdje su α , β i γ konstante koje određuju prirodu strategije razvrstavanja. Osnovni kriterij za pripajanje nekoga člana postojećoj skupini za sve metode parnih skupina jest ovaj:

- OTU-i ili skupine J i K će se vezati onda i samo onda kada je $U_{JK} \leq U_{JL}$ i $U_{JK} \leq U_{KL}$, gdje je L bilo koja skupina ili OTU na toj razini razvrstavanja drugačija od J i K.

Praktično, to znači da su J i K međusobno najbliži par OTU-a ili skupina. Međutim, može doći do situacije kad je s nekom novom skupinom ili OTU-om M odnos M odnos $U_{JK} = U_{KM} < U_{KL}$. U tom se slučaju mora donijeti arbitrarna odluka koji će se par OTU-a formirati, U_{JK} ili U_{KM} . Odgoda povezivanja jednoga ili drugoga može promijeniti položaj sljedećega. Svakako, tretman ovoga problema ovisi i o upotrijebljenome programu. Većina programa, pogotovo starijih, uzima u slučaju pojave identičnih sličnosti, prvu ili posljednju sličnost, arbitrarno.

Kako je u ovome radu primijenjeno više metoda "cluster" analize i dobiveno više dendrograma, potrebno je odabrati koja je metoda dala rezultat koji najbolje prikazuje stvarnu strukturu stabala i populacija. Postoji više metoda međusobne usporedbe dobivenih dendrograma, te vrednovanja rezultata "cluster" analize. Iz svakoga dendrograma moguće je očitati tzv. kofenetičke udaljenosti i izračunati vrijednost koeficijenta kofenetičke korelacije (r_c), tj. korelacije između kofenetičke i originalne (polazne) udaljenosti.

MAHALANOBISOVA METRIKA (MAHALANOBISOVA D-PROSTORNA I MULTIPLI DISKRIMINANTNA ANALIZA)

Kada su posrijedi multivarijatno normalno distribuirana svojstva koja nisu međusobno nezavisna (tj. matrica korelacije nije jedinična), moguće je primijeniti transformaciju koja uzima u obzir razliku u veličini pojedinih svojstava i njihovu povezanost. Jedna je takva mjera udaljenosti Mahalanobisova udaljenost.

Prema Mahalanobisu (1936) udaljenost među bilo kojega para točaka A i B, tzv. Mahalanobisova udaljenost, može se izračunati po jednadžbi

$$D_{AB}^2 = \delta'_{AB} W^{-1} \delta_{AB}$$

gdje je δ_{AB} , kao i prije, razlika između vektora varijabla za OTU-e A i B, a W je matrica varijanci-kovarijanci tih varijabla.

Metoda zapravo transformira prvotni prostor u novi, u kojemu su prijašnje osi rastegnute i zakrivljene (ukošene), tako da više nisu pod pravim kutom, a osi su rastegnute u inverziji proporcionalno standardnoj devijaciji. Iz jednakosti izlazi da je kvadratni korijen iz D^2 jednostavna Euklidova udaljenost u tom novom D-prostoru.

Na osnovi navedenih primjera praktične primjene numeričke taksonomije u području sistematske botanike i opsežnijih djela koja se bave metodološkom problematikom numeričke taksonomije formirani su metodološki postupci za analizu unutarvrstne (individualne i populacijske) varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur*).

METODOLOŠKI PRISTUP "CLUSTER" ANALIZI MORFOLOŠKE VARIJABILNOSTI HRASTA LUŽNJAKA

"Cluster" analiza morfološke varijabilnosti hrasta lužnjaka zasnovana je na izračunavanju Mahalanobisovih udaljenosti među analiziranim populacijama (Mahalanobis 1936, Constantze-Westerman 1978). Za skaliranje je upotrijebljena unutarpopulacijska matrica varijanci-kovarijanci, procijenjena na temelju svih populacija. Upotrijebljeno je sedam metoda hijerarhijske "cluster" analize:

1. Single linkage ("Nearest neighbor", "Minimum method", "Dendritic method")
2. Complete linkage ("Furthest neighbor", "Maximum method")
3. UPGMA ("unweighted pair-group method using arithmetic averages", "group-average method", "unweighted group mean method", "average linkage between groups")
4. WPGMA ("weighted pair group method using arithmetic averages", "average linkage between groups")
5. UPGMC ("unweighted pair-group centroid method, centroid technique")
6. WPGMC ("weighted pair-group centroid method", "median method")
7. Wardova ("minimum sum of squares method", "error sum of squares method", "minimum variance clustering", "incremental sum of squares methods").

Rezultati "cluster" analize prikazani su grafički dendrogramima (slike 3 – 9). Za crtanje dendrograma upotrijebljen je program SAS 6.04 i makro GRFTREE, za koji zahvaljujemo autoru dr. Danu Jacobsu (University of Maryland, College Park, USA).

Matrice kofenetske udaljenosti uspoređene su s originalnim udaljenostima primjenom kofenetskoga korelacijskoga koeficijenta (Sneath & Sokal 1973). U radu su prikazani samo dendrogrami dobiveni metodama Single linkage, Complete linkage, UPGMA, WPGMA, UPGMC (Centroid), WPGMC (Median) i Wardovom metodom, a za interpretaciju je upotrijebljen UPGMC (Centroid) dendrogram, jer je pokazao najbolje poklapanje s originalnom matricom udaljenosti ($r_c(\text{UPGMC}) = 0,42$), dok se za ostale metode vrijednosti kreću $-0,04 \leq r_c \leq 0,37$. Za usporedbu se još mogu koristiti dendrogrami dobiveni metodama UPGMA i WPGMC (Median), čije je poklapanje s originalnom matricom udaljenosti nešto slabije nego u UPGMC (Centroid) metode ($r_c(\text{UPGMA}) = 0,37$; $r_c(\text{WPGMC}) = 0,34$).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA - RESULTS OF RESEARCHES

U ovome su poglavlju prikazani rezultati morfometrijskih istraživanja hrasta lužnjaka podravskih i posavskih populacija te, radi usporedbe, dviju njemačkih populacija (Bisingen i Grosselfingen) i populacija Ljubljana i Motovun (usp. tablice 2 – 14 i sl. 3). Svi su navedeni rezultati s obzirom na statističke metode obrade podijeljeni u tri skupine:

1. rezultati deskriptivne analize
2. rezultati neparametrijske analize
3. rezultati multivarijatne analize.

Osnovna je svrha da rezultati 1 i 2 posluže za što objektivniju interpretaciju rezultata multivarijatne analize.

REZULTATI DESKRIPTIVNE ANALIZE

Rezultati deskriptivne analize podijeljeni su u četiri skupine:

1. rezultati deskriptivne parametrijske analize
2. rezultati deskriptivne neparametrijske analize
3. prikaz vrijednosti aritmetičke sredine za svih pet istraživanih svojstava lista
4. prikaz statističkih vrijednosti asimetrije broja režnjeva (L–D).

REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE

Prikaz vrijednosti deskriptivne parametrijske analize obavljen je pomoću pet statističkih parametara:

1. aritmetičke sredine – \bar{x}
2. standardne devijacije – s_x

3. koeficijenta varijabilnosti – C.V.
 4. koeficijenta sploštenosti krivulje – Kurtosis
 5. koeficijenta skošenosti krivulje – Skewness
- za svih pet istraživanih svojstava lista.

REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE DULJINE PLOJKE

Za duljinu plojke je karakteristično da je vrlo varijabilna, tako da se C.V. kreće od 10,54 % u stabla 3 u populaciji Križevci (07) do 30,40 % u stabla 1 u populaciji Lipovljani. Također se iz koeficijenta sploštenosti krivulje (Kurtosis) može uočiti da je u svih istraživanih populacija, s izuzetkom populacije Privlaka (13), navedeni koeficijent s negativnim predznakom, što znači da je krivulja distribucije frekvencija za svojstvo duljina plojke sploštena. Na osnovi koeficijenta skošenosti krivulje (Skewness) vidljivo je da je u svih populacija s izuzetkom Kutine (08) češća desna asimetrija, tj. navedeni koeficijent ima pozitivnu vrijednost.

REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE ŠIRINE PLOJKE

Širina plojke ima sličnu varijabilnost parametrijskih pokazatelja kao i duljina plojke, s tim da koeficijent varijabilnosti (C.V.) ima nešto više vrijednosti. Najniža se vrijednost javlja u stabla 2 u populaciji Bisingen (01) 13,75 %, a najviša u stabla 1 u populaciji Lipovljani (09). Također, koeficijenti sploštenosti i skošenosti pokazuju slične karakteristike kao i u duljine plojke, s tom razlikom što je u širine plojke broj negativno sploštenih krivulja manji nego u duljine plojke. Tako populacije Gradište-Kula (04) i Privlaka (13) imaju češće koeficijent sploštenosti s pozitivnim nego s negativnim predznakom.

REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE DULJINE PETELJKE

Duljina peteljke lista je najvarijabilniji od svih pet istraživanih parametara. Najniža vrijednost aritmetičke sredine duljine peteljke $\bar{x} = 2,38$ mm javlja se u populacije Lipovljani (09), a najviša $\bar{x} = 9,10$ mm u populacije Levanjska Varoš (19). Koeficijent varijabilnosti (C.V.) izrazito je velik, te se najniža vrijednost (19,37 %) javlja u populacije Levanjska Varoš (19), a najviša (52,25 %) u populacije Lipovljani (09). Znakovita je pozitivna asimetrija i parametra sploštenosti (Kurtosis) i parametra skošenosti (Skewness), što je upravo obrnuto od prethodna dva svojstva (duljine i širine plojke). Izuzetak su populacije Gradište-Kula (04), Kutina (08), Maksimir (11), Motovun (12), Staro Topolje (16) i Levanjska Varoš (19), u kojih je koeficijent sploštenosti (Kurtosis) za većinu stabala negativnoga predznaka (negativna asimetrija ili sploštena distribucija frekvencija), a koeficijent skošenosti (Skewness) pozitivnoga predznaka (desna ili pozitivna asimetrija).

REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE BROJA REŽNJEVA – L

Broj režnjeva – L je vrlo stabilan morfološki parametar, te pokazuje najmanje oscilacije vrijednosti. Tako se najniža vrijednost ($\bar{x} = 3,32$) javlja u populacije Gradište-Kula (04), a najviša ($\bar{x} = 6,32$) u populacije Ludbreg (20). Najniži koeficijent varijabilnosti (C.V. = 9,99 %) javlja se u populacije Kutina (08), a najviši ($\bar{x} = 26,38$ %) u populacije Donji Miholjac (03). Koeficijenti sploštenosti (Kurtosis) i skošenosti (Skewness) ponašaju se slično kao i u svojstava duljina i širina plojke, tj. imaju negativnu asimetriju. Izuzetak su populacije Bisingen (01), Bjelovar (02), Križevci (07), Repaš (15) i Varaždin (18), gdje je koeficijent skošenosti (Skewness) češće pozitivan (desna asimetrija).

REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE BROJA REŽNJEVA – D

Broj režnjeva – D je sličnih karakteristika kao i broj režnjeva – L, s tim da se ekstremne vrijednosti u potpunosti ne podudaraju. Najniža vrijednost ($\bar{x} = 3,21$) javlja se u populacije Donji Miholjac (03), a najviša ($\bar{x} = 6,50$) u populacije Turopoljski lug (17). Koeficijent je varijabilnosti (C.V.) najniži (10,32 %) u populacije Ludbreg (20), a najviši (29,04 %) u populacije Donji Miholjac (03). Koeficijenti asimetrije krivulje (Kurtosis i Skewness) upućuju na negativnu asimetriju, s izuzetkom populacija Koprivnica (06), Lipovljani (09), Privlaka (13) i Varaždin (18), u kojih je koeficijent sploštenosti (Kurtosis) češće pozitivan, te u populacija Donji Miholjac (03), Lipovljani (09), Motovun (12), Privlaka (13), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), u kojih je koeficijent skošenosti (Skewness) češće pozitivan (desna asimetrija).

REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE

Prikaz vrijednosti deskriptivne neparametrijske analize obavljen je pomoću pet statističkih parametara:

1. medijana
2. minimuma distribucije frekvencija – x_{\min}
3. maksimuma distribucije frekvencija – x_{\max}
4. prvoga ili 25 %-tnoga percentila – Q_1
5. trećega ili 75 %-tnoga percentila – Q_3

za svih pet istraživanih svojstava lista.

REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE DULJINE PLOJKE

Neparametrijski pokazatelji (medijan, x_{\min} , x_{\max} , Q_1 , Q_3) duljine plojke lista imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (68 mm) javlja se u populacije Repaš (15), a najviša (135 mm) u populacije Staro Topolje (16).
- Najniža minimalna vrijednost ($x_{\min} = 26$ mm) javlja se u populacije Lipovljani (09), a najviša minimalna vrijednost ($x_{\min} = 83$ mm) javlja se u populacije Privlaka (13).
- Najniža maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 76$ mm) javlja se u populacije Bisingen (01), a najviša maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 184$ mm) javlja se u populacije Privlaka (13).
- Najniža vrijednost prvoga percentila (Q_1), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ($Q_{1\min} = 56$ mm) javlja se u populacija Bisingen (01) i Motovun (12), a najviša vrijednost ($Q_{1\max} = 110$ mm) u populacije Privlaka (13).
- Najniža vrijednost trećega percentila (Q_3), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija, ($Q_{3\min} = 65$ mm) javlja se u populacije Bisingen (01), a najviša vrijednost ($Q_{3\max} = 150$ mm) u populacije Staro Topolje (16).

REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE ŠIRINE PLOJKE

Neparametrijski pokazatelji (medijan, x_{\min} , x_{\max} , Q_1 , Q_3) širine plojke lista imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (33 mm) javlja se u populacije Gradište-Kula (04), a najviša (88 mm) u populacije Privlaka (13).
- Najniža minimalna vrijednost ($x_{\min} = 16$ mm) javlja se u populacije Levanjska Varoš (19), a najviša minimalna vrijednost ($x_{\min} = 50$ mm) javlja se u populacije Slatina (14).
- Najniža maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 48$ mm) javlja se u populacije Bisingen (01), a najviša maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 128$ mm) javlja se u populacije Privlaka (13).
- Najniža vrijednost prvoga percentila (Q_1), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ($Q_{1\min} = 21$ mm), javlja se u populacije Gradište-Kula (04), a najviša vrijednost ($Q_{1\max} = 63$ mm) u populacije Slatina (14).
- Najniža vrijednost trećega percentila (Q_3), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija ($Q_{3\min} = 41$ mm), javlja se u populacija Bisingen (01) i Gradište-Kula (04), a najviša vrijednost ($Q_{3\max} = 102$ mm) u populacije Privlaka (13).

REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE DULJINE PETELJKE

Neparametrijski pokazatelji (medijan, x_{\min} , x_{\max} , Q_1 , Q_3) duljine peteljke lista imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (2 mm) javlja se u populacija Bjelovar (02), Donji Miholjac (03), Lipovljani (09) i Ludbreg (20), a najviša (9 mm) u populacije Levanjska Varoš (19).

- Najniža minimalna vrijednost ($x_{\min} = 1$ mm) javlja se u populacija Bisingen (01), Bjelovar (02), Križevci (07), Lipovljani (09), Maksimir (11), Motovun (12), Staro Topolje (16) i Varaždin (18), a najviša minimalna vrijednost ($x_{\min} = 5$ mm) javlja se u populacije Levanjska Varoš (19).
- Najniža maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 76$ mm) javlja se u populacija Bjelovar (02), Donji Miholjac (03), Koprivnica (06), Križevci (07), Repaš (15), Staro Topolje (16) i Ludbreg (20), a najviša maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 13$ mm) javlja se u populacije Maksimir (11).
- Najniža vrijednost prvoga percentila (Q_1), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ($Q_{1\min} = 1$ mm), javlja se u populacija Bjelovar (02), a najviša vrijednost ($Q_{1\max} = 8$ mm) u populacije Levanjska Varoš (19).
- Najniža vrijednost trećega percentila (Q_3), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija ($Q_{3\min} = 3$ mm), javlja se u populacija Bisingen (01), Bjelovar (02), Donji Miholjac (03), Koprivnica (06), Križevci (07), Lipovljani (09), Varaždin (18) i Ludbreg (19), a najviša vrijednost ($Q_{3\max} = 10$ mm) u populacije Levanjska Varoš (19).

REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE BROJA REŽNJEVA – L

Neparametrijski pokazatelji (medijan, x_{\min} , x_{\max} , Q_1 , Q_3) broja reznjeva – L imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (3) javlja se u populacija Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04) i Levanjska Varoš (19), a najviša (7) u populacije Turopoljski lug (17).
- Najniža minimalna vrijednost ($x_{\min} = 2$) javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Lipovljani (09), Ljubljana (10), Maksimir (11), Motovun (12), Privlaka (13), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša minimalna vrijednost ($x_{\min} = 5$) javlja se u populacije Turopoljski lug (17).
- Najniža maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 5$) javlja se u populacija Bjelovar (02), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Lipovljani (09), Motovun (12), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 10$) javlja se u populacije Turopoljski lug (17).
- Najniža vrijednost prvoga percentila (Q_1), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ($Q_{1\min} = 3$), javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Križevci (07), Lipovljani (09), Maksimir (11), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša vrijednost ($Q_{1\max} = 6$) u populacija Kutina (08), Privlaka (13) i Turopoljski lug (17).
- Najniža vrijednost trećega percentila (Q_3), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija ($Q_{3\min} = 4$), javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Motovun (12), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša vrijednost ($Q_{3\max} = 8$) u populacije Turopoljski lug (17).

REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE BROJA REŽNJEVA – D

Neparametrijski pokazatelji (medijan, x_{\min} , x_{\max} , Q_1 , Q_3) broja režnjeva – D imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (3) javlja se u populacije Gradište-Kula (04), a najviša (7) u populacija Kutina (08), Privlaka (13) i Turopoljski lug (17).
- Najniža minimalna vrijednost ($x_{\min} = 2$) javlja se u populacija Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Lipovljani (09), Ljubljana (10), Maksimir (11), Motovun (12), Privlaka (13), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša minimalna vrijednost ($x_{\min} = 5$) javlja se u populacija Koprivnica (06) i Kutina (08).
- Najniža maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 5$) javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Lipovljani (09), Motovun (12), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19); a najviša maksimalna vrijednost ($x_{\max} = 9$) javlja se u populacija Privlaka (13) i Turopoljski lug (17).
- Najniža vrijednost prvoga percentila (Q_1), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ($Q_{1\min} = 3$), javlja se u populacija Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Križevci (07), Lipovljani (09), Maksimir (11), Motovun (12), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša vrijednost ($Q_{1\max} = 7$) u populacije Turopoljski lug (17).
- Najniža vrijednost trećega percentila (Q_3), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija ($Q_{3\min} = 4$), javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Motovun (12), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša vrijednost ($Q_{3\max} = 8$) u populacije Turopoljski lug (17).

POPULACIJSKI PRIKAZ VRIJEDNOSTI ARITMETIČKE SREDINE ZA SVIH PET ISTRAŽIVANIH SVOJSTAVA LISTA

Utvrđena je aritmetička sredina (\bar{x}) svih pet istraživanih svojstava lista (duljina i širina plojke, duljina peteljke, broj režnjeva s lijeve i desne strane plojke lista) za svih 20 istraživanih populacija (usp. tablicu 2).

U tablici 2 populacije su poredane u smjeru istok → zapad, s tim da su prve četiri populacije (05, 01, 10, 12) kontrolne i da ne pripadaju ni Posavini ni Podravini, sljedećih šest populacija (03, 14, 15, 06, 20, 18) pripadaju Podravini, a posljednjih deset populacija (13, 16, 19, 04, 09, 08, 02, 07, 17, 11) pripadaju Posavini.

ANALIZA ARITMETIČKE SREDINE DULJINE PLOJKE LISTA

Analizom je utvrđeno da najnižu vrijednost aritmetičke sredine duljine plojke lista ($\bar{x} = 70,5$ mm) u kontrole ima populacija Bisingen, u Podravini najnižu vrijednost (82,0 mm) ima populacija Donji Miholjac (najistočnija podravska populacija),

a u Posavini Levanjska Varoš (76,4 mm, jedna od triju najistočnijih posavskih populacija).

Najvišu vrijednost aritmetičke sredine duljine plojke lista ima kontrolna populacija Ljubljana (94,1 mm), u Podravini populacija Slatina (107,5 mm), a u Posavini populacija Turopoljski lug (111,8 mm), uz Maksimir najzapadnija populacija).

ANALIZA ARITMETIČKE SREDINE ŠIRINE PLOJKE LISTA

Najnižu vrijednost aritmetičke sredine širine plojke lista ($\bar{x} = 42,8$ mm) ima kontrolna populacija Bisingen, u Podravini najnižu vrijednost (45,5 mm) ima populacija Donji Miholjac (najistočnija podravska populacija), a u Posavini Levanjska Varoš (45,5 mm; jedna od triju najistočnijih posavskih populacija).

Najvišu vrijednost aritmetičke sredine širine plojke lista ima kontrolna populacija Grosselfingen (60,5 mm), u Podravini populacija Slatina (72,7 mm), a u Posavini populacija Turopoljski lug (66,6 mm; uz Maksimir najzapadnija populacija).

ANALIZA ARITMETIČKE SREDINE DULJINE PETELJKE LISTA

Najniža se vrijednost duljine peteljke lista javlja u kontrolnoj populaciji Bisingen (3,85 mm), u Podravini najnižu vrijednost ima populacija Ludbreg (2,79 mm; uz Varaždin najzapadnija podravska populacija), a u Posavini najnižu vrijednost ima populacija Križevci (3,99 mm; jedna od triju najzapadnijih posavskih populacija).

Najviše vrijednosti duljine peteljke javljaju se u kontrolnoj populaciji Ljubljana (6,33 mm), u podravskim populacijama populacije Slatina (5,13 mm; uz Donji Miholjac najistočnije podravske populacije), a u posavskim populacijama u populacije Levanjska Varoš (6,12 mm; jedne od triju najistočnijih populacija).

ANALIZA ARITMETIČKE SREDINE BROJA REŽNJEVA S LIJEVE I S DESNE STRANE PLOJKE LISTA

Broj režnjeva s lijeve i s desne strane ima podjednake vrijednosti tako da se u kontrolnima najniža vrijednost javlja u populacije Bisingen (4,13 s lijeve i 4,11 s desne strane), u podravskim populacijama najnižu vrijednost ima populacija Donji Miholjac (4,26, 4,22; najistočnija podravska populacija), a u posavskim populacijama najniža vrijednost javlja se u populacije Gradište-Kula (3,81, 3,88).

Najviše vrijednosti broja režnjeva u kontrolnima ima populacija Ljubljana (4,91, 4,86), od podravskih populacija populacija Repaš (5,52, 5,55), a od posavskih populacija populacija Turopoljski lug (6,21, 6,22).

PRIKAZ STATISTIČKIH VRIJEDNOSTI ASIMETRIJE BROJA REŽNJEVA (L–D)

U tablici 3 prikazane su aritmetičke sredine (\bar{x}) razlike broja režnjeva lijeve i desne strane plojke lista (L – D), te su prikazani rezultati t-testa (t) i sing-rank testa

(SR), koji govore o signifikantnosti odstupanja od simetrije (t – parametrijski, SR – neparametrijski).

Iz vrijednosti aritmetičke sredine svakoga stabla u svakoj istraživanoj populaciji vidljivo je da je negativna ili desna asimetrija (desna strana plojke ima veći broj režnjeva od lijeve strane, $L < D$) češća od pozitivne ili lijeve asimetrije ($L > D$), te da je vrlo mali broj stabala čiji su listovi simetrični ($L - D = 0$).

Iz prikaza značajnosti razlika lijeve i desne strane broja režnjeva (t i SR testa) vidljivo je da se radi o malome broju tih razlika (samo 12 stabala) koje su statistički signifikantne. Broj je signifikantnih razlika podjednak u Podravini (5) i Posavini (7), s tim da se signifikantne razlike u Posavini javljaju u termofilnim zajednicama hrasta lužnjaka (*Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* – Gradište-Kula, Staro Topolje i Kutina) s izuzetkom populacije Privlaka, koja pripada tipičnoj lužnjakovo-grabovoj zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum*) i populacije Levanjska Varoš, koja pripada tipičnoj lužnjakovoj šumi (*Genisto elatae-Quercetum roboris*), s tim da se stablo 1 u posljednje populacije odlikuje ceroidnim svojstvima (ušiljeni režnjevi, crvene pukotine na kori).

REZULTATI NEPARAMETRIJSKE ANALIZE

Kako je prijašnjim istraživanjima utvrđeno (usp. Franjić 1993, 1994, 1996), a i sadašnjima potvrđeno da sve raspodjele (distribucije) frekvencija nisu normalne, bilo je potrebno primijeniti neparametrijske metode da bi se utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika na individualnoj (među stablima) i populacijskoj (među populacijama) razini.

Ukupno je upotrijebljeno šest neparametrijskih testova (Kolmogorov-Smirnov test, Mann-Whitneyev U-test, Wald-Wolfowitzov test, Kruskal-Wallisov H-test, Median test i Signed rank test), od kojih je Kruskal-Wallisov H-test prihvaćen kao najpouzdaniji (tablica 4), jer se temelji na pretpostavci da imamo k neovisnih uzoraka za koje želimo ustanoviti da li potječu iz iste populacije (usp. Pranjić 1990), što u potpunosti odgovara skupljenome uzorku. Zahtjevi ostalih testova su više ili manje odstupali od moguće prilagodbe uzorka, te su zbog toga i rezultati dobiveni tim testovima smatrani nepouzdanima i zbog toga su odstranjeni.

Iz tablice 4 je vidljivo da se u većine istraživanih populacija stabla signifikantno razlikuju s obzirom na istraživana svojstva lista. Izuzetak su samo neke populacije čija se stabla po jednom ili više svojstava signifikantno ne razlikuju. Tako se stabla populacije Bjelovar (02) međusobno ne razlikuju s obzirom na duljinu plojke, stabla populacije Ljubljana (10) ne razlikuju se s obzirom na širinu plojke i broj režnjeva s lijeve i s desne strane, stabla populacije Motovun (12) ne razlikuju se s obzirom na duljinu peteljke, stabla populacije Slatina (14) ne razlikuju se s obzirom na duljinu i širinu plojke, stabla populacije Turopoljski lug ne razlikuju se s obzirom na duljinu plojke i stabla populacije Ludbreg (20) ne razlikuju se s obzirom na duljinu peteljke.

REZULTATI MULTIVARIJATNE ANALIZE

Multivarijatnom analizom za pet mjerenih svojstava lista u svih 20 istraživanih populacija utvrđena je individualna i populacijska varijabilnost hrasta lužnjaka (usp. tablice 5 – 14, sliku 3).

U tablici 5 prikazane su vrijednosti multivarijatne analize među stablima unutar populacija (Manova) i univarijatne među stablima unutar populacija po svojstvima (Anova). Analizom dobivenih rezultata vidljivo je da se multivarijatno u svih populacija stabla međusobno razlikuju, a univarijatnom je analizom utvrđeno da se u većine populacija stabla međusobno signifikantno razlikuju po svim istraživanim svojstvima lista, a izuzetak čine neke populacije u kojih se stabla međusobno signifikantno ne razlikuju po jednome ili više istraživanih svojstava. Tako se stabla populacije Ljubljana (10) međusobno signifikantno ne razlikuju s obzirom na širinu plojke i s obzirom na broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke lista, stabla populacije Motovun se ne razlikuju međusobno s obzirom na duljinu peteljke lista, stabla populacije Slatina (14) međusobno se ne razlikuju s obzirom na širinu plojke lista, stabla populacije Turopoljski lug (17) ne razlikuju se s obzirom na duljinu plojke lista i stabla populacije Ludbreg (20) međusobno se ne razlikuju s obzirom na duljinu peteljke lista.

Tablica 6 sadrži podatke dvofaktorske ugnježdene (parametrijske, univarijatne) analize varijance (Random Model Type III MS) među populacijama i među stablima u svim populacijama s obzirom na istraživana svojstva lista.

Dobiveni rezultati upućuju na postojanje signifikantnih razlika i među populacijama (populacijska varijabilnost) i među stablima (individualna varijabilnost), s tom razlikom da su razlike među stablima veće nego razlike među populacijama, i to jednako za svih pet istraživanih svojstava.

Multivarijatnom analizom varijance utvrđena je signifikantna razlika među populacijama, te među stablima u svih populacija, s tim da je razlika među stablima mnogo veća nego razlika među populacijama, tj. slično kao i pri univarijatnoj analizi (usp. tablicu 7).

U tablici 8 prikazani su rezultati dvofaktorske ugnježdene parametrijske analize varijance, iz čega je vidljivo da su razlike među svim stablima bez obzira na populaciju jako signifikantne (F), te da svako istraživano svojstvo lista nije jednako vrijedno pri utvrđivanju varijabilnosti hrasta lužnjaka (R-Square). Tako za duljinu plojke samo 32,4 % ukupne varijabilnosti otpada na razliku među stablima, za širinu plojke nešto više (33,4 %), za duljinu peteljke znatno više (49,8 %), kao i za broj režnjeva s lijeve (49,6 %) i s desne (49,3 %) strane plojke lista.

Tablice 9 – 13 prikazuju značajnost razlika među istraživanim populacijama posebno za svako istraživano svojstvo. Populacije su podijeljene u tri skupine: kontrolne populacije, podravske populacije i posavske populacije.

RAZLIKE S OBZIROM NA DULJINU PLOJKE LISTA

U tablici 9 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije (Grosselfingen, Bisingen, Ljubljana i Motovun) signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Ljubljana, Koprivnica, Ludbreg, Varaždin, Kutina i Križevaca
- populacija Ljubljana od populacija Repaš, Bjelovar, Staro Topolje, Lipovljani i Maksimir
- populacija Motovun od populacije Levanjska Varoš i Gradište-Kula.

Također je vidljivo da se i podravske populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Varaždin i Kutina
- populacija Slatina od populacije Turopoljski lug
- populacija Repaš od populacija Ljubljana i Staro Topolje
- populacija Koprivnica od populacija Grosselfingen i Ludbreg
- populacija Ludbreg od populacija Grosselfingen i Koprivnica
- populacija Varaždin od populacija Grosselfingen, Donji Miholjac, Kutina i Križevci.

I posavske se populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Staro Topolje od populacija Ljubljana i Repaš
- populacija Levanjska Varoš od populacije Motovun
- populacija Gradište-Kula od populacije Motovun
- populacija Lipovljani od populacija Ljubljana, Bjelovar i Maksimir
- populacija Kutina od populacije Varaždin
- populacija Bjelovar od populacija Ljubljana, Lipovljani i Maksimir
- populacija Križevci od populacija Grosselfingen, Varaždin i Kutina
- populacija Turopoljski lug od populacije Slatina
- populacija Maksimir od populacija Ljubljana, Bjelovar i Lipovljani.

RAZLIKE S OBZIROM NA ŠIRINU PLOJKE LISTA

U tablici 10 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Bjelovar i Staro Topolje
- populacija Bisingen od populacije Motovun
- populacija Ljubljana od populacija Repaš, Staro Topolje, Lipovljani i Maksimir
- populacija Motovun od populacija Bisingen i Donji Miholjac.

Također je vidljivo da se i podravske populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Motovun, Levanjska Varoš i Gradište-Kula

- populacija Repaš od populacija Ljubljana, Lipovljani i Maksimir
- populacija Koprivnica od populacija Križevci i Maksimir
- populacija Ludbreg od populacija Varaždin i Lipovljani
- populacija Varaždin od populacija Ludbreg i Lipovljani.

I posavske se populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Privlaka od populacije Turopoljski lug
- populacija Staro Topolje od populacija Grosselfingen i Ljubljana
- populacija Levanjska Varoš od populacija Donji Miholjac i Gradište-Kula
- populacija Gradište-Kula od populacija Donji Miholjac i Levanjska Varoš
- populacija Lipovljani od populacija Ljubljana, Repaš i Maksimir
- populacija Kutina od populacija Ludbreg i Varaždin
- populacija Bjelovar od populacije Grosselfingen
- populacija Križevci od populacija Koprivnica i Maksimir
- populacija Turopoljski lug od populacije Slatina
- populacija Maksimir od populacija Ljubljana, Repaš, Koprivnica, Lipovljani i Križevci.

RAZLIKE S OBZIROM NA DULJINU PETELJKE LISTA

U tablici 11 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Slatina i Gradište-Kula
- populacija Bisingen od populacija Repaš, Bjelovar, Lipovljani i Križevci
- populacija Ljubljana od populacije Levanjska Varoš
- populacija Motovun od populacija Donji Miholjac, Privlaka i Kutina.

Također je vidljivo da se i podravske populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Motovun i Privlaka
- populacija Slatina od populacija Grosselfingen i Gradište-Kula
- populacija Repaš od populacija Bisingen, Bjelovar, Varaždin, Lipovljani, Križevci i Turopoljski lug
- populacija Koprivnica od populacija Bjelovar, Varaždin, Staro Topolje, Lipovljani i Turopoljski lug
- populacija Varaždin od populacija Bisingen, Repaš, Koprivnica, Bjelovar, Lipovljani, Križevci i Turopoljski lug.

I posavske se populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Privlaka od populacija Motovun, Donji Miholjac i Kutina
- populacija Staro Topolje od populacije Koprivnica
- populacija Levanjska Varoš od populacije Ljubljana
- populacija Gradište-Kula od populacija Grosselfingen i Slatina

- populacija Lipovljani od populacija Bisingen, Repaš, Koprivnica, Bjelovar, Varaždin, Križevci i Turopoljski lug
- populacija Kutina od populacija Motovun i Privlaka
- populacija Bjelovar od populacija Bisingen, Repaš, Koprivnica, Varaždin, Lipovljani, Križevci i Turopoljski lug
- populacija Križevci od populacija Bisingen, Repaš, Bjelovar, Varaždin, Lipovljani i Turopoljski lug
- populacija Turopoljski lug od populacije Bisingen
- populacija Maksimir od populacija Repaš, Koprivnica, Bjelovar, Varaždin, Lipovljani i Križevci.

RAZLIKE S OBZIROM NA BROJ REŽNJEVA – L

U tablici 12 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Ljubljana, Slatina i Varaždin
- populacija Bisingen od populacije Donji Miholjac
- populacija Ljubljana od populacija Grosselfingen, Bjelovar, Križevci i Maksimir
- populacija Motovun od populacija Varaždin, Staro Topolje i Lipovljani.

Također je vidljivo da se i podravske populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Bisingen, Ljubljana, Staro Topolje, Lipovljani i Maksimir
- populacija Slatina od populacija Grosselfingen i Varaždin
- populacija Repaš od populacije Ludbreg
- populacija Koprivnica od populacije Ludbreg
- populacija Ludbreg od populacija Repaš i Koprivnica
- populacija Varaždin od populacija Grosselfingen, Motovun i Privlaka.

I posavske se populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Staro Topolje od populacija Motovun, Donji Miholjac i Lipovljani
- populacija Lipovljani od populacija Motovun, Donji Miholjac i Staro Topolje
- populacija Bjelovar od populacija Ljubljana, Križevci i Maksimir
- populacija Križevci od populacija Ljubljana, Bjelovar i Maksimir
- populacija Maksimir od populacija Ljubljana, Bjelovar i Križevci.

RAZLIKE S OBZIROM NA BROJ REŽNJEVA – D

U tablici 13 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Ljubljana, Varaždin i Privlaka

- populacija Bisingen od populacija Donji Miholjac, Staro Topolje i Levanjska Varoš
- populacija Ljubljana od populacija Grosselfingen, Slatina i Levanjska Varoš
- populacija Motovun od populacija Staro Topolje i Lipovljani.

Također je vidljivo da se i podravske populacije značajno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Bisingen i Staro Topolje
- populacija Slatina od populacija Grosselfingen, Ljubljana i Varaždin
- populacija Repaš od populacija Koprivnica i Ludbreg
- populacija Koprivnica od populacija Repaš i Ludbreg
- populacija Ludbreg od populacija Repaš i Koprivnica
- populacija Varaždin od populacija Grosselfingen i Slatina.

I posavske se populacije značajno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Privlaka od populacija Bisingen i Križevci
- populacija Staro Topolje od populacija Bisingen, Motovun i Donji Miholjac
- populacija Levanjska Varoš od populacije Bisingen
- populacija Lipovljani od populacije Motovun
- populacija Bjelovar od populacija Privlaka i Križevci
- populacija Križevci od populacija Bjelovar, Privlaka i Maksimir
- populacija Maksimir od populacija Ljubljana i Križevci.

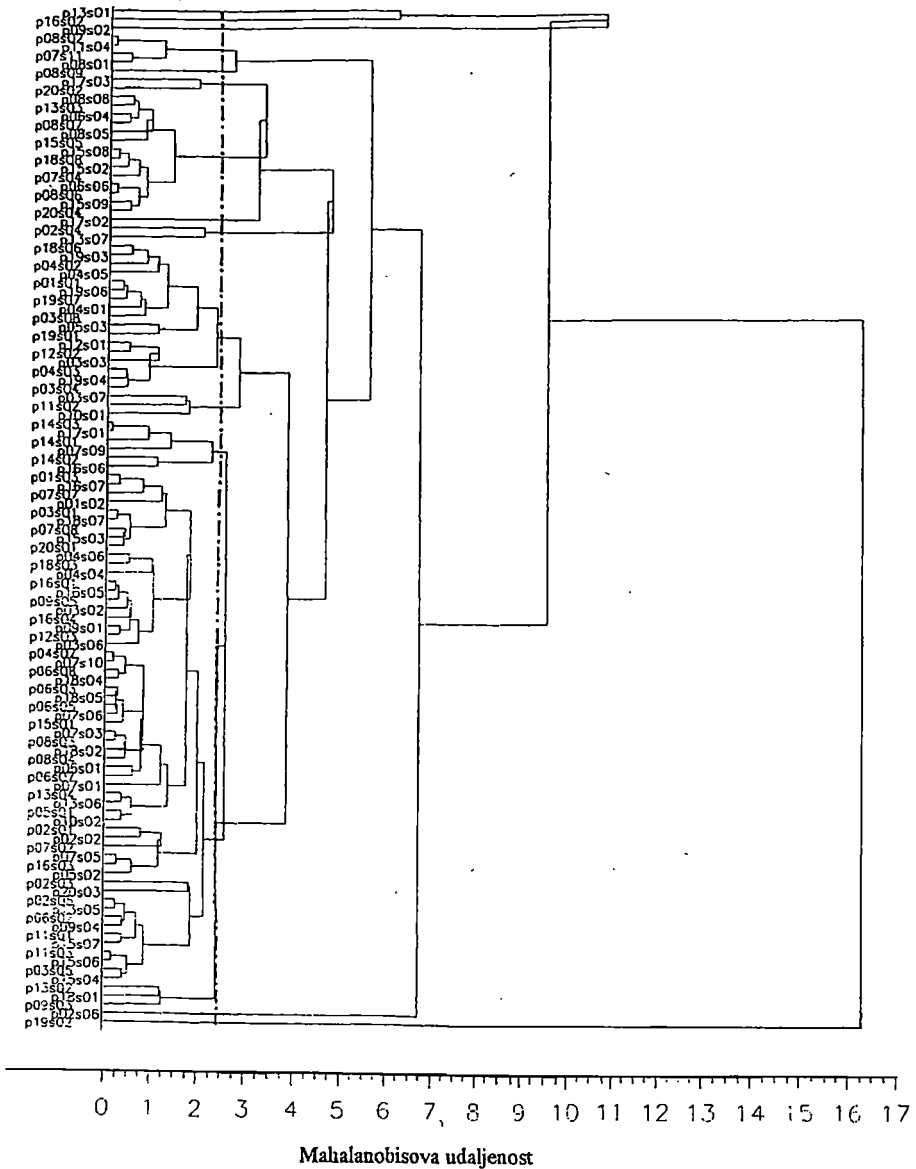
REZULTATI "CLUSTER" ANALIZE

Za interpretaciju su upotrijebljeni UPGMC (Centroid) dendrogrami, jer su pokazali najbolje poklapanje s originalnom matricom udaljenosti ($r_c(\text{UPGMC}) = 0,42$), (slika 3) dok se za ostale metode vrijednosti kreću od $-0,04 \leq r_c \leq 0,37$, te je poklapanje s originalnom matricom udaljenosti slabije.

Na osnovi "cluster" analize utvrđen je i optimalni broj klastera (skupina stabala) na svakome dendrogramu. On se kreće za prethodno navedene metode između 10 i 20, te se dendrogram može proizvoljno podijeliti u toliko dijelova. Tako se kod UPGMC (Centroid) metode, koja ima najvišu vrijednost kofenetskoga korelacijskoga koeficijenta ($r_c = 0,42$), može izdvojiti 16 klastera (slika 3, tablica 14).

Iz tablice 14 i slike 3 vidljivo je da se udruživanje stabala u određene klastere obavlja na različite načine. Tako postoje:

1. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster sa samo jednim stablom (klasteri I – III, V, VIII, XV i XVI). Svi oni pripadaju posavskim populacijama.
2. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster s 2 – 3 stabla (klasteri VI, IX, XI i XIV). U tim skupinama nema nekoga logičnoga udruživanja, tj. podjednako su zastupljena stabla koja



Slika 3. Dendrogram dobiven UPGMC (Centroid) metodom (Franjić 1996)
 Figure 3. Dendrogram obtained by the UPGMC (Centriod) method (Franjić 1996)

- pripadaju Posavini i stabla koja pripadaju Podravini. U XI. klasteru pojavljuje se i jedno stablo koje pripada kontrolnoj populaciji Ljubljana (10/1).
3. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster s 4 – 5 stabala (klaster IV). U njega se udružuju stabla koja pripadaju samo posavskim populacijama.
 4. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster sa 6 stabala (klasteri VII, X i XIII). Ti klasteri sadrže podjednako stabla koja pripadaju i posavskim i podravskim, te kontrolnim populacijama. Pojedina stabla koja pripadaju posavskim populacijama potječu, najčešće, iz termofilnijih zajednica hrasta lužnjaka ili pokazuju neka svojstva termofilnijih hrastova – cera ili kitnjaka (ušiljenost režnjeva, duža peteljka, veći broj režnjeva, crveni žljebovi na kori i sl.). Izuzetak je populacija Privlaka, koja pripada tipičnoj lužnjakovo-grabovoj zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum*), u kojoj su primijećeni i izuzetno veliki listovi (usp. tablicu 2).

OPĆE KARAKTERISTIKE PROSJEČNOGA STABLA I LISTA HRASTA LUŽNJAKA U HRVATSKOJ

U dendrološkoj će se literaturi vrlo teško naći podaci koji govore o jednomu prosječnomu listu ne samo hrasta lužnjaka već i drugih vrsta. Tako se u literaturi za hrast lužnjak mogu naći samo ekstremni podaci (najduži i najširi list, najduža i najkraća peteljka, najmanji i najveći broj režnjeva) s nekim prosjekom koji se stavlja u zagradu bez podataka na osnovi kojih je on dobiven (uzorak) (usp. Hayek 1924, Javorica 1924, Camus 1938-1939, Anić 1946, Schwarz 1964, Herman 1971, Jovanović & Vukičević 1983, Trinajstić 1974). Zbog toga je napravljena deskriptivna statistička analiza 7161 lista iz 17 hrvatskih populacija hrasta lužnjaka (usp. tablicu 1). Dobiveni su statistički parametri koji daju stvarnu sliku jednoga prosječnoga stabla (obilježja njegove raspodjele frekvencija) s prosječnim vrijednostima svih pet istraživanih svojstava (usp. tablicu 16).

Zasad je utvrđeno da prosječno hrvatsko stablo hrasta lužnjaka ima srednji list, kojemu je duljina plojke $87,06 \pm 21,65$ mm ($\bar{x} \pm s_x$), širina plojke $52,30 \pm 15,28$ mm, duljina peteljke $4,77 \pm 1,99$ mm, broj režnjeva s lijeve strane plojke $4,71 \pm 1,23$ i broj režnjeva s desne strane plojke lista $4,73 \pm 1,23$. Medijan, koji dijeli distribuciju frekvencija na dva jednaka dijela, za sva svojstva ima podjednake vrijednosti kao i aritmetička sredina (\bar{x}). Također je vidljivo da su sva svojstva vrlo varijabilna, te da je koeficijent varijabilnosti (C.V.) najniži u duljine plojke (24,87 %), a najviši u duljine peteljke (41,72 %), što se može vidjeti i iz širine varijabilnosti (x_{\min} , x_{\max}). Koeficijenti skošenosti (Skewness) i sploštenosti (Kurtosis) govore da se radi o krivuljama koje su za svojstva veličine lista (duljina plojke, širina plojke i duljina peteljke) pozitivno asimetrične (desna skošenost i pozitivna sploštenost), a za svojstva koja određuju oblik lista (broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke) krivulje su desno skošene i negativno sploštene (usp. tablicu 15).

RASPRAVA - DISCUSSION

Kako je već bilo naglašeno, analizirani materijal hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) potječe iz 20 populacija, koje pripadaju dvjema bioklimatski različitim područjima – Posavini (deset populacija) i Podravini (šest populacija), dok su četiri populacije uzete kao kontrolne i ne pripadaju tipičnim nizinskim lužnjakovim šumama – Motovun (Istra), Ljubljana (Slovenija), Bisingen i Grosselfingen (Njemačka).

Budući da je prijašnjim istraživanjima (usp. Franjić 1993, 1993a, 1994a) utvrđena određena zakonitost distribucije pojedinih morfometrijskih parametara lista populacija u Posavini, koje su pripadale bioklimatski različitim područjima (usp. Ilijanić 1963), ovim su radom istraživanja proširena duž čitavoga posavskoga i podravskoga dijela Hrvatske.

Na osnovi dosadašnjih spoznaja (usp. Franjić 1993a, 1994a, Trinajstić & Franjić 1996) uočljivo je da se pogreška u morfometrijskim istraživanjima javlja već pri samom uzimanju uzoraka, jer se ne obraća pozornost na tip izbojka s kojega se uzimaju uzorci listova (usp. Høeg 1929, Meijknecht 1955, Cousens 1962, 1963, 1965, Menickij 1966, Moggi & Paoli 1972, Filipello & Vittadini 1975, Olsson 1975, Jensen 1977, 1977a, 1988, 1990, Jensen & Esbaugh 1976, Jensen i dr. 1984, Kissling 1980, Filipello & Zorzoli 1982, Milleti i dr. 1982, Bačić 1982, 1983, Ietswaart & Feij 1989, Smole & Batič 1992). Naime, kao što je poznato, kod roda *Quercus* mogu se razlikovati četiri tipa izbojaka (kratki fertilni i sterilni, dugi fertilni i sterilni). Tek se u najnovije vrijeme skreće pozornost na važnost kratkoga fertilnoga izbojka za morfometrijsku analizu (usp. Trinajstić 1989; Trinajstić & Franjić 1996), jer su prijašnja istraživanja (Franjić 1993a) pokazala statističke razlike u morfologiji lista različitih izbojaka. Također se rijetko pazi na razvijenosť listova na izbojku, te se dobiva vrlo velika varijanca nekih svojstava na temelju čega poredba dobivenih rezultata ne odražava prave zakonitosti variranja. Zbog toga je potrebno, također, odstraniti nedovoljno razvijene listove i u analizu uzeti samo potpuno razvijene i neoštećene listove (usp. sliku 2a).

Također nije svejedno koje će se stablo uzeti za analizu, jer stablo u sastojini ne pokazuje svoj fenotip u potpunosti onako kako je on definiran genotipom, već se ono prilagodilo (modificiralo) u zavisnosti od uzgojnih zahvata u gospodarskim šumama. Tako su rezultati slučajno uzetih uzoraka vrlo sumnjivi i nepouzđani. Zbog navedenih činjenica analizirana su u ovome radu samo ona stabla koja su bila u mogućnosti pokazati svoj fenotip onako kako je on definiran genotipom, tj. upotrijebljena su stabla na osami (soliteri) i stabla na rubu šume, jer je hrast lužnjak vrsta koja ima simpodijalan rast i na svakoj dobro razvijenoj grani nosi vršne izbojke, koji imaju sposobnost formiranja glavne osi.

Analizom različitih izbojaka hrasta lužnjaka (usp. Franjić 1993a, Trinajstić & Franjić 1996) ustanovljeno je, kako je to već više puta istaknuto, da je za morfometrijsku analizu svojstava lista najtipičniji kratki fertilni izbojak. S obzirom na morfologiju on pokazuje recentno stanje vrste; tada vrijednosti pojedinih svojstava daju stvarno stanje odnosa genotip – okolica, individua ili populacije. Kratki su sterilni

izbojci vrlo slični kratkim fertilnim izbojcima i vjerojatno zbog nedovoljne količine hraniva u biljci nisu postali fertilni, te se i oni mogu upotrijebiti za morfometrijsku analizu u nedostatku kratkih fertilnih izbojaka. Dugi fertilni i dugi sterilni izbojci međusobno pokazuju mnogo veće razlike nego kratki fertilni i kratki sterilni izbojci, što je vjerojatno u svezi s vremenom formiranja, funkcijom i količinom hraniva u biljci za vrijeme njihova formiranja.

Da bi se dobila što objektivnija slika oblika i modela varijabilnosti pojedinih morfoloških svojstava lista, u ovome su radu primijenjene razne multivarijatne analize uzorka lista, a radi lakše interpretacije dobivenih rezultata obavljena je još univarijatna, deskriptivna i neparametrijska analiza.

U tablici 5 prikazane su vrijednosti multivarijatne analize među stablima u populacijama (Manova) i univarijatne među stablima u populacijama po svojstvima (Anova). Analizom dobivenih rezultata vidljivo je da se multivarijatno u svim populacijama stabla međusobno razlikuju, a univarijatnom je analizom utvrđeno da se u većini populacija stabla međusobno signifikantno razlikuju po svih pet istraživanih svojstava lista. Izuzetak čine neke populacije u kojima se stabla međusobno signifikantno ne razlikuju po jednome ili više istraživanih svojstava.

Tako se stabla populacije Ljubljana (10) međusobno signifikantno ne razlikuju s obzirom na širinu plojke i s obzirom na broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke lista.

Stabla populacije Motovun ne razlikuju se međusobno s obzirom na duljinu peteljke lista, stabla populacije Slatina (14) međusobno se ne razlikuju s obzirom na širinu plojke lista, stabla populacije Turopoljski lug (17) ne razlikuju se s obzirom na duljinu plojke lista i stabla populacije Ludbreg (20) međusobno se ne razlikuju s obzirom na duljinu peteljke lista. Nepostojanje statistički opravdanih razlika moglo bi se vjerojatno protumačiti izoliranošću populacija, te selektivnom utjecaju staništa u smislu nemogućnosti preživljavanja većega broja genotipova ili malim preživljavanjem neadaptiranih genotipova u većemu broju (usp. Krstinić 1984, Vidaković & Krstinić 1985, Borojević 1986).

Tablica 6 sadrži podatke dvofaktorske ugnježdene (parametrijske, univarijatne) analize varijance (Random Model Type III MS) među populacijama i među stablima u svim populacijama s obzirom na istraživana svojstva lista. Dobiveni rezultati upućuju na postojanje signifikantnih razlika i među populacijama (populacijska varijabilnost) i među stablima (individualna varijabilnost), s tom razlikom da su razlike među stablima veće nego razlike među populacijama, jednako za svih pet istraživanih svojstava. Također je iz tablice 7 vidljivo da je i multivarijatnom analizom varijance utvrđena signifikantna razlika među populacijama te među stablima u svim populacijama, s tim da je razlika među stablima mnogo veća nego razlika među populacijama (usp. tablicu 7), tj. slično kao i pri univarijatnoj analizi. Takvi rezultati potvrđuju neke rezultate istraživanja u drugih drvenastih vrsta i za neka druga svojstva (usp. Eriksson & Jonsson 1986), što se može smatrati općim pravilom.

U tablici 8 prikazani su rezultati parametrijske analize varijance, iz čega je vidljivo da su razlike među stablima u svim populacijama jako signifikantne (F), te da svako istraživano svojstvo lista nije jednako vrijedno pri utvrđivanju varijabilnosti hrasta lužnjaka (R-Square). Tako za duljinu plojke samo 32,4 % ukupne varijabilnosti otpada na razliku među stablima, za širinu plojke nešto više (33,4 %), za duljinu peteljke mnogo više (49,8 %), kao i za broj režnjeva s lijeve (49,6 %) i s desne (49,3 %) strane plojke lista. Takve razlike u značajnosti pojedinih svojstava vjerojatno su rezultat određenoga stupnja genetske stabilnosti svakoga svojstva, te se pet istraživanih svojstava može podijeliti u dvije skupine:

1. **genetski nestabilna svojstva** (duljina i širina plojke) – pogodna za ekološka istraživanja (interakcija genotip – okolica).
2. **genetski stabilna svojstva** (duljina peteljke i broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke) – pogodna za genetska istraživanja različitih razina preciznosti.

Iz tablica 9 – 13, koje prikazuju značajnost razlika među istraživanim populacijama, posebno za svako istraživano svojstvo, vidljivo je jedino to da se sve populacije međusobno signifikantno razlikuju s obzirom na jedno ili više svojstava. Navedeni su rezultati vjerojatno u svezi s činjenicom da je svaka populacija sastavljena od jednakoga broja genotipova (usp. Franjić 1993a, 1994a), a zastupljenost (brojnost) pojedinih genotipova u svakoj je populaciji u velikoj korelaciji s ekološkim uvjetima u kojima pojedina skupina genotipova raste. Nema ni jedne populacije koja bi pokazivala razlike za svih pet svojstava od ostalih 19 populacija, što svakako govori da je riječ o jednoj, iako varijabilnoj vrsti (*Quercus robur*), ali ipak ograničene varijabilnosti svakoga svojstva u određenim granicama (širina varijabilnosti).

Nešto jasnija slika varijabilnosti hrasta lužnjaka u Hrvatskoj može se uočiti iz rezultata "cluster" analize (usp. tablicu 14, sliku 3). Od svih testiranih metoda "cluster" analize najboljom se pokazala UPGMC (Centroid) metoda, koja izračunava težišta OTU-a koji se udružuju u skupinu. Ta je metoda pokazala najbolje poklapanje s originalnom matricom udaljenosti ($r_c = 0,43$). Radi boljega pregleda dendrogram je (slika 3) prikazan tablično (tablica 14). Kako je optimum broja klastera za navedenu metodu između 10 i 20, linija koja dijeli dendrogram u 16 klastera (I – XVI) povučena je proizvoljno, ali se vodilo računa o tome da ne bude ni previše ni premalo klastera, a ipak da broj bude u optimalnim granicama.

Pod tim je uvjetima iz tablice 14 i slike 3 vidljivo da se udruživanje stabala u određene skupine (klaster) obavlja na različite načine. Tako postoje:

1. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster sa samo jednim stablom (klasteri I-III, V, VIII, XV i XVI), a svi klasteri pripadaju posavskim populacijama, i stabla koja se, također, visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster s 4 – 5 stabala koji, također, pripadaju samo posavskim populacijama, što se može dovesti u svezu sa znatno ekstremnijim uvjetima za preživljavanje (režim podzemnih voda, sastav tla, fitocenološka pripadnost i sl.) u Posavini (usp. Krstinić 1989) za razliku od Podravine.

2. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster s 2 – 3 stabla (klasteri VI, IX, XI, XIV). U tim klasterima nema nekoga logičnoga udruživanja, tj. podjednako su zastupljena stabla koja pripadaju Posavini i stabla koja pripadaju Podravini. Također se u XI. klasteru pojavljuje i jedno stablo koje pripada kontrolnoj populaciji Ljubljana (10/1). Tu je vjerojatno riječ o skupini genotipova koji su podjednakih genetskih i ekoloških svojstava uvjetovanih sličnim ekološkim uvjetima staništa i Posavine i Podravine.
3. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster sa 6 stabala (klasteri VII, X i XIII). Ti klasteri sadrže podjednako stabla koja pripadaju i posavskim i podravskim te kontrolnim populacijama. Pojedina stabla koja pripadaju posavskim populacijama potječu, najčešće, iz termofilnijih zajednica hrasta lužnjaka ili pokazuju neka svojstva termofilnijih hrastova – cera ili kitnjaka (ušiljenost režnjeva, duža peteljka, veći broj režnjeva, crveni žljebovi na kori i sl.). Izuzetak su neka stabla populacije Privlaka (13/3, 13/5 i 13/6), koja imaju izrazito dugi list kao i čitava populacija (89,78 – 123,36 mm), a pripadaju tipičnoj lužnjakovo-grabovoj zajednici. Takav je način udruživanja stabala, s izuzetkom populacije Privlaka, vjerojatno osnova genoma hrasta lužnjaka.

Deskriptivna i neparametrijska analiza pokazuju podudarnost s prijašnjim istraživanjima (usp. Franjić 1993, 1993a, 1994, 1994a, Trinajstić & Franjić 1996) te s univarijatnom i multivarijatnom analizom (usp. tablice 5 – 14, sliku 3).

Također su deskriptivnom analizom utvrđene vrijednosti statističkih parametara za prosječno stablo i prosječni list hrasta lužnjaka u Hrvatskoj (usp. tablicu 15), koji mogu poslužiti za poredbena istraživanja, jer se dosad relativno malo znalo o stvarnim vrijednostima tih parametara.

U tablici 3 prikazane su aritmetičke sredine (\bar{x}) razlike broja režnjeva lijeve i desne strane plojke lista ($L - D$), te su prikazani rezultati t -testa (t) i sing-rank testa (SR), koji govore o signifikantnosti odstupanja od simetrije (t – parametrijski, SR – neparametrijski).

Iz vrijednosti aritmetičke sredine svakoga stabla u svakoj istraživanoj populaciji vidljivo je da je negativna ili desna asimetrija (desna strana plojke ima veći broj režnjeva od lijeve strane, $L < D$) češća od pozitivne ili lijeve asimetrije ($L > D$), te da je vrlo mali broj stabala čiji su listovi simetrični ($L - D = 0$). Također je vidljivo iz tablice 15 da je list hrasta lužnjaka za prosječno stablo u Hrvatskoj zasad negativno ili desno asimetričan ($n_{1d} = 4,71$, $n_{1s} = 4,73$) s obzirom na broj režnjeva na plojci lista.

Iz prikaza značajnosti razlika lijeve i desne strane broja režnjeva (t i SR-testa) vidljivo je da je riječ o malome broju tih razlika (samo 12 stabala) koje su statistički signifikantne. Broj je signifikantnih razlika podjednak u Podravini (5) i Posavini (7), s tim da se signifikantne razlike u Posavini javljaju u termofilnim zajednicama hrasta lužnjaka (*Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* – Gradišće-Kula, Staro Topolje i Kutina) s izuzetkom populacije Privlaka, koja pripada tipičnoj

lužnjakovo-grabovoj zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum*) i populacije Levanjska Varoš, koja pripada tipičnoj lužnjakovoj šumi (*Genisto elatae-Quercetum roboris*), s tim da se stablo 1 u posljednjoj populaciji odlikuje ceroidnim svojstvima (ušiljeni režnjevi, crvene pukotine na kori).

Asimetrična je plojka lista vjerojatno obilježje hrasta lužnjaka, što potvrđuju i neki drugi autori (usp. Filipello & Vittadini 1975, Filipello & Zorzoli 1982, Smole & Batić 1992). Nakon prijašnjih istraživanja (Franjić 1993a) obavljena su i detaljna istraživanja asimetrije lista hrasta lužnjaka. Dobiveni rezultati upućuju na negativnu ili desnu asimetriju ($L < D$) broja režnjeva lužnjaka. Prema tomu, sva stabla koja imaju simetričan ($L = D$) list (s obzirom na broj režnjeva) ili pozitivno-lijevo ($L > D$) asimetričan ne bi pripadala tipičnome lužnjaku, tj. u takvu je slučaju vjerojatno riječ o određenome stupnju introgresije, koja se često spominje kao osnovni razlog varijabilnosti svojstava lista i drugih svojstava (npr. kore, ploda, pupova, dlakavosti i sl.) (usp. Stebins i dr. 1947, Muller 1952, Cousens 1963, 1965, Menickij 1966, Maze 1968, Solbrig 1970, Moggi & Paoli 1972, Filipello & Vittadini 1975, Olsson 1975, Rushton 1979, 1983, Filipello & Zorzoli 1982, Kissling 1977, 1980, Milletti i dr. 1982, McMillen 1985, Nixon & Crepet 1985, Jensen 1986, Blue & Jensen 1988, Ietswaart & Feij 1989 i Smole & Batić 1992).

Problemi koji se javljaju oko sušenja i propadanja šuma hrasta lužnjaka (usp. Vajda 1948, 1974, Kovačević 1974, Spaić & Glavaš 1988, Glavaš 1989, Harapin 1989, Opalički 1989) te oko podizanja i njege lužnjakovih šuma (usp. Đorđević 1926, Petračić 1926, Dekanić 1958, 1961, 1962, 1962a, 1962b, 1962c, 1964, 1965, 1971, 1975, 1975a, 1976, 1977, 1980, 1985, Cvitić 1972, Prpić 1976, 1989, Rauš i dr. 1979, Kovačić 1981, Rauš 1982, Matić 1984, 1984a, 1989, 1989a, 1990, 1991, Androić 1987, Komlenović & Cestar 1987, Klepac 1988, Meštrović 1988, Đuričić 1989, Pranjić & Lukić 1989, Rauš & Vukelić 1989, Vranković & Bašić 1989, Vukelić & Rauš 1993) vrlo su vjerojatno i posljedica nedovoljnih spoznaja o varijabilnosti i adaptabilnosti genotipova hrasta lužnjaka, jer se vrlo često ne zna podrijetlo žira koji služi za podsijavanje ili uzgoj sadnica.

S obzirom na to da je riječ o vrlo vrijednoj i za hrvatsko šumarstvo glavnoj vrsti drveća, bit će potrebno posvetiti mnogo veću pozornost kontroli podrijetla žira za umjetnu obnovu hrastovih šuma. Rezultati dobiveni ovim radom upravo pokazuju da se u svakoj populaciji nalazi, vjerojatno, ista smjesa genotipova, samo je zastupljenost (frekvencija) među njima različita. Čimbenici koji odstranjuju najveći broj pojedinih genotipova iz populacije djeluju selektivno i o njima treba voditi računa kako ne bi u kriznome vremenu (kad se svi nepovoljni, selektivni čimbenici poklope) za populaciju došlo do katastrofalnih posljedica (sušenje stabala i sl.).

Morfometrijska analiza pojedinih parametara jedan je od pokušaja da se statističkim metodama ustanovi interakcija genotip-okolica i da se upozori na važnost podrijetla žira za umjetnu obnovu lužnjakovih sastojina.

ZAKLJUČAK – CONCLUSION

Ovim je radom učinjen pokušaj da se varijabilnost lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur*) utvrdi statističkom analizom radi dobivanja jasnije slike o individualnoj i populacijskoj varijabilnosti hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Također su se pokušale izbjeći pogreške uočene u radovima drugih istraživača, a i vlastite pogreške nastale u preliminarnim istraživanjima.

Na temelju provedenih istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Stabla koja se uzimaju za analizu moraju biti normalno razvijena (sjemenjaci) s osvijetljenom krošnjom (soliteri ili stabla na rubu šume) kako bi njihov fenotip bio iskazan u potpunosti bez modifikacijskih promjena uvjetovanih uzgojnim mjerama (sklopom).
2. Za morfometrijsku analizu najbolje je upotrijebiti listove kratkoga fertalnoga izbojka, jer oni jedini pokazuju recentno stanje vrste. U nedostatku tih listova mogu se uzeti i listovi kratkih sterilnih izbojaka jer preliminarnim istraživanjima nisu dokazane signifikantne razlike između njih i kratkih fertalnih izbojaka s obzirom na istraživana svojstva lista. Nikako nije pouzdano upotrijebiti duge fertalne i duge sterilne izbojke, ni slobodno skupljene listove s tla, jer oni ne pokazuju pravo stanje vrste, te dobiveni rezultati daju neki apstraktni prosjek. Zbog teškoća pri skupljanju uzoraka i nemogućnosti uzimanja kratkih fertalnih izbojaka za listove koji ne potječu s kratkih fertalnih izbojaka treba izvršiti korekciju (usp. Franjić 1993a), ali to se ne preporučuje. Također je potrebno odstraniti sve nerazvijene i oštećene listove, jer oni remete objektivnu sliku uzorka.
3. U ovome je radu obavljena multivarijatna, univarijatna, deskriptivna i neparametrijska analiza uzorka listova hrasta lužnjaka, kojom se pokušala dobiti jasnija slika o varijabilnosti hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Tako je analizom obuhvaćeno ukupno 20 populacija hrasta lužnjaka, koje potječu iz različitih bioklimatskih područja (10 populacija iz Posavine, šest populacija iz Podravine, jedna populacija iz Istre, jedna populacija iz Slovenije i dvije populacije iz Njemačke). Multivarijatnom i univarijatnom analizom (usp. tablice 5 – 14, sliku 3) utvrđene su signifikantne razlike među populacijama, te razlike među stablima u populaciji, s tim da su razlike među stablima u populaciji veće od razlika među populacijama. Do takvih zaključaka došlo se i u nekih drugih vrsta i u drugih svojstava (usp. Eriksson & Jonsson 1986). To sve navodi na već nekoliko puta spominjani zaključak da svaka populacija ima približno isti broj genotipova, a razlika se javlja samo u preživljavanju (zastupljenosti, frekvenciji), koje je vjerojatno u uskoj svezi s ekološkim čimbenicima (edafski i klimatski parametri).
4. Multivarijatnom je analizom utvrđena i najpovoljnija metoda za obradu primijenjenoga uzorka, te se je UPGMC (Centroid) metoda najbolje poklopila s originalnom matricom udaljenosti ($r_c = 0,43$). Tom je metodom utvrđeno 16 klastera koji su svrstani u četiri veće skupine (usp. tablice 14, sliku 3). Prva (klasteri I, II, III, V, VIII, XV, XVI) i treća (klaster IV) skupina stabala (klastera) pripadaju posavskim populacijama i visoko se razlikuju od svih ostalih stabala i skupina stabala, te se pretpostavlja da su se ta stabla izdvojila iz ostatka stabala

- zbog toga što su uvjeti za preživljavanje u Posavini znatno nepovoljniji nego u Podravini. U ostalim dvjema skupinama stabala (druga skupina – klasteri VI, IX, XI, XIV i četvrta skupina – klasteri VII, X, XIII) nema nekoga, na prvi pogled logičnoga udruživanja, iako se u četvrtoj skupini uočava da se udružuju stabla termofilnijih posavskih populacija sa stablima podravskih populacija, te se može pretpostaviti da je riječ o sličnim genotipovima, koji su adaptirani na nešto suše stanišne uvjete od prethodne dvije skupine.
5. Deskriptivna i neparametrijska analiza pokazala je podudarnost s multivarijantnom analizom (usp. tablice 2 – 14), a one su upravo i poslužile kao kontrola navedene analize. Zanimljivo je napomenuti da se došlo do rezultata koji upućuju na postojanje asimetrije lista hrasta lužnjaka (negativna ili desna asimetrija, $L < D$) koja se može smatrati općim pravilom, a prisutnost lijeve ili pozitivne asimetrije ($L > D$) i simetričnih listova ($L = D$) navodi na činjenicu o prisutnosti introgresije.
 6. Također su deskriptivnom analizom cijeloga uzorka listova hrvatskih populacija (7161 list) hrasta lužnjaka utvrđeni osnovni statistički parametri prosječnoga stabla hrasta lužnjaka s općim karakteristikama istraživanih svojstava lista. Zasad je utvrđeno (usp. tablicu 15) da prosječno hrvatsko stablo hrasta lužnjaka ima srednji list kojemu je duljina plojke $87,06 \pm 21,65$ mm ($\bar{x} \pm s_x$), širina plojke $52,30 \pm 15,28$ mm, duljina peteljke $4,77 \pm 1,99$ mm, broj režnjeva s lijeve strane plojke $4,71 \pm 1,23$ i broj režnjeva s desne strane plojke lista $4,73 \pm 1,23$. Medijan, koji dijeli distribuciju frekvencija na dva jednaka dijela, za sva svojstva ima podjednake vrijednosti kao i aritmetička sredina (\bar{x}). Također je vidljivo da su sva svojstva vrlo varijabilna, te je koeficijent varijabilnosti (C.V.) najniži u duljine plojke (24,87 %), a najviši u duljine peteljke (41,72 %), što se može vidjeti i iz širine varijabilnosti (x_{\min} , x_{\max}). Koeficijenti skošenosti (Skewness) i sploštenosti (Kurtosis) govore da je riječ o krivuljama koje su za svojstva veličine lista (duljina plojke, širina plojke i duljina peteljke) pozitivno asimetrične (desna skošenost i pozitivna sploštenost), a za svojstva koja određuju oblik lista (broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke) krivulje su desno skošene i negativno sploštene.
 7. Kao krajnji cilj želi se navedenim istraživanjima utvrditi da li postoji adultno-juvenilna korelacija za istraživana svojstva lista. Ako bi se utvrdilo da korelacija postoji, tada bi dobiveni rezultati imali svoju praktičnu primjenu, tj. tada bi se moglo na osnovi makromorfoloških parametara lista, u mladoj sastojini, s velikim brojem jedinki po jedinici površine i s relativno velikom vjerojatnošću izlučivati one jedinice za koje se smatra da imaju traženu kvalitetu (da mogu preživjeti do kraja ophodnje, da su zadovoljavajuće kvalitete debla, da pokazuju veću otpornost na "kisele kiše", na napad štetnih gljiva i kukaca i dr.).
 8. Istraživanja varijabilnosti hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj služe za dobivanje boljšeg pregleda genetske izdiferenciranosti lokalnih populacija, što je bitna pretpostavka (osnova) za planiranje (izdvajanje) sjemenskih sastojina (razionizaciju) te radova na očuvanju genofonda hrasta lužnjaka.

9. Tijekom preliminarnoga rada uočene su mnoge činjenice, koje na temelju dotadašnjih spoznaja nije bilo moguće objasniti, pa su istaknute kao pretpostavke koje će daljnjim istraživanjima trebati provjeriti (usp. Franjić 1993a, 1994a).
10. Na osnovi analize i sinteze dobivenih rezultata mogu se donijeti smjernice budućih istraživanja. Da bi se dobila što jasnija slika varijabilnosti (populacijske i individualne) hrasta lužnjaka, potrebno je:
- utvrditi podrijetlo populacije (je li prirodno ili umjetno obnovljena)
 - obuhvatiti što više populacija
 - za svaku populaciju napraviti jednu (ako je homogena) ili više (ako je heterogena) fitocenoloških snimaka
 - u uzorku povećati broj stabala po populaciji (da svaka populacija ima jednak broj stabala)
 - sa svakoga stabla ubrati najmanje 50 normalno razvijenih listova kratkih fertilnih izbojaka (da svako stablo ima jednak broj listova, oko 10 izbojaka)
 - listove osušiti i herbarizirati, te izmjeriti što je moguće preciznije
 - za analizu varijabilnosti bolje je upotrijebiti svojstva koja su u ukupnoj varijabilnosti značajnija za pojedini tip istraživanja (duljina peteljke i broj režnjeva – za genetska istraživanja, a duljinu i širinu plojke – za ekološka istraživanja).

Sve navedene smjernice osnova su za jednostavniju i lakšu obradu podataka, mogućnost usporedbe rezultata većega broja metoda obrade bez prethodnih modifikacija metoda te mnogo lakšu i kvalitetniju interpretaciju dobivenih rezultata.

Tablica 1. Uzorci stabala i listova po istraženim populacijama
Table 1. Presentation of the tree and leaf samples according to the researched populations

ŠIFRA	POPULACIJA	BROJ STABALA PO POPULACIJI	BROJ LISTOVA PO POPULACIJI
01	Bisingen	3	150
02	Bjelovar	6	300
03	Donji Miholjac	8	351
04	Gradište-Kula	7	1082
05	Grosselfingen	3	135
06	Koprivnica	8	388
07	Križevci	11	550
08	Kutina	9	450
09	Lipovljani	5	247
10	Ljubljana	2	99
11	Maksimir	4	490
12	Motovun	3	189
13	Privlaka	7	350
14	Slatina	3	144
15	Repaš	9	450
16	Staro Topolje	7	350
17	Turopoljski lug	3	150
18	Varaždin	8	400
19	Levanjska Varoš	6	1069
20	Ludbreg	4	201
	Σ	116	7545

Tablica 2. Vrijednosti aritmetičke sredine (\bar{x}) za populacije po svojstvima lista
Table 2. Arithmetical mean values (\bar{x}) for populations according to leaf properties

ŠIFRA	POPULACIJA	n	Duljina plojke*	Širina plojke*	Duljina peteljke*	Broj režnjeva-L	Broj režnjeva-D
05	Grosselfingen	3	86,9	60,5	5,26	4,71	4,75
01	Bisingen	3	70,5	42,8	3,85	4,13	4,11
10	Ljubljana	2	94,1	57,1	6,33	4,91	4,86
12	Motovun	3	78,1	43,5	4,68	4,46	4,41
03	Donji Miholjac	8	82,0	45,5	4,82	4,26	4,22
14	Slatina	3	107,5	72,7	5,13	4,68	4,72
15	Repaš	9	93,1	55,8	3,99	5,52	5,55
06	Koprivnica	8	88,1	53,2	4,20	5,39	5,46
20	Ludbreg	4	88,7	49,3	2,79	5,50	5,54
18	Varaždin	8	83,6	50,3	4,05	4,56	4,61
13	Privlaka	7	102,4	64,7	4,75	5,17	5,10
16	Staro Topolje	7	92,0	58,8	4,33	4,32	4,25
19	Levanjska Varoš	6	76,4	45,5	6,12	3,95	3,96
04	Gradište-Kula	7	78,6	46,2	5,35	3,81	3,88
09	Lipovljani	5	96,6	56,2	4,06	4,38	4,41
08	Kutina	9	83,7	50,1	4,58	5,77	5,77
02	Bjelovar	6	96,9	61,7	4,07	5,03	5,12
07	Križevci	11	85,3	54,0	3,99	5,04	5,05
17	Turopoljski lug	3	111,8	66,6	4,04	6,21	6,22
11	Maksimir	4	96,4	54,8	5,68	4,97	4,95

* (mm)

Tablica 3. Statističke vrijednosti asimetrije broja režnjeva (L-D)
Table 3. Statistical values of the asymmetry in the number of lobes (L-R)

ŠIFRA	POPULACIJA	STABLO	STATISTIČKI POKAZATELJI			
			n	\bar{x}	t	SR
01	Bisingen	1	50	0,08	-	-
		2	50	0,00	-	-
		3	50	-0,02	-	-
02	Bjelovar	1	50	-0,18	*	*
		2	50	0,10	-	-
		3	50	0,00	-	-
		4	50	0,00	-	-
		5	50	-0,10	-	-
		6	50	-0,12	-	-
03	Donji Miholjac	1	50	0,08	-	-
		2	53	0,02	-	-
		3	49	0,29	*	*
		4	33	0,06	-	-
		5	49	-0,06	-	-
		6	47	-0,17	-	-
		7	23	0,00	-	-
		8	47	0,13	-	-
04	Gradište-Kula	1	97	-0,06	-	-
		2	117	-0,07	-	-
		3	208	0,00	-	-
		4	135	-0,13	*	*
		5	204	-0,09	-	-
		6	159	-0,06	-	-
		7	162	-0,06	-	-
05	Grosselfingen	1	40	0,00	-	-
		2	50	-0,06	-	-
		3	45	-0,07	-	-
06	Koprivnica	1	50	0,02	-	-
		2	48	-0,08	-	-
		3	50	-0,06	-	-
		4	50	-0,08	-	-
		5	40	-0,03	-	-
		6	50	0,00	-	-
		7	50	-0,22	*	*
		8	50	-0,12	-	-

J. Franjić: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153–214, Zagreb, 1996.

07	Križevci	1	50	0,12	-	-
		2	50	0,02	-	-
		3	50	-0,10	-	-
		4	50	0,12	-	-
		5	50	-0,14	-	-
		6	50	-0,10	-	-
		7	50	0,00	-	-
		8	50	0,04	-	-
		9	50	-0,08	-	-
		10	50	0,04	-	-
		11	50	-0,08	-	-
08	Lipovljani	1	50	-0,14	-	-
		2	50	-0,12	-	-
		3	50	0,06	-	-
		4	50	0,24	*	*
		5	50	-0,18	-	-
		6	50	-0,12	-	-
		7	50	0,20	*	*
		8	50	0,02	-	-
		9	50	-0,02	-	-
09	Lipovljani	1	50	-0,14	-	-
		2	50	-0,08	-	-
		3	50	-0,12	-	-
		4	47	0,11	-	-
		5	50	0,08	-	-
10	Ljubljana	1	49	0,08	-	-
		2	50	0,02	-	-
11	Maksimir	1	50	0,00	-	-
		2	92	0,08	-	-
		3	241	0,06	-	-
		4	107	-0,05	-	-
12	Motovun	1	88	0,15	-	-
		2	51	-0,04	-	-
		3	50	0,04	-	-
13	Privlaka	1	50	0,34	**	**
		2	50	-0,04	-	-
		3	50	0,06	-	-
		4	50	-0,02	-	-
		5	50	0,18	-	-
		6	50	0,00	-	-
		7	50	-0,02	-	-

J. Franjić: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153–214, Zagreb, 1996.

14	Slatina	1	48	0,06	-	-
		2	48	-0,21	*	*
		3	48	0,02	-	-
15	Repaš	1	50	0,00	-	-
		2	50	-0,12	-	-
		3	50	-0,08	-	-
		4	50	0,12	-	-
		5	50	-0,06	-	-
		6	50	-0,04	-	-
		7	50	-0,02	-	-
		8	50	0,00	-	-
		9	50	-0,06	-	-
16	Staro Topolje	1	50	0,14	-	-
		2	50	-0,16	-	-
		3	50	0,08	-	-
		4	50	0,24	*	*
		5	50	0,12	-	-
		6	50	0,04	-	-
		7	50	-0,02	-	-
17	Turopoljski lug	1	50	-0,08	-	-
		2	50	-0,04	-	-
		3	50	0,10	-	-
18	Varaždin	1	50	-0,08	-	-
		2	50	-0,10	-	-
		3	50	-0,12	-	-
		4	50	0,12	-	-
		5	50	-0,04	-	-
		6	50	-0,22	*	*
		7	50	0,12	-	-
		8	50	-0,10	-	-
19	Levanjska Varoš	1	165	-0,08	*	*
		2	200	-0,04	-	-
		3	200	0,04	-	-
		4	200	0,04	-	-
		5	204	0,02	-	-
		6	100	-0,04	-	-
20	Ludbreg	1	50	-0,24	*	*
		2	50	0,04	-	-
		3	50	0,06	-	-
		4	51	-0,02	-	-

Tablica 4. Vrijednosti neparametrijske analize među stablima u populacijama
Table 4. Values obtained by the non-parametrical analysis between the trees inside the populations

ŠIFRA	POPULACIJA	n	K-W	Duljina plojke	Širina plojke	Duljina peteljke	Broj režnjeva-L	Broj režnjeva-D
			d _f						$\chi^2$
01	Bisingen	3	2	36,6***	35,7***	58,1***	16,1***	25,5***
02	Bjelovar	6	5	10,2	53,8***	65,6***	64,8***	51,5***
03	Donji Miholjac	8	7	51,5***	73,6***	106,1***	102,7***	103,4***
04	Gradište-Kula	7	6	123,7***	211,6***	454,7***	232,2***	225,4***
05	Grosselfingen	3	2	30,9***	20,6***	22,7***	42,0***	42,9***
06	Koprivnica	8	7	90,8***	45,2***	135,3***	57,4***	58,8***
07	Križevci	11	10	183,6***	150,2***	191,4***	136,4***	138,3***
08	Kutina	9	8	21,0*	20,3*	181,2***	102,5***	116,9***
09	Lipovljani	5	4	27,7***	16,5*	97,7***	51,1***	29,8***
10	Ljubljana	2	1	11,6**	2,3	11,0***	0,2	1,4
11	Maksimir	4	3	28,0***	19,3**	207,8***	117,1***	114,2***
12	Motovun	3	2	8,2*	24,9***	0,2	25,4***	16,2**
13	Privlaka	7	6	87,3***	92,7***	52,5***	122,1***	130,7***
14	Slatina	3	2	5,5	2,1	15,0**	22,0***	9,8*
15	Repaš	9	8	77,1***	68,4***	141,0***	74,4***	66,8***
16	Staro Topolje	7	6	111,3***	71,4***	72,5***	56,1***	49,3***
17	Turopoljski lug	3	2	3,1	25,3***	64,0***	79,5***	69,2***
18	Varaždin	8	7	85,2***	75,2***	131,7***	194,0***	192,4***
19	Levanjska Varoš	6	5	190,1***	169,2***	514,4***	395,6***	383,6***
20	Ludbreg	4	3	25,2***	27,9***	7,4	72,8***	57,2***

Tablica 5. Vrijednosti multivarijatne analize među stablima u populacijama (Manova) i univarijatne među stablima u populacijama po svojstvima (Anova)

Table 5. Values of the multivariety analysis between the trees inside the populations (Manova) and those of the univariety analysis between the trees inside populations according to properties (Anova)

ŠIFRA	POPULACIJA	n	MANOVA			ANOVA		Duljina plojke	Širina plojke	Duljina peteljke	Broj reznjeva-L	Broj reznjeva-D
			d _f		F	d _f	F					
01	Bisingen	3	10	286	28,3***	2	147	24,7***	22,5***	47,1***	9,1	15,4***
02	Bjelovar	6	25	1079	34,1***	5	294	2,5	15,7***	129,2***	16,8***	16,6***
03	Donji Miholjac	8	35	1428	16,1***	7	343	12,5***	14,3***	20,4***	23,0***	24,0***
04	Gradište-Kula	7	30	4286	68,3***	6	1075	23,6***	40,0***	148,9***	60,7***	60,7***
05	Grosselfingen	3	10	256	9,3***	2	132	18,4***	10,7**	13,2***	30,2***	29,1***
06	Koprivnica	8	35	1584	18,4***	7	380	16,5***	8,3***	29,2***	10,1***	9,5***
07	Križevci	11	50	2443	25,8***	10	539	31,6***	23,3***	28,2***	19,0***	19,6***
08	Kutina	9	40	1908	19,5***	8	441	2,7*	2,7*	39,8***	16,3***	21,1***
09	Lipovljani	5	20	790	20,4***	4	242	9,4***	3,3*	32,4***	15,8***	9,2***
10	Ljubljana	2	5	93	28,1***	1	97	12,2**	2,3	12,0**	0,5	1,0
11	Maksimir	4	15	1331	76,5***	3	486	10,2***	8,3***	115,7***	50,7***	49,3***
12	Motovun	3	10	364	14,3***	2	186	4,8*	15,2***	0,1	12,7***	8,8**
13	Privlaka	7	30	1358	16,9***	6	343	19,4***	24,5***	7,4***	32,5***	37,6***
14	Slatina	3	106	274	7,7***	2	141	2,9*	0,5	7,5**	13,2***	6,1*
15	Repaš	9	40	1908	13,4***	8	441	12,6***	9,9***	23,7***	11,0***	9,8***
16	Staro Topolje	7	30	1358	15,0***	6	343	40,9***	18,7***	13,4***	11,5***	10,7***
17	Turopoljski lug	3	10	286	32,4***	2	147	1,0	14,0***	51,3***	75,1***	58,7***
18	Varaždin	8	35	1635	23,5***	7	392	17,1***	15,0***	34,5***	50,1***	48,6***
19	Levanjska Varoš	6	25	3936	87,6***	5	1063	46,7***	41,8***	227,9***	162,2***	163,4***
20	Ludbreg	4	15	533	21,5***	3	197	10,0***	9,3***	2,6	39,9***	29,5***

Tablica 6. Vrijednosti dvofaktorske ugnježdene (parametrijske) analize varijance (Random Model Type III MS) među populacijama i među stablima u populacijama po svojstvima

Table 6. Values of the two-factor "ugnježdene" (parametrical) variance analysis (Random Model Type III MS) between the populations and between the trees inside the populations according to properties

Razlika među	df		Duljina plojke	Širina plojke	Duljina peteljke	Broj režnjeva-L	Broj režnjeva-D
populacijama	19	97	6,41***	7,51***	2,73**	7,60***	7,67***
stablima u populaciji	96	7429	16,37***	16,00***	50,10***	31,36***	30,74***

Tablica 7. Vrijednosti multivarijatne analize varijance među populacijama i među stablima u svim istraživanim populacijama

Table 7. Values of the multivariety variance analysis between the populations and between the trees inside all researces populations

Razlika među	df		F
populacijama	95	452	3,35***
stablima u populaciji	480	37090	29,31***

Tablica 8. Vrijednosti parametrijske analize varijance svih stabala po svojstvima

Table 8. Values of the parametrical variance analysis of all trees according to properties

SVOJSTVO	Model – df	Error – df	F	R-Square
duljina plojke	115	7429	30,95***	0,324
širina plojke			32,42***	0,334
duljina peteljke			63,99***	0,498
broj režnjeva-L			63,65***	0,496
broj režnjeva-D			62,72***	0,493

Tablica 9. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na duljinu plojke
 Table 9. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the leaf blade length

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3	***	***	-	***	*	***	**	-	-	-	***	*	***	***	***	-	***	-	***	***
01	Bisingen	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
10	Ljubljana	2	*	***	***	***	***	***	-	*	*	***	***	-	***	***	-	***	-	***	***	-
12	Motovun	3	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	-	-	***	**	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	*	***	***	*	***	***	***	***	***	-	***	***	***	*	***	-	***	*	***	***
14	Slatina	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	-
15	Repaš	9	**	***	-	***	***	***	***	*	***	***	-	***	***	*	***	*	***	*	***	*
06	Koprivnica	8	-	***	*	***	***	***	***	-	**	***	*	***	***	***	***	**	***	*	***	***
20	Ludbreg	4	-	***	*	***	***	***	*	-	***	***	*	***	***	***	***	**	***	*	***	***
18	Varaždin	8	-	***	***	**	-	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	-	***	-	***	***
13	Privlaka	7	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***
16	Staro Topolje	7	*	***	-	***	***	***	-	*	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*
19	Levanjska Varoš	6	*	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***
09	Lipovljani	5	***	***	-	***	***	***	*	***	***	***	**	**	***	***	***	***	***	-	***	***
08	Kutina	9	*	***	***	**	*	***	***	***	**	-	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***
02	Bjelovar	6	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	-
07	Križevci	11	-	***	***	***	*	***	***	*	*	-	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***
17	Turopoljski lug	3	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimiri	4	***	***	-	***	***	***	*	***	***	***	***	*	***	***	-	***	-	***	***	***

J. Franjić: Morfološka analiza varijabilnosti lista posvaskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153-214, Zagreb, 1996.

Tablica 10. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na širinu plojke
 Table 10. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the leaf blade width

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3		***	*	***	***	***	***	***	***	*	***	-	***	***	**	***	-	***	***	***
01	Bisingen	3	***		***	-	*	***	***	***	***	***	***	***	*	*	***	***	***	***	***	***
10	Ljubljana	2	*	***		***	***	***	-	*	***	***	***	-	***	***	-	***	*	*	***	-
12	Motovun	3	***	-	***		-	***	***	***	***	***	***	***	*	*	***	***	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	***	*	***	-		***	***	***	**	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***
14	Slatina	3	***	***	***	***	***		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
15	Repaš	9	***	***	-	***	***	***		*	***	***	***	*	***	***	-	***	***	*	***	-
06	Koprivnica	8	***	***	*	***	***	***	*		**	**	***	***	***	***	*	**	***	-	***	-
20	Ludbreg	4	***	***	***	***	**	***	***	**		-	***	***	***	*	-	***	***	***	***	***
18	Varaždin	8	***	***	***	***	***	***	***	**	-		***	***	***	***	-	***	***	***	***	***
13	Privlaka	7	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***		***	***	***	***	***	*	***	-	***
16	Staro Topolje	7	-	***	-	***	***	***	*	***	***	***	***		***	***	*	***	*	***	***	***
19	Levanjska Varoš	6	***	*	***	***	-	***	***	***	***	*	***	***		-	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	***	*	***	*	-	***	***	***	*	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***
09	Lipovljani	5	**	***	-	***	***	***	-	*	***	***	***	*	***	***	***	***	***	*	***	-
08	Kutina	9	***	***	***	***	***	***	***	**	-	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
02	Bjelovar	6	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*	***	***	***	***	***	***	***	***
07	Križevci	11	***	***	***	***	***	***	*	-	***	***	***	***	***	***	*	*	***	***	***	-
17	Turopoljski lug	3	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimir	4	***	***	-	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	-	***	***	-	***	***

J. Faničić: Morfometrijska analiza variabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153-214, Zagreb, 1996.

Tablica 11. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na duljinu peteljke
 Table 11. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the petiole length

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3	***	***	***	**	*	-	***	***	***	***	**	***	***	-	***	***	***	***	***	*
01	Bisingen	3	***	***	***	***	***	-	*	***	***	***	**	***	***	***	-	***	-	-	***	***
10	Ljubljana	2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***
12	Motovun	3	**	***	***	***	-	*	***	**	***	***	-	*	***	***	***	-	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	*	***	***	-	***	*	***	***	***	***	-	***	***	***	***	*	***	***	***	***
14	Slatina	3	-	***	***	*	*	***	***	***	***	*	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***
15	Repaš	9	***	-	***	***	***	***	*	***	-	***	*	***	***	***	-	***	-	-	-	***
06	Koprivnica	8	***	*	***	**	***	***	*	***	-	***	-	***	***	***	-	***	-	*	-	***
20	Ludbreg	4	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
18	Varaždin	8	***	-	***	***	***	***	-	-	***	***	*	***	***	***	-	***	-	-	-	***
13	Privlaka	7	**	***	***	-	-	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***
16	Staro Topolje	7	***	**	***	*	***	***	*	-	***	*	***	***	***	***	*	*	*	**	*	***
19	Levanjska Varoš	6	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	-	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**
09	Lipovljani	5	***	-	***	***	***	***	-	-	***	-	***	*	***	***	***	***	-	-	-	***
08	Kutina	9	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	***	***	***
02	Bjelovar	6	***	-	***	***	***	***	-	-	***	-	***	*	***	***	-	***	***	-	-	***
07	Križevci	11	***	-	***	***	***	***	-	*	***	-	***	***	**	***	-	***	-	***	-	***
17	Turopoljski lug	3	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimir	4	***	***	***	***	***	***	-	-	***	-	***	*	***	***	-	***	-	-	***	***

Tablica 12. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na broj režnjeva - L

Table 12. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the number of lobes - L

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	-06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3	***	***	-	*	***	-	***	***	***	-	***	***	***	***	**	***	**	***	***	*
01	Bisingen	3	***	***	***	**	-	***	***	***	***	***	***	*	*	***	*	***	***	***	***	***
10	Ljubljana	2	-	***	***	***	***	*	***	***	***	**	*	***	***	***	***	***	-	-	***	-
12	Motovun	3	*	**	***	***	*	*	***	***	***	-	***	-	***	***	-	***	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	***	-	-	*	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	-	***	***	***	***	-
14	Slatina	3	-	***	*	*	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	**	***	***	***	***	**
15	Repaš	9	***	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
06	Koprivnica	8	***	***	***	***	***	***	*	***	-	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
20	Ludbreg	4	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***
18	Varaždin	8	-	***	**	-	***	-	***	***	***	***	***	**	***	***	*	***	***	***	***	***
13	Privlaka	7	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*	***	*
16	Staro Topolje	7	***	*	***	-	-	***	***	***	***	**	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***
19	Levanjska Varoš	6	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	**	*	***	-	-	**	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	*	**
09	Lipovljani	5	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
08	Kutina	9	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	***	***	***
02	Bjelovar	6	**	***	-	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	**	***	***	***	-	-
07	Križevci	11	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	-	***	***
17	Turopoljski lug	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimir	4	*	***	-	***	***	**	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	-	-	***

J. Franjić: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153-214, Zagreb, 1996.

Tablica 13. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na broj režnjeva - D

Table 13. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the number of lobes - R

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11	
	Populacija	n																					
05	Grosselfinger	3	***	***	-	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	*	***	***	***	***	**	
01	Bisingen	3	***	***	***	*	-	***	***	***	***	***	***	-	-	*	**	***	***	***	***	***	
10	Ljubljana	2	-	***	***	***	***	-	***	***	***	*	*	***	***	***	***	***	*	*	***	-	
12	Motovun	3	**	*	***	*	*	***	***	***	***	*	***	-	***	***	-	***	***	***	***	***	
03	Donji Miholjac	8	***	-	***	*	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	*	***	***	***	***	***	
14	Slatina	3	-	***	-	*	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	**	***	***	***	***	*	
15	Repaš	9	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	
06	Koprivnica	8	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
20	Ludbreg	4	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	
18	Varaždin	8	-	***	*	*	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	
13	Privlaka	7	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	-	-	***	*
16	Staro Topolje	7	***	-	***	-	-	***	***	***	***	**	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	
19	Levanjska Varoš	6	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***	*	***	***	***	***	***	***	
04	Gradište-Kula	7	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	
09	Lipovljani	5	**	**	***	-	*	**	***	***	***	*	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	
08	Kutina	9	***	***	***	***	***	***	**	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
02	Bjelovar	6	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	-	***	*
07	Križevci	11	**	***	*	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	-	***	-	
17	Turopoljski lug	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
11	Maksimir	4	*	***	-	***	***	*	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	*	-	***	***	

Tablica 14. Razvrstavanje svih analiziranih stabala iz svih istraživanih populacija s obzirom na UPGMC (Centroid) metodu "cluster" analize

Table 14. Grouping of all analyzed trees from all researched populations with respect to the "cluster" analysis UPGMC (Centroid) method

KLASTER	POSAVINA	PODRAVINA	KONTROLA
I.	13/1	-	-
II.	16/2	-	-
III.	09/2	-	-
IV.	08/2, 11/4, 07/11, 08/1	-	-
V.	08/9	-	-
VI.	17/3	20/2	-
VII.	08/8, 13/3, 08/7, 08/5, 07/4, 08/6	06/4, 15/5, 15/8, 18/8, 15/2, 06/6, 15/9, 20/4	-
VIII.	17/2	-	-
IX.	13/7, 02/4	-	-
X.	19/3, 04/2, 04/5, 19/6, 19/7, 04/1, 19/1, 04/3, 19/4	18/6, 03/8, 03/3, 03/4	01/1, 05/3, 12/1, 12/2
XI.	11/2	03/7	10/1
XII.	17/1, 07/9, 16/6	14/3, 14/1, 14/2	-
XIII.	16/7, 07/7, 07/8, 02/1, 02/2, 04/6, 04/4, 16/1, 16/5, 09/5, 16/4, 09/1, 17/10, 07/6, 07/3, 02/3, 08/3, 08/4, 02/5, 07/1, 13/4, 13/6, 07/2, 07/5, 16/3, 13/5, 09/4, 11/1, 11/3	03/1, 18/7, 15/3, 18/3, 03/2, 03/6, 04/7, 06/8, 18/4, 06/3, 18/5, 06/5, 15/1, 18/2, 06/1, 06/7, 20/3, 06/2, 15/7, 15/6, 03/5, 15/4	01/3, 01/2, 12/3, 05/1, 10/2, 05/2
XIV.	13/2, 09/3	18/1	-
XV.	2/6	-	-
XVI.	19/2	-	-

Tablica 15. Deskriptivni statistički pokazatelji prosječnoga stabla i lista 17 hrvatskih populacija hrasta lužnjaka na osnovi 7161 lista

Table 15. Descriptive statistical indicators of an average tree and leaf of 17 Croatian common oak populations, based on 7161 leaves

SVOJSTVA	\bar{x} (mm)	s_x (mm)	C.V. (%)	x_{\min} (mm)	x_{\max} (mm)	Median (mm)	Kurtosis	Skewness
Duljina plojke	87,06	21,65	24,87	26	187	85	0,41	0,48
Širina plojke	52,30	15,28	29,22	16	130	51	0,89	0,68
Duljina peteljke	4,77	1,99	41,72	1	14	5	0,98	0,89
Broj režnjeva-L	4,71	1,23	26,11	2	10	5	-0,26	0,21
Broj režnjeva-D	4,73	1,23	26,00	2	9	5	-0,31	0,22

LITERATURA – REFERENCES

- Aas, G., 1993: Taxonomic impact of morphological variation in *Quercus robur* and *Q. petraea*: a contribution to the hybrid controversy. *Ann. Sci. For.* 50(1): 107-113.
- Abramović, A., 1943: Pitanje rasa šumskog drveća u Hrvatskoj. *Hrv. Šum. list* 67(10-12): 275-277.
- Androić, M., 1987: Sušenje hrasta. U: Šumarska enciklopedija 3: 314-345. Zagreb.
- Anić, M., 1946: Dendrologija. U: R. Benić (ed.) Šumarski priručnik 1: 475-582.
- Ascherson, P., P. Gräbner, 1911: *Quercus* L. Syn. *Mittelleur. Flora* 4: 445-544. Leipzig.
- Bačić, T., 1981: Investigations of stomata of three oak species with light and scanning electron microscope. *Acta Bot. Croat.* 40: 85-90.
- Bačić, T., 1983: Varijabilnost listova hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Acta Bot. Croat.* 42: 51-61.
- Benson, L., 1962: Plant taxonomy, methods and principles. Ronald Press, New York.
- Blue, M. P., R. J. Jensen, 1988: Positional and seasonal variation in oak (*Quercus*; *Fagaceae*) leaf morphology. *Amer. J. Bot.* 75(7): 939-947.
- Borchert, R., 1975: Endogenous shoot growth rhythm and indeterminate shoot growth in oak. *Physiol. Plant.* 35: 152-157.
- Borojević, K., 1986: Geni i populacija. NIŠRO Forum. Novi Sad.
- Bremer, K., C. J. Hunphries, B. D. Mishler, S. P. Churchill, 1987: On cladistic relationships in green plants. *Taxon* 36(2): 339-349.
- Brenner, W., 1902: Klima und Blatt bei der Gattung *Quercus*. *Flora B.* 90: 114-160.
- Brookes, P. S., D. L. Wigston, 1979: Variation of morphological and chemical characteristics of acorns from population of *Quercus petraea* (Mat.) Kiebl., *Q. robur* L. and their hybrids. *Watsonia* 12: 315-324.
- Constantze-Westermann, T. S., 1978: Coefficients of Biological Distance. The Netherlands. Oosterhout.
- Cousens, J. E., 1962: Notes on the status of sessile and pedunculate oaks in Scotland and their identification. *Scot. For.* 16(3): 170-179.
- Cousens, J. E., 1963: Variation of some diagnostic characters of the sessile and pedunculate oaks and their hybrids in Scotland. *Watsonia* 5(5): 273-286.
- Cousens, J. E., 1965: The status of the pedunculate and sessile oaks in Britain. *Watsonia* 6(3): 161-176.
- Csapody, I., V. Csapody, F. Rott, 1966: Erdei fak es cserjek. Orszagos erdeszeti foigazgatosag. Budapest.
- Cvitić, M., 1972: Obnova nizinskih šuma hrasta. *Šum. list* 96(7-8): 278-281.
- Dekanić, I., 1958: Njegovanje šuma kao mjera unapređenja šumske produkcije. *Šum. list* 82(10): 339-348.
- Dekanić, I., 1961: Osnovni principi uzgojnih zahvata u posavskim šumama. *Šum. list* 85(1-2): 11-17.
- Dekanić, I., 1962: Utjecaj podzemne vode na pridolazak i uspijevanje šumskog drveća u posavskim šumama u Lipovljana. *Glas. šum. pokuse* 15: 1-118.
- Dekanić, I., 1962a: Elementi za njegu mladih sastojina u poplavnom području posavskih šuma. *Glas. šum. pokuse* 15: 119-196.
- Dekanić, I., 1962b: Kvantitativno i kvalitativno povećanje proizvodnje drvne mase u mješovitim sastojinama brežuljkastih terena. *Glas. šum. pokuse* 15: 197-266.
- Dekanić, I., 1962c: Povećanje proizvodnje preredom mladih mješovitih sastojina lužnjaka, poljskog jasena i nizinskog brijesta u Posavini. *Glas. šum. pokuse* 15: 267-302.

- Dekanić, I., 1964: Prorjeđivanje mladih mješovitih sastojina kao mjera za unapređenje proizvodnje u šumarstvu. Materijal za seminar iz uzgoja šuma 17-19. 06. 1964. god. u Ljupljanima (rpk.).
- Dekanić, I., 1965: Intenziviranje proizvodnje prorjeđivanjem mješovitih sastojina nizinskih šuma. Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar 1-40, Beograd.
- Dekanić, I., 1971: Intenziviranje proizvodnje drva u cenози hrasta kitnjaka i običnog graba (*Quercus-Carpinetum croaticum* Horv.) primjenom intenzivnih proreda i fertilizacije različitim mineralnim gnojivima. Šum. list 95(7-8): 197-230.
- Dekanić, I., 1975: Njega sastojina proredom. JAZU Vinkovci (posebno izdanje) 2: 79-85.
- Dekanić, I., 1975a: Utvrđivanje najpogodnijih vrsta drveća i metoda obnove opustošenih površina sušenjem hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Šum. list 99(4-6), 119-127.
- Dekanić, I., 1976: Intenziviranje proizvodnje proredom sastojina u slavonskoj šumi hrasta lužnjaka (*Genisto-Quercetum roboris* Horv. 38). Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.
- Dekanić, I., 1977: Šume i proizvodnja drva na nekim tlima slavonsko-baranjskog područja. Tla Slavonije i Baranje (posebno izdanje) 1: 169-174.
- Dekanić, I., 1980: Način i intenzitet proreda u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba. Složena šumska gospodarska organizacija "Slavonska šuma". Vinkovci.
- Dekanić, I., 1985: Mogućnost unapređenja šumske proizvodnje primjenom uzgojnih mjera proreda u prirodnim šumama. Jug. polj. šum. centar, Informacija 1.
- Dupouey, J. L., V. Badeau, 1993: Morphological variability of oaks (*Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. pubescens* Willd.) in northeastern France: preliminary results. Ann. Sci. For. 50(1): 35-40.
- Đorđević, P., 1926: Sušenje hrastovih šuma u Slavoniji. Izdanje ministarstva šuma i rudnika. Beč.
- Đuričić, I., 1989: Šumsko uzgojne karakteristike hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Liebl.) na Kalniku. Glas. šum. pokuse 25: 161-234.
- Elsner, G., 1993: Morphological variability of oak stands (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) in northern Germany. Ann. Sci. For. 50(1): 228-232.
- Erdeši, J., 1985: Ikonografija hrasta lužnjaka Jugoslavije. Glasn. Šum. fak. Beograd 64: 109-140.
- Erdeši, J., M. Gajić, 1977: *Quercus robur* L. U: M. Josifović (ed.) Fl. SR Srbije 9: 44-48.
- Erdeši, J., M. Čanak, M. Gajić, 1977: Nove forme i nova nalazišta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u SR Srbiji i SFR Jugoslaviji. Glasn. Šum. fak. Beograd 52: 83-88.
- Eriksson, G., A. Jonsson, 1986: A review of the genetics of *Betula*. Scand. J. For. Res. 1: 421-434.
- Federov, A., 1974: Chromosome numbers of flowering plants. Otto Közl. Königstein.
- Filipello, S., M. Vittadini, 1975: Ricerche sulle querce caducifoglie italiane. 4. Analisi biometrica e morfologica di esemplari del complesso *Q. pubescens* - *Q. petraea* dell' Apenino pavese. Webbia 29: 365-396.
- Filipello, S., M. V. Zorzoli, 1982: Ricerche sulle querce caducifoglie italiane. 5. Sul valore tassonomico del rapporto lobi/nervature in *Quercus pubescens* e *Quercus petraea*. Webbia 36(1): 97-100.
- Franjić, J., 1993: Veličina žira kao pokazatelj individualne varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. šum. pokuse Pos. Izd. 4: 195-206.
- Franjić, J., 1993a: Morfometrijska analiza lista i ploda hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Magistarski rad - PMF, Zagreb.
- Franjić, J., 1994: Odnos dužine i širine plojke lista kao pokazatelj varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Simpozij-Pevalek, 25-34. Zagreb.

- Franjić, J., 1994a: Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus robur* L.) variability in Croatia. *Ann. Forest.* 19(1): 1-32.
- Franjić, J., 1996: Multivarijatna analiza posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj. Disertacija – PMF. Zagreb.
- Glavaš, M., 1989: Fitopatološka istraživanja uzročnika sušenja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Glas. šum. pokuse* 25: 145-154.
- Glotov, N. V., L. F. Semerikov, V. S. Kazancev, V. A. Šutilov, 1981: Populacionaja struktura *Quercus robur* (*Fagaceae*) na Kavkaze. *Bot. Žur.* 66(10): 1407-1418.
- Grant, V., 1981: Plant sciation. Columbia University Press, New York.
- Harapin, M., 1989: Utjecaj defolijacije na sušenje hrastovih nizinskih šuma. *Glas. šum. pokuse* 25: 155-160.
- Hardin, J. W., 1976: Terminology and classification of *Quercus* trichomes. *Jour. Mitchel Sci. Soc.* 92: 151-161.
- Hardin, J. W., 1979: Atlas of foliar surface features in woody plants, I. Vestiture and trichome types of eastern North American *Quercus*. *Bull. Torrey Bot. Club* 106(4): 313-325.
- Hegi, G., 1908: *Quercus* L. Ill. Fl. Mitteleur. 3: 105-117.
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija. Stanbiro. Zagreb.
- Høeg, E., 1929: Om Mellemformerne mellem *Quercus robur* L. og *Q. sessiliflora* Martyn. (Dansk.) *Bot. Tidskr.* 40: 411-427.
- Ietswaart, J. H., A. E. Feij, 1989: A multivariate analysis of introgression between *Quercus robur* and *Q. petraea* in the Netherlands. *Acta Bot. Neerl.*, 38(3): 313-325.
- Ilijanić, Lj., 1963: Tipologisch-geographische Gliederung der Niederrungswiesen Nordkroatiens im klimatischen Zusammenhang. *Acta Bot. Croat.* 22: 119-132.
- Jalas, J., J. Suominen, 1976: *Fagaceae*. Atlas florae Europaeae 3: 66-79.
- Javorka, S., 1924: *Quercus* L. Magyar Flora, 249-254. Budapest.
- Jensen, R. J., 1977: A preliminary numerical analysis of the red oak complex in Michigan and Wisconsin. *Taxon* 26: 399-407.
- Jensen, R. J., 1977a: Numerical analysis of the scarlet oak complex (*Quercus* subgen. *Erythrobalanus*) in the eastern United States: Relationships above the species level. *Syst. Bot.* 2: 122-133.
- Jensen, R. J., 1986: Geographic spatial autocorrelation in *Quercus ellipsoidalis*. *Bull. Torrey Bot. Club* 113(4): 431-439.
- Jensen, R. J., 1988: Assessing patterns of morphological variation of *Quercus* ssp. in mixed-oak communities. *Am. Midl. Nat.* 120(1): 120-135.
- Jensen, R. J., 1990: Detecting shape variation in oak leaf morphology: a comparison of rotational fit methods. *Amer. J. Bot.* 77(10): 1279-1293.
- Jensen, R. J., W. H. Eshbaugh, 1976: Numerical taxonomy studies of hybridization in *Quercus*. II. Populations with wide areal distributions and high taxonomic diversity. *Syst. Bot.* 1(1): 11-19.
- Jensen, R. J., R. Depiero, B. K. Smith, 1984: Vegetative characters, population variation and the hybrid origin of *Quercus ellipsoidalis*. *Am. Midl. Nat.* 111: 364-370.
- Jovanović, M., A. Tucović, 1975: Genetics of common and sessile oak (*Quercus robur* L. and *Q. petraea* Liebl.). *Ann. Forest.* 7(2): 23-53.
- Jovanović, B., E. Vukičević, 1983: Hrast. U: Šumarska enciklopedija 2: 74-75. Zagreb.
- Kissling, P., 1977: Les poils des quatres especes de chenes du Jura (*Quercus pubescens*, *Q. petraea*, *Q. robur* et *Q. cerris*). *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 87(1-2): 1-18.
- Kissling, P., 1980: Un réseau de corrélations entre les chenes (*Quercus*) du Jura. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 90(1-2): 1-28.

- Klepac, D., 1988: Uređivanje šuma hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 24: 117-132.
- Komlenović, N., D. Cestar, 1987: Istraživanje stanja ishrane 40-godišnjih sastojina lužnjaka (*Quercus robur* L.) u utvrđenim ekološko-gospodarskim tipovima šuma u SR Hrvatskoj. Radovi Šum. inst. Jastrebov. 22(71): 1-25.
- Kovačević, Ž., 1974: Problemi epidemijskog sušenja hrasta lužnjaka-*Quercus robur*. Šum. list 98(7-9): 291-298.
- Kovačić, Đ., 1981: Raspodjela učestalosti broja stabala i drvne mase kao mjera unapređenja šumske proizvodnje u nekim prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka u SR Hrvatskoj. Disertacija – Šum. fak. Zagreb.
- Krahl-Urban, J., 1959: Die Eichen. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.
- Krstinić, A., 1984: Fenotipska stabilnost, adaptabilnost i produktivnost nekih klonova stabilnih vrba. Glas. šum. pokuse, Pos. izd. 1: 5-24.
- Krstinić, A., Trinajstić, I., Gračan, J., Franjić, J., Kajba, D., Britvec, M., 1996: Genetska izdiferenciranost lokalnih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. U: Matić, S., J. Gračan (ed.): Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996. Zaštita šuma i pridobivanje drva 2: 159-168. Hrvatsko šumarsko društvo. Zagreb.
- Krüssmann, G., 1972: Handbuch der Nadelgehölze. Paul Parey Verlag. Berlin.
- Lance, G. N. & W. T. Williams, 1967: A general theory of classificatory sorting strategies II: Clustering systems. Comp. J. 10(3): 271-277.
- Mahalanobis, P. C., 1936: On the generalized distance in statistics. Proc. Nat. Inst. Sci. India 2: 49-55.
- Martinis, Z., Ž. Lovašen-Eberhardt, M. Tuđa, 1987: Trihomografske i palinomorfološke karakteristike hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u odnosu na druge hrastove u Jugoslaviji. Glasn. Šum. Pokuse, Pos. Izd. 3: 347-355.
- Matić, S., 1984: Uzgojni zahvati u šumama hrasta lužnjaka Slavonije i Baranje kao mjera povećanja kvalitete drvne mase. Osijek.
- Matić, S., 1984a: Šume hrasta lužnjaka i njihova prirodna obnova. Bilten društva ekologa BiH 1: 211-217.
- Matić, S., 1989: Uzgojne mjere u sastojinama narušenim sušenjem hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 25: 67-77.
- Matić, S., 1989a: Intezitet prorode i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 25: 261-278.
- Matić, S., 1990: Šume i šumarstvo Hrvatske-jučer, danas, sutra. Glas. šum. pokuse 26: 33-56.
- Matić, S., 1991: Njega šuma proredom. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP "Hrvatske šume" Uprava šuma Koprivnica. Zagreb.
- Mátyás, V., 1970: Neue Formen der Eichen Ungars. Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 16: 3-4.
- Mátyás, V., 1970a: Einführung in die Kenntnis der Eichenarten Ungarns. Erdesz. Kut. 66: 61-68.
- Maze, J., 1968: Past hybridization between *Quercus macrocarpa* and *Quercus gambelii*. Brittonia 20: 321-333.
- McMillen, J. D., 1985: Climatic and phylogenetic aspects of oak distributions in the eastern United States. Am. J. Bot. 72(6): 934.
- Meijknecht, J. G., 1955: On the ideal value of varying characters. Acta Bot. Neerl. 4(2): 273-320.
- Melchior, H., 1964: *Fagales*. In: Engler's, A. (ed.) Syllabus der Pflanzenfamilien. II. Angiospermen übersicht Über die Florengebiete der Erde. Gebrüder Bornträger, Berlin-Nikolassee.

- Menickij, L., 1966: K sistematike kavkazskih roburoidnih dubov cikla *Pedunculatae*. I. *Quercus pedunculiflora* C. Koch. Bot. Žur. 51(9): 1245-1265.
- Meštrović, Š., 1988: Šume hrasta lužnjaka s posebnom namjenom. Glas. šum. pokuse 24: 151-156.
- Milletti, N., P. Paoli, G. Moggi, 1982: Ricerche sulle querce caducifoglie italiane. 6. Analisi numerica della morfologia folgiare in un popolamento di *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. delle Alpi orientali. Webbia 36(1): 101-133.
- Moggi, G., P. Paoli, 1972: Ricerche sulle querce caducifoglie italiane. 1. Sul valore di alcuni caratteri biometrici e morfologici. Webbia 26(2): 417-461.
- Muller, C. H., 1952: Ecological control of hybridization in *Quercus*: a factor in the mechanism of evolution. Evolution 6(2): 147-161.
- Neger, Fr., E. Münch, 1950: Die Laubhölzer. Sammlung Göschende Gruyter. Berlin.
- Nixon, K. C., W. L. Crepet, 1985: Preliminary phylogenetic reconstruction of *Quercus* at subgeneric and sectional levels. Am. J. Bot. 72(6): 934-935.
- Olsson, U., 1975: A morphological analysis of phenotypes in populations of *Quercus* (*Fagaceae*) in Sweden. Bot. Not. 128: 55-68.
- Olsson, U., 1975a: On the size and microstructure of pollen grains of *Quercus robur* and *Q. petraea* (*Fagaceae*). Bot. Not. 128: 256-264.
- Opalički, K., 1989: Utjecaj faune tla na fiziološku kondiciju i sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. Šum. Pokuse 25: 133-144.
- Parabučki, S., M. Čanak, M. Janković, M. Vukoje, M. Gajić, 1980: *Quercus pedunculiflora* C. Koch. – nova vrsta za floru Vojvodine. Glas. Šum. fak. Beograd 54: 217-221.
- Petračić, A., 1926: Pomlađivanje naših hrastovih šuma je u opasnosti. Šum. list 50(8-9): 467-469.
- Petz, B., 1974: Osnovne statističke metode. Izdavački zavod JAZU. Zagreb.
- Pranjić, A., 1990: Šumarska biometrija. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.
- Pranjić, A., N. Lukić, 1989: Prirast stabala hrasta lužnjaka kao indikator stanišnih promjena. Glas. šum. pokuse 25: 79-94.
- Prodan, M., 1961: Forstliche Biometrie. BLV Verlagsgesellschaft München, Bonn, Wien.
- Prpić, B., 1976: Reagiranje biljaka hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz dva staništa na različite uvjete vlažnosti. Šum. list 100(3-4): 117-123.
- Prpić, B., 1989: Sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u svjetlu ekološke konstitucije vrste. Glas. šum. pokuse 25: 1-24.
- Rauš, Đ., 1982: Rezultati petnaestogodišnjih (1966.-1980.) istraživanja i kartiranja slavonskih i baranjskih šuma. Šum. list 106(4-5): 93-105.
- Rauš, Đ., S. Matić, B. Prpić, A. Vranković, 1979: Prilog poznavanju biološko-ekoloških svojstava kasnoga hrasta lužnjaka (*Quercus robur* var. *Tardissima* Sim.) u bazenu Spačve i Česme. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, 997-1010. Zagreb.
- Rauš, Đ., I. Trinajstić, J. Vukelić, J. Medvedović, 1992: Biljni svijet hrvatskih šuma. U: Rauš, Đ. (ed.), Šume u Hrvatskoj 33-77. Grafički zavod Hrvatske. Zagreb.
- Rauš, Đ., J. Vukelić, 1989: Rezultati komparativnih istraživanja šumske vegetacije na području sušenja hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 25: 53-66.
- Rushton, B. S., 1979: *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Mat.) Liebl. a multivariate approach to the hybrid problem. 1. Data acquisition, analysis and interpretation. Watsonia 12: 81-101.
- Rushton, B. S., 1983: An analysis of variation of leaf characters in *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. population samples from Northern Ireland. Irish Forestry, 40(2): 52-77.

- SAS, 1990: SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4. izdanje. SAS Institute Inc.
- Sax, H. J., 1930: Chromosome numbers in *Quercus*. J. Arnold Arbor. Harv. Univ. 11: 220-223.
- Schwarz, O., 1936: Entwurf zu einem natürlichen System der Cupuliferen und der Gattung *Quercus* L. Notizbl. Bot. Gart. Berlin 116(13): 1-22.
- Schwarz, O., 1936a: Monographie der Eichen Europas und des Mittelmeergebietes. Feddes Repert. Sonderbuch D: 1-200.
- Schwarz, O., 1964: *Quercus* L. In: T. G. Tutin i dr. (eds.) Flora Europaea 1: 61-64.
- Simonkai, L., 1890: Hazánk tölgyfajai és tölgyerdei (*Quercus* et *Querceta Hungariae*). Áll. Bizott. Kül. Kiadványa. Budapest.
- Smole, i., f. batić, 1992: The importance of morphological characteristics for identification of oak species. Zbornik gozdarstva in lesarstva 39: 133-172.
- Snedecor, G. W., W. G. Cochran, 1971: Statistical methods. The Iowa State University Press, Ames.
- Sneath, P. H. A., R. R. Sokal, 1973: Numerical taxonomy. W. H. Freeman and Co. San Francisco.
- Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1981: Biometry. W. H. Freeman and Co. San Francisco.
- Solbrig, O. T., 1970: Principles and methods of plant biosystematics. The Macmillan Company, Collier-Macmillan Canada. Toronto, Ontario.
- Spaić, I., M. Glavaš, 1988: Uzročnici šteta na hrastu lužnjaku u Jugoslaviji. Glas. Šum. Pokuse 24: 199-226.
- SPSS, INC., 1988: SPSS/PC + V2.0 Statistics Guide. Chicago, SPSS.
- Stebbins, G. L., Jr. E. B. Matzke, C. Epling, 1947: Hybridization in a population of *Quercus marilandica* and *Quercus ilicifolia*. Evolution 1: 79-88.
- Šafar, J., 1966: Problem fizioloških, ekoloških i ekonomskih karakteristika kasnog i ranog hrasta lužnjaka. Šum. list 90(11-12): 503-515.
- Špiranec, M., 1951: Još o početnoj fiziološkoj zrelosti šumskog drveća. Šum. list 75(6): 213-221.
- Tavčar, A., 1946: Biometrika u poljoprivredi. Nakladni zavod Hrvatske. Zagreb.
- Trinajstić, I., 1974: *Quercus* L. U: I. Trinajstić (ed.), Analitička flora Jugoslavije 1(3): 460-481.
- Trinajstić, I., 1974a: *Quercuum croaticarum* nomina et synonyma Vukotinovičiana. Suppl. Fl. Anal. Jugosl. 2: 9-13.
- Trinajstić, I., 1988: Taksonomska problematika hrasta lužnjaka *Quercus robur* L. u flori Jugoslavije. Glas. Šum. Pokuse 24: 101-116.
- Trinajstić, I., 1989: 1. Morfološka i morfometrijska analiza varijabilnosti lužnjaka unutar jednog stabla. 2. Izrada modela za analizu morfološke varijabilnosti. U: Vidaković, M. (red.), Oplemenjivanje hrasta lužnjaka. Izvještaj o znanstveno-istraživačkom radu u 1988. godini. Zagreb.
- Trinajstić, I., 1996: Taksonomska problematika hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. U: Klepac, D. (ed.), Hrašć lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj 96-101. HAZU Centar za znanstveni rad Vinkovci & JP "Hrvatske šume". Vinkovci - Zagreb.
- Trinajstić, I., A. Krstinić, 1993: Varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. šum. pokuse. Pos. izd. 4: 35-44.
- Trinajstić, I., J. Franjić, 1996: Listovi kratkoga plodnoga izbojka, osnova za morfometrijsku analizu lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*). U: Matić, S., J. Gračan (ed.), Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, 1: 169-178. Hrvatsko šumarsko društvo. Zagreb.

- Troll, W., 1957: Praktische Einführung in die Pflanzenmorphologie 1., 2. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Tucović, A., M. Jovanović, 1970: Some characteristics of meiosis in common oak (*Quercus robur* L.). Working group meeting on sexual reproduction of forest trees. International union of forest research organizations section 22: Study of forest plants, 1-10. Varpantara (rkp.).
- Vajda, Z., 1948: Koji su uzroci sušenja hrastovih posavskih i donjoposavskih šuma. 24: 105-114.
- Vajda, Z., 1974: Nauka o zaštiti šuma. Školska knjiga, Zagreb.
- Vidaković, M., A. Krstinić, 1974: Oplemenjivanje ekonomski važnih vrsta šumskog drveća jugoistočne Hrvatske. Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Hrvatske. JAZU-Centar za znanstveni rad Vinkovci, 115-134.
- Vidaković, M., A. Krstinić, 1985: Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća. Sveučilišna naklada Liber. Zagreb.
- Vidaković, M., I. Trinajstić, 1988: Varijabilnost i oplemenjivanje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Zbornik radova Josip Kozarac književnik i šumar. JAZU Centar za znanstveni rad Vinkovci, 93-110.
- Vranković, A., F. Bašić, 1989: Neki rezultati pedoloških istraživanja u poremećenim ekosistemima hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Glas. Šum. Pokuse 25: 25-52.
- Vukelić, J., Đ. Rauš, 1993: Fitocenološki aspekt sušenja šuma u Turopoljskom lugu. Glas. šum. pokuse 29: 275-294.****

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF LEAF VARIABILITY POSAVINA
AND PODRAVINA POPULATIONS OF THE COMMON OAK
(*QUERCUS ROBUR* L., *FAGACEAE*) IN CROATIA

Summary

In this work the attempt to determine the variability of the common oak leaf (*Quercus robur* L.) by means of the statistical analysis has been made in order to get a better idea of the individual and populational variability of the common oak in Croatia. Furthermore, we tried to avoid the mistakes noticed in the works in other research workers as well as our own mistakes occurred during the preliminary researches. On the basis of the researches made it can be recommended that trees to be taken for the analysis purpose should be normally developed ones (seed trees) with well lighted tree crowns (either individual trees or those growing on forest edge) so that their phenotype would be fully marked without any modificational changes caused by breeding measures (complex).

For the morphometric analysis it is best to use leaves of a short fertile shoot since they are the only ones to show the recent state of the species. Besides, it is necessary to eliminate all undeveloped or damaged leaves because they spoil an objective picture of the sample.

In the examination of the researched material (20 populations, 116 trees, 7545 leaves, 37725 measured data), the multivariate, univariate, descriptive and nonparametric sample analysis has been made by which we tried to get a clearer picture of the common oak variability in Croatia.

By means of the multivariate and univariate analyses (cf. tab. 4-13; fig. 3) significant differences between the populations as well as between trees within a population have been determined with the differences between trees in one population being bigger than those between the populations. Such conclusions have been arrived to for some other species and some other characteristics, too (cf. Eriksson & Jonsson 1986). All this leads to the conclusion, already mentioned several times, that each population has approximately the same number of genotypes and that the only difference is in the survival (representation, frequently) that is likely to be in a close connection with economical factors (edaphic and climatic parameters).

Furthermore, by the multivariate analysis the best method for the examination of the researched sample has also been determined, i. e. the UPGMC (Centroid) method which matched best the original distance matrix ($r_c = 0.43$). By the said method 16 clusters have been determined which were divided into four groups (cf.

tab. 14; fig. 3). The first (clusters I., II., III., V., VIII., XV. and XVI.) and the third (cluster IV.) tree groups (clusters) belong to the populations of Posavina and differ highly from all other trees and tree groups. It is, therefore, supposed that these trees separated from the rest of trees for the reason that conditions for survival in Posavina are much more difficult than those in Podravina. Within two other tree groups (the second group – clusters VI., IX., XI. and XIV.; the fourth group – clusters VII., X. and XIII.) on the first sight there is no logical assembling, although in the fourth group it is noted that the trees of more thermophyl Posavina populations are grouped with trees of Podravina populations, so it can be assumed that similar genotypes are involved which have been adapted to a somewhat dryer stand conditions than the first two groups. The descriptive and nonparametric analyses showed conformity with the multivariate analysis (cf. tab. 2-15), and they were used precisely for the control of this analysis. It is interesting to mention that the results obtained indicate the existence of the common oak asymmetry (negative or right asymmetry, $L < D$) which can be considered as a general rule, while the presence of the left or positive asymmetry ($L > D$) and of symmetrical leaves ($L = D$) suggest the presence of introgression.

By the descriptive analysis of the complete leaf sample of the Croatian common oak populations (7161 leaves) the basic statistic parameters of an average common oak tree have been determined with general characteristics of the researched leaf properties. So far, it has been determined (cf. tab. 15) that the average Croatian common oak tree has the leaf of medium size with leaf blade length of 87.06 ± 21.65 mm ($\bar{x} \pm s_x$), leaf blade width of 52.30 ± 15.28 mm, leaf stalk (petiole) length 4.77 ± 1.99 mm, the number of lobes on the leaf blade left side 4.71 ± 1.23 and 4.73 ± 1.23 number of lobes on the leaf blade right side.

The researches concerning the common oak variability in the territory of the Republic of Croatia are in the function of getting better knowledge of the genetic differentiation of local populations that is an essential prerequisite for planning (separating) seed stands (areas) as well as for activities on the preservation of the common oak genetic resources.

In the work the multicariety, univariety, descriptive, parametrical and non-parametrical analysis of the common oak (*Quercus robur* L.) leaf sample has been made in an attempt to get a better idea of the common oak individual and population variability in Croatia. The analysis included in total 20 common oak populations originating from various bioclimatic regions (Posavina and Podravina, plus four control populations from Istria, Slovenia and Germany). The analysis showed significant differences between the populations, as well as differences between the trees in a population, the differences between the trees inside a population being bigger than those between the populations. Such results lead to the conclusion that every population has approximately the same number of genotypes and that the only difference occurs in the survival (presence, frequency) that is very likely in close connection with ecological factors (edaphic and climatic). The research of the

IVAN MARTINIĆ

EKONOMSKI I ORGANIZACIJSKI KRITERIJI ZA OBLIKOVANJE ŠUMSKIH RADOVA

ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL CRITERIA IN DESIGNING ON THE FOREST OPERATIONS FORMS

Prispjelo: 2. 8. 1996.

Prihvaćeno: 7. 10. 1996.

U radu se izlaže metodologija izračuna etatnog prihoda i troškova šumskih prometnica za konkretnu šumskogospodarsku cjelinu (odjel, odsjek, gospodarska jedinica...). Osnovice za izračun etatnog prihoda bile su obujam etata, sortimentne tablice za bukvu i jelu u 13 ekološko-gospodarskih tipova listača i 9 ekološko-gospodarskih tipova četinjača te prodajne cijene drvnih sortimenata. Obujam etata izračunat je po Klepčevoj formuli, a broj stabala u pojedinom debljinskom stupnju određen je pomoću teorijske distribucije koja je izvedena iz konkretno ostvarenih distribucija obujma pri sječi oko 20 000 stabala. Parametri funkcije etatnog prihoda na pojedinačnom stablu određeni su regresijskom metodom. Na osnovi etatnog prihoda po jedinici površine izgrađen je sustav pokazatelja za razvrstavanje šumskogospodarskih cjelina u razrede prihodne vrijednosti. Troškovi gradnje i održavanja šumskih prometnica određeni su na osnovi duljine izgrađenih cesta i traktorskih vlaka i njihovih prosječnih cijena gradnje.

Ključne riječi ekonomika, preborne šume, računanje vrijednosti šume, etat, drveni sortimenti, prodaja drva, šumske prometnice, troškovi gradnje i održavanja

Kazalo kratica – Abbreviations

A	ploština – <i>Area</i> ; ha
BM	bruto obujam drva – <i>Gross volume of wood (gross wood mass)</i> ; m ³
C (PC)	jedinična cijena pojedine vrste sortimenta – <i>Sale price of wood assortment</i> ; DEM/m ³ , kn/m ³
Cc	jedinični (prosječni) troškovi gradnje šumskih cesta – <i>Average costs of forest road building per unit</i> ; DEM/km, kn/km
Cv	jedinični (prosječni) troškovi gradnje traktorskih vlaka – <i>Average costs of tractor trail building per unit</i> ; DEM/km, kn/km
D _{1,30}	prsni promjer stabla – <i>DBH</i> ; cm
DS	debljinski stupanj (5 cm) – <i>Diameter class</i>
EP	etatni prihod (općenito) – <i>Felling volume income</i> ; DEM, kn
fe ₁	koeficijent obujma etata – <i>Felling volume coefficient</i>

fE ₂ (fEQ)	koeficijent kakvoće etata – <i>Wood assortment quality coefficient</i>
g (gv)	gustoća prometnica (pri otvaranju šuma) – <i>Density of forest roads</i> ; m/ha
GP	godišnji prihod – <i>Yearly felling income</i> ; DEM, kn
L	duljina izgrađenih šumskih cesta ili vlaka – <i>Length of forest road network (roads & trails)</i> ; km, m
Ip	duljina privlačenja – <i>Hauling (skidding) distance</i> ; km, m
Lvt	ukupna duljina traktorskih vlaka – <i>Total length of tractor trails</i> ; km, m
N	broj jedinica pojedine vrste sortimenta ili broj stabala – <i>Number of wood assortments units or number of trees</i>
ND	neto obujam drva – <i>Net volume of wood (net wood mass)</i> ; m ³
O	obujam drva (ili) obujam pojedine vrste sortimenta – <i>Volume of wood assortment</i> ; m ³
P (PS)	prihod od prodaje drva na pojedinačnom stablu (svi sortimenti) – <i>Realized sale income per tree (total sale prices for all wood assortment on the tree)</i> ; DEM, kn
PB	prihodni broj – <i>Income number</i> ; DEM/ha, kn/ha
Pf	postotak furnira – <i>Veneer logs proportion</i>
po	postotak otpada – <i>Waste proportion</i>
PP	periodični prihod – <i>Periodic felling income</i> ; DEM, kn
PTuc	periodični trošak gradnje i održavanja cesta – <i>Periodic costs of forest road building and maintenance</i> ; DEM, kn
PTuv	periodični trošak gradnje i održavanja vlaka – <i>Periodic costs of tractor trail building and maintenance</i> ; DEM, kn
Pu	ukupni prihod – <i>Total yield (total income)</i> ; DEM, kn
Tgc	trošak gradnje šumskih cesta – <i>Costs of forest road building</i> ; DEM, kn
Tgv	trošak gradnje vlaka – <i>Costs of tractor trail building</i> ; DEM, kn
Toc	trošak održavanja šumskih cesta – <i>Costs of forest road maintenance</i> ; DEM, kn
Tov	trošak održavanja vlaka – <i>Costs of tractor trail maintenance</i> ; DEM, kn
Tuc	ukupni trošak gradnje i održavanja cesta – <i>Total costs of forest road building and maintenance</i> ; DEM, kn
Tuv	ukupni trošak gradnje i održavanja traktorskih vlaka – <i>Total costs of tractor trail building and maintenance</i> ; DEM, kn

UVOD – INTRODUCTION

*Vrijednost šume neprestano raste ne zbog rasta drveća, već zbog rasta znanja.
Forest value constantly rises owing to the growth of knowledge rather than the growth of trees.*

Šuma je obnovljivo prirodno bogatstvo, koje uz razumno gospodarenje i uporabu trajno obavlja svoje višenamjenske uloge.

Šumarstvo je znanost, posao i umijeće gospodarenja i čuvanja šuma za trajnu dobrobit gospodarstva, društva i okoliša. To razumijeva uravnoteženo gospodarenje šumskim resursima radi zadovoljavanja različitih potreba za šumskim proizvodima, ali i sa svim ostalim raznovrsnim šumskim uslugama i proizvodima.

Iz spoznavanja mnogonamjenske uloge šuma nastala je potreba da se drvo-proizvodna funkcija šuma uskladi s uporabom drugih koristi od šuma, poštujući pritom neke posebne zahtjeve i ograničenja:

- manji intenzitet sječe po jedinici ploštine
- optimalnu prostornu koncentraciju sječe

- redovitu sječu sušaca
- primjenu *manje štetne* tehnologije
- racionalno otvaranje šuma prometnicama
- obavljanje radova s malim svestranim radnim grupama
- optimalni šumski red
- pojačanu skrb u zaštiti šuma
- nezanimarivanje interesa korisnika općih koristi od šuma.

Iskorištavanje šume moguće je samo uz poštovanje, dopunjavanje ili tek minimalno narušavanje ostalih uloga šume. Da bi se to osiguralo, mora se u uporabi šume voditi briga o:

- **gospodarskim mjerama**, tj. o vrsti utjecaja na šumu čiji je obujam određen tehnologijom sječe, izrade i transporta drva te gustoćom šumskih prometnica
- **intenzivnosti gospodarenja** koju određuje učestalost zahvaćanja u šumu, što se iskazuje količinom i kakvoćom etata u prostornoj i vremenskoj dimenziji
- **ekonomskim očekivanjima** koji su izraženi odnosom prihoda i troškova
- **utjecaju načina i uvjeta izvođenja šumskih radova** koji su iskazani mogućim posljedicama (štetama) u obavljanju radova u šumi.

S obzirom na neupitnu važnost drvoproduktivne funkcije šume značajne su dvije misli:

Uređenje proizvodne funkcije snažno utječe na stabilnost i razvoj šume.

Proizvodna funkcija ne može biti neutralna s obzirom na šumu.

S gospodarskoga gledišta šumsko je gospodarenje usmjereno isključivo ili gotovo isključivo na proizvodnju samo dvaju proizvoda: (1) izravno, na proizvodnju drvene tvari od koje je najvredniji proizvod drvo izrađeno u drvene sortimente i (2) posredno, na proizvodnju općih koristi šuma. Kako su opće koristi šuma usluga kojoj se vrijednost ne da zapravo mjeriti, ostaje cijena drva kao mjerilo koje određuje, ili je tako bar bilo u prošlosti, proizvodnu vrijednost šuma.

Najuže gledano, šumarstvo je gospodarska djelatnost koja ima za cilj da, uz ograničenja koja potječu iz prirode sredstava za rad, proizvede optimalan asortiman drva. Ekonomski gledano, proizvedeni asortiman treba postići najveću vrijednost. Poznavanje vrijednosti kojima se raspolaže jedna je od polaznih osnova za određivanje gospodarske politike u šumarstvu.

Većina se autora koji su se bavili ekonomikom proizvodnje u šumarstvu i posebno ekonomskim mogućnostima ili gospodarskim potencijalom šuma u svakom slučaju oslanja na obujam i kakvoću proizvodnje drva, odnosno prodajnu vrijednost etata. Neki od njih (npr. Kraljić, Sabadi) kategoriju novčano iskazanoga *prihoda od etata* (dalje *etatnoga prihoda*) drže najvažnijim sintetskim pokazateljem u procjeni vrijednosti šume.

Sabadi u *Ekonomici šumarstva* piše: "Prava vrijednost sastojine mjeri se cijenom drva na tržištu, odnosno postignutim novčanim prinosom od prodaje drva." U šumarstvu se prihod ostvaruje prodajom drvnih sortimenata. Većina je drugih prihoda izvedena iz toga. To ne vrijedi za one prihode koji se ostvaruju iz drugih nešumarskih djelatnosti koje su uključene u proizvodne programe da bi se poboljšao ekonomski položaj poduzeća.

Analizirajući pokazatelje koji najjače utječu na ekonomski potencijal konkretne šumske površine, ali i područja, Kavčič i dr. (1989) navode: *površinu, obujam drva po hektaru, godišnji prirast po hektaru, godišnji etat po hektaru, proizvedeni drveni asortiman, udio četinjača u etatu, duljinu privlačenja i duljinu prijevoza*. Navedene čimbenike koristi kao osnove pri usporedbi gospodarskih mogućnosti među šumskogospodarskim područjima u Sloveniji.

Golubović (1972) pri vrednovanju (bodovanjem) biološko-tehničko-ekonomskih uvjeta privređivanja šumskih područja uzima u obzir ove pokazatelje i kriterije:

- kvalitetnu strukturu sortimenata ekonomskih vrsta
- vrijednost očuvanih šuma
- prosječnu jediničnu vrijednost bruto drva (srednji kvalitetni broj)
- vrijednost tečajnoga godišnjeg prirasta drva
- prosječnu udaljenost privlačenja drva
- prosječnu udaljenost prijevoza drva i
- otvorenost šume prometnicama (gustoću šumskih prometnica).

U istraživanju relativne diferencijalne rente u ekonomskim šumama Gorskoga kotara i s tim u svezi uvjeta privređivanja Golubović (1971) zapaža da je samo obujam drva nedostatan pokazatelj vrijednosti drva. Pri određivanju vrijednosti obujma drva po 1 hektara, a s time i diferencijalne rente plodnosti razvrstava drvenu zalihu po vrstama drveća te pomoću vlastitih *sortimentnih tablica* izračunava obujam pojedine vrste sortimenta i tako dobivene količine množi s njihovim jediničnim prodajnim cijenama. Dijeljenjem tako dobivene ukupne novčane vrijednosti zalihe s bruto obujmom dubećih stabala određuje *srednji kvalitetni broj* po 1 kubnom metru drva koji nije više funkcija obujma, nego kakvoće drva i jedinične cijene sortimenata.

U istraživanjima ekonomskih elemenata u biološkoj reprodukciji drva i iskorištavanju šuma Klasić je (1992) izračunao *prihod proizvoda iskorištavanja šuma* na osnovi planiranog obujma sječivog drva i planskih tržišnih cijena drvnih sortimenata te *cijenu proizvodnje* po jedinicama drvnih sortimenata. Na osnovi toga utvrdio je *financijski rezultat* za pojedine vrste sortimenata u konkretnim sječinama.

U uvjetima kada se zakonskim obvezama zahtijeva gospodarenje šumama tako da se podržavaju i razvijaju sve njihove funkcije, a istodobno tretira šumarstvo kao samofinancirajuću gospodarska djelatnost, sadržaj, oblik i intenzitet šumskih radova ponajprije ovise o prihodima od prodaje drvnih sortimenata.

Ako se kao odlučujući prihod uzmu prihodi koji su ostvareni prodajom drvnih sortimenata, a kao troškovi normirani troškovi stvaranja uvjeta za iskorištavanje šume (izgradnja i održavanje šumskih prometnica) i izravni troškovi obavljenih radova u iskorištavanju šuma, te troškovi obvezne biološke reprodukcije šume ekonomska će očekivanja u ostvarivanju šumarske proizvodnje imati sljedeće moguće rezultate:

1. Prihodi i troškovi su u približnoj ravnoteži.

2. Troškovi su veći od prihoda zbog primjene posebnih mjera koje zahtijevaju ostale funkcije šume. Takav je posljedak čest ako se umjesto potvrđeno racionalnih i jeftinijih rješenja koriste ona *humanija, bezbolnija* i najčešće skuplja.

3. Prihodi su veći od troškova, ali je profit smanjen zbog primjene manje ekonomičnih metoda rada ili posebnih dodatnih radova.

4. Profit je maksimalan. Proizvodnja se izvodi optimalnim tehnologijama po načelu *najveći ekonomski rezultat uz najmanji trošak*, ali uz nužna opća ograničenja gospodarenja šumama.

Sve ovdje navedeno upućuje na osobitu važnost proučavanja prihoda i troškova u šumarskoj proizvodnji.

DEFINICIJA ŠUME – DEFINITION OF FOREST

Definicija šume ovisi o polazištima svakog pojedinca u shvaćanju šume i njezine uloge. Biolog ne doživljava šumu jednako kao gospodarstvenik; znanstvenik različito od zakonodavca.

Za biologa je šuma prirodna pojava, organska cjelina šumskog tla kao staništa biljnih i životinjskih zajednica, kojoj vanjsko obilježje daje drveće.

Za gospodarstvenika je šuma u prvom redu gospodarski objekt, proizvodno sredstvo, uglavnom za dobivanje drva i drugih šumskih proizvoda koji su potrebni za zadovoljenje društvenih potreba. Osim proizvodnih šuma ima zaštitne i mnogobrojne ostale funkcije koje omogućuju razvoj turizma, urbanizma, zdravstva, obrane itd. Te druge koristi gospodarstvenik pokušava također materijalno vrednovati.

Za zakonodavca je šuma društveno bogatstvo, opće dobro koje nudi društvu mnogovrsne koristi, čiju uporabu u prilog ljudske zajednice uređuju ponajprije zakoni o šumama te također zakoni i propisi srodnih područja.

Organizacija FAO definira šumska zemljišta kao zemljišta koja su obrasla biljnim zajednicama u kojima prevladava drveće, na kojima je moguća proizvodnja drva i dobivanje drugih šumskih proizvoda te koje imaju odlučujući utjecaj na klimu i vodni režim i koja pružaju zaklon mnogobrojnim životinjskim vrstama.

Prema Prpiću (1990) "šuma je veoma složen kopneni ekosustav, koji, poput svakoga drugog, ima svojstvo samoobnove i samoregulacije. Ona predstavlja jedinstvo žive i nežive prirode, te ako je po sastavu srodna strukturi prirodne šume koja uspijeva u jednakim klimatskim, pedološkim i reljefnim uvjetima, daje visok gospodarski učinak, te ujedno predstavlja vrijedno ekološko uporište u svojem prostoru i mnogo šire izvan njega".

Winklerova (1995) definicija šume, u kontekstu dostignutog stupnja razvoja gospodarenja šumama glasi: "Šuma je zemljište obraslo šumskim drvećem i drugim biljnim vrstama, koje je u zajedništvu s pripadajućim životinjskim vrstama kao ekosustav sposobno obavljati ekološke, socijalne i proizvodne funkcije."

Šumom se, prema čl. 5 *Zakona o šumama* (NN 54/83, 32/87, 47/89) i prema *Zakonu o izmjenama i dopunama Zakona o šumama* (NN 41/90), smatra zemljište obraslo šumskim drvećem u obliku sastojine na površini većoj od 10 ari. Šumskim zemljištem se smatra zemljište na kojemu se uzgaja šuma ili koje je zbog svojih prirodnih svojstava i uvjeta gospodarenja predviđeno kao najpovoljnije za uzgajanje šuma.

S gledišta važnosti njihove mnogovrsne uporabljivosti, složene obnovljivosti i moguće uništivosti, šume imaju svojstvo izražajne prirodne osjetljivosti. Greške u njihovu korištenju teško se i sporo ispravljaju, a katkad uzrokuju i trajno izgublenu vrijednost.

Stoga su ljudi odavno, shvativši da šume nisu proizvođači samo drvne tvari, već i značajan proizvođač usluga i općih koristi, ograničavali vlasništvo nad šumama, nastojeći ih sačuvati i proširiti. S tim u svezi razvila se i koncepcija održivog razvoja i potrajnoga gospodarenja šumama.

ŠUME KAO DRUŠTVENO BOGATSTVO HRVATSKE – FORESTS AS THE NATIONAL WEALTH OF CROATIA

Šume su prirodno bogatstvo za koje Ustav Republike Hrvatske traži da se zakonom odrede uvjeti pod kojima se smiju koristiti. *Zakon o šumama* zato propisuje zaštitu, uzgajanje, iskorištavanje i uporabu te raspolaganje šumama kao obnovljivim prirodnim dobrom s ciljem da se zadovolje ekološke, socijalne i proizvodne funkcije.

Zbog razlika u stanju šuma i šumskog zemljišta te u načinu i ciljevima gospodarenja razlikuju se šume i šumska zemljišta na kontinentalnom području od šuma i šumskih zemljišta na kršu.

U Hrvatskoj ima 0,51 hektara šume po stanovniku. Time ona pripada europskim zemljama sa znatnom šumskom površinom po stanovniku.

S obzirom na veliku klimatsku, reljefnu, geološku i pedološku raznolikost hrvatske su šume po svom sastavu vrlo raznovrsne. U sredozemnom je području opisano 17, a u kontinentalnom dijelu 51 šumska zajednica. U najpoznatije i najvažnije šume u Hrvatskoj ubrajaju se nizinska slavonska šuma hrasta lužnjaka (*Genisto-Quercetum roboris*), gorska bukova šuma (*Fagetum sylvaticae montanum*), dinarska bukovo-jelova šuma (*Abieti-Fagetum dinaricum*), šuma hrasta medunca i crnoga graba (*Ostryo-Quercetum pubescentis*) i šuma hrasta crnike (*Orno-Quercetum ilicis*).

Zahvaljujući raznolikosti prirodnih uvjeta, šume u nas obiluju različitim vrstama drveća.

U ukupnoj drvnj zalihi hrast sudjeluje s 27 %, bukva kao najzastupljenija vrsta s 35 %, smreka i jela s 13 %, grabovi s 8 %, a ostale su vrste drveća - javor, jasen, lipa, joha, bor i dr. zastupljene u manjim postocima, s tim da u lokalnim razmjerima mogu imati veliko značenje.

Prema ljetopisu JP "Hrvatske šume" p. o. Zagreb za 1993. godinu šumsko zemljište zauzima 2 457 648 ha ili 43,5 % površine Hrvatske. Od toga JP "Hrvatske šume" gospodari s 79,2 %, ostale državne ustanove (nacionalni parkovi, park-šume, posebni rezervati, nastavno-pokusni objekti) s 2,2 %, a privatni vlasnici s 18,6 %. Od 2 457 648 ha ukupnoga šumskog zemljišta 84 % je obraslo drvećem, dok ostalih 16 % otpada na različite skupine neobraslog zemljišta. Drvna zaliha iznosi oko

300 milijuna m³, godišnje priraste 8,8 milijuna m³, a siječe se oko 5,5 milijuna m³. "Hrvatske šume" gospodare s 1 945 998 ha šumskog zemljišta; jednodobne visoke regularne šume prostiru se na 71 %, a preborne šume na 29 % ukupno obrasle površine.

Prema tipu i obrastu 53 % je vrijednih šuma sjemenjača, 31 % su panjače, 11,5 % su različiti degradirani šumski oblici (makija, garizi i šikare), a ostalu površinu čine kulture i plantaže. Krško područje zauzima 42 % šumskog zemljišta.

OSNOVNA OBILJEŽJA PRIVREĐIVANJA U ŠUMARSTVU – THE BASIC CHARACTERISTICS OF FOREST BUSINESS AND PRODUCTION

Šumarstvo je gospodarska djelatnost u kojoj osnovna sredstva koja čine šume i šumsko zemljište svojom vrijednošću višestruko premašuju sredstava za rad i dobitke mjerene prirastom drvene tvari.

Šume su nezamjenjiv potencijal za proizvodnju općih koristi i usluga i to je najvažnija značajka šume u odnosu na bilo koji drugi prirodni resurs. Te usluge nisu roba u klasičnom smislu, pa stoga ni šumarstvo kao cjelina nije robni proizvođač, što je preduvjet definicije svake gospodarske grane.

U šumarstvu je robna proizvodnja samo onaj dio za koji postoji tržišna tražnja i za koju je moguće odrediti cijenu. Ako bi se pokušalo izravno utvrditi, za određeni trenutak, vrijednost potencijala općih koristi šuma, čak i pri najpomnijim mjerenjima prijeti opasnost da se u mnoštvu tih koristi pokoja izostavi. Pa ako bi se čak uspjelo sve izmjeriti i izraziti u novčanim iznosima, *zar bi bilo moguće izmjeriti patnje i traume suvremena čovjeka, zatvorenoga u betonskim zdanjima koja liče na silose za ljude, bez mogućnosti rasterećenja koje doživljava u prirodnoj ljepoti šume* kako je to napisao Sabadi (1990) u *Šumarskom listu*.

Većina autora koja se bavila ekonomskim aspektima šumarske djelatnosti suglasna je da šumarstvo, zbog specifično vrijednog čimbenika proizvodnje - šuma i šumskog zemljišta, te zbog proizvodnje općih koristi i usluga šuma, koje na tržištu nemaju specifičnu ponudu, tražnju, pa ni cijenu, ne smije biti tretirane kao ostale gospodarske grane.

Postupa li se prema šumarstvu kao i prema ostalim gospodarskim granama postoji objektivna opasnost da će načelom isplativosti i ekonomičnosti radova nužni zahvati u šumi biti zapostavljeni, što će pridonijeti općem padu vrijednosti šume kao ekosustava, čime se ne ugrožava samo budući prirast drvene tvari.

Ipak, ne treba zaboraviti da je šumarstvo (šumarska djelatnost) jedini proizvođač drvene tvari koja je prijeko potrebna u društvenoj reprodukciji i koja ima objektivno veoma visok višestruki učinak na cjelokupno narodno gospodarstvo. Stoga je cilj šumskog gospodarstva proizvodnja maksimalne drvene tvari i njezina ekonomska iskorištenost u konkretnim ekološkim i biološkim uvjetima. Gospodarenje se vodi po načelu optimizacije razvoja i iskorištavanja šumskih površina (šum-

skih sastojina) uz istodobno uvažavanje svih ostalih njihovih funkcija. Poštujući zakone biocenoze, osigurava se obnova sastojina, potrajnost prihoda te proizvodnja i održivost najviše razine usluga općih koristi od šuma.

Šumarstvo kao djelatnost i šumarska proizvodnja imaju svoje posebnosti po kojima se bitno razlikuju od drugih gospodarskih djelatnosti. Nepoznavanje je tih posebnosti u prošlosti izazvalo mnoge štete ne samo šumarstvu nego i ukupnom narodnom gospodarstvu. Poznavanje je tih posebnosti važno zato:

- da bi se spriječile posljedice koje bi lako nastale zbog nepoznavanja biti šuma, šumske proizvodnje i šumarstva
- da bi se radi ukupne koristi usmjerili i uskladili zathjevi i postupci šumarstva prema drugim djelatnostima.

Specifičnosti šumarskoga gospodarenja posebice se očituju u:

- dugoročnom ciklusu proizvodnje biomase
- višestrukim funkcijama i koristima od šume
- činjenici da se mnoge vrijednosti šume ne mogu izravno vrednovati na tržištu
- dugom razdoblju od početnih radova do postizanja ekonomskih učinaka
- većim potrebama ulaganja u šume od materijalnih mogućnosti šumovlasnika
- nejednakim uvjetima gospodarenja među gospodarskim cjelinama
- proizvodnji na vrlo velikim površinama
- stanišnim i drugim uvjetima koji su, sa stajališta obavljanja radova gotovo nepromjenljivi.

Posebnost šumarske proizvodnje čine ova tri obilježja:

- *mogućnost samoobnove*; to obilježje postoji osim u šumarstvu samo još u poljoprivredi;
- *nepodudarnost biološke i ekonomske reprodukcije*¹; dužina procesa proizvodnje i procesa rada međusobno se ne podudaraju;
- *sezonski karakter proizvodnje*; određeni se radovi moraju obavljati u određenim biološkim rokovima. Ako se ti rokovi ne poštuju i ostali radovi postaju beskorisni.

Financijska sredstva potrebna za gospodarenje šumama i šumskim zemljištima, odnosno za osiguranje jednostavne i proširene biološke reprodukcije šuma, zaštitu šuma te znanstvenoistraživačkih radova i programa u području šumarstva, osiguravaju se prema čl. 68 *Zakona o šumama* i čl. 65a *Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o šumama* (u dijelu IIA: *Društveno-ekonomski odnosi*).

Za šume i šumsko zemljište kao specifično osnovno sredstvo upotrebljavaju se pojmovi financijskih sredstva za jednostavnu biološku reprodukciju i financijskih sredstva za proširenu biološku reprodukciju šuma umjesto pojma amortizacije koji se upotrebljava za uobičajena osnovna sredstva. Pojam amortizacije nikako ne od-

¹ U šumarstvu su zemljište i klima zadani, gotovo nepromjenljivi uvjeti, te je promjena strukture djelatnosti kao u industriji nemoguća. Zbog općih koristi od šuma ne dolazi u obzir ni trajno ni privremeno "ukidanje" djelatnosti. U tim okolnostima samo uz odgovarajuću šumarsku politiku društva, koja će osigurati financiranje općekorisnih funkcija šuma iz drugih prihoda (izvan šumarstva), šumarska djelatnost može biti za šumovlasnika dugoročno gospodarski isplativa.

govara navedenim namjenama jer se šuma ne samo ne troši već s vremenom i pri-rašćuje.

Vrijednost svakoga drugog osnovnog sredstva postupno se smanjuje te troše-njem u procesu proizvodnje prelazi u proizvod (obrotno sredstvo), dok vrijednost šume nakon njezinog podizanja raste i prelazi u vrijednost proizvoda kad se šuma posiječe.

DRVOPROIZVODNA FUNKCIJA ŠUME – THE FUNCTION OF WOOD PRODUCTION

Potencijalno su sve šume mnogonamjenske. Za ljudsku zajednicu (društvo) sve su funkcije šume svakako važne. U svakoj se konkretnoj šumi ostvaruju funkcije za koje je iskazana potreba u određenom vremenu.

U konkretnim primjerima funkcije šume nisu međusobno jednakovrijedne. Načelo neizostavne važnosti i različitih vrijednosti upućuje na potrebu razvrstavanja šuma (šumskih površina) na različite kategorije s obzirom na kombinacije njezi-nih funkcija i njihovu uporabu.

Drvoproduktivna funkcija pripada među proizvodne funkcije šuma. Danas je pro-izvodna funkcija na većini šumskih površina još uvijek najznačajnija funkcija šume.

Drvoproduktivna je funkcija određena sposobnošću i karakteristikama rasta šumskih sastojina te ljudskim sposobnostima i interesima da se određeni šumski proizvodi iznesu na tržište ili da ih pojedinac ili zajednica sami upotrebljavaju.

Uvjeti za djelovanje proizvodne funkcije jesu:

- sposobnost šume za proizvodnju takvih vrsta drveća i stabala iz kojih je mo-guće izraditi drvene sortimente
- čovjekova potreba za drvom
- sposobnost šume da unatoč čovjekovim potrebama za drvom održi svoju re-generativnu, proizvodnu i zaštitnu ulogu
- pristupnost šumi, odnosno otvorenost šumskim cestama
- radna sredstva i znanje za njihovu uporabu.

Proizvodna funkcija šume daje najveće *izravno mjerljive* koristi iako je krug ko-risnika, u usporedbi s ostalim općekorisnim funkcijama šuma, razmjerno malen. Osim toga proizvodna je funkcija šume periodična na konkretnim malim površina-ma, ali trajna na dovoljno velikim površinama! Važno je svojstvo proizvodne funk-cije da je ona po obujmu i kakvoći diskontinuirana: nije moguće svake godine imati jednak obujam, na primjer, glavnog prihoda! Kad se na nekoj šumskoj površini ostvari njezina proizvodna funkcija, ona je "lakša" za posječeno drvo, drukčijega je izgleda (ostaci sječe, štete od mehanizacije, izrovane prometnice), nastavlja se ob-nova šume, ali i njezina degradacija. Ako se pri dobivanju drva brižno radi, degra-dacija se može izbjeći ili se njezina jakost i obujam mogu bitno smanjiti. U suprot-nome ona može ozbiljno narušiti i šumu i okolicu.

Proizvodnoj funkciji šuma lako konkuriraju druge proizvodne funkcije. Na nekim lokalitetima to je ponajprije lovnogospodarska funkcija, koja je s financijske strane ozbiljna alternativa. To dolazi do izražaja tamo gdje iskorištavanje šume i smanjenje biomase ugrožava stabilnost šume.

Prema Koširovu (1994) istraživanju i razvrstavanju šuma prema funkcijama u Sloveniji 82 % šuma ima samo proizvodnu funkciju, dok 18 % šuma ima barem još jednu od općih funkcija šume. Drvoproizvodnoj funkciji najčešća alternativna funkcija je proizvodnja i prehrana divljači (67,8 %), potom ekološke (19,4 %) i kulturne funkcije (11,9 %).

RAČUNANJE VRIJEDNOSTI NEKIH ŠUMSKIH RESURSA – THE VALUE CALCULATION OF SOME FOREST RESOURCES

Sve mjere opće gospodarske politike, posebno šumarske, temelje se na poznavanju vrijednosti šumskoga bogatstva.² Vrijednost šuma računa se u prvom redu da bi se znala vrijednost postojećih izvora, te da bi se moglo što točnije mjeriti *kako i koliko* svjesna i planska djelatnost gospodarenja šumama pridonosi toj vrijednosti.

O problemu izračuna vrijednosti šuma Kraljić (1984) piše: "u šumarstvu vrlo je teško utvrđivati ekonomično i dovoljno točno početne i završne vrijednosti drvene zalihe, a još teže šumskih sastojina.. To nastaje ne samo zbog teorijskih razmimoilaženja nego osobito zbog nedovoljne točnosti i skupoće mjerenja drvene zalihe... Ta drvo nije zlato, ni željezo, ni meso, čak ni pšenica - pa ne može izdržati skupe troškove nužnog točnijeg mjerenja količina i kvaliteta (asortimana) drvene zalihe."

Računanje vrijednosti šuma je, uz inventuru šuma, osnovica za uređivanje šuma, određivanje gospodarske politike u šumarstvu te je osnova mjerenja djelatvornosti u šumskom gospodarstvu.

Navodeći svrhe procjene (ili računanja) vrijednosti šuma i značajke koje valja pritom uzeti u obzir Sabadi (1992) kaže kako "šuma nije homogena, gotovo ni jedna sastojina nije jednaka drugoj, elementi procjene vrijednosti različitih vrsta i iz toga proizlazeća zavisnost tu razliku samo još povećavaju i procjenu čine složeni-
jom." To znači da svaki objekt kao predmet računanja vrijednosti mora biti individualiziran jer nema sastojine koja je po položaju, kakvoći staništa (boniteta), vrsti drveća itd. jednaka ili slična nekoj drugoj sastojini.

Poštujući posebnosti šumskih proizvođača te značajke biološke proizvodnje u šumarstvu, može se reći da procjena vrijednosti šuma nužno treba biti specijalistička i pojedinačna. Zbog toga su preduvjet za ispravno računanje vrijednosti šuma opće prihvaćene metode, iskusno i dobro osposobljeno osoblje.

² Općekorisni potencijal šuma u novije doba zapravo nije ozbiljnije osporavan. Svijest da bi naš planet mogao postati nesnošljiv za život daje šumama posebnu vrijednost. No, koliko se god isticalo značenje općekorisnih funkcija šuma za opstanak čovjeka, te funkcije, zasad, nisu presudne za ekonomski položaj šumarstva. Nisu presudne ni za svakodnevnu kratkoročnu i dugoročnu praksu uređivanja i iskorištavanja šuma iz jednostavnog razloga što se njihova vrijednost ne da tržišno potvrditi.

TROŠKOVI PROIZVODNJE U ŠUMARSTVU – THE COSTS OF PRODUCTION IN FORESTRY

Za poslovni proces u šumarstvu neki su poslovi važniji od drugih. Neki su takvi da bez njih ne može biti proizvodnog procesa. Riječ je o radovima pri dobivanju drvnih sortimenata iz šume. Drugi su radovi takvi da trpe općekorisne funkcije šume ako ih ne obavimo. Za obavljanje jednih i drugih treba osigurati sredstva (novac) u poduzećima šumarske djelatnosti ili/i s pomoću šire zajednice.

Analize su više autora (npr. Winkler 1988) pokazale da pri gospodarenju šumama u zaoštrenim tržišnim uvjetima, s obzirom na propadanje (sušenje, umiranje) šuma, s cijenom drva (drvnih sortimenata) nije moguće pokriti sva ulaganja u šume, potrebna da bi se održale (ne povećale!) proizvodne i druge opće koristi šume.

Iz prodajne cijene drvnih sortimenata mora vlasnik ili korisnik šume pokriti troškove proizvodnje (dobiivanja drva iz šume) te troškove biološke reprodukcije šume. Ti troškovi (obično se uzimaju u obzir neposredni normirani troškovi) iznose oko 40 % od prodajne cijene drvnih sortimenata.

Tablica 1. Udio troškova u prodajnoj cijeni drvnih sortimenata³
Table 1. Costs proportion in the selling price of wood assortments

Vrsta troška <i>Cost type</i>	Postotni udio, % <i>Proportion, %</i>
Sječa, izrada i transport* <i>Felling and timber transportation</i>	28
Biološka reprodukcija šuma <i>Tending and care of forest</i>	10
Gradnja vlaka <i>Building of tractor trails</i>	19
Gradnja cesta <i>Building of forest roads</i>	7
Održavanje cesta i vlaka <i>Maintenance of forest roads and tractor trails</i>	5
Ukupni troškovi – <i>Total costs</i>	69
Ostatak – <i>Remains</i>	31
Zbroj – <i>Total</i>	100

* sječa, izrada, privlačenje, prijevoz i koranje

* felling, wood processing, skidding, transport & limbing

Izvor - Source of data: Martinić (prema – by Kavčič 1989)

³ Podaci u tablici 1 te pri navođenju troškova (A, B, C i D) odnose se na ukupnu prosječnu proizvodnju slovenskoga šumarstva u 1988. godini. Osnovni pokazatelji tadašnje proizvodnje bili su: površina šuma - 352 641 ha; drvena zaliha - 217 m³/ha; godišnji prirast - 4,47 m³/ha; godišnji etat - 4,96 m³/ha; udjel crnogorice u etatu - 62 %; srednja udaljenost privlačenja - 363 m; srednja duljina prijevoza drva - 26 km. Nastojali smo slične podatke iskazati i za hrvatsko šumarstvo. Podaci su o obujmu i strukturi proizvodnje poznati i lako dostupni. Iz prikupljenih financijskih podataka nisu se mogli odrediti pouzdani pokazatelji vrijednosti, odnosno troškova proizvodnje.

Troškovi proizvodnje u šumarstvu omogućavaju iskorištavanje šuma. To znači da se odnose na dobivanje drvnih sortimenata i stvaranje uvjeta za iskorištavanje šuma. To su:

A. **Izravni troškovi dobivanja drvnih sortimenata.** Ti su troškovi potrebni da se iz stojećih stabala dobiju sortimenti pogodni za prodaju. Prodajna se cijena sortimenata najčešće formira za glavno stovarište (istovarno-utovarno mjesto) prodavatelja ili za istovarno mjesto kupca. Zato se izravnim troškovima dobivanja drva smatraju troškovi svih faza iskorištavanja šuma. Prema literaturi (Kavčič i dr. 1989) u slovenskom šumarstvu ti troškovi iznose oko 35 - 70 % od prosječne prodajne cijene drvnih sortimenata.

B. **Izravni troškovi gradnje traktorskih vlaka.** Ti su troškovi nužni za dobivanje drva iz šume. Oni iznose oko 20 % od prosječne prodajne cijene drvnih sortimenata.

C. **Troškovi održavanja šumskih cesta.** Održavanje je cesta neizbježan trošak svakog korisnika šume. Bez tih troškova nije moguće normalno odražavanje ili saniranje cesta. Neodržavanje cesta uzrokovalo bi njihovo propadanje, što bi bila *društvena šteta*. Ceste treba održavati bez obzira da li služe samo gospodarenju šumom ili i širem društvenom interesu. Na veličinu troškova održavanja najviše utječu duljina cesta na konkretnom području (gustoća) i način gradnje. Ti troškovi iznose oko 5 % od prosječne prodajne cijene drvnih sortimenata.

D. **Izravni troškovi gradnje šumskih cesta.** Obujam tih troškova ponajviše ovisi o ekonomskom potencijalu šumskih sastojina područja na koje se odnosi, ali i o gospodarskim sposobnostima vlasnika ili posjednika šume. To je razlog velikih razlika u otvorenosti pojedinih područja šumskim cestama.

Veličine troškova u navedenoj strukturi (A - D) promjenljive su ovisno o obliku vlasništva, vrsti i kakvoći sastojina, terenskim i klimatskim prilikama, stupnju razvijenosti radnih metoda i tehnika, utjecaju tržišta i dr.

Osim tih troškova postoje i **izravni troškovi biološke reprodukcije**. Šume su dobro od općega interesa i značenja s kojim treba gospodariti tako da trajno omogućavaju raznolike koristi i da udovoljavaju raznovrsnim funkcijama. To zahtijeva trajno ulaganje u biološku reprodukciju šume. Budući da opće funkcije šume daju dobiti svim ljudima koji žive i rade u jednom području, svi korisnici trebaju snositi troškove biološke reprodukcije. Izravni troškovi ulaganja u biološku reprodukciju šuma iznose 7 - 33 % od prosječne prodajne cijene drvnih sortimenata.

CIJENA DRVA NA TRŽIŠTU – MARKET WOOD PRICE

U poljoprivredi, šumarstvu, rudarstvu i sl. glavna su sredstva za proizvodnju (zemljište, odnosno površine) prirodno ograničena po količini i kakvoći, pa se tržišne cijene njihovih proizvoda temelje na *najlošijim uvjetima njihove proizvodnje*, nužnima za zadovoljenje društvenih potreba, i to čitave količine potrebne društvu putem tržišta. Uz takve cijene pri boljim objektivnim uvjetima proizvodnje ostvarivat će se i objektivni ekstraprofiti, tj. uz one apsolutne i diferencijalne zemljišne rente.

Prema Winkleru (1995) na cijenu drva utječu:

- potrebe i ukus kupaca
- sadašnja i očekivana ponuda drva
- brojnost kupaca
- sadašnja i očekivana cijena drva i drugoga materijala
- sadašnja i očekivana buduća kupovna moć kupaca
- priroda traženih sortimenata
- sadašnja i buduća kupovna moć valute
- reklamiranje proizvoda.

Isti autor navodi da cijene drvnih sortimenata imaju sezonski karakter koji je posljedica sezonske potražnje pojedinih klasa sortimenata, težih proizvodnih mogućnosti ili pak smanjene ponude.

Cijenu drva na tržištu definiraju troškovi sječe i transporta s najveće udaljenosti, dodavši im i odštetu (apsolutnu rentu) najudaljenijem šumovlasniku. Drvo iz bližih šumskih predjela prodavat će se na tržištu po istoj (visokoj) cijeni, premda je transport drva do tržišta jeftiniji. Razliku transportnih troškova prisvojiti će šumovlasnik kao diferencijalnu rentu položaja; ona je viša što je šuma bliže tržištu i ne ulazi u formiranje cijene drva na tržištu. Šumovlasnik najudaljenijeg radišta prima samo apsolutnu rentu.

Različita razina cijena pojedinih vrsta sortimenata (trupci za furnir, pilanski trupci, celulozno drvo, ogrjevno drvo i sl.) i vrsta drveća (hrast, bukva, jela itd.) stvara se na tržištu prema odnosu ponude i potražnje. Pritom je osnovna uloga određivanja cijena namijenjena onom sortimentu koji je bio po obujmu i vrijednosti najtraženiji tržišni proizvod, pa je i u šumi bio najvažniji sortiment. Zasad ta uloga pripada pilanskim trupcima, a čini se da će tako ostati za dugo vremena. Obujam ponude ostalih sortimenata vezan je uglavnom uz ponudu trupaca, tj. uz obujam etata po vrsti prihoda.

Zbog različite prodajne cijene i visina je rente za pojedine sortimente određena na različitoj razini. Iznos rente u svakom konkretnom slučaju može se izračunati ako se od cijene određenog sortimenta na tržištu odbiju troškovi eksploatacije (sječe i transporta), po simboličkoj formuli: $R = C - E$, u kojoj je (R) renta, (C) je cijena sortimenta na tržištu, a (E) eksploatacijski troškovi s uračunatim profitom.

Eksploatatori šuma (trgovci drvom, industrijalci) ulažu svoj kapital u eksploataciju radi postizanja barem prosječnog profita na uloženi kapital. Eksploator šuma spreman je, ako ga prilike na to prisile, predati šumovlasniku sav dio vrijednosti iznad prosječnoga profita u obliku odštete (rente). Ako je eksploator dovoljno sposoban organizirati eksploataciju bolje od prosječno uobičajene, može postići i ekstraprofit. Mnogi šumovlasnici preuzimaju eksploataciju u svoje ruke (tzv. rad u *vlastitoj režiji*), većinom radi što većeg snižavanja eksploatacijskih troškova čime povisuju svoju rentu, te da slijedom toga upravo njima pripadne i profit. Na taj način oni prisvajaju cjelokupni višak vrijednosti, tj. profit i rentu.⁴

⁴Da bi se moglo pravilno pristupiti ekonomskim razmatranjima u šumarstvu, treba prethodno temeljito poznavati stručne šumarske discipline i tehnološke značajke šumarstva. I dosad su šumarski stručnjaci prilazili studiranju ekonomskih znanosti radi razrađivanja ekonomskih sastavnica šumarstva više nego što su ekonomisti pristupali proučavanju šumarskih znanosti.

Troškovi oko uzgajanja šuma ne ulaze izravno u formiranje cijene drva na tržištu zbog predugačkoga procesa proizvodnje (oko 100 godina pa i više) i zbog toga ni ne utječu na stanje tržišta drvnim sortimentima. Cijena drva na tržištu ostaje i dalje izravno ovisna s jedne strane o količini drva koja je u određenom vremenu posječena, izrađena i ponuđena na tržištu, a s druge strane o veličini potražnje za drvnim sortimentima. Taj je odnos dosad omogućavao eksploataciju i na najudaljenijim radilištima za najvažnije sortimente.

Prema tomu, razlikovanje prodajnih cijena pojedinih sortimenata nije nastalo kao posljedica različitih troškova za njihovu proizvodnju, već je ono nastupilo samo u eksploataciji šuma i na samom tržištu.

Iz gornjih navoda slijedi:

1. *Vrijednosti proizvoda šumskoga gospodarjenja* određuju se prema najnepovoljnijim uvjetima nužnima za šumskogospodarsku proizvodnju, odnosno najnepovoljnijim bonitetima, tj. plodnostima staništa i šumske sastojine.

2. *Vrijednosti proizvoda iskorištavanja šuma* stvaraju se isto tako prema najnepovoljnijim uvjetima nužnima za prijeko potrebno iskorištavanje šuma, a to znači prema najnepovoljnijim položajima šumskih sječina prema tržištu.

Na osnovi navedenoga cijena drva na tržištu (C) računa se deduktivnom metodom po formuli

$$C = \check{S} + E$$

gdje su:

C- prodajna cijena drva (na tržištu)

Š - šumska taksa

E - eksploatacijski troškovi uvećani za prosječnu profitnu stopu.

DEFINICIJA PROBLEMA – PROBLEM DEFINITION

Šumarstvo pripada gospodarskim djelatnostima koje moraju same skrbiti za svoj razvoj i dugoročno se samofinancirati. Takav zahtjev nije moguće uvijek ispuniti (Winkler 1989). Iako šuma ima više funkcija, financijske učinke moguće je, zasad, postići jedino ostvarivanjem drvoproizvodne funkcije. S tim u svezi iznosi sredstava za samofinanciranje ovise o stanju šumskih sastojina, tržišnih cijena drvnih sortimenata i o drugim čimbenicima koji utječu na prihod od proizvodnje drva.

U gospodarstvu šumama, posebice pri donošenju odluka o obujmu i dinamici proizvodnje te vrsti i obliku investicija, od velike je važnosti poznavanje vrijednosti proizvodnje drva – odlučujućeg prihoda u šumarskoj djelatnosti.

Greške općih ekonomista pri razmatranju mikroekonomike šumarstva osnivaju se na njihovu manjkavom poznavanju šumarske problematike, poglavito šumskobiološke produkcije, i to: povijesti šumarstva, njegove tehnologije i sadašnjeg stanja u svijetu i u nas, te znanosti o uzgajanju i uređivanju šuma. Pritom im posebno nedostaje poznavanje odnosa prirode i ljudskog rada u raznim tipovima šuma i šumskoga gospodarjenja te problematike sječnih zrelosti, ali i drugih specifičnosti šumarstva.

Razvrstavanje prebornih šuma na ekološko-gospodarske tipove (Cestar i dr., Šumarski institut Jastrebarsko) te rezultati postignuti tijekom istraživanja radnih metoda pri sječi i izradi u prebornim šumama (Tomanić i dr., Zavod za istraživanja u šumarstvu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu) znače nove, dosad neiskorištene mogućnosti vrednovanja prebornih šuma. Jedna od vrlo bitnih mogućih mjera vrednovanja je gospodarska mogućnost šumskih površina iskazana: (a) vrijednošću periodične proizvodnje drva te (b) vrijednošću izgrađene prometne mreže. Oba je kriterija moguće odrediti prepoznatljivim veličinama: u prvom slučaju to su obujam i kakvoća etaata; u drugome to su gustoća šumskih cesta, te pripadajući troškovi izgradnje i održavanja.

Najniži iznos skupne vrijednosti (a) i (b) po hektaru mora biti jednak prodajnoj vrijednosti drvnih sortimenata koju šuma može dati u jednoj ophodnjici te uvećan za ulaganja u izgradnju i održavanje šumskih prometnica koje otvaraju šumu.

Poznavanje ekonomskog potencijala (prihodne vrijednosti) šuma prijeko je potrebno:

- a) za klasifikaciju šuma (šumskih ekosustava) na prihodne tipove
- b) za oblikovanje šumskih radova prema vrsti, obujmu/intenzitetu i vremenu obavljanja
- c) za investicijsko planiranje šumskoga gospodarstva
- d) za donošenje odluka o dopunskim ili alternativnim gospodarskim rješenjima
- e) za utvrđivanje naknada za korištenje šumskih resursa ili u odštetnim postupcima
- f) za stvaranje šumarske politike prema lokalnim, regionalnim i općim potrebama i interesima
- g) za usporedbu različitih inačica organizacije šumarstva.

SVRHA ISTRAŽIVANJA – RESEARCH AIMS

- istraživanje podloga za dobivanje objektivno konkretnih financijskih rezultata šumarske proizvodnje u prebornim šumama
- utočnjavanje izračuna vrijednosti periodične proizvodnje drva (vrijednosti etatnog prihoda) na tipološkim osnovama
- povezivanje rezultata s troškovima gradnje i održavanja šumske prometne mreže.

KONKRETNI CILJEVI

- konstrukcija diferenciranih sortimetnih tablica
- uporaba teorijske distribucije broja stabala za određivanje debljinske strukture sastojine
- izrada modela za vrednovanje prebornih šuma prema vrijednosti periodične proizvodnje drva (vrijednosti etatnog prihoda) na tipološkim osnovama
- izrada modela za izračun i raspodjelu troškova izgrađene šumske mreže kami- onskih cesta i traktorskih vlaka

- izračun promjena prihodne vrijednosti šumskogospodarske površine (cjeline) zbog troškova gradnje i održavanja šumske prometne mreže
- prijedlog pokazatelja za kategorizaciju šuma prema vrijednosti etatnog prihoda.

PREDMET ISTRAŽIVANJA – ISSUE

VRIJEDNOST PERIODIČNE PROIZVODNJE DRVA – THE VALUE OF THE PERIODIC TIMBER PRODUCTION

Kao osnovu za razvrstavanje šuma po vrijednosti periodične proizvodnje drva namjerava se utvrditi *periodični prihod po jedinici površine* (1 ha) i *jedinici sječivog drva* (m³). To su svakako najpouzdaniji sintetski pokazatelji ekonomskog potencijala šume. Osim što objedinjavaju količinske i kakvoćne pokazatelje drvoproizvodnih mogućnosti šuma, oni imaju i dimenzije *razumljive i prihvatljive uporabe u praksi* jer su iskazani jedinicama mjera koje se često rabe u mnogim djelatnostima šumarske prakse.

TROŠKOVI IZGRAĐENE ŠUMSKE PROMETNE MREŽE – THE COSTS OF THE FOREST ROAD NETWORK

Šumske prometnice su jedan od najvažnijih čimbenika uspješnog vođenja šumskoga gospodarstva. One skraćuju udaljenost izvoza te istodobno omogućavaju lakši i kraći, a usto brži i jeftiniji dolazak u šumu svima koji rade u šumi ili bilo što u šumi ili iz šume unose ili iznose (šumarski radnici, lovci, turisti, skupljači šumskih plodova...). Zbog toga su za skraćivanje udaljenosti od javne ceste do šumskih radišta zainteresirani svi kojima takvo skraćivanje donosi uštede. Za to je osobito zainteresirano šumarstvo.

Izgradnja šumskih cesta i vlaka traži znatna financijska investicijska sredstva, koja će doduše odmah pružiti dvostruke koristi: uštedu troškova transporta i povišenje prihoda šumarstva, ali će zatim kroz duža razdoblja, pa i ophodnjice ostati malo korištena. Osim toga, šumske prometnice treba trajno održavati da bi ostale uporabljive za transport šumskih proizvoda, odnosno obavljanje drugih zadaća u gospodarenju šumama.

S tim u svezi namjeravaju se utvrditi *troškovi izgradnje i održavanja šumskih prometnica*, cesta i traktorskih vlaka, kao *prihodna vrijednost šumskogospodarske cjeline* i kao *troškovno opterećenje proizvodnje u iskorištavanju šume*.

PREBORNE ŠUME KAO PREDMET ISTRAŽIVANJA – SELECTION FORESTS AS THE RESEARCH ISSUE

Preborne su šume prirodno vezane uz rasprostranjenost jele, koja s bukvom i običnom smrekom tvori postojane i visokoproizvodne šume. Preborne šume u Hr-

vatskoj zauzimaju 458 965 ha (34,2 %) obrasle površine i imaju drvenu zalihu od 88 662 908 m³ (35 % ukupne zalihe). Ukupni godišnji tekući prirast u prebornim šumama iznosi 2 037 259 m³ (28 %), što je u odnosu prema drvnoj zalihi 2,3 %. Godišnji je etat 1 334 668 m³ ili 1,5 % od drvne zalihe.

Od 1963. preborne se šume uređuju i njima se gospodari prema normalama *Klepčeva novog sustava* za uređivanje prebornih šuma.

Tablica 2. Šumski fond prebornih šuma prema kategoriji vlasništva
Table 2. Selection forests resources as to ownership

	Površina Area	Struktura drvne zalihe – <i>Growing stock structure</i>				Godišnji tečajni prirast <i>Annual current volume increment</i>		
		Debljinski razredi – <i>Diameter class</i>			Ukupno <i>Total</i>	Po 1 ha <i>Per</i> 1 ha	Ukupno <i>Total</i>	Po 1 ha <i>Per</i> 1 ha
ha	10-30 cm	30-50 cm	> 50 cm					
				000 m ³	m ³	m ³		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	458 896	22 978,1	35 988,8	29 656,6	88 623,5	193	2 037 259	4,4
B	20 185	1 120,4	2 715,1	3 820,6	7 656,1	379	139 965	6,9
C	61 560	4 089,8	1 561,5	272,4	5 923,7	96	148 061	2,4
Ukupno <i>Total</i>	540 641	28 188,3	40 265,4	33 749,6	102 203,3	189	2 325 285	4,3

A - državne šume kojima gospodari JP "Hrvatske šume" - *Public forests managed by "Hrvatske šume"*;
B - ostale šume u državnom vlasništvu - *Other public institutions*
C - šume u privatnom vlasništvu - *Private forests*
Izvor- *Source*: "Šume u Hrvatskoj", str. 148, tabl. 3

U čl. 33 *Pravilnika o uređivanju šuma* tumači se da se raznodobne sastojine obnavljaju prirodnim putem, sječom u skupinama stabilnično u ophodnjicama ne kraćim od 5 ni dužim od 10 godina.

U normalnoj se prebornoj šumi obično siječe desetogodišnji prirast drva. Vrijeme od 10 godina je *ophodnjica* takvih šuma. Istodobno se pri sječi *njeguje prirodni pomladak i mladik*. Poremećaj tijeka *prirodnog pomlađivanja* uzrokuje gubitak stabilnosti ekosustava prebornih šuma.

Suvremeno gospodarenje šumama usko je povezano s razvrstavanjem šuma na tipološkim osnovama.

Prema rezultatima tipoloških istraživanja u uređivanju i gospodarenju šumama u Hrvatskoj se primjenjuju ove jedinice tipološke klasifikacije: područje, zona, tip i podtip.

Cijela je Hrvatska razdijeljena na tri područja:

I. *Dinarsko* (gorsko) područje na kojemu pretežito rastu preborne šume kojima se gospodari stablimičnim do skupinastim načinom.

II. *Panonsko* (brdsko-nizinsko) područje gdje su uglavnom jednodobne šume u kojima se gospodari sastojinskim načinom, tj. oplodnom sječom na većim površinama.

III. *Eumediteransko i submediteransko* područje na kojemu rastu preborne i jednodobne šume.

Na svakom je području ustanovljeno 10 zona. One su u tipološkoj klasifikaciji označene velikim slovima.

Osnovna je jedinica tipološke klasifikacije ekološko-gospodarski tip (dalje EGT).

Pod ekološko-gospodarskim tipom se smatra određena površina šume i šumskoga zemljišta koja ima slične ekološke i gospodarske značajke o kojima ovisi normalan način gospodarenja. Ekološko-gospodarski tip šume i šumskoga zemljišta utvrđuje se na osnovi geološke podloge, šumske zajednice, vrste tla, klime, uzgojnih značajki, proizvodnih mogućnosti i vrijednosti sastojina. Za svaki ekološko-gospodarski tip šume utvrđuje se najpovoljniji sastojinski oblik, ophodnja, promjer sječive zrelosti, normalna proizvodnja i njezina vrijednost.

Brojevi 10, 20... označavaju karakteristične tipove zone, a međubrojevi 11, 12, 21 ostale tipove u zoni. Mala slova abecede (a, b, c) označavaju podtipove izdvojene zbog ekoloških ili proizvodnih karakteristika ili razloga.

Ukupno je u gorskom području Hrvatske izdvojeno 38 ekološko-gospodarskih tipova: 31 ekološko-gospodarski tip u kojima nema ograničenja gospodarenja i 7 podtipova u kojima zbog ekoloških karakteristika postoje ograničenja u gospodarenju.

EGT je nositelj informacije o:

a) **gospodarskim karakteristikama šume**, što uključuje vrste drveća i njihov sastav (omjer smjese), sastojinski oblik s distribucijom stabala po debljinskim stupnjevima promjera, ocjenu kakvoće sastojine

b) **smjernicama gospodarenja**.

c) **normalnim veličinama (normalama) najvažnijih pokazatelja sastojinske strukture**; to su:

- broj stabala po hektaru
- temeljnica po hektaru
- drvena zaliha po hektaru
- postotak prirasta
- tečajni prirast
- promjer sječne zrelosti.

Tablica 3. Pregled najzastupljenijih EGT prebornih šuma s njihovim karakterističnim biljnim zajednicama (Klepac 1986)

Table 3. Review of main types of selection forests with its typical forest communities (Klepac 1986)

Oznaka EGT - EMT sign	Karakteristična šumska zajednica - <i>Typical forest community</i>
I-B-10a	Pretplaninska bukova šuma - <i>Fagetum illyricum subalpinum</i> Ht. (bukva i smreka)
I-B-10b	Pretplaninska bukova šuma - <i>Fagetum illyricum subalpinum</i> Ht. (bukva)
I-B-11	Pretplaninska bukovo-jelova šuma - <i>Fagetum illirycum subalpinum</i> , var. <i>Abies alba</i>
I-C-10a	Bukovo-jelova šuma - <i>Abieti-Fagetum illyricum</i> Ht. (s kamenitošću i stjenovitošću do 25 %)
I-C-10b	Bukovo-jelova šuma - <i>Abieti-Fagetum illyricum</i> Ht. (s kamenitošću i stjenovitošću 26-50 %)
I-C-10c	Velebitska bukovo-jelova šuma - <i>Abieti-Fagetum illirycum</i> , var. <i>Velebiticum</i>
I-C-11	Bukovo-jelova šuma - <i>Abieti-Fagetum illirycum</i> , fac. <i>S. autumnalis</i> , <i>A. optusatum</i> , <i>M. perennis</i>
I-C-12	Bukovo-jelova šuma - <i>Abieti-Fagetum illirycum</i> , fac. <i>Calamagrostis varia i arrundinacea</i>
I-C-40	Jelovo-smrekova šuma s rebračom - <i>Blechno-Abietetum piceetosum</i> Ht.
I-C-50	Jelova šuma s mahovinom - <i>Pleurozio Schreberi-Abietetum</i>
I-C-61	Jelova šuma na dolomitu - <i>Abietum dolomiticum montanum</i> Ht.
I-D-10	Brdska bukova šuma - <i>Fagetum illirycum montanum</i> Ht.
I-D-12	Bukova šuma na dolomitu - <i>Helleboro-Fagetum</i> prov. Pelcer
I-D-20	Bukova šuma na silikatu - <i>Blechno-Fagetum</i> Ht.
I-H-20	Bukova šuma s bekicama - <i>Luzulo-Fagetum</i> Wrab.

U našem radu EGT-ovi su važna osnovica zbog ovih razloga:

1) Definirani tipovi imaju trajan karakter i prihvatljivi su za upotrebu u praksi jer se prema njihovim osnovnim obilježjima mogu razmjerno lako prepoznati na terenu.

2) U sebi odražavaju potencijalne ekološke i proizvodne sposobnosti staništa.

3) Klasifikacijski je sustav poznat u praksi, razumljiv, jednostavan i pristupačan svima koji bi na osnovi njega mogli gospodariti šumama.

U dijelu naših istraživanja u kojemu se bavimo obujmom i kakvoćom etata, a poslije i prihodnom sposobnošću šume, ekološko-gospodarski tipovi su posebno važni jer se određivanje etata i njegova usporedba s normalama provodi na osnovi EGT-ova. Nadalje, utvrđivanje obrasta - jednoga od osnovnih pokazatelja uređajnih razreda, te određivanje korekcijskog faktora (f) u Klepčevoj formuli za izračunavanje etata temelji se na normalnim vrijednostima temeljnice i obujma drva EGT-ova i podtipova.

Prema *Uputstvima za izradu osnova gospodarenja za gospodarsku jedinicu normalna šuma* je definirana kao šuma koja ima normalan broj stabala po vrstama drveća, normalnu strukturu broja stabala, normalnu temeljnicu i normalnu drvenu za-

lihu. Nadalje se kaže kako je samo šuma s ostvarena sva ta četiri uvjeta normalna i kako može imati optimalnu proizvodnju.

Tablica 4. Najvažniji pokazatelji normala za neke EGT-ove (Cestar et al. 1986, Meštrović & Fabijanić 1995)

Table 4. Main indices of normal stand values for some EMT

Oznaka EGT EMT sign	Omjer vrsta drveća Ratio of tree species	Broj stabala Number of trees	Drvna zaliha Growing stock	Sječivi promjer Felling diameter
	Vrsta drveća, % udjel Tree species, % ratio	N/ha	m ³ /ha	cm
1	2	3	4	5
I-B-10a	bukva - <i>beech</i> , 100 %	659	254,4	50
I-B-10b	bukva - <i>beech</i> , 100 %	726	192,1	40
I-B-10c	bukva - <i>beech</i> , 100 %	687	150,7	40
I-B-11	jela - <i>fir</i> , 30 %	361	129,2	50
	bukva - <i>beech</i> , 70 %	538	210,5	50
	Zajedno - Total	899	339,7	50
I-B-30	smreka - <i>spruce</i> , 100 %	731	273,1	50
I-C-10a	jela - <i>fir</i> , 70 %	610	334,5	60
	bukva - <i>beech</i> , 30 %	228	100,2	50
	Zajedno - Total	838	434,7	
I-C-10b	jela - <i>fir</i> , 60 %	429	298,8	70
	bukva - <i>beech</i> , 40 %	306	129,9	50
	Zajedno - Total	735	428,7	
I-C-10c	jela - <i>fir</i> , 60 %	703	255,7	50
	bukva - <i>beech</i> , 40 %	301	125,4	50
	Zajedno - Total	1004	381,1	50
I-C-11	jela - <i>fir</i> , 50 %	507	185,1	50
	bukva - <i>beech</i> , 50 %	295	140,5	50
	Zajedno - Total	802	325,6	50
I-C-50	jela - <i>fir</i> , 80 %	826	293,5	50
	bukva - <i>beech</i> , 20 %	154	71,3	50
	Zajedno - Total	980	364,8	50
I-C-60	jela - <i>fir</i> , 50 %	362	198,2	60
	smreka, 50 %	324	166,5	60
	Zajedno - Total	686	364,7	60
I-C-61	jela - <i>fir</i> , 80 %	587	322,5	60
	bukva - <i>beech</i> , 20 %	157	67,0	50
	Zajedno - Total	744	389,5	
I-D-10	bukva - <i>beech</i> , 100 %	770	336,0	50

1	2	3	4	5
I-D-11	bukva - <i>beech</i> , 100 %	770	305,6	50
I-D-12	bukva - <i>beech</i> , 100 %	770	366,7	50
I-D-31	ob. bor, 50 %	375	133,6	50
	smreka, 30 %	226	87,5	50
	crni bor, 20 %	145	49,9	50
	Zajedno - <i>Total</i>	746	270,9	50
I-D-40	bukva - <i>beech</i> , 100 %	809	222,2	40
I-H-20	bukva - <i>beech</i> , 100 %	770	320,5	50
I-J-21	crni bor, 100 %	774	187,6	50

Normala ovisi o ekološkim uvjetima staništa i obračunava se za svaki EGT i podtip. Pri izradi normala uzeti su u obzir i uvjeti pomlađivanja za pojedine vrste drveća u određenim ekološkim cjelinama.

Sadašnjim važećim *Pravilnikom za uređivanje šuma* propisana je izrada osnova i programa gospodarenja na tipološkoj osnovi. Unutar tipova izlučuju se uređajni razredi prema namjeni, načinu postanka i obrastu. Usporedbom optimalne proizvodnje pojedinoga tipa sa sadašnjim uređajnim razredima dobiva se pregled odstupanja u proizvodnji. Za sva navedena stanja, izdvojena u posebne uređajne razrede, uređivač propisuje način za njihovo najbrže i najsvrsishodnije prevođenje u normalnu šumu.

NAŠA PRETHODNA ISTRAŽIVANJA U PREBORNIM ŠUMAMA – OUR FORMER RESEARCH IN SELECTION FORESTS

Zavod za istraživanja Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Goransko-pri-morsko šumsko gospodarstvo (GPŠG) Delnice proveli su od 1982. do 1987. godine opsežna istraživanja o unapređivanju proizvodnje, posebno sekundarne, u prebornim šumama. Nositelji istraživanja bili su Katedra za organizaciju proizvodnje u šumarstvu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Razvojna služba GPŠG Delnice. Voditelj istraživanja bio je prof. dr. sc. Simeun Tomanić. Terenska mjerenja provedena su u 15 tipoloških jedinica listača i 9 tipoloških jedinica četinjača a obuhvatila su detaljno snimanje različitih metoda sječe i izrade drva. Provedeni studij rada omogućio je dobivanje rezultata o normalnom vremenu i učincima, sortimentnoj strukturi drva srušenih stabala, potrošnji goriva i maziva te o mnogim drugim pitanjima.⁵

⁵ Za ekonomska istraživanja, pa i ona u šumarstvu, značajno je da se mora birati ili odlučivati među brojnim informacijama koje su međusobno različito povezane. Izbor najboljeg rješenja sve je više rezultat zajedničkoga rada i uporabe kvantitativne analize. Što je više informacija, više dolazi do izražaja uporaba kvantitativnih metoda, a smanjuje se značenje intuicije, iskustva i logičke analize.

Daljnja istraživanja u prebornim šumama obavila su se u okviru međuprojektnog zadatka, koji je pod naslovom *Kompleksno istraživanje organizacije rada u proredama sastojina* proveden od 1987. do 1991. godine. Ona su obuhvatila:

- 1) studij rada pri sječi i izradi, privlačenju i prijevozu drva
- 2) utvrđivanje oštećivanja sastojine (dubećih stabala, tla i pomlatka) tijekom obavljanja šumskih radova te
- 3) fizičko opterećenje radnika tijekom rada s ocjenom rada radnika.

Metode i rezultate istraživanja u dvadesetak članaka i studija objavili su Tomanić (1987, 1989), Vondra (1987, 1988, 1989, 1990, 1991), Martinić (1988, 1989, 1990, 1991), Sever (1989), Horvat (1989), Goglia (1989), Risović (1989), Puljak (1989), Zdjelar (1990), Ecimović (1989) i dr.

Detaljan opis sadržaja i plana provedenih istraživanja te sustav dobivenih rezultata nalazi se u Vondrinoj disertaciji (1991).

Za izradu sustava za planiranje sječe i izrade drva u 24 tipološke zajednice posječeno je i izrađeno u sortimente 17 610 stabala; 10 517 stabala listača (59,7 %) i 7093 stabla četinjača (40,3 %). Ukupan obujam izrađenog neto drva bio je 34 423 m³, 16 920 m³ listača i 17 500 m³ četinjača. Neto obujam srednjeg stabla listača bio je 1,66 m³ a četinjača 2,46 m³. Prosječni debljinski stupanj posječenih stabala listača bio je 42,5 cm a četinjača 47,5 cm. Pregled tipoloških zajednica s pripadajućim oznakama prikazan je u tablici 3.

Od ukupnoga broja posječenih stabala listača 88, 8 % bilo je zdravih stabala, 2,4 % sušaca te 8,8 % izvaljenih ili slomljenih stabala. Od ukupnoga broja posječenih stabala četinjača (od čega 95 % jela) 63,6 % bilo je zdravih stabala, 20,1 % sušaca te 16,3 % izvaljenih ili prelomljenih stabala.

Pri terenskom snimanju za svako su posječeno stablo mjereni i bilježeni ovi podaci:

- 1) vrsta drveća
- 2) vrsta sječe
- 3) tipološka jedinica kojoj pripada stablo
- 4) stanje stabla (procijenjeno kao zdravo, suho ili izvaljeno/polomljeno)
- 5) prsni promjer (svrstan u debljinske razrede od 5 cm)
- 6) duljina oborenoga stabla (jednakovrijednica visine)
- 7) granatost iskazana odnosom duljine krošnje i ukupne duljine stabla
- 8) podaci o izrađenim sortimentima.

Za svaki izrađeni sortiment mjereno je srednji promjer bez kore u centimetrima i duljina u decimetrima. Za celulozno drvo i dugačko ogrjevno drvo (višemetarsko drvo) mjereni su promjer i duljina na svakom komadu.

Provedene analize sortimentne strukture pokazale su ovisnost sortimentne strukture i obujma pojedine vrste sortimenta o vrsti drveća i tipu sastojine (pripadnosti određenoj tipološkoj zajednici), debljinskom stupnju u koji pripada prsni promjer stabla te o metodi izrade sortimentata. Radi definiranja zakonitosti između obujma pojedine vrste sortimenta i navedenih utjecajnih čimbenika obavljena je regresijska analiza parova podataka: *prsni promjer stabla (D)*, cm = nezavisna varijabla (*X*) i *obujam sortimenta (O)*, m³ = zavisna varijabla (*Y*). Ovisnost između vari-

jabli najbolje se izrazila funkcijom oblika $Y = a \cdot X^b$. Izjednačenje je obavljano za svaki očekivani sortiment na stablu. Izračunati koeficijenti (a) i (b) uvršteni u gornju jednadžbu su modeli za izračun obujma pojedine vrste sortimenta.

Tako određeni parametri jednadžbe su podloga našim sortimentnim tablicama kojima će se utvrditi *kakvoćna struktura etata*.

U istraživanjima elemenata za planiranje i pripremu proizvodnje (sječe i izrade, privlačenja) Martinić (1991) i Vondra (1991) dokazali su da EGT treba uzeti u obzir i kao jedan od faktora razvrstavanja u diferenciranom sustavu rezultata. Pokazalo se da je EGT sa svim svojim ekološkim i proizvodnim obilježjima te radnim uvjetima koji izlaze iz geološko-litoloških, pedoloških svojstava i pripadajućih reljefnih karakteristika, utjecajni čimbenik u pogledu radnog vremena šumskih radova, strukture radnih učinaka (količine i vrste drvnih sortimenata) te potrošnje energenata (goriva, maziva) u radu.

TIJEK ISTRAŽIVANJA – THE COURSE OF THE RESEARCH

Provedba istraživanja obuhvatila je ove korake:

- definiranje problema i ciljeva
- pretraživanje i izbor podloga, osnova i ishodišta
- definiranje ograničenja i pretpostavki
- izbor primjernih odjela i šumskogospodarske cjeline
- izbor statističkih metoda
- izrada diferenciranih sortimentnih tablica
- izrada prihodnih funkcija
- izbor formule za izračun obujma etata
- određivanje elemenata prilagođene teorijske distribucije
- izrada modela izračuna prihodne vrijednosti
- izbor pokazatelja etatnog prihoda
- spoznavanje odnosa među utjecajnim čimbenicima prihodne vrijednosti
- definiranje prihodnog broja
- klasifikacija šumskogospodarskih jedinica prema prihodnoj vrijednosti.

Istraživanje smo ograničili na najučestalije, prevladavajuće tipove šuma. Oni su bili predmetom naših 10-godišnjih istraživanja, čijim smo se mnogim rezultatima i spoznajama služili u ovom radu.

Sortimentne tablice napravljene su na osnovi izrađenih i izmjerenih sortimenata pri sortimentnoj metodi rada. Iako su tijekom istraživanja Tomanića i dr. sortimenti bili izrađivani i drugim metodama, držali smo da je pri toj tradicionalnoj metodi obavljeno najpouzdanije razvrstavanje sortimenata.

Primarna ishodišta za naše sortimentne tablice bile su Vondrine (1991) funkcije obujma drva pojedine vrste sortimenata na stablu.

Pri izračunu etatnog prihoda pretpostavili smo da su svi sortimenti postigli očekivanu prodajnu cijenu, tj. da nije bilo obezvređivanja tijekom izrade i transporta.

Prodajne cijene drvnih sortimenata su prosječne prodajne cijene koje su "Hrvatske šume" ostvarile u prodaji domaćim i inozemnim kupcima tijekom 1993. godine.

Izvor i temeljište svakog čimbenika važnoga za istraživani problem dodatno smo objasnili u njima pripadajućim poglavljima ovoga rada.

IDEJA ODREĐIVANJA PRIHODNE VRIJEDNOSTI SASTOJINE – THE IDEA OF ASSESSING THE FELLING VOLUME INCOME

Etatni prihod konkretne sastojine bit će iskazan novčanim dobitkom od prodaje drvnih sortimenata iz ophodnjice (10 godina). Na osnovi obujma etata, količina i vrsta pojedinih sortimenata, koji će se pomoću detaljnih sortimentnih tablica odrediti na svakom pojedinačnom stablu (predstavljeno prsnim promjerom debljinskog stupnja), te jediničnih cijena sortimenata (iz ostvarene prodaje JP "Hrvatske šume" u 1993. godini) dobit će se parovi podataka za utvrđivanje jačine i oblika međusobne veze. Regresijskim izjednačenjem bit će istraženi oblici funkcije koji najbolje pokazuju ovisnost prsnog promjera kao nezavisne varijable i ostvarene prodajne cijene pripadajućih sortimenata (onih koje je moguće izraditi iz stabla tog promjera). Za najzastupljenije EGT bit će izrađeni matematički modeli za izračun prihodne vrijednosti stabla pojedinoga debljinskog stupnja. Te će veličine biti osnove za izračun očekivanoga godišnjeg prihoda konkretne sastojine.

Naši modeli za izračun etatnog prihoda EP (prihodni modeli) bit će funkcija obujma drva (O), kakvoće drva (Q) i jedinične cijene (C).

$$EP = f(O, Q, C)$$

Preduvjet za što točniji izračun očekivanog etatnog prihoda je poznavanje distribucija prsnih promjera sječivih stabala po debljinskim stupnjevima. Za izračunati obujam etata, iskazan obujmom drva, bit će statističkim metodama izvedena distribucija stabala po debljinskim stupnjevima (*ds*). Te će razdiobe biti prilagođene normalnoj distribuciji izvedenoj iz stvarne distribucije ostvarene u našim prethodnim istraživanjima.

OBUJAM ETATA – THE QUANTITY OF FELLING WOOD VOLUME

Obujam drva ili površina šume koja je uređajnim elaboratom (*gospodarskom osnovom*) predviđena za sječu u jednoj godini, odnosno u jednom razdoblju zove se *godišnjim etatom*. Budući da se u prebornoj šumi etat ostvaruje u ophodnjici (10 godina), takav se etat naziva *periodičnim etatom*.

Mnogi autori (Klepac, Meštović, Fabijanić i dr.) definiraju godišnji etat kao obujam drva koji se u šumi može trajno sjeći svake godine. Etat se može izraziti kubičnom mjerom, površinom, brojem stabala i temeljnicom.

Ako se uzme da je trajanje ophodnjice 10 godina, redovito će se sjeći svake godine desetina (1/10) površine šume na kojoj će se ostvariti prirast cijele gospodarske jedinice.

U našem radu etat je obujam drva u kubnim metrima koji će se, na konkretnoj šumskoj površini (ili gospodarskoj cjelini predstavljenoj odsjekom ili odjelom ili

šumskim predjelom), predvidivo posjeći u idućih 10 godina, tj. za trajanja gospodarske osnove.

Bitna pitanja u svezi s etatom uređena su člancima 27, 28 i 30. *Pravilnika o uređivanju šuma*. Tako se čl. 27 utvrđuju kriteriji za određivanje obujma etata. Pritom se uzima u obzir svekoliko stanje šumskih sastojina. Također se propisuju način i razina izračuna etata.

Klepac (1965) u *Uređivanju šuma* piše: "etat se kao svojevrsan uzorak uzet iz populacije - preborne šume, bez obzira na njezinu specifičnu unutrašnju izgrađenost, stalnu nejednoličnost vanjskog izgleda i promjenljivost strukture, distribuira identično strukturi populacije."

Istražujući oblike debljinskih distribucija doznačenoga i posječenoga obujma drva Križanec je (1993) na osnovi provedenih grafičkih analiza utvrdio da se bez obzira na oblik distribucije doznake po broju stabala (unimodalna, bimodalna ili hiperbolična) doznačeni i posječeni obujam drva u debljinskim stupnjevima - razvrstan po vrstama prihoda ili ukupno - distribuira po zakonitostima normalne razdiobe, tj. po *Gaussovoj distribuciji*. I pri doznaci i pri sječi stabala slučajnog prihoda (19 % od ukupne sječe u primjeru koji navodi Križanec) histogrami su obujma drva bez obzira na oblik poligona frekvencije broja stabala manje-više zvonolikog oblika.

Što je uzorak i udio glavnoga redovitog prihoda veći, oblik je distribucije bliži normalnoj distribuciji i obrnuto. Gotovo za sve poligone glavnoga redovitog prihoda svojstven je osnovni oblik identičan normalnoj razdiobi s kulminacijom između 50 i 60 cm prsnog promjera. Sa smanjenjem uzorka doznake ili povećanjem udjela glavnoga redovitog prihoda u omjeru posječenoga obujma drva moguće su pojave asimetričnosti, šiljatosti ili sploštenosti distribucije. To se svojstvo strukture etata može uspješno primijeniti kao osnova za *simuliranje teorijskih modela doznake* (Križanec 1993). U našem radu to ćemo svojstvo uporabiti za prognozu rasporeda (broja) stabala po debljinskim stupnjevima u etatu u slučajevima kada nije obavljena doznaka.

Etat se određuje na osnovi odnosa stvarno izmjerene i optimalne drvene zalihe, izmjerenoga prirasta, a uzimajući u obzir dosadašnji prosječni etat, usvojene dimenzije zrelosti, stanje regeneracije, zdravstveno stanje i namjenu šuma.

Etat ophodnjice (obično 10 godina u prebornoj šumi) za potrebe ovoga rada računat je po Klepčevoj formuli⁶, s tim da se drvena masa prije sječe M uveća za polovicu 10-godišnjeg prirasta i_M .

$$E = \left(M + \frac{i_M}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{1,0p^I} \right) \cdot f$$

⁶ Često etati izračunati po propisanim formulama značajno odstupaju od etata koji se ostvaruju u šumarskoj praksi. Te se formule (isto vrijedi i za Klepčevu formulu) temelje na optimalnom iskorištavanju drvoproizvodnog potencijala sastojine, dok je obujam doznake u konkretnoj šumi rezultat ukupnosti stanja šume (posebno zdravstvenog stanja šume) i interesa šumovlasnika. Doznaka je odraz tekućih gospodarskih događanja, aktualnih mjera šumarske politike (npr. sječa manja i do 40 % od prirasta zbog akumulacije prirasta) ili drugih interesa.

Prema Klepčevoj formuli obujam etata ophodnjice u konkretnoj šumskogospodarskoj jedinici izravno ovisi o odnosu stvarne M_s i normalne drvene mase M_n izražene faktorom (f).

$$f = \frac{M_s}{M_n}$$

Analogno gornjem slučaju (f) može izražavati odnos konkretno izračunatog etata i normalnog etata koeficijent obujma etata (fE). Pritom (fE) ima vrijednost 1, ako je stvarna drvena zaliha jednaka normalnoj, a izračunat stvarni etat jednak normalnom etatu.

$$fE_1 = 1 \text{ ako } M_s = M_n; E_s = E_n.$$

KAKVOĆA ETATA – THE QUALITY OF FELLING WOOD VOLUME

Cilj je proizvodnje u iskorištavanju šuma iz drva oborenih stabala izraditi primarne šumske proizvode sposobne za uporabu, preradbu ili trgovinu. Sve drvo nema jednak stupanj upotrebljivosti i podobnosti za izradu. Ta je uporabljivost i podobnost ovisna o vrsti šume i vrstama drveća, uzgojnom obliku sastojine i dr. Kakvoća drva na pojedinom stablu ovisi o dijelu stabla iz kojega potječe drveni obujam te o dimenzijama i kakvoći toga dijela i čitavoga stabla.

Najznačajniji šumski proizvodi i najvredniji dio šumske tvari su drveni sortimenti. Sortimenti su utvrđeni tipovi šumskih proizvoda određeni nizom obilježja: *poprečnim profilom, dimenzijama, vrstom drveta, tehnikom izrade, kakvoćom unutrašnje građe, odstupanjima*. Svi izrađeni sortimenti nisu i ne mogu biti jednaki, jer im nabrojena obilježja i namjena nisu jednaki. Detalji pitanja standarda i uzanci izvan su okvira našeg zadatka. Njima se bave područja ekonomike iskorištavanja šuma i trgovine drvom.

U prijašnjim smo poglavljima spomenuli navode o ovisnosti obujma i kakvoće etata o debljinskoj strukturi sastojine. Distribucija stabala koja su izabrana za sječū (dalje u tekstu *sječiva stabla*) izravno uvjetuje vrstu i količinu drvnih sortimenata koje je moguće u sječi izraditi, a potom prodajom ostvariti na tržištu kao prihod.

Od istraživanja novijeg datuma treba uzeti u obzir istraživanja Šumarskog instituta u Jastrebarskome. Na osnovi obavljenih istraživanja utjecaja različite debljinske strukture na kakvoću i vrijednost drva Krznar (1987) zaključuje kako (1) rezultati provedenih istraživanja potvrđuju da razdioba (distribucija) stabala po debljinskim stupnjevima utječe na kvalitetu i vrijednost obujma drva iz sastojine; (2) da se od karakterističnih veličina koje opisuju raspodjelu učestalosti broja stabala kao selektivni pokazatelji vrijednosti sastojina izdvajaju aritmetička sredina i standardna devijacija distribucije.

U *Uređivanju šuma* Klepac (1965) navodi kako se struktura drvene mase prosuđuje prema tome kako je raspoređena po debljinskim stupnjevima ili razredima.

O strukturi drvene mase ovisi oblik sastojine, stabilnost "te mogućnost ispunjavanja gospodarskih ciljeva posebno onih u svezi s osiguranjem potrajnosti prihoda." Isti autor zaključuje kako je i u jednodobnim i u prebornim sastojinama drvena masa raspoređena tako da je postotno najviše zastupana u srednjim debljinskim stupnjevima, a najmanje u najtanjim i u najjačim stupnjevima.

Raspored stabala po debljinskim stupnjevima prsnoga promjera ili kraće *debljinska struktura* sastojine osnova je i ishodište za izračun njezine vrijednosti i prihodovne mogućnosti s obzirom na proizvodnju drva.

U okviru istraživanja *Sustava diferenciranih tehničkih normi za planiranje elemenata sječe i izrade drva u prebornim šumama* (kraće *Sustav*) Vondra je (1991) analizirao izjednačene visine i količine sortimenata u tipološkim zajednicama obuhvaćenima snimanjem. Istraživanja su pokazala da u velikoj mjeri postoji poklapanje rangova; tipološke zajednice koje prednjače visinom stabala imaju i veći obujam drva u stablu istoga debljinskoga stupnja. Vondra upozorava kako samo visina stabla nije dostatan parametar za objašnjenje razlika u količini neto drva stabala istoga debljinskoga stupnja.

U tim su istraživanjima stabla razvrstana prema vitalnosti u *zdrava*, *suha* (sa započetim sušenjem) i *izvaljena* stabla. Nakon rušenja iz svih su stabala izrađivani sortimenti. Istraživanjem ovisnosti obujma, odnosno kakvoće sortimenata o debljinskom stupnju, nisu utvrđene statističke razlike s obzirom na *stanje stabla* (zdravo, suho ili izvaljeno).

OSNOVE ZA ODREĐIVANJE OBUJMA I KAKVOĆE SORTIMENATA U ETATU – THE BASE FOR ASSESSING THE VOLUME AND QUALITY OF THE ASSORTMENTS IN THE FELLING VOLUME

Pri terenskim istraživanjima za potrebe *Sustava* (autori: Tomanić, Vondra, Martinić i Hitrec) posječeno je i izrađeno u drvene sortimente oko 18 000 stabala. Izrađeni su sortimenti razvrstani u vrste (klase) prema kriterijima JUS-a iz 1981. U iskazu rezultata istraživanja svi su izrađeni sortimenti svrstani u 4 skupine:

- 1) svi trupci zajedno (kraće *trupci*)
- 2) tanka oblovina
- 3) celulozno drvo (u četinjača) i
- 4) industrijsko ili ogrjevno drvo (u listača).

Obujam i postotne udjele tako razvrstanih sortimenata prikazuje tablica 5.

Tablica 5 Ostvarena struktura sortimenata pri istraživanjima u prebornim šumama 1982-1987.
 Table 5. Wood assortment structure realized during the research in selection forests 1982 to 1987.

Kakvoćna klasa <i>Quality class (Kind of wood product)</i>	Listaće, N = 10 391 stablo Broadleaved, N = 10 391 tree			Četinjaće, N = 6 971 stablo Conifers, N = 6 971 tree		
	m ³	% od neto % of net wood	% od bruto % of gross wood	m ³	% od neto % of net wood	% od bruto % of gross wood
1	2	3	4	5	6	7
Trupci - <i>Sawlogs</i>	12 217	73,1	60,3	15 939	91,8	78,9
Tanka oblovin <i>Technical roundwood for sawing</i>	790	4,7	3,9	707	4,1	3,5
Celulozno drvo <i>Pulpwood</i>				707	4,1	3,6
Prostorno drvo <i>Fuelwood</i>	3708	22,2	18,3			85,9
Neto drvo <i>Net wood mass</i>	16 715	100,0	82,5	17 353	100,0	
Otpad <i>Waste</i>	3 545		17,5	2 848		14,1
Bruto drvo <i>Gross wood mass</i>	20 260		100,0	20 201		100,0

Izvor - Source of data: Vondra (1991)

Osnovni razlozi sužavanja vrsta sortimenata u konačnim rezultatima bili su: a) nedosljednosti u razvrstavanju (posebno u podvrste) zbog neujednačenih kriterija brojnih snimatelja; b) strogi zahtjevi statističke analize u pogledu veličine uzorka. Takve su posljedice, nažalost, gotovo neizbježne pri opsežnim istraživanjima.

Analize sortimentne strukture i njoj pripadajućih utjecajnih čimbenika u *Sustavu* pokazale su ovisnost obujma pojedine vrste sortimenta o distribuciji stabala, tj.

o debljinskom stupnju u koji pada prsni promjer stabla iz kojega je sortiment izrađen. Time se potvrdila od mnogih autora (npr. Kopf, Samset, Tomanić, Bojanin, Hitrec, Vondra, Martinić) dokazana korelacija između obujma sječivog drva u pojedinom debljinskom razredu i pripadajućeg promjera. Tu spoznaju pojačava spoznaja o čvrstoj vezi između obujma sječivoga drva u pojedinom debljinskom razredu i srednjega prsnog promjera distribucije sječivih stabala, o čemu piše Kavčič (1989). Pritom je *indeks korelacije* izrazito visok; 0,97 za četinjače i 0,95 za listače.

U rezultatima *Sustava* su, osim debljinskog stupnja, još vrsta drveća, tipološka zajednica (EGT) te metoda izrade sortimenata bili *ključevi razvrstavanja*, tj. selektivni čimbenici za koje se odredila funkcijska ovisnost zavisne varijable - obujma sortimenata. Istraživanje oblika veze između obujma pojedine vrste sortimenta na stablu (O) i debljinskog stupnja prsnog promjera (DS) obavljena je nelinearnom regresijskom analizom.

Za svaku selekciju definiranu čimbenicima *vrsta drveća* - EGT - *metoda rada* izračunati su parametri funkcije $O = a \cdot DS^b$. Izjednačenje je obuhvatilo svaki očekivani sortiment na stablu. Izračunati koeficijenti (a) i (b) uvršteni u gornju jednadžbu matematički su modeli za izračun obujma pojedine vrste sortimenta.

Upravo su ti modeli podloga našim sortimentnim tablicama kojima će se utvrditi kakvoćna struktura etata.

Prema tablici 5 iz izmjerenoga 10 391 stabala listača bruto obujma 20 260 m³ izrađeno je 16 715 m³ drva različitih sortimenata. Neizrađena drva (u šumarskoj praksi nazvano *otpad*) bilo je 3 545 m³ ili 17,5 %. Analogno je kod četinjača na 6 971 stablu bruto obujma 20 201 m³ i neto drva svih sortimenata 17 353 m³ iznosilo 14,1 % ili 2 848 m³ otpada.

Vodeći se pretpostavkom da EGT-ovi s većim obujmom neto drva svih očekivanih sortimenata, u najčešćem *ds*, imaju manji obujam (i relativni udio) nekorištenog drva (otpada) na osnovi ostvarene količine neto drva u najčešćem *ds*, koji je bio 52,5 cm, za svaki EGT izračunali smo pripadajući postotak otpada po formuli

$$p_{Ot} = \frac{NM_i}{NM_{sr}} \cdot Ot_{ter}$$

gdje je p_{Ot} postotak otpada,

NM_i – neto drvo očekivanih sortimenata na stablu $ds = 52,5$ cm i-tog EGT-a

NM_{sr} – neto drvo očekivanih sortimenata na stablu $ds = 52,5$ cm, prosječno izračunatoga za sve EGT-ove

Ot_{ter} – relativni iznos postotka otpada iz tablice 6; 17,5 % za listače i 14,1 % za četinjače.

Table 6. Postotak otpada
 Table 6. Proportion of waste

EGT - EMT	Listače - <i>Broadleaved</i>	Četinjače - <i>Conifers</i>
	%	
1	2	3
I-B-10a	18,9	
I-B-10b	16,5	
I-B-11	18,5	17,5
I-C-10a	17,2	13,3
I-C-10b	18,8	13,7
I-C-10c	19,3	14,6
I-C-11	16,5	13,4
I-C-12	17,2	12,7
I-C-40	15,7	12,0
I-C-50		16,9
I-C-61	18,3	14,5
I-D-10	16,6	
I-D-12	17,6	
I-H-20	17,2	

Zbog varijabilnosti podataka o opsegu bruto drva kao posljedice različitih tarifnih nizova u našim prethodnim istraživanjima nismo mogli pouzdano odrediti postotni udio otpada u pojedinom *ds*. Relativni udjeli otpada, prikazani u tablici 6, rabit će se u istoj vrijednosti za sve *ds* jednog EGT-a.

DOPUNA OSNOVNIH SORTIMENTNIH TABLICA – SUPPLEMENT TO THE BASIC ASSORTMENT TABLES

Matematičkim modelima iz *Sustava* izračunava se, među ostalim, i obujam trupaca u neto drvu pojedinačnoga stabla. U tom je obujmu sadržan, u neodređenom omjeru, i obujam pojedinih vrsta trupaca - znači i određeni obujam furnirskih trupaca. Za potrebe izračuna prihoda od proizvodnje drva u konkretnoj sastojini od osobite je važnosti znati obujam furnirskih trupaca. Naime, tržišna cijena furnirskih trupaca je 2,5 puta veća (Golubović 1993) od prosječne cijene pilanskih trupaca, te stoga čini značajan dio očekivanog prihoda.

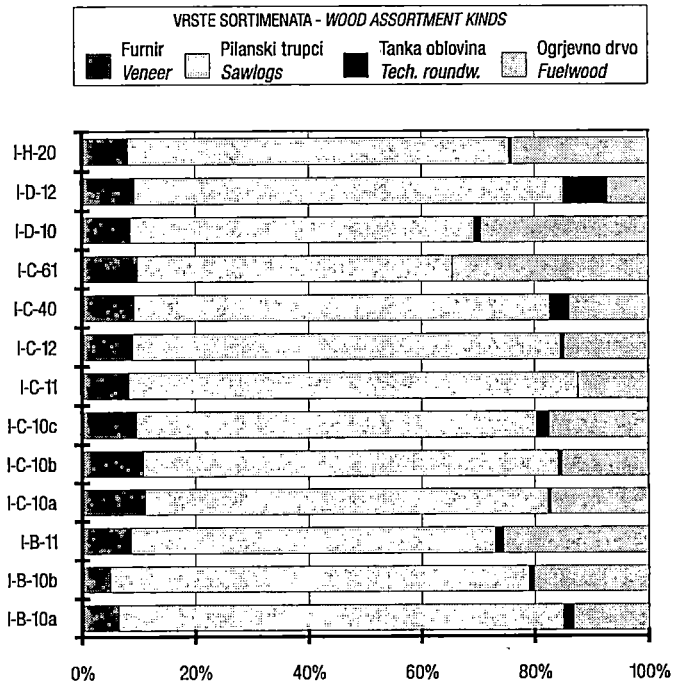
Naš izračun udjela furnira u neto drvu ima podloge u ostvarenoj sortimentnoj strukturi, ili točnije u postotnom udjelu furnirskih trupaca u ostvarenom neto drvu na području Uprave šuma Delnice za 1993. godinu. Taj je udio, prema podacima objavljenima u *Planu proizvodnje JP "Hrvatske šume" za 1994.* bio 8,8 %. Budući da je upravo na području današnje Uprave šuma Delnice obavljena glavovina terenskih radova u istraživanju sortimentne strukture stabala (za *Sustav*), taj je rezultat bio pouzdanije uporište od drugih.

Sukladno Vondrinim (1991) modelima, koji su osnovica naših poboljšanih sortimentnih tablica, trebalo je odrediti postotni udio furnira za svaki debljinski stupanj listača i četinjača u svakoj tipološkoj zajednici.

Pri izračunu udjela furnira u pojedinoj tipološkoj zajednici pretpostavilo se da je udio furnira u korelaciji s kakvoćom sastojine iskazanom drvnom zalihom u normalama za preborne šume, odnosno da EGT-ovi s višom normalnom zalihom imaju i veći udio furnira. Nakon što je izračunata srednja ponderirana normalna zaliha svih zastupljenih tipoloških zajednica (pri čemu je ponder bio površinski udio pojedine tipološke zajednice u ukupnoj površini proizvodnih šuma Uprave šuma Delnice), udio furnira za pojedinu zajednicu (p_F) izračunat je iz odnosa zalihe pojedine tipološke zajednice (M_i) i srednje normalne zalihe svih zajednica (M_{sr}) po formuli

$$p_F = \frac{M_i}{M_{sr}} \cdot 8,8$$

Pri izračunu udjela furnira u pojedinom debljinskom stupnju uzelo se u obzir da samo određeni debljinski stupnjevi mogu sadržavati furnirske trupce (u jele 37,5 cm i više; u bukve 42,5 cm i više) te se pretpostavilo da postotni udio raste s porastom prsnog promjera (ds) stabla. U skladu s tim udio se furnira u pojedinom de-



Slika 1. Relativni udjeli vrsta sortimenata u neto drvu u listača
 Figure 1. Relative proportion of the assortment kinds in the net broadleaved wood

bljinskom stupnju (p_{Fds}) utvrdio tako da se stavio u odnos neto obujam drva stabla pojedinog ds (kraće *jedinični neto obujam*) (NM_i) i prosječni neto obujam stabala svih ds koji mogu sadržavati furnir (MN_{sr}), te se dobiveni kvocijent pomnožio s postotkom furnira za pojedinu zajednicu (p_F).

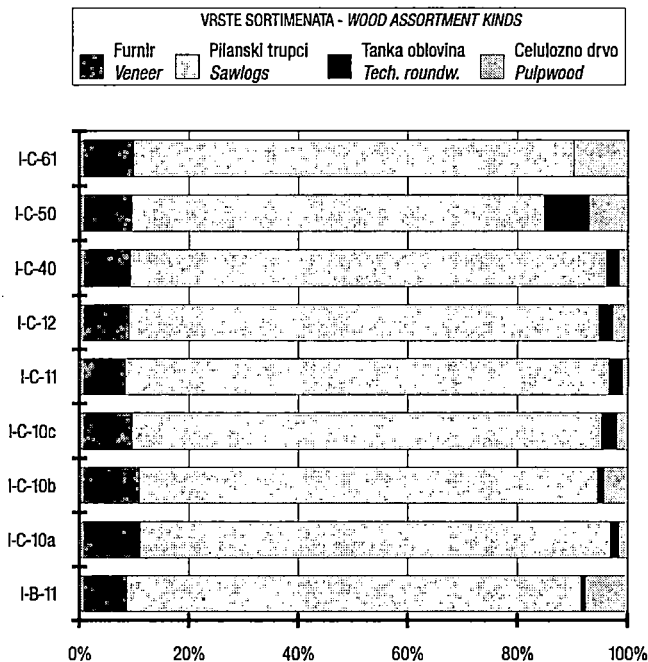
$$p_{Fds} = \frac{NM_i}{NM_{sr}} \cdot p_F$$

Rezultati navedenih dvaju izračuna daju osnove za konačne sortimentne tablice, koje za svaki ds u 14 najčešćih EGT-ova iskazuju relativni udio pojedine vrste sortimenata.

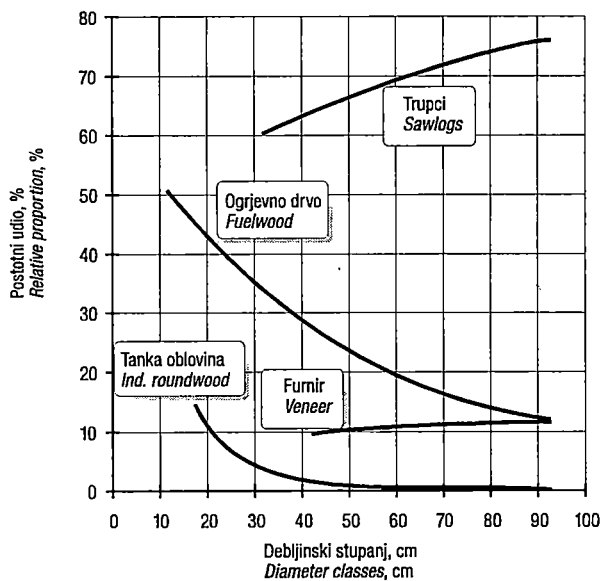
POSTOTNI UDJELI VRSTA SORTIMENATA U NETO DRVU
 (ZA IZABRANE EGT-OVE)

THE PERCENTAGE OF ASSORTMENT KINDS IN THE NET WOOD

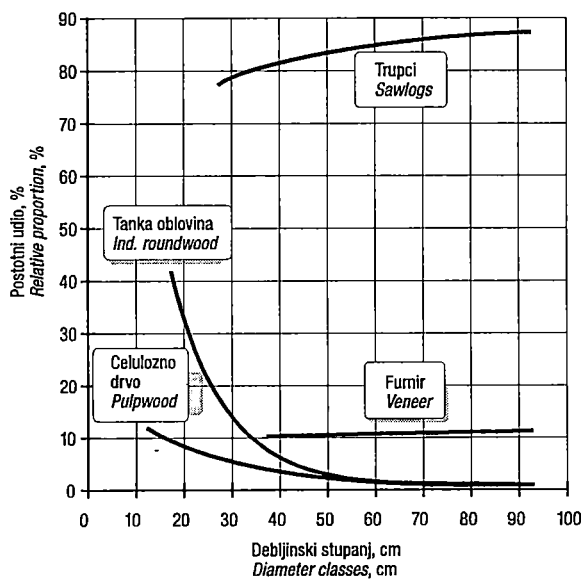
Zakovitost kretanja postotnog udjela najčešćih vrsta sortimenata - trupaca i ogrjevnog drva u listača, odnosno trupaca i celuloznog drva u četinjača - prikazana je za bukovo-jelove zajednice u EGT I-C-10a. I u drugim tipološkim zajednicama ove krivulje imaju slične trendove.



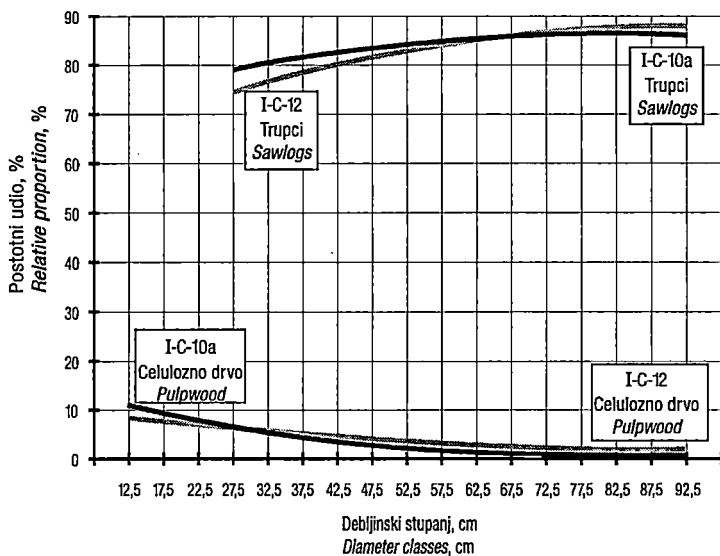
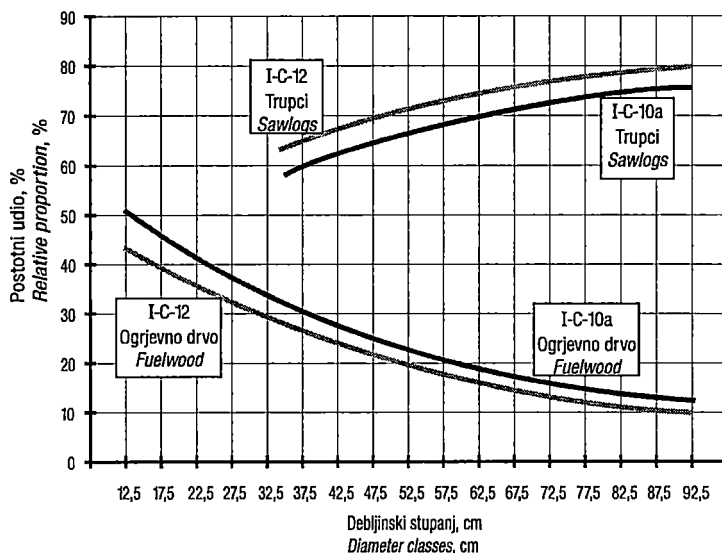
Slika 2. Relativni udjeli vrsta sortimenata u neto drvu u četinjača
 Figure 2. Relative proportion of the assortment kinds in the net coniferous wood



Slika 3. I-C-10a, listače (bukva)
 Figure 3. I-C-10a, broadleaved (beech)



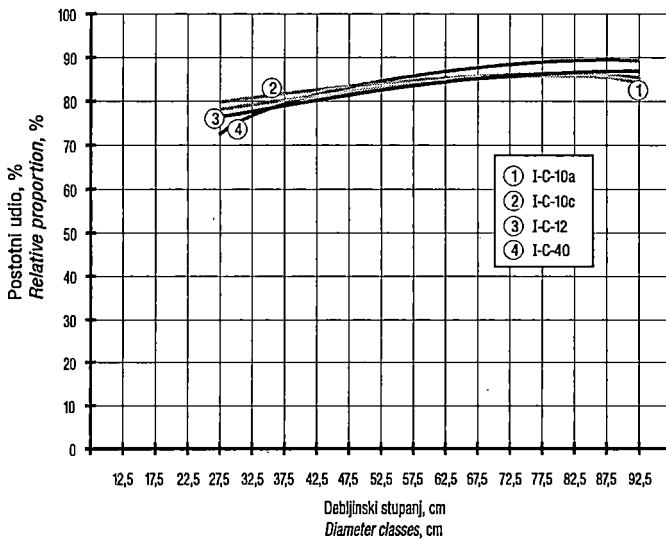
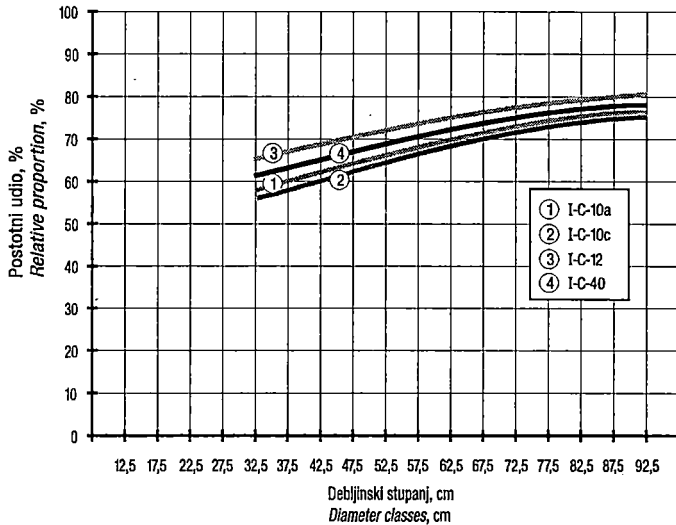
Slika 4. I-C-10a, četinjače (jela)
 Figure 4. I-C-10a, coniferous (fir)



Slika 5 i 6. Zakonitost kretanja postotnog udjela trupaca i ogrjevnog drva u I-C-10a i I-C-12 u listača (gore) i četinjača (dolje)

Figure 5 & 6. The proportions of logs and fuelwood in I-C-10a & I-C-12; in broadleaves (above) and conifers (down)

Zakovitost kretanja postotnog udjela najčešće i najvrednije vrste sortimenata - trupaca (bez furnira) prikazana je za najčešće tipološke zajednice u slikama 7 i 8. Slični trendovi prisutni su i u drugim tipološkim zajednicama.



Slika 7. i 8. Zakovitost kretanja postotnog udjela trupaca u listača (gore) i četinjača (dolje)
Figure 7. & 8. The proportions of logs in broadleaves (above) and conifers (down)

OSTVARENE PRODAJNE CIJENE – REALIZED SELLING PRICES

Osnovne cijene proizvoda iskorištavanja šuma u JP "Hrvatske šume" utvrđene su *Cjenikom glavnih šumskih proizvoda* za paritet *fco* na šumskoj cesti.

U ovome su radu upotrijebljene *ostvarene prosječne cijene* na domaćem i inozemnom tržištu u 1993. godini, objavljene u publikaciji "Hrvatske šume" - *Poslovno izvješće* 1993, str. 43, tablica 3 (kraće *Poslovno izvješće HŠ '93*).

Prosječne cijene za pojedine vrste sortimenata, izražene u DEM⁷ po 1 m³, bile su:

	Listače <i>Broadleaves</i>	Četinjače <i>Conifers</i>
Furnir - <i>Veneer</i>	129	248
Trupci - <i>Logs</i>	80	111
Tanka obl. - <i>Technical roundwood</i>	50	102
Ogrjevno drvo - <i>Fuelwood</i>	34	
Celulozno drvo - <i>Pulpwood</i>		59

PRIHOD OD PRODAJE DRVA ETATNI PRIHOD – FELLING VOLUME INCOME

Prihod od prodaje drva na pojedinačnom stablu (PS) jest zbroj umnožaka količine drva pojedine vrste sortimenata i njezine cijene (iz *Cjenika*)

$$PS = \sum O_i \cdot C_i$$

gdje je O_i - obujam drva sortimenta i -te sortimentne vrste, u m³

C_i - jedinična cijena i -te sortimentne vrste iz *Cjenika*, u DEM po 1 m³.

Ukupni etatni prihod šumske proizvodnje sječivog drva - etata (P_u) je zbroj prihoda od prodaje svih sortimenata na svim stablima određenima za sječju (kraće *sječiva stabla*).

$$P_u = \sum N_i \cdot PC_i$$

gdje je:

P_u - ukupni prihod od prodaje svih sortimenata u DEM

N_i - broj jedinica i -te sortimentne vrste, u 1 m³

PC_i - jedinična cijena i -te sortimentne vrste, DEM po 1 m³.

Obje vrste prihoda iskazuju se odvojeno za listače i četinjače.

⁷ Prema Biltenu br. 2-1994 g. Ministarstva financija RH osnovice za preračun su:

1991:1 DEM = 21,116 HRD

1992:1 DEM = 171,0178 HRD

1993:1 DEM = 2162,586 HRD

1994: 1 DEM = 3,7 kn

U nastavku rada financijski će rezultati biti iskazani u DEM i kunama (kn), pri čemu je korišten ekvivalent za preračun 1 DEM = 3,7 kn

PRIHODNE FUNKCIJE - INCOME FUNCTIONS

Osnove za dobivanje prihodnih funkcija s pomoću kojih će se izračunavati očekivani prihod proizvodnje drva u prebornim šumama su sortimentne tablice koje su konstruirane po modelima za procjenu količine sortimenata u *Sustavu* i dopunjene našim izračunom udjela furnira. Naše sortimentne tablice prikazuju postotni udio pojedine vrste sortimenata u svakom debljinskom stupnju od 12,5 do 92,5 cm za najvažnije EGT-ove listača i četinjača.

Pomoću diferenciranih sortimentnih tablica izračunat je za svaki *ds* obujam pojedine vrste sortimenata, a zatim mu je pridružena njegova prosječno ostvarena jedinična prodajna cijena (iz *Poslovnog izvješća HS '93*). Zbrojem umnožaka *obujam cijena* svih očekivanih sortimenata u pojedinom *ds* dobio se ukupni etatni prihod u pripadajućem *ds*.

Za dobivanje funkcijske ovisnosti između ukupne tržišne vrijednosti kao zavisne varijable (*Y*) i pripadajućega *ds* kao nezavisne varijable (*X*) provedena je nelinearna regresijska analiza. Parovi podataka su izjednačeni eksponencijalnom funkcijom oblika

$$Y = a \cdot X^b$$

Izjednačavanje je provedeno metodom traženja koeficijenta regresije za model oblika $y = A \cdot f(x, B)$ ili $y = A \cdot f(x, B, C)$ po kriteriju minimalizacije kvadrata odstupanja izmjerenih vrijednosti oko linije izjednačenja. Ovu regresijsku metodu detaljno su opisali Hitrec (1973), te Hitrec i Horvat (1987).

Sastavljen je program za osobno računalo pomoću kojega se za proizvoljnu funkciju oblika $f(x, B)$, parametri (*koeficijenti regresije*) *A*, *B* i *C*, koji zadovoljavaju uvjet

$$z(A, B, C) = (y_i - (C + A \cdot f(x_i, B)))^2 \text{ minimum,}$$

moгу po volji točno odrediti (Hitrec 1973, Hitrec i Horvat 1987).

Metoda se zasniva na transformacijama funkcije $z(A, B, C)$ i algoritma koji variranjem parametara *B* i *C* minimizira funkciju *z*. Prednost je takva načina rada prema standardnoj metodi rješavanja Gaussovih jednadžbi u tome što oblik funkcije $f(x, B)$ ne mora biti linearan ni pogodan za "linearizaciju" (Horvat 1994). Rezultati su te metode uvijek bolji, u smislu metode najmanjih kvadrata, od standardnih metoda kada se primijenila linearizacija.

Horvat je (1994) testirao ovu regresijsku metodu na funkciji oblika $y = A \cdot B^x$ i izjednačenjem dobio bolje rezultate u odnosu na standardnu metodu. To se pokazalo na prosječnim zbrojevima kvadrata odstupanja, tj. u smanjivanju odstupanja mjerenih vrijednosti od regresijske krivulje.

Obavljenom regresijskom analizom određeni su, za svaku tipološku zajednicu, parametri gornje funkcije i to posebno za četinjače, posebno za listače. Rezultati regresijske analize prikazani su u tablicama 7 i 8.

Tablica 7. Parametri prihodne funkcije za listače
 Table 7. Income function parameters – broadleaves

EGT – EMT	Koeficijent <i>Coefficient</i> <a>	Koeficijent <i>Coefficient</i> 	Indeks korelacije <i>Correlation index</i> <c>	Stat. značajnost <i>Statistical significance</i>
1	2	3	4	5
I-B-10a	0,00315	2,75	0,99	0,96
I-B-10b	0,00925	2,50	0,99	0,96
I-B-11	0,01716	2,31	0,99	0,93
I-C-10a	0,01206	2,44	0,99	0,93
I-C-10b	0,01410	2,38	0,99	0,93
I-C-10c	0,00821	2,50	0,99	0,93
I-C-11	0,00472	2,69	0,99	0,96
I-C-12	0,01509	2,38	0,99	0,96
I-C-40	0,01023	2,50	0,99	0,96
I-C-61	0,01647	2,31	0,99	0,96
I-D-10	0,01851	2,31	0,99	0,96
I-D-12	0,05258	2,06	0,98	0,91
I-H-20	0,02371	2,25	0,99	0,93

Tablica 8. Parametri prihodne funkcije za četinjače
 Table 8. Income function parameters – conifers

EGT – EMT	Koeficijent <i>Coefficient</i> <a>	Koeficijent <i>Coefficient</i> 	Indeks korelacije <i>Correlation index</i> <c>	Stat. značajnost <i>Statistical significance</i>
1	2	3	4	5
I-B-11	0,06513	2,06	0,99	0,93
I-C-10a	0,04316	2,25	0,99	0,96
I-C-10b	0,03222	2,31	0,99	0,96
I-C-10c	0,03797	2,25	0,99	0,96
I-C-11	0,01998	2,44	0,99	0,96
I-C-12	0,09108	2,06	0,99	0,96
I-C-40	0,04774	2,25	0,99	0,96
I-C-50	0,00341	2,81	0,99	0,99
I-C-61	0,02885	2,31	0,99	0,96

Dobiveni matematički modeli po formuli

$$P = a \cdot DS^b,$$

gdje su:

P - očekivani prihod ostvaren prodajom drva svih sortimenata u ds , u DEM
 DS - prsni promjer pojedinačnoga stabla predstavljen sredinom ds , u cm
 a , b - parametri jednadžbe,

omogućavaju izračun očekivanog prihoda (P) ostvarenoga prodajom drva, koje je razvrstano po ds , vrstama drveća (skupno listača i skupno četinjača) i tipološkim zajednicama. Zbrojem očekivanog prihoda svih vrsta na svim sječivim stablima izračunava se ukupni etatni prihod (P_u). Dijeljenjem P_u mjerom obujma (m^3) ili površine (ha) izračunava se jedinični prihod (P_j).

$$P_{ui} = \sum_{i=1}^k a \cdot DS_i^b \cdot N_i$$

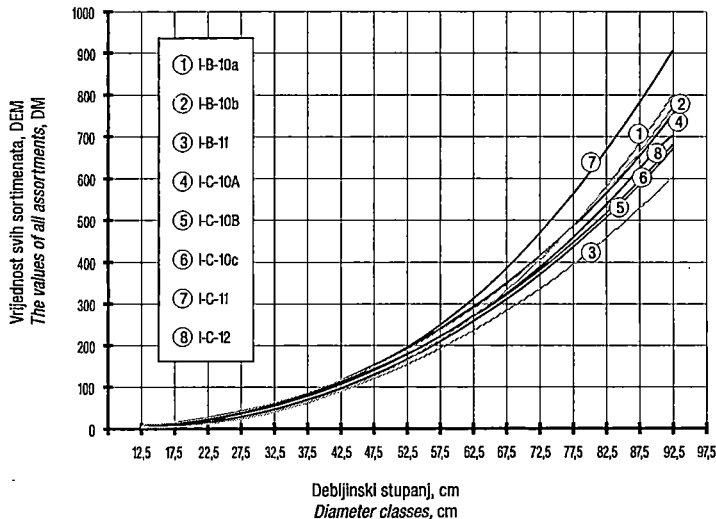
gdje je:

- P_{ui} - očekivani prihod i -tog ds u DEM
- a, b - parametri jednadžbe iz tablice 7 ili 8
- k - broj debljinskih stupnjeva,
- DS_i - ds stabla
- N_i - broj stabala u i -tom ds .

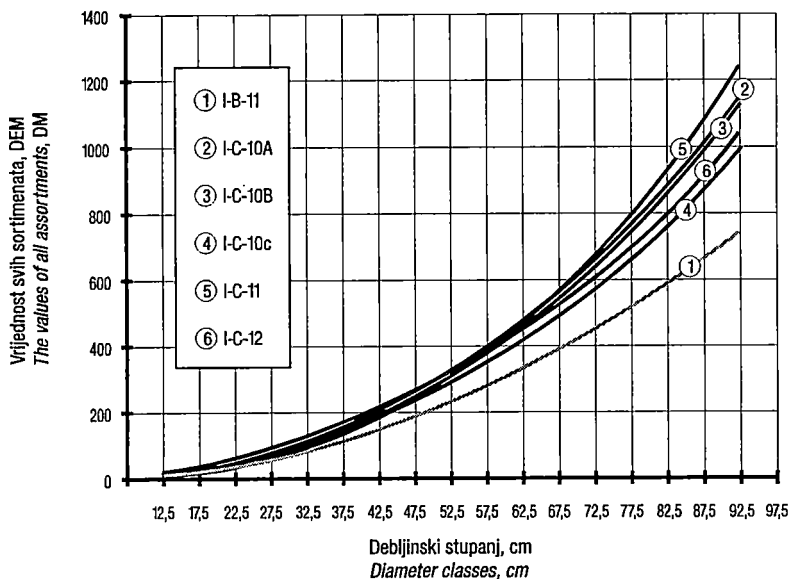
Prihodne funkcije za jediničnu debljinsku distribuciju (svaki ds predstavljen je samo jednim stablom) grafički su prikazane za najčešće EGT-ove listača i četinjača, na slikama 9 i 10.

KOEFICIJENT KAKVOĆE ETATA – COEFFICIENT OF THE FELLING VOLUME QUALITY

Koeficijent kakvoće etata - fE_2 računa se tako da se ukupni etatni prihod P_u podijeli s umnoškom neto obujma sječivih stabala (ND) i jedinične cijene pilanskih



Slika 9. Prihodne funkcije jedinične distribucije za najčešće EGT-ove listača
 Figure 9. Income function of the unit distribution – broadleaves



Slika 10. Prihodne funkcije jedinične distribucije za najčešće EGT-ove četinjača
 Figure 10. Income function of the unit distribution – conifers

trupaca (C_{pt}). Zbog različitih cijena trupaca računa se obvezno odvojeno za listače i za četinjače.

$$fE_2 = \frac{P_u}{ND \cdot C_{pt}}$$

Tim se koeficijentom uspoređuje konkretna prihodna vrijednost etata s vrijednošću koja bi se postigla da strukturu asortimana čine samo trupci. Zahvaljujući njemu prihodni modeli vrijede u slučaju promjene prodajne cijene trupaca, koje su odlučujuće za formiranje cijena ostalih sortimenata. U slučaju promjena cijene trupaca treba po prihodnim modelima izračunati P_u korigirati množenjem s fE_2 .

Skupni koeficijent kakvoće etata je ponderirana sredina fE_2 za listače (fEl_2) i fE_2 za četinjače (fEc_2). Ponder je relativni udio drva listača (pl), odnosno četinjača (pc) u ukupnom obujmu sječivoga drva.

$$fE_2 = 0,pl \cdot fEl_2 + 0,pc \cdot fEc_2$$

Šumskogospodarska bi jedinica imala $fE_2 = 1$ u slučaju da sortimentna struktura sječivog drva u prosjeku doseže kakvoću pilanskih trupaca, odnosno da može na tržištu postići prodajnu cijenu približno jednaku prosječnoj cijeni pilanske oblovine.

PERIODIČNI I GODIŠNJI POKAZATELJI ETATNOG PRIHODA - PERIODIC AND ANNUAL INDICES OF THE FELLING VOLUME INCOME

Uzimajući u obzir periodičnost u dobivanju drva na konkretnoj šumskoj površini, ali i potrebe godišnjeg bilanciranja i karaktera ostalih prihoda i troškova u poslovanju šumarskih poduzeća, odlučili smo se za iskaz periodičnih (10-godišnjih) i godišnjih pokazatelja etatnog prihoda:

- 1) prihod po 1 ha konkretne šumske površine,
- 2) prihod po 1 m³ dobivenoga bruto drva,
- 3) prihod po 1 m³ dobivenoga neto drva.

Godišnji prihod po 1 hektaru (GP_p) računa se tako da se ukupni prihod po 1 hektaru (P_u/A) dijeli s duljinom ophodnjice (obično 10 godina).

$$GP_p = \frac{P_u}{10A}$$

gdje je:

GP_p - godišnji jedinični prihod u DEM/ha

P_u - ukupni prihod od etata u DEM

A- površina u hektarima

10- duljina ophodnjice.

Godišnji prihod po 1 m³ bruto drva (GP_{bm}) računa se tako da se ukupni prihod od očekivanoga ili ostvarenoga bruto drva dijeli duljinom ophodnjice (obično 10 godina).

$$GP_{bm} = \frac{P_u}{10BM_E}$$

gdje je:

GP_{bm} - godišnji jedinični prihod u DEM/m³

P_u - ukupni prihod od etata u DEM

BM_E - bruto drvo etata u m³

10- duljina ophodnjice.

Godišnji prihod po 1 m³ neto drva (GP_{nd}) računa se tako da se ukupni prihod od očekivanog ili ostvarenoga bruto drva dijeli duljinom ophodnjice (obično 10 godina).

$$GP_{nd} = \frac{P_u}{10ND_E}$$

gdje je:

GP_{nd} - godišnji jedinični prihod u DEM/m³

P_u - ukupni prihod od etata u DEM

ND_E - neto obujam svih sortimenata u m³

10- duljina ophodnjice.

IZRAČUNAVANJE ETATNOG PRIHODA (S PRIMJERIMA) – THE CALCULATION OF THE FELLING VOLUME INCOME (ILLUSTRATION)

ODREĐIVANJE DEBLJINSKE STRUKTURE ETATA POMOĆU TEORIJSKE DISTRIBUCIJE

THE ASSESSMENT OF THE FELLING DIAMETER STRUCTURE THROUGH THEORETICAL DISTRIBUTION

Za izračun etatnog prihoda po našim prihodnim modelima treba biti poznat broj sječivih stabala po debljinskim stupnjevima (kraće *debljinska struktura*). Stvarnu je debljinsku strukturu etata moguće utvrditi tek nakon provedene doznake na konkretnoj površini.

Procjena etatnog prihoda moguća je ipak i prije provedene doznake, ako se odgovarajućim matematičkim metodama predviđi *teorijska debljinska struktura* etata konkretne cjeline (odjel ili odsjek).

Za predviđanje teorijske debljinske strukture upotrijebljeni su osnovni podaci o sastojini iz gospodarske osnove.

Od podataka u dijelu *Opis sastojine*:

- površina u hektarima,
- ekološko-gospodarski tip sastojine
- obrast.

Iz dijela *Uređivački podaci*:

- vrste drveća i udio njihova obujma u drvnoj zalihu
- pripadajuće tarife za obračun bruto obujma drva
- drvnu zalihu i obujam drva po 1 hektaru
- postotak prirasta.

Uporabom navedenih podataka određuje se teorijska distribucija stabala po *ds*, koja je tada osnovica izračuna prihodne vrijednosti etata.

Naše dodatne osnovice u određivanju teorijske distribucije stabala po *ds* bile su:

- a) relativne frekvencije obujma ostvarenoga pri sječi stabala za potrebe *Sustava*
- b) zakonitosti razdiobe posječenog drva po *ds*, poznate iz literature (npr. Klepac, Križanec i dr.).

Teorijska distribucija obujma po *ds* dobivena je prilagodbom normalne distribucije konkretnoj distribuciji (iz *Sustava*). U prilagodbi je primijenjena metoda *izračuna teorijskih frekvencija za svaki razred pomoću funkcije vjerojatnosti*⁸ (Pavlič 1965: Statistička teorija i primjena. Normalna razdioba - Prilagođavanje empiričkim podacima, str. 123 - 126).

⁸ Za valjanost primjene takva postupka određivanja teorijske distribucije navodim Pavličev komentar: "Naravno empiričke frekvencije f i teorijske frekvencije $f(i)$ neće se podudarati, osim možda slučajno. Međutim, ako se konkretni podaci ponašaju po zakonu normalne razdiobe, razlike f $f(i)$ neće biti prevelike, točnije imat će slučajni karakter" (Pavlič 1965: 124).

Prema Pavliću

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^2}$$

Na osnovi normalne razdiobe očekivana ili teorijska frekvencija u i-tom razredu je:

$$f(i) = \frac{N \cdot i}{\sigma} \cdot \varphi(u_i)$$

Tablica 9. Relativne frekvencije etata (f_{dm}) listača i četinjača po debljinskim stupnjevima
 Table 9. The relative frequency of the felling volume, broadleaves and conifers per diameter structure

Debljinski stupanj <i>Diameter class</i>	Listače <i>Broadleaves</i>	Četinjače <i>Conifers</i>
	f_{dm}	f_{dm}
12,5	0,26	0,04
17,5	0,47	0,13
22,5	0,89	0,37
27,5	1,61	0,90
32,5	2,81	1,95
37,5	4,52	3,77
42,5	6,66	6,22
47,5	8,87	9,15
52,5	10,88	11,99
57,5	12,13	13,81
62,5	12,31	14,07
67,5	11,31	12,71
72,5	9,58	9,98
77,5	7,34	7,03
82,5	5,11	4,37
87,5	3,31	2,36
92,5	1,94	1,15
	100,00	100,00

Relativne teorijske frekvencije obujma (f/i), dobivene prema gornjoj formuli i prikazane u tablici 9, upotrijebit će se kao osnovica za određivanje broja stabala po ds , u svim EGT-ovima.

Debljinska struktura u konkretnoj sastojini određuje se na ovaj način:

1. Na osnovi podataka konkretne i normalne drvene zalihe te postotka prirasta izračunava se po Klepčevoj formuli *obujam etata* (E), posebno za četinjače, posebno za listače.

2. Množenjem f_{dm} (za pojedini ds) i E dobiva se obujam etata u i-tom ds - E_i .

3. Dijeljenjem $E_{(ds)}$ konkretnom tarifom dobiva se broj stabala u i-tom ds - N_i .

Rezultat je teorijska distribucija broja stabala obujma sječivog etata u konkretnoj sastojini.

**PROVJERA POUZDANOSTI TEORIJSKE DISTRIBUCIJE – CHECKING
 THE RELIABILITY OF THE THEORETICAL DISTRIBUTION**

Tablica 10. Pokazatelji pri usporedbi izračuna prihoda konkretnom i teorijskom distribucijom stabala

Table 10. The indices in the comparison of the income calculation by real and theoretical tree distribution

Odjel <i>Compar- ment</i>	Obujam etata <i>Allowable cut volume m³</i>	Prihod po 1 ha, DEM/ha		Koeficijent kakvoće	
		Konkretna dis- tribucija <i>Real distribution</i>	Teorijska dis- tribucija <i>Theoretical distribution</i>	Konkretna dis- tribucija <i>Real distribution</i>	Teorijska dis- tribucija <i>Theoretical distribution</i>
1	2	3	4	5	6
A	1 007,79 34 m ³ /ha redovna doznaka <i>regular assignment</i>	2 597,9 1	2 545,94 0,98 - 1,32 %	0,95 1	0,94 0,99 - 1,05 %
B	1 091,96 49 m ³ /ha redovna doznaka <i>regular assignment</i>	4 125,34 1	4 136,12 1 002 + 0,26 %	0,98 1	0,98 1 0,00 %
C	180,32 6 m ³ /ha sanitarna doznaka <i>remedy assignment</i>	701,75 1	682,57 0,97 - 2,73 %	1,19 1	1,16 0,97 - 2,52 %

Konkretna debljinska struktura etata dobiva se obavljenom doznakom. U *teorijskoj debljinskoj distribuciji* relativne se frekvencije stabala određuju računski, npr. primjenom prilagođene teorijske distribucije obujma drva.

Da bi se doznalo kolika su odstupanja pri izračunu etatnog prihoda ako se umjesto konkretne upotrijebi teorijska distribucija, obavljena je ova usporedba:

1. Na području Šumarije Delnice izabrana su tri odjela (A, B i C) u kojima je tijekom 1993. obavljena doznaka i za svaki, putem konkretne distribucije stabala po *ds*, izračunati periodični etatni prihod (kolona 3 u tablici 10) i koeficijent kakvoće etata (kolona 5 u tablici 10).

2. Na osnovi obujma etata u A, B i C primjenom postupka iz prethodnog poglavlja određen je broj stabala u *ds* u teorijskoj distribuciji te na osnovi toga za svaki

odjel izračunati periodični prihod od etata (kolona 4 u tablici 10) i koeficijent kakvoće etata (kolona 6 u tablici 10).

Nalaz te usporedbe pokazuje da su razlike do najviše 2,7 %. To znači da se uporabom teorijske distribucije postiže zadovoljavajuća točnost izračuna prihodne vrijednosti etata.

OVISNOST ETATNOG PRIHODA O EGT-U I NJEGOVIM IZABRANIM ELEMENTIMA – FELLING VOLUME INCOME AS DEPENDING ON THE EMT AND ITS CHOSEN ELEMENTS

Veličina prihoda od etata ili vrijednost proizvodnje određena je obujmom etata. On je pak određen normalnošću sastojine, površinom te kakvoćnom strukturom etata. Dodatno nas je zanimalo u kakvom su odnosu osnovni elementi EGT-ova (obujam neto drva, otpad, udio trupaca) i njihovi etatni prihodi, odnosno kakav je njihov raspon među tipovima šuma.

Za svaki EGT uspoređivani su:

- obujam neto drva kao zbroj obujmova sortimenata izračunatih pomoću diferenciranih sortimentnih tablica

- otpad izračunat kao razlika bruto obujma (izračunate pomoću II. tarife za jelu i III. za bukvu) i obujma neto drva

- udio trupaca (kao najčešćeg sortimenta) u neto drvu.

Osnovice pri usporedbi prihoda po *egt* bili su:

a) jedinična distribucija; u svakom 5-centimetarskom *ds* po jedno stablo

b) jednaki bruto obujam drva; to je osigurano obračunom obujma po istim tarifama za sve EGT-ove; primijenjena je II. Šurićeva tarifa za jelu i III. Šurićeva tarifa za bukvu.

O nalazima usporedbe zaključivano je na osnovi rangiranja vrijednosti praćenih elemenata.

1. OBUJAM NETO DRVA I OTPAD

Zbog funkcionalne veze izražene formulom

$$\text{neto drvo} = \text{bruto masa} \cdot (1 - 0, p \text{ otpad})$$

ta dva pokazatelja treba promatrati zajedno. Analizom rangova u kolonama 3 i 5 te 9 i 11 u tablicama 11 i 12 uočila se velika podudarnost rangova. To svakako upućuje na ovisnost etatnog prihoda o obujmu i iskorištenosti bruto drva. Pritom etatni prihod ovisi upravo proporcionalno o obujmu sječivih stabala, a obrnuto proporcionalno o kakvoćnoj iskorištenosti bruto drva.

Tablica 11. Elementi usporedbe u listača
Table 11. Compared elements in broadleaves

EGT EMT	Neto drvo - <i>Net wood</i>		Otpad - <i>Waste</i>		Trupci - <i>Saw logs</i>		Prihod - <i>Felling volume income</i>			
	Obujam, m ³ Volume, m ³	Rang Rank	Udio, % Proportion, %	Rang Rank	Udio u neto dr- vo Proporti- on in net wo- od, %	Rang Rank	Ukupno, DEM Total in DEM	Rang Rank	DEM/m ³ ND DEM/m ³ net wo- od	Rang Rank
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I-B-10a	55,77	11	18,9	12	78,23	2	4377	5	78,48	4
I-B-10b	57,17	3	16,5	3	74,29	5	4411	4	77,16	5
I-B-11	55,80	10	18,5	10	64,59	11	3642	12	65,27	12
I-C-10a	56,69	6	17,2	5	71,60	8	4452	3	78,54	3
I-C-10b	55,45	12	18,8	11	73,63	7	4031	7	72,70	7
I-C-10c	55,25	13	19,3	13	71,17	9	3916	9	70,86	8
I-C-11	57,41	2	16,5	2	78,91	1	5072	1	88,34	1
I-C-12	56,67	7	17,2	7	75,81	4	4314	6	76,13	6
I-C-40	57,71	1	15,7	1	73,68	6	4878	2	84,53	2
I-C-61	56,00	9	18,3	9	56,27	13	3496	13	62,42	13
I-D-10	57,13	4	16,6	4	61,00	12	3929	8	68,77	9
I-D-12	56,23	8	17,6	8	76,33	3	3866	11	68,75	11
I-H-20	56,72	5	17,2	6	67,84	10	3900	10	68,76	10
Raspon Range	1,04 : 1		1,23 : 1		1,4 : 1		1,45 : 1		1,42 : 1	

Tablica 12. Elementi usporedbe u četinjača
Table 12. Compared elements in conifersbroadleaves

EGT EMT	Neto drvo - <i>Net wood</i>		Otpad - <i>Waste</i>		Trupci - <i>Saw logs</i>		Prihod - <i>Felling volume income</i>			
	Obujam, m ³ Volume, m ³	Rang Rank	Udio, % Proportion, %	Rang Rank	Udio u neto dr- vo Proporti- on in net wo- od, %	Rang Rank	Ukupno, DEM Total in DEM	Rang Rank	DEM/m ³ ND DEM/m ³ net wo- od	Rang Rank
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I-B-11	51,76	9	17,5	9	82,86	7	4788	9	92,51	9
I-C-10a	52,90	6	13,3	3	87,83	1	7099	3	134,20	3
I-C-10b	52,79	7	13,7	5	85,38	5	6839	4	129,55	4
I-C-10c	53,60	5	14,6	7	83,21	6	6245	6	116,51	7
I-C-11	54,37	3	13,4	4	87,44	2	7376	2	135,68	2
I-C-12	54,77	2	12,7	2	85,50	4	6696	5	122,27	5
I-C-40	55,22	1	12,0	1	86,24	3	7852	1	142,19	1
I-C-61	52,27	8	16,9	8	74,92	9	6129	7	117,24	6
I-C-61	53,67	4	14,5	6	80,21	8	6123	8	114,10	8
Raspon Range	1,07 : 1		1,46 : 1		1,17 : 1		1,64 : 1		1,54 : 1	

Gledano među EGT-ovima razlike u iskorištenosti drva su naoko znatne (raspon otpada 1,23 : 1 u listača; 1,46: 1 u četinjača). Razlike su u obujmu neto drva značajno manje (1,07 : 1; 1,04 : 1). To znači da su sposobnosti proizvodnje neto drva, tj. drvnih sortimenata, izjednačene ili približno jednake. Povezano s rangovima etatnog prihoda (kolona 9 i 11) vidi se da je raspon vrijednosti prihoda (1,45 : 1; 1,64 : 1) bliži rasponu iskorištenosti nego obujma neto drva.

2. KAKVOĆNA STRUKTURA

Analizom rangova u kolonama 7, 9 i 11 vidi se također visoki stupanj podudarnosti rangova. To je očiti znak da je etatni приход ovisan o udjelu vrste trupaca u neto drvu. Ta je veza upravo proporcionalna.

Većinu slučajeva nepodudarnosti rangova moguće je objasniti "učinkom furnira". Iako je malog udjela u neto drvu, zbog svoje visoke jedinične cijene furnir ima izrazit utjecaj na etatni приход.

Među EGT-ovima je raspon udjela trupaca značajan u listača (1,4 : 1) i manje izražen (1,17 : 1) u četinjača, dok su rasponi etatnih prihoda bliži onima u listača.

Zaključno:

- Proizvodne sposobnosti, izražene obujmom neto drvnih sortimenata, među EGT-ovima približno su jednake,⁹ ali je kakvoćna struktura proizvedenih sortimenata različita
- Etatni приход ovisi upravo proporcionalno o obujmu sječivih stabala, a obrnuto proporcionalno o iskorištenosti bruto drva
- Zbog visoke jedinične cijene i male količine furnira imaju velik utjecaj na etatni приход
- Rasponi etatnog prihoda bliži su приходima koji se postižu pri iskorištenosti bruto drva i udjela trupaca nego onima koji se odnose na obujam neto drva.

PRIJEDLOG KLASIFIKACIJE ŠUMA PREMA ETATNOM PRIHODU (S PRIMJEROM GOSPODARSKE JEDINICE NPŠO BELEVINE) – A SUGGESTION FOR FOREST CLASSIFICATION ACCORDING TO THE FELLING VOLUME INCOME (EXAMPLE: THE MANAGEMENT UNIT OF BELEVINE)

Kao osnovu za razvrstavanje šuma po etatnom prihodu izabran je *periodični приход po jedinici površine* P_{up} . To je svakako najpouzdaniji sintetski pokazatelj ekonomskog potencijala šume. Osim što objedinjava količinske i kakvoćne pokaza-

⁹ Ta je "jednakost" uvjetna, tj. posljedica je u prvom redu uporabe jednake tarife za sve EGT-ove, što je bila nužna pretpostavka usporedbe kakvoće među EGT-ovima. U praksi se za obračun obujma drva koristi po nekoliko tarifnih nizova za pojedinu vrstu drveća u pojedinom EGT-u. EGT-ovi se upravo međusobno razlikuju po visini, obličnom broju, granatosti stabala. Izbor odgovarajućeg tarifnog niza vrlo je suptilna specijalistička zadaća. To se u uređivanju šuma određuje točno propisanim postupcima.

telje drvoproizvodnih mogućnosti šuma, on ima i dimenziju *razumljive i prihvatljive uporabe u praksi*, jer je iskazan po 1 ha jedinicom mjere koja se često rabi u mnogim djelatnostima šumarske prakse.

Zbog lakše usporedbe prihodne vrijednosti među šumama i njihova jednostavnijeg razvrstavanja u prihodne razrede periodični je etatni prihod iskazan i kao prihodni broj (PB) izračunat po formuli

$$PB = \frac{P_{up}}{100}; DEM/ha$$

Osnovice pri određivanju granica prihodnih razreda bile su:

1. vrijednost PB = 60 dobivena za *obrast* = 1 u našim prethodnim primjerima
2. razlika sredina razreda od najmanje 30 %-tnih poena. Takvom se razlikom osigurava dovoljno mali (normalan) broj razreda; 30 %-tna razlika ima statističku značajnost koja se može uzeti u obzir bez testiranja.

Gornja granica G_g , odnosno donja granica prihodnog razreda G_d određuju se iz formule

$$\frac{G_g - G_d}{G_g} = 0,3$$

Otuda

$$G_g = \frac{G_d}{0,7}$$

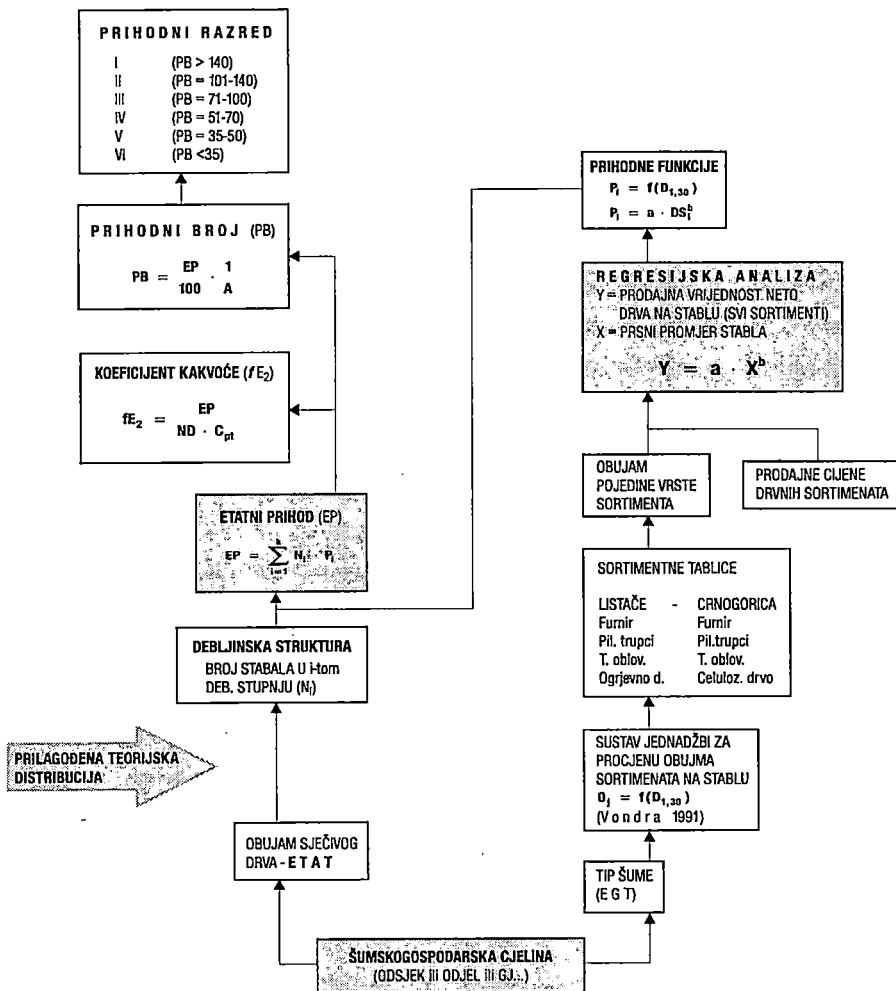
$$G_d = G_g \cdot 0,7$$

Nakon tako izračunatih granica definirali smo šest prihodnih razreda s njihovim rasponom vrijednosti PB.

Tablica 13. Tablica prihodnih razreda za klasifikaciju šuma prema etatnom prihodu
 Table 13. Table of income classes for forests classification according to felling volume income

Oznaka klasifikacijskog razreda <i>Classification sign</i>	Raspon prihodnog broja <i>Income number range</i> (DEM/ha)
I	iznad – over 140
II	101 – 140
III	71 – 100
IV	51 – 70
V	35 – 50
VI	manje – less than 35

KONAČNI MODEL ZA IZRAČUN PRIHODNE VRIJEDNOSTI ETATA – FINAL MODEL FOR CALCULATION THE FELLING VOLUME INCOME



Slika 11. Model za određivanje prihodne vrijednosti etata

Tumač simbola – Abbreviations: A- ploština (Area), ha; C_{pr} - cijena pilanskih trupaca (Price of saw logs), DEM/m³; $D_{1,30}$ - prsni promjer stabla (DBH presented by mean diameter class) predstavljen središnjom deb. razreda - DS, cm; EP- prihod od prodaje drva u 10-godišnjoj ophodnjici (10 years felling volume income), DEM/ha; ND- ukupno neto drvo etata (Total net wood of felling volume), m³N; i- broj stabala i-tog debljinskog stupnja (Number of trees in a particular thickness class); O_j - obujam j-te vrste sortimenta na pojedinačnom stablu (Volume of assortment kinds on a particular tree), m³; P_i - izjednačena ukupna prodajna vrijednost svih sortimenata na pojedinačnom stablu (Equalized total income of all assortments on a particular tree)

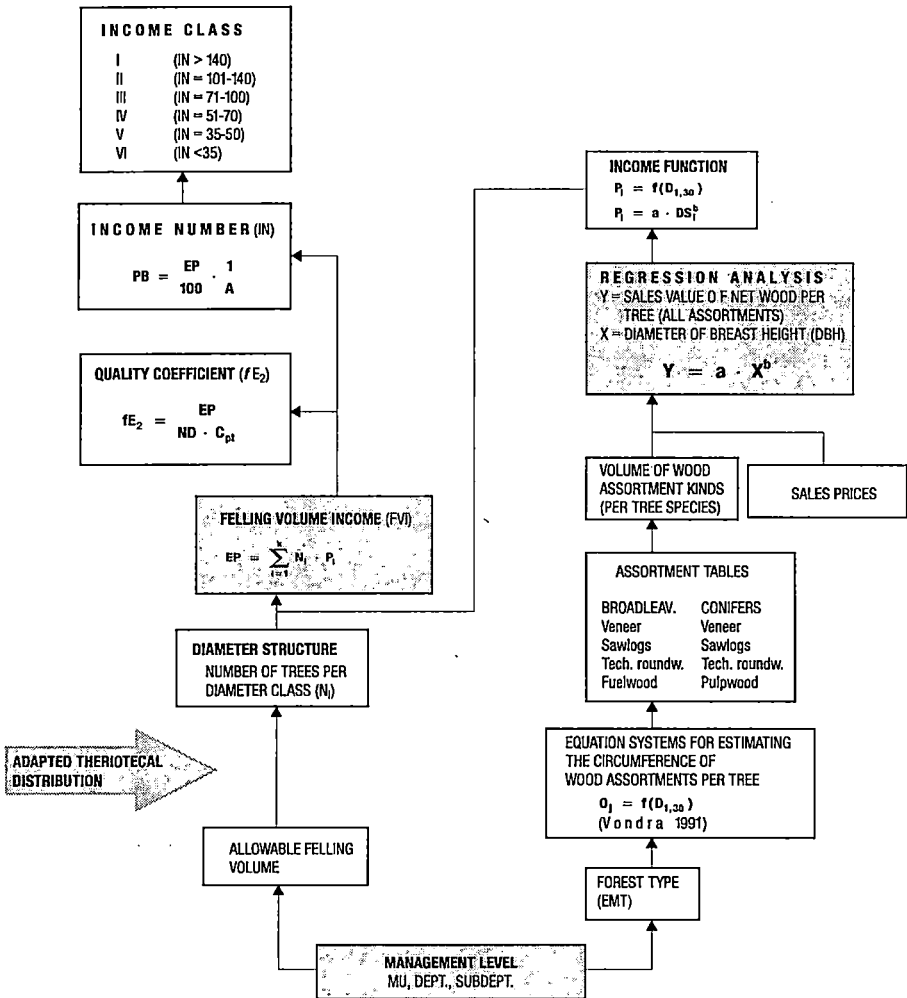


Figure 11. Model for calculation the felling volume income

PRIMJER RAZVRSTAVANJA - GJ BELEVINE – EXAMPLE OF CLASSIFICATION: THE MANAGEMENT UNIT OF BELEVINE

Razvrstavanje sastojina u prihodne razrede bit će pokazano na primjeru gospodarske jedinice Belevine. Ta je GJ u sklopu Nastavno-pokusnoga šumskog objekta (NPŠO) Zalesina dobro poznata većini šumarskih stručnjaka iz njihovih studentskih dana.

Program gospodarenja šumama za gospodarsku jedinicu Belevine sastavila je Katedra za uređivanje šuma Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu za razdoblje od 1. 1. 1990. do 31. 12. 1999. Program gospodarenja sastavljen je u skladu s namjenom šuma te GJ za znanstvena istraživanja i nastavu studenata prema *Pravilniku o načinu izrade šumskogospodarskih osnova područja, osnova gospodarenja gospodarskim jedinicama i programa za gospodarenje šumama* (NN br. 42/85 i 21/86).

Odlukom Izvršnog odbora Skupštine SIZ-a šumarstva Hrvatske od 4. 12. 1990. dana je suglasnost na *Program gospodarenja šumama* gospodarske jedinice NPŠO Belevine za razdoblje od 1. 1. 1990. do 31. 12. 1999.

OPĆI PODACI O GJ NPŠO BELEVINE¹⁰

1. Površina

Ukupna površina GJ od 293,94 ha sastoji se od ovih dijelova:

- obraslo šumsko zemljište 276,17 ha
- obraslo šumsko zemljište posebne namjene 7,03 ha
- neobraslo proizvodno šumsko zemljište 5,88 ha
- neplodno šumsko zemljište 4,86 ha.

Po namjeni šume su ove gospodarske jedinice gospodarske i/ili zaštitne.

2. Drvna zaliha

Ukupna drvna zaliha je:

- četinjače 105 600 m³; 382,4 m³/ha
- listače 20 650 m³; 74,8 m³/ha
- Zajedno: 126 500 m³; 457,1 m³/ha

3. Prirast

10-godišnji prirast je:

- četinjače 14 110 m³; 5,11 m³/ha godišnje
- listače 6 800 m³; 2,46 m³/ha godišnje
- Zajedno: 20 910 m³; 7,57 m³/ha godišnje.

Odjeli 1-17 GJ Belevine površine 258,24 ha pripadaju uređajnom jelovu razredu (*Blechno-Abietetum illyricum piceetosum* Ht.), EGT I-C-40. Odjeli 18a i 18b u šumskom predjelu Dedinski vrh pripadaju uređajnom jelovu-bukovu razredu (*Abieti-Fagetum croaticum* Ht.), EGT I-C-10a.

Osnovom gospodarenja utvrđen je obujam sječivog drva (etat) koji će se posjeći u idućih 10 godina (1990 – 1999). Izračun etata se temelji na "odnosu konkretne izmjerene i optimalne drvene zalihe, dosadašnjeg prosječnog godišnjeg etata, usvoje-

¹⁰ Osnova gospodarenja NPŠO Belevine 1990 - 1999, izrađena na Katedri za uređivanje šuma Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 243 + 50 stranica tablica i grafikona, + 20 stranica priloga, + 8 karti.

ne dimenzije zrelosti (92,5 cm), izmjerenog prirasta, stanja regeneracije, zdravstvenoga stanja i namjena šuma GJ Belevine" (navod iz *Osnove*)¹¹.

Predmet izračuna etatnog prihoda u ovom su poglavlju odjeli 1-17 GJ Belevine, EGT I-C-40 uređajnoga jelova razreda. Izabrani podaci za te odjele prikazani su u tablici 42.

Manja kakvoćna struktura znači manji prihod, a to znači, pri jednakim troškovima proizvodnje, manju dobit.

Tablica 14. Izabrani podaci o odjelima GJ BELEVINE (1-17b)

Table 14. Some data of the departments in the Belevine management unit

Oznaka odjela <i>Department sign</i>	Površina <i>Area</i>	Obrast <i>Vegetation cover</i>	Udio četinjača <i>Share of conifers</i>	Srednji promjer <i>Average DBH</i>	Etat četinjača <i>Felling volume of conifers</i>	Etat listača <i>Felling volume of broadleaves</i>
1	2	3	4	5	6	7
1	18,04	1,26	82	44	2100	350
2	15,58	1,1	81	41	1400	400
3	18,13	0,9	76	43	1000	350
4	9,83	0,94	86	43	700	50
5	20,63	1,3	92	49	2950	50
6	10,55	1,03	90	48	1050	0
7	8,94	0,89	88	43	650	0
8	19,14	1,03	85	39	1750	100
9	11,45	0,95	85	39	950	0
10	19,00	1	82	39	1600	150
11	11,42	1,02	92	32	1000	0
12	7,05	1,11	86	35	800	0
13	23,37	0,95	85	36	1500	200
14	20,21	1,09	87	39	1700	100
15	22,73	0,93	82	38	1550	250
16A	11,11	1,12	93	43	1200	0
16B	1,93					
17A	11,06	1,04	82	37	1100	0
17B	4,34					

Prema postupcima koje smo naveli u prethodnim poglavljima u radu izračunali smo elemente etatne prihodne vrijednosti za svaki odjel GJ Belevine. Oni su zajed-

¹¹Svako povećanje obujma etata znači i veći ukupni prihod. Međutim, rezultat iskazan koeficijentom kakvoće može biti različit, ovisno o tome na koji se dio distribucije (ili na koji debljinski razred) odnosi povećanje. Povećanje u srednjem dijelu, kojim distribucija zadržava normalan oblik, ne bi promijenilo koeficijent kakvoće. Povećanje obujma u lijevom dijelu distribucije (tanja stabla) rezultiralo bi manjom, a povećanje u desnom dijelu distribucije (krupnija stabla) većom kakvoćnom strukturom etata.

no s izabranim usporedbenim pokazateljima (*obujam etata i koeficijent kakvoće etata*) prikazani u tablici 15.

Tablica 15. Utjecajni čimbenici i pokazatelji etatne prihodne vrijednosti u GJ Belevine
Table 15. Impact factors and indices of felling volume income in MU "Belevine"

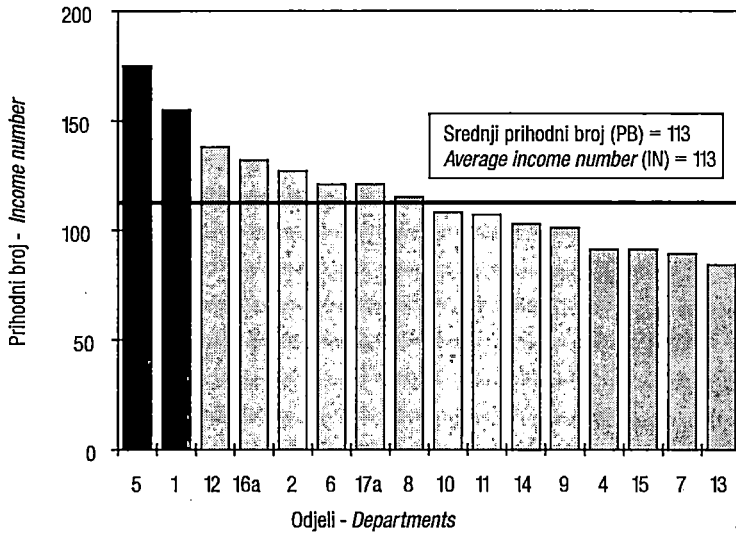
Oznaka odjela <i>Department sign</i>	Obujam etata <i>Felling volume</i>	Koeficijent kakvoće etata <i>Coefficient of felling volume quality</i>	Prihod po 1 ha <i>Income per 1 ha</i> <PPp>	Prihod po 1 ha <i>Income per 1 ha</i> <PPp>	Ukupni prihod <i>Total income</i> <Pu>	Prihodni broj ^a <i>Income number¹</i>	Prihodni broj ^b <i>Income number²</i>	Prihodni razred (prema 7) <i>Income class (ref. 7)</i>
1	m ³ po 1 ha 2	3	DEM 4	kn 5	DEM 6	DEM/ha 7	DEM/ha 8	9
1	135,8	1,18	15 473	57 250	279 131	155	160	I
2	115,5	1,18	12 676	46 901	197 489	127	136	II
3	74,5	1,16	8 023	29 685	145 461	81	86	III
4	76,3	1,20	9 001	33 304	88 493	91	92	III
5	145,4	1,22	17 542	64 905	361 898	175	177	I
6	99,5	1,24	12 094	44 748	127 594	121	123	II
7	72,7	1,24	8 835	32 690	78 987	89	90	III
8	96,7	1,19	11 468	42 432	219 497	115	115	II
9	83,0	1,24	10 082	37 303	115 442	101	103	II
10	92,1	1,18	10 773	39 860	204 690	108	109	II
11	87,6	1,24	10 641	39 372	121 518	107	109	II
12	113,5	1,24	13 789	51 019	97 214	138	141	II
13	72,7	1,19	8 385	31 025	195 959	84	86	III
14	89,1	1,20	10 560	39 072	213 421	106	107	II
15	79,2	1,18	9 039	33 444	205 455	91	93	III
16A	108,0	1,24	13 125	48 563	145 821	132	134	II
17A	99,5	1,24	12 086	44 718	133 669	121	123	II

^a Odjeli su svrstani u prihodne razrede na osnovi prihodnih brojeva prikazanih u koloni 6 tablici 15. Ti su prihodni brojevi izračunati iz periodičnoga etatnog prihoda po jedinici površine (kolona 4 iste tablice).

^b Približno iste vrijednosti prihodnog broja (prikazane u koloni 8) mogu se dobiti množenjem obujma etata po jedinici površine (kolona 2) i koeficijenta kakvoće etata (kolona 3). To je razumljivo jer su temelji obaju izračuna kakvoćna struktura etata i jedinične cijene sortimenata. Za korektan izračun etatne prihodne vrijednosti svakako treba primijeniti prvi način određivanja prihodnog broja.

OCJENA ETATNE PRIHODNE VRIJEDNOSTI GOSPODARSKIH CJELINA - EVALUATION OF FELLING VOLUME INCOME OF FOREST-MANAGEMENT UNITS

Etatna vrijednost viših šumskogospodarskih cjelina (iznad razine odsjeka ili odjela) računa se zbrajanjem vrijednosti osnovnih jedinica koje takve cjeline objedinjavaju.



Slika 12. Poredak odjela GJ Belevine prema veličini PB
 Figure 12. Order of departments in Belevine management unit according to income number

Ocjena etatne prihodne vrijednosti izvodi se iz relativne zastupljenosti pojedina prihodnog razreda. Pritom je razred s najvećom frekvencijom skupna ocjena i poopćeni rezultat etatne prihodne vrijednosti. Za GJ Belevine tu ocjenu prikazuje tablica 16.

Tablica 16. Frekvencije prihodnih razreda iz tablice 15.
 Table 16. Frequency of income class (ref. table 15)

Oznaka razreda <i>Income class sign</i>	Frekvencija (brojnost odjela) <i>Frequency</i>	Udio - Share, %
I	2	11,8
II	10	58,8
III	5	29,4
IV	0	
V	0	
VI	0	
	17	100,0

GJ BELEVINE: REZULTATI – BELEVINE MANAGEMENT UNIT: RESULTS

1. S obzirom na isti EGT u svim odjelima (uređajni jelov razred, EGT I-C-40) i približno ujednačene vrijednosti prosječnoga prsnog promjera sječivih stabala te

obrasta i udjela četinjača odlučujući čimbenik pri izračunu ukupnog etatnog prihoda bile su površine odjela, odnosno njima pripadajući obujmi etata. Ti su se obujmi među odjelima, odnosili do 2 : 1.

2. Prosječni koeficijent kakvoće etata (1,21) upućuje na kakvoću sortimentne strukture, koja je povoljnija od strukture koju bi činili isključivo pilanski trupci (trupci = 100 %). Izračunata će kakvoća postići prihod za 21 %-tni poen veći od kakvoće 'trupci = 100 %'.

3. Ukupni periodični (10-godišnji) prihod za 17 odjela iznosi 2 931 739 DEM, odnosno preračunato 10 847 434 kn. Po 1 ha to iznosi 11 353 DEM, odnosno 42 006 kn. Ukupni su se prihodi među odjelima, odnosili 4,6 : 1. To je povezano s razlikama u površini i obujmu etata. 10-godišnji prihodi po 1 ha kretali su se u rasponu 2,2 : 1. Ti su prihodi ponajviše ovisili o obrastu i kakvoći etata.

4. Iskazom prihoda po 1 ha putem prihodnih brojeva i njihovim svrstavanjem u prihodne razrede utvrdilo se:

- najveći PB = 175; najmanji PB = 81; raspon je 2,2 : 1
- izračunati prosječni PB = 113
- odjeli su svrstani u I. (11,8 %), II. (58,8 %) i III. (29,4 %) prihodni razred
- skupna ocjena etatnog prihoda za GJ Belevine je II (113).

KRITERIJ TROŠKOVA IZGRADNJE I ODRŽAVANJA ŠUMSKIH PROMETNICA – COST CRITERION FOR FOREST ROAD BUILDING AND MAINTENANCE

Šuma bez cesta je ptica bez krila. (B. Kraljić)

Tko gospodari sa slabim šumama teško se može nadati boljim danima. (E. Rebula)

Šumske su prometnice jedan od najvažnijih čimbenika uspješnoga i racionalnog vođenja šumskoga gospodarstva. Šume se otvaraju zbog različitih potreba, koje su veoma slične i koje se međusobno dopunjuju. Šumske prometnice skraćuju udaljenost transporta drva iz šume te istodobno omogućavaju lakši i kraći, a usto brži i jeftiniji dolazak u šumu svima koji rade u šumi ili bilo što u šumu ili iz šume unose ili iznose (šumarski radnici, lovci, izletnici, skupljači šumskih plodova, istraživači...). Zbog toga su za skraćivanje udaljenosti od javne ceste do šumskih radilišta zainteresirani svi kojima takvo skraćivanje donosi uštede. Za to je osobito zainteresirano šumarstvo.

Glavni je zadatak otvaranja šuma cestama skratiti udaljenost od ceste do radilišta (udaljenost privlačenja). Sve su druge funkcije time najčešće također obuhvaćene i zato se, po nekim autorima (npr. Rebula 1992) mogu zanemariti. Poznati su i štetni utjecaji koji nastaju izgradnjom cesta (Zdjelar 1990, Rebula 1991), zbog čega šira javnost već protestira ili čak sprečava gradnju preguste cestovne mreže.

Poznati su tehnologije i troškovi gradnje cesta. Također su poznati učinci i troškovi privlačenja drva. Zna se koliko se vremena utroši i koliki su troškovi privlačenja, dolaska do radilišta, troškovi pripreme rada itd. Moguće je ocijeniti utje-

čaj otvorenosti šuma na pojačani uzgoj šuma i na bolju iskorištenost drva kao sirovine.

S ekonomskoga gledišta šumska je cesta gospodarski objekt za koji vrijede načela gospodarskog računa. To znači da je šumska cesta ekonomski opravdana ako su koristi za njezina trajanja veće od troškova gradnje, održavanja i štetnih posljedica izgradnje.

Otvaranje nekoga šumskog područja prometnicama u prvom je redu određen investicijski trošak, koji se u gospodarenju šumom mora detaljno planirati. Učinak otvaranja šuma u smislu smanjivanja ukupnih troškova transporta vidljiv je tek pri ostvarivanju etata u budućnosti.

Izgradnja stalnih šumskih prometnica ima svoje pozitivne i negativne strane. Prednosti su u tome što ona smanjuje troškove transporta šumskih proizvoda i upravo za toliko povećava prihode šumskobiološke reprodukcije, i to:

- odmah čim se šumska prometnica izgradi
- u budućim razdobljima - najduljima kao ophodnjica, odnosno ophodnja, čije se koristi diskontiraju na sadašnjost u sve manjim iznosima
- u sadašnjosti i budućnosti, podižući prodajne cijene potencijalnih šumskih proizvoda.

Negativne strane izgradnje šumskih prometnica pokazuju se na više načina.

Gradnja prometnica traži znatna financijska investicijska sredstva, koja će dođue odmah pružiti navedene dvostruke koristi (uštedu troškova transporta i povećanje prihoda šumarstva), ali će zatim kroz duža razdoblja, pa i ophodnjice, odnosno vrlo duge ophodnje, ostati slabo ili nikako korištena! Zbog toga će iznos te investicije, često s relativno velikim kamatama, teško i nesigurno biti vraćen investitoru nakon razmjerno dugoga vremena. Osim toga takve prometnice zahtijevaju trajno održavanje da bi ostale uporabljive za transport šumskih proizvoda, odnosno obavljanje drugih zadaća u gospodarenju šumama.¹²

Te se suprotnosti pomiruju u takvoj organizaciji šumarstva koja u gospodarenju šumama objedinjava djelatnost biološke reprodukcije i djelatnost iskorištavanja šuma. Kada bi te dvije djelatnosti bile organizacijski odijeljene, iskorištavatelj šuma ne bi bio potaknut ulagati u šumske prometnice, jer bi one podigle cijene drva na panju (konkretne *šumske takse*) upravo za toliki iznos koliko su pridonijele smanjenju troškova ukupnoga šumskoga transporta drva! Kada se pak obje djelatnosti obavljaju u istom poduzeću, ono je dvostruko potaknuto da ulaže u gradnju stalnih šumskih prometnica: djelatnost šumskobiološke reprodukcije zbog povišenih šumskih taksa; djelatnost iskorištavanja šuma radi smanjenja troškova ukupnog šumskog transporta drva.¹³

¹² Postupanje s cestom kao dijelom šume ima određene pravne posljedice. Šumovlasnik preuzima odgovornost za održavanje ceste, plaća doprinos za površinu koju zauzima cesta, a na njoj nema prihoda od drva. Individualni je vlasnik oštećen za gubitak drva i prirasta; cesta je dostupna svima i pitanje je koliko je šumovlasnik zainteresiran da cesta prolazi kroz njegovu šumu.

¹³ Kraljić (1995) piše: "Pametni i bogati šumovlasnik trajno racionalizira šumarstvo — izgradnjom stalnih šumskih prometnica, a pametan i siromašan šumovlasnik trenutačno racionalizira šumarstvo —

ŠUMSKE PROMETNICE I NJIHOVA PODJELA – FOREST ROAD NETWORK AND THEIR CLASSIFICATION

Prema Lovriću (1976) mreža šumskih prometnica može se podijeliti u dva sustava:

1) transportni sustav privlačenja koji razumijeva pomicanje drva po traktor-skim putovima ili vlakama i

2) transportni sustav prijevoza koji rabi šumske ceste kao osnovni element prijevoza.

Prema vrsti prometa šumske se prometnice dijele na šumske ceste i šumske vlake.

Šumske ceste su predmet razmatranja perspektivnog plana gradnje mreže prometnica za otvaranje šumskogospodarskog područja.

Šumske vlake su izgrađene ili samo kroz šumu prosječene prometne trake koje povremeno služe obavljanju zadataka predviđenih gospodarskom osnovom. Namijenjene su u prvom redu za traktorsku i životinjsku vuču.

Šumske vlake nisu predmet razmatranja perspektivnog plana, već se planiraju godišnjim planovima proizvodnje.

OTVORENOST ŠUMSKOG PODRUČJA – ACCESSIBILITY OF A FOREST REGION

Otvorenost šumskim cestama ili gustoća mreže šumskih cesta¹⁴ je veličina koja se najčešće iskazuje u m/ha ili km/1000 ha. Lovrić (1974) kao mjernu jedinicu gustoće prometne mreže uzima km/km².

Za ocjenu stupnja otvorenosti šumskog područja ne postoje jedinstvena mjerila. Smatra se da prometnica (ili njezini dijelovi) otvara šumu samo ako ima utjecaja na udaljenost privlačenja. Računa se da na udaljenost privlačenja utječe ona prometnica koja prolazi na najviše 300 metara od ruba šume, a na njoj je moguć utovar. Za jedinstveni način utvrđivanja toga podatka, pojednostavljenje obračuna i mogućnost usporedbe i praćenja, za iskaz stupnja otvorenosti treba primijeniti ove kriterije:

a) Prometnica (ili njezin dio) koja ide kroz šumu uzimat će se s ukupnom dužinom (100 %).

mehanizacijom iskorištavanja šuma! Iskusan manager u šumarstvu znalacki će se služiti obim štakama, kao glavnim sredstvima suvremene dokapitalizacije u šumarstvu. Na taj način i šumsko građevinarstvo i strojarstvo, primijenjeno u šumarstvu u djelatnosti iskorištavanja šuma, podiže uspješnost šumskobio-loške reprodukcije šuma." Slijedom takvih razmišljanja bespredmetno je raspravljati o potrebi izučavanja tehničkih disciplina u nastavnom planu za studij šumarstva.

¹⁴ Sve su metode određivanja optimalne gustoće prometnica zasnovane na traženju minimalnih zbirnih troškova. U račun redovito ulaze troškovi privlačenja i prijevoza drva, te troškovi gradnje i održavanja prometnica. Posredne koristi od mreže prometnica, kao što su uspješnija njega i zaštita šuma, mogućnosti racionalnije organizacije radova, prijevoza radnika i sl., često nije moguće izraziti brojčanim podacima. Nije nam poznato da je ta problematika u nas obrađivana, niti smo u domaćoj stručnoj literaturi našli naznake istraživanja u tom smjeru.

b) Prometnica koja prolazi rubom šume ili na udaljenosti od ruba šume do 300 m, a na njoj je moguć utovar, uzimat će se s 50 % duljine.

c) Prometnica koja dolazi okomito do ruba šume i tu se završava uzimat će se s dužinom od 500 m.

d) Plovni vodotok koji teče rubom šume, a služi se za utovar šumskih sortimenata, uzimat će se s 50 % duljine.

e) Meki (zemljani) putovi koji otvaraju šumu samo povremeno (tj. u sušnom razdoblju) neće se uzimati u obzir za obračun stupnja otvorenosti.

Nešto sažetiji kriterij za izračunavanje otvorenosti šuma nalazi se u *Pravilniku o uređivanju šuma*, u čl. 35: "Otvorenost šuma utvrđuje se na temelju dužine šumskih i javnih prometnica koje se mogu koristiti cijele godine". Pritom se prometnica uzima u račun cijelom duljinom ako prolazi kroz šumu, s 50 % duljine ako prolazi rubom šume, odnosno ako prometnica prolazi granicom dviju gospodarskih jedinica, odjela, odnosno odsjeka, duljina se dijeli proporcionalno dužini tih granica.

U čl. 61 istog *Pravilnika* navodi se da se otvorenost šuma gospodarske jedinice prikazuje u km/1000 ha. Otvorenost odjela, odnosno odsjeka utvrđuje se na osnovi prosječne udaljenosti privlačenja i iznošenja drvnih sortimenata od sredine odjela, odnosno odsjeka do tvrde prometnice ili vodenog puta, a iskazuje se u metrima.

Na otvaranje šuma utječe nagib terena tako da je pri većim nagibima za postizanje jednake duljine privlačenja potrebna veća gustoća prometnica. Odnos između teorijski najkraće i stvarne duljine privlačenja Dobre (1980) definira kao *koeficijent duljine privlačenja* (k_p).

Dobre je na osnovi 989 podataka utvrdio da je prosječna vrijednost k_p pri privlačenju drva traktorima od 1,28 do 1,33 na nagibu, odnosno 1,10 u ravnici.

Isti je autor odredio jednadžbu za izračun prosječne konkretne duljine privlačenja (l_p) drva traktorima

$$l_p = \frac{10000 \cdot p_c \cdot 1,28}{g} = \frac{12800 \cdot p_c}{g}$$

gdje je:

p_c - koeficijent položaja ceste,

g - gustoća prometnica, m/ha.

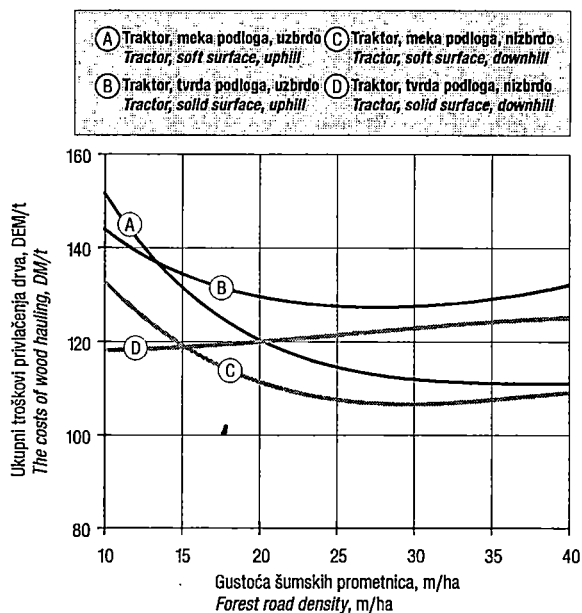
Dobre je odredio vrijednosti p_c u rasponu od 0,335 do 0,545, odnosno:

- za platoe i ravan teren 0,335 – 0,39

- za razveden teren 0,549.

EKONOMSKI ASPEKTI GRADNJE I ODRŽAVANJA ŠUMSKIH CESTA – ECONOMIC ASPECTS IN BUILDING AND MAINTANCE OF FOREST ROADS

Budući da je gradnja prometne mreže po obujmu veoma zahtjevan posao, za nju su potrebna velika sredstva. Zato se prometnice grade postupno, kroz duže vrijeme. Prometnice treba također (od prvog časa) održavati. Gradnja i odražavanje prometnica je značajan trošak u gospodarenju šumom.



Slika 13. Odnos troškova privlačenja drva i gustoće šumskih prometnica (prema Koširu 1990)
 Figure 13. The ratio of hauling and forest road density costs

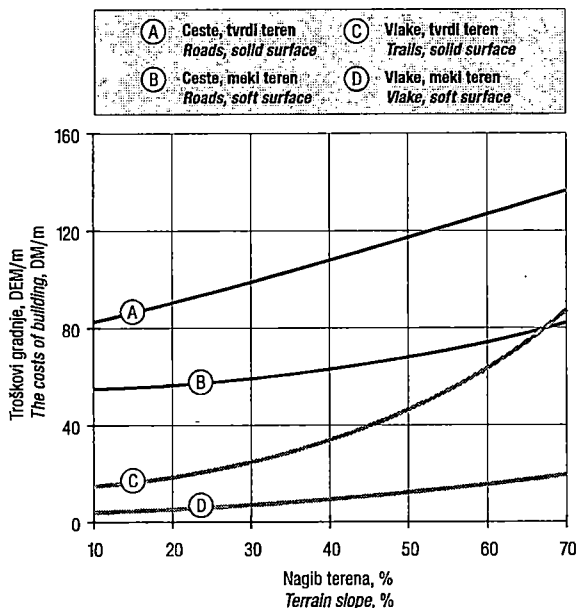
Osim transporta drva šumske su ceste namijenjene i drugim šumarskim i nešumarskim gospodarskim aktivnostima. Prema Dobreu (1990) nešumarske koristi od ceste čine 7 % vrijednosti ceste. Uporaba cesta u druge šumarske djelatnosti smanjuje troškove ceste koji terete iskorištavanje šuma za približno 30 %.

Osim troškova gradnje i održavanja te udjela nešumarskih i drugih funkcija na troškove koji terete 1 m^3 drva utječe količina drva koja je prevezena cestom u vijeku njezine uporabe (u vijeku amortizacije). Obično se, prema smjernicama za gradnju šumskih cesta, uzima vijek amortizacije od 40 godina, tj. 4 ophodnjice ili 5 eta.

TROŠKOVI GRADNJE I ODRŽAVANJA CESTA – COSTS OF BUILDING AND MAINTENANCE OF FOREST ROADS

Za izračun troškova gradnje i održavanja 1 km šumske ceste treba uzeti u obzir raznovrsne terenske uvjete, poznavati norme vremena i normative materijala te jedinične cijene za radnik/dan, stroj/dan i materijal.

Prema Dobreu (1990) godišnji troškovi šumske ceste imaju ovu strukturu: 77,9 % su troškovi gradnje, a 22,1 % su troškovi održavanja. Od troškova ceste treba oduzeti vrijednost posrednih koristi od ceste (22,4 %), za koje Dobre navodi da su približno jednake troškovima održavanja.



Slika 14. Odnos troškova gradnje šumske prometnice i nagiba terena
 Figure 14. The ratio of forest road building costs and the terrain slopes

Košir (1990) troškove gradnje i odražavanja cesta razvrstava na troškove za tvrdi teren i za meki teren u ovisnosti o nagibu terena. Pomoću Dobreovih (1990) relativnih ovisnosti troškova gradnje o nagibu terena Košir je izradio regresijske modele za izračun troškova gradnje cesta (T_c) pri nagibu terena (N_t) od 30 %.

- za meki teren: $T_c = 0,9152 + 0,000094204 \cdot N_t^2$

- za tvrdi teren: $T_c = 0,7105 + 0,009650 \cdot N_t$

Ti troškovi prosječno iznose:

- za meki teren: 59,44 DEM/m (= 219,9 kn)

- za tvrdi teren: 99,06 DEM/m (= 366,5 kn).

Isti autor uzima troškove održavanja kao relativni udio u troškovima gradnje, i to u iznosu 2,4 % za meki teren i 1,2 % za tvrdi teren.

Kavčić (1989) navodi kako su godišnji troškovi održavanja šumskih prometnica oko 2 % od troškova njihove gradnje. Prema istoj autorici u odnosu na prodajnu cijenu sortimenata troškovi gradnje šumskih cesta čine 7,1 %, gradnje vlaka 19,2 %, održavanja cesta i vlaka 5,2 %, što zajedno čini 31,5 % od prodajne cijene sortimenta.

Troškovi gradnje cesta i vlaka rastu s kvadratom nagiba terena, osim kod troškova gradnje na tvrdom terenu, gdje je ta ovisnost linearna. Odnos između troškova gradnje cesta i vlaka mijenja se s promjenom nagiba terena (slika 14).

Odnos među troškovima gradnje pri istoj vrsti prometnica također se povećava s nagibom terena. Tako su troškovi gradnje vlake na tvrdom terenu velikog nagiba jednaki troškovima gradnje cesta.

Dobre (1990) navodi da količina rada i s njom u svezi cijena gradnje šumskih cesta ovise o mnogobrojnim čimbenicima. Pri gradnji cesta u brdskim i planinskim predjelima isti autor posebnu pozornost usmjerava na dva čimbenika: *nagib terena* i *kategorizaciju stijena*.

Prema Winkleru (1995) troškovi održavanja šumskih cesta tijekom posljednjih deset godina u Sloveniji su iznosili približno 3 – 4 % od vrijednosti proizvodnje drvnih sortimenata. U odnosu na sredstva koja su se izdvajala za gradnju novih cesta, troškovi održavanja su iznosili od 61,7 do 141,5 %.

NAŠA ISTRAŽIVANJA TROŠKOVA GRADNJE I ODRŽAVANJA ŠUMSKIH CESTA – OUR COST RESEARCH ON BUILDING AND MAINTENANCE OF FOREST ROADS

Za određivanje prosječnih jediničnih troškova gradnje šumskih cesta (Tgc) u prebornim šumama skupili smo podatke o 20 cesta izgrađenih na području Uprave šuma Delnice tijekom 1994. (tablica 17).

Podaci su za svaku cestu obuhvatili:

- naziv ceste
- duljinu ceste iskazanu duljinom gornjega stroja, iznimno duljinom donjega, ako je taj bio dulji
- dominantni ekološko-gospodarski tip u odjelu (odjelima) koje otvara cesta
- jedinični trošak izgradnje iskazan u DEM/km
- primijenjenu tehnologiju gradnje.

Od 32 499 m cesta prikazanih u tablici 17, bagerom s hidrauličnim čekićem izgrađeno je 24 779 m (76 %); pritom je prosječni trošak gradnje po 1 m iznosio 53,57 DEM, odnosno 198,21 kn, sa srednjim odstupanjem od 31,56 DEM (=116,77 kn). Klasičnim načinom gradnje s miniranjem i uporabom dozera izgrađeno je 7 720 m (24 %) cesta s troškovima od 69,02 DEM/m, odnosno 255,37 kn/m i srednjim odstupanjem od 37,15 DEM (= 137,46 kn). Zbog velikog rasipanja nismo se odlučili za testiranje značajnosti razlike sredina. Očito je da razlike u trošku gradnje cesta dvjema navedenim tehnologijama nisu značajne!

UKUPNI TROŠAK GRADNJE I ODRŽAVANJA CESTA (TUC) – TOTAL COSTS OF BUILDING AND MAINTENANCE OF FOREST ROADS

$$Tuc = Tgc + Toc$$

gdje je:

Tgc - trošak gradnje ceste, DEM

Toc - trošak održavanja ceste, DEM

Tablica 17. Izabrani podaci o šumskim cestama izgrađenim u UŠ Delnice tijekom 1994.
 Table 17. Some data on forest roads built in Forest Administration Delnice during 1994.

R.B.	Naziv ceste Title of road	Duljina - Length	EGT - EMT	Trošak gradnje Cost of road building	Tehnologija gradnje Technology of ro- ad building	Kol. (3x5)/1000 Columns 3x5/1000
		m		DEM/km		DEM
1	TREĆA VLAKA	1 260	I-C-10a	31 104,00	Čekić	39 191,04
2	STRMAC - LEP. POLJE	896		66 501,00	Čekić	59 584,89
3	REPNO - TUHOBIĆ	284		74 785,00	Čekić	21 238,94
4	VILJE - JELENJE	953	I-B-10a	145 174,00	Čekić	138 350,80
5	MARTINČEKOV PUT	2 590	I-C-11	30 137,00	Čekić	78 054,83
6	PODVODENJAK	2 000	I-C-40	68 471,00	Dozer, miniranje	136 942,00
7	BITORAJ, (37)	5 175	I-C-12	48 754,00	Čekić	252 301,90
8	OSREDNJAK - TISOVAC	2 378	I-C-10a	42 689,00	Čekić	101 514,40
9	KAPELA - KARNICA	1 481	I-C-12	70 686,00	Čekić	104 685,90
10	POŽAR	2 492	I-C-10a	33 423,00	Čekić	83 290,11
11	BIJELJAK	1 940	I-C-10b	62 847,00	Čekić	121 923,10
12	MLAČICE	440		56 161,00	Dozer, miniranje	24 710,84
13	ČEKA-ŠKOLSKO BRDO	1 000	I-C-10a	141 780,00	Dozer, miniranje	141 780,00
14	JAVOR (45)	540		26 581,00	Dozer, miniranje	14 353,74
15	SVINJSKI PUT - PILANA	740		20 723,00	Dozer, miniranje	15 335,02
16	RAZ. DOLCI - POLAKOVAC	980	I-C-10b	39 593,00	Dozer, miniranje	38 801,14
17	JASLE, (62)	1 220	I-C-40	95 325,00	Dozer, miniranje	116 296,50
18	GROBINE - MRTV. GLAVA	1 500		96 964,00	Čekić	145 446,00
19	BAJTA - CAREVICA	800		55 803,00	Dozer, miniranje	44 642,40
20	BAJJA DRAGA - JAVOR	3 830	I-C-10b	47 491,00	Čekić	181 890,50
	Zajedno - Total	32 499				1 860 334,30
	Prosje. - Average (DEM/km)					57 243
	Prosje. - Average (kn/km)					211 799

Izvor - Source of data: Ecimović 1992

Ako se godišnji trošak održavanja prikaže u postotku od troška gradnje, onda je

$$T_{uc} = T_{gc} + T_{gc} \cdot p_1 \cdot n$$

gdje je:

n - vijek amortizacije ceste (= 40 godina)

p - postotni iskaz godišnjeg troška održavanja iskazan u odnosu na trošak gradnje; prema S. Kavčić to iznosi 1,8 % godišnje

($p_1 = 0,018$) ili za razdoblje od 40 godina (vijek amortizacije)

$p_{40} = (1,8 \cdot 40)/100 = 0,72$.

Konačni oblik izraza je

$$T_{uc} = L \cdot C_c \cdot (1 + p_{40})$$

Tumač simbola:

C_c - prosječna cijena gradnje 1 km šumske ceste, DEM/km

L - dužina izrađenih cesta, km.

Periodični trošak gradnje i održavanja (PTuc) jest trošak koji tereti prihod jedne ophodnjice. Kako se u vijeku amortizacije od 40 godina ostvari etat iz pet ophodnjica, to je

$$PTuc = \frac{Tuc}{5}$$

Pri terećenju prihoda pojedinog odsjeka, odjela ili druge gospodarske cjeline troškovima gradnje i održavanja ceste primijenit će se načelo proporcionalnog udjela prema udjelu njihove konkretne površine u skupnoj površini. Površini kao trajno nepromjenljivom čimbeniku dali smo prednost pred ostalim mogućim kriterijima raspodjele troškova, npr. prema duljini granica odjela, drvnjoj zalih, obujmu etata ili vrijednosti drva iz etata.

Izračun na primjeru GJ Belevine

Ukupna duljina izgrađenih šumskih kamionskih cesta (L) iznosi 8186 m; otvorenost (G) je 31,7 m/ha; jedinična cijena gradnje ceste (Cc) (iz tablice 17) iznosi 57,2 DEM/m (= 211,6 kn/m): troškovi održavanja u vijeku amortizacije $p_{40} = 0,72$.

Ukupni trošak gradnje i održavanja cesta

$$Tuc = 8\ 186 \cdot 57,2 \cdot 1,72 = 805\ 371\ DEM (= 2\ 979\ 873\ kn)$$

Periodični trošak gradnje i održavanja cesta (u jednoj ophodnjici)

$$PTuc = 805\ 371/5 = 161\ 074\ DEM (= 595\ 974\ kn)$$

Trošak gradnje i održavanja po 1 ha

$$Tuc/ha = 742\ 012/258,24 = 3\ 118,7\ DEM (= 11\ 539,2\ kn)$$

Trošak gradnje i održavanja po 1 ha, izračunat po udjelu površine za svaki odjel, prikazan je u tablici 18.

EKONOMSKI ASPEKTI GRADNJE I ODRŽAVANJA TRAKTORSKIH VLAKA – ECONOMIC ASPECT OF BUILDING AND MAINTENANCE OF FOREST ROADS

Preduvjet je smišljenog rada pri privlačenju drva traktorima gradnja odgovarajuće mreže vlaka. To osigurava racionalni rad uz podnošljivije štete na sastojini. Zbog sve većeg udjela privlačenja traktorima raste i površina šuma na kojima se grade vlake. Potreba za vlakama je velika. Bržu gradnju usporava pomanjkanje financijskih sredstava. Gradnja vlaka zahtijeva velika financijska sredstva.

S područja gradnje traktorskih vlaka u uvjetima naših šuma posebno su značajna istraživanja koja obrađuju problematiku vlaka s troškovnoga (Bojanin 1983, Sever 1983, Knežević 1992a, 1992b, 1992c, Rebula 1984, 1988, 1991), ali i s ekološkoga gledišta (Zdjelar 1991, Rebula 1991).

Kavčič je (1989) izračunala da pri privlačenju traktorima u planinskim uvjetima treba graditi 110 – 130 m/ha vlaka.

Rebula je (1983) utvrdio da po formulama izračunate optimalne gustoće vlaka dosežu jedva 30 – 40 % od onih koje stvarno gradimo i za koje često mislimo da su još uvijek prerijetke.

Nadalje Rebula piše: "Ako se uzme u obzir da na 1 ha šume imamo 15 - 30 m ceste, koja sa stajališta sakupljanja drva djeluje kao vlaka, moramo na 1 ha šume u prosječnim uvjetima još izgraditi oko 40 – 70 m vlaka."

TROŠKOVI GRADNJE I ODRŽAVANJA VLAKA – THE COSTS OF BUILDING AND MAINTENANCE OF SKIDDING TRAILS

O troškovima gradnje vlaka nema mnogo podataka. Najvažnije je pitanje koliki su troškovi vlaka za vrijeme dok traje njihov vijek amortizacije. O vijeku amortizacije vlaka nema jedinstvenog mišljenja. Rebula (1983) misli da se vlake amortiziraju tijekom triju sječa (ophodnjica). U vijeku amortizacije, prema Rebuli, troškovi popravljivanja i održavanja vlaka iznose oko 150 - 160 % od troškova prve gradnje.

Troškovi gradnje vlaka manji su od troškova gradnje cesta (Košir 1990) jer se ne izvode neki poslovi, kao što su izrada gornjeg stroja, odvodnjavanje, uređivanje usjeka koji imaju značajan udio u troškovima gradnje ceste.

Košir je (1990) za meki i tvrdi teren odredio regresijske funkcije za izračun troškova gradnje vlaka (T_v) u ovisnosti o nagibu terena (N_t) od 30 %.

$$\text{– za meki teren: } T_v = 0,5388 - 0,003252 \cdot N_t + 0,0006505 \cdot N_{t2}$$

$$\text{– za tvrdi teren: } T_v = 0,9473 - 0,03677 \cdot N_t + 0,001278 \cdot N_{t2}$$

Izračunati troškovi iznose:

$$\text{- za meki teren: } 7,43 \text{ DEM/m (} = 27,49 \text{ kn)}$$

$$\text{- za tvrdi teren: } 24,76 \text{ DEM/m (} = 91,61 \text{ kn).}$$

Košir (1990) uzima troškove održavanja vlaka u jednakom iznosu kao kod održavanja cesta: 2,4 % za meki teren i 1,2 % za tvrdi teren. Troškove gradnje i održavanja smanjuje za 3 %, što je ocjena korisnosti vlaka za obavljanje drugih šumarskih funkcija. Isti autor uzima vrijeme amortizacije vlaka u trajanju 20 godina.

Prema Winkleru (1995) godišnji troškovi održavanja šumske prometne mreže približno su 1,8 % od troškova gradnje. Tako izračunate iznose treba korigirati koeficijentima količine padalina (k_1) i duljine prijevoza materijala za posipanje (k_2). Skupni iznos $k_1 \cdot k_2$ ima vrijednosti između 1,01 i 1,32.

NAŠA ISTRAŽIVANJA TROŠKOVA GRADNJE I ODRŽAVANJA TRAKTORSKIH VLAKA – OUR RESEARCH ON THE COSTS OF BUILDING AND MAINTENANCE OF SKIDDING TRAILS

Naše osnove za izračun troškova gradnje i održavanja vlaka bile su:

1. Ukupna duljina traktorskih vlaka određena je pri Kneževićevim istraživanjima optimalne otvorenosti prebornih šuma.

Uzimajući u obzir pretpostavku da je obujam etata ravnomjerno i jednolično raspoređen po ploštini odjela, Knežević (1991a, b, c) je računalnom obradom pomoću digitizera u GJ Belevine izračunao za svaki sektor u pojedinom odjelu:

- ploštinu sektora u hektarima
- obujam sječivoga drva u sektoru kao po ploštini proporcionalni udio ukupnoga sječivoga drva na GJ u kubnim metrima
- koordinate težišta svakoga sektora
- duljinu privlačenja kao udaljenost težišta do najbližeg dijela šumske prometnice u metrima.

2. Jedinični troškovi gradnje traktorskih vlaka u prebornim šumama

Radi određivanja prosječnih jediničnih troškova gradnje traktorskih vlaka u prebornim šumama u 13 šumarija na području Uprave šuma Delnice skupili smo podatke o gradnji vlaka tijekom 1994. i 1995 (od siječnja do rujna mjeseca).

Podaci su obuhvatili:

- ukupnu duljinu vlaka u pojedinoj šumariji,
- prosječne jedinične troškove gradnje po metru izgrađene vlake i kubnom metru posječenoga drva
- opseg gradnje prema kategorijama vlaka
- opseg gradnje prema primijenjenoj tehnologiji gradnje (dozer ili bager + čekić).

Tablica 18. Veličine glavnih obilježja vlaka

Table 18. Main characteristics of skidding trails

Kategorija - Category	Broj bušotina na 10 m <i>Number of holes per 10 m</i>	Poprečni nagib terena <i>Transversal slope of terrain</i>	Kamenitost <i>Stoniness</i>
1	2	3	4
Ia	< 2	< 15 %	< 10 %
Ib	2	15 - 35 %	do 10 %
II	3 - 5	10 - 20 %	10 - 35 %
III	5 - 15	10 - 25 %	30 - 60 %
IV	> 15	15 - 35 %	60 - 90 %

N2 - dijelovi trase vlake (dionice) kojima traktor može prolaziti bez gradnje vlake
 Građevinska kategorija (Građ.) - dijelovi trase vlake s profilima iskopa većim od 1 m³. Pri gradnji takvih dijelova primjenjuju se izmjere i obračuni kubature iskopa po kategorijama koje vrijede u građevinarstvu.

Podloge za izračun prikazuje tablica 19.

Tablica 19. Jedinični troškovi gradnje vlaka u 1994-95. na području Uprave šuma Delnice
 Table 19. The costs of building skidding trails between 1994 and 1995 in Forest Administration Delnice

Šumarija Forest Office	Ukupna duljina <i>Total length</i>	Trošak gradnje <i>Costs of trail building</i>	Ukupna duljina <i>Total length</i>	Trošak gradnje <i>Costs of trail building</i>
	m	DEM/m	m	DEM/m ³
1	2	3	4	5
1994.				
DELNICE	34 040	11,64	34 040	11,36
RAVNA GORA	9 895	10,41	9 895	3,08
MRKOPALJ	42 686	10,31	42 686	11,76
CRNI LUG	9 765	17,29	9 765	5,19
FUŽINE	12 050	21,14	12 050	7,44
RIJEKA	24 010	10,25	24 010	15,20
KLANA	33 190	11,21	33 190	17,01
TRŠĆE	9 682	7,57	9 682	4,65
GEROVO	18 690	10,99	18 690	6,48
PREZID	14 083	8,43	14 083	4,42
VRBOVSKO	6 055	16,59	6 055	2,68
GOMIRJE	9 407	8,51	9 407	4,26
			$\Sigma = 223 553$	
			Ponderirana sredina <i>Average</i>	10,17 (= 37,63 kn)
			Standardna devijacija STD	4,85 (= 17,21 kn)
1995.				
RAVNA GORA	4 507	10,77		
MRKOPALJ	16 945	8,06		
CRNI LUG	1 300	11,87		
FUŽINE	12 955	11,54		
SKRAD	775	9,99		
KLANA	17 265	8,29		
PREZID	13 070	5,68		
VRBOVSKO	620	18,06		
GOMIRJE	7 710	6,37		
1994 + 1995.	$\Sigma = 298 700$			
	Ponderirana sredina	10,69		
	<i>Average</i>	(= 39,55 kn)		
	Standardna devijacija	3,98		
	STD	(= 14,73 kn)		

Na osnovi tih podataka za Upravu šuma Delnice određeni su:

- *trošak gradnje po 1 m*, koji je za 298 700 m izgrađenih vlaka prosječno iznosio 10,69 DEM/m, odnosno 39,55 kn/m s rasipanjem od 3,98 DEM/m (= 14,73 kn/m)

- *trošak gradnje po 1 m³ posječenoga drva*, koji je za 223 553 m izgrađenih vlaka prosječno iznosio 10,17 DEM/m, odnosno 37,63 kn/m s rasipanjem od 4,85 DEM/m³ (= 17,21 kn/m)

- *prosječna struktura izgrađenih vlaka po kategorijama*

N	25 %
Ia	10 %
Ib	5 %
II	22 %
III	24 %
IV	22 %
Grad.	11 %

- *trošak gradnje po 1 m za primijenjene tehnologije gradnje:*

. dozer (68 % od ukupnog opsega izgrađenih vlaka)

- prosječno 9,45 DEM/m (= 34,97 kn/m) s rasipanjem 1,83 DEM/m (= 6,77 kn/m).

. bager + čekićar (32 % od ukupnog opsega izgrađenih vlaka)

- prosječno 14,86 DEM/m (= 54,98 kn/m) s rasipanjem 4,54 DEM/m (= 16,8 kn/m)

. prosječno za obje tehnologije 11,18 DEM/m, odnosno 41,37 kn/m.

3. *Jedinični troškovi održavanja* iznose 1,8 % godišnje od troškova gradnje (prema S. Kavčić 1989).

Određivanje ukupne duljine traktorskih vlaka

Ukupna duljina traktorskih vlaka (Lvt) računa se po formuli

$$Lvt = gv \cdot A$$

gdje je:

gv - gustoća vlaka, m/ha

A - ploština, ha.

Gustoću vlaka u GJ Belevine odredio je za svaki odjel Knežević (1990) *metodom izračuna udaljenosti težišta elementarnih ploština gravitacijskog područja drva do prometnice.*

Tablica 20. Izabrani pokazatelji o vlakama u GJ Belevine
 Table 20. Some indices on skidding trails in Belevine management unit

Odjel <i>Department</i>	Ploština odjela <i>Department area (P)</i>	Ukupna du- ljina vlaka <i>Total length of skidding trails (Lvt)</i>	Teorijska du- ljina privla- čenja <i>Theoretical value of skid- ding distance (Lp)</i>	Gustoća vlaka <i>Skidding tra- ils density (gv)</i>	Troškovi gradnje <i>Costs of tra- ils building (Tv)</i>	Troškovi gradnje <i>Costs of tra- ils building (Tv)</i>
	ha	m	Lp	m/ha	DEM	kn
1	2	3	4	5	6	7
1	18,04	1 960	305	108,6	20 952	77 522
2	15,58	522	147	33,5	5 580	20 646
3	18,13	366	120	20,2	3 913	14 478
4	9,83	819	271	83,3	8 755	32 394
5	20,63	1 179	239	57,1	12 603	46 631
6	10,55	517	177	49,0	5 527	20 450
7	8,94	166	108	18,6	1 775	6 568
8	19,14	497	188	26,0	5 313	19 658
9	11,45	720	190	62,9	7 697	28 479
10	19,00	859	134	45,2	9 183	33 977
11	11,42	681	151	59,6	7 280	26 936
12	7,05	314	107	44,5	3 357	12 421
13	22,73	1 269	239	55,8	13 566	50 194
14	20,21	1 293	295	64,0	13 822	51 141
15	23,23	1 206	232	51,9	12 892	47 700
16a	11,11	434	200	39,1	4 639	17 164
17a	11,06	1 117	443	101,0	11 941	44 182
Zbroj - Sum Prosijek Average	258,10	13 919	210	50,51	148 795	550 542

Ukupni trošak gradnje i održavanja vlaka (T_{uv})

$$T_{uv} = T_{gv} + T_{ov}$$

gdje je:

T_{gv} - trošak gradnje vlaka, DEM

T_{ov} - trošak održavanja vlaka, DEM

Ako se godišnji trošak održavanja prikaže u postotku od troška gradnje, onda je

$$T_{uv} = T_{gv} + T_{gv} \cdot p_1 \cdot n$$

gdje je:

n - vijek amortizacije vlake (= 20 godina)

p - postotni iskaz godišnjeg troška održavanja u odnosu na trošak gradnje
 - prema S. Kavčić to iznosi 1,8 % godišnje

($p_1 = 0,018$) ili za razdoblje od 20 godina (*vijek amortizacije*)

$$p_{40} = (1,8 \cdot 20)/100 = 0,36.$$

Konačni oblik izraza je

$$T_{uv} = L \cdot C_v \cdot (1 + p_{20})$$

Tumač simbola:

C_v - prosječna cijena gradnje 1 km traktorske vlake, DEM/km

L - duljina izrađenih vlaka, km.

Periodični trošak gradnje i održavanja vlaka (PT_{uv}) jest trošak koji tereti prihod jedne ophodnjice. Kako se u vijeku amortizacije vlake od 20 godina realizira etat iz triju ophodnjica, to je

$$PT_{uv} = \frac{T_{uv}}{3}$$

Izračun na primjeru GJ Belevine

Ukupna duljina izgrađenih šumskih traktorskih vlaka (L) iznosi 13 919 m; otvorenost (G) je 53,9 m/ha; jedinična cijena gradnje vlake (C_v) (iz tablice 20) iznosi 10,7 DEM/m (39,6 kn/m); postotak troškova održavanja u vijeku amortizacije $p_{20} = 0,36$.

Ukupni trošak gradnje i održavanja vlaka

$$T_{uv} = 13\,919 \cdot 10,7 \cdot 1,36 = 202\,549 \text{ DEM} (= 749\,431 \text{ kn})$$

Periodični trošak gradnje i održavanja vlaka (u jednoj ophodnjici)

$$PT_{uv} = 202\,549/3 = 67\,516 \text{ DEM} (= 249\,810 \text{ kn})$$

Trošak gradnje i održavanja po 1 ha

$$T_{uv}/ha = 202\,549/258,24 = 784,3 \text{ DEM} (= 2\,901,9 \text{ kn})$$

Trošak gradnje i održavanja po 1 ha za svaki odjel prikazan je u tablici 21.

Tablica 21. Podaci o etatnom prihodu i troškovima gradnje i održavanja prometnica u GJ Belevine

Tablica 21. Data on felling volume income and the costs of building and maintenance of forest road network in Belevine management unit

Odjel Department	Ploština odjela Department area (P)	Postotni udjel u ploštini GJ Percentage in MU area	Periodični prihod od etata Periodic felling volume income (PP)	Periodični trošak gradnje i održavanja cesta ^a Periodic cost at building and maintenance of forest roads (PTuc/ha)	Periodični trošak gradnje i održavanja vlak ^b Periodic cost at building and maintenance of skidding trails (PTuv/ha)	Periodični prihod umanjnjen za troškove iz kol. 5 i 6. Periodic felling income reduce for costs (5) i (6)	Udio troškova prometnica u periodičnom prihodu Share of forest network costs in periodic felling income
	ha	%	DEM/ha	DEM/ha	DEM/ha	DEM/ha	%
1	2	3	4	5	6	7	8
1	18,04	7,0	15 473	625,0	526,5		7,4
2	15,58	6,0	12 676	620,3	162,4	14 321,5	6,2
3	18,13	7,0	8 023	621,9	97,8	11 893,3	9,0
4	9,83	3,8	9 001	622,7	403,8	7 303,3	11,4
5	20,63	8,0	17 542	624,6	276,9	7 974,5	5,1
6	10,55	4,1	12 094	625,9	237,5	16 640,5	7,1
7	8,94	3,5	8 835	630,6	90,0	11 230,6	8,2
8	19,14	7,4	11 468	622,8	125,8	8 114,4	6,5
9	11,45	4,4	10 082	619,0	304,7	10 719,4	9,2
10	19,00	7,4	10 773	627,4	219,1	9 158,3	7,9
11	11,42	4,4	10 641	620,6	289,0	9 926,5	8,5
12	7,05	2,7	13 789	616,8	215,9	9 731,4	6,0
13	23,37	9,0	8 385	620,3	263,2	12 956,3	10,5
14	20,21	7,8	10 560	621,7	310,0	7 501,5	8,8
15	22,73	8,8	9 039	623,6	257,1	9 677,2	9,7
16a	11,11	4,3	13 125	623,4	189,3	8 207,4	6,2
17a	11,06	4,3	12 086	626,3	489,4	12 312,3	9,2
						10 970,3	
Zbroj Prosje.	258,24	100,0	11 388 42 136 kn	623,8 2,308 kn	261,2 966 kn		8,1

^aTi su iznosi računati po formuli

$$161\,074 \cdot \frac{p(P)}{100} \cdot \frac{1}{A}$$

p(A) - udjel ploštine konkretnog odjela u ukupnoj ploštini (tablica 21, kolona 3)
 P - ploština konkretnog odjela, ha (tablica 21, kolona 2)

^bTi su iznosi računati po formuli

$$T_{gv} \cdot 1,36 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{A}$$

T_{gv} - trošak gradnje vlaka (tablica 20, kolona 6)

1,36 - izraz kojim se troškovi gradnje uvećavaju za troškove održavanja

A - ploština konkretnog odjela, ha (tablica 21, kolona 2)

KRITERIJ TROŠKOVA ŠUMSKIH PROMETNICA – REZULTATI COST CRITERION FOR FOREST ROAD NETWORK – RESULTS

Otvaranje nekoga šumskog područja prometnicama u prvom je redu značajan investicijski trošak, koji se u gospodarenju šumom mora detaljno planirati. Stoga je utvrđivanje ekonomske opravdanosti izgradnje jedan od najzahtjevnijih poslova u gospodarenju šumom. Pritom je utvrđivanje mnogobrojnih sastavnica ove zadaće povezano s mnogim teškoćama. One se odnose na izračun očekivanih prihoda s površina koje se namjeravaju prometnicama otvoriti, procjenu elemenata buduće prometnice te izračun troškova gradnje primjenom različitih tehnologija gradnje i sredstava, izbor modela izračuna troškova održavanja i sl. Učinak otvaranja šuma u smislu smanjivanja ukupnih troškova transporta vidi se tek pri realizaciji etata u budućnosti.

Za određivanje ekonomskog potencijala šumskogospodarske cjeline utvrđeni su troškovi gradnje i održavanja šumskih cesta i traktorskih vlaka (kraće *šumske prometnice*) u jednoj ophodnjici, po jedinici ploštine svakoga odjela te uspoređeni s njihovim etatnim приходima. Zbog primjene ploštine kao ključa raspodjele troškova šumskih cesta na pojedine odjele ti su iznosi za šumske ceste jednaki; za GJ Belevine iznosili bi prosječno 623,8 DEM/ha, odnosno 2308,1 kn/ha. Troškovi gradnje i održavanja vlaka u izravnoj su vezi s duljinom stvarno izgrađenih vlaka u pojedinom odjelu te su u odnosu na ceste vrlo različiti od odjela do odjela; oni bi iznosili od 90 DEM/ha (= 333 kn/ha) do 526,5 DEM/ha (= 1948,1 kn/ha) ili prosječno 261,2 DEM/ha (= 966,4 kn/ha). To je dvostruko manje od prosječnog troška šumske ceste koja tereti pojedini odjel (623,8 DEM/ha, odnosno 2308,1 kn/ha).

Izračunati je prosječni trošak gradnje šumske ceste (57,2 DEM/m ili 211,6 kn/m) značajno manji od onoga što ga navodi Košir (99,1 DEM/m ili 366,7 kn/m za tvrdi teren). Ti se rezultati odnose 99,1 : 57,2 = 1 : 0,58. Kod traktorskih vlaka taj je odnos 24,8 (Košir) : 10,7 = 1 : 0,43.

Odnos troškova gradnje i održavanja šumskih prometnica prema vrijednosti etata jedne ophodnjice utvrđen je u rasponu od 5,1 % do 11,4 % ili prosječno 8,1 %. Takav je udjel posljedica troškova šumskih prometnica koji su u prosjeku mnogo niži od troškova koje uzima u obzir Kavčič.

Utvrdeni relativni iznosi troškova šumskih prometnica mnogo su manji od 31 %, što ih navodi Kavčič (za sve šume u Sloveniji); to znači da se u slučaju GJ Belevine radi o nadprosječnim sastojinama koje daju vrlo vrijedan etatni prihod.

Odnos ostvarene vrijednosti šumske bioproizvodnje i ulaganja u šumske prometnice kao uvjeta njezina racionalnog iskorištavanja iskazan kvocijentom etatnog

prihoda i troškova šumskih prometnica iznosi prosječno 12,3 s rasponom vrijednosti od 8,8 do 19,6.

U ovim istraživanjima utvrđeni relativni udjeli troškova šumskih prometnica u etatnim приходima koji im pripadaju svakako su najmanji relativni iznos naknade koju bi iskorištavatelj šume, za njezino korištenje trebao nadoknaditi šumovlasniku. Naši su podaci bili nedostatni za zaključivanje o tome da li bi visina takve naknade bila barem jednaka uštedama zbog izgrađene prometne mreže u iskorištavanju šuma.

REZULTATI I ZAKLJUČCI – RESULTS AND CONCLUSIONS

OPĆI REZULTATI – GENERAL RESULTS

Izrađena je metodologija izračuna etatnog prihoda i troškova šumskih prometnica kao najvažnijih ekonomski mjerljivih pokazatelja proizvodnog potencijala konkretne šumske cjeline.

KONKRETNI REZULTATI – REAL RESULTS

1. Dopunjene su diferencirane sortimentne tablice za najvažnije ekološko-gospodarske tipova šuma: 13 EGT-ova listača i 9 EGT-ova četinjača. Tablice sadrže, za svaki debljinski stupanj od 5 cm, relativne udjele obujma očekivanih vrsta sortimenata u neto drvu stabla. Zasebno je za svaki EGT utvrđen relativni iznos otpada.

2. Izgrađen je model za određivanje teorijski prilagođene distribucije sječivih stabala, po debljinskim stupnjevima, za listače i četinjače. Teorijske su distribucije izvedene iz konkretno ostvarenih distribucija drva pri sječi oko 20 000 stabala pri izradi sustava normi za planiranje sječe i izrade drva u prebornim šumama.

3. Određeni su oblik i parametri matematičkih funkcija za izračun prihoda od prodaje sortimenata očekivanih (planiranih) na pojedinačnom stablu te model za izračun 10-godišnje (etatne) prihodne vrijednosti sječivog drva.

4. Izrađen je sustav prepoznatljivih pokazatelja za razvrstavanje šumskogospodarskih jedinica i cjelina (odsjek, odjel, grupa odjela, šumski predjel, gospodarska jedinica...) prema njihovu gospodarskom potencijalu: *koeficijent kakvoće, prihodni broj, prihodni razred*.

5. Razvijen je model određivanja troškova gradnje i održavanja šumskih prometnica za konkretnu šumskogospodarsku jedinicu (od odjela naviše).

6. Izgrađen je metodološki postupak za usporedbu troškova gradnje i održavanja šumskih prometnica s etatnim приходima površina koje otvaraju.

ZAKLJUČCI – CONCLUSIONS

1. Pokazalo se da je tipološka klasifikacija šuma na ekološko-gospodarske tipove u sadašnjem trenutku neupitno najstručnija osnovica za izračun prihodne vrijednosti šumskih sastojina, šumskogospodarskih jedinica i cjelina. Tipološka obilježja dokazano imaju utjecaj na kakvoću (sortimentnu strukturu) i na količinu (obujam) etata.

2. Periodični je prihod od proizvodnje drvnih sortimenata (etatni prihod) najznačajniji ekonomski kriterij za određivanje intenziteta šumskih radova pri višenamjenskom gospodarenju šumama.

3. Etatni je prihod po jedinici površine (1 ha) je pouzdan sintetski pokazatelj ekonomskih i drvoproizvodnih potencijala šume jer objedinjuje količinske i kakvoćne sastavnice etata, ali i čitave sastojine.

Vrijednost etatnog prihoda značajno ovisi o:

- vrsti šume (EGT) i omjeru vrsta drveća
- obujmu etata koji je rezultat stanja šume iskazanog bonitetom staništa, drvnom zalihom, prirastom i obrastom
- kakvoći etata koja ovisi o zastupljenosti vrsta, njihovoj debljinskoj strukturi i karakteristikama te podobnosti da proizvedu što povoljniju sortimentnu strukturu.

4. Model izračuna etatnog prihoda polazi od prihodne funkcije za pojedinačno stablo temeljene na količinama očekivanih sortimenata i njima pripadajućih važećih prodajnih cijena. Zbrojem vrijednosti pojedinačnih stabala osiguran je najtočniji izračun prihodne vrijednosti većih cjelina - pruge, odjela, odsjeka itd.

5. Zbog obilježja debljinske strukture obujma drva koje u prebornim šumama slijede normalnu distribuciju, za utvrđivanje teorijskog broja stabala u pojedinom debljinskom stupnju etata moguće je upotrijebiti teorijsku distribuciju prilagođenu konkretnim podacima. Testiranjem je potvrđeno da se pritom postiže zadovoljavajuća točnost.

6. Kao osnova za razvrstavanje šuma po etatnom prihodu izabran je periodični prihod po jedinici površine. Osim što objedinjava količinske i kakvoćne pokazatelje drvoproizvodnih mogućnosti šuma, on ima odliku razumljive i prihvatljive uporabe u praksi, jer je iskazan po 1 ha prepoznatljivom jedinicom mjere, koja se tradicionalno primjenjuje u mnogim djelatnostima šumarske prakse. Iz toga osnovnog pokazatelja izvedeni su koeficijent kakvoće, prihodni broj i prihodni razred.

Koeficijent kakvoće pokazuje odnos konkretnog prihoda prema prihodu koji bi se ostvario da sav obujam etata čine trupci. Izračunava se iz odnosa prodajne vrijednosti konkretnog etata i vrijednosti etata u kojemu sav obujam čine trupci.

Prihodni broj je stoti dio novčane vrijednosti etata. Čini osnovu za formiranje prihodnih razreda.

Prihodni je razred (I - VI) razina ekonomskog potencijala šumskogospodarske jedinice. Određen je rasponom prihodnih brojeva.

7. Izgrađeni model određivanja troškova gradnje i održavanja šumskih prometnica, uz poznavanje etatnog prihoda, najvažniji je oslonac u kreiranju koncepcije otvaranja šume šumskim prometnicama, te jedna od osnova politike gospodarenja konkretnim šumskim površinama.

8. Izračunati prosječni trošak gradnje šumske ceste značajno je manji od onoga što se navodi u referentnoj literaturi. Takav je rezultat posljedica: (a) utvrđenih troškova gradnje i održavanja šumskih prometnica, koji su u prosjeku mnogo niži od literaturnih, (b) natprosječne kakvoće sastojina u GJ Belevine koju smo primjerno obradili.

9. Utvrđeni relativni iznosi troškova šumskih prometnica mogu se uzeti kao najmanji relativni iznos naknade koju bi iskorištavatelj šume za njezino korištenje trebao nadoknaditi šumovlasniku.

10. Povezano s primjenom informatičke tehnologije, banaka podataka i znanja, naši rezultati imaju široke mogućnosti primjene u operativnim istraživanjima (simulacije, linearno programiranje, ekspertni sustavi) za potrebe unapređenja gospodarenja šumama.

11. Daljnje utočnjavanje izračuna prihodne vrijednosti etata, ali i sastojina, moguće je jedino detaljnim istraživanjima utjecajnih čimbenika podloga ili osnovica na velikim uzorcima, statističkom obradom podataka i interpretacijom rezultata metodama šumarske ekonomike. U ovom radu to je primijenjeno pri konstrukciji sortimentnih tablica (rezultat ranijih istraživanja!) u izboru teorijske distribucije i gradnji prihodnih funkcijskih modela.

12. Istraženi i izgrađeni modeli pružaju mnogostruke potencijalne koristi; one su sadržane u rasponu od šumskogospodarskih, preko ekonomskih do političkih kategorija. U konkretnim je primjerima pokazano da one među sobom ne moraju biti jednakovrijedne. Koje će od njih i u kojoj mjeri biti iskorištene ovisi o šumarskom stručnjaku, koji pri višenamjenskom gospodarenju šumom, u konkretnoj šumi, mora biti jednako dobar poznavatelj ekoloških, ali i gospodarskih prilika i problema.

LITERATURA - REFERENCES

- Abegg, B., 1978: Die Schätzung der optimalen Dichte von Waldstraßen im traktorfahrbaren Gelände. Eidg. Anstalt für das forstliche versuchswesen, Mitteilungen, 54/2.
- Anko, B., 1985: Perspektive našega razvoja na području splošno koristnih funkcij gozda. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 26: 19-30, Ljubljana.
- Arnautović, R., 1975a: Određivanje srednje daljine privlačenja. Narodni šumar 4-6: 137-151, Sarajevo.
- Arnautović, R., 1975b: O gustoći mreže šumskih puteva. Narodni šumar 4-9: 139-211, Sarajevo.
- Backmund, F., 1985: Indices for the degree of accessibility of forest districts via lorry roads; Forstwiss. Cbl., 85: 11-12.
- Bartet, J. H., 1969: A model to determine the profitability of investments in road building, 120(9): 445-452.

- Bizjak, F., 1991: Osnove gospodarenja in razvoja podjetja. Biotehniška fakulteta Ljubljana.
- Bobek, S., & dr., 1993: Strateški management i projekti. Informator, Zagreb.
- Bojanin, S., 1980: Problemi klasifikacije šumskih terena. Meh. šumar., 5(5-6): 176-187, Zagreb.
- Bojanin, S., 1981: Problematika finog otvaranja sastojina s osvrtnom na klasifikaciju terena. Meh. šumar., 6(9-10): 275-286, Zagreb.
- Bojanin, S., 1983: Faktori optimalne otvorenosti šuma kod sekundarnog otvaranja. Meh. šumar., 8(11-12): 322-325, Zagreb.
- Brukner, M., M. Oluić & S. Tomanić, 1993: Metode razvoja geografskog i zemljišnog informacijskog sustava Hrvatske. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Bilten dalj. istr. fotointerpr., 12: 91-108, Zagreb.
- Brukner, M., S. Tomanić & M. Oluić, 1994: GIZIS - Geografski i zemljišni informacijski sustav. INA-INFO, Zagreb, str. 204 + IV.
- Cestar, D., 1967: Prilog diskusiji o primjeni tipologije u suvremenom uređivanju šuma. Šumarski list, 5-6, Zagreb.
- Cestar, D., 1967, 1974, 1986: Ekološkogospodarski tipovi. Radovi, Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb.
- Cestar, D., V. Hren, Z. Kovačević, J. Martinović & Z. Pelcer, 1986: Uputstva za izradu karte ekološkogospodarskih tipova gorskog područja (I.) SR Hrvatske. Radovi, Jastrebarsko-Zagreb, 21(4), posebno izdanje, str. 126.
- Courtis, J., 1994: Blefsikon menedžment. Prijevod djela: Bluff Your Way in Management (s engleskog prevela Katarina Ott), Mladinska knjiga, Zagreb, str. 72.
- Crkvenac, M., 1993: Ekonomika industrije i gospodarski razvoj Hrvatske. Informator, Zagreb.
- Dobre, A., 1983: Iskustva i problemi upotrebe mehanizacije u gradnji šumskih putova u Sloveniji. Zbornik Opatija, Zagreb, str. 427-431.
- Dobre, A., 1989: Ceste za prijevoz drva u Sloveniji i njihovo prometno opterećenje. Meh. šumar., 14(7-8): 135-140, Zagreb.
- Dobre, A., 1990a: Program odpiranja gozdov z gozdnimi cestami v obdobju 1991-2000. *Referat sa seminara o programiranju šumskih prometnica održanom u ožujku 1990. u Ljubljani*, str. 14.
- Dobre, A., 1990b: Količina dela in stroški gradnje gozdnih cest v odvisnosti od naklona terena in kategorije hribine. Zbornik gozdarstva in lesarstva 35: 83-118, Ljubljana.
- Dragičević, A., 1991: Ekonomski leksikon. Informator, Zagreb.
- Duerr, W. A., 1960: Fundamentals of Forestry Economics, McGraw-Hill Inc., New York-Toronto-London.
- Duerr, W. A., 1993: Introduction to Forest Resource Economics. McGraw-Hill Inc., New York.
- Ecimović, T., & B. Meštrić, 1989: Projektiranje šumskih kamionskih cesta korištenjem osobnog računala. Meh. šumar., 14(1-2): 33-38, Zagreb.
- Figurić, M., 1994: Osnove ekonomike proizvodnje u šumarstvu i preradi drva; odabrana poglavlja za studente šumarstva i drvne industrije, I. dio. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 120.
- Figurić, M., 1995: Osnove gospodarenja; odabrana poglavlja za studente šumarstva i drvne tehnologije, II. dio. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 123.
- Golubović, U., 1971: Istraživanje relativne diferencijalne rente u ekonomskim šumama Gorskog kotara, studija u izdanju Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 76.
- Golubović, U., 1992: Istraživanje ekonomskih posljedica sušenja jele u Gorskom kotaru (tip I-C-40), Glas. šum. pokus., Zagreb, str. 213-236.

- Harapin, M., & J. Vukelić, 1993: Zaštita i očuvanje europskih šuma, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva RH, Zagreb.
- Herpay, I., 1984: Veća otvorenost šuma, uspješnije gospodarenje. Meh. šumar., 9(9-10): 225-232, Zagreb.
- Heeg, B., 1975: Forest valuation theory: fundamentals of forest economics. Verlag M. & H. Schaper, VII + 135. Hanover.
- Hitrec, V., 1973: Izjednačenje podataka metodom najmanjih kvadrata bez gaussovih normalnih jednadžbi, Šumarski list, 79(7-8), Zagreb.
- Hitrec V., & D. Horvat, 1987: Jedna metoda određivanja regresijskog modela na primjenu krivulje klizanja kotača, Meh. šumar., 12(11-12): 177-181, Zagreb.
- Horvat, D., & S. Sever, 1983: Mogućnost mjerenja nekih karakteristika tla i njihova primjena pri klasifikaciji šumskih terena s obzirom na prohodnost vozila. Zbornik Opatija, Zagreb, str. 167-173.
- Horvat, D., 1994: An exponential correlation model for penetration characteristics of soil and wheel slip curve. Interactive workshop and seminar: FORSITRISK - Soil, Tree, Machine Interactions, Feldaafing, p. 5.
- Hultman, S. G., 1977: Urban forestry in the USA - Description and 'lesson for Sweden'. Sveriges-Skogsvardsforbunds-Tidskrif, 75:4, 299-321, Stockholm.
- Igrčić, V., 1978a: Izgradnja komunikacija u programu Projekta V znanstveno-istraživačkog rada, Meh. šumar., 3(1-2): 1-2, Zagreb.
- Igrčić, V., 1978b: Privremeni tehnički propisi za prostorno planiranje i projektiranje šumskih prometnica. Meh. šumar., 3(1-2): 14-15, Zagreb.
- Jeličić, V., 1981: Mreže transportnih puteva i vlaka. Meh. šumar., 6(11-12): 351-367, Zagreb.
- Jeličić, V., 1983: Otvaranje šuma primarnom i sekundarnom mrežom šumskim puteva. Meh. šumar., 8(11-12): 307-316, Zagreb.
- Kaiser, F., D. Schweitzer & P. Brown, 1984: Proceedings for economic value analysis of multiple-use forestry. Oregon State University.
- Kavčič, S., & dr., 1989: Merjenje gospodarske zmogljivosti gozdnogospodarskih ombočji v SR Sloveniji. Strokovna in znanstvena dela, 103, str. 211, Ljubljana.
- Kavčič, S., 1989: Razlike v ekonomski zmogljivosti med gozdnogospodarskimi ombočji v SR Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 33: 81-96, Ljubljana.
- Klasić, S., 1992: Organizacijsko-ekonomska priprema gospodarskog računa u radnim jedinicama šumarstva. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 198.
- Klepac, D., 1963: Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina. Znanje, Zagreb, 299.
- Klepac, D., 1965: Uređivanje šuma. Znanje, Zagreb, 341.
- Knežević, I., 1981: Nešto o širini svijetle pruge i optimalne gustoće mreže šumskih prometnica. Meh. šumar., 6(3-4): 120-130, Zagreb.
- Knežević, I., 1991: Prilog istraživanju određivanja optimalne gustoće šumskih prometnica u prebornim šumama Gorskog kotara. Meh. šumar., 16(1-4): 11-15, Zagreb.
- Knežević, I., D. Pičman & H. Jakovac, 1991: Utjecaj načina gospodarenja na optimalnu gustoću šumskih prometnica u prebornim šumama Gorskog kotara. Meh. šumar., 16(1-4): 16-19, Zagreb.
- Knežević, I., D. Pičman & H. Jakovac, 1991: Neravnomjernost intenziteta sječe odjela čimbenik pri utvrđivanju srednje udaljenosti privlačenja u prebornim šumama Gorskog kotara. Meh. šumar., 16(1-4): 20-24, Zagreb.
- Knežević, I., & S. Sever, 1992: Računalom podržano određivanje optimalne gustoće traktorskih vlaka pri stalnoj gustoći kamionskih cesta. Meh. šumar., 17(3-4): 20-24, Zagreb.

- Knežević, I., & S. Sever, 1992: Računalom podržano određivanje optimalne gustoće traktorskih vlaka pri stalnoj gustoći kamionskih cesta. Meh. šumar., 17(3-4): 41-51, Zagreb.
- Košir, B., 1982: Informacija o klasifikaciji terena za organizacijsko-tehnološke potrebe procesa šumarstva, Meh. šumar., 7(5-6): 146-148, Zagreb.
- Košir, B., 1990: Ekonomsko-organizacijski vidiki razmejivte delovnoga območja žičnih naprav in traktorjev pri spravilu lesa. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo. str. 337.
- Košir, B., & J. Krč, 1994: Razmjerja med funkcijami gozdov z vidika omejitvev pri opravljanju gozdnih del. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 45: 115-189, Ljubljana.
- Krajski, W., 1970: Product, value and prices in forestry. Folia for. polon., 16: 5-42.
- Kraljić, B., 1952: Ekonomski elementi proizvodnje socijalističkog šumarstva, Zagreb, str. 396.
- Kraljić, B., 1969: Najprikladniji sintetski pokazatelj vrijednosti drva na panju u svrhu bilanciranja uspjeha proizvodnje drva na panju. Šumarski list, (7-8): 270-280, Zagreb.
- Kraljić, B., 1971: Procjena vrijednosti šuma i bilanciranje uspjeha u biološkoj šumarskoj proizvodnji u Jugoslaviji. Simpozij povodom 300-godišnjice Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 147-159.
- Kraljić, B., 1971: Ekonomsko-organizacijske karakteristike i problematika šumarstva Jugoslavije, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Kraljić, B., 1982: Ekonomika šumarstva. Separat. Informator, Zagreb.
- Kraljić, B., 1984: Teorijsko-metodološka istraživanja važnijih organizacijskih i ekonomskih elemenata privređivanja u šumarstvu; (Organizacijski i ekonomski prilozi stabilizaciji šumarstva): Radovi, Jastrebarsko, vol 19, br. 63
- Kraljić, B., 1988: Ekonomika šumarstva. Posebni dio, str. 103-155, Zagreb.
- Kraljić, B., 1991: Računanje vrijednosti šuma i šumska statika. Vlastita naklada, Zagreb.
- Kraljić, B., 1994: Traženje optimalne metode u iskorištavanju šuma. Meh. šumar., 19(1): 33-38, Zagreb.
- Kraljić, B., 1995: Financijska suradnja šumovlasnika pri izgradnji, održavanju i korištenju zajedničke šumske prometnice. Meh. šumar., 20(1): 41-43, Zagreb.
- Križanec, R., 1986: Nastavno-pokusni šumski objekti (NPŠO): Zalesina. Glas. šum. pokuse. Pos. izd. II, Zagreb.
- Križanec, R., 1993a: Kako evidenciji sječa po broju stabala proširiti stupanj informativnosti (Evidencija po godinama sječe). Šumarski list, (1-2): 33-51, Zagreb.
- Križanec, R., 1993b: Distribucija drvnih masa u prebornoj doznaci (Evidencija po godinama sječe). Šumarski list, (6-8): 259-280, Zagreb.
- Križanec, R., 1993c: Evidencija sječa po uzrocima doznake (Evidencija po godinama sječe). Šumarski list, (9-10): 383-402, Zagreb.
- Krpan, A., 1983: Utjecaji nekih reljefnih karakteristika na otvaranje šuma u SR Hrvatskoj. Meh. šumar., 8(9-10): 266-271, Zagreb.
- Krpan, A., 1990: Prilog klasifikaciji šumskih terena u svjetlu eksploatacije šuma u teškim uvjetima. Meh. šumar., 15(5-6): 107-110, Zagreb.
- Krznar, A., 1987: Utjecaj debljinske strukture na vrijednost sastojine. Šum. list, (10-12): 631-643, Zagreb.
- Krznar, A., 1991: Tipološka istraživanja - historijat, sadašnjost i pravci razvoja. Šum. list, 115(6-9): 351-360, Zagreb.
- Kulušić, B., 1990: Karakteristike šumskih terena kao indikatori izbora tehnologije privlačenja drva. Meh. šumar., 15(3-4): 63-70, Zagreb.
- Kušan, V., V. Vondra, I. Martinić, M. Ananić & R. Belušić, 1992: Linking GIS and harvest regression models for planning; hrv. Povezivanje GIS-a i modela za planiranje sječe.

- Proceedings of International IUFRO symposium Computer supported planning of roads and harvesting workshop, Feldafing, str. 220-228.
- Löffler, H. J., 1991: Klasifikacija terena za šumarstvo. Meh. šumar., 16(1-4): 25-44, Zagreb.
- Lovrić, N., 1964: Određivanje srednje daljine prijenosa kod centralnog privlačenja pomoću težišta. Šumarski list, (11-12): 496-506, Zagreb.
- Lovrić, N., 1976: Mogućnost primjene centralnog izvlačenja kod planiranja i projektiranja šumskih transportnih sustava, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 200.
- Lovrić, N., 1976: Armirano tlo u izgradnji šumske putne mreže, Meh. šumar., 1(1-2): 39-45, Zagreb.
- Lovrić, N., 1978: Prilog problematici planiranja i izgradnji šumskih transportnih sistema. Meh. šumar., 3(11-12): 304-311, Zagreb.
- Lovrić, N., 1980: Kameni materijali u izgradnji šumske putne mreže. Meh. šumar., 5(3-4): 97-106, Zagreb.
- Lovrić, N., 1981a: Neka rješenja izgradnje šumske cestovne mreže u nizinskim šumama poplavnog područja. Meh. šumar., 6(3-4): 85-96, Zagreb.
- Lovrić, N., 1981a: Obnova i održavanje šumske cestovne mreže. Meh. šumar., 6(3-4): 97-106, Zagreb.
- Lovrić, N., 1981c: Sigurnost izgradnje i odvijanja prometa šumskih transportnih sistema izvlačenja. Meh. šumar., 6(11-12): 343-349, Zagreb.
- Lovrić, N., 1982a: Teorijska razmatranja o primjeni plastične netlon mreže u cestogradnji nizinskih šumskih transportnih sustava. Meh. šumar., 7(3-4): 62-74, Zagreb.
- Lovrić, N., 1982b: Klasifikacija šumskih terena s aspekta novih propisa građenja šumskih cestovnih transportnih sustava. Meh. šumar., 7(9-10): 237-247, Zagreb.
- Lovrić, N., 1983a: Ocjena kvalitete kolničke vozne površine šumskih kamionskih cestovnih prometnica. Zbornik Opatija, 433-438, Zagreb.
- Lovrić, N., 1983b: Primjena logistike kod otvaranja šumskih predjela cestovnim prometnicama. Meh. šumar., 8(9-10): 254-260, Zagreb.
- Lovrić, N., 1984: Gradnja šumskih cestovnih prometnica za transport drvene mase, odnosno sitnog drva s aspekta potrošnje. Meh. šumar., 9(9-10): 196-200, Zagreb.
- Lovrić, N., 1985: Analiza transportnih cestovnih i gospodarskih sustava u procesu planiranja otvorenosti šumskih predjela. Meh. šumar., 10(9-10): 225-227, Zagreb.
- Lovrić, N., 1986: Problematika planiranja i projektiranja šumskih cestovnih prometnica sa stajališta zaštite čovjekove okoline. Meh. šumar., 11(9-10): 137-140, Zagreb.
- Marszalek, T., 1988: A point method for determining the multiple value of forest units. Las-Polski, 19: 12-13.
- Martinić, I., 1988: Utjecaj snijega na sječu i izradu drva u šumama Gorskog kotara. Šumarski list, (11-12): 497-506, Zagreb.
- Martinić, I., & V. Vondra, 1989: Elementi planiranja i njihovo ostvarenje pri sječi i izradi drva. Meh. šumar., 14(1-2): 11-18, Zagreb.
- Martinić, I., 1990a: Application of Time Study Results at Computer-Aided Cutting and Primary Wood Conversion; hrv. Primjena rezultata studija vremena kao osnovice za planiranje sječe i izrade podržano računalo. Proceedings of International symposium "Developments on Work Studies in Forestry". Solun, str. 127-136.
- Martinić, I., 1990b: Matematički modeli za planiranje činilaca sječe i izrade drva u prebornim šumama. Šumarski list, (3-5): 133-139, Zagreb.
- Martinić, I., 1991: Oštećenje sastojine pri obaranju stabala, izradi i privlačenju drva. Šumarski list, (1-2): 33-47, Zagreb.

- Martinić I., S. Tomanić & V. Vondra, 1992: Work study database as a basis for harvest planning software; hrv. Banke podataka studija vremena kao osnovice softvera za planiranje sječe i izrade. Proceedings of International IUFRO symposium "Computer supported planning of roads and harvesting". Workshop. Feldafing, str. 220-228.
- Martinić, I., 1993a: Neke činjenice u svezi sa šumskim radovima. Glas. šum. pokuse. Pos. izd. 4: 321-330, Zagreb.
- Martinić, I., 1993b: Šumski rad na prekretnici - švedsko viđenje razvoja. Meh. šumar., 8(3): 135-142, Zagreb.
- Martinić, I., 1995: Ključ unapređenja gospodarenja šumama nije u manjoj nego u drukčijoj proizvodnji!, *Gospodarstvo i okoliš*, 3(2): 123-124, Zagreb.
- Matić, S., 1983: Neki biološki pokazatelji učinka mehanizacije u uzgajanju šuma. Zbornik Opatija, Opatija-Zagreb, str. 613-619.
- Matić, S., 1990: Šume i šumarstvo Hrvatske jučer, danas, sutra. Glas. šum. pokuse, 26: 33-56, Zagreb.
- Matić, S., 1992: Šume u Hrvatskoj; Uzgajanje šuma preborne šume. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, gl. ur. Rauš Đ., Zagreb, str. 92-95.
- Medvedović, J., 1991: Sinekologija zajednice obične jele (*Abies alba* Mill) u sjevernoj Hrvatskoj i floristički parametri važni za gospodarenje bukovo-jelovim šumama. Šumarski list, (3-4): 303-317, Zagreb.
- Meštrović, Š., 1987: Uređivanje šuma u našem zakonodavstvu i praksi. Glas. šum. pokuse. Pos. izd. 3, Zagreb.
- Meštrović, Š., & G. Fabijanić, 1995: Priručnik za uređivanje šuma. Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Hrvatske - JP "Hrvatske šume", Zagreb, str. 416.
- Močan, D., 1983: Otvorenost šuma ŠG Delnice. Zbornik Opatija, Zagreb, str. 259-262.
- Muir, W. D., 1964: Forestry as an economic form of land use. Aust. Timber Journal, 30:2, 22-31.
- Naisbitt, J., 1990: Megatrends 2000, Morrow, New York.
- Nenadić, Gj., 1922: Računanje vrijednosti šuma i šumska statika. Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb.
- Nikolić, S., 1983: Optimalna gustina mreže i opšta problematika gradnje puteva za prvu fazu transporta drveta privlačenje, Meh. šumar., 8(9-10): 261-265, Zagreb.
- O'Connell, P. F., 1972: Valuation of timber, forage and water from national forest lands. *Annals of Regional Science*, 6:2, 1-14; Bellingham, Washington.
- Pavlič, I., 1965: Statistička teorija i primjena; poglavlje 7.2 Prilagodavanje empiričkim podacima, str. 396.
- Pičman, D., 1993: Utjecaj konfiguracije terena i hidrografskih prilika na ekonomsku opravdanost izgradnje optimalne mreže šumskih prometnica. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 112 + V.
- Plavšić, M., 1948: O određivanju šumske takse. Glasnik za šumske pokuse br. 9
- Plavšić, M., & R. Benić, 1954: Da li je šuma osnovno sredstvo ili prirodno dobro. Šumarski list, 4, Zagreb.
- Plavšić, M., 1960: Šumarska i drvnoindustrijska ekonomika. Skripta, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Plavšić, M., B. Kraljić & Z. Potočić, 1966: Uputstva za primjenu Pravilnika o utvrđivanju vrijednosti šuma. Republički sekretarijat za privredu SRH, 1966.
- Potočić, Z., 1958: Zakon vrijednosti u šumarstvu. Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Zagrebu.
- Potočić, Z., 1965: Ekonomika šumarstva, Zajednica studenata Ekonomskog fakulteta Osijek.
- Potočić, Z., 1971: Političko ekonomska suština Barthine formule. Šumarski list, Zagreb, 11-12.
- Potočić, Z., 1972: Šuma - ekonomski fenomen. Šumarski list Zagreb, str. 31-39.
- Potočić, Z., 1977: Ekonomika šumske privrede, Sveučilište u Osijeku, Osijek, 144 str.

- Potočnik, I., M. Šinko & I. Winkler, 1991: Ekonomska narava naložb v gozdne ceste. Zbornik gozdarstva in lesarstva 37, Ljubljana.
- Pranjić, A., 1990: Šumarska biometrika. Liber, Zagreb, str. 204.
- Prodan, M., 1968: The valuation of social forest functions near towns and cities. Allg. Forst- u. Jagdzt, 139(6): 131-138.
- Rebula, E., 1981: Optimalna otvorenost šuma. Meh. šumar., 6(3-4): 107-119, Zagreb.
- Rebula, E., 1983: Optimalna gustoća vlaka. Meh. šumar., 8(11-12): 317-321, Zagreb.
- Rebula, E., & B. Košir, 1988: Gospodarnost razliĉnih naĉinova spravila lesa. Strokovna in znanstvena dela, 96: 123, Institut za gozdno i lesno gospodarstvo, Ljubljana.
- Rebula, E., 1991: Posljedice gradnje vlaka u šumi. Meh. šumar., 16(1-4): 3-10, Zagreb.
- Rideout, D., 1985: Managerial finance for silvicultural systems. Canadian Journal of Forest Research, 15:1, 163-166.
- Sabadi, R., 1992a: Ekonomika šumarstva. Školska knjiga Zagreb, Zagreb, str. 280.
- Sabadi, R., 1992b: Šumarska politika. Stuba, Zagreb.
- Samser, I., 1976: Razvitak metode i tehnike rada u šumarstvu (preveo i uredio: Tomanić S.), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 70.
- Samuelson, P. A., & W. Nordhaus, 1992: Ekonomija. 14. izdanje, Mate, Zagreb, str. 783.
- Sever, S., & D. Horvat, 1981: Utjecaj nekih karakteristika tla na prohodnost vozila te prijedlog za njihovo prouĉavanje kod izrade klasifikacije šumskih terena. Meh. šumar., 6(9-10): 287-299, Zagreb.
- Sever, S., V. Golja & D. Horvat, 1983: Neke nove mogućnosti pri odabiru opreme za gradnju traktorskih vlaka. Meh. šumar., 8(9-10): 272-286, Zagreb.
- Speidel, G., 1952: The 'piece-number/volume law' and its significance for international comparisons of performance in forest work. Gesellschaft fur forstliche Arbeitswissenschaft, V, -40, Reinbek
- Supek, R., 1973: Ova jedina Zemlja. Globus, Zagreb, str. 343.
- Tičerić, D., 1990: Utjecaj relevantnih faktora na određivanje optimalne gustine mreže šumskih puteva. Meh. šumar., 15(3-4): 55-62, Zagreb.
- Tičerić, D., 1991: Konfiguracija terena kao faktor optimalne gustine mreže šumskih puteva. Šumarstvo, (3-4): 33-43, Beograd.
- Tomanić, S., 1983: Razvitak i primjena suvremenih dostignuća, osnove unapređenja proizvodnosti i humanizacije rada u šumarstvu. Zbornik Opatija, Opatija-Zagreb, str. 71-80.
- Tomanić, S., 1987: Kompleksna istraživanja organizacije proizvodnje u proredama sastojina. Meh. šumar., 12(11-12): 194-200, Zagreb.
- Tomanić, S., 1989: Može li šumarstvo proizvoditi više? Meh. šumar., 14(1-2): 2, Zagreb.
- Tomanić, S., 1993: Facts about forestry of Croatia. IUFRO S3.04 Subject area planning session. Auburn, Alabama - USA, p. 9.
- Tomanić, S., 1994: Normiranje informacijskih sustava u šumarstvu. Meh. šumar., 19(2): 121-128, Zagreb.
- Tomanić, S., 1995: Čovjek i šumski rad - vremenske perspektive. Arh hig rada toksikol, 46(1): 55-63, Zagreb.
- Ugrenović, A., 1957: Eksploatacija šuma. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
- Vondra, V., & I. Martinić, 1987a: Dopuna sustava regresijskih modela za planiranje osnovnih činilaca sječe i izrade u prebornim šumama. Studija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 9.
- Vondra, V., & I. Martinić, 1987b: Mogućnost primjene sistema jednadžbi za planiranje osnovnih činilaca sječe i izrade drva u ŠG "Lika" Gospić. Studija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 12.

- Vondra, V., & I. Martinić, 1988: Pogonsko vrijeme rada motorne pile pri sječi i izradi drva. Studija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 9.
- Vondra, V., 1989a: Utjecaj metode rada i ekološko-gospodarskog tipa šume na strukturu radnog vremena i proizvodnost rada pri sječi i izradi jelovine. Šumarski list, Zagreb.
- Vondra, V., & I. Martinić, 1989b: Normativi za potrošnju goriva i maziva pri izradi višemetarskog industrijskog drva. Studija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 7.
- Vondra, V., & I. Martinić, 1989c: Modeli za planiranje rada pri sječi i izradi drva u panjačama bukve, kulturama četinjača i sastojinama običnog bora. Studija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 12.
- Vondra, V., & I. Martinić, 1989d: Provjera ostvarenja planom predviđenih obujma i strukture sortimenata za sječivi etat ŠG "Lika" Gospić. Studija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 12.
- Vondra, V., & I. Martinić, 1989e: Organizacijski, tehnički i tehnološki uvjeti efikasnijeg korištenja traktora LKT na privlačenju drva. Meh. šumar., 14(1-2): 3-10, Zagreb.
- Vondra V., S. Tomanić & I. Martinić, 1989: Istraživanje prijevoza drva. Meh. šumar., 14(1-2): 9-24, Zagreb.
- Vondra, V., S. Tomanić, I. Martinić & M. Majačić, 1990: Fizičko opterećenje radnika pri gradnji traktorskih vlaka, privlačenju oblovine i ručnom utovaru prostornog drva. Radovi, Jastrebarsko, 25(1): 43-58.
- Vondra, V., 1991: Istraživanje i primjena matematičkih modela za planiranje i kontrolu radova u šumarstvu. Disertacija. Šumarski fakultet u Zagrebu, str. 335.
- Vondra V., & I. Martinić, 1991: Dopuna sustava modela za planiranje i pripremu sječe i izrade u prebornim šumama Gorskog kotara, Hrvatskog primorja i Like. Studija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb-Delnice, str. 18.
- Wasterlund, I., 1989: Skelet šumskog tla ograničavajući činitelj prijenosa sile sa šumarskih strojeva na podlogu. Meh. šumar., 14(11-12): 211-214, Zagreb.
- Weimann, H. J., 1981: Financial contracts for military use of forests. Allgemeine-Forstzeitschrift, 26, p. 652-655.
- Winkler, I., 1992a: Družbeni in ekonomski vidiki mnogonamenskoga gospodarjenja z gozdovi. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 40, Ljubljana.
- Winkler, I., 1992b: Oddaja del in prodaja lesa iz javnih gozdov. Strokovna in znanstvena dela, 111, Ljubljana.
- Winkler, I., 1993: Ekonomsko vrednotenje škod, ki jih v gozdovih povzročaju požari. Gozdarski vestnik 51(9): 394-400, Ljubljana.
- Winkler, I., 1995: Ekonomika gozdarstva. Študijsko gradivo. Univerza v Ljubljani - Biotehniška fakulteta, Ljubljana, str. 58.
- Winkler, I., B. Košir, J. Krč & M. Medved, 1994: Kalkulacije stroškov gozdarskih del. - Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete, Ljubljana.
- Zdjelar, M., 1989: Izgradnja traktorskih vlaka, Meh. šumar., 14(1-2): 27-32, Zagreb.
- Zdjelar M., 1990: Utjecaj metoda gradnje traktorskih vlaka na proizvodnost i ekonomičnost rada, oštećivanje stabala i naprezanje radnika. Meh. šumar., 15(1-2): 3-28, Zagreb.
- * Cjenik glavnih šumskih proizvoda. JP "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, Zagreb 1993.
- * HRVATSKE ŠUME '93, ljetopis u riječi, slici i brojci (grupa autora: gl. ured. B. Tomičić), izdavač: JP "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, Zagreb 1993.
- * Izgradnja traktorskih vlaka primjenom novih tehnologija, (grupa autora: ured. T. Ecimović), Meh. šumar., 12(1-2): 22, Zagreb 1987.
- * Pravilnik o izradi šumskoprivrednih osnova, osnova gospodarjenja, programa za unapređivanje šuma. NN 47/1968, Zagreb.

- * Pravilnik o izradi šumsko privrednih osnova, osnova gospodarenja i programa za unapređenje šuma. NN/1976, Zagreb.
- * Pravilnik o minimalnoj stručnoj spremi i radnom iskustvu voditelja izrade pojedinih vrsta projekata, rukovodioca gradilišta odnosno radova i osoba koje provode nadzor, Meh. šumar., 3(1-2): 39-51, Zagreb 1978.
- * Pravilnik o načinu izrade šumsko gospodarskih osnova područja, osnova gospodarenja gospodarskim jedinicama i programa za gospodarenje šumama. NN/1981, Zagreb.
- * Pravilnik o načinu izrade šumskogospodarskih osnova područja, osnova gospodarenja gospodarskim jedinicama i programa za gospodarenje šumama. NN 42/1985, Zagreb.
- * Pravilnik o uređivanju šuma. NN 52/1994, Zagreb.
- * Pregled cijena izgradnje šumskih kamionskih cesta. JP "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, Uprava šuma Delnice, (autor: T. Ećimović), Delnice 1992.
- * Priručnik za izradu i sastav osnove gospodarenja za gospodarsku jedinicu. Poslovno udruženje šumsko-privrednih organizacija Zagreb, Zagreb 1970.
- * Privremeni tehnički propisi za projektiranje šumskih prometnica. Nacrt Radne grupe. Meh. šumar., 3(1-2): 16-21, Zagreb.
- * Šumarsko-tehnički priručnik. (Ur. R. Benić), Sekcija šumarstva i drvne industrije Društva inženjera i tehničara Hrvatske, Zagreb 1956.
- * Šumarstvo i prerada drva Gorskog kotara i Hrvatskog primorja. Izdanje povodom 18. IU-FRO svjetskog kongresa u Ljubljani, GPŠG Delnice, Delnice 1986, str. 44.
- * Šumarska enciklopedija. Leksikografski zavod Hrvatske, Zagreb 1980-1987.
- * Zakon o šumama Republike Hrvatske. NN br. 52/1990, Zagreb.
- * Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o šumama. NN br. 41/1990, Zagreb.

THE EVALUATION OF ECONOMIC POTENTIALS OF SELECTION FORESTS

Summary

The Introduction systematically discusses the basics of forest management. Considering the multiple role of the forest, its specialities and limitations in managing them, we offer the definitions of the forest in terms of ecology, economics, law and other respects. Forestry as to its activities, and the basic characteristics of business and production are analyzed. Knowing these special fields is important for preventing the unwanted consequences resulting from ignorance of forests, forest production and forestry. This knowledge is important for coordination of total benefits from forestry with social requirements. We separately present the legislation concerning economy and particularly forest management with corresponding financial resources. 'Introduction' ends with the general evaluation of Croatian forest resources.

The chapter titled Theoretical Basics of the Research Subject analyzes and evaluates forest functions. Associated with this, and on the basis of adequate literature, the function of wood production, the function of producing secondary forest products, and the generally useful forest functions are analyzed. For human society all these forest functions are indispensable though not equal in value. The principle of indispensable importance and unequal values demands forest classification in view of combination of its functions and their use. There is a short presentation of the most frequent methods of stand value calculation, highlighting the necessity of individualizing every forest area as the subject of value calculation due to stand diversity in terms of structure, location, habitat, tree species etc. Another precondition of correct forest value calculation is the application of specialist methods and employment of forest experts. The laws and costs of forestry production, and wood price formation on the market are discussed in separate sections. The production costs associated with wood assortments and creation of logging conditions - forest road and skidding track building - are discussed separately within the production costs. In connection with market prices of wood, the terms market price, rent or forest tax, absolute, differential and monopoly rent, and extra profit are explained.

Attention is given to the necessity of developing the methodology of forest evaluation with parallel involvement into higher forest functions.

The chapter titled Subject, Purpose and Research Methods defines the research issue with the general and special aims. The evaluation of economic possibilities is chosen to be the research focus, based on money value of the periodical wood production and the constructed forest road network. The first criterion is the volume

and quality of the typologically classified forest felling volume. The second is made up from the type and length of the forest roads with corresponding costs of building and maintaining. Selection forests as research subject are described through basic forest estimation indicators, property structure, typological classification, current health status, etc. The idea of structural elements normality (wood stock, number of trees, felling diameter, increment) of selection forests are discussed here. There is also a detailed review of the results and methods of our previous research (Tomanić, Vondra and Martinić, and others) in selection forests. These results are the basics for the research on the central issue. At the end of the chapter is the sequence of the research and work methods.

The chapter titled Criteria of Volume and Felling Quality focuses on the correctness of felling volume calculation. The felling volume coefficient is established as a relation between the correctly computed and normal felling volume. The idea of felling volume quality is determined with special analysis of diameter structure, ripeness, tree condition and typology all influencing the felling quantity. The assortment tables used for determining the assortment volume within the felling quantity are analyzed. Two mathematical models are used as supplements to earlier research on the particular assortment tables: for calculation of the veneer logs proportion in net wood mass, and the proportion of waste in gross wood mass. New improved assortment tables are introduced. With the realized sale prices they form the base for felling quantity profit calculation. The parameters of the felling volume income functions are determined with the regression methods and a general form equation $Y = a \cdot X^b$. The coefficient of felling quality as an indicator of the relation between the calculated income felling value and the one which would be achieved if the total wood assortment structure consisted only of logs. The periodic (10 years) and yearly indicators of felling volume income per 1 ha of the realized forest area and per 1 m³ of the realized felling gross and net timber are also defined. Three examples are used to present and test the model for determining the felling volume income through diameter structure of the felling quantity, done by means of theoretical distribution. The dependency of the felling income upon the ecological/economic forest type is analyzed; a suggestion for forest classification according to the felling income through income classes and income numbers is explained. According to the span between the highest and lowest values of the income numbers, six income classes are formed. The span of the income number values is defined. The chapter ends with a presentation of checking the application of a developed model for calculation of the felling quantity income value as applied to 17 departments in the "Belevine" forest management.

The chapter Criterion for the Costs of Forest Road Network presents the classification and the importance of roads in forest management. With reference to the literature, the criteria and definitions of the optimal forest accessibility and mean hauling distance are explained. A special attention is given to the economically positive and negative sides of forest road building. There is a detailed presentation of building and maintenance of forest roads and skidder trails in view of their costs.

Based on the collected data on the finished truck roads and skidder tracks on the territory of the Delnice Forest Management, a model for calculation of money value of forest road network is formed. The example of the Belevine management unit is used to compare the periodic felling volume income, building cost and road maintenance and the periodic costs of building and maintenance of skidding tracks, all per stand area unit of 1 ha. Considering the relative relation between building costs and maintenance of forest roads and corresponding felling income, the minimum relative reimbursement to the forest owner for the use of finished road network is suggested.

Chapter titled Results, Uses and Conclusions contains summarized major results classified as contributions to the methodology of forest economics, and those applicable in forestry practice. The part titled Uses lists the possibilities in applying the results to planning, forming and management, particularly in (1) defining the management policy against local, regional and general needs and interests; (2) deciding on the additional or alternative management solutions; (3) investment planning; (4) classification of forests in income types; (5) defining the reimbursement for using forest roads or in indemnification processes; (6) development of forest evaluation methodology with parallel involvement of several forest functions; (7) simulation of effects of different forestry organization variants.

Conclusions summarize the aims and basics, principles and work results, with possible uses of further development of such research.

Versatile analysis has confirmed, that the typological classification of forests in ecological-economic types is the most professional one for calculation of income value of forests.

Periodic income per real stand area unit has been chosen as a base for evaluation of the forest area economic possibilities. To compare and classify the economic possibilities of stands, the following factors have been formed: felling volume coefficient, felling quantity coefficient, income numbers and classes.

Author's address:
Ivan Martinić
Faculty of Forestry
HR – 10 000 Zagreb
P. O. Box 178

MARILENA IDŽOJTIĆ

MORFOLOŠKA OBILJEŽJA I USPIJEVANJE NEKIH DVOIGLIČAVIH MEĐUVRSNIH HIBRIDA BOROVA NA POKUSNIM PLOHAMA ĐURĐEVAČKI PESKI I U ARBORETUMU LISIĆINE

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GROWING OF SOME TWO-NEEDLE INTERSPECIFIC PINE HYBRIDS ON PLOTS OF ĐURĐEVAČKI PESKI AND IN THE ARBORETUM LISIĆINE

Prispjelo: 18. 7. 1996.

Prihvaćeno: 2. 9. 1996.

Analizirana su tri morfološka obilježja iglica *Pinus nigra* Arn., *P. sylvestris* L., *P. densiflora* Sieb. et Zucc., njihovih F₁ hibrida i F₂ hibrida: 1. dulj ina iglica; 2. broj zubaca uz rub iglica i 3. broj pruga puči na gornjoj strani iglica. Diskriminantnom je analizom pokazana mogućnost razlikovanja vrsta i njihovih hibrida te mogućnost naknadne klasifikacije novih uzoraka na osnovi triju istraživanih obilježja iglica.

Na tri pokusne plohe u Hrvatskoj analizirano je preživljavanje, oštećenost od borova savijača (*Evetria buoliana* Schiff.) i rast različitih hibridnih kombinacija četiriju vrsta borova: *P. nigra*, *P. sylvestris*, *P. densiflora* i *P. thunbergiana* Franco, te kontrolnih biljaka.

Ključne riječi: *Pinus nigra* Arn., *P. sylvestris* L., *P. densiflora* Sieb. et Zucc., *P. thunbergiana* Franco, međuvrsni hibridi, morfologija iglica, diskriminantna analiza, preživljavanje biljaka, *Evetria buoliana* Schiff., rast biljaka

UVOD – INTRODUCTION

Kao rezultat dugogodišnjeg rada na međuvrsnoj hibridizaciji dvoigličavih borova na Katedri za šumarsku genetiku i dendrologiju Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu podignuto je četrnaest pokusnih ploha s različitim hibridnim familijama borova na Đurđevačkim peskima i u Arboretumu Lisićine. U ovom su radu analizirana neka morfološka obilježja iglica triju vrsta borova i njihovih međuvrsnih hibrida, te je analizirano uspijevanje različitih hibridnih kombinacija četiriju vrsta borova i kontrolnih biljaka na tri pokusne plohe.

Upotrijebljene kratice imaju ovo značenje: de = *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc., ni = *P. nigra* Arn., sy = *P. sylvestris* L., th = *P. thunbergiana* Franco, deni = *P. densiflora* x *P. nigra*, desy = *P. densiflora* x *P. sylvestris*, nide = *P. nigra* x *P. densiflora*, nisy = *P. nigra* x *P. sylvestris* = *P. x nigrosylvis* Vid., F₂ nisy = F₂ hibridi *P. x nigrosylvis* x *P. x nigrosylvis*, sydeni = *P. sylvestris* x (*P. densiflora* x *P. nigra*), x nep. = slobodno oprašen, samoopl. = samooplodnja, ĐĐC1 – ĐĐC5 = pokusne plohe 1 – 5 na Đurđevačkim peskima, LIS1 = pokusna ploha 1 u Arboretumu Lisičine, S = oznaka za familiju.

Kontrolirana je hibridizacija između crnoga i običnog bora rađena u više institucija. Pozitivne rezultate oprašivanja crnog bora s peludom običnog bora dobili su Johnson & Heimburger (1946), Wettstein (1951), Schütt & Hattemer (1959). O neuspješnom križanju tih vrsta izvijestili su Duffield (1952), te Wright & Gabriel (1958). Vidaković (1963) izvještava o dobivanju hibridnih biljaka upotrebom zračenog peluda, ali poslije nije bilo moguće potvrditi hibridni karakter tih biljaka. Ponavljanjem eksperimenta s drugim roditeljskim parovima dobiveno je 1968. godine šest hibridnih biljaka, i to četiri iz zračenoga i dvije iz nezračenog peluda. Sve su hibridne biljke dobivene križanjem istoga roditeljskog para (ni 221 x sy 77), te je pretpostavljeno da se radi o specifičnoj kombinacijskoj sposobnosti roditelja (Vidaković & Borzan 1973). Ti su hibridi analizirani u više radova pod imenom *P. x nigrosylvis* Vid. (Vidaković 1977, Petričević i dr. 1977, Borzan 1987, 1988).

Broj puči po jedinici duljine na unutrašnjoj strani iglica, broj zubaca po jedinici dužine u gornjoj trećini iglica, veličinu i izgled jednogodišnjih češerića, te duljinu i širinu sjemenki F₁ hibrida u usporedbi s crnim i običnim borom analizirao je Vidaković (1977). Na osmogodišnjim biljkama analizirane su adultne iglice. Obični je bor imao najveći, crni bor najmanji broj puči, a hibridi su bili intermedijarni. Razlike su između roditeljskih vrsta i hibrida bile signifikantne. Broj je zubaca na rubu iglica po jedinici duljine bio najveći kod običnoga, a najmanji kod crnog bora. Hibridi su imali nešto manji broj zubaca nego obični bor. Sve su razlike bile signifikantne. Hibridi su bili intermedijarni u odnosu na roditeljske vrste i prema jednogodišnjim češerićima i prema veličini sjemenki.

O morfologiji F₂ hibrida, *P. x nigrosylvis*, koji su zasađeni 1987. godine na pokusnoj plohi na Đurđevačkim peskima, dosada nema objavljenih radova.

Hibrid *P. nigra* x *P. densiflora* prvi je put proizveo Blakeslee 1914. godine (Johnson 1939). Poslije su taj hibrid proizveli i opisali Wright & Gabriel (1958), Wright (1962), Wright i dr. (1970), Vidaković (1963, 1966), Vidaković i dr. (1973). F₁ hibridi između crnoga i japanskoga crvenog bora često cvatu već u drugoj ili trećoj godini, a intermedijarni su u odnosu na roditelje po duljini i širini iglica, rasporedu puči i položaju smolenica u iglici, te po obliku i boji pupova. U drugim istraživanjima anatomskim odlikama (visina poprečnog presjeka iglice, broj hipodermalnih slojeva i broj slojeva sklerenhimskih stanica iznad floema) hibridi su bliži jednomu od roditelja (Vidaković 1966). U mladosti rastu brže od crnoga, a sporije od japanskoga crvenog bora (Vidaković 1974). Dobro podnose presađivanje i otporni su na gljivu *Scirrhia acicola*, syn. *Dothistromyces acicola*.

ma pini (V i d a k o v i ć i dr. 1973). Ako rastu jedna pored druge, te se dvije vrste često i spontano križaju (W r i g h t i dr. 1970).

Hibridi *P. densiflora* x *P. nigra* u mladosti rastu sporije nego recipročni hibridi, a i nešto ih je teže proizvesti (V i d a k o v i ć 1974).

Tri su hibridne biljke *P. densiflora* x *P. sylvestris* proizvedene na Katedri za šumarску genetiku i dendrologiju Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Te su biljke cvale već u trećoj godini, a tako ranu cvatnju navode i H e i m b u r g e r & Fowler (1969). V i d a k o v i ć i dr. (1978) za hibridne su sedmogodišnje biljke desy utvrdili intermedijarnost u odnosu na roditelje u građi štitića plodnih ljsaka, kutu insercije i duljini stapke jednogodišnjih češerića i duljini rukavca iglica. Jednogodišnji su izbojci kod hibrida bili zelenosive boje kao kod običnog bora, a boja rukavca iglica bila je tamnosiva kao kod japanskoga crvenog bora. Igllice su hibrida po srednjoj vrijednosti bile kraće od iglica roditeljskih vrsta, a bliže običnomu nego japanskomu crvenom boru. Intermedijarnost je kod anatomske građe iglica izražena jedino u međusobnom položaju žila u periciklu, a u drugim se izučavanim obilježjima F₁ hibridi ne razlikuju od roditeljskih vrsta.

U ovom su radu analizirana tri morfološka obilježja iglica *P. nigra*, *P. sylvestris*, *P. densiflora* i njihovih F₁ i F₂ hibrida i pokazana je mogućnost morfološke identifikacije uz pomoć diskriminantne analize. Diskriminantnu su funkciju neovisno razvili Fisher 1936. godine, čiji je primarni interes bio u klasifikaciji, zatim Mahalanobis 1930. godine studijem odnosa između indijskih kasta i plemena, te Hotelling 1931. godine, koji je razvio t-test s više varijabla (R a o 1952). Teorija je diskriminantne analize vrlo kompleksna i opširna (R a o 1952, T o m a s s o n e 1963, S n e d e c o r & C o c h r a n 1971, F a l k e n h a g e n & N a s h 1978, M a r d i a i dr. 1982) i u ovom se radu ne ulazi u njezino tumačenje.

Diskriminantna je analiza statistička analiza koja uključuje više varijabla i koja ima vrlo široku primjenu. Može se upotrebljavati za pronalaženje varijabla pomoću kojih se najbolje razlikuju unaprijed definirane grupe i za razvrstavanje novih uzoraka u određene grupe.

Prva je primjena diskriminantne funkcije kod šumskog drveća razdvajanje dviju formi običnog bagrema (H o p p 1941). Poslije su diskriminantnu analizu u svojim istraživanjima primjenjivali C l i f f o r d & B i n e t (1954), M e r g e n & F u r n i v a l (1960), M e r g e n i dr. (1966), W e l l s i dr. (1977), S n y d e r & H a m a k e r (1978), C a l m a s i i dr. (1988), S o l o m o n & K e n l a n (1982) i drugi autori.

Četiri projekta u okviru kojih se radilo na proizvodnji F₁ hibrida, F₂ hibrida, povratnih hibrida, različitih hibridnih familija i trispecies hibrida pretežno je financirala Vlada SAD-a (od 1967. do 1991. godine). Proizvodnja i vrednovanje tih biljaka je dugotrajan proces jer zahtijeva kontroliranu hibridizaciju na stablima, dvo-godišnji razvoj češera, sjetvu sjemena i uzgoj biljaka u rasadniku, podizanje pokusnih ploha, izmjere i analizu uspijevanja biljaka.

Peti projekt, pod naslovom *Oplemenjivanje četinjača*, financira JP "Hrvatske šume". Za ovaj se rad istraživalo u okviru toga projekta.

Osim u izvještajima projekata rezultati istraživanja i rada na kontroliranoj hibridizaciji borova objavljeni su u brojnim radovima, u kojima se nastojalo s različitih aspekata osvijetliti problem inkompatibilnosti između crnoga i običnog bora:

Đurbabić i dr. (1977), Petričević i dr. (1977), Vidaković (1963, 1977a, b, c, 1983, 1986), Vidaković & Bevilacqua (1970, 1971), Vidaković & Borzan (1973), Vidaković i dr. (1973, 1975), Borzan (1977a, b, 1984, 1987, 1988), Borzan & Papeš (1978). Proizvodnju hibrida između crnoga i običnog bora, proizvodnju njihovih povratnih križanaca, F₂ hibrida, te kontrolnih biljaka dobivenih polukontroliranom i kontroliranom hibridizacijom detaljno su opisali Vidaković (1966, 1971), Vidaković i dr. (1967). O uspijevanju biljaka na nekim od pokusnih ploha izvijestili su Vidaković i dr. (1986a, b) na XIX. kongresu IUFRO-a u Montrealu 1990. godine (Vidaković & Borzan 1991) i na XX. kongresu IUFRO-a u Tampereu 1995. godine (Borzan i dr. 1995).

MATERIJAL I METODE – MATERIAL AND METHODS

MORFOLOŠKA OBILJEŽJA IGLICA – MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NEEDLES

Analizirane su iglice crnog bora, *Pinus nigra* (ni), običnog bora, *P. sylvestris* (sy), japanskoga crvenog bora, *P. densiflora* (de), F₁ hibrida *P. nigra* x *P. sylvestris* = *P. x nigrosylvis* (nisy), *P. nigra* x *P. densiflora* (nide), *P. densiflora* x *P. nigra* (deni), *P. densiflora* x *P. sylvestris* (deni) i F₂ hibrida *P. x nigrosylvis* x *P. x nigrosylvis* (F₂ nisy).

Stabla s kojih su uzimani uzorci za analizu nalaze se na pokusnim plohama na Đurđevačkim peskima (pet ploha: ĐĐC1 – ĐĐC5), u Arboretumu Lisičine (jedna ploha: LIS1) i na Šumarskom fakultetu (matična stabla). Uzorci su uzimani tijekom veljače 1995. godine s matičnih stabala, te sa po tri stabla od svake familije (tablica 1). Sa svakoga je stabla ubrano po pet jednogodišnjih, potpuno razvijenih izbojaka. Sa svakoga su izbojka slučajno odabrana po tri para iglica.

Tablica 1. Broj stabala s kojih su uzeti uzorci za morfološku analizu iglica i broj analiziranih iglica, po grupama

Table 1. Number of trees from which samples were taken for the morphological analysis of needles and the number of analyzed needles, per groups

Grupa Group	Broj stabala Number of Trees	Broj analiziranih iglica Number of Analysed Needles
sy	19	285
ni	24	360
de	29	435
nisy	25	375
F ₂ nisy	29	435
nide	25	374
deni	6	90
desy	1	15

Analizirana su tri morfološka obilježja iglica: 1. L = duljina iglica (u cm, s točnošću na 1 mm); 2. Nz = broj zubaca duž jednog ruba iglice na duljini 2 cm, mjerenoj od vrha iglice; 3. Np = broj pruga puči s vanjske, konveksne strane iglice na udaljenosti 1 cm od vrha iglice. Zupci i pruge puči su brojeni pod binokularnom lupom, s povećanjem 62,5 puta. Od svakog para iglica na jednoj iglici su brojeni zupci, a na drugoj pruge puči.

Rađene su tri odvojene analize, tj. uspoređivana su obilježja ovih vrsta, odnosno hibridnih familija: 1. analiza: *P. sylvestris* (sy), *P. nigra* (ni), F₁ hibridi (nisy), F₂ hibridi (F₂ nisy); 2. analiza: *P. nigra* (ni), *P. densiflora* (de), F₁ hibridi (nide i deni); 3. analiza: *P. densiflora* (de), *P. sylvestris* (sy), F₁ hibridi (desy).

Diskriminantna je analiza u ovom radu primijenjena da bi se ustanovilo koje se od grupa (vrsta, odnosno hibridnih familija borova) najbolje razlikuju na osnovi triju mjerenih obilježja iglica. Pokazana je i mogućnost razvrstavanja novih uzoraka u zadane grupe. Kao rezultat diskriminantne analize dobivene su diskriminantne i klasifikacijske funkcije. To je primjer upotrebe ove analize, a za ustanovljavanje karakteristika za bolje razlikovanje pojedinih grupa bilo bi potrebno zajedno istražiti anatomske, morfološke i fenološke karakteristike tih grupa.

Ako se aritmetičke sredine varijable signifikantno razlikuju među različitim grupama, osnovna je postavka da se tada ta varijabla može rabiti za razlikovanje (diskriminaciju) tih grupa, odnosno za procjenu pripadnosti novog uzorka jednoj od tih grupa (klasifikaciju).

Statistička je obrada podataka rađena na računalu, a rabljeni su programski paketi *Microsoft Excel 5.0* i *Statistica*.

USPIJEVANJE HIBRIDA BOROVA NA POKUSNIM PLOHAMA U HRVATSKOJ – GROWING OF PINE HYBRIDS ON PLOTS IN CROATIA

Od četrnaest zasadenih ploha s proizvedenim biljkama u ovom su radu prikazani rezultati izmjera i zapažanja na trima pokusnim plohama. To su plohe na kojima se nalazi većina hibridnih familija, od kojih su uzimani uzorci za morfološku analizu iglica. Na prvoj su plohi najviše zastupljeni F₁ hibridi nide, na drugoj F₁ hibridi nisy, a na trećoj F₂ hibridi nisy.

Prva je pokusna ploha (ĐĐC2) podignuta 1976. godine na području Đurđevački peski. Ploha je površine 0,78 ha, s razmacima sadnje 2 m x 2 m. Dob biljaka pri sadnji je iznosila 1 + 3 i 1 + 2 godine. Pokus je postavljen s nejednakim brojem repeticija (od dvije do osam), a broj je sadnica u repeticiji bio deset ili dvadeset. U tablici 14 su prikazane familije zastupljene na plohi 1, svrstane prema kombinaciji križanja. Na plohi su mjereni prsni promjeri u studenome 1994. godine.

Druga je pokusna ploha (LIS1) podignuta 1984. godine u Arboretumu Lisičine. Površina je plohe 0,55 ha. Dopunjavana je od 1985. do 1987. godine. Biljke zasađene na plohi su proizvedene iz sjemena i iz reznica, a pretežno su F₁ hibridi nisy. Biljke su sađene u trokut, sa stranicom trokuta od 6 m. U tablicama 17a i 17b

su prema godini sjetve, odnosno zakorjenjivanja biljaka navedene kombinacije križanja zastupljene na plohi 2. Prsni su promjeri mjereni u veljači 1995. godine.

Treća je pokusna ploha (ĐĐC1) podignuta 1987. godine na Đurđevačkim pekima radi proizvedenih F₂ hibrida nisy x nisy, a na njoj su zasađene i neke druge hibridne familije radi njihova očuvanja i usporedbe s drugim familijama. Površina je plohe 0,25 ha, a razmaci su sadnje 2 m x 2 m. Dob je biljaka pri sadnji bila 1 + 3 godine. Biljke iz familija S 2122, S 2123 i S 2124 godinu su dana mlade od ostalih, a u tablicama i na slikama su obilježene zvjezdicom (*). Pokus je planiran kao randomizirani blok-sustav, s nejednakim brojem ponavljanja, a u svakom se ponavljanju nalaze četiri biljke. U tablici 18 su prikazane familije zasađene na plohi 3, svrstane prema kombinaciji križanja. U studenome 1994. godine mjerene su visine i promjeri u vratu korijena.

Osim izmjere promjera i visina na plohama su bilježena i oštećenja pojedinih stabala, uzrokovana napadom borova savijača (*Evetria buoliana* Schiff.).

Izmjere su statistički obrađene na računalu programskim paketom *Microsoft Excel 5.0*.

REZULTATI – RESULTS

MORFOLOŠKA OBILJEŽJA IGLICA – MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NEEDLES

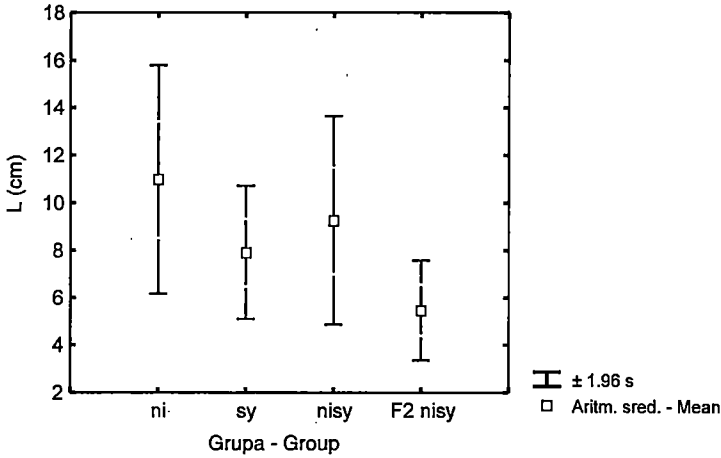
Budući da je usporedba morfoloških obilježja iglica rađena posebno za tri prethodno navedene analize, i rezultati su prikazani odvojeno za te tri analize.

PRVA ANALIZA FIRST ANALYSIS

Crni bor (ni), obični bor (sy), F₁ hibridi ni x sy (nisy) i F₂ hibridi nisy x nisy (F₂ nisy) grupe su među kojima je tražena razlika na osnovi triju obilježja: L = duljina iglica, Nz = broj zubaca i Np = broj pruga puči.

Prosječno najduže iglice ima crni bor (11,0 cm), a najkraće F₂ hibridi nisy x nisy (5,5 cm). Duljina iglica je kod F₁ hibrida nisy intermedijarna odlika u odnosu na roditeljske vrste, a u njih je i najveći koeficijent varijabilnosti (24,3 %). Apsolutno je najduža izmjerena iglica 17,9 cm (crni bor), a najkraća samo 3 cm (F₂ hibrid). Na slici 1 je za duljine iglica po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).

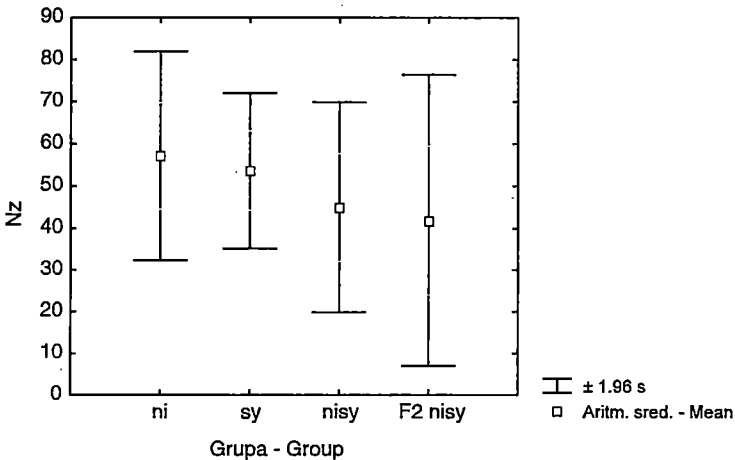
Prosječno najveći broj zubaca ima crni bor (57), a samo nešto manje obični bor (54). F₁ hibridi nisy imaju manji prosječni broj zubaca (45) od roditeljskih vrsta, a F₂ hibridi još manji broj zubaca (42) i vrlo veliki koeficijent varijabilnosti (42,5 %). Potrebno je napomenuti da na pojedinim iglicama F₂ hibrida uopće nije bilo nazu-



Slika 1. Aritmetičke sredine duljina iglica $\pm 1,96 s$, po grupama
Figure 1. Means of needle lengths $\pm 1.96 s$, per groups

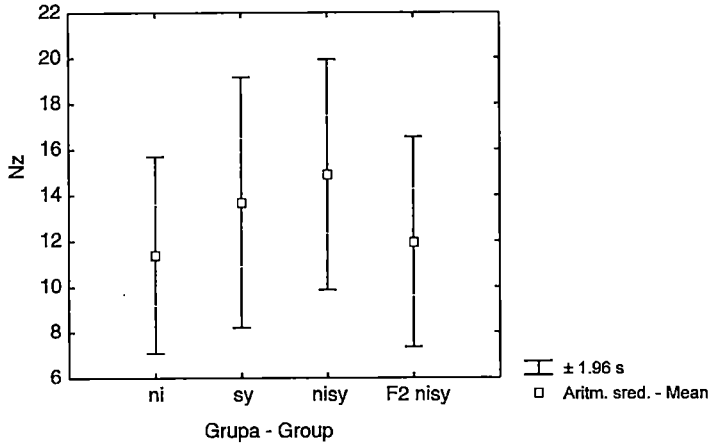
bljenja ruba iglice u mjerenom dijelu, tj. na duljini 2 cm od vrha iglice. Na slici 2 je za broj zubaca po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).

Prosječni broj pruga puči je najveći kod F_1 hibrida nisy (15), samo je nešto manji kod običnog bora (14), još manji kod F_2 hibrida (12), a najmanji kod crnog bora (11). Koeficijenti varijabilnosti su u sve četiri grupe oko 20 %. Za tu je, kao i za



Slika 2. Aritmetičke sredine broja zubaca $\pm 1,96 s$, po grupama
Figure 2. Means of the number of serrations $\pm 1.96 s$, per groups

prethodna obilježja, ukupno izmjereno 1455 iglica. Na slici 3 je za broj pruga puči po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).



Slika 3. Aritmetičke sredine broja pruga puči $\pm 1,96 s$, po grupama
Figure 3. Means of the number of stomatal rows $\pm 1.96 s$, per groups

F-testom su utvrđene signifikantne razlike među varijancama pojedinih grupa, a za ostale je grupe rađen t-test, te je utvrđena signifikantnost razlika među aritmetičkim sredinama svih grupa za sva tri obilježja (L, Nz i Np).

Rezultat diskriminantne analize su tri neovisne diskriminantne funkcije (broj funkcija = broj varijabli minus jedan ili broj grupa, ovisno koji je broj manji), od kojih svaka sljedeća manje pridonosi ukupnom razlikovanju grupa. Sve su tri funkcije statistički signifikantne (tablica 2), odnosno postoje tri odvojena tumačenja kako mjerenje duljine iglica (L), broja zubaca (Nz) i broja pruga puči (Np) omogućava razlikovanje četiriju grupa (ni, sy, nisy i F₂ nisy). Iz standardiziranih koeficijenata diskriminantnih funkcija za pojedine varijable (tablica 3) vidi se da je prva diskriminantna funkcija najviše određena varijablom L, zatim varijablom Nz, a najmanje varijablom Np. Druga je funkcija najviše određena varijablom Np, a manje ostalim

Tablica 2. χ^2 - test za tri diskriminantne funkcije, sa sukcesivnim isključivanjem funkcija
Table 2. χ^2 - test for three discriminant functions, with successive removal of functions

Diskriminantna funkcija Discriminant Function	χ^2	Stupnjevi slobode Degrees of Freedom	p (<)
1, 2, 3	1848,66	9	0,0000001
2, 3	497,28	4	0,0000001
3	82,32	1	0,0000001

Tablica 3. Standardizirani koeficijenti diskriminantnih funkcija za pojedine varijable
Table 3. Standardized coefficients of discriminant functions for particular variables

Varijable Variables	Funkcija 1 Function 1	Funkcija 2 Function 2	Funkcija 3 Function 3
L	-0,9642	0,0227	0,3164
Nz	-0,4332	-0,0686	-0,9213
Np	0,0492	0,9835	-0,2597
Kumulativna proporcija	0,7980	0,9697	1,0000

dvjema varijablama. Treća je funkcija najviše određena varijablom Nz, zatim varijablama L i Np. Zadnji red u tablici daje kumulativnu proporciju objašnjene varijance za svaku funkciju. Iz kumulativne proporcije vidi se da je najvažnija prva funkcija, jer ona uračunava gotovo 80 % objašnjene varijance, što znači da je 80 % razlikovanja objašnjeno ovom funkcijom. Dodavanjem druge funkcije, tj. dodatnih 17 %, uračunato je 97 % objašnjene varijance, a najmanji je doprinos treće funkcije (ostalih 3 %).

Koeficijenti diskriminantnih funkcija ne govore između kojih grupa diskriminira pojedina funkcija, već se to vidi iz sredina varijabla za funkcije (tablica 4). Prva diskriminantna funkcija najbolje razlikuje crni bor i F₂ hibride nisy, jer su sredine za te grupe najudaljenije. To se vidi i na slici 4, gdje su pojedinačne vrijednosti za prvu funkciju, po grupama, prikazane na osi x. Druga diskriminantna funkcija najbolje razlikuje grupu nisy od ostalih grupa zajedno. Razlike među sredinama su već jako male, a grafički je ta funkcija prikazana na osi y na slici 4. Treća funkcija najbolje razlikuje grupu sy od ostalih grupa, ali su razlike praktično zanemarive. Diskriminantne su funkcije međusobno potpuno neovisne, pa se one i na slici 4 trebaju promatrati kao dva neovisna prikaza (osi x i y) na jednom grafikonu.

Tablica 4. Sredine varijabli za tri diskriminantne funkcije, po grupama
Table 4. Means of variables for three discriminant functions, per groups

Varijable Variables	Funkcija 1 Function 1	Funkcija 2 Function 2	Funkcija 3 Function 3
ni	-0,6791	-0,6190	0,0508
sy	0,0564	0,2796	-0,4745
nisy	-0,3369	0,8268	0,2071
F ₂ nisy	1,6430	-0,3837	0,0903

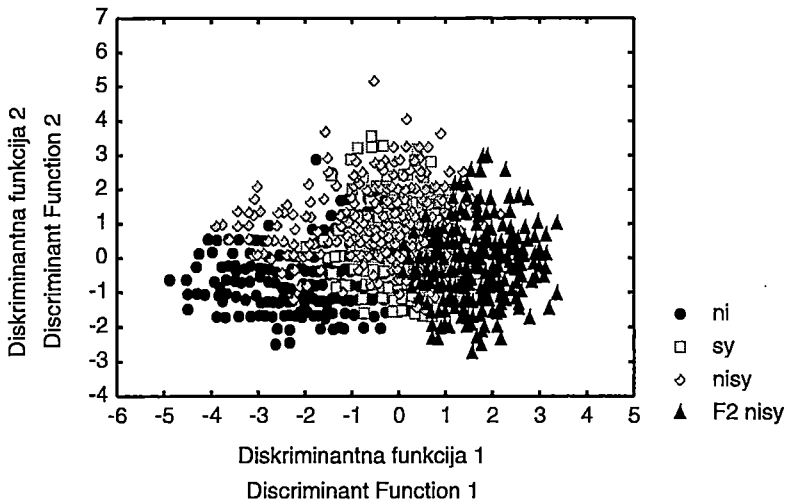
Ako se želi neki novi uzorak razvrstati, a znamo da pripada jednoj od četiriju grupa (ni, sy, nisy ili F₂ nisy) i ako se znaju njegove varijable L, Nz i Np, uvrstit će se vrijednosti tih varijabla u klasifikacijske funkcije:

$$ni = -41,9 + 3,2 L + 0,4 Nz + 1,9 Np$$

$$sy = -37,3 + 2,2 L + 0,4 Nz + 2,4 Np$$

$$nisy = -40,0 + 2,6 L + 0,4 Nz + 2,5 Np$$

$$F_2 \text{ nisy} = -24,3 + 1,5 L + 0,3 Nz + 2,1 Np$$



Slika 4. Grafički prikaz diskriminantnih funkcija 1 i 2
Figure 4. Graph of discriminant functions 1 and 2

Taj će se novi uzorak svrstati u grupu za koju se dobije najveći rezultat.

Da bi se procijenilo koliko je dobro predviđanje pripadnosti novog uzorka za pojedine grupe, izrađuje se klasifikacijska matrica, odnosno svi se mjereni podaci uvrste u klasifikacijske funkcije i prema njima svrstaju u grupe kojima najvjerojatnije pripadaju (tablica 5). Vidi se da je za crni bor točno uvršteno 73 % iglica, 14 % iglica je zamijenjeno s F₁ hibridima, 9 % s običnim borom i 4 % s F₂ hibridima. Za obični je bor klasifikacijskim funkcijama samo 32 % iglica točno uvršteno, a čak je 35 % iglica pogrešno svrstano kao F₁ hibridi, zatim 22 % kao F₂ hibridi i 11 % kao crni bor. Za F₁ hibride nisy samo je 53 % iglica ispravno svrstano. Pogrešno je kao crni bor svrstano 16 % iglica, kao F₂ hibridi 16 % i kao obični bor 15 %. Za F₂ hibride je točno svrstano 88 % iglica, 9 % iglica je zamijenjeno s običnim borom, 3 % s F₁ hibridima, a ni jedna iglica nije pogrešno razvrstana kao crni bor.

Tablica 5. Klasifikacijska matrica, u %
Table 5. Classification matrix, in %

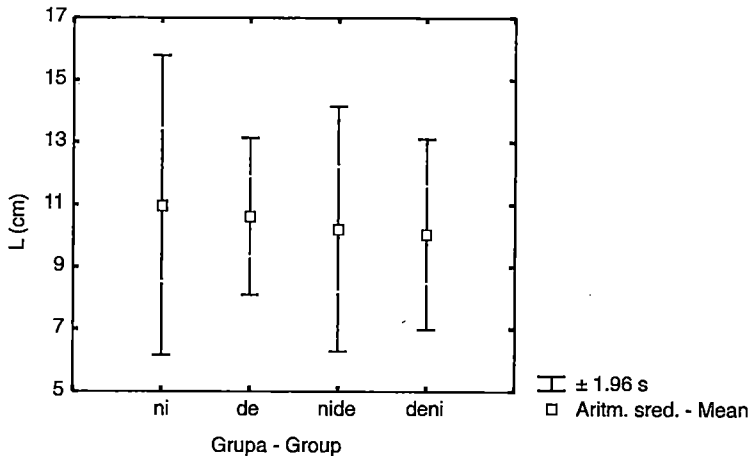
Grupa Group	ni	sy	nisy	F ₂ nisy	Ukupno Total
	%				
ni	73	9	14	4	100
sy	11	32	35	22	100
nisy	16	15	53	16	100
F ₂ nisy	0	9	3	88	100

Klasifikacijski rezultati potvrđuju rezultate prve diskriminantne funkcije, odnosno da je najbolje moguće razlikovanje na osnovi triju mjerenih obilježja iglica između crnog bora i F₂ hibrida nisy. Vjerojatnost pogrešne determinacije iglica crnog bora kao iglica F₂ hibrida je 4 %, a praktično nema pogrešne determinacije iglica F₂ hibrida kao iglica crnog bora.

DRUGA ANALIZA SECOND ANALYSIS

U skupini crni bor (ni), japanski crveni bor (de), F₁ hibridi ni x de (nide) i F₁ hibridi de x ni (deni) tražena je razlika na osnovi triju karakteristika: L = duljina iglica, Nz = broj zubaca i Np = broj pruga puči.

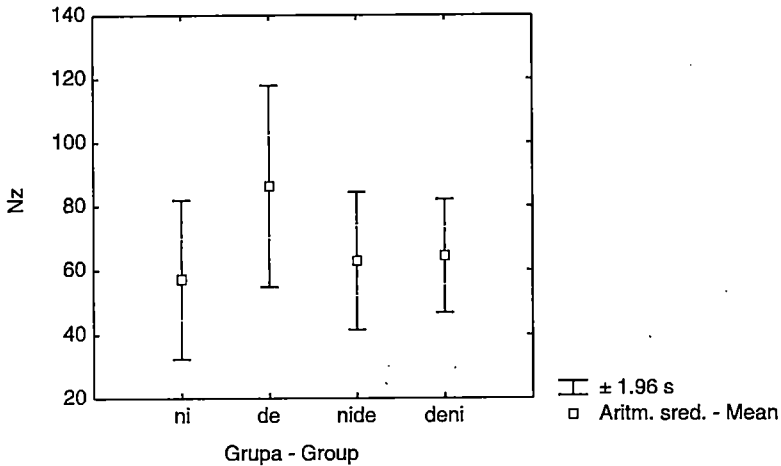
Prosječno najduže iglice ima crni bor (11,0 cm), nešto kraće i manje varijabilne iglice ima japanski crveni bor (10,6 cm), a hibridi između tih dviju vrsta imaju kraće iglice od obje roditeljske vrste (10,2, odnosno 10,0 cm). Na slici 5 je za duljinu iglica po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).



Slika 5. Aritmetičke sredine duljina iglica $\pm 1,96 s$, po grupama
Figure 5. Means of needle lengths $\pm 1.96 s$, per groups

Prosječno najveći broj zubaca ima japanski crveni bor (86), a najmanji crni bor (57). Oba su F₁ hibrida po tom obilježju intermedijarna. Apsolutno najveći broj zubaca, 130, izbrojen je kod japanskoga crvenog bora, a najmanji, 22, kod crnog bora. Crni bor za to obilježje ima nešto veći koeficijent varijabilnosti (22,8 %) od ostalih grupa. Na slici 6 je za broj zubaca po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).

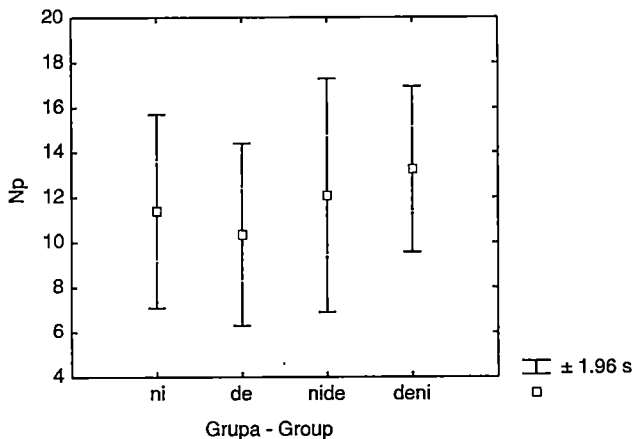
Najmanji prosječni broj pruga puči ima japanski crveni bor (10), zatim slijedi crni bor (11), a obje hibridne kombinacije imaju veći broj pruga puči od roditeljskih



Slika 6. Aritmetičke sredine broja zubaca $\pm 1,96 s$, po grupama
 Figure 6. Means of the number of serrations $\pm 1.96 s$, per groups

vrsta (12, odnosno 13). Najveći koeficijent varijabilnosti imaju F_1 hibridi nide, 25 %. Na slici 7 je za broj pruga puči po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).

F-testom su utvrđene signifikantne razlike među varijancama pojedinih grupa, a za ostale je grupe rađen t-test, te je utvrđena signifikantnost razlika među aritmetičkim sredinama svih grupa za sve karakteristike.



Slika 7. Aritmetičke sredine broja pruga puči $\pm 1,96 s$, po grupama
 Figure 7. Means of the number of stomatal rows $\pm 1.96 s$, per groups

Budući da su tri varijable i četiri grupe uključene u model, analizom su dobivene tri diskriminantne funkcije, od kojih su samo prve dvije signifikantne (tablica 6). U tablici 7 su standardizirani koeficijenti diskriminantnih funkcija za pojedine varijable. Vidi se da je prva diskriminantna funkcija najviše određena varijablom Nz. Druga je funkcija najviše određena varijablom Np. Treća funkcija nije signifikantna i ne uzima se za interpretaciju. Iz kumulativne proporcije vidi se da je najvažnija prva funkcija, jer ona uračunava 90,2 % objašnjene varijance, što znači da je 90,2 % razlikovanja objašnjeno ovom funkcijom. Dodavanjem druge funkcije uračunato je dodatnih 9,5 %, odnosno 99,7 % objašnjene varijance, a doprinos je treće funkcije potpuno zanemariv.

Tablica 6. χ^2 -test za tri diskriminantne funkcije, sa sukcesivnim isključivanjem funkcija
Table 6. χ^2 -test for three discriminant functions, with successive removal of functions

Diskriminantna funkcija Discriminant Function	χ^2	Stupnjevi slobode Degrees of Freedom	p (<)
1, 2, 3	973,7923	9	0,0000001
2, 3	125,7678	4	0,0000001
3	3,4150	1	0,0646150

Tablica 7. Standardizirani koeficijenti diskriminantnih funkcija za pojedine varijable
Table 7. Standardized coefficients of discriminant functions for particular variables

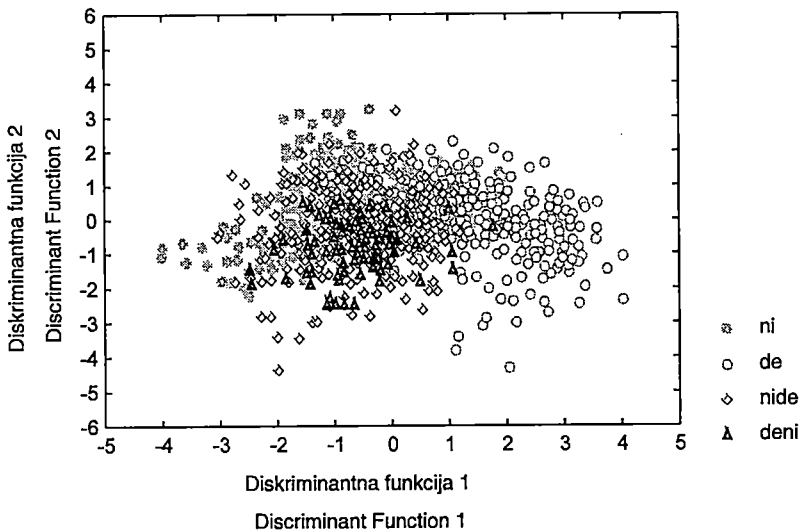
Varijable Variables	Funkcija 1 Function 1	Funkcija 2 Function 2
L	0,1897	0,6197
Nz	0,9587	-0,2824
Np	-0,2697	-0,8441
Kumulativna proporcija	0,9018	0,9975

Iz sredina varijabla za funkcije, po grupama, vidi se među kojim grupama diskriminira pojedina funkcija (tablica 8). Prva diskriminantna funkcija najbolje razlikuje japanski crveni bor od ostalih grupa, jer se sredina za taj bor najviše izdvaja od sredina ostalih grupa. Iako se među tim ostalim grupama nešto izdvaja crni bor, srednje vrijednosti funkcije za obje su hibridne kombinacije vrlo blizu vrijednosti za crni bor. To se može vidjeti i iz slike 8, gdje su na os x nanasene pojedinačne vrijednosti za prvu diskriminantnu funkciju.

Druga diskriminantna funkcija najbolje razlikuje s jedne strane grupu deni i s druge strane grupu ni od ostalih grupa zajedno, ali su te razlike zanemarive. Pojedinačne su vrijednosti za tu funkciju nanasene na os y , slika 8. Na slici se osi x i y promatraju neovisno jedna drugoj.

Tablica 8. Sredine kanonskih varijabli za dvije diskriminantne funkcije, po grupama
Table 8. Means of variables for two discriminant functions, per groups

Grupa Group	Funkcija 1 Function 1	Funkcija 2 Function 2
ni	-0,8498	0,3906
de	1,3434	0,0395
nide	-0,5910	-0,2399
deni	-0,6380	-0,7560



Slika 8. Grafički prikaz diskriminantnih funkcija 1 i 2
Figure 8. Graph of discriminant functions 1 and 2

Ako se želi neki novi uzorak razvrstati, a zna se da pripada jednoj od četiriju grupa (ni, de, nide ili deni) i znaju se njegove varijable L, Nz i Np, uvrstit će se vrijednosti tih varijabla u klasifikacijske funkcije:

$$ni = -40,5 + 3,0 L + 0,4 Nz + 1,9 Np$$

$$de = -51,8 + 3,1 L + 0,6 Nz + 1,8 Np$$

$$nide = -42,2 + 2,8 L + 0,4 Nz + 2,1 Np$$

$$deni = -46,5 + 2,7 L + 0,5 Nz + 2,4 Np$$

Novi se uzorak svrsta u grupu za koju se dobije najveći rezultat.

Iz klasifikacijske matrice (tablica 9) vidi se koliko je dobro predviđanje pripadnosti novog uzorka za pojedine grupe. Svi su mjereni podaci uvršteni u klasifikacijske funkcije i prema njima svrstani u grupe kojima najvjerojatnije pripadaju. Od svih izmjerenih iglica crnog bora točno je uvršteno 47 %, 36 % iglica je pogrešno

uvršteno kao F₁ hibridi nide i 17 % kao japanski crveni bor. Za japanski je crveni bor točno razvrstano 81 % iglica, 11 % iglica je zamijenjeno s iglicama crnog bora, a 8 % s iglicama F₁ hibrida nide. Kod iglica F₁ hibrida nide klasifikacija je točna za 55 % iglica, s crnim je borom zamijenjeno 29 % iglica, s japanskim crvenim borom 15 %, a s recipročnim F₁ hibridima deni 2 %. Ni jedna od ukupno 90 iglica F₁ hibrida deni nije točno svrstana. Najviše je iglica, 80 %, pogrešno klasificirano kao F₁ hibridi nide, 13 % kao crni bor i 7 % kao japanski crveni bor.

Tablica 9. Klasifikacijska matrica, u %
Table 9. Classification matrix, in %

Grupa Group	ni	sy	nisy	F2nisy	Ukupno Total
	%				
ni	47	17	36	0	100
sy	11	81	8	0	100
nide	29	15	55	1	100
deni	13	7	80	0	100

Klasifikacijski rezultati potvrđuju da se japanski crveni bor može najbolje razlikovati od ostalih grupa, što je vidljivo i iz prve diskriminantne funkcije.

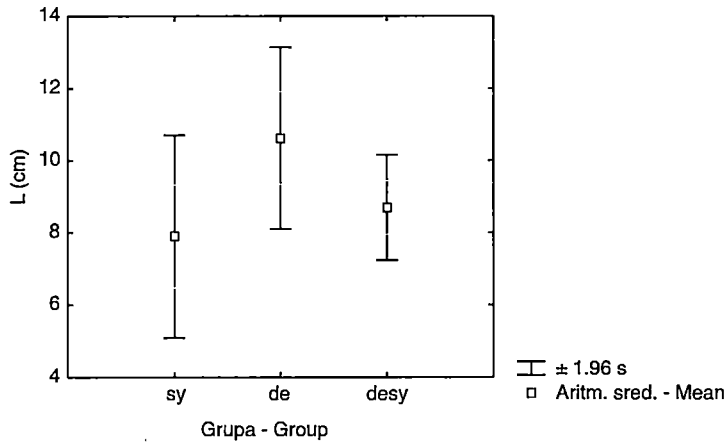
TREĆA ANALIZA THIRD ANALYSIS

U skupini japanski crveni bor (de), obični bor (sy) i F₁ hibridi de x sy (desy) tražena je razlika na osnovi triju karakteristika: L = dužina iglica, Nz = broj zubaca i Np = broj pruga puči. Ukupno je analizirano 735 iglica. Za F₁ hibrid desy analizirano je samo 15 iglica s pet izbojaka jedinoga dostupnog stabla i pri interpretaciji rezultata to treba uzeti u obzir. Od još triju familija (11 stabala), koje se nalaze na pokusnoj plohi LIS3d u Arboretumu Lisičine, nije bilo moguće uzeti uzorke jer sigurnost pristupa plohi nakon oslobađanja toga područja nije bila provjerena.

Prosječno najduže iglice ima japanski crveni bor (10,6 cm), a najkraće obični bor (7,9 cm), dok su F₁ hibridi intermedijarni po toj karakteristici (8,7 cm), ali nešto bliži običnom boru. Na slici 9 je za dužinu iglica po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).

Prosječno najveći broj zubaca ima japanski crveni bor (86), a najmanji obični bor (54). Broj zubaca je kod F₁ hibrida intermedijarna karakteristika (62), a pomak je nešto prema običnom boru. Apsolutno najveći broj zubaca, 130, ima japanski crveni bor, a najmanji, 15, obični bor. Na slici 10 je za broj zubaca po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).

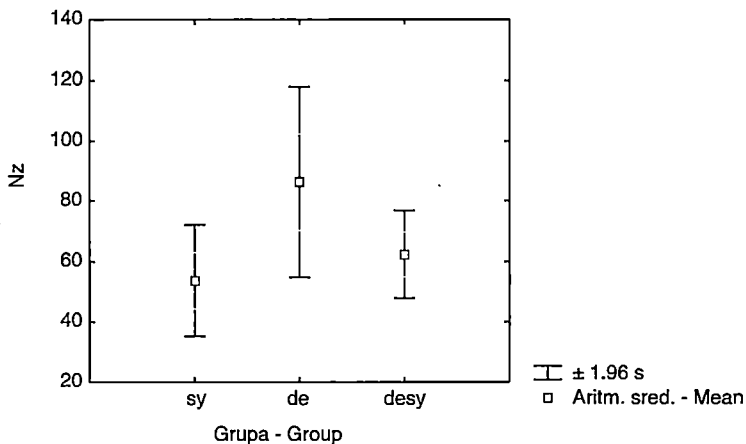
I po broju pruga puči su F₁ hibridi intermedijarni (12), tj. prosječno točno u sredini između japanskoga crvenog (10) i običnog bora (14). Za F₁ hibride desy je



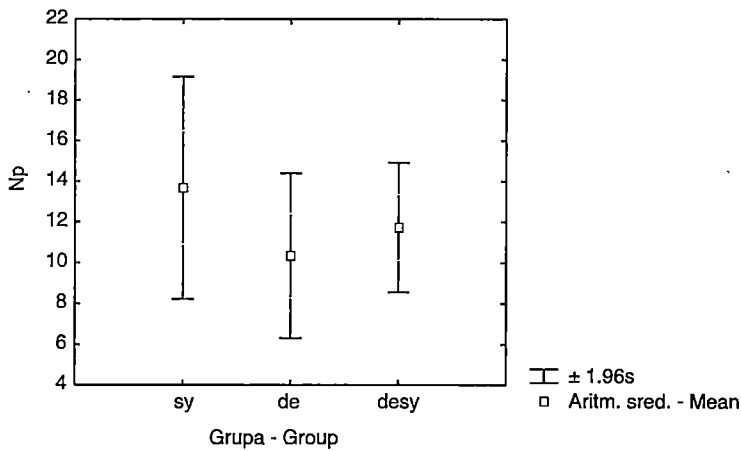
Slika 9. Aritmetičke sredine duljina iglica $\bar{x} \pm 1,96 s$, po grupama
Figure 9. Means of needle lengths $\bar{x} \pm 1,96 s$, per groups

najmanji koeficijent varijabilnosti kod sva tri mjerena obilježja, što se može protumačiti time što su iglice uzete samo s jednog stabla. Na slici 11 je za broj pruga puči po grupama prikazan interval u kojemu se nalazi 95 % podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$).

F-testom su utvrđene signifikantne razlike među varijancama pojedinih grupa, a za ostale je grupe rađen t-test, te je utvrđena signifikantnost razlika među aritmetičkim sredinama svih grupa za sva tri obilježja (L, Nz i Np).



Slika 10. Aritmetičke sredine broja zubaca $\bar{x} \pm 1,96 s$, po grupama
Figure 10. Means of the number of serrations $\bar{x} \pm 1,96 s$, per groups



Slika 11. Aritmetičke sredine broja pruga puči 1,96 s, po grupama
Figure 11. Means of the number of stomatal rows 1.96 s, per groups

Budući da su tri grupe i tri varijable uključene u model, analizom su dobivene dvije diskriminantne funkcije, od kojih je samo prva signifikantna (tablica 10). U tablici 11 su standardizirani koeficijenti prve diskriminantne funkcije za pojedine varijable. Vidi se da je ta funkcija najviše određena varijablom Nz, zatim varijablom L, a najmanje varijablom Np. Iz kumulativne proporcije vidi se da prva funkcija uračunava više od 99,9 % objašnjene varijance, što znači da je 99,9 % razlikovanja objašnjeno tom funkcijom.

Tablica 10. χ^2 -test za dvije diskriminantne funkcije, sa sukcesivnim isključivanjem funkcija
Table 10. χ^2 -test for two discriminant functions, with successive removal of functions

Diskriminantna funkcija Discriminant Function	χ^2	Stupnjevi slobode Degrees of Freedom	p(>)
1, 2	1202,376	6	0,0000001
2	2,115	2	0,3472970

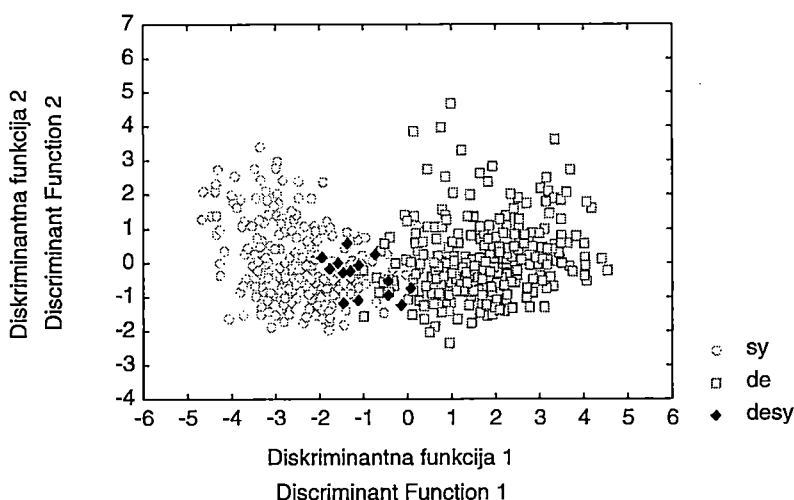
Tablica 11. Standardizirani koeficijenti diskriminantne funkcije 1 za pojedine varijable
Table 11. Standardized coefficients of discriminant function 1, for particular variables

Varijable Variables	Funkcija 1 Function 1
L	0,7541
Nz	0,7887
Np	-0,5539
Kumulativna proporcija	0,9993

Koje grupe najbolje razlikuje prva diskriminantna funkcija vidi se iz sredina kanonskih varijabla za funkciju, po grupama (tablica 12). Najbolje je razlikovanje između običnoga bora i japanskoga crvenog bora, jer je razlika između njihovih sredina najveća, dok su F₁ hibridi intermedijarni. To se može vidjeti i iz slike 12, gdje su na os *x* nanese pojedinačne vrijednosti za prvu funkciju, po grupama. Na os *y* su nanese pojedinačne vrijednosti za drugu diskriminantnu funkciju i može se vidjeti da na osnovi te funkcije nije moguće nikakvo razlikovanje među grupama.

Tablica 12. Sredine kanonskih varijabli za diskriminantnu funkciju 1, po grupama
Table 12. Means of variables for discriminant function 1, per groups

Grupa Group	Funkcija 1 Function 1
sy	-2,5114
de	1,6836
desy	-1,1069



Slika 12. Grafički prikaz diskriminantnih funkcija 1 i 2
Figure 12. Graph of discriminant functions 1 and 2

Ako se želi neki novi uzorak razvrstati, a zna se da pripada jednoj od triju grupa (sy, de ili desy) i znaju se njegove varijable *L*, *Nz* i *Np*, uvrstit će se vrijednosti tih varijabla u klasifikacijske funkcije:

$$sy = -40,6 + 4,6 L + 0,3 Nz + 1,8 Np$$

$$de = -67,1 + 7,0 L + 0,6 Nz + 0,8 Np$$

$$desy = -47,9 + 5,4 L + 0,4 Nz + 1,3 Np$$

Taj će se novi uzorak svrstati u grupu za koju se dobije najveći rezultat.

Iz klasifikacijske matrice (tablica 13) vidi se koliko je za pojedine grupe točna klasifikacija novog slučaja pomoću klasifikacijskih funkcija. Svi su mjereni podaci uvršteni u klasifikacijske funkcije i prema njima svrstani u grupe kojima najvjerojatnije pripadaju. Vidi se da je za obični bor točno svrstano 98 % iglica, a 2 % je zamijenjeno s iglicama japanskoga crvenog bora. Za japanski crveni bor točno je svrstano također 98 % iglica, a 2 % je pogrešno svrstano kao obični bor. Ni jedna od 15 iglica F₁ hibrida desy nije točno raspoređena, već je 73 % pogrešno raspoređeno kao obični bor, a 27 % kao japanski crveni bor.

Tablica 13. Klasifikacijska matrica, u %

Table 13. Classification matrix, in %

Grupa Group	sy	nisy	F ² nisy	Ukupno Total
	%			
sy	98	2	0	100
dc	2	98	0	100
desy	73	27	0	100

USPIJEVANJE HIBRIDA BOROVA NA POKUSNIM PLOHAMA U HRVATSKOJ – GROWING OF PINE HYBRIDS ON PLOTS IN CROATIA

PLOHA 1 FIELD PLOT 1

Ploha je podignuta 1976. godine na Đurđevačkim peskima. Na plohi su zasađene 73 familije borova, a za analizu su familije svrstane prema kombinaciji križanja, odnosno pripadnoj vrsti (tablica 14).

Na ovoj je pokusnoj plohi najslabije preživljavanje crnog bora (23,5 % preživjelih biljaka), a najbolje preživljavaju povratni križanci trispecies hibrida, obični bor i kombinacije križanja kojima je jedan od roditelja hibrid nisy (tablica 14). Preživljavanje je značajan podatak za ovo područje, jer se radi o pijesku koji je još prije stotinjak godina bio kao živi pijesak smirivan sadnjom crnog bora, običnog bora i bagrema.

Od dvadeset grupa u analizu je uključeno petnaest. Prosječni prsni promjeri za te grupe, pri posljednjoj izmjeri, u studenome 1994. godine, prikazani su u tablici 14 i histogramom na slici 13. Najveći prosječni prsni promjer, 22,0 cm, ima obični bor, grupa sy x sy (tri familije, s ukupno 8 biljaka). Podjednaku prosječnu vrijednost promjera, 21,9 cm, imaju povratni hibridi, grupa sydeni x sy (jedna familija s 44 biljke) i grupa sy x nisy (jedna familija s 3 biljke), prosječnog promjera 21,7 cm.

Tablica 14. Razvrstane familije na pokusnoj plohi 1, podaci o preživljavanju, prosječni prsni promjeri, standardne devijacije i koeficijenti varijabilnosti

Table 14. Surviving, average diameters, standard deviations and coefficients of variation for grouped families in the plot 1

Kombinacija križanja Cross Combination	Broj familije Family Number S	Broj zasadenih biljaka Number of Plants of Plants IV. 1976.	Broj preživjelih biljaka Survived XI. 1994.	Preživjelo Survived %	Prosječni promjeri Average Diameter XI. 1994. cm	Stand. devij. Standard Deviat.	Koeficij. varijab. Coeff. of Variation CV, %
ni x nep	774, 861, 865, 869, 888, 892, 1002	220	80	36,4	11,9	4,2	35,0
ni x ni	775, 777, 782, 784, 785, 787, 807, 989, 998	306	74	23,5	9,4	3,3	34,6
ni x de	870, 872, 873, 874, 876, 877, 878, 879, 882, 884, 885, 886, 889, 890, 891, 893, 894, 895, 896, 997, 1000, 1004	808	541	67,1	15,4	4,5	29,4
ni x (sy+ ni)	862, 866, 868	138	69	52,2	9,9	2,4	24,4
ni x nisy	991, 994	30	21	70,0	12,0	4,0	33,1
sy x nep.	756, 760, 814, 966, 969, 976	25	18	72,0	18,7	4,4	23,5
sy x sy	759, 974, 980	8	8	100,0	22,0	2,5	11,2
sy x nisy	968	3	3	100,0	21,7	3,7	16,9
de x nep.	858, 958	41	24	58,5	13,4	2,8	20,6
de x ni	956, 960	109	62	56,9	12,1	3,7	30,9

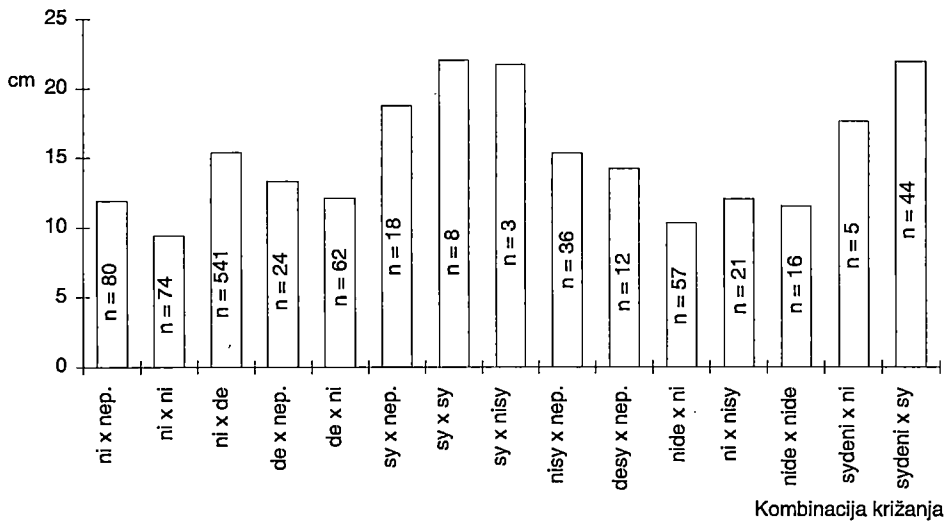
(nastavak tablice 14)

Kombinacija križanja Cross Combination	Broj familije Family Number S	Broj zasađenih biljaka Number of Plants IV. 1976.	Broj preživjelih biljaka Survived XI. 1994.	Preživjelo Survived %	Prosječni promjeri Average Diameter XI. 1994. cm	Stand. devij. Standard Deviat.	Koeficij. varijab. Coeff. of Variation CV, %
nisy x nep.	854	48	36	75,0	15,3	3,9	25,5
desy x nep.	849	24	12	50.0	14.2	6.0	42.0
nide x ni	941, 945, 948, 1008, 1014, 1018	130	57	43.8	10.3	3.7	35.5
nide x nide	1013	32	16	50.0	11.5	2.7	23.3
sydeni x ni	949, 950	5	5	100.0	17.6	3.4	19.2
sydeni x sy	952	45	44	97.8	21.9	3.7	16.9
de x sy	959	1	1	100	12.6		
sy x sydeni	975	1	1	100	25.7		
de x de	957	3	0	0			
nide x nep.	946	1	0	0			

Najmanje prosječne promjere imaju kombinacije unutarvrskih križanja crnog bora i biljke crnog bora nastale slobodnim oprašivanjem, te kombinacije križanja s japanskim crvenim borom.

Pojedinačna biljka s najvećim prsnim promjerom na plohi, 27,4 cm, iz kombinacije je križanja sydeni x sy. Za tu i ostale kombinacije križanja u tablici 15 navedeni su prsni promjeri pojedinačnih biljaka veći od 25 cm.

Distribucija frekvencija promjera u postocima, prikazana je na slici 14. Najveću varijabilnost pokazuje crni bor i hibridi crnog bora i japanskoga crvenog bora. Obični je bor manje varijabilan, ali većih promjera, a povratni su križanci trispesies hibrida sydeni x sy u tom pogledu najbolji, jer imaju najveći postotak stabala velikih promjera.

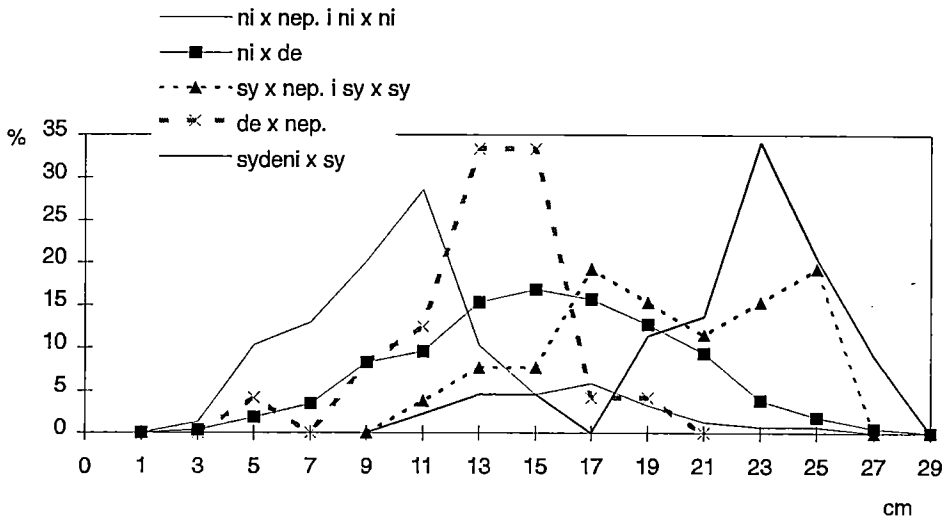


Slika 13. Prosječni prsni promjeri razvrstanih familija borova na pokusnoj plohi 1 za 1994. godinu
Figure 13. Average dbh values in 1994 for grouped hybrid pine families in the plot 1

Tablica 15. Pojedinačne biljke na plohi 1 koje imaju prsni promjer veći od 25 cm
Table 15. Plants in the plot 1 with dbh over 25 cm

Kombinacija križanja Cross Combination	Prsni promjeri > 25,0 cm Dbh over 25,0 cm
ni x nep.	25,2
ni x de	25,2; 25,3; 26,5; 26,8
sy x nep.	25,2
sy x nisy	25,5
sydeni x sy	25,3; 25,5; 26,0; 26,0; 26,0; 26,2; 27,0;
sy x sydeni	27,4 25,7

Na plohi su bile biljke koje su ili rašljave ili imaju izgled kandelabera. Obje te greške habitusa uzrokovane su napadima borova savijača (*Evetria buoliana* Schiff.), koji, čini se, preferira hibridne kombinacije križanja ili familije s običnim borom, jer je upravo među tim grupama najveći postotak oštećenja (tablica 16). U grupi sy x nisy od tri stabla sva tri su oštećena, u grupi sy x sy oštećeno je 62,5 % (pet stabala od osam), u grupi nide x nide oštećeno je 43,7 % stabala (sedam od 16). Najmanje je oštećenih biljaka u grupi familija s crnim borom (7 %), a jedino familija desy x nep. nema ni jedno stablo deformiranoga habitusa.



Slika 14. Distribucija frekvencija prsnih promjera 1994. godine za razvrstane familije borova na pokusnoj plohi 1

Figure 14. Distribution of dbh frequencies in 1994 for grouped hybrid pine families in the plot 1

Tablica 16. Postotak biljaka na plohi 1 oštećenih napadom borova savijača
Table 16. Stem malformations in the plot 1, caused by pine bud borer (%)

Kombinacija križanja Cross Combination	Broj biljaka Number of Plants XI. 1994.	Broj oštećenih biljaka Number of Damaged Plants XI. 1994.	Oštećenih Damaged %
ni x nep.	80	8	10,0
ni x ni	74	5	6,8
ni x de	541	140	25,9
ni x nisy	21	2	9,5
sy x nep.	18	5	27,8
sy x sy	8	5	62,5
sy x nisy	3	3	100,0
de s nep.	24	8	33,3
de x ni	62	17	27,4
nisy x nep.	36	5	13,9
desy x nep.	12	0	0
nide x ni	57	6	10,5
nide x nide	16	7	43,7
sydeni x ni	5	1	20,0
sydeni x sy	44	13	29,5

PLOHA 2
FIELD PLOT 2

U tablici 17a su za razvrstane familije dvoigličavih borova proizvedenih iz sjemena osim postotka preživljavanja navedeni prosječni prsni promjeri, standardne

Tablica 17a. Preživljavanje, prosječni prsni promjeri, standardne devijacije i koeficijenti varijabilnosti za razvrstane familije, proizvedene iz sjemena i zasađene na plohu 2

Table 17a. Surviving, average diameters, standard deviations and coefficients of variation for grouped families produced as seedlings, in the plot 2

Kombinacija križanja Cross Combination	Godina sjetve Sowing Year	Zasađeno biljaka Number of Plants in 1985-87.	Preživjelo biljaka Survived II. 1995.	Preživjelo Survived %	Prosječni promjeri Average Diameter II. 1995. cm	Stand. devij. Standard Deviat. cm	Koeficij. varijab. Coeff. of Variation CV, %
ni x nep	1979.	18	11	61,1	7,8	4,12	52,6
ni x ni	1979.	12	6	50,0	8,1	1,39	17,1
ni x de	1979.	25	12	92,0	7,1	2,83	40,0
ni x th	1979.	6	6	100,0	11,8	2,53	21,4
th. x nep.	1979.	16	8	50,0	11,7	3,01	25,6
th x ni	1979.	13	11	84,6	11,9	0,75	6,3
nisy x nep.	1979.	2	2	100,0	9,9	2,97	30,0
nisy x ni	1979.	15	14	93,3	11,8	2,28	19,3
nide x ni	1979.	19	14	73,7	8,0	2,83	35,3
nide x de	1979.	17	14	82,4	7,0	1,67	23,9
ni x ni	1980.	6	4	66,7	9,7	1,11	11,5
ni x th	1980.	11	8	72,7	9,8	1,63	16,6
nisy x ni	1980.	2	2	100,0	11,1	1,20	10,9
nisy x sy	1980.	19	19	100,0	13,0	2,30	17,7
sydeni x nep.	1980.	10	9	90,0	15,1	1,63	10,8
nideni x th	1980.	8	8	100,0	9,9	1,85	18,8
ni x ni	1983.	11	2	18,2	4,1	1,48	36,7
nisy x nep.	1983.	13	12	92,3	9,3	2,34	25,1
sy x nep.	1984.	12	9	75,0	9,5	2,93	30,7

devijacije i koeficijenti varijabilnosti. Isti su podaci za razvrstane familije borova proizvedene zakorjenjivanjem reznica prikazani u tablici 17b.

Tablica 17b. Preživljavanje, prosječni prsni promjeri, standardne devijacije i koeficijenti varijabilnosti za razvrstane familije dvoigličavih borova, proizvedene iz reznica i zasađene na plohu 2

Table 17b. Surviving, average diameters, standard deviations and coefficients of variation for grouped families produced as rooted cuttings, in the plot 2

Kombinacija križanja Cross Combination	Godina sjetve Sowing Year	Zasađeno biljaka Number of Plants in 1985-87.	Preživjelo biljaka Survived II. 1995.	Preživjelo Survived %	Prosječni promjeri Average Diameters II. 1995. cm	Stand. devij. Standard Deviat. cm	Koeficij. varijab. Coeff. of Variation CV, %
ni x ni	1981.	32	22	68,8	5,	2,62	45,60
ni x sy	1981.	68	60	88,2	12,5	2,26	18,00
sy x nep.	1981.	10	10	100,0	13,3	2,75	20,70
sy x sy	1981.	4	4	100,0	14,7	2,19	14,90
ni. x nep.	1984.	6	2	33,3	5,7	2,62	46,36
ni x sy	1984.	4	2	50,0	4,2	1,70	40,40
ni x de	1984.	29	17	58,6	6,4	1,52	23,60
nisy x ni	1984.	13	8	61,5	6,1	1,94	32,00

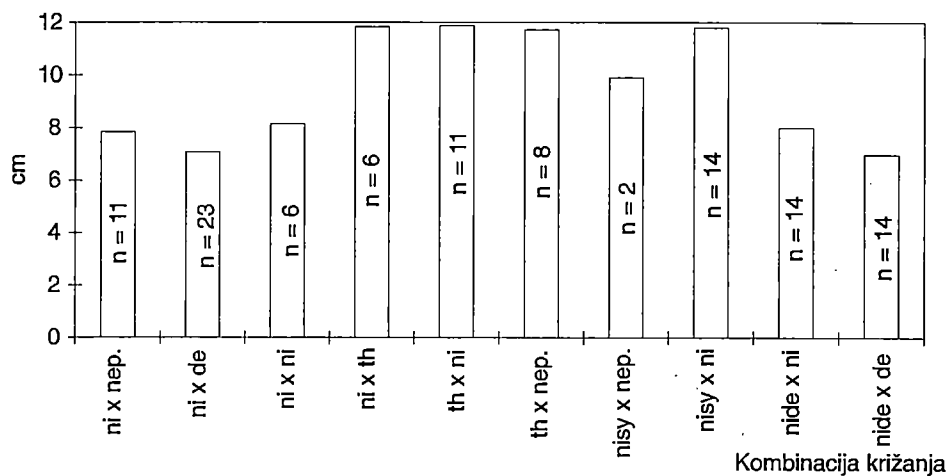
Prosječni prsni promjeri razvrstanih familija izmjereni krajem 1994. godine za biljke na ovoj plohi prikazani su i grafički, histogramima, na slici 15, ovisno o godini sjetve, odnosno godini zakorjenjivanja. Na slici 15a su najstarije biljke na plohi (sjetva 1979. godine). Najveće prosječne prsne promjere imaju grupe familija s ko-rejskim crnim borom i familija nisy x ni.

Godinu dana mlađe biljke (sjetva 1980. godine) iz grupe familija sydeni x nep. i nisy x sy imaju veće prsne promjere (slika 15b).

Obični je bor zastupljen s pet godina mlađim biljkama, proizvedenima iz sjemena 1984. godine (slika 15c). Prosječni promjer pet godina mlađih biljaka običnog bora veći je od promjera grupa ni x nep., ni x ni, ni x de, nide x ni i nide x de (slika 15a).

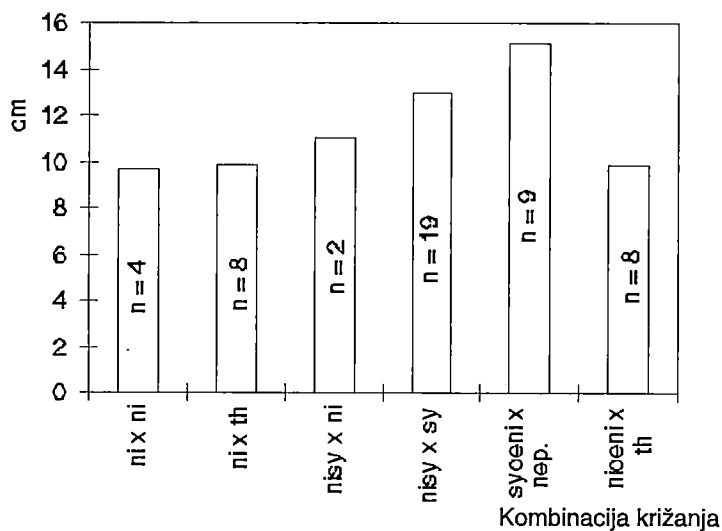
Kod biljaka uzgojenih iz reznica 1981. godine najveći prosječni prsni promjer ima obični bor (tablica 17b i slika 15d).

Kod tri godine mlađih biljaka, uzgojenih iz reznica 1984. godine (tablica 17b i slika 15e), najmanji prosječni promjer imaju dvije biljke, F₁ hibridi ni x sy, koje su bile teško oštećene pri košnji trave. F₁ hibridi ni x sy, proizvedeni reznicama 1981.



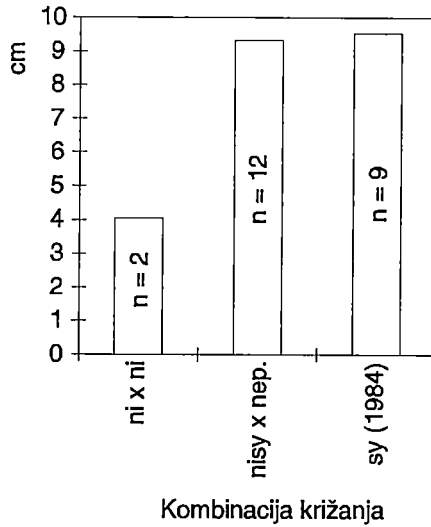
Slika 15a. Prosječni prsni promjeri 1994. godine razvrstanih familija borova proizvedenih iz sjemena 1979. godine i zasadenih na plohu 2

Figure 15a. Average dbh values in 1994 for grouped hybrid pine families produced as seedlings in 1979, in the plot 2

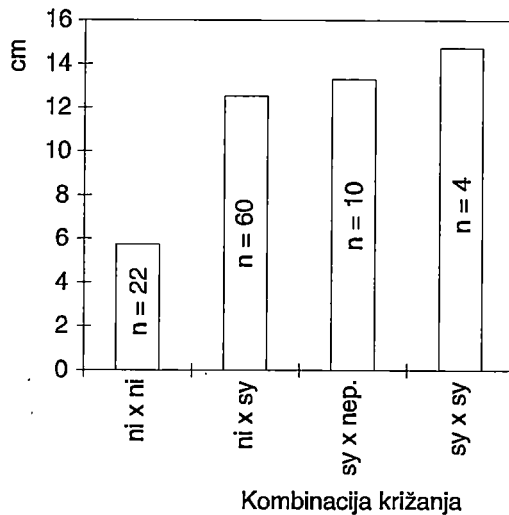


Slika 15b. Prosječni prsni promjeri 1994. godine razvrstanih familija borova proizvedenih iz sjemena 1980. godine i zasadenih na plohu 2

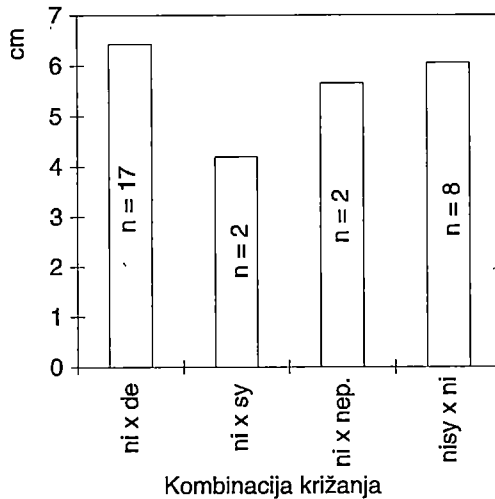
Figure 15b. Average dbh values in 1994 for grouped hybrid pine families produced as seedlings in 1980, in the plot 2



Slika 15c. Prosječni prsni promjeri 1994. godine razvrstanih familija borova proizvedenih iz sjemena 1983. i 1984. godine i zasadenih na plohu 2
Figure 15c. Average dbh values in 1994 for grouped hybrid pine families produced as seedlings in 1983 and 1984, in the plot 2



Slika 15d. Prosječni prsni promjeri 1994. godine razvrstanih familija borova proizvedenih iz reznica 1981. godine i zasadenih na plohu 2
Figure 15d. Average dbh values in 1994 for grouped hybrid pine families produced as rooted cuttings in 1981, in the plot 2



Slika 15e. Prosječni prsni promjeri 1994. godine razvrstanih familija borova proizvedenih iz reznica 1984. godine i zasadenih na plohu 2
Figure 15e. Average dbh values in 1994 for grouped hybrid pine families produced as rooted cuttings in 1984, in the plot 2

godine, imaju više nego dvostruko veći prosječni prsni promjer od crnog bora iste dobi (tablica 17b i slika 15d).

Apsolutno najveći prsni promjer na plohi, 17,5 cm, imaju dvije biljke iz grupe sydeni x nep. Jedna biljka nisy x sy ima prsni promjer 17,4 cm. Sve su te tri biljke proizvedene iz sjemena 1980. godine. Slijedi jedna biljka običnog bora, proizvedena iz reznice 1981. godine, s prsnim promjerom 17,3 cm.

PLOHA 3 FIELD PLOT 3

Ova je ploha podignuta u jesen 1987. godine na Đurđevačkim peskima. Za analizu su familije razvrstane prema kombinaciji križanja. Razvrstane familije i podaci o njihovu preživljavanju prikazani su u tablici 18.

Analiza visina i promjera u vratu korijena 1994. godine za svrstane podatke prikazana je u tablici 19, a prosječne visine prikazane su histogramom na slici 16.

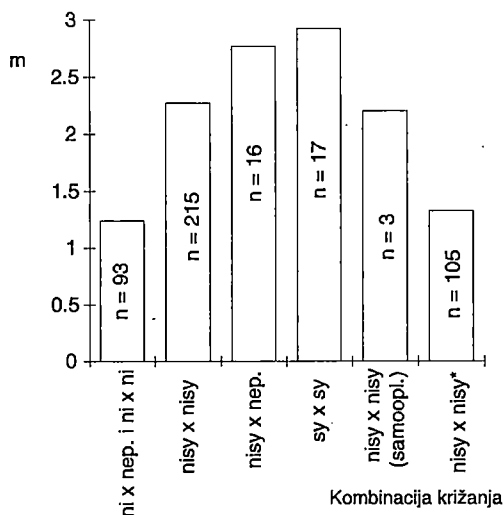
Najveće prosječne visine i promjere, mjerene u vratu korijena, imaju biljke običnog bora, sy x sy ($h = 2,9$ m, $d = 8,4$ cm, jedna familija, 17 biljaka). Samo nešto manje vrijednosti ($h = 2,8$ m, $d = 8,1$ cm) ima grupa od četiri familije slobodno oprašenih F_1 hibrida, nisy x nep., s ukupno 16 biljaka. Najmanju prosječnu visinu i promjer ($h = 1,2$ m, $d = 3,9$ cm) ima grupa od tri familije, od kojih je jedna familija crnog bora, ni x ni, a dvije su familije slobodno oprašenoga crnog bora, ni x nep., s ukupno 93 biljke.

Tablica 18. Podaci o preživljavanju razvrstanih familija borova na pokusnoj plohi 3
Table 18. Plot 3, grouped hybrid pine families, survival data

Kombinacija križanja Cross Combination	Broj familije Family Number S	Broj zasadenih biljaka Number of Plants XI. 1987.	Broj preživjelih biljaka Survived XI. 1994.	Preživjelo Survived %
ni x nep. i ni x ni	2026, 2033, 2037	177	93	52,5
sy x sy	2057	23	17	73,9
nisy x nep.	2044, 2046, 2048, 2050	29	16	55,2
nisy x nisy	2040, 2043, 2045, 2047, 2049, 2051, 2053	295	215	72,9
nisy 413 x nisy 413 (samoopl. – selfing)	2041	8	3	37,5
nisy x nisy*	2122*, 2123*, 2124*	172	105	61,1

Tablica 19. Prosječne visine i promjeri u vratu korijena 1994. godine za razvrstane familije na plohi 3
Table 19. Average heights and diameters in 1994 for grouped hybrid pine families in the plot 3

Kombinacija križanja Cross Combination	Prosječne visine Average Heights 1994, m	Stand. devij. Standard Deviation cm	Koef. varij. Coeff. of Variation CV, %	Prosječni promjeri Average Diameters 1994. cm	Stand. devij. Standard Deviation cm	Koef. varij. Coeff. of Variation CV, %
ni x nep. i ni x ni	1,2	0,52	41,6	3,9	1,91	49,4
sy x sy	2,9	0,85	29,1	8,4	2,50	29,8
nisy x nep.	2,8	0,95	34,4	8,1	2,82	35,0
nisy x nisy	2,3	0,72	31,5	6,4	2,43	38,0
nisy 413 x nisy 413 (samoopl. – selfing)	2,2	0,36	16,4	6,0	1,91	31,7
nisy x nisy*	1,3	0,70	52,9	3,5	2,04	59,1



Slika 16. Prosječne visine 1994. godine, razvrstanih familija borova na plohi 3
Figure 16. Average heights in 1994 for grouped hybrid pine families in the plot 3

Ako se uspoređuju pojedine familije, tada najveću prosječnu visinu i promjer ima familija slobodno oprašenoga F₁ hibrida, nisy x nep., S 2044 (h = 3,3 m, d = 9,7 cm), s ukupno sedam biljaka. S jednakom prosječnom visinom, ali nešto manjim prosječnim promjerom, također je slobodno oprašeni F₁ hibrid, nisy x nep., S

Tablica 20. Ploha 3, pojedinačne biljke koje imaju visinu i/ili promjer veći za više od tri standardne devijacije nego što su visina i/ili promjer pripadne grupe (podcrtane vrijednosti)
Table 20. Plot 3, Individual plants with heights and/or diameters more than three standard deviations greater than the average height and/or diameter of their respective group. Such values are underlined

Kombinacija križanja Cross Combination	Broj familije Family Numbers S	Promjeri Diameters XI. 1994. cm	Visine Heights XI. 1994. m
nisy x nisy	2040	<u>14,6</u> <u>12,8</u> <u>12,8</u>	<u>4,40</u> 3,45 4,05
nisy x nisy*	2124	<u>10,7</u> <u>10,2</u> 8,4	3,00 <u>3,20</u> <u>3,25</u>
ni x nep.	2026	<u>8,8</u> 8,4	2,40 <u>2,80</u>

2050 ($h = 3,3$ m, $d = 8,1$ cm), s tri biljke. Zatim slijedi familija običnog bora, sy x sy, S 2057 ($h = 2,9$ m, $d = 8,4$ cm), s ukupno sedamnaest biljaka. Najviša pojedinačna biljka na plohi i biljka s najvećim promjerom je F₂ hibrid, nisy x nisy, S 2040 ($h = 4,4$ m, $d = 14,6$ cm).

U grupi s najvećim koeficijentom varijabilnosti (tablica 19), a to su F₂ hibridi i biljke nastale slobodnim oprašivanjem crnog bora, pojedinačne su biljke svojom visinom i/ili promjerom veće za više od tri standardne devijacije od prosječne visine i/ili promjera grupe u kojoj se nalaze (podcrtane vrijednosti u tablici 20). Kada se takva analiza napravi unutar pojedinih familija, a ne grupa, samo je jedna od tih biljaka, F₂ hibrid, $h = 4,4$ m, $d = 14,6$ cm, svojom visinom i promjerom veća za više od tri standardne devijacije od prosječne visine i promjera familije S 2040, kojoj pripada.

DISKUSIJA – DISCUSSION

MORFOLOŠKA OBILJEŽJA IGLICA – MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NEEDLES

Kod F₂ hibrida, nisy x nisy, donekle je iznenađujući rezultat za duljinu iglica, jer oni imaju najkraće iglice, tj. iglice su u prosjeku kraće od prosjeka duljine iglica crnog bora, običnog bora i F₁ hibrida nisy, a i koeficijent je varijabilnosti (20 %) manji od očekivanoga. Uzorak je za F₂ hibride bio dovoljno velik, 435 iglica, s 29 stabala koja pripadaju u deset različitih familija nastalih križanjem devet različitih F₁ hibrida. Međutim, šest od tih devet F₁ hibrida je nastalo križanjem istoga roditeljskog para (ni 221 x sy 77), jedan je hibrid nastao slobodnim oprašivanjem crnog bora (ni 221 x nep.), a samo su dva hibrida potpuno različita i potječu iz Njemačke. Ako se analizira utjecaj familija, kod kojih je jedan od roditelja njemački hibrid, na konačni rezultat, vidi se da te familije u prosjeku imaju još kraće iglice (4,7 cm), a koeficijent varijabilnosti je 23 %. Neobično je što su kod F₂ hibrida prisutne samo kratke iglice, a nema iglica koje bi bile intermedijarne ili duže u odnosu na obje roditeljske vrste. Stoga se može zaključiti da je sa znanstvenoga gledišta ispitivani uzorak dao rezultat kakav je naveden, a uzrok se može samo nagađati. U razmatranjima mogućih uzroka tako dobivenog rezultata nameću se dva tumačenja. Prvo upućuje na mogućnost da je u ovom slučaju došlo do recesivne transgresije. Transgresijsko razdvajanje nastaje interakcijom gena s epistatičkim djelovanjem i predstavlja jednu od najznačajnijih mogućnosti za dobivanje novih svojstava koja nije imao nijedan roditelj. Drugo tumačenje uzroka da su duljine iglica kod F₂ hibrida kraće nego kod čistih vrsta i F₁ hibrida polazi od specifičnosti analiziranog uzorka, tj. sužene genetske osnove analiziranih F₂ hibridnih familija crnoga i običnog bora. Naime, svaka od deset F₂ hibridnih familija, od kojih su uzeti uzorci, ima u sebi gene crnog bora ni 221. Dvije F₂ hibridne familije imaju kod jednog F₁ hibridnog roditelja istu majku – ni 221, a sve ostale (osam F₂ hibridnih familija) imaju kod oba F₁ hibridna roditelja istu tu majku – ni 221. Iz navedenoga se može govoriti o

svojevrsnom *inbreedingu* pokazanom u duljini iglica. U razmatranjima mogućih uzroka da su analizirani F₂ hibridi nisy x nisy imali najkraće iglice, skloniji smo prikloniti se ovom drugom mišljenju.

Broj zubaca po jedinici dužine u gornjoj trećini iglica F₁ hibrida nisy u odnosu na biljke jednake dobi dobivene slobodnim oprašivanjem roditeljskih stabala istraživao je V i d a k o v i ć (1977). Na uzorku od 20 iglica osmogodišnjih biljaka najveći je broj zubaca bio kod običnog bora, najmanji kod crnog bora, a F₁ hibridi su imali nešto manji broj zubaca nego obični bor. Ti se podaci ne podudaraju s prethodno navedenim rezultatima u ovom radu, gdje F₁ hibridi nisy imaju manji prosječni broj zubaca od roditeljskih vrsta. Međutim, istraživanja nisu provedena u odnosu na roditeljske vrste kao u ovom radu, a razlika je još u dobi biljaka, u veličini uzorka i dijelu iglice na kojemu je mjereno broj zubaca.

Za F₁ hibride nide V i d a k o v i ć (1993) navodi da su intermedijarni po duljini iglica u odnosu na roditeljske vrste. Rezultati u ovom radu to ne potvrđuju, jer hibridi u prosjeku imaju kraće iglice od obje roditeljske vrste.

Za sedmogodišnje biljke F₁ hibrida desy V i d a k o v i ć i dr. (1978) utvrdili su da su iglice kraće nego iglice roditelja, a bliže običnomu nego japanskomu crvenom boru. Taj se podatak ne podudara s rezultatom u ovom radu, gdje su iglice F₁ hibrida po duljini bile intermedijarne u odnosu na roditeljske vrste, a nešto bliže običnom boru. U navedenom radu (V i d a k o v i ć i dr. 1978) analizirane su tri biljke F₁ hibrida i uspoređene s roditeljima, odnosno s biljkama od kojih su hibridi nastali, a ne općenito s roditeljskim vrstama.

USPIJEVANJE HIBRIDA BOROVA NA POKUSNIM PLOHAMA U HRVATSKOJ – GROWING OF PINE HYBRIDS ON PLOTS IN CROATIA

Na području Đurđevačkih pesaka stare kulture crnog bora zauzimaju preko 400 ha. Hibridne familije borova, testirane na toj pokusnoj plohi, pokazale su niz prednosti u odnosu na crni bor. Ponajprije se to odnosi na preživljavanje i na rast. Na svim plohama najslabije je preživljavanje crnog bora (ni x ni i ni x nep.). Potvrđeno je da i u unutrašnjosti Hrvatske, na pijesku, F₁ hibridi nide mnogo bolje preživljavaju u odnosu na crni bor, što su za hladniji submediteran utvrdili V i d a k o v i ć i dr. (1973).

Uočeni je nedostatak hibridnih familija borova veći broj stabala oštećenih borovim savijačem, te su u tom pogledu hibridi slični običnom boru. Od napada borova savijača najveća su oštećenja habitusa kod kombinacija križanja s običnim borom i japanskim crvenim borom, a najmanja oštećenja kod kombinacija križanja s crnim borom. U dva je rada (V i d a k o v i ć i dr. 1973, 1986b) analizirana otpornost nekih hibridnih familija i čistih vrsta prema crvenoj pjegavosti iglica (*Dothistroma pini*), te je utvrđeno da su obični bor i japanski crveni bor gotovo potpuno otporni na tu bolest, a da je najosjetljiviji crni bor. Za razne hibridne kombinacije između te tri vrste utvrđena je varijabilnost u postotku zaraženosti iglica, ali su općenito hibridi intermedijarni u odnosu na roditeljske vrste.

Međutim, treba reći da je po preživljavanju i po rastu obični bor na svim plohama približno jednak ili bolji od najboljih hibridnih familija.

ZAKLJUČCI – CONCLUSIONS

MORFOLOŠKA OBILJEŽJA IGLICA – MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF NEEDLES

1. U prvoj je analizi ustanovljeno da je najbolje moguće razlikovanje između crnog bora i F₂ hibrida nisy, s najvećim utjecajem varijable L (duljina iglica). Mogućnost zamjene iglica crnog bora s iglicama F₂ hibrida je 4 %, a praktično nema pogrešne klasifikacije iglica F₂ hibrida kao iglica crnog bora. Najpouzdanija je klasifikacija za F₂ hibride (88 %).

2. U drugoj je analizi najbolje moguće razlikovanje japanskoga crvenog bora od ostalih grupa, s najvećim utjecajem varijable Nz (broj zubaca). Na osnovi triju mjerenih obilježja iglica točno će biti svrstano 81 % iglica japanskoga crvenog bora.

3. U trećoj je analizi najbolje razlikovanje običnoga bora i japanskoga crvenog bora, a pouzdanost je klasifikacije za te dvije vrste 98 %. Njihovi F₁ hibridi su intermedijarni i nije ih moguće razlikovati od roditeljskih vrsta samo na osnovi triju mjerenih obilježja iglica.

4. Diskriminantna analiza omogućava da se od više obilježja izdvoje ona koja najviše pridonose razlikovanju poznatih grupa. Na osnovi triju obilježja iglica moguće je djelomično razlikovanje nekih od analiziranih grupa. Točnost identifikacije pojedinih grupa nije zadovoljavajuća, a da bi se izdvojila ona obilježja po kojima je razlikovanje najbolje, u analizu treba uključiti što veći broj različitih obilježja, što bi bio zadatak budućih istraživanja.

USPIJEVANJE HIBRIDA BOROVA NA POKUSNIM PLOHAMA U HRVATSKOJ – GROWING OF PINE HYBRIDS ON PLOTS IN CROATIA

Između različitih kombinacija križanja dvoigličavih borova postoje velike razlike u preživljavanju, oštećenosti od borova savijača i rastu.

1. PREŽIVLJAVANJE

Na svim je plohama najslabije preživljavanje crnog bora (ni x ni i ni x nep.). Najbolje preživljavanje (90 – 100 % preživjelih biljaka) imaju povratni križanci trispesies hibrida (sydeni x sy i sydeni x ni), obični bor (sy x sy i sy x nep.), povratni križanci F₁ hibrida (nisy x sy i nisy x ni) i biljke nastale slobodnim oprašivanjem F₁ i trispesies hibrida (nisy x nep. i sydeni x nep.).

2. OŠTEĆENJA HABITUSA UZROKOVANA BOROVI M SAVIJAČEM (*Evetria buoliana* Sciff.)

Najmanje je oštećen crni bor (ispod 10 %).

Najveća su oštećenja kod kombinacija križanja s običnim borom (više od 50 %) i s japanskim crvenim borom (do 70 % oštećenih stabala).

3. RAST BILJAKA

Najmanje prosječne promjere ima crni bor i kombinacije križanja s japanskim crvenim borom.

Najveće prosječne promjere ima obični bor (sy x sy i sy x nep.), biljke kojima je jedan od roditelja F₁ hibrid nisy (nisy x sy, sy x nisy i nisy x nep.) i biljke nastale povratnim križanjem i slobodnim oprašivanjem trispecies hibrida (sydeni x sy i sydeni x nep.).

F₁ hibridi ni x sy po preživljavanju i rastu, u dobi od 14 godina, intermedijarni su u odnosu na roditeljske vrste, ali bliži boljem roditelju, običnom boru i značajno bolji od crnog bora.

F₁ hibridi ni x de, u dobi od 21 godinu, i po preživljavanju i po rastu bolji su od obje roditeljske vrste, ali slabiji od običnog bora.

Po preživljavanju F₂ hibridi nisy x nisy, u dobi od 10 godina, ne zaostaju za običnim borom, a mnogo su bolji od crnog bora. Po prosječnim visinama i promjerima F₂ hibridi su intermedijarni u odnosu na roditeljske vrste.

Posebnu važnost imaju pojedinačne hibridne biljke na plohama koje se izdvajaju svojim rastom od ostalih jednako starih biljaka, te je moguća selekcija tih stabala i njihovo vegetativno razmnožavanje ili podizanje ploha s roditeljskim parovima od kojih su nastale te biljke i proizvodnja genetski poboljšanog sjemena radi podizanja borovih kultura.

Najbolje su ove hibridne kombinacije:

nisy x sy, nisy x nep.

sydeni x sy, sydeni x nep.

LITERATURA – REFERENCES

- B o r z a n, Ž., 1977a: Contribution to the karyotype analysis of the European black pine (*Pinus nigra* Arn.). Ann. Forest., VIII(3): 29 – 50.
- B o r z a n, Ž., 1977b: Sticky chromosomes in the endosperm of European black pine and Scots pine. Genetika, vol. 9 (2): 139 – 147.
- B o r z a n, Ž., & D. P a p e š, 1978: Karyotype analysis in *Pinus*: a contribution on the standardization of the karyotype analysis and review of some applied techniques. Silvae Genet., vol. 27 (3 – 4): 144 – 150.
- B o r z a n, Ž., 1984: Hybridization between *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris* and morphology of chromosomes. Proc. of the 8th international symposium on sexual reproduction in seed plants, ferns and mosses, Wageningen, 181 pp.
- B o r z a n, Ž., 1987: Oplemenjivanje četinjača. Glas. šum. pokuse, posebno izd., 3: 243 – 253.

- Borzan, Ž., 1988: Kariotipovi nekih borova podsekcije *Sylvestres*. Glas. šum. pokuse, vol: 24: 1 – 100.
- Borzan, Ž., M. Idžojić & M. Vidaković, 1995: Experimental plots of some hard pine hybrid families in Croatia. Ann. Forest., XX(1): 1 – 36.
- Calmasi, R., S. R. Puglisi & G. G. Vendramin, 1988: Genetic variation in morphological and anatomical needle characteristics in *Pinus brutia* Ten. Silvae Genet., 37(5 – 6): 199 – 206.
- Clifford, H. T., & F. E. Binet, 1954: A quantitative study of a presumed hybrid swarn between *Eucalyptus elaeophora* and *E. goniocalyx*. Aust. Jour. Bot., 2: 325 – 336.
- Duffield, J. W., 1952: Relationships and species hybridization in the genus *Pinus*. Z. Forstgenetik, 1: 93 – 97.
- Đurbabić, B., M. Vidaković, D. Kolbah & Ž. Borzan, 1977: Quantitative analysis of soluble proteins extracted from pollen of some incompatible pine species. Genetika, vol. 9 (2): 149 – 157.
- Falkenhagen, E. R., & St. W. Nash, 1978: Multivariate classification in provenance research. Silvae Genet., 27(1): 14 – 23.
- Hemburger, C. C., & E. J. Fowler, 1969: Precocious flowering in some pines of the Laricoides group. Silvae Genet., 18(5 – 6): 146 – 150.
- Hopp, H., 1941: Methods of distinguishing between the shipmast and common forms of black locust on long Island. N. Y. USDA Tech. Bull. 742, 24 pp.
- Johnson, L. P. V., & C. Hemburger, 1946: Preliminary report on interspecific hybridization in forest trees. Canad. Jour. Res., 24: 308 – 312.
- Mardia, K. V., J. T. Kent & J. M. Bibby, 1982: Multivariate analysis. Academic Press, Inc., London, 551 pp.
- Mergen, F., & G. M. Furnival, 1960: Discriminant analysis of *Pinus thunbergii* x *P. densiflora* hybrids. Soc. Amer. Foresters, Proc.: 36 – 40.
- Mergen, F., D. T. Lester, G. M. Furnival & J. Burley, 1966: Discriminant analysis of *Eucalyptus cinerea* x *Eucalyptus maculosa* hybrids. Silvae Genet., 15(5 – 6): 148 – 154.
- Petričević, S., M. Vidaković, I. Bilić & Ž. Borzan, 1977: Immunological identity of pollen-wall proteins in some incompatible Pine species. Genetika, vol. 9 (3): 271 – 280.
- Rao, C. R., 1952: Advanced statistical methods in biometric research. John Wiley & Sons, Inc., New York, 390 pp.
- Schüt, P., & H. H. Hattmer, 1959: Die Eignung von Merkmalen des Nadelquerschnittes für die Kiefern – Bastarddiagnose. Silvae Genet., 8(3): 93 – 99.
- Snedecor, G. W., & W. G. Cochran, 1971: Statistical methods. The Iowa State University Press., 593 pp.
- Snyder, E. B., & J. M. Hamaker, 1978: Needle characteristics of hybrids of some species of southern pine. Silvae Genet., 27(5): 184 – 188.
- Solomon, D. S., & K. W. Kenlan, 1982: Discriminant analysis of interspecific hybridization in *Betula*. Silvae Genet., 31(4): 136 – 145.
- Tomassone, R., 1963: The application of discriminant functions to biometric problems. Ann. Ec. Eaux For., Nancy, 20: 585 – 617.
- Vidaković, M., 1963: Interspecific hybridization of several pine species from the Sub – Genus *Diplpxylon* Koehne. FAO/FORGEN 63 – 2b/5, 5 p.
- Vidaković, M., 1966a: Some characteristics of the needle structure and growth in hybrids between Austrian pine and Japanese red pine. Silvae Genet., 15(5-6): 155 – 160.
- Vidaković, M., & B. Jurković-Bevilaqua, 1970: Observations on the ovule development following cross pollination between Austrian and Scots pines using irradi-

- ated and nonirradiated pollen. IUFRO Sec. 22, Meeting of the working group in reproduction of forest trees, Verparanta, Finland, 8 p.
- Vidaković, M., 1971: Proizvodnja i rast međuvrskih hibrida između crnog bora (*Pinus nigra*) i japanskog crvenog bora (*Pinus densiflora*). Ljetopis JAZU, knjiga 75: 441 – 443.
- Vidaković, M., & Ž. Borzan, 1973: Contribution to the investigations of incompatibility by crossing Scots and European black pine. Internat. Symp. on Genet. of Scots Pine, Warszawa – Kornik, pp. 1 – 19.
- Vidaković, M., A. Krstinić & M. Harapin, 1973: Neka svojstva hibrida između *Pinus nigra* i *Pinus densiflora*. Šumarski list, 3 – 4: 112 – 131.
- Vidaković, M., 1974: Genetics of European black pine (*Pinus nigra* Arn.). Ann. Forest., VI(3): 57 – 86.
- Vidaković, M., Ž. Borzan & B. Jurković-Bevilacqua, 1975: Oplemenjivanje crnog i običnog bora primjenom zračenog polena. Acta Biologica, vol. VII (3 – 8): 309 – 317.
- Vidaković, M., 1977a: Some morphological characteristics of *Pinus x nigrosylvis* (*P. nigra* x *P. sylvestris*), Ann. Forest., VIII(2): 15 – 27.
- Vidaković, M., 1977b: Savlađivanje inkompatibilnosti pri križanju nekih borova. Genetika, vol. 9: 51 – 63.
- Vidaković, M., 1977c: The Effect of Genotype of the Incompatibility Barrier in crossing *Pinus nigra* with *Pinus sylvestris*. Proc. of the 8th Congress of EUCARPIA, Madrid, pp. 369 – 375.
- Vidaković, M., A. Krstinić, Ž. Borzan & B. Jurković-Bevilacqua, 1978: Neke morfološke karakteristike hibrida japanskog crvenog bora (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) i običnog bora (*Pinus sylvestris* L.). Šumarski list, 1 – 3: 19 – 24.
- Vidaković, M., 1983: Viability of seeds, obtained from back cross, as an indicator of the degree of incompatibility between *Pinus nigra* and *P. sylvestris*. Ann. Forest., X(4): 81 – 87.
- Vidaković, M., 1986: Relation of Self – Fertilization and Interspecific Incompatibility by Crossing *Pinus nigra* x *P. sylvestris*. Ann. Forest., XII(1): 1 – 14.
- Vidaković, M., Ž. Borzan, N. Komlenović & A. Krstinić, 1986a: Testiranje nekih familija čistih vrsta i povratnih križanaca dvoigličavih borova na kršu. Ann. Forest., XII(3): 57 – 69.
- Vidaković, M., A. Krstinić, M. Halambek & Ž. Borzan, 1986b: Uspijevanje nekih vrsta i hibrida dvoigličavih borova na Đurđevačkim pijescima. Ann. Forest., XII(4): 71 – 87.
- Vidaković, M., & Ž. Borzan, 1991: The growth of some interspecific hybrid pine seedlings and their cuttings. Ann. Forest., XVII(1): 1 – 21.
- Vidaković, M., 1993: Četinjače – morfologija i varijabilnost. Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 741 pp.
- Wells, O. O., W. I. Nance & B. A. Thielges, 1977: Variation in needle traits in provenance tests of *Pinus taeda* and *P. echinata*. Silvae Genet., 26(4): 125 – 130.
- Wettstein, W. von, 1951: Über Bastarde *Pinus nigra* var. *austriaca* x *sylvestris*. Z. Pflanzenzüchtung, 30: 473 – 477.
- Wright, J. W., & W. J. Gabriel, 1958: Species hybridization in the hard pines, series *Sylvestres*. Silvae Genet., 7(4): 109 – 115.
- Wright, J. W., 1962: Genetics of forest tree improvement. FAO Rome, 399 pp.
- Wright, J. W., W. A. Lemmien & D. S. Canovera, 1970: Abundant natural hybridization between Austrian and Japanese Red pines in southern Michigan. For. Sci., 15: 269 – 274.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GROWING OF
SOME TWO – NEEDLE INTERSPECIFIC PINE HYBRIDS ON PLOTS
OF ĐURĐEVAČKI PESKI AND IN THE ARBORETUM LISIČINE

Summary

Three morphological characteristics of needles of *P. nigra* Arn. (ni), *P. sylvestris* L. (sy), *P. densiflora* Sieb. et Zucc. (de) and their F₁ hybrids (nisy, nide, deni and desy) and F₂ hybrids (F₂ nisy) were analysed: 1. needle length (L), 2. number of serrations on needle margin (Nz) and 3. number of stomatal rows on the above side of the needle (Np). Discriminant analysis pointed to the possibility of discriminating between the species and their hybrids, as well as subsequent classification of new cases, on the basis of the three needle characteristics studied. Three separate analyses were created: 1. ni, sy, nisy and F₂ nisy; 2. ni, de, nide and deni; 3. de, sy and desy.

The first analysis showed that the best possible discrimination was that between European black pine and F₂ hybrids nisy, with the strongest influence of variable L (needle length). The possibility of mistaking European black pine needles for F₂ hybrid needles is 4%, while there is practically no wrong classification of F₂ hybrid needles as European black pine needles. The most reliable classification is that of F₂ hybrids (88%).

In the second analysis, the best possible discrimination was that of Japanese red pine and the other groups taken together, with the strongest influence of variable Nz (number of serrations). Based on the three characteristics studied, 81% of Japanese red pine needles can be correctly classified.

In the third analysis, the best discrimination was that between Scots pine and Japanese red pine, the reliability for these two species amounting to 98%. Their F₁ hybrids are intermediary and cannot be discriminated from the parent species only on the basis of the three needle characteristics studied.

Accuracy in identification of individual groups is not satisfactory, so in order to separate the characteristics which enable the best distinction, the analysis has to include as many different characteristics as possible, that would be the task of future researches.

On three plots in Croatia, the analysis of survival, damage made by pine bud borer (*Evetria buoliana* Schiff.) and growth of various hybrid combinations of four pine species: *P. nigra* Arn. (ni), *P. sylvestris* L. (sy), *P. densiflora* Sieb. et Zucc. (de) and *P. thunbergiana* Franco (th) as well as of control plants was made.

1. Survival:

On all plots the poorest survival rate is that of the black pine (ni x ni and ni x unkn.). The best survival (90 – 100 %) is noted for back crosses of trispecies hy-

brids (sydeni x sy and sydeni x ni), Scots pine (sy x sy and sy x unkn.), back crosses of F₁ hybrids (nisy x sy and nisy x ni) and plants occurred by open pollination of F₁ and trispecies hybrids (nisy x unkn. and sydeni x unkn.).

2. Damage of habit caused by pine bud borer (*Evetria buoliana* Sciff.):

The black pine is least damaged (less than 10 %).

The heaviest damages are in combinations of hybridization with the Scots pine (more than 50 %) and the Japanese red pine (up to 70 % of trees damaged).

3. Plant growth:

The smallest average diameters are registered for the black pine and for combinations of hybridization with the Japanese red pine.

The largest average diameters are registered for the Scots pine (sy x sy and sy x unkn.), plants with the F₁ hybrid nisy as one of parents (nisy x sy, sy x nisy and nisy x unkn.) as well as plants produced by back hybridization and open pollination of trispecies hybrids (sydeni x sy and sydeni x unkn.).

By their survival and growth, the F₁ hybrids ni x sy, at the age of 14, are intermediary in relation to their parental species, but closer to the better parent, Scots pine, and considerably better than the black pine.

The F₁ hybrids ni x de, at the age of 21, by their survival and growth are better than both parental species, but less good than the Scots pine.

By their survival, the F₂ hybrids nisy x nisy, at the age of 10, are equal to the Scots pine, and much better than the black pine. By their average heights and diameters, the F₂ hybrids are intermediary in relation to their parental species.

Of special importance on the plots are individual hybrid plants which are distinguished from other plants of the same age by their growth, so it is possible to make selection of these trees and their vegetative propagation or raising plots with parent pairs from which such plants originate and the production of genetically improved seed for the purpose of raising pine plantations.

The best hybrid combinations are:

nisy x sy, nisy x unkn.

sydeni x sy, sydeni x unkn.

Author's address:
Marilena Idžojtić
Faculty of Forestry
HR - 10 000 Zagreb
P. O. Box 178

UPUTE AUTORIMA

U *Glasniku za šumske pokuse* objavljuju znanstvenici Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Objavljuju se izvorni znanstveni radovi, disertacije i magistarski radovi.

Svaki članak podliježe recenziji dvaju recenzentata, od kojih je jedan izvan Hrvatske. Članak mora sadržavati: naslov, ime i prezime autora, nacrtak, ključne riječi, tekst s uobičajenim poglavljima (uvod, metode, rezultati, rasprava, zaključci), literaturu, sažetak i adresu autora s navedenom titulom.

Rukopis članka čine tekst i prilozi, a priprema se na engleskom jeziku. Na hrvatski jezik treba prevesti: naslov, podnaslove, ključne riječi (*key words*), nacrtak (*abstracts*), sažetak (*summary*) te opise svih priloga. Za točnost engleskog teksta te za uporabu mjernih veličina i jedinica odgovoran je autor, a za lekturu hrvatskoga teksta Uredništvo. Ukupni obujam rukopisa izvornoga znanstvenoga rada i magistarskoga rada može biti do 3 autorska arka, a disertacije do 6 autorskih araka (1 autorski arak = 30000 znakova ± 8 stranica formata Glasnika). Ukupni obujam rukopisa razumijeva uređene stranice teksta i priloga prema uputama.

Uređeni se rukopis (tekst i prilozi) dostavlja na disketi 3,5" uz dva ispisa. Potrebno je priložiti dopis s popisom datoteka, adresom autora s kojim će Uredništvo biti u vezi i eventualne upute Uredništvu. Rukopis se šalje na adresu:

GLASNIK ZA ŠUMSKE POKUSE
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
HR - 10000 Zagreb

Tekst se uređuje u programu *Microsoft Word for Windows* i ispisuje fontom *Arial CE* (*Font Size 11*) ili *Times New Roman CE* (*Font Size 12*). Ispis mora biti formata A4, s dvostrukim proredom (*Double Spacing*) i okolnim slobodnim rubom najmanje širine 2,5 cm. Isticanje riječi ili rečenica u tekstu dopušteno je isključivo kosim ili razmaknutim slovima. Latinski nazivi pišu se kosim slovima. Masno otisnuta slova služe isključivo za isticanje naslova i podnaslova. Na marginama teksta olovkom treba naznačiti mjesta gdje dolaze prilozi. U tekstu se citirani rad navodi prezimenom autora, između prezimena autora stavlja se veznik "i" (npr. Vukelić i Baričević 1996, ili Vukelić i Baričević (1996)). Ako je članak potpisalo tri i više autora, navodi se prezime prvog autora i riječi "i dr." (npr. Matić i dr. 1996, ili Matić i dr. (1996)). Obujam je nacrtka (*abstracts*) do 300 riječi, a sažetka (*summary*) do 1/3 tekstualnoga dijela članka. U popisu literature navode se svi autori, i to abecednim redom, a potom kronološki.

Primjeri navođenja literature:

Članak iz časopisa:

Matić, S., M. Oršanić, I. Anić, 1996: Neke karakteristike i problemi prebornih šuma obične jele (*Abies alba*, Mill.) u Hrvatskoj. Šum. list CXX/(3-4): 91-99, Zagreb.

Rauš, Đ., 1992: Vegetacija ritskih šuma uz rijeku Dravu od Varaždina do Osijeka s težištem na varaždinske podravske šume. Glas. šum. pokuse 28: 245-256, Zagreb. Poglavlje iz knjige.

Vukelić, J., 1994: Šume brežuljaka, brda i gorja. *Silvae Nostrae Croatiae*, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Republike Hrvatske, 89-95, Zagreb.

Knjiga

Schmidt-Vogt, H., 1986: Die Fichte: Ein Handbuch in 2 Bd. Paul Parey, 563 p., Hamburg-Berlin.

Prilozi su tablični, grafički i slikovni. Uređuju se za crno-bijeli tisak. Predaju se odvojeno od teksta i ne smiju prelaziti veličinu papira formata A4 s okolnim slobodnim rubom širine 2 cm. Svaki prilog mora biti ispisan na zasebnoj stranici, a naziv datoteke napisan olovkom u gornjem desnom uglu. Treba ih urediti što jednostavnije, bez suvišnih naglašavanja podataka masnim otiskom, sjenčanja, okvira i sl. Cjelokupan opis priloga mora biti na engleskom i hrvatskom jeziku. Prilozi moraju biti snimljeni u obliku izvorne datoteke računalnoga programa u kojemu su izrađeni (npr. *Graph1.xls*, *Karta1.cdr*, *Table3.xls*). Prilozi koji su nacrtani na papiru trebaju biti što kvalitetniji zbog kvalitetnijega skeniranja. Ako je prilog preuzet, obvezno se navodi izvor (npr. *Source/Izvor*: Korpel 1991). Prilozi se ne vraćaju autorima.

Rukopisi koji odstupaju od navedenih uputa bit će vraćeni autoru na doradu prije recenzije. Autorima će se prije konačnog tiska dostaviti primjerak tiskanoga sloga na korekturu. Ispravci će biti ograničeni samo na tiskarske greške. Promjene u tekstu neće biti dopuštene. Autoru će biti dostavljeno 30 besplatnih otisaka (separata) članka, a veći se broj može naručiti od Uredništva uz naplatu.

Uredništvo

RAUŠ, Đ., Ž. ŠPANJOL & D. BARIČEVIĆ: ECOLOGICAL-BIOLOGICAL RESEARCH AND SUCCESSION ON PERMANENT PLOTS IN THE BEECH AND FIR FOREST IN CROATIA (Original in Croatian: *Ekološko-biološka istraživanja i sukcesija na trajnim plohamu u bukovo-jelovoj šumi u Hrvatskoj*). Glas. šum. pokuse 33: 1–52, Zagreb, 1996.

The authors present the first phase of establishing permanent plots in beech and fir forests in Croatia. Fourteen permanent plots in all are presented with the following parameters: locality, parent material, soil, climate, vegetation, structure per hectare, relating zoocoenosis and state of health, being the zero state of each plot since the date of its establishment. The establishment of permanent plots in the field and the collection of data for the zero state were completed by 1990, and all the data for each individual plot have been stored at the Institute for Silviculture of the Forestry Faculty in Zagreb. Activities concerning the first stage of setting up 100 permanent plots in various ecosystems in Croatia ended the storage of permanent plot zero state data. Further research in these plots are related to the second phase of the work, and involves detailed comparative multidisciplinary studies lasting for 20 years at least (1990 - 2010). In the past 1991 - 1995 period, the activities focused on degradation of the beech and fir forests, and on the observation of natural regeneration in these forests.

Key words: permanent plots, research, "laboratory in the nature", parent material, soil, climate, ecosystem, structure per hectare, degradation of forests, regeneration of forests

KAJBA, D.: INTERPOPULATION AND INTRAPOPULATION VARIABILITY OF THE SILVER BIRCH (*Betula pendula* Roth) IN A PART OF ITS HABITAT IN THE REPUBLIC OF CROATIA (Original in Croatian: *Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost obične breze (Betula pendula Roth) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj*). Glas. šum. pokuse 33: 53–108, Zagreb, 1996.

In the work the researched silver birch populations from the region of Croatia have shown a more pronounced intrapopulation variability with respect to the property of height and diameter increment, the number of branches and the leaf morphological traits, in relation to the variability between the tested populations. By the research of the phenotypical stability of height and diameter for the same half-sibs, tested on three different localities, a significant influence of the site has been determined, that is manifested by considerable modifications along with statistically significant differences for the half-sibs \times site interaction. By the evaluation of genetic parameters for the property of height, the diameter above the ground level and the number of branches, it has been found that these properties belong to the group of a moderate genetic control. Values of the expected genetic gain indicate that a significant genetic improvement in volume production can be obtained by the selection inside the researched populations, as well as by establishing the second generation seed orchard. The negative genotypical correlations as well as high values of the positive phenotypical ones result from the existence of a pronounced half-sibs \times site interaction. The research of the leaf morphometrical traits in the half-sibs and adult trees from the researched populations showed the existence of a statistically significant intrapopulation variability for all measured properties. On the basis of the research carried out for the silver birch intrapopulation and interpopulation variability in the region of Croatia, it can be concluded that this variability is of clinal type, i.e. that there is no clearly pronounced genetic discontinuity of local populations.

Key words: *Betula pendula*, interpopulation and intrapopulation variability, phenotypical stability, genetic parameters

ČAVLOVIĆ, J.: USING SYSTEM DYNAMICS IN EVEN-AGED FORESTS MANAGEMENT IN THE AREA OF THE ZAGREB FOREST DISTRICT (Original in Croatian: *Sustavna dinamika u planiranju gospodarenja regularnim šumama na području uprave šuma Zagreb*). Glas. šum. pokuse 33: 109–151, Zagreb, 1996.

The basic requirement that is set front of the forest resource management is the provision of a sustainable production of all forest benefits, and the conservation of the forest ecosystem stability. In the case of management with even-aged forests, this requirement will be fulfilled when a normal and stable forest composition, based on a regular age class distribution, is obtained.

Natural systems, characterized by highly complex cause-consequence relations in time and space, have influenced the choice of a work method: dynamic system modelling. A simulation model was designed of managing a forest of even-aged stands with an age class distribution method.

Simulations of relevant scenarios were carried out. The work was aimed at studying a future development of age class distribution per area and growing stock in the Zagreb Forest District at different management levels within the Pedunculate oak management class.

The simulation research has shown that even-aged forest management, defined by the intensity of seed fellings (method of computing the surface allowable cut of the principal yield) and rotation age, is a very strong factor influencing future trends (trends in age class distribution, allowable cut and growing stock) in the closed system of even-aged forest.

Key words: sustainable management, even-aged forest, system dynamics, trends in age class distribution, seed felling, rotation

FRANJIĆ, J.: MORPHOMETRIC ANALYSIS OF LEAF VARIABILITY POSAVINA AND PODRAVINA POPULATIONS OF THE COMMON OAK (*QUERCUS ROBUR* L., FAGACEAE) IN CROATIA (Original in Croatia: *Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (Quercus robur L., Fagaceae) u Hrvatskoj*). Glas. šum. pokuse 33: 153–212, Zagreb, 1996.

In the work the multicariety, univariety, descriptive, parametrical and non-parametrical analysis of the common oak (*Quercus robur* L.) leaf sample has been made in an attempt to get a better idea of the common oak individual and population variability in Croatia. The analysis included in total 20 common oak populations originating from various bioclimatic regions (Posavina and Podravina, plus four control populations from Istria, Slovenia and Germany). The analysis showed significant differences between the populations, as well as differences between the trees in a population, the differences between the trees inside a population being bigger than those between the populations. Such results lead to the conclusion that every population has approximately the same number of genotypes and that the only difference occurs in the survival (presence, frequency) that is very likely in close connection with ecological factors (edaphic and climatic). The research of the common oak variability in the region of the Republic of Croatia is in the function of acquiring better knowledge of the local population genetic differentiation as an essential basis for separating seed stands (dividing into areas) and for preservation of the common oak gene supply.

Key words: *Quercus robur*, common oak, morphological leaf properties, morphometrical analysis, multivariety analysis, variability

MARTINIĆ, I.: ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL CRITERIA IN DESINGING ON THE FOREST OPERATIONS FORMS (Original in Croatian: *Ekonomski i organizacijski kriteriji za oblikovanje šumskih radova*). Glas. šum. pokuse 33: 215-297, Zagreb, 1996.

The paper presents a methodology for calculating the felling volume income and forest road costs of a particular forest unit. The calculation for felling volume income were the wood assortment tables for beech and fir in 13 broadleaves and 9 conifer ecological-management types and sell prices of the manufactured wood assortments. The felling volume was calculated by the Klepac formula, while the number of trees in a particular diameter class was determined by means of the theoretical distribution derived from the realized volume distributions at the felling of 20 thousand trees. The parameter functions of the felling volume income for single tree were determined by using the regression method. Based on the felling volume income surface unit, an index system was established for grouping forest management units into income classes. Building and maintenance costs for forest roads are determined on the basis of built roads and trails lengths in a particular management unit and their average construction prices.

Key words: economics, selection forests, annual cut, felling volume income, wood-assortment, forest-value, forest-roads and trails, building and maintenance costs

IDŽOJTIĆ, M.: MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GROWING OF SOME TWO-NEEDLE INTERSPECIFIC PINE HYBRIDS ON PLOTS OF ĐURĐEVAČKI PESKI AND IN THE ARBORETUM LISIČINE (Original in Croatian: *Morfološka obilježja i uspjevanje nekih dvoigličavih međuvrskih hibrida borova na pokusnim plohama Đurđevački peski i u Arboretumu Lisičine*). Glas. šum. pokuse 33: 301-336, Zagreb, 1996.

Three morphological characteristics of needles of *P. nigra* Arn., *P. sylvestris* L., *P. densiflora* Sieb. et Zucc. and their F₁ hybrids and F₂ hybrids were analysed: 1. needle length, 2. number of serrations on needle margin and 3. number of stomatal rows on the above side of the needle. Discriminant analysis pointed to the possibility of discriminating between the species and their hybrids, as well as subsequent classification of new cases, on the basis of the three needle characteristics studied.

On three plots in Croatia, the analysis of survival, damage made by pine bud borer (*Evetria buoliana* Schiff.) and growth of various hybrid combinations of four pine species: *P. nigra* Arn., *P. sylvestris* L., *P. densiflora* Sieb. et Zucc. and *P. thunbergiana* Franco as well as of control plants was made.

Key words: *Pinus nigra* Arn., *P. sylvestris* L., *P. densiflora* Sieb. et Zucc., *P. thunbergiana* Franco, interspecific hybrids, needle morphology, discriminant analysis, survival of plants, *Evetria buoliana* Schiff., plant growth