

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Prispjelo - Received: 15.03.2004.
Prihvaćeno - Accepted: 24.05.2004.

UDK: 630*53+56

Tomislav Dubravac*

DINAMIKA RAZVOJA DUŽINA KROŠANJA HRASTA LUŽNJAKA I OBIČNOGA GRABA OVISNO O PRSNOM PROMJERU I DOBI

*DEVELOPMENTAL DYNAMICS OF CROWN LENGTH IN PEDUNCLED
OAK AND COMMON HORNBEAM RELATED TO DIAMETER BREAST
HEIGHT AND AGE*

SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati dinamike razvoja dužine krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba, ovisno o prsnom promjeru i dobi sastojine. Istraživanje je obavljeno na području rasprostranjenja zajednice hrasta lužnjaka i običnoga graba u Hrvatskoj. Uzorkom je obuhvaćena površina od 33,45 ha, 47 pokusnih ploha svih dobnih razreda (raspon 20 godina), 14 562 izmjerena prsna promjera te 4 315 izmjerenih dužina krošanja.

Zakovitost promjena dužine krošanja s porastom prsnog promjera u svim dobnim razredima i kod obaju vrsta linearna je te se ovisnost može izraziti jednadžbom pravca. Koeficijenti korelacije hrasta lužnjaka pokazuju slabu do srednju povezanost ($0,35 > r > 0,70$), dok je korelacijskom vezom objašnjeno svega 12 - 49 % ukupnog varijabiliteta dužina krošanja. Koeficijenti korelacije običnoga graba pokazuju srednju do jaku povezanost ($0,56 > r > 0,73$), a korelacijskom vezom objašnjeno je 32 do 53 % ukupnoga varijabiliteta.

Iz srednjih vrijednosti dužina krošanja s povećanjem starosti sastojine razvidan je trend rasta dužina krošanja te interval u kojem se nalazi 68% ($\bar{x} \pm 1,0$ s) i 95% ($\bar{x} \pm 1,96$ s) podataka te dvije kulminacije tečajnog periodičkog prirasta. Prosječni periodički prirast dužina krošanja hrasta lužnjaka, najveći je u najmlađim sastojinama, između prvoga i drugoga dobnoga razreda, iznosi 3,97 m. Starenjem sastojine smanjuje se i prosječni periodički prirast, da bi u sastojinama šestog dobnog razreda došlo do inverzije prosječnog periodičkog prirasta dužina krošanja od -0,21 m u odnosu na peti dobnog razred. Dok se dužine krošanja svih dobnih razreda pomiču jačim ili slabijim intenzitetom, ali pravilno, samo su dužine krošanja šestog dobnog razreda (101 - 120 godina) zaostale i nalaze se ispod dužina krošanja petog dobnog razreda (81 - 100 godina). Druga kulminaci-

* Dr. sc. Tomislav Dubravac, Šumarski institut, Jastrebarsko

ja prosječnog periodičkog prirasta dužina krošanja od 4,9 m, razvidna je u sastojinama sedmog dobnog razreda. Kod običnoga graba prosječni periodički prirast dužina krošanja najveći je u drugom dobnom razredu i iznosi 2,46 m, a poslije toga njegova vrijednost konstantno opada.

Dinamika razvoja dužine krošanja te vremena i vrijednosti tečajnog prirasta mogu pomoći uzgajivaču kod donošenja odluke o vremenu, načinu i intenzitetu uzgojnih zahvata, a izabrane funkcije izjednačenja mogu se primijeniti u praksi kao model funkcije.

Ključne riječi: struktura sastojine, struktura krošanja, dužina krošanja, prirast dužine krošanja, koeficijent korelacije, koeficijent determinacije, hrast lužnjak, obični grab

UVOD I PROBLEMATIKA

INTRODUCTION AND PROBLEMS

Krošnja je izrazito bitan dio stabla, njegova pluća i “tvornica” o čijoj proizvodnji, u suradnji s tlom, ovisi rast stabla. Krošnja je stablu, kako kaže ASSMAN (1970), “oružje za borbu”. Krošnja je odgovorna za generativnu reprodukciju jer donosi sjeme na čemu se temelji prirodna obnova te svi zakoni potrajnog (održivog) gospodarenja šumama. Krošnje stabala i šumsko tlo glavni su čimbenici svih životnih zbivanja u sastojini (MATIĆ 1973) te su nezaobilazan čimbenik proučavanja strukture sastojine. Prema ŠAFARU (1963): “sklopljenost krošanja je za prosuđivanje strukture sastojine, iz uzgojnog gledišta, važniji kriterij nego odnos broja stabala po debljinskim razredima, jer različite vrste drveća istog debljinskog razreda imaju različitu horizontalnu projekciju krošanja i različit volumen krošanja te k tome i različitu reakciju krošanja na gospodarske zahvate. Reakcija krošanja ovisi ne samo o debljini i vrsti drveća nego i o starosti, te je u mlađoj dobi drveća intenzivnija nego u starijoj”. U najširem značenju, pod strukturom krošanja podrazumijevamo veličinu i oblik, rast i razvoj krošanja, njihov raspored u prostoru i vremenu te proporcije prema ostalim dijelovima stabla (DUBRAVAC 1998).

Poznavanje građe i veličine krošanja zanimljivo je jednako šumaru za iskorišćivanje šuma, kao i šumaru uzgajivaču. Šumar koji radi na iskorišćivanju šuma, želi znati odnos trupca, krošnje i sadržaj granjevine. Uzgajivač želi znati proces razvoja kako bi odredio raspored krošanja u budućoj sastojini.

Dužine krošanja značajan su pokazatelj uvjeta razvitka sastojina. Porastom dužine krošanja povećavaju se asimilacijski aparat i volumen krošanja. Povećava se i produkcija drvne tvari, ali se uvjeti opstanka prirodne regeneracije pogoršavaju, a količina tehnički vrijedne oblovine smanjuje. Kod listača je udio krošnje u odnosu na ukupnu visinu, od približno 30%, dobar pokazatelj gospodarenja i preduvjet dobre prirodne obnove. Sa starošću raste dužina krošanja jer u procesu rasta u visinu stablo formira nove grane na vrhu krošnje, a donje se suše i otpadaju, deblo se “čisti” usljed sve jačeg zastiranja. Pri tome je proces sušenja donjih grana znatno sporiji od produžavanja krošnje na vrhu stabla tijekom procesa rasta stabla u visinu te se dužina krošnje povećava sve do određene granice kada usljed jakog smanjivanja visinskog prirasta stabla stagnira i prirast dužine krošnje.

Tijekom proteklih godina bilo je značajnih rezultata glede osvjetljavanja uloge i važnosti krošanja u razvitku stabala i čitave sastojine te njenom utjecaju na ostale taksacijske elemente. Pionirska uloga u osvjetljavanju značenja krošanja u strukturi sastojine svakako pripada BURGERU i BADOUXU (1937, 1949), a od značajnijih autora treba spomenuti ASSMANNA (1970), BENKA, LUKIĆA i SZIROVICZU (1996), COLE (1982), DUBRAVCA i KREJČIJA (1993, 2000), DUBRAVCA (1998, 1999, 2003), HRENA (1980), HRENA i KREJČIJA (1990), KÄNDLERA (1986) i KÖHLA (1991), KRIZANECA (1987) KREJČIJA (1988), KUŠANA i KREJČIJA (1993), MATIĆA (1973, 1983), MILOJKOVIĆA (1958), NOVOTNYA i dr. (1994), ZEIDEA (1993) i dr. Mnogi autori uglavnom proučavaju uspješnost prostornog rasta («growing space efficiency»), koji je definiran kao debljinski rast stabla po jedinici projicirane površine krošnje (HAMILTON 1969), kao što su WEBSTER i LORIMER (2003), MAQUIRE i dr. (1998). Također, različita sastojinska struktura uvjetuje uspješnost prostornog rasta (O'HARA 1988, O'HARA i dr. 2001). Ipak, temelj proučavanju prostornog rasta svakako valja pripisati prvorazrednom radu, već spomenutog Assmanna (1970) «The Principles of Forest Yield Study».

Odnosi između krošanja tijekom razvitka sastojine mijenjaju se usljed prirodne selekcije i uzgojnih zahvata. Međutim, u svrhu postavljanja pravilnog gospodarenja moramo poznavati dinamiku promjena u tim sastojinama. Pravilnim i pravovremenim uzgojnim zahvatima, držeći se temeljnog cilja potrajnosti, možemo izravno i učinkovito djelovati na pravilan razvoj krošanja u sastojini. Navedeno nam daje za pravo ustvrditi kako je krošnja nezaobilazan čimbenik u proučavanju strukture sastojine.

CILJ ISTRAŽIVANJA

RESEARCH AIM

Traženje zakonitosti između varijabli, odnosno postavljanje empiričkih jednadžbi, za šumare predstavlja značajno područje istraživanja. U znanosti se smatra kako je najobjektivnije istraživanje ono čiji se rezultati mogu izraziti brojevima (KELVIN 1953). U skladu s tim temeljni cilj istraživanja je proučiti zakonitosti te dinamiku rasta i razvoja dužina krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba, ovisno o prsnom promjeru i dobi. Zatim, definirati oblik i jačinu veze (korelaciju) između dužine krošnje i prsnog promjera, pronaći najprihvatljiviju funkciju izjednačenja (regresijski model) za određeni uzorak podataka i odrediti njene parametre, odrediti kako se porastom prsnog promjera i dobi sastojine mijenjaju ti odnosi te ukazati na vrijeme i vrijednosti razvoja prirasta dužina krošanja.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

RESEARCH AREA

Istraživanje je obavljeno na području prirodnoga rasprostranjenja zajednice hrasta lužnjaka i običnoga graba u jednodobnim sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris*, /Anić 1959/ emend. Rauš 1969).

Istraživanjima su obuhvaćene Uprave šuma Podružnica: Zagreb, Karlovac, Bjelovar, Koprivnica, Našice i Vinkovci (Slika 1.) odnosno Šumarije Velika Gorica, Remetinec, Jastrebarsko, Vrbovec, Česma, Bjelovar, Velika Pisanica, Garešnica, Grubišno Polje, Repaš, Slatina, Đurđenovac, Kloštar Podravski, Koška, Otok, Vrbanja i Gunja.

U području rasprostranjenja šuma hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, prema Köppenovoj podjeli, prevladavaju dva tipa klime. Zapadni dio panonskoga dijela Hrvatske obuhvaćen je Cfwbx” tipom, odnosno umjereno toplom kišnom klimom, dok je istočni dio međurječja Save i Drave obuhvaćen Cfwb”x” tipom, također umjereno toplom kišnom klimom, ali s izraženim maksimumom padalina (SELETKOVIĆ 1996).

Geološku podlogu čine deluvijalni i aluvijalni nanosi ilovine, gline, pijeska i šljunka, a manjim dijelom i lesne tvorevine (“mramorne ilovače”), močvarni prapor (beskarbonatna ilovača) i izlučeni i u vodi taloženi nekarbonatni eolski nanosi. Na istraživanom području, prema VRBEKU (2002), razlikujemo sljedeće tipove tala: pseudoglej-podtip ravničarski, pseudoglej-glej, euglej-hipoglej, humofluvisol, luvisol-pseudooglejeni.



Slika 1. Zemljovid Hrvatske s položajem Uprava šuma i brojem pokusnih ploha na kojima su obavljena istraživanja

Figure 1. Map of Croatia with the location of Forest Administration Offices and number of experimental plots on which the investigations were carried out

METODA RADA

METHOD OF WORK

Istraživanja su obavljena na stalnim pokusnim plohama koje, s biološkog motrenja, pripadaju razvojnom stadiju mladika (starijeg), mladih, srednjedobnih, starijih te starih sastojina, a postavljene su po metodologiji DUBRAVAC i NOVOTNY (1992). Plohe su postavljene u svim starosnim grupama-dobnim razredima (raspon 20 godina), a ukupna površina iznosi 33,45 ha. Na pokusnim plohama mjerene su osnovne dimenzije stabala (prsni promjeri, dužine debala i visine stabala). Visine stabala i dužine debala mjerene su visinomjerom *Blume-Leiss*. Dužina debla mjerena je do prve žive grane deblje od 5 cm. Ako je takva grana bila jedina, a udaljena više od 1 m, a manje od 5 m od ostatka suvisle krošnje, kao početak debla uzimala se sredina između te grane i ostatka krošnje (DUBRAVAC 1992).

Istraživanja se temelje na velikom broju pokusnih ploha (47) te izrazito velikom uzorku od 14 562 izmjerena stabla na terenu, kojima su mjereni prsni promjeri. Ukupno je izmjereno 4 315 dužina krošanja, od toga hrasta lužnjaka 2 028 te 2 287 dužina krošanja običnoga graba. Podaci izmjere dužina krošanja razvrstani su po dobnim razredima i vrstama drveća te je ovisnost dužine krošanja i prsnog promjera izravnata jednadžbom pravca,

$$l_k = f(d_{1,30}), \quad l_k = b_0 + b_1 d_{1,30};$$

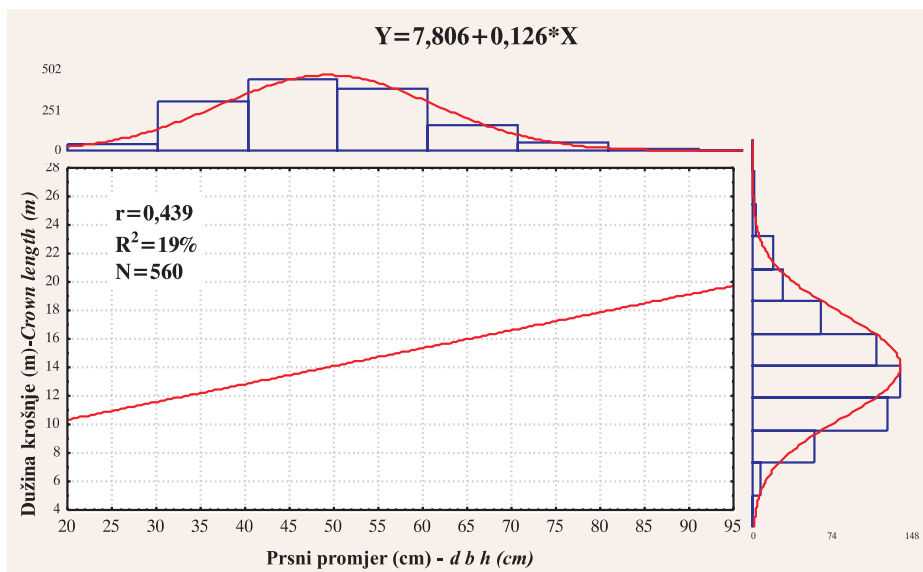
gdje je l_k -izravnata dužina krošnje, $d_{1,30}$ -prsni promjer, b_0 i b_1 su parametri.

Podaci prikupljeni na terenu i evidentirani u terenske manuale, u uredu su uneseni u računalo, odnosno bazu podataka. Cjelokupna obradba načinjena je na temelju individualnih mjerenja, s pojedinačnim podacima, sljedom prirode istraživog materijala i promatranih atributa. Podaci izmjere stabala na pokusnim plohama obrađeni su u programskim paketima *Word for Windows 6.0* i *Excel 5.0*. Statistička obradba podataka načinjena je već gotovim aplikativnim programima *SPSS 7.5* i *STATISTICA 6.0*.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

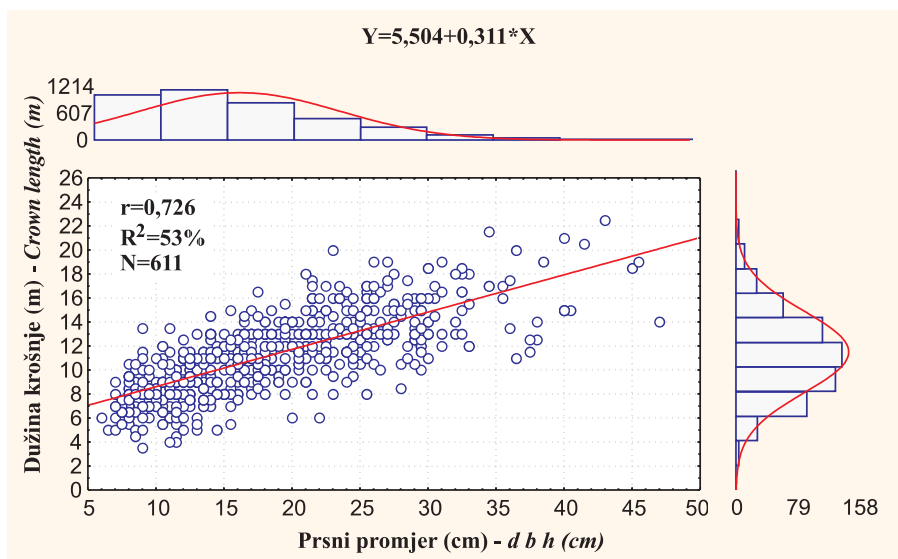
RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

Grafički prikaz zakonitosti razvoja dužina krošanja i prsnog promjera razvidan je na primjeru šestog dobnog razreda (101-120 godina), dok je razvoj dužina krošanja ostalih dobnih razreda s pripadajućim parametrima dan u brojčanom obliku. Promatrajući oblak podataka dužine krošanja u ovisnosti o prsnom promjeru hrasta lužnjaka i običnoga graba (Slike 2. i 3.), razvidna je linearna povezanost promatranih veličina čija se zakonitost promjena može izraziti jednadžbom pravca. Slike su upotunjene histogramskim prikazom razdiobe prsnih promjera i dužina krošanja s odgovarajućom normalnom raspodjelom (*Gaussovom* distribucijom) koja pokazuje normalnu raspodjelu



Slika 2. Izjednačenje dužine krošanja i prsnog promjera hrasta lužnjaka s razdiobom varijabli šestog dobnog razreda (101-120 godina)

Figure 2. Levelling of crown length and dbh in peduncled oak with distribution variables of the sixth age class (101-120 years)



Slika 3. Izjednačenje dužine krošanja i prsnog promjera običnoga graba s razdiobom varijabli šestog dobnog razreda (101-120 godina)

Figure 3. Levelling of crown length and dbh in common hornbeam with distribution variables of the sixth age class (101-120 years)

prsnih promjera i dužina krošanja, što znači kako se izmjereni podaci grupiraju oko aritmetičke sredine.

Koeficijent korelacije kod hrasta, ($r=0,439$) pokazuje slabu povezanost promatranih varijabli (prsnog promjera i dužine debla), dok je vezom objašnjeno svega 19% ukupnoga varijabiliteta. Stoga zakonitost odnosa dužina krošanja i prsnog promjera, navodi na zaključak kako je varijabilitet uvjetovan nekim drugim događajima čije porijeklo nije ispitivano, a možemo ih protumačiti utjecajem gospodarskih, stajbinskih, genetičkih i dr. čimbenika. Iz dobivenih rezultata proizlazi kako dužina krošnje manjim dijelom zavisi o ekološkim i biološkim osobitostima vrste drveća, a većim o drugim utjecajima, posebice uzgojnim zahvatima. Pravac, kao linija izjednačenja ovisnosti dužine krošanja o prsnom promjeru, samo indicira zakonitost ponašanja hrasta lužnjaka jer svaka od varijabli djeluje kao samostalni utjecajni parametar varijabiliteta vrijednosti dužina krošanja. Glede ovih tvrdnji, u daljnja istraživanja treba uključiti i druge parametre koji bi bolje protumačili konkretni varijabilitet.

Obični grab, za razliku od hrasta lužnjaka, pokazuje znatno jači linearni odnos prsnog promjera i dužine krošanja ($r=0,726$), dok je vezom objašnjeno 53% varijabiliteta. Navedeni su rezultati u korelaciji s dosadašnjim istraživanjima DUBRAVCA (1998).

Tablica 1. Vrijednosti razvoja dužina krošanja, hrasta lužnjaka i običnoga graba, po dobnim razredima i debljinskim stupnjevima

Table 1. Values of crown length development of peduncled oak and common hornbeam by age classes and diameter degrees

d	DOBNI RAZRED-AGE CLASS / VRSTA DRVEĆA-TREE SPECIES													
	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		VII.	
	Hrast Oak	Grab Hornb	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb.	Hrast Oak	Grab Hornb	Hrast Oak	Grab Hornb
cm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
5	2,21	4,063	4,13	4,21	5,16	4,30		5,41		5,90		7,06		8,20
10	3,78		5,34	6,44	6,37	6,44	6,40	7,31		7,38		8,61		9,25
15	5,34		6,55	8,66	7,58	8,58	7,56	9,21		8,86		10,17		10,30
20			7,76		8,79	10,72	8,72	11,11		10,34		11,72		11,35
25			8,97		10,00	12,86	9,88	13,01	10,96	11,82	10,96	13,28		12,40
30			10,2		11,21		11,04	14,91	11,72	13,30	11,59	14,83		13,45
35					12,42		12,20	16,81	12,48	14,78	12,22	16,39		14,50
40					13,63		13,36		13,24	16,26	12,85	17,94		15,55
45					14,84		14,52		14,00	17,74	13,48	19,50	16,53	16,60
50					16,05		15,68		14,76		14,11		17,02	17,65
55							16,84		15,52		14,74		17,52	
60							18,00		16,28		15,37		18,01	
65							19,16		17,04		16,00		18,51	
70									17,80		16,63		19,00	
75									18,56		17,26		19,50	
80									19,32		17,89		19,99	
85											18,52		20,49	
90											19,15		20,98	
95													21,48	
100													21,97	
105													22,47	
110													22,96	

Analizirajući Tablicu 1., razvoja vrijednosti dužine krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba po dobnim razredima, razvidno je kako se s porastom prsnog promjera od 5 cm, dužina krošnje povećava:

- u prvom dobnom razredu (do 20 godina) hrasta lužnjaka za 1,56 m, a običnoga graba za 4,43 m;
- u drugom dobnom razredu (21 - 40 godina) hrasta lužnjaka za 1,21 m, a običnoga graba za 2,22 m;
- u trećem dobnom razredu (41 - 60 godina) hrasta lužnjaka za 1,21 m, a običnoga graba za 2,14 m;
- u četvrtom dobnom razredu (61 - 80 godina) hrasta lužnjaka za 1,16 m, a običnoga graba za 1,90 m;
- u petom dobnom razredu (81 - 100 godina) hrasta lužnjaka za 0,76 m, a običnoga graba za 1,48 m;
- u šestom dobnom razredu (101 - 120 godina) hrasta lužnjaka za 0,63 m, a običnoga graba za 1,56 m;
- u sedmom dobnom razredu (121 - 140 godina) hrasta lužnjaka za 0,49 m, a običnoga graba za 1,05 m;

Ako zanemarimo rezultate prvoga dobnog razreda (do 20 godina), zbog maloga uzorka (1 pokusna ploha), najveće povećanje dužine krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba s porastom prsnog promjera od 5 cm, zabilježeno je u drugom dobnom razredu (21 - 40 godina). To povećanje kod hrasta iznosi 1,21 m, s tim što je povećanje dužine krošanja trećeg dobnog razreda identično, dok kod graba to povećanje iznosi 2,22 m. S povećanjem starosti sastojine dinamika rasta dužine krošanja znatno se smanjuje, što znači kako dužina krošanja u mladim sastojinama raste puno intenzivnije nego u starim. Na iste rezultate ukazuju istraživanja ŠAFARA (1963) te HRENA I KREJČIJA (1990).

Rezultate ovakvoga razvoja dužina krošanja možemo povezati s kasnijom kulminacijom visinskog prirasta kod hrasta lužnjaka (zbog zakašnjelih prvih prorjeda) kao i poznatom činjenicom kako obični grab ima kulminaciju visinskog prirasta oko 25 godine. Kao što je poznato kod razvoja visina (PRANJIĆ 1980), kulminacija tečajnog godišnjeg visinskog prirasta nastupa u prosjeku u starosti od 14 godina kod prsnog promjera 5 cm i visine 7 m, a prosječnog visinskog prirasta u starosti 21 godinu kod prsnog promjera 10 cm i visine 12 m. Dakle, razvidno je kako se i dužine krošanja po svom tijeku rasta i razvoja ponašaju kao i visine stabala, gdje je došlo do određenog prolongiranog prirasta u sastojini.

Regresijskom analizom izračunati su parametri jednadžbe pravca i prikazani u Tablici 2., a rezultati regresijske analize i njihove statističke vrijednosti po dobnim razredima u Tablicama 3. i 4.

Tablica 2. Regresijski koeficijenti jednadžbi i njihove statističke veličine po dobnim razredima
 Table 2. Regression coefficient equations and their statistical values by age classes

Vrsta drveća <i>Tree species</i>	Dobni razred <i>Age class</i>	Regresijski koeficijent <i>Regression coefficient</i>	Vrijednost koefic. <i>Coefficient value</i>	Stand. pogreška koefic. <i>Coefficient stand. error</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Hrast lužnjak- <i>Peduncled oak</i>	I	b_0 b_1	0,645 0,313	0,625 0,079	1,031 3,919	0,315 <0.001
	II	b_0 b_1	2,922 0,242	0,265 0,015	11,041 15,832	<0.001 <0.001
	III	b_0 b_1	3,946 0,243	0,795 0,028	4,965 8,645	<0.001 <0.001
	IV	b_0 b_1	4,082 0,232	0,609 0,018	6,702 12,622	<0.001 <0.001
	V	b_0 b_1	7,157 0,152	0,789 0,017	9,071 9,107	<0.001 <0.001
	VI	b_0 b_1	7,806 0,126	0,549 0,011	14,209 11,566	<0.001 <0.001
	VII	b_0 b_1	12,073 0,099	1,077 0,015	11,203 6,444	<0.001 <0.001
Vrsta drveća <i>Tree species</i>	Dobni razred <i>Age class</i>	Regresijski koeficijent <i>Regression coefficient</i>	Vrijednost koefic. <i>Coefficient value</i>	Stand. pogreška koefic. <i>Coefficient stand. error</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Obični grab- <i>Common hornbeam</i>	I	b_0 b_1	-0,367 0,886	1,271 0,302	-0,289 2,931	<0.001 0,776
	II	b_0 b_1	1,986 0,445	0,297 0,038	6,680 11,811	<0.001 <0.001
	III	b_0 b_1	2,156 0,428	0,412 0,029	5,234 14,661	<0.001 <0.001
	IV	b_0 b_1	3,511 0,380	0,341 0,019	10,291 19,482	<0.001 <0.001
	V	b_0 b_1	4,422 0,296	0,337 0,015	13,106 19,177	<0.001 <0.001
	VI	b_0 b_1	5,504 0,311	0,235 0,012	24,002 25,999	<0.001 <0.001
	VII	b_0 b_1	7,049 0,215	0,435 0,016	16,202 13,610	<0.001 <0.001

Tablica 3. Statističke vrijednosti izmjerenih prsnih promjera i dužina krošanja hrasta lužnjaka po dobi i broju pokusnih ploha
 Table 3. Statistical values of measured dbh and crown length of peduncled oak by age and number of experimental plots

Statističke veličine <i>Statistical values</i>	Prsni promjer (cm) - <i>d b b (cm)</i>							Dužina krošnje (m) - <i>Crown length (m)</i>						
	Dobni razredi - <i>Age class</i>							Dobni razredi - <i>Age class</i>						
	I-1	II-6	III-4	IV-8	V-7	VI-12	VII-9	I-1	II-6	III-4	IV-8	V-7	VI-12	VII-9
AS	6,96	14,09	26,83	31,37	44,67	48,86	68,30	2,93	6,9	10,61	11,55	14,17	13,99	18,90
STD	2,549	6,280	6,960	8,030	10,310	11,890	13,000	1,372	1,904	2,975	3,440	3,389	3,240	3,613
STP	0,215	0,320	0,410	0,270	0,380	0,317	0,620	0,299	0,117	0,234	0,169	0,192	0,137	0,209
min	2,80	3,80	6,20	9,00	6,00	15,50	43,50	1,50	2,50	3,00	3,00	5,00	7,00	10,00
maks	15,00	31,80	51,50	64,50	82,00	102,00	112,50	6,00	12,50	18,50	24,50	24,50	25,00	34,00
rang	12,20	28,00	45,40	55,50	76,00	86,50	69,00	4,50	10,00	15,50	21,50	19,50	18,00	24,00
CV(%)	36,6	44,5	25,9	25,6	23,1	24,3	19,0	46,8	27,6	28,1	29,6	23,9	23,1	19,1
N	140	380	285	909	747	1397	443	21	265	161	411	312	560	298

Tablica 4. Statističke vrijednosti izmjerenih prsnih promjera i dužina krošanja običnoga graba po dobi i broju pokusnih ploha

Table 4. Statistical values of measured dbh and crown length of common hornbeam by age and number of experimental plots

Statističke veličine Statistical values	Prsni promjer (cm) - <i>d b h</i> (cm) Dobni razredi - Age class							Dužina krošnje (m) - <i>Crown length</i> (m) Dobni razredi - Age class						
	I-1	II-6	III-4	IV-8	V-7	VI-12	VII-9	I-1	II-6	III-4	IV-8	V-7	VI-12	VII-9
AS	4,24	7,19	13,06	14,72	15,83	15,92	24,64	3,29	5,4	7,86	9,70	10,27	11,22	12,61
STD	1,500	2,081	5,140	6,920	8,270	7,560	9,440	1,226	1,512	2,794	3,543	3,850	3,309	3,336
STP	0,130	0,111	0,200	0,161	0,190	0,120	0,251	0,281	0,092	0,192	0,170	0,208	0,134	0,168
min.	2,70	2,50	3,00	4,00	5,00	3,00	6,00	1,50	2,00	2,30	3,00	1,50	3,00	4,00
maks.	9,70	14,90	32,00	42,00	54,50	56,50	53,00	6,00	12,00	18,00	22,00	22,50	22,50	22,00
rang	6,40	12,40	29,00	38,00	49,50	53,50	47,00	4,50	10,00	15,70	19,00	21,00	19,50	18,00
CV(%)	35,3	28,9	39,4	47,0	52,3	47,5	38,3	27,1	31,0	32,4	39,3	40,3	29,5	26,0
N	130	348	680	1946	1954	4063	1406	19	269	212	434	342	611	400

Tumač-Legend:

AS-aritmetička sredina – *arithmetic mean*

STD-standardna devijacija – *standard deviation*

STP-standardna pogreška aritmetičke sredine – *standard error of arithmetic mean*

min-najmanja vrijednost – *lowest value*

maks-najveća vrijednost – *highest value*

RANG-raspon vrijednosti – *range of values*

CV-koeficijent varijacije – *coefficient of variation*

N-broj izmjerenih prsnih promjera/promjera krošanja – *number of measured d b h / crown diameters*

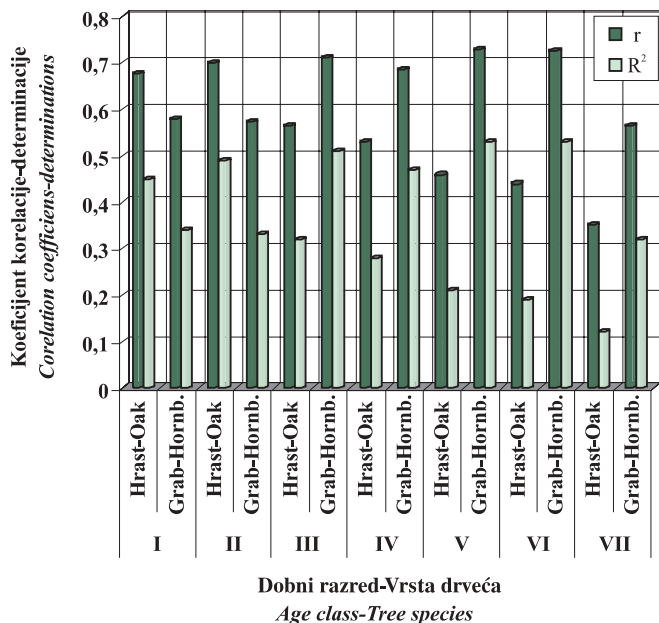
Iz Tablice 2. razvidno je kako se vrijednost regresijskog koeficijenta b_1 kod hrasta lužnjaka (koji određuje nagib pravca) konstantno smanjuje s povećanjem starosti sastojine te je njegova vrijednost u najstarijim sastojinama sedmog dobnog razreda (121 - 140 godina) zanemariva ($b_1=0,099$), što znači kako je pravac izjednačenja gotovo paralelan s osi apscise. Značajnost parametara b_1 (razlika između procijenjenog i stvarnog parametra populacije t-testom) je 0,00. Značajnost parametra b_0 kod sastojina prvog dobnog razreda je 32 %, dok kod ostalih dobnih razreda značajnost parametra b_0 iznosi 0,00 %. Vrijednosti regresijskog koeficijenta b_1 kod običnoga graba također su u konstantnom padu sa starosti sastojine te su, dakle, pravci izjednačenja dužina krošanja i prsnog promjera najstrmiji kod mlađih sastojina. Značajnost parametara b_0 i b_1 iznosi 0,00 %, osim kod sastojina prvog dobnog razreda gdje vrijednost parametra b_1 iznosi 78 %.

Promatrajući koeficijente korelacije (r) hrasta lužnjaka kao mjeru stupnja povezanosti prsnog promjera i dužine krošanja (Grafikon 1.), razvidno je kako postoji jaka korelacija u sastojinama drugog dobnog razreda ($r=0,7$), srednja povezanost ($0,5 < r < 0,7$) u sastojinama prvog, drugog, trećeg, četvrtog i šestog dobnog razreda, dok je u sastojinama sedmog dobnog razreda ta povezanost slabog karaktera ($r=0,35$).

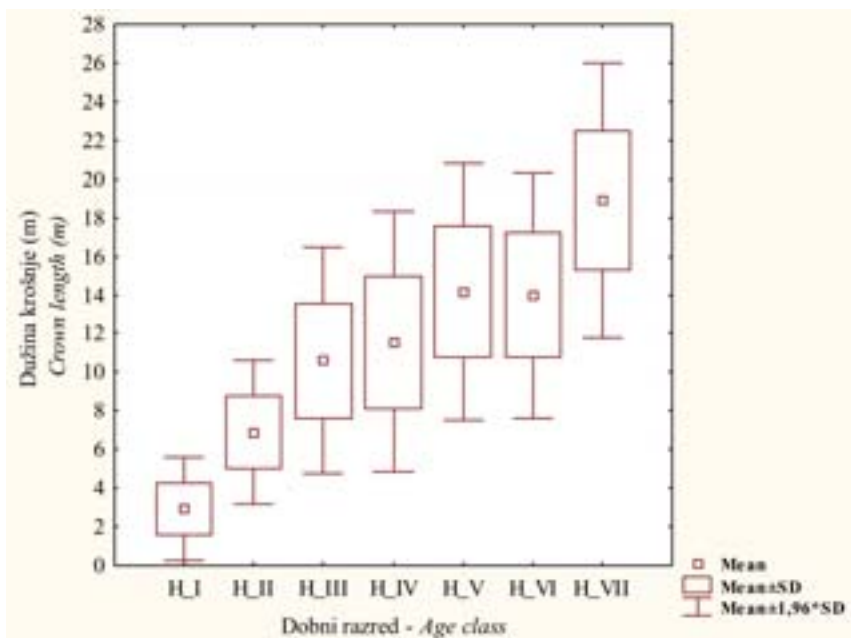
Obični grab ima jaku korelaciju u sastojinama trećeg, petog i šestog dobnog razreda ($r > 0,7$) te srednju u sastojinama prvog, drugog, četvrtog i sedmog dobnog razreda ($0,5 < r < 0,7$).

Koeficijenti determinacije (R^2) koji pokazuju odnos između objašnjene i ukupne varijance, odnosno mjeru ukupnog varijabiliteta objašnjenog korelacijskom vezom, kreću se kod obaju vrsta od 28 do 53 %, a za sastojine hrasta lužnjaka petog, šestog i sedmog dobnog razreda, koeficijent determinacije iznosi zanemarivih 12 do 21 %.

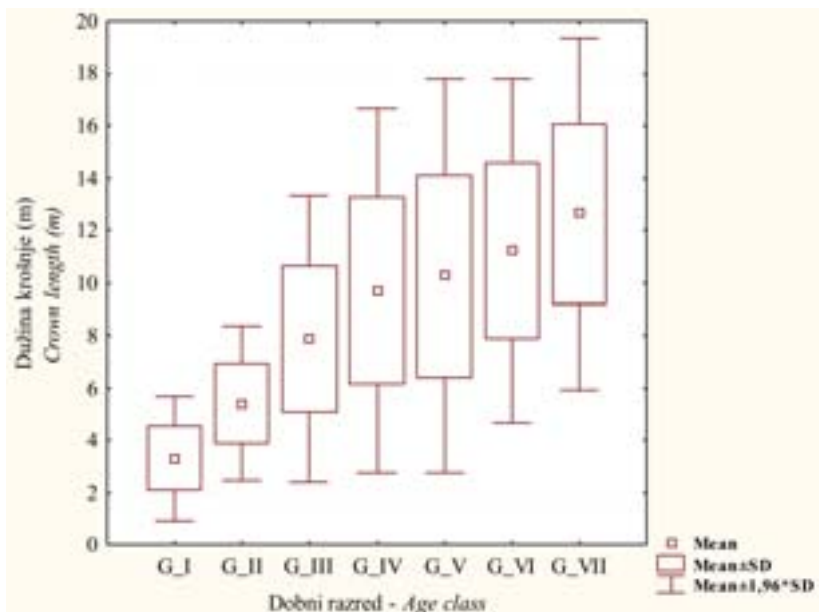
Iz srednjih vrijednosti dužina krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba razvidna je dinamika i trend rasta dužina krošanja po dobnim razredima (Slike 4. i 5.) te interval u kojem se nalazi $68 (\bar{x} \pm 1,0 s)$ i 95% podataka ($\bar{x} \pm 1,96 s$). Iz Slike 4. razvidan je trend rasta prosječnih dužina krošanja hrasta lužnjaka, s povećanjem starosti sastojine, sve do šestog dobnog razreda (101 - 120 godina) kada dolazi do inverzije pomaka. U najstarijim sastojinama sedmog dobnog razreda ponovno je razvidan trend rasta srednjih dužina krošanja. Iz Slike 4. i Tablice 5. razvidan je i prosječni periodički prirast dužina krošanja koji je najveći u najmlađim sastojinama između prvog i drugog te drugog i trećeg dobnoga razreda koji iznosi 3,97, odnosno 3,7 m. Starenjem sastojine smanjuje se i prosječni periodički prirast dužine krošanja, da bi u sastojinama šestoga dobnoga razreda (101 - 120 godina) došlo do inverzije prosječnog periodičkog prirasta dužina krošanja od -0,21 m.



Grafikon 1. Koeficijenti korelacije i determinacije dužina krošanja i prsnog promjera hrasta lužnjaka i običnoga graba po dobnim razredima
 Graph 1. Correlation coefficients and determinations of crown lengths and dbh in peduncled oak and common hornbeam by age classes



Slika 4. Razvoj srednje dužine krošanja hrasta lužnjaka po dobnim razredima
Figure 4. Development of mean length of peduncled oak crowns by age class



Slika 5. Razvoj srednje dužine krošanja običnoga graba po dobnim razredima
Figure 5. Development of mean lengths of common hornbeam crowns by age class

Druga kulminacija prosječnog periodičkog prirasta dužina krošanja od 4,9 m u sedmom dobnom razredu (121-140 godina) te općenito rasta dužine krošanja uvjetovana je gospodarskim zahvatima jačeg intenziteta uzgojnih radova u fazi oplodnih sječa. Kod sastojina običnoga graba (Slika 5., Tablica 6.), razvidan je kontinuirani trend rasta prosječnih dužina krošanja po dobnim razredima bez izrazitih odstupanja, ali je ipak razvidno kako u mlađim sastojinama dužine krošanja rastu inenzivnije, a sa starošću opada intenzitet rasta krošanja u dužinu.

Dakle, kao i kod visina, tako i kod dužina krošanja, razvidno je kako su pomicanja po dobi međusobno značajno odijeljena, ali je znakovita stagnacija dužina krošanja šestog dobnog razreda (101 - 120 godina) hrasta lužnjaka. Do sličnih rezultata kod proučavanja pomaka visinskih krivulja došli su KLEPAC (1971) i HREN (1990) za pomak dužina krošanja u čistim lužnjakovim sastojinama. Dok se dužine krošanja svih dobnih razreda pomiču jačim ili slabijim intenzitetom, ali pravilno, samo su dužine krošanja šestog dobnog razreda (101 - 120 godina) zaostale i nalaze se ispod dužina krošanja petog dobnog razreda (81 - 100 godina). Rezultate ovakvog razvoja dužina krošanja tumačimo gospodarskim zahvatima u sastojini, odnosno već započetim oplodnim sječama.

Tablica 5. Vrijednosti razvoja srednjih prsnih promjera, dužina i prirasta krošanja hrasta lužnjaka po dobnim razredima

Table 5. Development values of mean *d b h*, crown length and increments of peduncled oak by age classes

Dobni razred <i>Age class</i>	Srednji prsni promjer <i>Mean d b h</i>	Srednja dužina krošnje <i>Mean crown length</i>	Tečajni periodički prirast krošanja <i>Current periodic crown increment</i>	Tečajni godišnji prirast krošanja <i>Current annual crown increment</i>
god.-year	cm	m	m	cm
< 20	6,96	2,93		
			3,97	19,85
21 - 40	14,09	6,9		
			3,70	18,50
41 - 60	26,83	10,6		
			1,00	5,00
61 - 80	31,37	11,65		
			2,56	12,80
81 -100	44,67	14,21		
			-0,21	-1,05
101 -120	48,86	14		
			4,90	24,50
121 - 140	68,3	18,9		

Tablica 6. Vrijednosti razvoja srednjih prsnih promjera, dužina i prirasta krošanja običnoga graba po dobnim razredima

Table 6. Development values of mean *d b h*, crown length and increments of common hornbeam by age classes

Dobni razred <i>Age class</i>	Srednji prsni promjer <i>Mean d b h</i>	Srednja dužina krošnje <i>Mean crown length</i>	Tečajni periodički prirast krošanja <i>Current periodic crown increment</i>	Tečajni godišnji prirast krošanja <i>Current annual crown increment</i>
god.-year	cm	m	m	cm
< 20	4,24	3,29	2,11	10,55
21 - 40	7,19	5,4	2,46	12,30
41 - 60	13,06	7,86	1,84	9,20
61 - 80	14,72	9,7	0,60	3,00
81 -100	15,83	10,3	0,92	4,60
101 -120	15,92	11,22	1,38	6,90
121 - 140	24,64	12,6		

KREJČI (1988) u čistim lužnjakovim sastojinama također ukazuje na dva maksimuma tečajnog godišnjeg prirasta širina krošanja od 15,69cm u dobi od 17 godina, a drugi iza 110. godine. Sličan tijek tečajnog godišnjeg debljinskog prirasta utvrdio je i BEZAK (1992) u istoj zajednici te PRANJIĆ (1980) u mješovitoj zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba.

Njega sastojina hrasta lužnjaka glede rasta krošanja, može se obavljati relativno dugo jer stabla dugo zadržavaju sposobnost reagiranja na uzgojne zahvate širenjem krošanja. Njegu lužnjakovih sastojina glede rasta krošanja treba početi već u dobi maksimalnog visinskog prirasta koji, prema PRANJIĆ (1980), nastupa u 14. godini i obavljati je sve do početka oplodnih sječa. MATIĆ (1989) navodi kako su prorede neophodan i nezamjenjiv uzgojni zahvat koji moramo činiti od dobi maksimalnog visinskog prirasta lužnjakovih sastojina do početka oplodnih sječa. Proredni zahvati optimalnog intenziteta za određenu dob prate prirodni razvoj sastojine. Na osnovi toga predlaže tablicu intenziteta proreda od 50% drvene mase u 20-godišnjoj, do 7,1% u 140-godišnjoj sastojini, s tim kako je turnus prorede 5 godina do 50. godine starosti sastojine, a nakon toga 10 godina do kraja ophodnje. Dakle, razvidno je kako je najveći intenzitet proreda u mladim sastojinama, dok je razlika u starima neznatna. Intenzitet prorede u 40-godišnjoj sastojini je polovica intenziteta 20-godišnje sastojine, a isto je tolika razlika u intenzitetu prorede za 70 godina, između 70 i 140-godišnje sastojine.

Imajući u vidu sve te spoznaje o razvoju strukture sastojine, prirodnog izlučivanja, debljinskog i visinskog prirasta, prirasta krošanja te intenziteta

proreda u hrastovim sastojinama, uočavamo u kojem vremenskom razdoblju razvoja sastojine trebaju pomoć uzgajivača.

ZAKLJUČAK

CONCLUSION

Temeljem obradbe prikupljenih podataka, u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić em. Rauš 1969), na 47 pokusnih ploha svih starosnih razreda te izrazito velikom uzorku broja izmjerenih/izračunatih stabala, u skladu s ciljevima i rezultatima istraživanja te obavljenim analizama, proizlaze zaključci:

1. Zakonitost promjena *dužina krošanja* s porastom prsnog promjera u svim dobnim razredima i kod obaju vrsta linearna je te se ovisnost može izraziti jednadžbom pravca. Koeficijenti korelacije hrasta lužnjaka pokazuju slabu do srednju povezanost ($0,35 > r > 0,70$), dok je korelacijskom vezom objašnjeno svega 12-49% ukupnog varijabiliteta dužina krošanja. Koeficijenti korelacije običnoga graba pokazuju srednju do jaku povezanost ($0,56 > r > 0,73$), a korelacijskom vezom objašnjeno je 32 - 53 % ukupnoga varijabiliteta.
2. Najveće povećanje dužina krošanja hrasta lužnjaka porastom prsnog promjera od 5 cm, razvidno je u trećem dobnom razredu i iznosi 1,21 m, a običnoga graba od 2,22 m u drugom dobnom razredu. Povećanjem starosti sastojine dinamika rasta dužina krošanja znatno se smanjuje, što znači kako dužine krošanja u mladim sastojinama rastu puno intenzivnije nego u starim.
3. Iz srednjih vrijednosti dužina krošanja, s povećanjem starosti sastojine, razvidan je trend rasta dužina krošanja te dvije kulminacije tečajnog periodičkog prirasta. Prosječni periodički prirast dužina krošanja hrasta lužnjaka, najveći je u najmlađim sastojinama, između prvoga i drugoga dobnoga razreda i iznosi 3,97 m. Starenjem sastojine smanjuje se i prosječni periodički prirast, da bi u sastojinama šestog dobnog razreda došlo do inverzije prosječnog periodičkog prirasta dužina krošanja od -0,21 m u odnosu na peti dobnog razred. Druga kulminacija prosječnog periodičkog prirasta dužina krošanja od 4,9 m razvidna je u sastojinama sedmog dobnog razreda, a uvjetovana je gospodarskim zahvatima oplodnih siječa. Kod običnoga graba prosječni periodički prirast dužina krošanja najveći je u drugom dobnom razredu i iznosi 2,46 m, a poslije toga njegova vrijednost konstantno opada.
4. Tečajni godišnji prirast dužine krošanja ukazuje na dvije kulminacije. Kod hrasta lužnjaka najveći je u najmlađim sastojinama i iznosi 19,85 cm te

graba od 10,55 cm. Druga kulminacija nastupa između šestog i sedmog dobnog razreda (oko 130 godina) te iznosi 24,5 cm za hrast i 6,9 cm za grab.

5. Izabrane funkcije izjednačenja, dobivene na ovako reprezentativnom uzorku podataka (47 pokusnih ploha na površini od 33,45 ha te 14 562 izmjerena stabla na terenu), posebice u današnjoj eri primjene računala, mogu se primijeniti u praksi kao model funkcije.
6. Poznavanje zakonitosti i dinamike razvoja dužine krošanja te vremena i vrijednosti tečajnog prirasta, kao i njegovog razvoja po dobnim razredima, mogu pomoći uzgajivaču kod donošenja odluke o vremenu, načinu i intenzitetu uzgojnih zahvata.

LITERATURA

REFERENCES

- ASSMANN, E., 1970: The Principles Forest Yield Study. Pergamon Press. pp. 506.
- BADOUX, E., 1949: L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. 9-58, Zürich.
- BURGER, H., 1937: Kronenuntersuchungen, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 44-49, Zürich.
- BENKO, M., 1995: Procjena drvne zalihe sastojina multivarijantnom analizom čimbenika mjerljivih na aerofotosnimkama. Disertacija, pp. 239, Zagreb.
- BENKO, M., N. LUKIĆ, L. SZIROVICZA, 1996: Relations of photogrammetry assesment of visible part of tree crown common oak (*Quercus robur*, L.) on tree volume. IUFRO Conference "Modelling regeneration Success and early growth of forest stands", 540-548, Danish Forest and Landscape Research Institute, Copenhagen.
- BEZAK, K., 1992: Prigušene oscilacije fenomena rasta i prirasta praćene Levakovićevim analitičkim izrazima. Zbornik o Antunu Levakoviću, HAZU, Centar za znanstveni rad Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti u Vinkovcima., Posebna izdanja VI: 57-83., Vinkovci.
- COLE, D. M., J. CHESTER, 1982: Models for Describing Vertical Crown Development of Lodgepole Pine Stands. United States Department of Agriculture, 1-10.
- DUBRAVAC, T., 1992: Pomak dužine debla hrasta lužnjaka s obzirom na starost i prsni promjer u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić 1959/emend Rauš 1969). Rad. Šumar. inst. 27 (2): 203-210, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., V. NOVOTNY, 1992: Metodologija tematskog područja uzgajanje šuma - rast i prirast (primijenjena u multidisciplinarnom projektu ekološko ekonomske valencije tipova šuma). Rad. Šumar. inst. 27 (2): 157-166, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., V. KREJČI, 1993: Ovisnost promjera horizontalne projekcije krošanja hrasta lužnjaka o totalnim visinama stabala pojedinih dobnih razreda ekološko-gospodarskog tipa II-G-10 (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić/ emend. Rauš 1969). Rad. Šumar. inst. 28 (1/2): 79-91, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., 1998: Istraživanje strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba u zajednici *Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969. (*Investigation of the structure of the crowns of peduncled oak and common hornbeam in a community Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/Rauš 1969). Rad. Šumar. inst. 33 (2): 61-102, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., 1999: Utjecaj broja stabala na promjer krošnje hrasta lužnjaka u zajednici *Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969. (*The influence of the number of*

- trees on crown diameter for common oak in the Carpino betuli-Quercetum roboris Anić ex Rauš 1969*). Rad. Šumar. inst. 34 (2):23-37, Jastrebarsko.
- DUBRAVAC, T., V. KREJČI, 2000: Structural elements of the Peduncled Oak's crown as an important factor in forestry management in Croatia. (*Strukturni elementi krošanja hrasta lužnjaka važan čimbenik gospodarenja šumama u Hrvatskoj*). XXI IUFRO World Congress, Forest and Society: The Role of Research, 7.-12. August 2000. Kuala Lumpur, Poster Abstracts Vol. 3., pp: 12-13, Malaysia.
- DUBRAVAC, T., 2003: Dinamika razvoja promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi. (*Developmental dynamics of crown diameters in peduncled oak and common hornbeam related to diameter breast height and age*). Rad. Šumar. inst. 38 (1): 35-54, Jastrebarsko.
- HAMILTON, G.J., 1969: The dependence of volume increment of individual trees on dominance, crown dimensions, and competition. *Forestry* 42, pp. 133-144.
- HREN, V., 1980: Dinamika horizontalnog širenja krošanja nekih važnijih vrsta drveća sjeverne Hrvatske. *Šum. list* (11-12): 455-460, Zagreb.
- HREN, V., V. KREJČI 1990: Pomak krivulje dužine krošanja u jednodobnim sastojinama lužnjaka s obzirom na njihovu starost. Rad. Šumar. inst. 25, (2): 337-344, Jastrebarsko.
- KÄNDLER, G., 1986: Die Ermittlung von Bestandsparametern als Eingangsgrößen für Interzeptionsmodelle mit Hilfe aerofotogrammetrischer Verfahren. Abteilung Landespflege Nr. 9, pp. 129, Baden-Württemberg.
- KELVIN, L., 1953: Stabler, *Mathematical thought* Cambridge, mall, 118.
- KLEPAC, D., 1971: Jedan pokus o tome kako se pomiče sastojinska visinska krivulja u jednodobnim sastojinama hrasta lužnjaka s obzirom na njihovu starost. *Šum. list*: 141-149, Zagreb.
- KÖHL, M., R. SUTTER, 1991: Application of Aerial Photographs in the Estimation of Standing Volume in the Swiss National Forest Inventory. IUFRO Symposium, 176-191, Birmensdorf.
- KREJČI, V., 1988: Prirast širina krošanja hrasta lužnjaka u zajednici hrasta lužnjaka s velikom žutilovkom (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Horv. 1938.) na području Hrvatske. Magistarski rad, pp. 60, Zagreb.
- KRIŽANEC, R., 1987: Distribucija i projekcija krošanja u korelaciji s prsnim promjerom stabala u jelovim šumama. Disertacija, pp. 667, Zagreb.
- KUŠAN, V., V. KREJČI, 1993: Regresijski model za procjenu volumena sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na aerosnimkama. Rad. Šumar. inst. 28 (1-2): 69-78, Jastrebarsko.
- MATIĆ, S., 1973: Prirodno pomlađivanje kao faktor strukture sastojine u šumama jele s rebračom (*Blechno-Abietetum* Horv.). *Šumar. list* (9-10): 321-358 Zagreb.
- MATIĆ, S., 1983: Utjecaj ekoloških i strukturnih činilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom Kotaru. *Glas. šum. pokuse* (21): 223-400, Zagreb.
- MATIĆ, S., 1989: Intenzitet prorede i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. *Glas. šum. pokuse* (25): 261-278, Zagreb.
- MAGUIRE, D.A., BRISSETTE, J.C. and GU, L., 1998: Crown structure and growth efficiency of red spruce in uneven-aged, mixed-species stands in Maine. *Can. J. For. Res.* 28, pp. 1233-1240. Abstract-GEOBASE. Full Text via CrossRef.
- MILOJKOVIĆ, D., 1958: Istraživanje strukture i zapreminskog prirasta jednodobnih mešoviti sastojina hrasta lužnjaka i belog graba u šumama Gornjeg Srema. *Glas. šum. fakulteta*, pp. 219, Beograd.
- NOVOTNY, V., V. KREJČI, M. BENKO, T. DUBRAVAC, 1994: Utjecaj horizontalne projekcije krošanja hrasta lužnjaka na debljinski prirast. Rad. Šumar. inst. 29 (1): 137-150, Jastrebarsko.

- O'HARA, K.L., 1988: Stand structure and growing space efficiency following thinning in an even-aged Douglas-fir stand. *Can. J. For. Res.* 18, pp. 859-866.
- O'HARA, K.L., LAHDE, E., LAIHO, O., NOROKORPI, Y. And SAKSA, Y., 2001: Leaf area allocation as a guide to stocking control in multi-aged, mixed-conifer forests in southern Finland. *Forestry* 2, pp. 171-185.
- PRANJIC, A., 1980: Odnos sastojinskog visinskog i debljinskog prirasta u sastojinama hrasta lužnjaka. *Glas. šum. pokuse* (26): 161-176. Zagreb.
- SELETKOVIĆ, Z., 1996: Hrast lužnjak u Hrvatskoj. *Klima lužnjakovih šuma*, 71-82, Vinkovci-Zagreb.
- ŠAFAR, J., 1963: Uzgajanje šuma. Udžbenik, pp. 598, Zagreb.
- VRBEK, B., 2002: Utjecaj padalina na kemijski sastav tekuće faze tala šumske zajednice hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić 1959 ex. Rauš 1969) u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Disertacija, pp. 234 Zagreb.
- WEBSTER, C.R. and C.G., LORIMER, 2003: Comparative growing space efficiency of four tree species in mixed conifer-hardwood forests. *Forest Ecology and Management*, Volume 177, Issues 1-3, april, pp. 361-377.
- ZEIDE, B., 1993: Measuring Trees in the Future. *Proceedings of the Meeting of IUFRO S4.11-00*, Berlin/Eberswalde, 38-46.

DEVELOPMENTAL DYNAMICS OF CROWN LENGTH IN PEDUNCLED OAK AND COMMON HORNBEAM RELATED TO DIAMETER BREAST HEIGHT AND AGE

Summary

The paper describes the results of the developmental dynamics of crown lengths in peduncled oak and common hornbeam related to d b h and age of a stand. The investigation was carried out in a geographical region of the peduncled oak and common hornbeam community in Croatia. The sample covered an area of 33.45 ha, 47 experimental plots of all age classes (range 20 years), 14 562 d b h and 4 315 crown lengths measurements.

The regularity of changes in crown lengths with the increase of d b h in all age classes and in both species is linear, and the dependence can be expressed by an equation of the straight line. Correlation coefficients for peduncled oak show poor to medium correlation ($0.35 > r > 0.70$), and the related correlation explains only 12 - 49 % of the total variability of crown lengths. Correlation coefficients of common hornbeam show medium to strong correlation ($0.56 > r > 0.73$), and related correlation explains 32 to 53 % of total variability.

Mean values of crown lengths with the increasing age of stand show an increasing trend of crown lengths, and the interval which includes 68% ($\bar{x} \pm 1.0 s$) and 95% ($\bar{x} \pm 1.96 s$) of the data and two culminations in the current periodic increment. Average periodic increment of crown lengths in the peduncled oak is highest in the youngest stands, between the first and second age classes, and amounts to 3.97 m. With ageing of the stand the average periodic increment decreases, so that in stands of the sixth age class an inversion occurred of the average periodic increment in crown lengths from -0.21 m in relation to the fifth age class. While crown lengths of all age classes progress by stronger or weaker intensity, although with regularity, only crown lengths of the sixth age class (101-120 years) fall behind and are under the crown lengths of the fifth age class (81-100 years). The other culmination of average periodic increment in crown lengths of 4.9 m can be seen in stands of the seventh age class. In common hornbeam an average periodic increment in crown lengths is highest in the second age class and amounts to 2.46 m, after which its value constantly decreases.

The developmental dynamics of crown lengths and the time and value of the current increment can help the silviculturist when deciding on time, method and intensity of silvicultural interventions, and the chosen functions of levelling equation can be applied in practice as model functions.

Key words: stand structure, crown structure, correlation coefficient, determination coefficient, crown length, peduncled oak, common hornbeam