

UČINCI UZGOJNIH MJERA U DEVITALIZIRANOJ SREDNJE DOBNOJ SASTOJINI LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.) NA ČERNOZEMU U VOJVODINI

EFFECTS OF SILVICULTURAL MEASURES IN DEVITALIZED MIDDLE AGED OAK STAND (*Quercus Robur* L.) ON CHERNOZEM IN VOJVODINA

Martin BOBINAC¹, Siniša ANDRAŠEV²

SAŽETAK: Na dvije trajne pokusne površine (P.P.-1 i P.P.-2) u jednoj srednjedobnoj lužnjakovo monokulturi, analizirani su učinci različitih uzgojnih mjera, koje su poduzimane u svrhu njege sastojine i saniranja posljedica devitalizacije stabala. Proces devitalizacije utvrđen je u 42. godini starosti sastojine i manifestirao se u koincidenciji nepovoljnog sastojinskog stanja i nepovoljnih egzogenih utjecaja. Na P.P.-1 u 42. i 48. godini provedena je uzgojno-sanitarna sječa umjerenog i jakog zahvata, a na P.P.-2 uklanjana su suha stabla. Za definiranje učinaka različitih uzgojnih mjera u starosnom razdoblju od 43–52. godine, korišten je tečajni (prosječni periodički) debljinski prirast (id), svih preostalih stabala i stabala budućnosti. Na P.P.-1 srednja veličina tečajnog debljinskog prirasta svih stabala veća je za 37 %, a stabala budućnosti za 35 %, u odnosu na P.P.-2. Ovisnost debljinskog prirasta od prsnih promjera kod svih stabala pokazuje srednje jaku korelaciju ($R = 0,52-0,54$), a za grupu stabala budućnosti korelacija je slabije izražena ($R = 0,28-0,32$).

Cljučne riječi: hrast lužnjak, trajni pokusi, devitalizacija, učinci uzgojnih mjera, debljinski prirast.

UVOD – Introduction

Na staništima koja su povoljna za razvoj lužnjaka, dugoročna projekcija gospodarenja sa sastojinama temelji se na proizvodnji kvalitetnih sortimenata, pa predmet njege, primarno, predstavljaju stabla najveće kvalitete. Pravilnom projekcijom mjera njege u lužnjakovim sastojinama, odnosno usklađivanjem njihovog intenziteta s ciljem gospodarenja i razvojnog dinamikom sastojina, postižu se i najbolji učinci u dugoročno projektiranom proizvodnom procesu (I. Dekanić 1964, S. Matić 1989). Takvo stajalište u uzgojnoj strategiji ne umanjuje ostvarivanje drugih, isto tako važnih funkcija lužnjakovih šuma, već, naprotiv, doprinosi da se u uređenom sustavu gospodarenja u pravilno izgrađenim sastojinama osiguravaju optimalni uvjeti za njihovo ostvarivanje.

Za hrast lužnjak H. Leibundgut (1976) preporučuje vrlo rani početak njege i pozitivnu selekciju. Zbog izrazite heliofitnosti hrasta lužnjaka, proces biološkog diferenciranja stabala u mlađim razvojnim fazama sastojina, karakterizira mortalitet i prelazak stabala na nižu etažu, a do pozitivne promjene etaža rijetko dolazi kod stabala iz nižih etaža (M. Bobinac, F. Ferlin 1996, F. Ferlin, M. Bobinac 1999). Zato izostanak mjera njege u mladim i srednjedobnim sastojinama ima za posledicu nepravilan razvoj, a često i devitalizaciju stabala, dok mjere njege u nepravilno formiranim sastojinama u dužem razdoblju predstavljaju iznuđene intervencije. Takve sastojine što dublje ulaze u starost, njihova je izgrađenost nepravilnija i nepovoljnija za optimalnu produkciju i produkciju kvalitetnih sortimenata (Lj. Marković, M. Manojlović 1929, M. Bobinac 2008).

U različitim ekosustavima lužnjakovih šuma u proteklom razdoblju utvrđeno je sinergističko djelovanje različitih čimbenika koji su nepovoljno utjecali na razvoj sastojina i uvjetovali njihovo propadanje (B. Prpić

¹ Dr Martin Bobinac, docent, Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd, Srbija; E-mail: mbobinac@EUnet.rs

² Dr Siniša Andrašev, znanstveni suradnik, Istraživačko razvojni institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13d, 21000 Novi Sad, Srbija; E-mail: andrasev@uns.ac.rs

1989). Na posljedice izazvane narušavanjem ravnoteže u vrlo osjetljivim i dinamičnim ekosustavima hrasta lužnjaka, pa time, posredno, i na neprilagođenu uzgojnu strategiju u procesu formiranja sastojina, ukazali su brojni autori. Na značenje fitosociološkog slabljenja stabala uslijed neadekvatne izgrađenosti sastojina, posebno je ukazivano početkom dvadesetog stoljeća, kada je sušenje lužnjakovih šuma imalo epidemijski karakter (Lj. Marković, M. Manojlović 1929, Đ. Nenadić 1931). Polazeći sa stajališta da se volumen u sastojinama treba povećavati sa starošću, S. Matić (1989) u proučavanju lužnjakovih šuma utvrđuje suprotan trend, a kao razlog navodi i neprilagođene mjere njege, odnosno nepravilno određene i prejake intenzitete prorjeda u starijim sastojinama, a koje su mogle proisticati i uslijed nepravilne izgrađenosti sastojina. U srednjedobnim sastojinama od ranolistajućeg i kasnolistajućeg lužnjaka V. Stamenković i Z. Simić (1995) konstatiraju značajno smanjenje broja stabala i volumnog prirasta. Klepac, (1964, 1984), A. Pranjić (1996), Lukić, (2003), M. Čater et al. (2008) i dr. ukazuju na permanentno smanjivanje debljinskog prirasta kod hrasta lužnjaka u različito starim sastojinama, što, prema fazi razvoja sastojina, indicira na uticaj nepovoljnih čimbenika i slabljenje vitalnosti, nego što je to odlika starosti stabala. Dokaz tomu, u određenom smislu, može poslužiti utvrđena rastuća tendencija prirasta u starijim fazama razvoja sastojina, koja je uslijedila po prestanku djelovanja nepovoljnih

utjecaja i uspostavljanja ravnoteže u lužnjakovim šumama (Š. Meštrović et al. 1996).

Prema dosadašnjim saznanjima primjena uzgojnih mjera u lužnjakovim sastojinama umanjene funkcionalne sposobnosti ima značajna ograničenja za ostvarivanje očekivanih učinaka i ciljeva. Prema rezultatima proučavanja učinaka zakašnjele prorjede na prirast stabala lužnjaka D. Klepac (1964) nije utvrđeno povećanje debljinskog prirasta na preostalim stablima, 10 godina poslije provedene prorjede. Istraživanja u neadekvatno njegovanim i devitaliziranim srednjedobnim sastojinama lužnjaka (M. Bobinac i S. Andrašev 2001a) i cera (M. Bobinac i S. Andrašev 2006), iako su potvrdila bolje kratkoročne učinke u prirastu stabala poslije provedenih jačih prorjeda, u odnosu na tretman sanitarne sječe, ukazala su da procesi devitalizacije kojima su izložene mlađe, nepravilno formirane sastojine, otežavaju projekciju i primjenu optimalne njege i uvjetuju druge negativne posljedice u razvoju sastojina (M. Bobinac et al. 2003).

Cilj ovog rada je komparativnim trajnim pokusnim površinama analizirati učinke različitih uzgojnih mjera, koje su poduzimane u cilju njege sastojine i saniranja posljedica devitalizacije. Devitalizacija je utvrđena u 42. godini starosti sastojine i na temelju sistematiziranih podataka na trajnim pokusnim površinama, cilj je analizirati učinke na prirastu preostalih stabala u starosnom razdoblju od 43–52. godine.

MATERIJAL I METODE RADA – Material and methods

2.1. Područje istraživanja – Study area

Istraživanja su obavljena u umjetno podignutoj monokulturi lužnjaka na području Bačkog Monoštora u GJ “Kolud-Kozara”, odel 32 j ($\varphi_n = 45^\circ 49'$, $\lambda_e = 18^\circ 39'$). Na istraživanom području bile su zastupljene mješovite sastojine lužnjaka i cera, koje su poslije Drugog svjetskog rata posječene čistom sječom. Poslije krčenja panjeva zemljište je obrađivano i dvije do tri godine korišteno u poljoprivredne svrhe. Zadnje godine korištenja zajedno s poljoprivrednom kulturom (žitarice) zasijan je žir u brazde s razmakom između redova 2 m. Nadmorska visina je 88 m. Stanište karakterizira polidominantna fitocenoza *Tilio-Carpino-Quercetum robori-cerris* (Sveza *Aceri tatarici-Quercion* Zol. et Jak. 1957), a zemljište je černoziem-beskarbonatni s dubinom humusno akumulativnog horizonta 40–50 cm.

Na temelju klimatskih podataka s meteorološke stanice Sombor ($\varphi_n = 45^\circ 40'$, $\lambda_e = 18^\circ 59'$, nadmorska visina 86 m), za razdoblje 1978–2004. godine srednja godišnja temperatura zraka iznosi 10,9 °C, a između pojedinih godina varirala je od 9,5 °C (1980. godine) do 12,8 °C (2000. godine), s koeficijentom varijacije (c_v) od 7,4 %. Srednja godišnja količina oborina iznosi 584,5 mm, a između pojedinih godina varirala je od 277,5–818,4 mm, s koeficijentom varijacije (c_v) od 20,2 %. Hidrološka bilanca, izračunata po metodi *Thornthweite-a*, pokazuje da je višak vode u zemljištu od siječnja do ožujka (ukupno 65–70 mm), od travnja do lipnja u zemljištu je prisutna rezerva vlage, dok manjak vlage nastupa u srpnju i zadržava se u kolovozu i rujnu mjesecu.

2.2. Prikupljanje i obrada podataka – Data collecting and processing

U istraživanoj sastojini su u 42. godini starosti izdvojene dvije trajne pokusne površine, veličine 0,25 ha, sa zaštitnim pojasom širine 10 m. Na pokusnim površinama sva stabla su trajno obrojčana i obilježena su mjesto na prsnoj visini za mjerenje promjera. Periodično su

svim stablima za vrijeme mirovanja vegetacije mjerena dva unakrsna promjera, s točnošću na 1 mm, i visine s visinomjerom Blume-Leiss, s točnošću 0,5 m. Za potrebe ovoga rada korištena je izmjera svih stabala u 42. i 52. godini starosti sastojine, kao i izmjera doznačenih

stabala u 48. godini. Pri izmjeri u 42. godini svakom stablu procijenjen je biološki položaj (BP) i stupanj slobode položaja krošnje (SK), na osnovi klasifikacije Asman-a (V. Stamenković, M. Vučković 1988):

- Biološki položaj: nadstojno (1), međustojeće (2), podstojno (3);
- Stupanj slobode položaja krošnje (SK): slobodno stojeća krošnja – bez dodirivanja s krošnjama susjednih stabala ili je dodirivanje manje od 25 % obujma krošnje (1); jednostrano stješnjena krošnja – dodirivanje krošnja 25–50 % obujma krošnje (2); višestranost stješnjena krošnja – dodirivanje krošnja preko 50 % obujma krošnje (3).

Za procjenu intenziteta oštećenosti (osutost) krošnji korištena je klasifikacija (ECE) sa stupnjevima 0–4 (0 – gubitak lisne mase do 10 %, 1 – gubitak lisne mase 11–25 %, 2 – gubitak lisne mase 26–60 %, 3 – 61–99 %, 4 – gubitak lisne mase 100 %), u odnosu na lokalno referentno stablo.

Za obračun volumena sastojine korištene su volumne tablice Schwappacha za hrast, pri čemu su korištene visinske krivulje izravnanе funkcijom $h = ae^{b/d} + 1,30$.

U starosnom razdoblju od 43–52. godine na pokusnim površinama je primijenjen različit uzgojni tretman. Na P.P.-1 u 42. i 48. godini provedena je uzgojno-sanitarna sječa, umjerenog i jakog zahvata, a P.P.-2 bila je prepuštena prirodnom procesu izlučivanja stabala. Na P.P.-1 u 42. godini izabrano je 128 stabala budućnosti (SB) po hektaru, od kojih je u 52. godini zadržalo isti status 124 stabla. Stablina budućnosti u 42. i 48. godini primarno su uklanjani najjači konkurenti, pa tretman ima karakter selektivne prorjede. Po sličnim uzgojnim načelima na P.P.-2 u 42. godini izabrano je 156 dominantnih stabala za komparaciju, od kojih je u 52. godini zadržalo isti status 148 stabala (M. Bobinac et al. 1997, M. Bobinac i S. Andrašev 2001a). Odnos srednjeg promjera po temeljnici doznačenih stabala i srednjeg promjera preostalih stabala, definiran kao pokazatelj prorjede (q_d), korišten je za numeričko definiranje karaktera prorjede.

Obrada podataka sastojala se u nalaženju numeričkih parametara debljinske strukture: aritmetička sre-

dina (\bar{d}), standardna devijacija (s_d), koeficijent varijacije (c_v), varijacijska širina ($vš$), minimum (d_{min}), maksimum (d_{max}), koeficijent asimetrije (α_3) i koeficijent spljoštenosti (α_4) (Stamenković i Vučković, 1988). Neparametarski test Kolmogorov-Smirnova ($|D|$ statistika) korišten je za međusobnu usporedbu debljinskih struktura i struktura debljinskog prirasta. Za definiranje zavisnosti stupnja slobode položaja krošnje i stupnja osutosti krošnja, kao i biološkog položaja i stupnja osutosti krošnja na pokusnim površinama u 42. godini starosti sastojine korišten je χ^2 test nezavisnosti. Učinci različitih tretmana sastojine analizirani su u starosnom razdoblju od 43–52. godine, pri čemu je uspoređen tečajni (prosečni periodični) debljinski prirast (i_d) dobiven po kontrolnoj metodi, između svih stabala na pokusnim površinama i posebno krajnje grupe stabala budućnosti na P.P.-1, odnosno stabala za komparaciju na P.P.-2. Za nalaženje zavisnosti tečajnih prirasta promjera od njihovih prsnih promjera na početku razdoblja istraživanja korištena je linearna funkcija (Snedecor and Cochran, 1959; Hadživuković, 1973):

$$y_i = \bar{y} + b_1(x_i - \bar{x})$$

gdje su: y_i – tečajni prirast promjera i -tog stabla; – aritmetička sredina veličina tečajnih prirasta promjera; x_i – prsni promjer i -tog stabla; – aritmetička sredina veličina prsnih promjera; b – koeficijent pravca linearne zavisnosti.

y_i – current diameter increment of i^{th} tree; – arithmetic mean of current diameter increment; x_i – diameter at breast height of i^{th} tree; – arithmetic mean of diameter at breast height; b – coefficient of slope of linear function.

Za nalaženje nepoznatog parametra nagiba pravca (b_1) korištena je metoda najmanjih kvadrata:

$$\sum_{i=1}^n [y_i - \bar{y} - b_1(x_i - \bar{x})]^2 = \min$$

U cilju objektivne ocjene značenja utjecaja uzgojnog tretmana na veličinu prirasta primijenjen je statistički t -test.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA – Results of research

3.1. Elementi rasta i debljinska struktura sastojine u 42. i 52. godini

Elements of growth and diameter distribution of the stand at the age of 42 and 52 years

Elementi rasta svih stabala i stabala budućnosti na pokusnim površinama u starosti 42 i 52 godine, kao i posječenih stabala u 42. i 48. godini, prikazani su u tablici 1, a u tablici 2 prikazani su numerički pokazatelji njihove debljinske strukture. U 42. godini na P.P.-1 utvrđen je za 3 % veći ukupan broj stabala po hektaru, a za 9 % manji iznos temeljnice po ha i za 12 % manji volumen po ha, u odnosu na P.P.-2. Na P.P.-2 utvrđen je za 1,3 cm

veći srednji promjer po temeljnici (d_g) i za 1,7 cm veći srednji promjer po temeljnici 20 % najjačih stabala u sastojini ($d_{g20\%}$), u odnosu na P.P.-1. Na obje pokusne površine varijabilnost debljinske strukture iznosi 20–22 %, a veća je varijacijska širina na P.P.-2. Na obje pokusne površine utvrđena je desna asimetrija, na P.P.-1 platikurtični, a na P.P.-2 je izražen leptokurtični raspored prsnih promjera (tablica 1).

Tablica 1. Osnovni podaci o elementima rasta svih stabala i identične grupe stabala budućnosti u 42. i 52. godini, i posječnim stablima u 42. i 48. godini na pokusnim površinama.

Table 1. Main data on growth elements of all trees and the identical collective of future trees in 42nd and 52nd year, and cut trees in 42nd and 48nd year on sample plots.

Starost, stanje (Age, state)	Sva stabla – All trees						Stabla budućnosti – Future trees					
	N [kom.·ha ⁻¹]		G [m ² ·ha ⁻¹]		V [m ³ ·ha ⁻¹]		N [kom.·ha ⁻¹]		G [m ² ·ha ⁻¹]		V [m ³ ·ha ⁻¹]	
	O.P.-1	O.P.-2	O.P.-1	O.P.-2	O.P.-1	O.P.-2	O.P.-1	O.P.-2	O.P.-1	O.P.-2	O.P.-1	O.P.-2
42. god. (42 yr)	832	804	22.44	24.72	194.17	220.81	124	148	4.76	6.38	44.17	60.68
Prorjeda (42.) Thinning (42 yr)	216	148	4.75	3.56	39.11	29.96						
Prorjeda (48.) Thinning (48 yr)	212	44	5.91	0.97	53.69	8.41						
52. god. (52 year)	404	612	17.77	26.23	181.92	267.37	124	148	7.42	8.76	80.09	94.48
Suma prorjeda (sum of thinning)	428	192	10.66	4.53	92.80	38.37						
Vol. prirast u razdoblju 42.-52. god. [m ³ ·ha ⁻¹ ·god ⁻¹] Volume increment in period from 42 to 52 yr [m ³ ·ha ⁻¹ ·yr]					8,06	8,49					3.59	3.38

Legenda: OP – pokusna površina; N – broj stabala po hektaru; G – temeljnica po hektaru; V – volumen po hektaru.
Legend: OP – sample plot; N – number of trees per hectare; G – basal area per hectare; V – volume per hectare.

U 42. godini na P.P.-1 izdvojena 124 stabla budućnosti po hektaru čine 14,9 % od ukupnog broja stabala po hektaru, 21,2 % od ukupne temeljnice i 22,7 % od ukupnog volumena, a 148 stabala za komparaciju na P.P.-2 čine 18,4 % ukupnog broja stabala po hektaru,

25,8 % od ukupne temeljnice i 27,5 % od ukupnog volumena po hektaru. Stabla za komparaciju na P.P.-2 imala su za 1,3 cm veći srednji promjer po temeljnici u odnosu na stabla budućnosti na P.P.-1. Stabla budućnosti na P.P.-1, odnosno stabla za komparaciju na P.P.-2

Tablica 2. Numerički pokazatelji debljinske strukture svih stabala, stabala budućnosti u 42. i 52. godini i posječenih stabala u 42. i 48. godini na pokusnim površinama.

Table 2. Numerical indicators of diameter distribution of all and future trees in 42 and 52 year, and cut trees in 42 and 48 year on sample plots.

Numerički pokazatelji (Numerical indicators)	42. godina (42 yr)				Prorjede (Thinnings)				52. godina (52 yr)			
	Sva stabla (All trees)		Stabla budućn. (Future trees)		42. godina (42 yr)		48. godina (48 yr)		Sva stabla (All trees)		Stabla budućn. (Future trees)	
	P.P.-1	P.P.-2	P.P.-1	P.P.-2	P.P.-1	P.P.-2	P.P.-1	P.P.-2	P.P.-1	P.P.-2	P.P.-1	P.P.-2
<i>n</i>	208	201	31	37	54	37	53	11	101	153	31	37
\bar{d} [cm]	18,2	19,3	21,8	23,1	16,4	17,1	18,5	16,2	23,2	22,9	27,3	27,1
d_g [cm]	18,5	19,8	22,1	23,4	16,7	17,5	18,8	16,7	23,7	23,4	27,6	27,5
$d_{g20\%}$ [cm]	23,8	25,5	26,4	29,7	21,9	22,4	24,2	24,5	30,1	29,9	33,2	34,4
s_d [cm]	3,68	4,23	3,43	3,92	3,41	3,68	3,69	4,51	4,76	4,84	4,30	4,34
c_v [%]	20,3	21,9	15,7	17,0	20,8	21,5	20,0	27,9	20,5	21,2	15,8	16,0
d_{min} [cm]	10,0	10,0	14,1	17,6	10,0	11,3	12,3	11,8	12,2	11,7	17,0	21,0
d_{max} [cm]	27,7	35,8	27,7	35,8	27,1	25,6	28,6	27,1	35,9	42,2	35,9	42,2
$vš$ [cm]	17,7	25,7	13,6	18,2	17,1	14,4	16,3	15,3	23,7	30,5	18,9	21,2
α_3	0,399	0,664	-0,091	1,259	1,169	0,202	0,677	1,479	0,190	0,691	-0,104	1,389
α_4	2,714	4,361	2,164	4,684	4,506	2,233	3,082	4,153	2,931	4,341	2,963	5,400
q_d					0,87	0,86	0,86	0,77				
$ D $	0,19***		0,22 ^{ns}		0,301*		0,482*		0,09 ^{ns}		0,21 ^{ns}	

Legenda: *n* – broj stabala na pok. površini; – aritmetička sredina promjera; d_g – srednji promjer po temeljnici; s_d – standardna devijacija promjera; c_v – koeficijent varijacije; $vš$ – varijacijska širina; d_{min} – minimalni promjer; d_{max} – maksimalni promjer; α_3 – koeficijent asimetrije (skewness); α_4 – koeficijent spljoštenosti (kurtosis); q_d – pokazatelj prorjede; $|D|$ – statistika neparametarskog testa Kolmogorov-Smirnova.

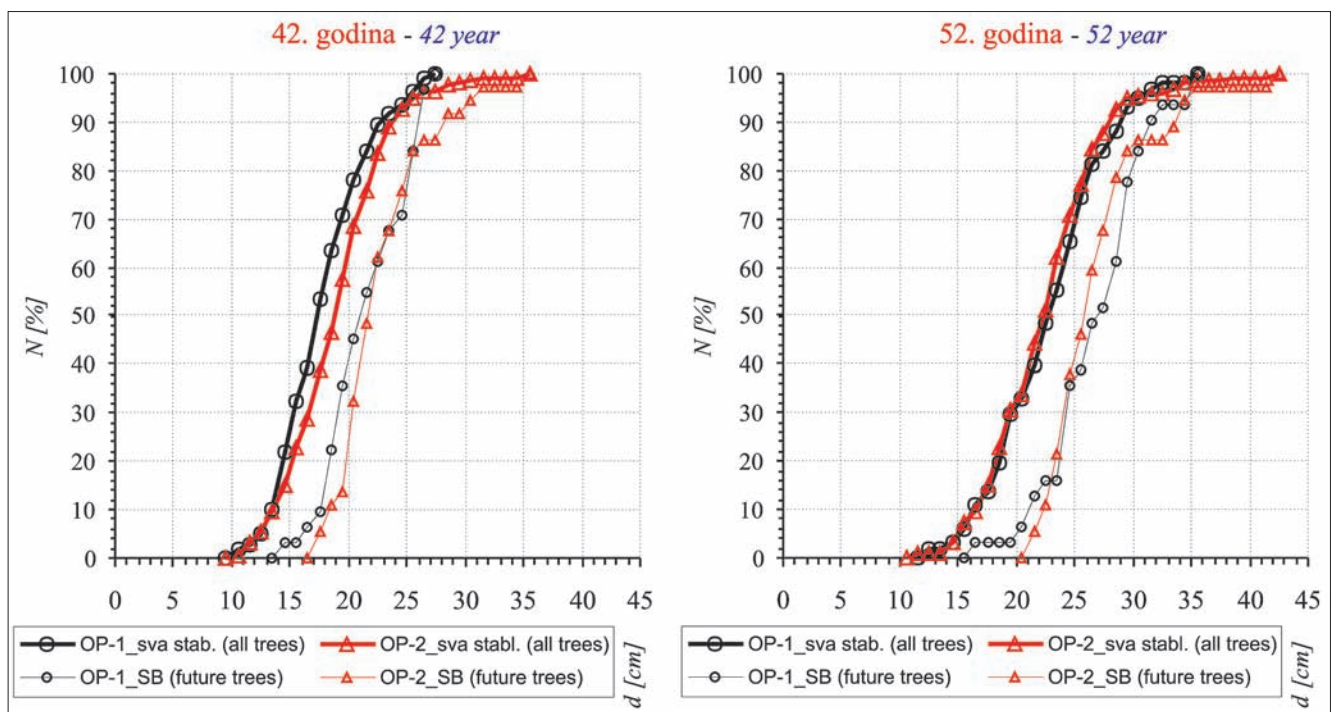
Legend: *n* – number of trees on sample plot; – arithmetic mean of diameter at breast height; d_g – stand quadratic mean diameter; s_d – standard deviation; c_v – coefficient of variation; $vš$ – variation width; d_{min} – minimal diameter; d_{max} – maximal diameter; α_3 – coefficient of skewness; α_4 – coefficient of kurtosis; q_d – indicator of thinning; $|D|$ – statistics of Kolmogorov-Smirnov nonparametric test.

karakteriziraju se manjom varijacijskom širinom promjera i manjim koeficijentom varijabilnosti u odnosu na sva stabla na pokusnim površinama (tablica 2).

U 52. godini na P.P.-1 bio je za 34 % manji ukupan broj stabala po hektaru i za 32 % manja temeljnica i volumen po hektaru, u odnosu na P.P.-2. U 52. godini na P.P.-1 srednji promjer i srednji promjer 20 % najjačih stabala po temeljnici nešto je veći na P.P.-1 u odnosu na P.P.-2. Varijabilnost strukture prsnih promjera je bliska (20,5–21,2 %), na oba pokusna polja utvrđena je desna asimetrija, na P.P.-1 mezokurtični raspored, a na P.P.-2 izražen leptokurtični raspored strukture prsnih promjera. Stabla budućnosti u 52. godini na P.P.-1 čine 30,7 % ukupnog broja stabala, 41,8 % ukupne temeljnice i 44,0 % ukupnog volumena, a u volumnom prirastu sudjeluju sa 45 %. Na P.P.-2 stabla za komparaciju čine 24,2 % ukupnog broja stabala, 33,4 % ukupne te-

meljnice i 35,3 % ukupnog volumena, a u volumnom prirastu sudjeluju sa 40 %. U 52. godini nešto je veći srednji promjer stabala budućnosti na P.P.-1, u odnosu na srednji promjer stabala za komparaciju na P.P.-2. Varijabilnost debljinske strukture stabala budućnosti je bliska (15,8–16 %), a utvrđena je razlika u asimetriji i spljoštenosti (tablica 2).

Sumarne krivulje debljinske strukture svih stabala pokazuju da su u 42. godini na P.P.-2 stabla s nešto većim prsnim promjerima, što je potvrđeno i testom Kolmogorov-Smirnova (grafikon 1, tablica 2), a zbog diferenciranog uzgojnog tretmana i različite prirasne reakcije stabala debljinske strukture svih stabala i stabala budućnosti na P.P.-1, odnosno dominantnih stabala za komparaciju na P.P.-2, u 52. godini su se približile, što je potvrđeno i testom Kolmogorov-Smirnova (grafikon 1, tablica 2).



Grafikon 1. Sumarne krivulje debljinske strukture u 42. i 52. godini svih stabala, kao i grupe stabala budućnosti (SB).

Graph 1 Cumulative curves of diameter distribution in 42nd and 52nd year of all trees and the collective of future trees.

3.2. Karakteristike devitalizacije u sastojini u 42. godini

Characteristics of stand devitalisation in 42nd year

U 42. godini u monokulturi lužnjaka evidentiran je proces intenzivnog biološkog diferenciranja i devitalizacije stabala. Učešće međustojećih (BP-2) i podstojnih (BP-3) stabala bilo je na pokusnim površinama 18,1–30,3 %, a učešće stabala s jednostrano i višestranostješnjim krošnjama bilo je 83,2–87,1 %. Preko 50 % stabala na pokusnim površinama bilo je sa stupnjom osutosti krošnje 1–4, a u stupnju 3–4 nalazilo se 20 % stabala. Na osnovi testa nezavisnosti utvrđen je visok stupanj zavisnosti stupnja osutosti krošnje od biološkog položaja i stupnja slobode položaja krošnje,

što ukazuje da je proces devitalizacije u neposrednoj vezi s izgrađenošću sastojine, odnosno s uzgojnim tretmanom u prethodnom razdoblju (tablica 3 i 4).

Tablica 3. Postotno učešće stabala različitih bioloških položaja i stupnja osutosti krošnje na pokusnim površinama u 42. godini starosti i rezultati testa nezavisnosti.

Table 3 Percentage of trees in different crown classes and crown defoliation on sample plots in 42nd year and results of χ^2 independence test.

Osutost (defoliation)	PP-1				PP-2			
	BP-1	BP-2	BP-3	suma (sum)	BP-1	BP-2	BP-3	suma (sum)
0	44.2	2.9	0.5	47.6	38.8	6.0	4.5	49.3
1	21.2	3.4	1.0	25.5	20.9	2.0	3.5	26.4
2	6.3	0.5	1.0	7.7	2.5	0.0	0.5	3.0
3	2.9	1.4	1.4	5.8	3.0	0.5	3.0	6.5
4	7.2	3.4	2.9	13.5	4.5	3.5	7.0	14.9
suma (sum)	81.7	11.5	6.7	100.0	69.7	11.9	18.4	100.0
	$\chi^2=36.33^{***}$				$\chi^2=38.79^{***}$			

Legenda: OP – pokusna površina; BP – biološki položaj stabla; SK – stupanj slobode položaja krošnje; χ^2 – statistika testa nezavisnosti.

Legend: OP – sample plot; BP – crown class; SK – degree of crown freedom position; χ^2 – statistics of independence test.

Tablica 4. Postotno učešće stabala različitih stupnjeva slobode položaja krošnji i stupnja osutosti krošnje na pokusnim površinama u 42. godini starosti i rezultati testa nezavisnosti.

Table 4 Percentage of trees in different classes of crown freedom position and crown defoliation on sample plots in 42nd year and results of χ^2 independence test.

Osutost (defoliation)	PP-1				PP-2			
	SK-1	SK-2	SK-3	suma (sum)	SK-1	SK-2	SK-3	suma (sum)
0	13.5	23.1	11.1	47.6	10.0	23.4	15.9	49.3
1	0.5	16.3	8.7	25.5	3.0	10.0	13.4	26.4
2	1.4	1.9	4.3	7.7	0.0	1.0	2.0	3.0
3	0.5	0.5	4.8	5.8	0.0	2.5	4.0	6.5
4	1.0	3.4	9.1	13.5	0.0	4.0	10.9	14.9
suma (sum)	16.8	45.2	38.0	100.0	12.9	40.8	46.3	100.0
	$\chi^2=49.27^{***}$				$\chi^2=23.61^{***}$			

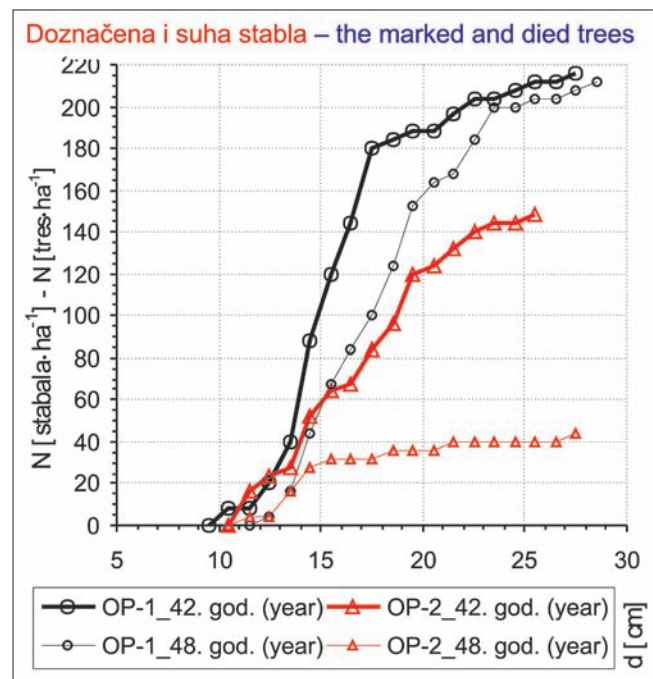
3.3. Karakteristike provedenih uzgojnih tretmana

Characteristics of implemented silvicultural treatments

Na P.P.-1 u 42. i 48. godini provedena je uzgojno-sanitarna sječa, pri kojoj su stabla sa stupnjom osutosti krošnje 3 i 4 u 42. godini sudjelovala u strukturi doznačenih stabala sa 69 %, a u 48. godini sa 31 %. U 42. godini na PP-1 ukupno je doznačeno 216 stabala po hektaru ili 26 %, s temeljnicom od 4,75 $m^2 \cdot ha^{-1}$ ili 21,2 % i volumenom od 39,11 $m^3 \cdot ha^{-1}$ ili 20,2 %. Numerički pokazatelji debljinske strukture doznačenih stabala u 42. godini pokazuju da su doznačena stabla imala prsne promjere od 10–27,1 cm, a srednji promjer 16,7 cm. Doznačena stabla imala su izraženu desnu asimetriju i izražen leptokurtični raspored prsnih promjera. U 48. godini na PP-1 provedena je još jedna uzgojno-sanitarna sječa i ukupno je doznačeno 212 stabala po hektaru ili 34,4 %, s temeljnicom od 5,91 $m^2 \cdot ha^{-1}$ ili 28,1 % i volumenom od 53,69 $m^3 \cdot ha^{-1}$ ili 26,9 %. Numerički pokazatelji debljinske strukture doznačenih stabala u 48. godini pokazuju da su doznačena stabla imala prsne promjere od 12,3–28,6 cm, a srednji promjer 18,8 cm. Doznačena stabla imala su desnu asimetriju i mezokurtični raspored prsnih promjera (tablica 1 i 2).

Na P.P.-2 u razdoblju od 42–48. godine osušilo se 148 stabala po hektaru ili 18,4 %, s temeljnicom od 3,56 $m^2 \cdot ha^{-1}$ ili 14,4 % i volumenom od 29,96 $m^3 \cdot ha^{-1}$ ili 13,6 %, pri čemu su stabla sa stupnjem osutosti krošnje 3 i 4 sudjelovala sa 92 % (svedeno na 42. godinu). Osušena stabla imala su prsne promjere od 11,3–25,6 cm, a srednji promjer 17,5 cm. Doznačena stabla imala su desnu asimetriju i slabije izražen platikurtični raspored prsnih promjera. Na P.P.-2 u razdoblju od 48–52. go-

dine osušilo se 44 stabala po hektaru ili 6,7 %, s temeljnicom od 0,97 $m^2 \cdot ha^{-1}$ ili 4,1 % i volumenom od 8,41 $m^3 \cdot ha^{-1}$ ili 3,7 % (svedeno na 42. godinu), pri čemu su stabla sa stupnjem osutosti krošnje 3 i 4 (svedeno na 48. godinu) sudjelovala sa 100 %. Osušena stabla imala



Grafikon 2. Sumarne krivulje debljinske strukture doznačenih i osušanih stabala u 42. i 48. godini po hektaru.

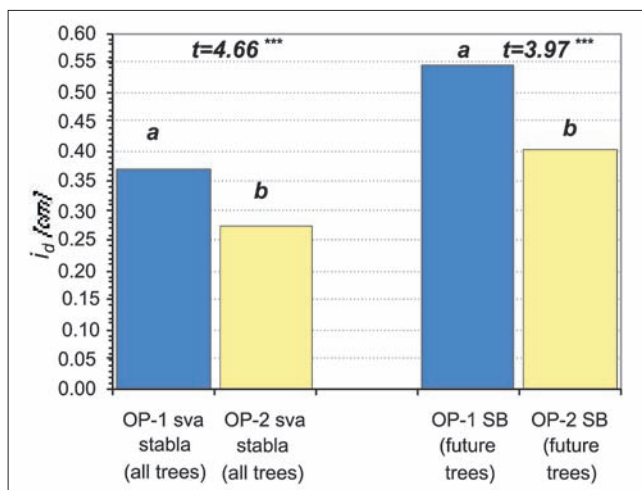
Graph 2 Cumulative diameter distribution curve of the marked and dead trees per hectare in 42nd and 48th year.

su prsne promjere od 11,8–27,1 cm, a srednji promjer 16,7 cm, izraženu desnu asimetriju i leptokurtični raspored (tablica 1 i 2).

Pokazatelj prorjede (q_d) u 42. godini približno je isti na obje površine (0,86–0,87), a u 48. godini značajno je veći na P.P.-1 (0,86), u odnosu na P.P.-2 (0,77). Test Kol-

3.4. Učinci provedenih uzgojnih mjera – Effects of implemented silvicultural measures

Učinci provedenih uzgojnih mjera na pokusnim površinama pokazuju najveće razlike na razini srednjih veličina debljinskog prirasta, kako svih stabala, tako i grupe stabala budućnosti. Preostala stabla u razdoblju od 43–52. godine na P.P.-1 imaju prosječno veći tečajni debljinski prirast za 37 % (godišnje 1 mm više, odnosno 10 mm za deset godina), u odnosu na prosječnu veličinu prirasta na P.P.-2. Kod stabala budućnosti debljinski prirast je veći za 35 %, što je u apsolutnom iznosu godišnje 1,4 mm više, (odnosno 14 mm za 10 godina), u odnosu na prirast stabala za komparaciju na P.P.-2. Utvrđene razlike statistički su vrlo značajne (na razini rizika od 0.1 %), što je potvrđeno t-testom (grafikon 3).



Grafikon 3. Srednje veličine tečajnog debljinskog prirasta svih stabala i stabala budućnosti (SB).

Graph 3 Mean values of current diameter increment of all and future (SB) trees.

Legenda: PP – pokusna površina; SB – stabla budućnosti; t – test.
Legend: PP – sample plot; SB – future trees; t – test.

Provedene uzgojne mjere uvjetovale su manje razlike u strukturi debljinskog prirasta upoređivanih grupa stabala. Struktura debljinskog prirasta svih stabala pokazuje veći apsolutni (s_d) i relativni varijabilitet (c_v), veći minimum i maksimum, kao i veću varijacijsku širinu na P.P.-1, u odnosu na P.P.-2 (Tablica 5). Koeficijent asimetrije (α_3) od 0,73–0,76 na obje pokusne površine pokazuje desnu asimetriju, a koeficijent spljoštenosti (α_4) ukazuje na mezokurtični raspored na P.P.-1 i na blagi leptokurtični raspored strukture debljinskog prirasta na P.P.-2. Stabla budućnosti na P.P.-1, koja su predmet prioritete njege, i grupa dominantnih stabala

mogorov-Smirnova potvrdio je razliku u debljinskim strukturama izlučenih stabala na pokusnim površinama u 42. i 48. godini (grafikon 2, tablica 2). Pokazatelj prorjede ukazuje da je izlučivanje stabala na pokusnim površinama imalo karakter niske prorjede.

za komparaciju na P.P.-2, imaju manju varijabilnost debljinskog prirasta u odnosu na sva stabla. Veća je varijabilnost debljinskog prirasta stabala budućnosti na P.P.-1, u odnosu na grupu stabala za komparaciju na P.P.-2. Asimetrija debljinskog prirasta kod stabala budućnosti manja je u odnosu na sva stabla i manje je izražena na P.P.-1 u odnosu na P.P.-2.

Na P.P.-1 sumarne krivulje debljinskog prirasta, za sva stabla i za stabla budućnosti pomaknute su udesno k većim veličinama prirasta, u odnosu na P.P.-2. Također se uočava razlika i u obliku krivulje, što implicira razlike u

Tablica 5. Numerički pokazatelji strukture tečajnog debljinskog prirasta svih stabala i stabala budućnosti na pokusnim površinama u razdoblju od 42.–52. godine.

Table 5 Numerical indicators of current diameter increment structure of all and future trees between 42nd and 52nd year on sample plots.

Numerički pokazatelji (Numerical indicators)	Sva stabla (All trees)		Stab. budućnosti (Future trees)	
	O.P.-1	O.P.-2	O.P.-1	O.P.-2
n	101	153	31	37
\bar{i}_d [cm]	0,37	0,27	0,54	0,40
$i_{d\ 20\%}$ [cm]	0,46	0,36	0,64	0,45
s_{id} [cm]	0,18	0,13	0,17	0,11
c_v [%]	49,4	46,3	31,8	26,5
$i_{d\ min}$ [cm]	0,10	0,05	0,22	0,14
$i_{d\ max}$ [cm]	0,99	0,68	0,99	0,67
$vš$ [cm]	0,89	0,63	0,77	0,53
α_3	0,760	0,729	0,147	0,259
α_4	3,094	3,328	3,181	3,603
$ D $	0.265***		0.564***	

Legenda: n – broj stabala na pok. površini; – aritmetički srednji debljinski prirast; $i_{d\ 20\%}$ – debljinski prirast dominantnih stabala; s_{id} – standardna devijacija; c_v – koeficijent varijacije; $vš$ – varijacijska širina; $i_{d\ min}$ – minimalni prirast; $i_{d\ max}$ – maksimalni prirast; α_3 – koeficijent asimetrije (skewness); α_4 – koeficijent spljoštenosti (kurtosis); $|D|$ – statistika neparametarskog testa Kolmogorov-Smirnova.

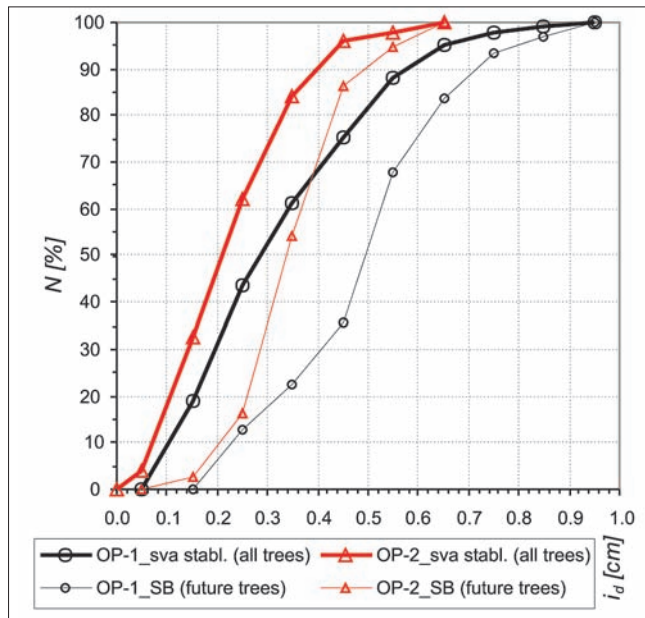
Legend: n – number of trees on sample plot; – arithmetic mean of diameter increment; $i_{d\ 20\%}$ – diameter increment of dominant trees; s_{id} – standard deviation; c_v – coefficient of variation; $vš$ – variation width; $i_{d\ min}$ – minimal diameter increment; $i_{d\ max}$ – maximal diameter increment; α_3 – coefficient of skewness; α_4 – coefficient of kurtosis; $|D|$ – statistics of Kolmogorov-Smirnov nonparametric test.

varijabilnosti debljinskog prirasta (grafikon 4). Test Kolmogorov-Smirnova potvrdio je značajne razlike u strukturama debljinskog prirasta, kako za cijelu grupu stabala, tako i za stabla budućnosti (tablica 5). Struktura debljinskog prirasta na pokusnim površinama jasno ukazuje na praktičan značaj primjene različitih tretmana. Tako na primjer, ako se pretpostavi da je očekivani debljinski prirast u ovoj fazi razvoja sastojine 5 mm (širina goda 2,5 mm), tada se s grafikona 2. vidi da na P.P.-1 50 %

stabala budućnosti i 20 % svih stabala u sastojini ima navedeni debljinski prirast. Međutim, na P.P.-2 debljinski

Tablica 6. Korelacija (R), elementi ocjene i parametri linearne regresije tečajnog godišnjeg debljinskog prirasta stabala od njihovih prsnih promjera u razdoblju od 43–52. godine na pokusnim površinama.

Table 6 Correlation (R), elements of evaluation and parameters of linear regression of current annual diameter increment on diameters at breast height between the ages of 43 and 52 years on sample plots.

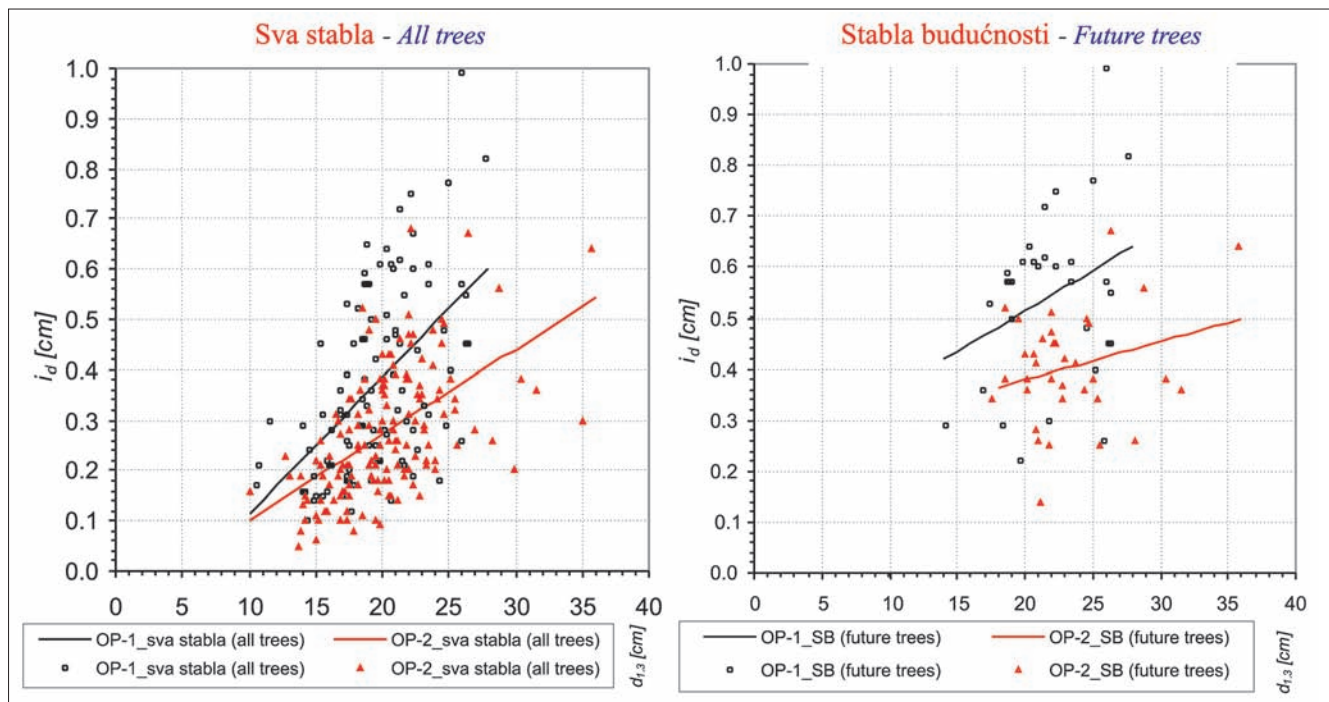


Grafikon 4. Sumarne krivulje strukture tečajnog prirasta promjera.
Graph 4 Cumulative curves of current diameter increment structure.

	Sva stabla (All trees)		Stabla budućnosti (Future trees)	
	OP-1	OP-2	OP-1	OP-2
b_1	0.027062	0.016888	0.01593	0.007472
R	0.5218	0.5387	0.3164	0.2749
R^2	0.27231	0.29016	0.10011	0.07557
s_e	0.15738	0.107077	0.166525	0.103922
s_{b1}	0.004446	0.00215	0.00887	0.004417
t	6.087***	7.855***	1.796 ^{ns}	1.692 ^{ns}
Usporedba koeficijenata regresije (Δb_1) Comparison of regression coefficients (Δb_1)				
$s_{\Delta b1}$	0,00448321		0,0092607	
t	2,269*		0,913 ^{ns}	

Legenda: b_1 – koeficijent regresije; R – koeficijent korelacije; R^2 – koeficijent determinacije; s_e – standardna greška regresije; s_{b1} – standardna greška koeficijenta regresije; t – statistika; $s_{\Delta b1}$ – standardna greška razlike koeficijenata regresije.

Legend: b_1 – coefficient of regression; R – coefficient of correlation; R^2 – coefficient of determination; s_e – standard error of regression; s_{b1} – standard error of regression coefficient; t – statistics; $s_{\Delta b1}$ – standard error of difference of regression coefficients.



Grafikon 5. Zavisnost debljinskog prirasta o prsnim promjerima.
Graph 5 Dependence of diameter increment on diameters at breast height.

prirast od 5 mm ima samo 10 % stabala budućnosti i manje od 5 % svih stabala u sastojini.

Zavisnost debljinskog prirasta stabala od njihovih prsnih promjera je stohastičke prirode (grafikon 5), a koeficijent korelacije (R) od 0,5 za sva stabla ukazuje na srednje jaku korelaciju. Za grupu stabala budućnosti korelacija je slabije izražena i iznosi 0,28–0,32 (tablica 6).

Na obje pokusne površine između grupe svih stabala utvrđena je statistička značajnost linearne regresije, odnosno potvrđeno je postojanje zavisnosti debljinskog prirasta stabala od njihovih prsnih promjera, što ukazuje na proces diferenciranja stabala i veći prirasni potencijal debljih stabala. Međutim, za grupu stabala budućnosti na P.P.-1 i grupu dominantnih stabala za komparaciju na P.P.-2 značajnost regresije

nije utvrđena, što implicira da su na obje pokusne površine stabla imale sličan prirasni potencijal, nezavisno o njihovim prsnim promjerima.

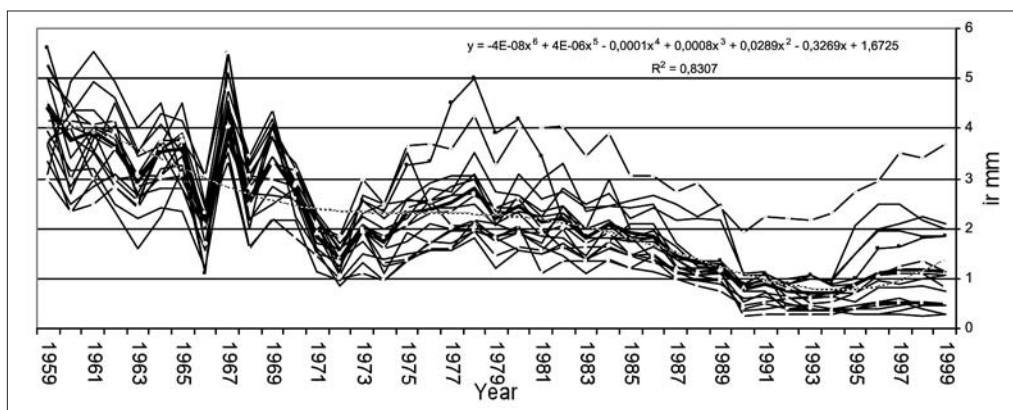
Utvrđena značajnost razlike koeficijenata regresije (nagib pravca linearne zavisnosti) za grupu svih stabala u sastojini, ukazuje da je prirasni potencijal stabala značajno veći na P.P.-1, u odnosu na P.P.-2. To potvrđuje sposobnost stabala lužnjaka da i u proučavanoj fazi razvoja, poslije razdoblja nepovoljnih utjecaja, reagiraju intenzivnijim prirastom u debljinu, što dovodi do bržeg diferenciranja stabala po debljini. Nepostojanje značajnosti razlike koeficijenata regresije (b_1) za grupu stabala budućnosti ukazuje da reakcija stabala budućnosti na primijenjeni uzgojni tretman ne zavisi o njihovim promjerima, već o karakteru i intenzitetu uzgojnih mjera.

4. RASPRAVA – Discussion

U starosnom razdoblju kada su se u monokulturi lužnjaka odvijali procesi intenzivnog diferenciranja stabala, zbog djelovanja nepovoljnih egzogenih čimbenika (pretpostavlja se koincidencija defolijacije i ekstremnih klimatskih uvjeta – sušnih razdoblja) i izostanka adekvatne njege, u 42. godini utvrđena je izrazita devitalizacija stabala, što je uvjetovalo iznuđene zahvate njege u sastojini u idućem razdoblju.

Na osnovi dendrometrijske analize većeg broja stabala, koja su bila posječena u 48. godini na P.P.-1, vidi se

da je poslije 1983. godine (starost sastojine 32 godine) nastupio opadajući trend prirasta i izrazita depresija u razdoblju od 1990–1994. godine, kada je veliki broj stabala imao prirast radijusa manji od 1 mm, a samo kategorije najdebljih stabala oko 2 mm (grafikon 6). U istraživanoj sastojini učestalost izrazitih depresija u prirastu radijusa ukazivalo je na čestu pojavu nepovoljnih egzogenih čimbenika u sastojini. Poslije prestanka djelovanja nepovoljnih utjecaja uočava se povećanje radijalnog prirasta, u zavisnosti od prirasnog potencijala stabala.



Grafikon 6. Prirast radijusa (i_r) nadstojnih stabala lužnjaka, različitog stupnja devitalizacije (Izvor: Bobinac M., Andrašev S. 2001b).

Graph 6 Current radius increment (i_r) of upper story common oaks, of different devitalisation degrees (Source: Bobinac, M., and Andrašev, S., 2001b).

Opadajući trend prirasta u starosnom razdoblju od 32–42. godine rezultirao je i sušenjem većeg broja stabala u sastojini u 42. godini (slika 1).

Proces devitalizacije u istraživanoj sastojini, u starosnom razdoblju od 42. godine, koincidira s valom masovnog sušenja hrastovih, naročito lužnjakovih i kitnjakovih, šuma u Europi 80. tih godina dvadesetog stoljeća (B. Prpić 1996, T. Oszako i C. Delatour 2000, M. Čater et al. (2008), i dr.). Prema citiranim autorima može se zaključiti da u svakom šumskom po-

dručju u procesu sušenja europskih hrastova djeluju razne kombinacije nepovoljnih čimbenika. Na značaj fitosociološkog slabljenja stabala, kao predisponirajućeg okvira u procesu sušenja europskih hrastova danas se rijetko ukazuje (M. Vučković 1994). Indikativno je da se, na područjima gdje se fitosociološko slabljenje hrastovih stabala manifestira kao masovna pojava u dugim vremenskim serijama, od pojedinih autora i ne spominje u radovima sinteznog karaktera (D. Karadžić et al. 2007).



Slika 1. Izgrađenost i proces devitalizacije stabala na PP-1 1993. godine (Izvor: Bobinac M., Andrašev S. 2001a).

Figure 1 Stand structure and the process of tree devitalisation on PP-1 in 1993 (Source: Bobinac, M., and Andrašev, S., 2001b).

Na primjeru istraživane sastojine može se istaći značenje fitosociološkog slabljenja stabala, kao posljedice neadekvatne njege u sastojini. Do osnivanja pokusnih površina (jesen 1993. godine) u sastojini je provedeno čišćenje u 13. godini starosti sastojine i prva prorjeda u 24. godini, pri kojoj je posječeno $12,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. U 32. godini, na bazi dendrometrijskih izmjera na četiri privremene pokusne površine, u sastojini je evidentirano prosječno 1871 stablo po ha, temeljnica (G) $25,48 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, volumen (V) $212,00 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, tečajni volumni prirast (I_V) $13,99 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, srednji promjer po presjeku (d_g) $13,1 \text{ cm}$ i srednja visina (h_g) $13,5 \text{ m}$. U 32. godini predložena je prorjeda s umjerenom jačinom zahvata po volumenu (26 %) i uklonjeno je prosječno $55,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (M. Simić 1985). U usporedbi s prirasno prihodnim tablicama za lužnjak (M. Špiranec 1975, K. Bezak, V. Krejčić 1993), može se zaključiti da se istraživana sastojina do 32. godine slično razvijala kao i sastojine lužnjaka na boljim botinetima.

Uz sličan uzgojni tretman u sastojini prije osnivanja pokusnih površina do 52. godine starosti sastojine na P.P.-1 ukupno je posječeno $160,50 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ili 47 % od ukupno evidentiranog prirasta volumena sastojine

($342,42 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), a na P.P.-2 ukupno je posječeno $106,07 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ili 28 % od ukupno evidentiranog prirasta volumena sastojine ($373,44 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Bez obzira na učestalost njege i realizirani prethodni prihod do 32. godine, visoka ovisnost stupnja osutosti krošanja stabala na pokusnim površinama u 42. godini starosti od biološkog položaja i stupnja slobode položaja krošnje, ukazuje da istraživana sastojina nije bila pravilno formirana. U tom predisponirajućem okviru za devitalizaciju, u starosnom razdoblju sastojine od 32–42. godine, utjecaj nepovoljnih egzogenih čimbenika rezultirao je devitalizacijom većeg broja stabala, koja su u kratkom razdoblju bila izlučena iz sastojine.

U starosnom razdoblju od 43–52. godine intenzivniji tretman uzgojno-sanitarnih sječa pokazao je prosječno za 37 % veći tečajni debljinski prirast kod svih preostalih stabala, manje razlike u varijabilnosti prirasta i veći prirasni potencijal debljih stabala, u odnosu na tretman sanitarne sječe, pa se s gledišta saniranja posljedica devitalizacije i njege sastojine smatra učinkovitijim u odnosu na sanitarnu sječu. Za grupu svih preostalih stabala značajnost koeficijenta regresije



Slika 2. Dominantno, pravilno formirano stablo lužnjaka na P.P.-1 u 52. godini (Foto: M. Bobinac)

Figure 2 Dominant, regularly formed common oak tree on PP-1 in 52nd year (Photo: M. Bobinac).

potvrđuje da u ovoj fazi razvoja oporavak od stresnih utjecaja zavisi, kako od intenziteta i karaktera uzgojnih mjera, tako i o prirasnom potencijalu stabala. Za grupu stabala budućnosti na P.P.-1 (i potencijalno za grupu dominantnih stabala za usporedbu na P.P.-2), koja su primarno predmet njege, oporavak od djelovanja nepovoljnih utjecaja primarno zavisi o karakteru i intenzitetu uzgojnih mjera, kojima im se selektivno poboljšavaju uvjeti za rast (slika 2).

Prema rezultatima proučavanja učinaka zakašnjele prorjede na debljinski prirast stabala lužnjaka D. Klepac (1964) nije utvrđeno ubrzanje rasta poslije provedene jake prorjede. Primjenjujući istovjetan metodološki postupak u cilju definiranja učinaka prorjede na grupu stabala budućnosti poljskog jasena M. Bobinac (2000), također nije utvrdio ubrzanje rasta u debljinu poslije jake prorjede. Autor je pretpostavio da je utjecaj nepovoljnih egzogenih čimbenika na prirast stabala u razdoblju poslije prorjede uvjetovalo "prikrivanje" učinaka prorjede. Uz brojne čimbenike koji mogu doprinijeti "prikrivanju" učinaka prorjede, nerealno je očekivati ubrzanje rasta na grupi stabala kod kojih je prisutan konkurentski pritisak, a koji je uvjetovan neprovođenjem adekvatnih mjera njege u sastojini. Zato monitoring promjena prirasta, na komparativnim trajnim pokusnim površinama, koje su pod utjecajem različitih uzgojnih tretmana, koji na različite načine korespondiraju s dinamizmom promjena u sastojinama, može doprinijeti objektivnijem sagledavanju njihovih učinaka (M. Vučković et al. 2005).

Primjena učestalih i jakih zahvata uzgojno-sanitarne sječe na P.P.-1 ima za posljedicu manji volumen glavne sastojine po hektaru u 52. godini za 6 %, u odnosu na volumen u 42. godini. Na P.P.-2 volumen glavne sastojine je u 52. godini veći za 21 %, u odnosu na početni volumen u 42. godini. Međutim, imajući u vidu potencijalnu potrebu da se na P.P.-2 uklone devitalizirana i uzgojno neperspektivna stabala (slika 3), u idućem razdoblju mogu se očekivati manje razlike u volumenima glavne sastojine na pokusnim površinama.

5. ZAKLJUČCI – Conclusions

Na temelju provedenih istraživanja na trajnim pokusnim površinama u umjetno podignutoj monokulturi lužnjaka na černoze, koje su bile pod utjecajem različitih uzgojnih tretmana njege u starosnom razdoblju od 43–52. godine, mogu se donijeti sljedeći osnovni zaključci:

1. Visoki stupanj ovisnosti stupnja osutosti krošanja stabala o biološkom položaju i stupnju slobode položaja krošnje (tablica 3 i 4), ukazivao je da su se u sastojini u 42. godini odvijali intenzivni procesi biološkog diferenciranja stabala, koje je trebalo i u uvjetima djelovanja nepovoljnih čimbenika, uzgojno-sanitarnim sječama podržavati, a prioritarno



Slika 3. Uzgojno neperspektivno dominantno stablo s formiranom sekundarnom krošnjom, na P.P.-2 u 52. godini. (Foto: M. Bobinac)

Figure 3. Tending nonperspective dominant oak tree with formed secondary crown on PP-2 in 52nd year (Photo: M. Bobinac).

Uzgojno-sanitarne sječe na P.P.-1 u razdoblju od 43–52. godine uvjetovala su da preostala stabla imaju značajno veći debljinski prirast u odnosu na P.P.-2, pa se u idućem razdoblju realno može očekivati, i po toj osnovi, da se smanjuje razlika u volumenu glavne sastojine na pokusnim površinama.

selektivno poboljšavati uvjete za rast najvitalnijim i tehnički najvrijednijim stablima u sastojini (stabla budućnosti).

2. Intenzivniji tretman uzgojno-sanitarnih sječa pokazao je prosječno za 37 % veći tečajni debljinski prirast kod svih preostalih stabala (grafikon 3), veći apsolutni (s_d) i relativni varijabilitet (c_v), veći minimum i maksimum, veću varijacijsku širinu prirasta i veći prirasni potencijal debljih stabala (tablica 5, grafikon 5), u odnosu na tretman sanitarne sječe, pa se s gledišta saniranja devitalizacije i njege sastojine može smatrati učinkovitijim u odnosu na sanitarnu sječju.

3. Za grupu svih preostalih stabala, značajnost koeficijenta regresije zavisnosti debljinskog prirasta o prsnim promjerima (grafikon 5, tablica 6), potvrđuje da u ovoj fazi razvoja oporavak od stresnih utjecaja zavisi, kako o intenzitetu i karakteru uzgojnih mjera,

tako i o prirasnom potencijalu stabala. Za grupu stabala budućnosti, koja su primarno predmet njege, oporavak od učinka nepovoljnih utjecaja primarno zavisi od karaktera i intenziteta uzgojnih mjera.

ZAHVALNICA – Acknowledgement

Istraživanje je obavljeno u sklopu znanstveno-istraživačkog projekta: “Definiranje uzgojnih potreba u vještački podignutim sastojinama hrasta lužnjaka u cilju maksimalne proizvodnje kvalitetnih sortimenata na području ŠG “Sremska Mitrovica” i ŠG “Sombor”, kojega realiziraju Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Istraživačko razvojni institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad i JP “Vojvodinašume” u raz-

doblju 2007–2010. godine, pod pokroviteljstvom Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine R. Srbije.

Osnivanje stalnih pokusnih površina rezultat je samoinicijativnog nastojanja i rada autora da unaprijede tradiciju uzgajnja tvrdih listača na istraživanom području. Istraživanja u početnoj fazi nitko nije posebno financirao, osim kolegijalne pomoći osoblja iz ŠU “Bački Monoštor” na kojoj se najiskrenije zahvaljujemo.

LITERATURA – References

- Bezák, K., V. Krejčí, A. Krznar, 1993: Prirasno-prihodne tablice hrasta lužnjaka u šumama vlažnog tipa. Radovi, Vol. 28 (1–2): 55–67, Jastrebarsko.
- Bobinac, M., 2000: Uticaj zakasnele prorede na prirast stabala budućnosti poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl). Glasnik Šumarskog fakulteta 83: 43–54, Beograd.
- Bobinac, M., 2008: Nega šuma tvrdih lišćara na području ravnog Srema. U: Z., Tomović, (ur.), Monografija 250 godina šumarstva Ravnog Srema, Javno preduzeće “Vojvodinašume” – Šumsko gazdinstvo Sremska Mitrovica: 137–146, Petrovaradin.
- Bobinac, M., S. Andrašev, 2001a: Efekti uzgojnih mera u saniranju devitalizacije mlade sastojine lužnjaka. Glasnik Šumarskog fakulteta 84: 17–32, Beograd.
- Bobinac, M., S. Andrašev, 2001b: Problem of young pedunculate oak forest devitalisation from the aspect of stand structure and tree increment study. Proceedings: Third Balkan Scientific Conference “Study, conservation and utilisation of the forest resources”, Vol. 1: 426–434, Sofia.
- Bobinac, M., S. Andrašev, 2006: Efekti jake prorede na prirast stabala i sastojine cera. Radovi 41(1–2): 31–38, Jastrebarsko.
- Bobinac, M., S. Andrašev, M. Simić, 1997: Karakteristike razvoja sastojinske strukture i izbora mera nege u mladim sastojinama hrasta lužnjaka na području “Bačkog Monoštora”, Šumarstvo 1: 22–34, Beograd.
- Bobinac, M. F. Ferlin, 1996: Characteristics of biological differentiation of trees in a young untended pedunculate oak stand. Proceedings of the 2nd International Conference on the Development of Wood Science/Technology and Forestry: 334–340, Sopron.
- Bobinac, M., M. Vučković, S. Andrašev, 2003: The problem of Turkey oak devitalisation from the aspect of stand condition and tree increment. International scientific conference, Proceedings, Vol. II: 197–203, Sofia.
- Čater, M., M. Bobinac, T. Levanič, P. Simončič, 2008: Water status, nutrients and radial increment of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in northern Serbia and comparison with selected sites in Slovenia. Zbornik gozdarstva in lesarstva 87: 135–144, Ljubljana.
- Dekanić, I., 1964: Metodi intenzivnog proređivanja sastojina visokog uzrasta, Dokumentacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu, 46: 7–79, Beograd.
- Ferlin, F., M. Bobinac, 1999: Natürliche Strukturentwicklung und Umsetzungsvorgänge in jüngeren, ungepflegten Stieleichenbeständen. Allg. Forst-u. J. – Ztg., 170. Jg., 8. 137–142.
- Hadživuković, S., 1973: Statistički metodi s primenom u poljoprivrednim i biološkim istraživanjima. Radnički univerzitet “Radivoj Čirpanov”, Novi Sad, p. 482.
- Karadžić, D., Lj. Mihajlović, T. Milijašević, N. Keča, 2007: Uticaj štetnih biotičkih faktora na proces sušenja hrasta. U: Lj., Stojanović, (ur.), Hrast kitnjak u Srbiji. Univerzitet u Beogradu – Šumarski fakultet, Udruženje šumarski inženjera i tehničara Srbije, 203–208, Beograd.
- Klepac, D., 1964: Kako je reagirala pedesetogodišnja sastojina hrasta lužnjaka nakon jakih proreda? Šumarski list LXXXVIII/ 11–12, str. 469–475, Zagreb.
- Klepac, D., 1984: Some results from the increment measurement in the pedunculate oak (*Quercus robur* L.) forest in Slavonia during the last 30 years (1950–1981). Anali za šumarstvo JAZU, 10/5, str. 89–102, Zagreb.

- Leibundgut, H., 1976: Grundlagen zur Jungwaldpflege. Ergebnisse Zwanzigjähriger Untersuchungen über die Vorgänge der Ausscheidung, Umsetzung und Qualitätsentwicklung in jungen Eichenbeständen. Mitteilungen, Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, 52 (4): 311–371.
- Lukić, N., 2003: Istraživanje debljinskog prirasta hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u spačvanskim šumama. U: D. Klepac, K. Čorkalo-Jeremić (ur). Retrospektiva i perspektiva gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, centar za znanstveni rad Vinkovci: 127–142, Zagreb-Vinkovci.
- Marković, Lj., M. Manojlović, 1929: Sušenje hrasta lužnjaka u šumama Hrvatske i Slavonije, str. 96, Beograd.
- Matić, S., 1989: Intenzitet prorede i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka, Glasnik za šumske pokuse 25: 261–278, Zagreb.
- Meštrović, Š., J. Čavlović, M. Božić, 1996: Razvoj sastojina hrasta lužnjaka na pokusnim ploham G.J. „Josip Kozarac” od 1950. do 1995. godine. U: B. Mayer (ur). Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, knjiga 1: 137–146, Zagreb.
- Nenadić, Đ., 1931: Istraživanje prirasta hrasta lužnjaka u šumi Žutici. Glasnik za šumske pokuse 3: 1–27, Zagreb.
- Oszako, T., 2000: Oak declines in Europe's forest-history, causes and hypothesis. U: T., Oszako, and C., Delatour, (Ed.), Recent advances on oak health in Europe. Forest research Institute: 11–40, Warsaw.
- Pranjić, A., 1996: Dendrokronologija hrasta lužnjaka. U: D., Klepac, (ur.), Hrast lužnjak u Hrvatskoj. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, 299–305, Zagreb.
- Prpić, B., 1989: Sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u svjetlu ekološke konstitucije vrste. Glasnik za šumske pokuse 25: 1–24, Zagreb.
- Prpić, B., 1996: Propadanje šuma hrasta lužnjaka. U: D., Klepac, (ur.), Hrast lužnjak u Hrvatskoj. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i Hrvatske šume d.o.o. Zagreb: 273–298, Zagreb.
- Simić, M., 1985: Istraživanje najpovoljnijih mera nege putem seča proreda u sastojinama lužnjaka na području GJ “Breška šuma, Kolutska šuma, Štrbac i Kozara”. Seminarski rad – rukopis: str. 39, Šumarski fakultet Beograd.
- Snedecor, G. W., W. G. Cochran, 1959: Statistical methods: Applied to Experiments in Agriculture and Biology. The Iowa State College Press, Ames, Iowa.
- Stamenković, V., Z. Simić, 1995: Karakteristike prirasta ranolistajućeg i kasnolistajućeg lužnjaka (*Q. robur*). Šumarstvo 5–6: 3–11, Beograd.
- Stamenković, V., M. Vučković, 1988: Prirast i proizvodnost stabala i sastojina. Šumarski fakultet u Beogradu, str. 368, Beograd.
- Špiranec, M., (1975): Prirasno-prihodne tablice. Radovi br. 25: 1–106, Jastrebarsko.
- Vučković, M., 1994: Problem devitalizacije šuma sa aspekta istraživanja prirasta stabala i sastojina. Glasnik Šumarskog fakulteta 75–76: 101–110, Beograd.
- Vučković M., Stajić B., Radaković N. (2005): Značaj monitoringa debljinskog prirasta sa aspekta bioindikacije vitalnosti stabala i sastojina. Šumarstvo, (1–2): 1–10, Beograd
- (1953, 1964, 1974, 1984, 1994): Posebna šumsko-prihodna osnova za GJ “Kolut-Kozara”. Sombor

SUMMARY: Past experience has shown that the application of silvicultural measures to pedunculate oak stands of lessened functional capacity is met with severe restrictions for the achievement of the desired results and goals. This work analyzes the effects of different silvicultural measures in comparative permanent sample plots (P.P. -1 and P.P. -2), undertaken with the purpose of tending the stands and improving the consequences of devitalisation.

Research was undertaken in an artificially established monoculture of pedunculate oak in Vojvodina ($\varphi_n=45^\circ 49'$, $\lambda_e=18^\circ 39'$). The altitude is 88 m, and the soil is chernozem non-carbonate, with the depth of the humus accumulative horizon of about 40–50 cm. Mean annual air temperature is 10.9 °C, and mean annual rainfall is 584 mm.

During the dormant vegetation season, two cross-section diameters were measured with an accuracy of 1 mm on all trees aged 42 and 52. All the marked trees were also measured when they reached the age of 48.

A silvicultural-salvage cut of moderate to heavy intensity was performed in P.P. 1 at the age of 42 and 48. A total of 128 future trees (FT) per hectare were selected in P.P.-1 at

tree age 42. At the age of 52, the status was retained by 124 trees. The primary measure in P.P.-1 involved removing the strongest competition against future trees from the stand, so the treatment also had the character of selective thinning. Using similar silvicultural principles, 156 dominant trees aged 42 were selected for comparison in P.P.-2. Of these, 148 trees retained the status of future trees at age 52, while P.P.-2 was left to natural tree selection. During measurements in the year 42, a crown class (CC) and the degree of crown freedom position (CF) was determined for each tree. To assess crown damage intensity (defoliation), classification with degrees 0–4 was used.

Data processing consisted of determining the numerical parameters of diameter structure, while the non-parametric Kolmogorov-Smirnov test ($|D|$ statistics) was used to compare diameter distribution with the distribution of diameter increment. The χ^2 test for independence was used to define dependence of the degree of crown freedom position and the degree of crown defoliation, as well as the crown class and the degree of crown defoliation in sample plots at stand age 42. The effects of different stand treatments were analyzed in the age period 43–52. The current (average periodical) diameter increments (id) obtained with the control method was compared for all the trees in the sample plots and separately for the future trees in P.P.-1, and the comparison trees in P.P.-2. The statistical t -test was used to assess the impact of silvicultural treatments on the increment size.

Growth elements of all the trees and future trees in the sample plots at age 42 and 52, as well as the trees cut at ages 42 and 48, are given in Table 1. Table 2 contains numerical indicators of their diameter distribution. Cumulative curves of diameter distribution of all the trees show that at age 42 the trees in P.P.-2 have a somewhat bigger breast diameter. Due to differential silvicultural treatments and different increment tree reactions, diameter distribution of all the trees and future trees were approximated at age 52, which was also confirmed by the Kolmogorov-Smirnov test (Graph 1, Table 2).

Based on the test for independence applied at age 42, high dependence was found in the monoculture of the degree of crown defoliation on the crown class and the degree of crown freedom position. This indicates that the devitalization process is directly linked with stand structure, i.e. silvicultural treatments in the previous period (Table 3 and 4, Figure 1).

The Kolmogorov-Smirnov test confirmed the difference in diameter distribution of selected trees in the sample plots in the 42nd and 48th year (Graph 2, Table 2). The thinning indicator (qd) shows that tree selection in the sample plots had the character of low thinning. In the age period between 43 and 52, a more intensive treatment of silvicultural-sanitary cuts (P.P.-1) showed that the current diameter increment was on average higher by 37 % in all the other trees and by 35 % in future trees, in relation to the sanitary cut (Graph 3). Cumulative curves of diameter increment in P.P.-1, for all the trees and for future trees, are shifted rightwards towards higher increment values, in relation to P.P.-2. There are also differences in the shape of the curve, which implies a difference in the variability of diameter increment (Graph 4). The Kolmogorov-Smirnov test confirmed considerable differences in the distribution of diameter increment, both for the entire group of trees and for future trees (Table 5). Dependence of diameter increment on diameters at breast height (Graph 5 and Table 6) in all the trees shows moderate correlation ($R = 0.52-0.54$), whereas correlation is less distinct ($R = 0.28-0.32$) for the collective of futures. For all the remaining trees, the importance of a regression coefficient of diameter increment dependence on diameters at breast height confirms that at this developmental stage the recovery from stressful impacts depends on the intensity and character of silvicultural measures and on the tree's increment potential. For the collective of future trees in P.P.-1 (and potentially for the group of dominant comparison trees in P.P.-2), which are the first object of tending, recovery from adverse impacts primarily depends on the nature and intensity of silvicultural measures.

Key words: pedunculate oak, permanent experiments, devitalisation, impacts of silvicultural measures, diameter increment