

Оригинални научни рад

Original scientific paper

UDK: 630*176.322

Vojislav Dukić¹

Zoran Maunaga¹

Branislav Cvjetković¹

STRUKTURA KROŠANJA I OBRAST SASTOJINA CRNE JOHE²

Izvod: U ovom radu su prezentovani rezultati istraživanja strukture krošanja, obrasta i s tim u vezi optimalnog broja stabala u dvije sastojine joha različite dobi, ali približno istog proizvodnog potencijala staništa. Prva sastojina je u dobi od 53 a druga u dobi od 65 godina. Polazeći od interakcije između elemenata strukture krošanja i drugih elemenata rasta sastojina, došlo se do optimalnog broja stabala sastojine, koji predstavlja osnovu za projekciju ekonomičnog i biološki prihvatljivog načina gazdovanja.

Ključne riječi: crna joha, struktura krošanja, obrast, broj stabala.

CROWN STRUCTURE AND STAND DENSITY OF BLACK ALDER STANDS

Abstract: This paper presents the results of investigation of the crown structures and stand density correlated with the optimal number of trees in two different age stands of black alder, but nearly the same production site potential. The first stand was at the age of 53 and second 65. Starting from the interaction between elements of the crown structures and other growth element, we obtained optimal number of trees in the stand, which is the basis for the projection of economic and biologically acceptable patterns for management.

Key words: black alder, crown structure, stand density, number of trees.

¹ Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci,

² U radu je saopšten dio rezultata rada na projektu „Optimalno stanje sastojina crne joha kao preduslov dostizanja maksimalne i ekonomične proizvodnje kvalitetnih sortimenata“

1. UVOD

Formiranje i održavanje optimalnog stanja sastojina, preduslov je pravilnog razvoja sastojina, njihove stabilnosti, vitalnosti i efikasnosti u ispunjavanju proizvodnih, ekoloških i socijalnih funkcija. Prema Vučković, M. i Stamenković, V. (1990), broj stabala u sastojini treba da bude toliki da se obezbijedi optimalno korišćenje prostora za rasteње, odnosno proizvodnog potencijala staništa. Ukoliko je prevelik broj stabala, imamo za posljedicu jako redukovane krošnje, stabla sa velikim stepenom vitkosti i slabo razvijenim korenovim sistemom, što vodi ka smanjivanju proizvodnosti i stabilnosti sastojina odnosno otpornosti prema mehaničkim oštećenjima, oboljenjima i napadu insekata. Nasuprot tome, premali broj stabala utiče na razvoj prevelikih krošanja koje, pored smanjenja ukupne produkcije, utiču i na smanjivanje kvaliteta deblovine. Posljednjih decenija, u cilju optimalizacije i racionalizacije gazdovanja u Evropi se razvijaju modeli gazdovanja bazirani na stablima budućnosti čiji se broj definiše u ranoj mladosti i obično ne mijenja sa razvojem sastojine, odnosno ta stabla na kraja ophodnje čine glavnu sastojinu (daju glavni prinos). Broj stabala se definiše polazeći od ciljnih prečnika i kvaliteta drveta (Abetz, P., 1979, 1990; Abetz, P., Klädtke, J., 2004). Prema Spiecker, H. (2006) u cilju smanjivanja troškova gazdovanja, broj stabala budućnosti mora biti redukovan na minimalno potreban broj. Kada su stabla budućnosti dobro odabrana i adekvatno tretirana, stav da je neophodno u sastojini održavati rezervna stabla budućnosti nema opravdanje.

Strukturu sastojine, kao bitan faktor njenog razvoja i unutrašnje izgrađenosti čini i struktura krošanja. Prema Dubravac, T., (1997) pod strukturom krošanja u najširem značenju podrazumijevamo veličinu i oblik krošanja, rast i razvoj krošanja, njihov raspored u prostoru i vremenu, te njene proporcije prema ostalim dijelovima stabla.

U Republici Srpskoj sastojine crne johe se isključio uzgajaju s ciljem dobivanja ogrijeva, što ima za posljedicu nedovoljno korišćenje proizvodnog potencijala ovih šuma. Prema Claessens, H., et al (2010), drvo crne johe se koristi za dobivanje energije, zatim kao vlakna za dobivanje papira i iverice i što je profitabilno u proizvodnji namještaja, u formi punog drveta i furnira. Prema Mrkobrad, M. (1997), crna joha je pogodna za izradu kvalitetnog namještaja zbog svojih svojstava lakog vezivanja ljepila i boje od prirodnih sastojaka, pa je postala hit za izradu bionamještaja.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Potrebni podaci za ovo istraživanje prikupljeni su postavljanjem dvije ogledne površine u dvije sastojine, približno istog proizvodnog potencijala, ali različite dobi. Sastojina u kojoj je postavljena prva ogledna površina leži na nadmorskoj visina od 130 metara. Objekat se nalazi na lokalitetu Gunjevci, opština Kozarska Dubica. Površina sastojine crne johe je oko 1,5 ha. Sastojina pripada zajednici *Frangulo-*

Alnetum glutinosae Mezera et Samek 1954. Zemljište pripada hidromorfnom razdjelu, klasi epiglejnih zemljišta. U sastojini je izvršena sječa u prethodnoj godini. Sastojina u kojoj je postavljena druga ogledna površina leži u udolini, kroz koju protiče potok. Nadmorska visina iznosi oko 150 metara. Objekat se nalazi na lokalitetu Jakupovci, opština Laktaši. Površina sastojine je 2,3 ha. Sastojina pripada zajednici *Carici brizoides-Alnetum glutinosae* Ht. 1938. U pitanju je vlažnija varijanti nizijskih šuma johe. Zemljište pripada hidromorfnom razdjelu, klasi hipoglejnih zemljišta. Postoji konstantno vlaženje zemljišta. Premjerom su obuhvaćena sva stabla na oglednim površinama, odnosno za svako stablo na oglednoj površini utvrđeni su elementi rasta. Zapremina stabala utvrđena je primjenom dvoulaznih zapreminskih tablica koje su izradili Cestar, D. i Kovačić Đ. (1982) za drvenu masu iznad 3 cm u formi Schumacher-Hall-ove funkcije. Sastojina u kojoj je postavljena prva ogledna površina (OP1) na lokalitetu Gunjevci je u dobi od 53 godine, a u kojoj je postavljena druga ogledna površina (OP2) na lokalitetu Jakupovci u dobi od 65 godina. Na prvoj oglednoj površini broj stabala po hektaru je 620, srednji prečnik 20,0 cm i srednja visina 23,9 m pri stepenu sklopa od 0,53. Na drugoj oglednoj površini broj stabala po hektaru je 533, srednji prečnik 27,5 cm i srednja visina 28,4 m pri stepenu sklopa od 0,65. Utvrđena zapremina drvene mase na prvoj oglednoj površini je 221,2 m³/ha, a na drugoj oglednoj površini 425,3 m³/ha. Utvrđeni zapreminski prirast drvene mase je 5,4 m³/ha na prvoj oglednoj površini i 10,2 m³/ha na drugoj oglednoj površini³.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Struktura krošanja

Prema Claessens, H., et al (2010), stabla crne johe su uglavnom pravna i bez račvi. Grane su male, jer drvo ne proizvodi lišće senke, prirodno čišćenje od grana počinje veoma rano i napreduje brzo. Prema Dubravac, T., (2002), površina projekcije krošnje (P_k) predstavlja jednu od najvažnijih karakteristika strukture krošanja pri premjeru sastojina za potrebe uređivanja i uzgajanja šuma te u mjerenjima za potrebe ekologije. Prosječna površina projekcija krošanja stabala u prvoj sastojini je 9,00 m², a u drugoj 12,59 m² (tabela 1). Variranje površina projekcija krošanja u obe sastojine je približno jednako (42,88% u prvoj i 40,95% u drugoj sastojini). Pokazatelji oblika distribucije takođe imaju približno jednake vrijednosti. Na grafikonu 1 prikazana je struktura sastojina u pogledu površina projekcija krošanja stabala.

³ Detaljan prikaz objekta istraživanja i utvrđenih razvojnih karakteristika istraživanih sastojina crne johe saopšten je u radu Dukić, V., Maunaga, Z., Cvjetković, B. (2012): Razvojne karakteristike sastojina crne johe u Republici Srpskoj, Glasnik šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci br. 16, Banja Luka.

Tabela 1. Površina projekcija krošanja (Mjere centralne tendencije, varijabiliteta i oblika distribucije)

Mjere	\bar{X}	M_e	Min	Max	S	K_v	α_3	α_4
	P_k (m ²)					%		
Sastojina 1	9,00	8,54	1,13	18,38	3,86	42,88	0,36	2,72
Sastojina 2	12,59	12,47	4,00	25,89	5,16	40,95	0,41	2,67

Kada su u pitanju površine projekcija krošanja, testiranje razlike stvarnih i teorijskih distribucija po modelu normalnog rasporeda primjenom statističkih testova (Kolmogorov-Smirnov one-sample test, Shapiro-Wilk W test, Lilliefors Test) pokazuje da se stvarne frekvencije slažu sa teorijskim frekvencijama (tabela 2).

Tabela 2. Testiranje normalnosti distribucije – Površine projekcija krošanja⁴

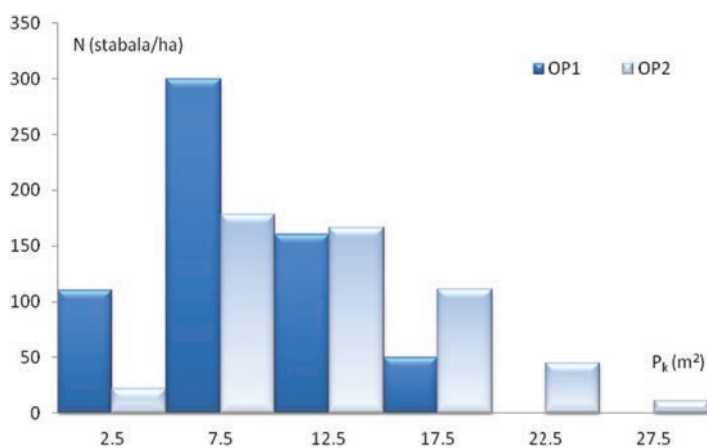
Testovi normalnosti distibucije	max D	K-S	Lilliefors	W	p
Sastojina 1	0,096077	p > .20	p < .20	0,979394	0,381433
Sastojina 2	0,084241	p > .20	p > .20	0,973851	0,355030

Za izravnavanje zavisnosti površine projekcije krošnje (P_k) od prsnog prečnika stabla (d) testiran je veći broj funkcija. Testirane su eksponencijalna funkcija, eksponencijalna funkcija rasta i polinomi. Na osnovu parametara regresije (standardna greška regresije, koeficijent determinacije) odabrana je eksponencijalna funkcija rasta (funkcija 1). Koeficijent determinacije je veći za drugu sastojinu (79% u odnosu na 59%), dok je greška procjene površine projekcije manja za prvu sastojinu (2,46 m² u odnosu na 2,78 m²) (tabela 3).

$$P_k = a + e^{(b + c \times d)} \quad (1)$$

Stabla istog prečnika u starijoj sastojini imaju manju površinu projekcije krošnje od stabala istog prečnika mlađe sastojine (grafikon 2), što se i moglo očekivati, jer su stabla istog prečnika u starijoj sastojini u nepovoljnijem položaju u odnosu na druga stabla sastojine od stabala istog prečnika u mlađoj sastojini. Do istih odnosa površina projekcija krošanja, a kada su u pitanju stabla istog prečnika u sastojinama različite dobi došao je Dubravac, T., (2002) u istraživanju zakonitosti razvoja strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnog graba ovisno o prsnom prečniku i dobi sastojine.

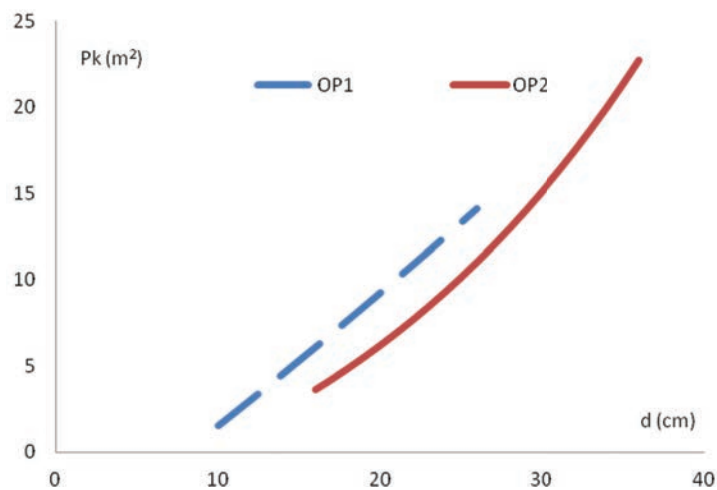
⁴ Osjenčeno polje pokazuje da hipotezu da je raspodjela normalna treba odbaciti.



Grafikon 1. Površine projekcija krošanja stabala

Tabela 3. Zavisnost površine projekcije krošnje od prsnog prečnika stabla (karakteristike regresije)

Parametri jednačine	a	b	c	S _i (m²)	R	R²
Sastojina 1	-103,646	4,585169	0,007064	2,46	0,765	0,586
Sastojina 2	-9,22748	1,828519	0,045471	2,78	0,838	0,702



Grafikon 2. Zavisnost površine projekcije krošnje od prsnog prečnika stabla - regresione krive

Pored površine projekcije krošnje, važan element strukture krošanja je i dužina krošanja. Prema Pretzsch, H. (1992), dužina krošanja je značajan parametar za

regulisane debljinskog prirasta stabala i sastojine i obilježje za ocjenu kvaliteta debla. Prema Dubravic, T. (2002), porastom dužine krošnje povećava se asimilacioni aparat, a time i produkcija, ali se smanjuje količina tehnički vrijedne oblovine. Prosječna dužina krošanja stabala u prvoj sastojini je 8,27 m, a u drugoj sastojini 11,09 m (Tabela 4). Variranje dužine krošanja stabala u obje sastojine je približno jednako (31,2% u prvoj i 29,0% u drugoj sastojini). Utvrđeni pokazatelji oblika distribucije pokazuju da je u drugoj sastojini znatno veće odstupanje od normalne raspodjele. Na grafikonu 3 prikazana je struktura sastojina u pogledu apsolutnih dužina krošanja stabala.

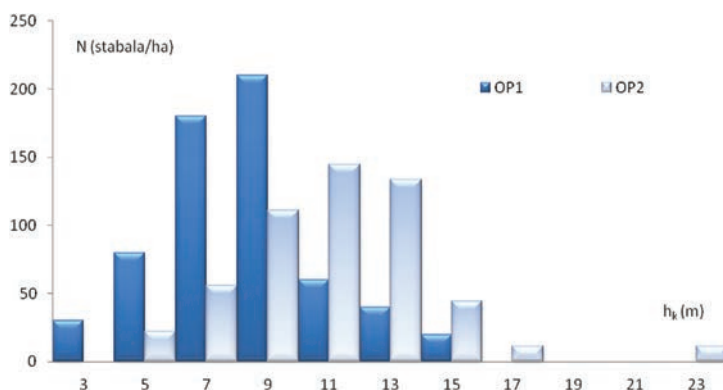
Tabela 4. Apsolutna dužina krošanja (Mjere centralne tendencije, varijabiliteta i oblika distribucije)

Mjere	\bar{X}	M_e	Min	Max	S	K_v	α_3	α_4
	h_k (m)					%		
Sastojina 1	8,27	8,10	3,40	15,00	2,58	31,23	0,54	3,55
Sastojina 2	11,09	10,90	4,40	23,40	3,22	29,04	0,92	6,26

Testiranje razlika stvarnih i teorijskih distribucija, kada su u pitanju dužine krošanja primjenom statističkih testova (Kolmogorov-Smirnov one-sample test, Shapiro-Wilk W test, Lilliefors test) pokazuje statistički značajno odstupanje stvarnih od teorijskih frekvencija normalne distribucije u drugoj sastojini (tabela 5).

Tabela 5. Testiranje normalnosti distribucije – apsolutna dužina krošanja⁵

Testovi normalnosti distribucije	max D	K-S	Lilliefors	W	p
Sastojina 1	0,110402	p > .20	p < .10	0,962917	0,058136
Sastojina 2	0,092024	p > .20	p > .20	0,936121	0,011543



Grafikon 3. Apsolutne dužine krošanja stabala

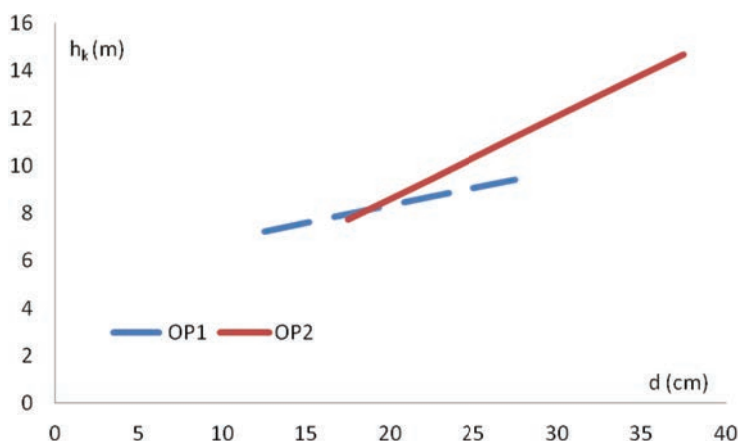
⁵ Osjenčeno polje pokazuje da hipotezu da je raspodjela normalna treba odbaciti

Za izravnavanje zavisnosti dužine krošnje (h_k) od prsnog prečnika stabla (d) upotrebljena je linearna funkcija, u kojoj je dužina krošnje zavisna, a prsni prečnik nezavisna promjenjiva. Parametri i karakteristike regresije prikazani su u tabeli 6. Koeficijenti determinacije po oglednim površinama su 13% i 23%, odnosno slabo je izražena zavisnost dužine krošnja od prečnika stabala. Koeficijenti determinacije su znatno manji od koeficijenta koji su dobiveni kada je u pitanju površina projekcije krošnje stabla. Dukić, V. (2010) je u istraživanju strukture krošnja jednodobnih sastojina hrasta kitnjaka takođe utvrdio znatno manju međuzavisnot kada je u pitanju odnos dužine krošnje i prsnog prečnika stabala od međuzavisnosti površine projekcije krošnja i prsnog prečnika stabala. Izravnate dužine krošnja po debljinskim stepenima prikazane su na grafikonu 4.

$$h_k = a + bd \quad (2)$$

Tabela 6. Zavisnost dužina krošnja od prsnih prečnika stabala - karakteristike regresije .

Parametri jednačine		a	b	S_t (m)	R^2
Sastojina 1	Vrijednost	5,392426	0,146691	2,55	0,13
	St. greška	1,751008	0,087598		
	t^6	3,079613	1,674591		
Sastojina 2	Vrijednost	1,638716	0,348172	2,86	0,23
	St. greška	2,595181	0,094348		
	t	0,631446	3,690299		



Grafikon 4. Zavisnost dužine krošnje od prsnog prečnika stabla - regresione krive

6 t – test parametara regresije. Ukoliko je t iznad kritične vrijednosti u tablici t – rasporeda za prag značajnosti α i broj stepeni slobode $n - k$, odbacuje se nulta hipoteza $H_0: \beta = 0$. Za $n > 30$ elemenata: $t_{0,05} = 1,96$, $t_{0,01} = 2,58$.

Relativna dužina krošnje prema Temesgen, H. et al. (2005) često se upotrebljava kao ulazna varijabla za procjenu toka rasta individualnih stabala naročito u mješovitim i višespratnim sastojinama, a ona je takođe i pokazatelj vitalnosti stabala i promjena u staništu. Prosječna relativna dužina krošnje u prvoj sastojini je 0,35, a u drugoj 0,40. Variranje udjela dužina krošanja u visini stabala jednako je u obje sastojine i znatno manje od variranja apsolutnih dužina krošanja (tabela 7). Pokazatelji oblika distribucije pokazuju veće odstupanje od normalne raspodjele nego kada su u pitanju apsolutne dužine krošanja. Na grafikonu 5 prikazana je struktura sastojina u pogledu relativnih dužina krošanja stabala.

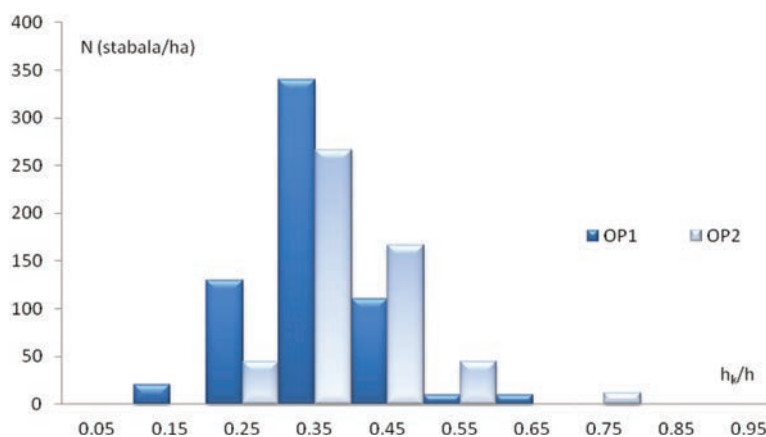
Tabela 7. Relativne dužine krošanja (Mjere centralne tendencije, varijabiliteta i oblika distribucije)

Mjere	\bar{X}	M_c	Min	Max	S	K_v	α_3	α_4
	h_k/h					%		
Sastojina 1	0,35	0,35	0,17	0,60	0,08	22,28	0,43	4,01
Sastojina 2	0,40	0,38	0,24	0,75	0,09	22,98	1,29	6,59

Testiranje razlika stvarnih i teorijskih distribucija, kada su u pitanju relativne dužine krošanja primjenom statističkih testova (Kolmogorov-Smirnov one-sample test, Shapiro-Wilk W test, Lilliefors Test) pokazuje statistički značajno odstupanje stvarnih od teorijskih frekvencija normalne distribucije u drugoj sastojini (tabela 8).

Tabela 8. Testiranje normalnosti distribucije – relativne dužine krošanja⁷

Testovi normalnosti distribucije	max D	K-S	Lilliefors	W	p
Sastojina 1	0,097085	p > .20	p < .20	0,977555	0,313376
Sastojina 2	0,094143	p > .20	p > .20	0,924062	0,004146



Grafikon 5. Relativna dužina krošanja

⁷ Osjenčeno polje pokazuje da hipotezu da je raspodjela normalna treba odbaciti

Облик крошње (O_k) који представља однос пречника (D_k) и дужине крошње (h_k) Assman, E. (1961) naziva „crown fullness“, односно пуноћа крошње, док Криžанец, R. (1987) користи назив „Stepen oformljenosti lika крошње или обликованост“ и према истом аутору крошња може бити витка ($O_k < 0,5$) или здепаста ($O_k > 0,5$). Из података у табели 9 и приказа на графикону 6, произилази да су крошње у обје састојине у просјеку витке. Просјечни однос пречника и дужине крошње стабла у првој састојини је 0,44, а у другој састојини је 0,37. Варираније облика крошње је знатно веће у првој састојини. У првој састојини је 41,95%, у другој састојини 26,60%, односно старија састојина је знатно хомогенија у погледу овог параметра структуре крошања.

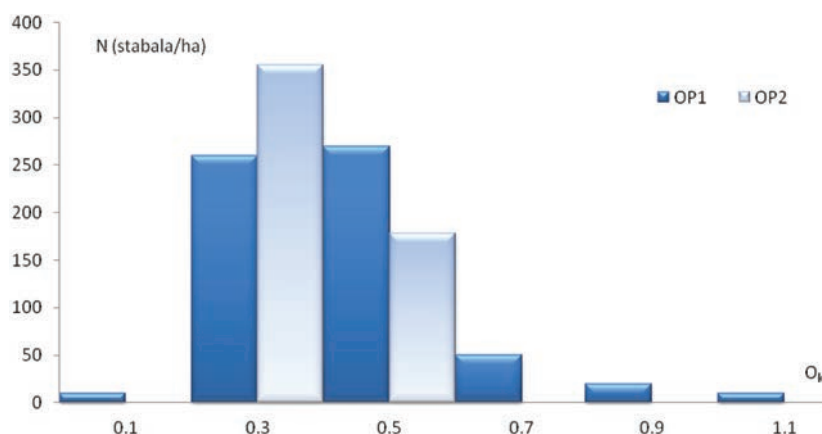
Табела 9. Облик крошње (Мјере централне тенденције, варијабилитета и облика дистрибуције)

Мјере	\bar{X}	M_e	Min	Max	S	K_v	α_3	α_4
	D_k / h_k					%		
Састојина 1	0,44	0,41	0,15	1,17	0,18	41,95	1,54	6,56
Састојина 2	0,37	0,37	0,21	0,60	0,10	26,60	0,59	2,79

Тестирање разлика стварних и теоријских дистрибуција, када су у питању релативне дужине крошања примјеном статистичких тестова (Kolmogorov-Smirnov one-sample test, Shapiro-Wilk W test, Lilliefors Test) показује статистички значајно одступање стварних од теоријских фреквенција нормалне дистрибуције у првој састојини (табела 10).

Табела 10. Тестирање нормалности дистрибуције – облик крошње ⁸

Тестови нормалности дистрибуције	max D	K-S	Lilliefors	W	p
Састојина 1	0,146001	$p < .15$	$p < .01$	0,885134	0,000030
Састојина 2	0,110790	$p > .20$	$p < .20$	0,957477	0,079830



Графикон 6. Облик крошања стабала

⁸ Осјенчено поље показује да хипотезу да је расподела нормална треба одбацити

Индекс густине састојине према Reineke (SDI)

Kao relativna mjera obrasta sastoјine indeks густине састојине (SDI) je предсказивач продукције при различитим промјенама састојинске структуре и у различитој старости. Reineke je utvrdio da za posmatrani tip шуме ne postoji значајна korelacija između vrijednosti SDI i starosti ili boniteta staništa. Индекс густине састојине je dobar pokazatelj cjelovitosti шуме, posebno zbog toga što je оброст састојине varijabla koja ima samo jedan limit za datu vrstu nezavisno od drugih faktora. Индекс густине састојине važna je varijabla koja se koristi za predviđanje форми stabala i rasta, odnosno za predviđanje i kontrolu rasta (Zeide, B., 2005; Bégin, E. et al. 2001; Larsen D. R., 2001).

Индекс густине састојине definisan je postavljanjem uslova da je SDI jednak broју stabala po hektaru kada je kvadratni srednji prečnik jednak 25,4 cm. McTague, J.P. i Patton, D.R. (1989) daju izvod Reineke's SDI u sljedećoj форми:

$$SDI = N (QMD/25,4)^{1,605} \quad (3)$$

- N - број stabala po hektaru,
- QMD - kvadratna sredina prečnika stabala,
- 25,4 - referentni QMD,
- 1,605 - samoporedni koeficijent према Reineke, L. H. (1933).

Na prvoj oglednoj površini vrijednost indeksa густине састојине je 422, a na drugoj oglednoj površini 606. Prema Puettman, K.J. et al (1993), maksimalna vrijednost indeksa густине састојине za johan je 751⁹. Ako uporedimo utvrđene vrijednosti u састојинама sa maksimalnom vrijednosti uočavamo da je utvrđena vrijednost u prvoj састојини 56 % od maksimalne vrijednosti a u drugoj 81%, odnosno utvrđeni obrasti su znatno niže od maksimalnog nivoa obrasta.

Procjena stepena obrasta састојине na osnovu prirasno - prinosnih tablica

Prema prirasno-prinosnim tablicama,¹⁰ u dobi od 55 godina zapremina drвне mase u састојини je 377 m³/ha, a u dobi od 65 godina 516 m³/ha. Vrijednosti očitane u tablicama su значајно veće od utvrđenih vrijednosti, na prvoj oglednoj površini za 41 % a na drugoj oglednoj površini za 18 %. Prema Vučković, M. (1989), trenutne zapremine састојина, s obzirom da su u znatnoj mjeri posljedica, bilo planskih, bilo slučajnih, zahvata tokom razvoja састојина ne mogu predstavljati pouzdan parametar при proizvodnom diferenciranju.

⁹ Maksimalna vrijednost SDI je utvrđena za *Alnus rubra*

¹⁰ (2008) :Tables and models of growth and productivity of forests of major forest forming species of northern Eurasia (standard and reference materials), Federal agency of forest management and international institute for applied systems analysis, Moscow.

Da bi se realnije utvrdili proizvodni potencijali staništa potrebno je utvrđene stepene obrasta sastojina (izražene brojem stabala za dati srednji prečnik) preračunati na puni obrast. Da bi se došlo do punog obrasta, korišten je metod koji je Vučković, M. (1989) primijenio prilikom procjene proizvodnog potencijala staništa sastojina crnog bora na južnom Kučaju i Goču i Dukić, V. (2010) prilikom procjene proizvodnog potencijala staništa sastojina hrasta kitnjaka u zapadnom dijelu Republike Srpske.

Na osnovu podataka u pomenutim prirasno-prinosnim tablicama utvrđena je zavisnosti broja stabala (N) od srednjeg prečnika sastojine (d_g). Polazeći od toga, utvrđeni obrasti istraživanih sastojina preračunati su na puni obrast. Zavisnost broja stabala od srednjeg prečnika utvrđena je primjenom funkcije koju je Reineke, L. H. (1933) koristio za utvrđivanje zavisnosti broja stabala od srednjeg prečnika u potpuno obraslim, čistim, jednodobnim sastojinama (funkcija 4). Karakteristike regresije dobijene jednačine prikazane su u tabeli 11.

$$N = a \times d_g^b \quad (4)$$

Tabela 11. Parametri regresije - zavisnost broja stabala od srednjeg prečnika sastojine

Regresijski koeficijent	Vrijednost koeficijenta	Standardna greška koeficijenta	t	P	R ²	p	Interval procjene (d_g)
a	45540.83	4491.47	10.139	0.0000	0.9897	0.0000	od 15 cm do 30 cm
b	-1.30	0.03	-40.270	0.0000			

Polazeći od dobivenog modela, izvršena je procjena broja stabala za utvrđene prečnike pri punom obrastu. U prvoj sastojini procijenjeni broj je 925 stabala po hektaru. Stvarni broj stabala je 67% od procijenjenog odnosno sadašnja obraslost sastojine je znatno manja od moguće za datu dob i stanišne uslove. Za drugu sastojinu takođe je izvršena procjena broj stabala pri punom obrastu i došlo se do broja od 611 stabala po hektaru pri srednjem prečniku od 27,5 cm. Na ovoj oglednoj površini utvrđeni broj stabala je 87% od procijenjenog, odnosno trenutni obrast ove sastojine je znatno veći od obrasta prve sastojine.

Optimalni broj stabala

Do optimalnog broja stabala se dolazi provjerom ekonomičnosti korištenja prostora za rast stabala u jednoj sastojini. Ekonomičnost se provjerava na osnovu koeficijenta ekonomičnosti koji predstavlja odnos taksacionih elemenata stabla (temeljnica, zapremina, prirast temeljnice i prirasta zapremine) i površine projekcije krošnje stabla, odnosno stajališne površine stabla (Assmann, E., 1961).

Na osnovu koeficijenata ekonomičnosti korištenja prostora za rast stabala sastojine, nije se moglo doći do optimalnog broja stabala jer se sa povećanjem prečnika

kontinuirano povećava koeficijent ekonomičnosti korištenja prostora za rast u sastojini, a što je prije svega posljedica redukcija površina projekcija krošanja usljed izostanka pravovremenih mjera njege. Pošto se na osnovu provjere ekonomičnosti ne može doći do optimalnog broj stabala, do optimalnog broja stabala se došlo na osnovu koeficijenta „relativni prostor rasta“ prema Klepcu, D. (1965) i polazeći od srednjeg prečnika dominantnih stabala. Dukić, V. (2010) je kod modelovanja strukture sastojina hrasta kitnjaka, varijantu B modela sastojina kod koje je akcent na kvalitetu produkcije, projektovao na osnovu srednjeg prečnika dominantnih stabala, polazeći od pretpostavke da su to vrijednosti prečnika koje se sa sigurnošću mogu postići odgovarajućim mjerama njege na datom staništu a da se pri tome ne ugrozi kvalitet prinosa.

U jednodobnim sastojinama, normalni broj stabala prema Klepcu, D. (1965) se može utvrditi polazeći od odnosa prosječnog prečnika krošanja stabala i visine sastojine. Ovaj koeficijent naziva se „relativni prostor rasta“ i za lišćare iznosi oko 0,2. Polazeći od koeficijenta „relativni prostor rasta“, broj stabala može se utvrditi po formuli:

$$N = \frac{10000}{(f \times h)^2} \quad (5)$$

gdje je:

- f - odnos prosječnog prečnika krošanja stabala i visine sastojine,
- h - visina sastojine,
- N - broj stabala po hektaru.

Polazeći od odnosa prosječnog prečnika krošanja stabala i visine sastojine utvrđeni broj stabala po hektaru je 918 na prvoj oglednoj površini i 651 na drugoj oglednoj površini. Dobivene vrijednosti se relativno malo razlikuju od vrijednosti koje su procijenjene do funkciji 4. Na prvoj oglednoj površini odstupanje je 1% a na drugoj 6%. Prema Klepac, D. (1965), navedene formule su aproksimativne, ali ipak mogu poslužiti kao gruba direktiva.

Kod modelovanja optimalnog broja stabala, polazeći od dobivenih srednjih prečnika dominantnih stabala (24,5 cm na prvoj i 33,1 cm na drugoj oglednoj površini) na osnovu funkcije za procjenu površine projekcije krošnje na osnovu prečnika stabla (funkcija 1) došlo se i do površine projekcije krošnje modelnog stabla. Modelovanje strukture sastojine, odnosno određivanje optimalnog broja (620 na prvoj i 425 na drugoj oglednoj površini) stabala je izvršeno polazeći od odnosa normalnog stepena sklopa (0,8) i projekcije krošnje modelnog stabla. Zapremina sastojine (V_m) je utvrđena polazeći od optimalnog broja stabala, srednjeg prečnika, visine i dvoulaznih zapreminskih tablica (tabela 12).

Tabela 12. Optimalno stanje sastojina

Model strukture sastojine	T	d _m	h _m	Pk _m	N _m	G _m	V _m	G/G _m × 100
Sastojina 1	53	24,5	23,9	12,89	620	29	333	67
Sastojina 2	65	33,1	28,4	18,81	425	37	491	78

4. ZAKLJUČAK

U sastojinama crne johe starosti 53 i 65 godina na dva lokaliteta (Gunjevci i Jakupovci) analizirana je struktura krošanja. Od elemenata strukture krošanja utvrđene su i analizirane površine projekcija krošanja, dužine krošanja (apsolutne i relativne) i oblici krošanja stabala.

Prosječna površina projekcije krošnje stabla u prvoj sastojini je 9,00 m², a u drugoj 12,59 m². Variranje površina projekcija krošanja je u obje sastojine približno jednako (42,88% na prvoj i 40,95% na drugoj oglednoj površini). Stabla istog prečnika u starijoj sastojini imaju manju površinu projekcije krošnje od stabala istog prečnika mlađe sastojine, što se i moglo očekivati, jer su stabla istog prečnika u starijoj sastojini u nepovoljnijem položaju.

Prosječna apsolutna dužina krošanja je 8,27 m u prvoj sastojini i 11,09 m u drugoj sastojini. Variranje dužine krošanja stabala je približno jednako (31,23% u prvoj i 29,04% u drugoj sastojini).

Relativna dužina krošanja odnosno prosječni udjel dužine krošanja u ukupnoj visini stabala na prvoj oglednim površinama je 0,35 i 0,40 na drugoj oglednoj površini. Variranje udjela dužine krošanja u visini stabala jednako je u obje sastojine (22,28 odnosno 22,98%) i znatno manje od variranja apsolutnih dužina krošanja.

Oblik krošnje, odnosno prosječni odnos prečnika i dužine krošnje stabla u prvoj sastojini je 0,44, a u drugoj je 0,37. Variranje oblika krošnje je znatno veće u prvoj sastojini i iznosi 41,95% u odnosu na 26,60% u drugoj sastojini, odnosno starija sastojina je znatno homogenija u pogledu ovog parametra strukture krošanja.

Kada su u pitanju analizirani elementi strukture krošanja, testiranje razlika stvarnih i teorijskih distribucija po modelu normalnog rasporeda u prvoj sastojini pokazuje statistički značajno odstupanje kada je u pitanju oblik krošnje, a u drugoj sastojini kada su u pitanju apsolutne i relativne dužine krošanja.

Utvrđene vrijednosti indeksa gustine sastojine (SDI), koji je relativna mjera obrasta sastojine odnosno dobar pokazatelj cjelovitosti šume, u prvoj sastojini 422, odnosno 606 u drugoj sastojini. Utvrđena vrijednost u prvoj sastojini je 56%, a u drugoj 81% od maksimalne vrijednosti indeksa gustine sastojine za johu od 751. Polazeći od prirasno-prinosnih tablica utvrđeni obrasti istraživanih sastojina su preračunati na puni obrast i to je pokazalo da je utvrđeni broj stabala u prvoj sastojini 67%, a u drugoj

87% од procijenjenog odnosno sadašnji obrast sastoјina je manji od punog obrasta za datu dob i stanišne uslove. Polazeći od indeksa gustine sastoјine i prirasno-prinosnih tablica dobiveni su podjednaki odnosi stepena obrasta istraжivanih sastoјina.

Polazeći od koeficijenta „relativni prostor rasta“, odnosno polazeći od odnosa prosječnog prečnika krošanja stabala i visine sastoјine utvrđen je broj stabala po hektaru. Utvrđeni broj stabala je 918 u prvoj sastoјini i 651 u drugoj sastoјini. Dobivene vrijednosti se neznatno razlikuju od vrijednosti koje su dobivene kod procijenjene broја stabala pri punom obrastu (po funkciji 4).

Do optimalnog broја stabala se došlo polazeći od odnosa normalnog stepena sklopa (0,8) i projekcije krošnje modelnog stabla koja je dobivena polazeći od srednjih prečnika dominantnih stabala i dobivenih funkcije za procјenu površine projekcije krošnje na osnovu prečnika stabla. Srednji prečnici dominantnih stabala istraжivanih sastoјina su 24,5 cm i 33,1 cm a optimalni broјеви stabala po hektaru, odnosno maksimalni broјеви stabala za date srednje prečnike su 620 u prvoj i 425 u drugoj sastoјini.

LITERATURA

- Abetz, P. (1979): *Brauchen wir „Durchforstungshilfen“*, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 130,11, S. 945-963.
- Abetz, P. (1990): *Muessen wir in der waldbaulichen Behandlung der Fichte wieder umdenken?*, Forstw. Cbl. 109, S. 79-85.
- Abetz, P., Klädtke, J. (2004): *The Target Tree Management System*, Springer Berlin / Heidelberg; S. 73-82. Berlin.
- Assman, E. (1961): *Waldetragskunde*. Minhen.
- Bégin, E., Bégin, J., Bélanger, L., Rivest, L-P., Tremblay, S. (2001): *Balsam fir self-thinning relationship and its constancy among different ecological regions*, Canadian Journal of Forest Research 31; S. 950-959.
- Cestar, D., Kovačević, Đ. (1982): *Tablice drvnih masa crne joha i bagrema*, Radovi br. 49, Šumarski institut Jastrebarsko.
- Claessens, H., Oosterbaan, A., Savill, P., Rondeux, J. (2010): *A review of the characteristics of black alder (Alnus glutinosa (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices*, Forestry, Volume 83, Issue 2; Pp. 163-175
- Dubravac T. (1997): *Istraжivanje strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnog graba u zajednici „Carpino betuli - Quercetum roboris/Anić 1959/Rauš 196“9*. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, Zagreb.

- Dubravac T. (2002): *Zakovitosti razvoja strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnog graba ovisno o prsnom promjeru i dobi sastojine u zajednici „Carpino betuli - Quercetum roboris/Anić 1959/Rauš 1969“*. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, Zagreb.
- Dukić, V. (2010): *Krošnje kao faktor optimalne izgrađenosti jednodobnih sastojina hrasta kitnjaka*, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci
- Klepac, D. (1965): *Uređivanje šuma*, Nakladni zavod znanje, Zagreb.
- Dukić, V., Maunaga, Z., Cvjetković, B. (2012): *Razvojne karakteristike sastojina crne joha u Republici Srpskoj*, Glasnik šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci br. 16, Banja Luka.
- Križanec, R. (1987): *Distribucija i projekcija krošanja u korelaciji sa prsnim promjerom stabala u jelovim šumama*, Disertacija, pp 667, Zagreb.
- Larsen D. R. (2001): *Stand Density Index*, Natural Resource Biometrics, University of Missouri-Columbia (www.snr.missouri.edu/natr211).
- McTague, J.P., Patton, D.R. (1989): *Stand density index and its application in describing wildlife habitat*, Wildl. Soc. Bull. 17; S. 58-62.
- Mrkobrad, M. (1997): *Crna joha kao hit*, Èasopis Hrvatske šume br. 15, Zagreb
- Pretsch, H. (1992): *Konzeption und Konstruktion von Wachstmodellen für Rein und Mischbästende*. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwesen 115; S. 332.
- Puettman, K. J., Hann, D. W., Hibbs, D. E. (1993): *Evaluation of the Size-Density Relationships for Pure Red Alder and Douglas-Fir Stands*, ForestSaence Vol 39, pp 7-27.
- Reineke, L. H. (1933): *Perfecting a stand density index for even-aged forests*, Journal of Agricultural Research 46(7); S. 627-638.
- Spiecker, H. (2006): *Minority tree species – a challenge for multi-purpose forestry*, Nature-based forestry in Central Europe, Department of Forestry and Renewable Forest Resources - Biotechnical Faculty, S. 47-59, Ljubljana.
- Temesgen, H., LeMay, V., Mitchell, J. S. (2005): *Tree crown ratio models for multi-species and multi-layered, stands of southeastern British Columbia*, The Forestry Chronicle, Vol. 81; S. 133-141.
- Vučković, M. (1989): *Razvojno prouizvodne karakteristike crnog bora u vještački podignutim sastojinama na Južnom Kučaju i Goču*, Disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.

Vučković, M., Stamenković, V. (1990): *Ekonomičnost korištenja prostora za rastenje kao osnova za utvrđivanje modela optimalne izgrađenosti sastojina*, Pošumljavanje goleti i unapređenje šumarstava Srbije u periodu 1972 – 1989, Institut za šumarstvo i drvnu industriju, S. 203 – 212, Beograd.

Zeide, B. (2005): *How to measure stand density*, *Trees - Structure and Function* Volume 19; S. 1-14.

(2008): *Tables and models of growth and productivity of forests of major forest forming species of northern Eurasia* (standard and reference materials), Federal agency of forest management and international institute for applied systems analysis, Moscow.

CROWN STRUCTURE AND STAND DENSITY OF BLACK ALDER STANDS

Vojislav Dukić
Zoran Maunaga
Branislav Cvjetković

Summary

At the black alder stands, aged 53 and 65 at two sites (Gunjevci and Jakupovci), we analyzed the structure of canopies, especially following elements: canopy surface projections, canopy length (absolute and relative) and shapes of canopies. The average surface projection of tree crowns in the first stand is 9 m² 12,59 m² in the second. Variations in surface projection of trees in both stands was nearly equal (42,88% in the first and 40,95% in the second stand). The trees of the same diameter in the older stands have a lower surface projection of the canopy in compare with diameter of younger stands, which is to be expected because the same diameter trees in older stands are in disadvantage conditions. The average length of canopies in the first stand was 8,27 m and in second stands 11,09 m. Varying the length of the canopy trees on sample plots is approximately equal (31,23% in the first and 29,04% in the second stand). The relative length of the canopy of the first stand were 0,35 and 0,40 second. Varying shares of lengths in the total length of canopy are the same in both stands (22,28 and 22,98%) and considerably lower than variations in absolute length of the canopy. The average ratio of diameter and length of a tree in the first stand was 0,44 in the second stand is 0,37. Varying forms of canopy is significantly higher in the first stand and is 41,95% compared to 26,60%. Older stands are more homogeneous in terms of canopy structure parameters. As for the analyzed elements of the canopy structure, testing the difference of real and theoretical distribution of the normal distribution model in the first stands showed a statistically significant difference considering shape of canopies, and for the second stand in terms of absolute and relative length of the canopy. In the first stand density index by Reineke stand-in (SDI) is 422 and the second stand 606. If we compare determined values to the maximum stand density index values for black alder, we note that the determined value of the first sample plot is 56% and on the second trail is 81% of the maximum value. Starting from incrementing-yielding table, obtained densities of the study stands were converted to maximum density. It has shown that the specified number of trees on the first sample plot was 67% of estimated, and on the second plot 87% of the estimated. Starting from the index and density of the stand and increment-yielding table we obtained by an equal density level of studied stands. The optimal number

of trees per hectare is obtained using the ratio named “relative area of growth”. We obtained a number of trees per hectare of 918 in the first stand and 651 in the second stand. The obtained values are slightly different from the values obtained by estimating number of trees in full density based on increment (function 4). The optimum number of trees was obtained using ratio between canopy closure (0,8) and projection of the model tree canopies obtained by starting from the middle diameter of dominant trees and resulting function to estimate canopy projection area based on tree diameter. Mean diameters of dominant trees of the study stands were 24,5 cm and 33,1 cm, and optimal number of trees per hectare and the maximum number of trees for a given mean diameters were 620 in the first and 425 in the second stand.