

Utjecaj sastojinskih, stanišnih i strukturnih obilježja na planiranje obnove sastojina hrasta lužnjaka

Juro Čavlović, Krunoslav Teslak, Anamarija Jazbec, Mislav Vedriš

Nacrtač – Abstract

U uvjetima narušene strukture lužnjakovih sastojina značajno je pitanje određivanja prioriteta prema kojemu će se obnavljati pojedine potencijalno zrele i zrele sastojine. Svrha je rada odgovoriti na to pitanje odabirom objektivnoga kriterija za rangiranje sastojina prema prioritetu za obnovu, koji se zasniva na lako pridobivim elementima strukture sastojina. Predmet su istraživanja šume hrasta lužnjaka u srednjoj Posavini, gdje je u 16 gospodarskih jedinica po načelu slučajnosti odabrano 37 starijih i starih sastojina narušena obrasta. Na 146 ploha polumjera 25 m provedena je procjena i izmjera varijabli na razini pojedinačnih modelnih stabala, varijabli sastojine, te stanišnih i gospodarskih varijabli. Obradom podataka, parcijalnim linearnim i multivarijantnim analizama te modeliranjem istraživan je utjecaj strukturnih značajki na prioritet obnove. Rezultati su istraživanja potvrdili statistički značajnu ovisnost između sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika, strukture sastojina i razlike budućih potencijalnih prihoda. Oni pokazuju postojanje neposredne veze između strukture sastojine i prioriteta obnove. Starije su sastojine hrasta lužnjaka (100–120 godina) narušenije strukture i imaju veći prioritet obnove. Ustanovljena složena varijabla razlike u renti određiva je lako pridobivim elementima strukture (broj stabala, temeljnica i debljinski prirast hrasta lužnjaka), te postoji mogućnost njezine praktične primjene pri rangiranju sastojina ili dijelova sastojina (izlučivanje) prema prioritetu obnove. Proširenje istraživanja stanišno-strukturnih odnosa na šire ili cijelo područje lužnjakovih šuma, te uključivanje prostornih kriterija i kriterija višenamjenskoga gospodarenja šumama može biti očekivan nastavak ovoga istraživanja.

Ključne riječi: hrast lužnjak, sastojine slaba obrasta, renta, planiranje obnove sastojina

1. Uvod – Introduction

Značenje se šuma nizinske bioklimatske zone ogleda u činjenici da one zauzimaju 16 % od ukupne površine te 22 % od ukupne drvene zalihe šuma u Hrvatskoj. Hrast lužnjak kao osnovna i najproširenija vrsta nizinskih šumskih ekosustava naša je najvrjednija vrsta drveća koja se prema zastupljenosti s 13 % od ukupne drvene zalihe nalazi odmah iza bukve (Čavlović 2010). Slabljenje stabilnosti ekosustava nizinskih šuma te promjene stanišnih uvjeta zbog nepovoljnih biotskih utjecaja, klimatskih promjena te hidromelioracijskih zahvata bili su predmetom mnogobrojnih istraživanja posljednjih desetljeća (Dekanić 1975, Klepac 1988, Pranjić i dr. 1988, Matić i Skenderović 1993, Mayer 1993, Meštović i dr. 1996,

Prpić i dr. 1997, Tikvić i dr. 2009) jer se sve više narušava struktura sastojina hrasta lužnjaka.

Istraživanje prema Čavloviću i dr. (2006) pokazuje da u šumama hrasta lužnjaka na I. bonitetu postoji manje od 30 % sastojina normalna obrasta te više od 20 % sastojina devastirana obrasta (manji od 0,5) neovisno o dobi sastojina, uzimajući u obzir normalan broj stabala glavne vrste drveća. Takvo stanje strukture šuma upućuje na veliku količinu gospodarskih postupaka vezanih uz obnovu i sanaciju sastojina te pitanje održivosti gospodarenja (Čavlović i dr. 2006).

Izostavljajući mlade i srednjodobne sastojine (razvojne faze) u kojima se normalan broj stabala po jedinici površine nalazi u širem rasponu nego što je to na kraju razvoja sastojine (Duc 1991, Bončina 1994),

problem se istraživanja u ovom radu usmjerava na starije i stare sastojine u dobi iznad 100 godina. Polazeći od činjenice stanja narušenosti strukture sastojina i od pretpostavke da sve sastojine hrasta lužnjaka na razini određene šume starije od 100 godina potencijalno ulaze u izbor za planiranje provedbe obnove, pred planiranje i gospodarenje šumama postavlja se pitanje određivanja prioriteta prema kojemu će se obnavljati pojedine sastojine. Prema tomu, prijevremena obnova potencijalno zrelih sastojina, odnosno sječiva dob određenoga dijela sastojina može biti mnogo prije u odnosu na ophodnju. Istodobno, radi održivosti gospodarenja i potrebe održavanja ravnomyernoga odnosa sastojina sječive dobi ispod i iznad ophodnje, odgađanje obnove u sastojinama ili dijelovima sastojina kvalitetne i stabilne strukture nužna je pretpostavka.

Općenita je svrha rada na širem području šuma hrasta lužnjaka u starijim i starim sastojinama narušene strukture istražiti strukturu i međusobne utjecaje sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika na elemente strukture sastojina. Na podlozi dobivenih strukturnih odnosa cilj je modeliranjem odrediti lako pridobive elemente modela koji će biti objektivni kriterij za rangiranje sastojina prema prioritetu obnove, utemeljenom na strukturnim i gospodarskim zahtjevima.

2. Predmet rada – *Object of research*

Područje je istraživanja cjelovita, konzistentna šuma hrasta lužnjaka na širem području Lonjskoga i Mokroga polja odnosno srednje Posavine. U upravnom smislu područje obuhvaća dijelove triju županija: Zagrebačku, Sisačko-moslavačku i Brodsko-posavsku, a u šumskogospodarskom dijelove triju uprava šuma: podružnice Zagreb, Sisak i Nova Gradiška. Nizinske su šume hrasta lužnjaka na tom području razdijeljene na 16 gospodarskih jedinica (G.J.), od G.J. Žutica, Šumarije Novoselec na zapadu, dolinom Save, desnom obalom do Jasenovca, a lijevom do Stare Gradiške, s desne strane autoceste Zagreb – Lipovac sve do G.J. Ljeskovača Šumarije Stara Gradiška na istoku.

Prirodna su obilježja područja rada detaljno opisana i mogu se pronaći u već objavljenim radovima (Kovačević i dr. 1972, Seletković 1996).

3. Metoda rada – *Method of work*

3.1 Terenski rad – *Field work*

Terensko je istraživanje provedeno u navedenom području u 37 sastojina na 146 ploha. Tri skupine sastojina u dobi 101 – 120, 121 – 135 i većoj od 135

godina obrasta manjega od 0,8 (Čavlović i dr. 2006), površine veće od 3 ha, selektirane su iz baze podataka po načelu slučajnosti. Unutar selektiranih sastojina dijagonalno su položene privremene plohe promjera 25 m po načelu 1 ploha na 2 ha površine.

Na pokusnim je plohama provedena procjena i izmjera elemenata staništa i sastojine te varijabli na modelnim stablima. Na modelnim stablima (5 stabala hrasta lužnjaka i jasena glavne etaže najbliža središtu) mjerena su 2 promjera u prsnoj visini, položaj stabla na plohi, polumjeri krošnje prema 4 strane svijeta, visina stabla, visina baze krošnje i najširega dijela krošnje, sortimentna struktura i osutost krošnje te uzeti izvrtci s 1 – 2 srednjoplošna stabla. Na cijeloj su površini plohe mjereni prsni promjeri svih živih ostalih stabala viših od 1,3 m, procjenjivana brojnost ponika i pomlatka, procjenjivana (doznačivana) stabala za potencijalnu sječicu prethodnoga prihoda, evidentirani su sušci i suha stabla, mjerena dva promjera panjeva posječenih stabala, procjenjivana brojnost i vrste u sloju grmlja, te ostali elementi staništa i stanja sastojine (mikroreljef, sklop, kvaliteta, zdravstveno stanje, šumski red i zastrtost tla listincem, prizemnim raščem i slojem grmlja).

3.2 Obrada podataka – *Data processing*

Iz podataka dobivenih mjerenjem i procjenom u postupku obrade izvedene su varijable za razine pojedinačnih (modelnih) stabala, ploha i sastojina radi statističke obrade i analize te modeliranja.

Parcijalnim linearnim korelacijama istraživana je međusoban utjecaj sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika na elemente strukture sastojina. S obzirom na to da je riječ o kategorijskim varijablama sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika, korišten je neparametrijski *Sperman rank* test.

Višefaktorskom analizom varijance (Sokal i Rohlf 1995) ispitivan je kompleksan utjecaj sastojinskih, stanišnih i gospodarskih varijabli na odabrane elemente strukture sastojine. U slučaju postojanja statistički značajnoga utjecaja neke od promatranih varijabli proveden je *Tukey post hoc* test kako bi se utvrdile razlike između pojedinih kategorija varijable.

Za modeliranje je primijenjena višestruka linearna regresija, a optimizacija općega linearnoga modeliranja (*Generalized linear modelling*) provedena je metodom *forward stepwise* (Ott 1993).

Statističke su analize provedene upotrebom programskoga paketa SAS (*SAS Institute INC.*, 1999), a opisna statistika, korelacijske analize te uklapanje funkcija i izradu dijela grafičkih prikaza upotrebom programskoga paketa *STATISTICA 8.2.* (*StatSoft INC.*, 2007).

Pri obradi, analizi i prikazu podataka korištene su kratice kako slijedi:

Tablica 1. Prikaz korištenih kratica s opisom
Table 1 List and description of used abbreviations

Kratica Abbreviation	Opis - Description
BON	Bonitet - Site quality class
DEL_REN	Potencijalna razlika rente - Potential rent difference
DOB	Dob sastojine - Stand age
dSP	Promjer srednje plošnog stabla - Dbh of mean stand tree
EGT	Ekološko-gospodarski tip - Forest management type
FITOO_2	Šumska zajednica - Forest association
GJ	Gospodarska jedinica - Management unit
GRM	Zastrtost tla slojem grmlja - Coverage of shrub layer (category)
GZ	Temeljnica po ha - Basal area per ha
H_Nsve	Indeks bioraznolikosti - Index of biodiversity (Shannon)
ivZ	Godišnji tečajni volumni prirast - Annual current volume increment
KV_AVp	Udio drva razreda kakvoće A u volumenu hrastovih stabala - Rate of A quality class wood in a ped. oak stem
KVPL	Kakvoća sastojine (ploha) - Category of stand quality (plot)
LIST	Zastrtost tla listincem - Litter layer
Npom	Broj stabalaca pomlatka po ha - Number of seedlings per ha
NZ	Broj stabala po ha (> 10 cm prsnoga promjera) - Number of trees per ha (>10 cm of dbh)
OS	Omjer smjese vrsta drveća - Tree species composition (rate)
OST	Zdravstveno stanje sastojine (oštećenost) - Health status of stand (damage)
P	Površina sastojine - Stand area
P_R	Zastrtost tla prizemnim raščem - Coverage of understorey vegetation layer
PRO_2	Propisani etat prema osnovi gospodarenja - Prescribed cutting in management plan
SKLOP	Sklopljenost sastojine - Density of crown cover
SR	Uspostavljenost šumskoga reda - Site arrangement after cutting
TIP	Tip mikroreljefa - Microrelief type
US	Uprava šuma - Forest administration
VD	Procijenjeni potencijalni etat na plohi - Field observed potential cutting on plot (stand)
VR_PR	Vrsta prihoda (glavni, prethodni, slučajni) - Type of felling (main, intermediate, died tree)
VZ	Drvena zaliha po ha (> 10 cm prsnog promjera) - Standing volume per ha (>10 cm of dbh)
_Hr	Hrasta lužnjaka - Of pedunculata oak
_OV	Ostalih vrsta drveća - Of other tree species
_UK	Ukupno - Of total
u	Ophodnja - Rotation
n	Razdoblje odgode obnove (20 godina) - Adjourment of stand regeneration (20 years)
*A	Vrijednost drvene zalihe potencijalno zrele sastojine (zreli prihod) - Value of standing volume of potentially mature stand (mature revenue)
*D _o	Vrijednost očekivanoga prihoda od prve prorede - Expected value of the first intermediate cut
*D _q	Vrijednost očekivanoga prihoda od zadnje prorede (nakon u-10 godina) - Expected value of the last intermediate cut (after u-10 years)
*D _o	Vrijednost očekivanoga prihoda od zadnje prorede u slučaju odgode obnove sastojine (nakon u-10-n godina) Expected value of the last intermediate cut in a case of adjourment of stand regeneration (after u-10-n years)
*D _A	Vrijednost prorede potencijalno zrele sastojine u slučaju odgode obnove Value of intermed. cut of potentially mature stand in a case of adjourment of stand regeneration
*C _G	Troškovi gospodarenja (pretpostavka je da su jednaki za obje alternative) - Costs of management (equal costs for both alternatives are assumed)

*Sve vrijednosti su izražene u kunama po hektaru (kn/ha) - All values are in HRK per ha (kn/ha)

3.3 Definiranje razlike potencijalnoga prihoda (rente) zbog odgode obnove sastojine

Defining of potential revenue (rent) difference in a case of adjournment of stand regeneration

Prosječni godišnji očekivani prihod (renta) pojedine sastojine potencijalno zrele za obnovu tijekom budućega razdoblja koje odgovara ophodnji (*u*), prema Nenadiću (1922), može se izraziti obrascem:

$$REN = \frac{(A + D_a + \dots + D_q) - C_G}{u} \quad (1)$$

U slučaju odgađanja obnove iste sastojine za *n* godina, tijekom budućega jednako dugoga razdoblja (*u*) razvoj će buduće sastojine biti skraćen te će biti izostavljeni prihodi od zadnjih proreda uz akumuliranje vrijednosti drvene zalihe postojeće zrele sastojine, ovisno o dužini razdoblja odgode obnove (*n*). Prema toj pretpostavci prosječni godišnji očekivani prihod može se izraziti obrascem:

$$REN = \frac{((A - D_A) \times 1,015^n + D_A + D_a + \dots + D_o) - C_G}{u} \quad (2)$$

Definirana razlika u potencijalnom prihodu (renti) odnosno razlika između dviju mogućnosti uzeta je kao objektivni ekonomski kriterij za rangiranje sastojina prema prioritetu obnove, koji se zasniva na postojećim strukturno-stanišnim i gospodarskim obilježjima sastojine ili dijela sastojine:

$$DEL_REN = \frac{(A + D_a + \dots + D_q) - C_G}{u} - \frac{((A - D_A) \times 1,015^n + D_A + D_a + \dots + D_o) - C_G}{u} \quad (3)$$

Sadašnje su vrijednosti drvene zalihe određene na temelju izračuna podataka dobivenih izmjerama na istraživanim plohama. Vrijednost prorede sastojine u slučaju odgode obnove dobivena je izračunom vrijednosti konsigniranoga (simuliranoga) zahvata prethodnoga prihoda tijekom izmjere na istraživanim plohama. Vrijednost volumena potencijalnoga prethodnoga prihoda za pojedinu dob sastojine, temeljeno na pretpostavci budućega normalnoga razvoja sastojina, izračunavana je na temelju teoretskih podataka volumena proreda iz prirasno-prihodnih tablica za hrast lužnjak, II. bonitet (Špiranec 1975), sortimentnih tablica i postojećega važećega cjenika drvnih sortimenata za hrast lužnjak.

Razlika u renti pri analizi i modeliranju predstavljala je najznačajniju nezavisnu varijablu.

4. Rezultati – Results

Pripadnost odabranih sastojina gospodarskim jedinicama, njihova dob, površina i bonitet, kao i os-

Tablica 2. Osnovna obilježja strukture mjerenih sastojina i uzorka ploha
Table 2 Main structure characteristics of the observed stands and sample plots

G.J.	ODJ/ODS	Dob god.	P ha	N _{plOHA}	P _{plOHA} m ²	I %	N kom/ha	G _{HR} m ² /ha	BON	O _{HR}	O _{UK}	V m ³ /ha	S.D. m ³ /ha	C.V. %	S.P. m ³ /ha
Brezovica	21c	117	14,75	5	9 817,5	6,7	431,9	6,2	II/III	0,20	0,94	348,4	72,3	20,8	32,3
Brezovica	12a	130	9,76	4	7 854,0	8,0	392,2	14,6	II/III	0,48	1,12	456,7	78,0	17,1	39,0
Brezovica	91a	140	13,07	5	9 817,5	7,5	247,5	14,2	II/III	0,47	1,04	472,8	75,7	16,0	33,8
Brezovica	73a	150	5,44	3	5 890,5	10,8	376,9	8,9	III	0,30	1,31	485,0	47,0	9,7	27,1
G. kamaré	85a	132	44,07	5	9 817,5	2,2	309,7	14,1	II	0,45	1,27	593,2	48,7	8,2	21,8
G. kamaré	79a	141	33,01	5	9 817,5	3,0	330,5	12,1	I/II	0,38	1,03	459,1	46,3	10,1	20,7
J. Kozarac	66c	102	3,63	2	3 927,0	10,8	374,3	15,2	II	0,49	1,28	581,9	66,7	11,5	47,2
J. Kozarac	200d	108	7,14	4	7 854,0	11,0	345,0	10,9	I	0,34	1,34	709,3	188,3	26,5	94,2
J. Kozarac	48e	117	4,89	2	3 927,0	8,0	267,4	7,4	III	0,25	1,21	554,9	98,2	17,7	69,5
J. Kozarac	59e	122	6,44	3	5 890,5	9,1	246,2	8,7	I/II	0,27	1,02	508,0	48,0	9,5	27,7
J. Kozarac	169b	128	20,09	5	9 817,5	4,9	333,1	22,2	I/II	0,70	1,32	655,8	78,3	11,9	35,0

Tablica 2. Nastavak.
 Table 2 Continued.

G.J.	ODJ/ODS	Dob god.	P ha	N _{PROHA}	P _{PROHA} m ²	I %	N kom/ha	G _{HR} m ² /ha	BON	O _{HR}	O _{UK}	V m ³ /ha	S.D. m ³ /ha	C.V. %	S.P. m ³ /ha
J. Kozarac	21a	136	24,13	5	9 817,5	4,1	212,9	26,2	II	0,84	0,95	495,2	78,2	15,8	35,0
J. Kozarac	118b	137	8,51	4	7 854,0	9,2	322,1	17,5	I/II	0,55	1,08	531,1	55,4	10,4	27,7
J. Kozarac	113a	160	32,60	5	9 817,5	3,0	256,7	17,5	I/II	0,56	0,99	552,1	57,2	10,4	25,6
J. Kozarac	43a	170	33,17	5	9 817,5	3,0	470,6	21,7	I/II	0,71	1,20	567,6	89,3	15,7	39,9
K. nizinske s.	61a	102	23,11	5	9 817,5	4,2	299,0	9,1	II	0,29	1,06	454,2	57,6	12,7	25,8
K. nizinske s.	58a	111	17,31	5	9 817,5	5,7	251,6	12,2	II	0,39	0,99	433,2	102,1	23,6	45,7
Krapje dol	17a	127	23,12	5	9 817,5	4,2	165,0	20,3	II	0,64	0,85	425,9	101,6	23,9	45,4
Leklan	8a	136	28,96	5	9 817,5	3,4	312,7	13,8	II/III	0,45	1,10	471,4	82,6	17,5	37,0
Lonja	51c	129	11,61	5	9 817,5	8,5	200,7	13,6	II/III	0,45	0,87	399,1	90,2	22,6	40,3
Ljeskovača	33b	106	15,35	5	9 817,5	6,4	546,5	11,1	II	0,36	0,82	322,4	36,1	11,2	16,1
Ljeskovača	13a	121	14,24	5	9 817,5	6,9	144,1	21,3	I	0,66	0,90	522,8	125,2	23,9	56,0
P. s. Dubica	160c	110	4,30	2	3 927,0	9,1	320,9	27,3	I	0,85	1,15	602,2	52,2	8,7	36,9
P. s. Dubica	133c	118	4,64	2	3 927,0	8,5	303,0	14,5	I/II	0,46	1,31	605,5	143,9	23,8	101,7
P. s. Dubica	165d	123	18,31	5	9 817,5	5,4	303,5	10,9	II/III	0,36	0,94	389,3	67,2	17,3	30,1
P. s. Sunja	13b	103	4,31	2	3 927,0	9,1	104,4	22,1	II	0,71	0,77	377,3	61,7	16,4	43,6
P. s. Sunja	65b	108	16,96	5	9 817,5	5,8	175,2	9,7	II/III	0,31	0,81	365,5	75,4	20,6	33,7
P. s. Sunja	66b	133	3,76	2	3 927,0	10,4	282,7	23,5	II/III	0,77	1,04	483,3	156,0	32,3	110,3
P. s. Sunja	124d	143	5,54	3	5 890,5	10,6	252,1	22,0	II	0,70	1,02	507,6	75,1	14,8	43,4
Trstika	34c	114	8,49	4	7 854,0	9,3	399,2	7,8	II/III	0,26	1,22	493,3	35,4	7,2	17,7
Trstika	12a	127	9,46	5	9 817,5	10,4	282,1	25,4	I	0,79	1,26	689,3	74,7	10,8	33,4
Trstika	4b	137	24,12	5	9 817,5	4,1	255,7	20,4	II	0,65	0,95	480,5	95,5	19,9	42,7
Trstika	31a	139	38,99	5	9 817,5	2,5	336,6	25,9	II	0,83	1,07	539,9	106,4	19,7	47,6
Žutica	111a	109	4,27	2	3 927,0	9,2	430,4	18,1	II/III	0,60	0,95	388,9	42,2	10,9	29,8
Žutica	141a	110	5,21	3	5 890,5	11,3	477,0	6,7	I/II	0,21	0,84	320,3	99,5	31,1	57,4
Žutica	169a	131	6,88	3	5 890,5	8,6	322,6	13,1	II	0,42	0,97	428,7	200,8	46,8	115,9
Žutica	174c	134	3,47	2	3 927,0	11,3	259,7	15,8	I/II	0,50	0,88	429,8	48,0	11,2	33,9

N_{PROHA}: Broj postavljenih ploha u sastojini - Number of sample plots; **P_{PROHA}**: Površina postavljenih ploha - Total area of sample plots; **I**: Intenzitet izmjere u pojedinoj sastojini - Intensity of stand inventory; **N**: Prosjek broj stabala u sastojini - Average tree number in a stand; **G_{HR}**: Temeljna stabala hrasta - Basal area of P. oak; **O_{HR}**: Obrasi izračunati prema temeljnici hrasta - Stocking according to basal area of P. oak; **O_{UK}**: Obrasi sastojine izračunati prema ukupnoj temeljnici - Stocking according to total basal area; **V**: Prosjekna drvena zalihna sastojine - Average standing volume of stand; **S.D.**: Standardna devijacija - Standard deviation; **C.V.**: Koeficijent varijacije - Coefficient of variation; **S.P.**: Standardna pogreška - Standard error

Tablica 3. Rezultati parcijalne korelacije utjecaja sastojinskih, stanišnih i gospodarskih varijabli na elemente strukture sastojine i potencijalnu razliku rente
Table 3 Partial correlation results of impact of stand, site and management variables on stand structure and potential rent difference

Varijable Variable		Varijable strukture sastojine - Stand structure variables										
		NZ_Hr	NZ_OV	NZ_UK	GZ_Hr	GZ_OV	GZ_UK	VZ_Hr	VZ_OV	VZ_UK	OS_Hr	OS_OV
Sastojinske Of stand	DOB				+			+	-	+	+	-
	KVPL				-		-			-		
	OST	+			+	-		+	-		+	-
	SKLOP	-		-	-		-	-		-		
Stanišne Of site	BON		+	+	-	+		-	+	-	-	+
	TIP		-	-								
	FITOO_2		-	-			-					
	EGT		-	-								
	H_Nsve	-			-	+		-	+		-	+
	Npom_Hr											
	SR	-			-		-	-		-		
	LIST		+	+	+		+	+		+		
	P_R		-	-	-		-	-		-		
GRM		-	-		-	-						
Gospodarske Of management	VR_PR									-		
	PRO_2_UK									+		
	US								-		+	-
	GJ	+	-		+	-	-	+	-		+	-
	P				+			+			+	-
Varijable Variable		Varijable strukture sastojine, očekivanoga prihoda te razlika rente Stand structure variables, variables of potential felling and potential rent difference										
		ivZ_Hr	ivZ_OV	ivZ_UK	dSP_Hr	dSP_OV	VD_Hr	VD_OV	VD_UK	DEL_REN		
Sastojinske Of stand	DOB	+	-		+	-			+			-
	KVPL							-				+
	OST	+	-			-	+					-
	SKLOP	-		-				-	-			+
Stanišne Of site	BON	-	+		-							+
	TIP				-			-	-			
	FITOO_2	-	-	-	-			-	-			
	EGT				-			-	-			
	H_Nsve	-	+			+						+
	Npom_Hr											
	SR	-										
	LIST	+		+	+	-			+			
	P_R	-		-	-	+			-	-		
GRM		-	-		+			-	-			
Gospodarske Of management	VR_PR						+		+			
	PRO_2_UK			+			-		-			
	US		-				+					-
	GJ	+	-	-		-		-	-			
	P		-									

Jakost utjecaja pokazuje boja (bijela - statistički beznačajan, svijetlo siva - $r < 0,25$; tamno siva - $r > 0,25$); smjer utjecaja: - negativna korelacija, + pozitivna korelacija
 Strength of impact is presented with color (white-without, light grey - $r < 0,25$; dark grey - $r > 0,25$); Direction of impact: - negative correlation, + positive correlation

novna obilježja strukture sastojina prikazana deskriptivnom statistikom, pokazuje da su postavljenim uzorkom terenskih ploha unutar područja istraživanih šuma hrasta lužnjaka u srednjoj Posavini obuhvaćeni različiti stanišni i strukturalni uvjeti (tablica 1). U istraživanim sastojinama unutar raspona dobi od 102 do 170 godina, površine od 3,47 ha do 44,4 ha te drvne zalihe od 320 do 709 m³/ha obrast prema temeljnicu hrasta kreće se u širokom rasponu od 0,2 do 0,85.

Postupak utvrđivanja parcijalnoga linearnoga i kompleksnoga multivarijatnoga utjecaja sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika na elemente strukture sastojina temeljen je na uzorku od 146 postavljenih ploha uz pretpostavku da unutar istraživanih sastojina postoji varijabilnost elemenata strukture, gdje svaka pojedina ploha predstavlja zasebni dio šume (sastojine) jedinstvenih strukturalnih i stanišnih osobitosti.

Rezultati parcijalne linearne korelacije (tablica 2) pokazuju kako postoji u znatnom broju slučajeva sta-

tistički značajan međusoban utjecaj pojedinih varijabli sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika na pojedine elemente strukture sastojine. Kompleksna zavisna varijabla *DEL_REN* očekivano je pod utjecajem svih sastojinskih varijabli, dok je utjecaj stanišnih i gospodarskih čimbenika manje izražen.

Drvna zaliha hrasta kao složeni element strukture i razlika u renti kao varijabla koja se zasniva na strukturi sastojina izdvojene su u ovom radu kao zavisne varijable u postupku multivarijatne analize istraživanja složenoga utjecaja skupina sastojinskih (model 1), stanišnih (model 2) i gospodarskih (model 3) čimbenika.

Rezultati multivarijatne analize (tablica 3) pokazuju da za sva tri modela postoji statistička značajnost i za procjenu drvne zalihe hrasta i za procjenu razlike u renti. Sastojinski čimbenici ukupno objašnjavaju 35 % varijabilnosti drvne zalihe hrasta, odnosno 22 % varijabilnosti razlike u renti. Stanišni čimbenici objašnjavaju 39 % varijabilnosti drvne zalihe hrasta, odnosno 34 % varijabilnosti razlike u renti,

Tablica 4. Rezultati multivarijatne analize triju modela kompleksnoga utjecaja stanišnih, sastojinskih i gospodarskih čimbenika na drvenu zalihu hrasta (*VZ_Hr*) i razliku u renti (*DEL_REN*)

Table 4 Multivariate analysis of three models of complex impact of site, stand and management factors on pedunculate oak standing volume (*VZ_Hr*) and potential rent difference (*DEL_REN*)

Varijable - Variable		Drvna zaliha hrasta - Standing volume of Peduncate oak					DEL_REN				
		DF	Tip III SS	MS	F	Pr > F	DF	Tip III SS	MS	F	Pr > F
Sastojinske Of stand	DOB	2	465 700,45	232 850,23	15,04	<0,0001***	2	575 910,02	287 955,01	8,12	0,0005***
	KVPL	3	29 675,36	9 891,79	0,64	0,5913	3	20 883,91	6 961,30	0,20	0,8988
	OST	3	119 760,92	39 920,31	2,58	0,0563***	3	43 328,92	14 442,97	0,41	0,7481
	SKLOP	3	325 474,25	108 491,42	7,01	0,0002***	3	515 002,98	171 667,66	4,84	0,0031***
	model 1*	11	1 127 406,36	102 491,00	6,62	<0,0001***	11	1 369 474,11	124 497,65	3,51	<0,0002***
Stanišne Of site	BON	5	235 970,26	47 194,05	2,87	0,0175***	5	454 006,90	90 801,38	2,67	0,0251***
	TIP	4	6 283,27	1 570,82	0,10	0,9837	4	256 914,01	64 228,50	1,89	0,1164
	FITOO_2	1	158 837,19	158 837,19	9,66	0,0024***	1	345 186,13	345 186,13	10,16	0,0018***
	EGT	3	232 401,65	77 467,22	4,71	0,0038***	3	418 309,29	139 436,43	4,11	0,0082***
	H_Nsve	3	305 019,89	101 673,30	6,18	0,0006***	3	233 842,77	77 947,59	2,30	0,0813
	Npom_UK	3	12 684,55	4 228,18	0,26	0,8561	3	45 553,12	15 184,37	0,45	0,7198
	SR	2	93 694,70	46 847,35	2,85	0,0619	2	101 918,58	50 959,29	1,50	0,2272
	LIST	3	79 608,75	26 536,25	1,61	0,1898	3	290 812,39	96 937,46	2,85	0,0401***
	GRM	3	140 741,01	46 913,67	2,85	0,0402***	3	217 295,89	72 431,96	2,13	0,0997
model 2*	27	1 261 329,39	46 715,90	2,84	<0,0001***	27	2 116 023,34	78 371,24	2,31	<0,0011***	
Gospodarske Of management	VR_PR	1	2 153,96	2 153,96	0,15	0,6982	1	4 230,77	4 230,77	0,15	0,6998
	PRO_2_UK	2	164 497,17	82 248,59	5,77	0,0040***	2	217 719,72	108 859,86	3,84	0,0241***
	P	4	121 778,18	30 444,54	2,13	0,0805	4	233 163,23	58 290,81	2,06	0,0905
	GJ	11	338 424,55	30 765,87	2,16	0,0209***	11	773 419,77	70 310,89	2,48	0,0076***
	model 3*	23	1 463 928,38	63 649,06	4,46	<0,0001***	27	2 672 912,55	116 213,59	4,10	<0,0001***

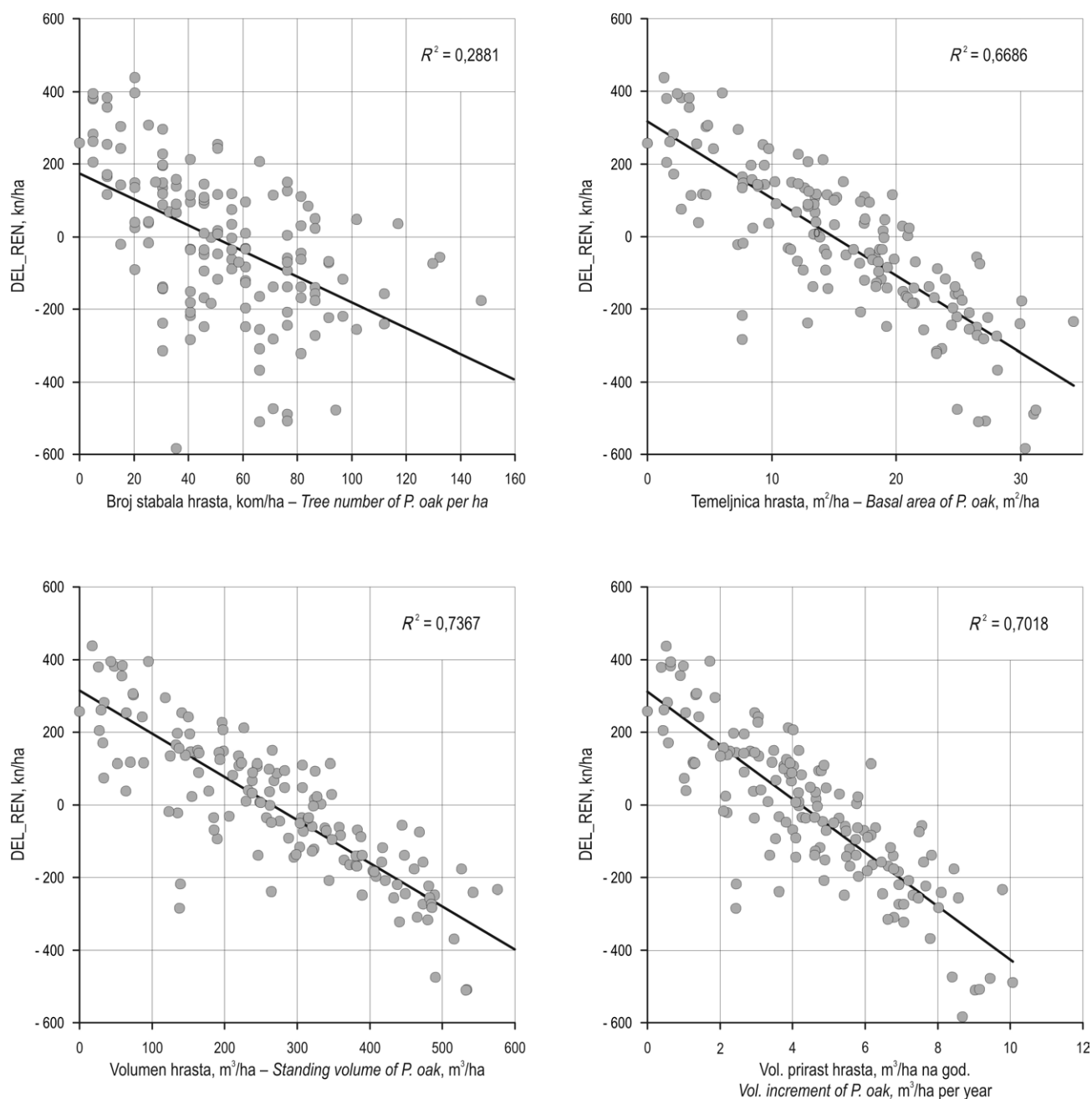
* Vrijednosti se odnose na model dobiven uključivanjem svih varijabli (statistički značajnih i neznajčajnih) - All variables are included (statistically significant and statistically non-significant)

*** Statistički značajne varijable - Statistically significant variables

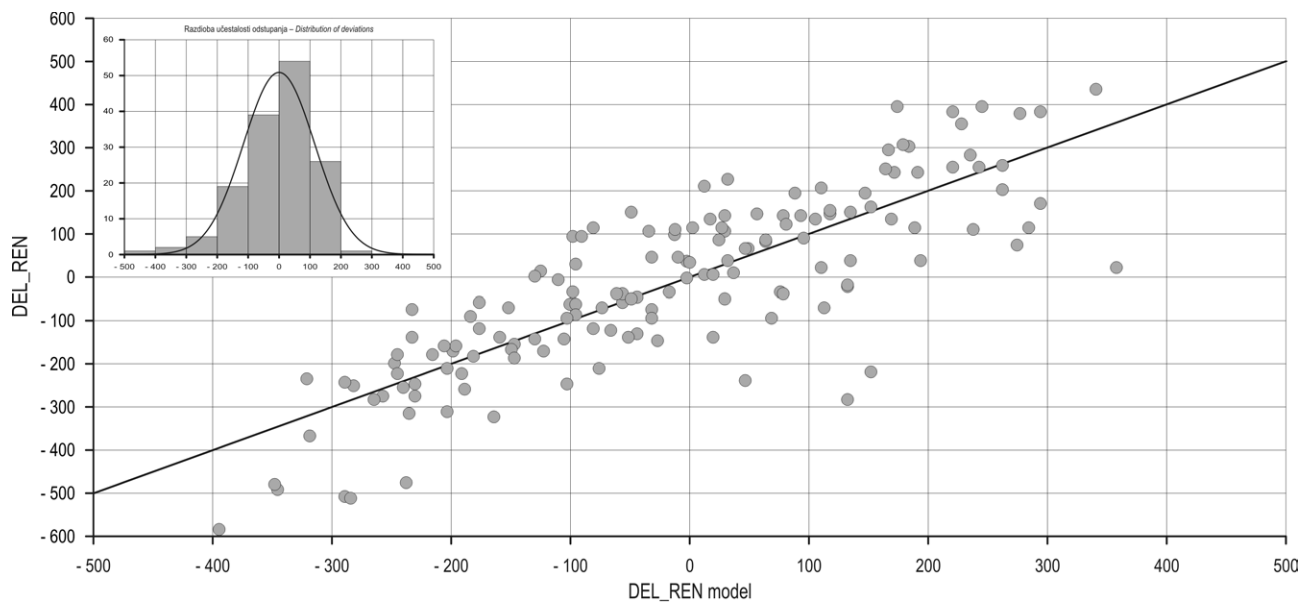
dok gospodarski čimbenici objašnjavaju čak 45 % varijabilnosti drvene zalihe hrasta, odnosno 43 % varijabilnosti razlike u renti.

Detaljnija analiza i usporedba drvene zalihe hrasta i razlike u renti te usporedba pojedinih kategorija statistički značajnih varijabli može se izvesti iz rezultata provedenoga *Tukey post hoc* (HSD) testa statistički značajnih varijabli multivarijatne analize razlike u renti i drvene zalihe hrasta lužnjaka (tablica 4).

Kako se pri planiranju gospodarenja sastojinom polazi od njezina stanja, važno je odrediti postojanje neposrednoga utjecaja osnovnih elemenata strukture na donošenje gospodarski (ekonomski) opravdane odluke o prioritetu obnove sastojine. Stavljanjem u odnos pojedinih elemenata strukture i razlike u renti kao zavisne varijable određenih na razini pojedine plohe (dijela sastojine), dobivena je relativno čvrsta zakonitost (slika 1).



Slika 1. Odnos razlike u renti prema elementima strukture glavne vrste drveća u starijim i starim sastojinama hrasta lužnjaka u srednjoj Posavini
Fig. 1 Relationship between potential rent difference and stand structure variables of main tree species in old pedunculate oak stands in Central Posavina



Slika 2. Odnos između izračunate razlike u renti (DEL_REN) i razlike u renti procijenjene modelom (DEL_REN_model)
Fig. 2 Relationship between estimated observed (DEL_REN) and modeled (DEL_REN_model) potential rent difference

Prema slici 1, ako se jednoznačno uzimaju u obzir pojedini elementi strukture, moglo bi se utvrditi da se ne bi isplatilo odgađati obnovu sastojina u kojima je temeljnica hrasta lužnjaka manja od $15 \text{ m}^2/\text{ha}$, volumen hrasta lužnjaka manji od $260 \text{ m}^3/\text{ha}$, broj stabala hrasta lužnjaka manji od 47 stabala po hektaru te volumni prirast hrasta lužnjaka manji od $4 \text{ m}^3/\text{ha}$. S druge strane to bi značilo, na primjer, da bi, uzimajući u obzir očekivane prihode tijekom budućega ciklusa razvoja sastojine, prosječni gubitak po hektaru iznosio 400 kn kada bi se u sastojini s drvnom zalihom hrasta lužnjaka od $600 \text{ m}^3/\text{ha}$ započela obnova bez odgode.

Polazeći od činjenice postojanja kompleksnoga utjecaja elemenata strukture sastojine, *stepwise* procedurom multivarijatne regresijske analize određen je model kompleksne varijable razlike u renti selektivnim uključivanjem lako dostupnih elemenata strukture kao statistički značajne nezavisne varijable:

$$DEL_REN_model = a - b \times GZ_Hr + c \times NZ_hr + d \times id_{10} \quad (4)$$

gdje su: a , b , c i d parametri modela.

Temeljnicom, brojem stabala i 10-godišnjim prirastom hrasta lužnjaka objašnjeno je 68,4 % ($R^2 = 0,684$) od ukupne varijabilnosti (slika 2).

5. Rasprava – Discussion

Sličnost utjecaja skupine stanišnih, sastojinskih i gospodarskih varijabli na osnovne elemente strukture hrasta (temeljnica, prirast, omjer smjese, srednji

promjer hrasta, drvna zaliha hrasta) i obrnuti uzorak utjecaja navedenih skupina varijabli na zavisnu varijablu DEL_REN pokazuje zakonitost koja postoji između strukture sastojine i prioriteta za obnovom sastojine.

Drvna je zaliha hrasta lužnjaka složeni izvedeni element strukture sastojine neposredno temeljen na gustoći i raspodjeli stabala hrasta lužnjaka prema prsnim promjerima i visinskim razredima. Međutim, drvna zaliha hrasta lužnjaka kao složeni element strukture može posredno upućivati na elemente strukture pomoćnoga dijela sastojine. Stoga je drvna zaliha hrasta lužnjaka uzeta kao pogodna zavisna varijabla uz razliku u renti za usporednu analizu utjecaja sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika na prioritet za obnovom sastojine, unutar kojega su na taj način sadržani i ekološki i ekonomski kriteriji (tablica 4).

Općenito, dob je sastojine u uvjetima očekivanoga (teoretskoga) razvoja i strukture jednodobne sastojine najvažniji kriterij za uvrštavanje sastojine u popis obnove. Rezultati su istraživanja (tablica 4) pokazali da dob ne može biti značajan kriterij za planiranje sastojina za obnovu na istraživanom području šuma hrasta lužnjaka. Zbog značajno manje drvne zalihe hrasta kao posljedica narušenije strukture, a ne zakonitosti rasta, postoji veći prioritet obnove najmlađe skupine sastojina (100 do 119 godina) u odnosu na starije sastojine, u kojima postoji očuvanja struktura te veća i kvalitetnija drvna zaliha. Prema tomu, osim ekonomskih razloga takve je starije sastojine očuvane strukture poželjno podržavati

Tablica 5. Opisna statistika i rezultati Tukey post hoc testa statistički značajnih varijabli multivarijatne analize razlike rente i drvene zalihe hrasta
Table 5 Descriptive statistics and results of Tukey post hoc test of statistically significant variables of multivariate analysis of potential rent difference and pedunculate oak standing volume

Varijabla Variable	Kategorija Category	Tukey grouping*	DEL_REN			Drvena zaliha hrasta - <i>Stand. volume of oak</i>			
			N	A.S. (kn/ha)	S.D. (kn/ha)	Tukey grouping*	N	A.S. (m ³ /ha)	S.D. (m ³ /ha)
DOB	> 100 - ≤ 120	A	48	79,6	186,7	A	48	187,6	128,9
	> 120 - ≤ 135	B	49	- 65,3	218,8	B	49	307,7	145,2
	> 135	B	50	- 61,3	178,5	B	50	337,8	128,7
OST	Zdrava - <i>Healthy</i>					A	46	217,3	131,2
	Umjereno oštećena - <i>Moderate</i>					B	76	292,6	147,9
	Znatno oštećena - <i>Severe</i>					B	23	347,1	146,2
	Vrlo oštećena - <i>Disrupted</i>					AB	2	378,1	134,6
SKLOP	Potpun - <i>Dense</i>	ABC	9	- 97,1	234,1	A	9	381,8	196,8
	Nepotpun - <i>Medium</i>	AC	58	- 35,1	199,0	AB	58	279,5	137,4
	Rijedak - <i>Low</i>	ABC	38	- 69,4	206,8	A	38	320,7	146,4
	Progaljen - <i>Sparse</i>	B	42	73,9	181,6	B	42	217,6	132,4
BON	I	AC	56	- 58,8	185,5	ACD	56	315,4	142,1
	I/II	AB	33	- 70,3	204,3	ACD	33	309,4	140,1
	II	ABC	38	1,4	211,6	ACD	38	269,2	145,7
	II/III	B	11	135,4	186,1	BD	11	177,3	112,5
	III	ABC	6	161,7	144,9	BC	6	98,0	93,1
	III/IV	ABC	3	219,8	32,6	ABD	3	111,0	101,2
H_Nsve	≤ 1,06					A	15	405,9	111,4
	> 1,06 - ≤ 1,46					AB	29	305,4	147,9
	> 1,46 - ≤ 1,86					B	53	275,1	149,0
	> 1,86					B	50	229,0	134,8
FIT	HLOG	A	68	- 36,6	215,2	A	68	303,0	152,4
	HLVŽ	B	79	0,6	196,3	B	79	257,8	142,7
EGT	II-G-10	A	33	18,9	180,5	AC	33	280,9	151,6
	II-G-12	AB	31	- 37,9	203,5	ABC	31	291,9	146,0
	II-G-20	B	53	- 13,6	235,7	BC	53	288,3	152,0
	II-G-22	B	30	- 39,0	177,4	AB	30	245,8	143,7
GRM	Bez - <i>Without</i>					A	33	285,0	171,6
	Rijedak - <i>Rarely</i>					B	55	276,8	152,1
	Sred. gust - <i>Mod.</i>					AB	35	265,2	139,1
	Gust - <i>Dense</i>					AB	24	294,3	124,3
LIST, %	≤ 0,25	A	62	- 14,4	218,8				
	> 0,25 - ≤ 0,5	AB	43	24,6	220,1				
	> 0,5 - ≤ 0,75	B	12	- 82,2	124,9				
	> 0,75	AB	30	- 54,0	172,8				
PRO_2_UK, m ³ /ha	≤ 15	ACD	69	17,0	212,3	A	69	274,7	148,1
	>15 - ≤ 30	ABCD	10	87,7	77,4	A	10	196,2	69,2
	>30 - ≤ 45	ABCD	40	11,8	199,8	A	40	243,2	153,2
	> 45	B	28	- 177,3	141,4	B	28	368,9	124,7

GJ.	BR	ACDE	17	163,3	157,2	ACD	17	182,3	106,4
	GK	ABCDE	10	11,7	88,4	ACD	10	246,1	73,5
	JK	BCDE	35	- 146,9	140,4	BCD	35	329,3	139,5
	KNS	ABDE	10	80,1	160,4	AD	10	169,5	120,8
	KDZ	ABCDE	5	- 59,8	116,1	ACD	5	347,3	60,8
	LE	ABCDE	5	41,4	173,3	ACD	5	229,9	153,0
	LO	ABCDE	5	25,5	122,6	ACD	5	225,6	83,3
	LJE	ABCDE	10	13,8	270,5	ACD	10	291,3	171,1
	PŠD	ABCDE	9	36,8	270,5	ACD	9	266,9	201,5
	PŠ	ABCDE	12	- 5,2	148,5	ACD	12	290,4	133,5
	TR	BCE	19	- 140,0	217,4	BC	19	376,9	156,6
	ŽU	BD	10	122,4	215,9	ACD	10	221,7	144,0

* barem jedno isto slovo označuje nepostojanje statistički značajne razlike između pojedinih kategorija (npr. kategorija s oznakom AC statistički se značajno razlikuje od kategorije s oznakom B) - *At least one same letter denotes absence of statistically significant difference between categories (e.g. category marked AC is statistically significantly different in relation to category marked B)*

radi postizanja i očuvanja uravnoteženoga odnosa između sastojina skraćene i produžene sječive dobi kao i dobne strukture šume (Čavlović i dr. 2009). Međutim, problem postoji u činjenici da takvih sastojina očuvane strukture koje već uglavnom imaju svojevrsan interni status zaštite, ima sve manje.

Mješovite sastojine višeslojne strukture i potpune sklopljenosti, zasnovane na svim slojevima i vrstama drveća u ekološkom smislu, posebno su značajne zbog stabilnosti strukture. S druge strane, postoji poseban problem u očuvanju staništa koji je razvidan u sastojinama čiste strukture, gdje preostala stabla hrasta lužnjaka ne zastiru tlo u dovoljnoj mjeri, uz tendenciju pogoršanja zbog sušenja i odumiranja stabala, te činjenice da stabla samo do određene granice mogu širenjem krošnje zatvoriti nastale prekide u sklopu. Kako je u radu procjenjivana sklopljenost na temelju nadstojne etaže (hrast lužnjak i poljski jasen), postoji veza između sklopljenosti sastojine i drvene zalihe hrasta. Manja drvena zaliha hrasta unutar kategorije nepotpuna sklopa u odnosu na rijedak sklop upozorava na značajniji udio poljskoga jasena u sastojini. Sastojine progaldjenoga sklopa s najmanjom i najmanje vrijednom zalihom očekivano imaju najveći prioritet za obnovom, odnosno njihovo bi održavanje vodilo gubicima u ekonomskom smislu i narušavanju stanišnih uvjeta. Pri tome postoji zabrinjavajuća činjenica da je unutar istraživanoga uzorka ploha gotovo trećina u kategoriji progaldjenoga sklopa, s drvnom zalihom glavne vrste drveća koja iznosi većinu normalne drvene zalihe. Nelogičnost koja se na prvi pogled uočava u tablici 4 da sastojine rijetka sklopa imaju manji prioritet za obnovom, izlazi iz činjenice veće i vrijednije drvene zalihe hrasta u nadstojnoj etaži, ali isto tako i postojanja pomoćne sastojine (sporedne vrste drveća) i ostvarivoga prihoda u njoj, koji može u određenoj mjeri umanjiti

prioritet sastojine za obnovom, tj. utjecati na održavanje sastojina s razvijenijom podstojnom etažom. Tako je u ovakvim slučajevima posredno uključeno i uvažavanje ekoloških načela u kriterij za planiranje površinskoga etata glavnoga prihoda.

Prema dobivenim rezultatima koji pokazuju postojanje veze između boniteta i drvene zalihe hrasta i razlike u renti, manji prioritet za obnovom imaju sastojine na boljem bonitetu. To je u vezi s činjenicom da na kvalitetnijem staništu sastojine imaju strukturu koju obilježava manji broj stabala hrasta lužnjaka većih dimenzija i potencijalno velikoga vrijednosnoga prirasta, koja je isto tako obilježje zajednice hrasta lužnjaka i običnoga graba, odnosno ekološko-gospodarskoga tipa II-G-10. Sastojine na lošijim bonitetima imaju veći prioritet za obnovom zbog manje količine i kakvoće drvene zalihe. Pri tome treba imati na umu da se procjena boniteta više zasniva na stanju strukture sastojine, odnosno njezine narušenosti, a manje na stvarnim proizvodnim mogućnostima sastojine.

Prosječno manja drvena zaliha hrasta u poplavnoj šumi hrasta lužnjaka i veći prioritet za obnovom upućuje na uvjete narušenije strukture. Zbog hidromeliorativnih zahvata ta je zajednica doživjela i veće promjene u staništu te je sušenjem ugroženija (Prpić 1996, Matić 2009). Stoga se otežana obnova i slabiji uspjesi obnove mogu očekivati u ovim sastojinama narušene strukture i stanišnih uvjeta, kako u slučajevima prijevremene, tako i u slučajevima odgođene obnove. Raspodjela sastojina prema EGT-ovima je više ili manje u vezi s raspodjelom prema šumskim zajednicama. Međutim, zastupljenost prijelaznih EGT-ova (II-G-12 i II-G-22) i sličnost strukture (podjednaki udjel hrasta lužnjaka, zastupljenost vrsta i vlažnoga i suhoga staništa) upozorava na značajan antropogeni utjecaj i promjene staništa zbog čega

dolazi do ujednačivanja vegetacijskih obilježja (Baričević 1999, Cestarić 2008).

Propisani etat međuprihoda u sastojini u neposrednoj je vezi s drvnom zalihom sastojine. Prema tomu, iako propisani etat prorede nije nužno povezan s drvnom zalihom glavne vrste drveća, najveći je u sastojinama s najvećom drvnom zalihom hrasta (tablica 4). To se može odnositi na očekivanu pojavu slučajnoga prihoda ili na pripremu sastojine za obnovu. Propis manji od 15 m³/ha koji se odnosi na polovicu uzorka ukazuje na značajan udio konzerviranih sastojina koje su prepuštene prirodnom razvoju, uz nužnu realizaciju samo slučajnoga prihoda do početka obnove ili sanacije. S obzirom na proporcionalnu vezu između količine propisa proreda i drvene zalihe hrasta, očekivano je da sastojine bolje strukture s većim propisom etata međuprihoda imaju manji prioritet za obnovom.

Obilježja strukture sastojina prema pripadnosti pojedinim gospodarskim jedinicama kao gospodarski čimbenik više je posljedica prostorne različitosti stanišnih i strukturnih uvjeta. Tako se s jedne strane izdvajaju tri gospodarske jedinice u središtu poplavne nizine Lonjskoga polja (Žutica, Kutinske nizinske šume i Brezovica) gdje je bilo najveće sušenje hrasta lužnjaka, s izraženijim prioritetom za obnovom sastojina u odnosu na gospodarske jedinice očuvanje strukture starijih i starih sastojina (Trstika, Josip Kozarac).

S gledišta sastojinskih, stanišnih i strukturnih odnosa, razmatranje veze između zdravstvenoga stanja, raznolikosti broja drvenastih vrsta i razvijenosti sloja grmlja s drvnom zalihom hrasta značajno je, iako se nije pokazao neposredan statistički značajan utjecaj na razliku u renti. Proporcionalna veza između narušenosti zdravstvenoga stanja i drvene zalihe hrasta upućuje na činjenicu da su pojedine čiste sastojine hrasta lužnjaka na vlažnom staništu s velikom drvnom zalihom hrasta najugroženije od sušenja, pri čemu se stalnom realizacijom slučajnoga prihoda popravlja zdravstveno stanje uz smanjivanje drvene zalihe hrasta. Nadalje, sastojine narušene strukture i male drvene zalihe hrasta, s bogato razvijenom podstojnom etažom i gustim slojem grmlja imaju veću bioraznolikost. Međutim, brojnost drvenastih vrsta nije nužno povoljna s obzirom na stabilnost i uravnoteženost strukture sastojina te može biti pokazatelj narušenosti strukture sastojina i ulaska pionirskih ili agresivnih alohtonih vrsta poput čivitnjače (Petračić 1938, Liović i Halambek 1988). Vezano uz raznolikost, sloj grmlja može biti sastavljen od jedne ili više vrsta te je uvjetovan vertikalnom strukturom. U sastojinama bez pomoćne etaže preuzima ulogu očuvanja šumskoga tla, no uzrokuje povećanje budućih troškova pripreme staništa za obnovu i otežava sa-

mu obnovu sastojina, ovisno o sastavu (čivitnjača). Općenito, problemi pri obnovi sastojina hrasta lužnjaka javljaju se diljem Europe (Von Lupke 1998, Ferlin i Bobinac 1999, Madera i Uradniecek 2001).

Utjecaj je pojedinačnih elemenata strukture hrasta na razliku u renti, osim broja stabala hrasta lužnjaka, velik te prema Vasilju (2000) nalazi se unutar kategorije velike korelacije. To je objašnjivo činjenicom da isti broj stabala hrasta može predstavljati vrlo različite strukturne odnose u pogledu prosječne dimenzije lužnjakovih stabala, temeljnica i drvene zalihe hrasta te različite udjele ostalih vrsta drveća u strukturi. Posebno značenje primjene oglada se u tome da su se lako dostupni elementi strukture, temeljnica hrasta, broj stabala hrasta i debljinski prirast hrasta pokazali kao vrlo dobri procjenitelji koji objašnjavaju gotovo 70 % varijabilnosti kompleksnoga utjecaja na razliku u renti. Radi praktičnosti primjene modela pri modeliranju nisu korišteni kvadrati i interakcije izvornih varijabli kao samostalni procjenitelji zbog brojnosti modeliranih varijabli i pretpostavljenoga maloga doprinosa objašnjenosti zavisne varijable (Antonić i dr. 2000, Božić i dr. 2006).

6. Zaključci – Conclusion

Rangiranje se sastojina prema prioritetu za obnovom treba zasnivati na objektivnom kriteriju u kojem su dugoročno sadržani ekonomski i ekološki zahtjevi gospodarenja šumama. Rezultati istraživanja koji su potvrdili statistički značajnu ovisnost između sastojinskih, stanišnih i gospodarskih čimbenika, strukture sastojina te ustanovljene varijable razlike budućih potencijalnih prihoda, kao razlika između dviju mogućnosti (obnova odmah – odgoda obnove), upućuju na postojanje neposredne veze između strukture sastojine i prioriteta obnove.

Sastojine hrasta lužnjaka narušenije strukture imaju veći prioritet obnove. Slijedom činjenice da je struktura unutar najmlađe skupine sastojina (100 – 120 godina) najviše narušena, dob se sastojine u takvim uvjetima isključuje kao značajan kriterij za planiranje obnove.

Mogućnost praktične primjene ustanovljene složene varijable razlike rente, koja je određiva lako pridobivim elementima strukture (broj stabala, temeljnica i debljinski prirast hrasta lužnjaka), pri rangiranju je sastojina ili dijelova sastojina (izlučivanja) prema prioritetu za obnovom velika.

Proširenje istraživanja stanišno-strukturnih odnosa na šire ili cijelo područje lužnjakovih šuma, te uključivanje prostornih kriterija i kriterija višenamjenskoga gospodarenja šumama (prostorna raspodjela i površina sastojina za obnovu, stanište) za planiranje obnove sastojina, očekivani je nastavak ovoga istraživanja.

7. Literatura – References

- Antonić, O., J. Križan, D. Hatić, D. Bukovec, D. Borović, 2000: Projektiranje režima podzemnih voda kao predujete opstanka nizinskih šuma u području hidrotehničkog zahvata. Hrv. vode, 8 (32): 205–223.
- Baričević, D., 1999: Ekološko-vegetacijske promjene u šumama hrasta lužnjaka na području G.J. »Žutica«. Šumarski list, 122 (1–2): 17–28.
- Bončina, A., 1994: Prebiralni dinarski gozd jelke in bukve (*Selection Dinaric fir-beech forest*). Oddelek za gozdarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, 94 str.
- Božić, M., O. Antonić, R. Pernar, S. D. Jelaska, J. Križan, J. Čavlović, V. Kušan, 2006: Modelling the damage status of silver fir trees (*Abies alba* Mill.) on the basis of geomorphological, climatic and stand factors. Ecological Modelling, 194 (1–3): 202–208.
- Cestarić, D., 2008: Današnje stanje šumske vegetacije spačvanskog bazena u ovisnosti o promjenama staništa u razdoblju od 1969 – 2007. godine. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 102 str.
- Čavlović, J., M. Božić, K. Teslak, 2006: Mogućnost uspostave potrajnog gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u budućem gospodarskim razdobljima. Glas. šum. pokuse, posebno izdanje, 5: 419–431.
- Čavlović, J., M. Božić, K. Teslak, 2009: Ophodnja i obrast pri planiranju gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u uvjetima narušene strukture sastojina. Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, str. 23–37.
- Čavlović, J., 2010: Prva nacionalna inventura šuma u Republici Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i MRRŠVG, Zagreb, 300 str.
- Dekanić, I., 1975: Utjecaj visine i oscilacije nivoa podzemnih voda na sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Šum. list, 97 (7–10): 267–280.
- Duc, P., 1991: Untersuchungen zur Dynamik des Nachwuchses in Emmentaler Plenterwaldflächen. Schweiz Z. Forstwes, 142: 299–319.
- Ferlin, F., M. Bobinac, 1999: Natural structure development and social rank changes in younger, untended pedunculate oak stands. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 170 (8): 137–14.
- Klepac, D., 1988: Uređivanje šuma hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse, 24: 117–131.
- Kovačević, P., M. Kalinić, V. Pavlić, M. Bogunović, 1972: Tla gornjeg dijela bazena rijeke Save. Znanstveni projekt, Institut za znanost o tlu, Zagreb, 331 str.
- Liović, B., M. Halambek, 1988: Suzbijanje bagremca (*Amorpha fruticosa* L.). Radovi, 23 (75): 141–145.
- Von Lüpke, B., 1998: Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species. Forest Ecology and Management, 106 (1–2): 9–26.
- Madera, P., L. Uradniecek, 2001: Growth response of oak (*Quercus robur* L.) and ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) on changed conditions of the floodplain forest geobiocoene hydrological regime. Ekologia, 20 (1): 130–142, Bratislava.
- Matić, S., J. Skenderović, 1993: Studija biološkog i gospodarskog rješenja šume Turopoljski lug. Glas. šum. pokuse 29: 295–334.
- Matić, S., 2009: Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u promijenjenim stanišnim i strukturnim uvjetima. Zbornik radova sa znanstvenog skupa Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, str. 1–22.
- Mayer, B., 1993: Proces osnivanja šumskog hidropedološkog informacijskog sustava (ŠHPIS) na osnovu monitoringa podzemnih i površinskih voda u Kupčini, Varoškom lugu, Česmi i Turopoljskom lugu. Radovi, 28 (1–2): 171–184.
- Meštrović, Š., J. Čavlović, M. Božić, 1996: Razvoj sastojina hrasta lužnjaka na pokusnim plohama G.J. »Josip Kožarac« od 1950. do 1995. godine. U: B. Mayer (ur.), Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, I, Šumarski fakultet i Šumarski institut, Zagreb, str. 137–146.
- Nenadić, Đ., 1922: Računanje vrijednosti šuma i šumska statika. Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, 413 str.
- Ott, R. L. 1993: Introduction to Statistical Methods and Data Analysis. Duxbury Press, Belmont, 1152 str.
- Petračić, A., 1938: *Amorpha fruticosa* L. kao nov i opasan korov u posavskim šumama. Šum. list, 62: 623–626.
- Pranjić, A., V. Hitrec, N. Lukić, 1988: Praćenje razvoja sastojine hrasta lužnjaka tehnikom simuliranja. Glas. šum. pokuse, 24: 133–149.
- Prpić, B., 1996: Propadanje šuma hrasta lužnjaka. U: D. Klepac (ur.), Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti Zagreb, Centar za znanstveni rad Vinkovci, Zagreb, str. 258–273.
- Prpić, B., Z. Seletković, I. Tikvić, 1997: O utjecaju kanala Dunav – Sava na šumske ekosustave. Šum. list, 121 (11–12): 579–592.
- Seletković, Z., 1996: Klima lužnjakovih šuma. U: D. Klepac (ur.), Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti Zagreb, Centar za znanstveni rad Vinkovci, Zagreb, str. 56–71.
- Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1995: Biometry. Freeman and Company, New York.
- Špiranec, M., 1975: Prirasno-prihodne tablice za hrastove, bukve, obični grab i pitomi kesten. Radovi, 25: 1–103.
- Tikvić, I., Ž., Zečić, D. Ugarković, D. Posarić, 2009: Oštećenost stabala i kvaliteta drvnih sortimenata hrasta lužnjaka na spačvanskom području. Šumarski list 133(5–6): 237–248.
- Vasilj, Đ., 2000: Biometrika i eksperimentiranje u biljnojgostvu. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb, 109 str.

Abstract

Impact of Stand, Site and Structural Characteristics on Stand Regeneration Planning in Pedunculate Oak Forests

Starting from the fact that stand structure is significantly disturbed and from the assumption that all stands of pedunculate oak at forest level older than 100 years are potentially considered for stand regeneration, it is obvious that forest planning and management have to define their priorities on the basis of which individual, potentially mature and mature stands, will be regenerated. The general objective of this paper is to research the structure and mutual impacts of stand, site and economic factors on the elements of stand structure in a greater area of pedunculate oak forests consisting of old or potentially mature pedunculate oak stands with a disturbed structure. Based on obtained structural relations, the goal was to determine by modeling the easily obtainable elements of the variable (model), which will represent the objective criterion for stand ranking according to the regeneration priority and structural and economic requirements.

The subject of the research are pedunculate oak forests in the Central Posavina region, where 37 stands, with stocking of less than 0.8, were randomly selected and divided into 3 age groups (101–120 years, 121–135 years, >135 years) in 16 management units.

On a total of 146 established plots of 25 m radius, estimates and measurements were carried out of variables at the level of individual model trees (6 trees of the main species – upper storey layer – nearest to the plot centre) and of stand and site variables (2 breast-height diameters, crown diameter, tree height, base height of the crown and height of the widest part of the crown, varietal trunk structure, crown defoliation, increment core, breast-height diameter of all trees higher than 1.3 m, seedlings, potential intermediate cutting, died trees, diameters of stump of cut trees, shrub layer, microrelief, canopy, health status, litter, understorey vegetation). The estimated and measured data were processed and appropriate variables for data analysis derived. The complex potential revenue (rent) difference was defined for stand regeneration (Equation 3) as a dependent variable and objective criterion for stand ranking according to regeneration priority. By means of partial linear analyses, multivariate analysis and modeling (generalized linear modeling), mutual and complex impacts of stand, site and economic factors on elements of stand structure and potential revenue (rent) difference were investigated. Statistical analyses were performed by application of the SAS software package, whereas descriptive statistics, correlation analyses, integration of functions and development of graphical presentations were carried out by means of the STATISTICA 8.2 software package.

The research included different management, stand and structural characteristics (Table 1) and determined a statistically significant mutual impact of individual variables of stand, site and economic factors on certain elements of stand structure and potential revenue (rent) difference (Table 2). Multivariate analysis revealed models of complex impacts of stand, site and economic factors on standing volume of pedunculate oak and revenue (rent) difference (Table 3). According to the obtained data, all three models are statistically significant for the estimated standing volume of pedunculate oak and also for the estimated revenue (rent) difference. The stand factors in total account for 35% variability of standing volume of pedunculate oak and for 22% variability of revenue (rent) difference. The site factors account for 39% variability of standing volume of pedunculate oak and for 34% variability of revenue (rent) difference, whereas economic factors account for even 45% variability of standing volume of pedunculate oak and for 43% variability of revenue (rent) difference. The results of the Tukey post hoc (HSD) test for statistically significant variables of multivariate analysis of the revenue (rent) difference and the standing volume of pedunculate oak (Table 4) indicate that there exists a relation between the standing volume of pedunculate oak as a complex structure element and the potential revenue (rent) difference. The results proved the existence of a direct impact of individual elements of main tree species as well as a complex impact of structure elements on the variable of potential revenue (rent) difference (Fig. 1 and Fig. 2).

The standing volume of pedunculate oak as a complex structure element is a suitable dependent variable, along with the revenue (rent) difference, for comparative analysis of impacts of statistically significant stand, site and economic factors on stand regeneration priority. Due to a significantly smaller standing volume of pedunculate oak as a consequence of its disturbed structure, there is a higher regeneration priority for the youngest stand group (100 to 119 years) in comparison with the older stands. Accordingly, in forests with disturbed structure age cannot be an objective criterion for planning stand regeneration. Stands with disturbed canopy of understorey layer with the smallest and lowest value of standing volume expectedly have the highest regeneration priority, i.e. their main-

tenance would lead to both economic losses and disturbed site conditions. In view of site preservation, the problem is particularly marked in case of pure stands, where pedunculate oak trees do not cover the soil in a sufficient measure, and have a worsening tendency due to weakening and dying of trees. According to the obtained results, which indicate that there is a relation between site and standing volume of pedunculate oak and revenue (rent) difference, stands with better site have lower regeneration priority. This is related to the fact that stand structure on a higher quality site is characterized by a lower number of pedunculate oak trees of larger dimensions and potentially large value increase, which is also characteristic of forest communities of pedunculate oak and common hornbeam. On average, a smaller standing volume of pedunculate oak in a floodplain pedunculate oak forest and a higher regeneration priority indicate disturbed structure conditions. Due to hydro-ameliorative works, this community has suffered even greater site changes and is more in danger of dieback, so regeneration will be more difficult and expectably less successful in case of stands with disturbed site and structure conditions, both at early and delayed regeneration. Regarding the proportional relation between the quantity of prescribed cut and the standing volume of pedunculate oak, stands with better structure and higher prescribed intermediate cut are expected to have a lower regeneration priority. A prescribed cut below 15 m³/ha (50% sampled plots) indicates a significant share of preserved stands left to natural development, with necessary felling of only weak and dying trees by the beginning of regeneration or recovery. The stand structure characteristics according to their belonging to individual management units are more a consequence of spatial differences in site and structure conditions than a management characteristic. Thus we can separate 3 management units in the centre of the Lonjsko polje floodplain (Žutica, Kutina floodplain forests and Brezovica), where dieback of pedunculate oak was the highest and which have a more marked stand regeneration priority in comparison to the management units with a more preserved structure of old stands (Trstika, Josip Kozarac). The impact of individual structure elements of pedunculate oak, unlike the rent, has a high correlation, with the exception of numbers of pedunculate oak trees. This can be explained by the fact that the same number of pedunculate oak trees can represent very different structural relations in terms of average dimensions of pedunculate oak trees, basal area and standing volume of pedunculate oak as well as different rate of other tree species in the structure. A particular significance with regards to the application of the results can be seen in the fact that easily obtainable structural elements, such as pedunculate oak basal area, number of pedunculate oak trees and diameter increment of pedunculate oak, proved to be very good indicators, which can explain nearly 70% variability of the complex impact on the revenue (rent) difference.

The obtained research results prove the existence of a direct relation between stand structure and regeneration priority. There is, therefore, a practical possibility to apply the established complex variable of revenue (rent) difference for ranking of stands or stand parts (stand dividing) according to regeneration priority, which can be determined by means of easily obtainable elements of structure (tree numbers, basal area and diameter increment of pedunculate oak). An extension of the research into site-structure relations to include a greater, or even the entire area of pedunculate oak forests in Croatia as well as spatial and multiobjective forest management criteria (spatial distribution and area of stands for regeneration, habitat requirements) for stand regeneration planning would be a welcome continuation of this work.

Keywords: pedunculate oak, understocked stands, net income, stand regeneration planning

Adresa autorâ – Authors' address:

Prof. dr. sc. Juro Čavlović
 e-pošta: cavlovic@sumfak.hr
 Dr. sc. Krunoslav Teslak
 e-pošta: kteslak@sumfak.hr
 Izv. prof. dr. sc. Anamarija Jazbec
 e-pošta: jazbec@sumfak.hr
 Dr. sc. Mislav Vedriš
 e-pošta: mvedris@sumfak.hr
 Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
 Zavod za izmjeru i uređivanje šuma
 Svetošimunska 25
 HR-10 000 Zagreb
 HRVATSKA