

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

Prispjelo - *Received*: 19. 06. 2006
Prihvaćeno - *Accepted*: 09. 10. 2006.

UDK: 630*521.1

Vladimir Novotny*, **Tomislav Dubravac,*** **Ante Seletković,****
Krunoslav Indir*

ISTRAŽIVANJE DEBLJINSKE STRUKTURE SASTOJINA HRASTA LUŽNJAKA I OBIČNOG GRABA (*CARPINO BETULI-QUERCETUM ROBORIS ANIĆ EX. RAUŠ 1969*)

*RESEARCH OF DIAMETER STRUCTURE OF PEDUNCLED OAK
AND COMMON HORNBEAM (*CARPINO BETULI-QUERCETUM
ROBORIS ANIĆ EX. RAUŠ 1969.*)*

SAŽETAK

Drveće je osnovni element koji izgrađuje šumu i daje joj osnovno obilježje. Sastojina kao dio šume razlikuje se od iste po jednoj ili više bitnih osobina. Svi elementi koji izgrađuju drvenu masu i raspoređuju je u prostoru čine, u najširem smislu, strukturu sastojine.

Istraživanju strukture sastojine, kao i njenom razvoju, treba dati puno veću pažnju jer nam rezultati istraživanja i utvrđene zakonitosti pomažu u planiranju uzgojno-gospodarskih zahvata kojima kvalitetnije realiziramo ciljeve gospodarenja ostvarivanjem većih koristi od šume, ne narušavajući ekološke i sociološke postulate prirodnog razvoja naših šumskih ekosustava.

Struktura sastojine može se tretirati na različite načine, a sve prema tom koji se njezin element promatra. Pod strukturom sastojine podrazumijevamo distribuciju vrsta, broja stabala i njihovih dimenzija po jedinici površine, a ona je rezultat intenziteta rasta pojedinih vrsta pod utjecajem prirodnih čimbenika i čovjeka.

Najčešće se pod "strukturom" sastojine podrazumijeva debljinska struktura prosuđivana na temelju izmjerenih prsnih promjera, odnosno kako je broj stabala u sastojini raspoređen po debljinskim stupnjevima ili razredima.

U ovom radu istraživali smo razvoj broja stabala i njihovih prsnih promjera, kao funkciju vremena u sastojinama hrasta lužnjaka i običnog graba. Istraživanja su obavljena na pokusnim plohama različitih starosti, na području Uprava šuma Podružnica «Karlovac», «Zagreb», «Koprivnica», «Bjelovar», «Našice» i «Vinkov-

* Šumarski institut, Jastrebarsko, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko

** Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

ci». U ovom istraživanju posvećena je pažnja i stanju distribucija broja stabala po debljinskim kategorijama istraživanih sastojina u njihovom razvoju kroz proučavani vremenski period.

Ključne riječi: Struktura sastojine, hrast lužnjak, obični grab, broj stabala, prsni promjer, distribucija broja stabala

UVOD

INTRODUCTION

Hrast lužnjak u bogatstvu hrvatskih šuma zauzima značajno mjesto i po količini, a osobito po kvaliteti drveća. Prirodna staništa hrasta lužnjaka u Hrvatskoj nalaze se u dolinama velikih rijeka i njihovih pritoka, kao što su Sava, Drava, Kupa, Dunav i dr. U tim se područjima osobito ističu veliki šumski bazeni, npr. spačvanski, pokupski, česmanski, lipovljanske šume, šuma Žutica, Repaš, našičke i donjomiholjačke te slatinske šume” (RAUŠ 1996).

Šuma hrasta lužnjaka i običnog graba javlja se na ocjeditim terenima. Razvijena je na povišicama ili gredama. Ovaj tip šume predstavlja najviše uzdignute lužnjakove šume naših nizinskih krajeva. U sloju drveća dominira hrast lužnjak kojem se u mlađim razvojnim stadijima sastojine obilno pridodaje obični grab i djelomično klen, a prirodnim razvojem ovih sastojina u starijim i starim sastojinama, obični grab se nalazi u podstojnim etažama. Hrast lužnjak u ovakvoj kombinaciji s običnim grabom raste vrlo dobro te razvija ravna i čista stabla (RAUŠ i dr. 1992).

Pod strukturom sastojine podrazumijevamo distribuciju vrsta, broja stabala i njihovih dimenzija po jedinici površine, a ona je rezultat intenziteta rasta pojedinih vrsta pod utjecajem prirodnih čimbenika i čovjeka (PRANJIĆ i LUKIĆ 1997).

Struktura sastojine može se tretirati na različite načine, prema tom koji se njezin element promatra. Najčešće se struktura sastojine tretira tako da se promatra kako je broj stabala u sastojini raspoređen po debljinskim stupnjevima ili razredima. Tad govorimo o debljinskoj strukturi koja se prosuđuje na osnovi izmjerenih debljina stabala u prsnoj visini.

Pri interpretaciji strukture sastojine, moderno šumarstvo u svojim znanstvenim istraživanjima najčešće koristi distribuciju prsnih promjera i njihove parametre (LUKIĆ 1990).

Kako bismo dobili uvid u rast i razvoj, odnosno mogli istraživati debljinsku strukturu odabrane zajednice, trebalo bi promatrati i mjeriti istu od njezina osnivanja do sječe. Pošto vijek takvog praćenja i istraživanja višestruko nadilazi vijek čovjekovog istraživačkog rada, izabrali smo stalne pokusne plohe istraživane zajednice različitih dobi, od najmlađih do najstarijih, kako bismo dobili uvid u rast i razvoj sastojine. (KLEPAC 1996). Na temelju podataka s tih pokusnih ploha, istraživani je razvoj broja stabala po debljinskim stupnjevima promatrane sastojine kroz istraživani period.

ZADATAK ISTRAŽIVANJA

RESEARCH TASK

Zadatak istraživanja ovog rada je proučavanjem razvoja debljinske strukture kroz promatrani period iznaći model ili modele koji analitički prikazuju tijek razvoja broja stabala raspoređenog po debljinskim stupnjevima u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i običnog graba. Praćenjem rasta i razvoja sastojina, kao i izbora modela koji najbolje opisuje razvoj elemenata strukture mješovitih sastojina, u posljednje su vrijeme proučavali, između ostalih, LYNCH i MOSER 1986; BENKO i dr. 2001; JOGISTE 2001.

Cilj nam je statističkom obradom empiričkih podataka, dobivenih uzorkovanjem na odabranim trajnim pokusnim ploham, osnovanim u sastojinama hrasta lužnjaka i običnoga graba različitih starosti te utvrđivanjem veza koje vladaju među njima, dobiti analitički izraz koji najbolje opisuje razvoj broja stabala po debljinskim stupnjevima kao funkciju vremena.

Uz gore naveden zadatak i cilj istraživanja, u ovom je radu pažnja posvećena i stanju distribucija broja stabala po debljinskim kategorijama istraživanih sastojina u njihovom razvoju kroz proučavani vremenski period.

METODA RADA

WORK METHOD

Sastojina, kao dio šume u kojem se obavlja poseban način uzgajanja i gospodarenja skup je jedinki u cjelinu. Različiti odnosi koji vladaju tijekom razvoja i života sastojine među jedinkama, kao i silvikulturni te uređivački radovi, utječu na izgled, odnosno strukturu sastojine. Dakle, struktura se sastojine zbog velikog broja čimbenika koji utječu na nju neprestano mijenja. Te promjene se očituju u smanjenju broja stabala, povećanju debljine stabala i sastojina, povećanju visine stabala i promjenama drugih elemenata strukture.

Osnivanjem trajnih pokusnih ploha ostvarujemo uvjete za izmjeru svih elemenata koji čine strukturu sastojine, dakle pruža nam se mogućnost kontinuiranog praćenja svih procesa i zakonitosti koje vladaju unutar sastojine tijekom njenoga razvoja.

U ovom poglavlju opisujemo način i pravila odabira lokacija na kojima smo postavljali pokusne plohe, način i pravila postavljanja pokusnih ploha na kojima su obavljena mjerenja potrebna za izradu ovog rada, kao i način izmjere, tj. uzimanja uzoraka te načine obrade podataka i pripreme za prezentaciju izmjerenih i izvedenih veličina.

Sve istraživane plohe odabrane su i osnovane u prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka s običnim grabom (*Carpino betuli-Quercetum roboris*, Anić ex Rauš 1969), koje su nastale prirodnim pomlađivanjem, oplodnom sječom s kratkim pomladnim razdobljem.

Trajne pokusne plohe postavljene se prema metodologiji postavljanja pokusnih ploha koja je primijenjena u multidisciplinarnom projektu “Ekološko ekonomske valencije tipova šuma” (DUBRAVAC i NOVOTNY 1992; NOVOTNY 1997), proširenoj zahtjevima radne grupe ICP šuma o minimalnoj veličini, na kojoj se mogu obavljati mjerenja i uzimati uzorci, izraženoj u vodoravnoj ravnini.

Trajne pokusne plohe postavljene su u sastojinama što homogenijih ekoloških i strukturnih obilježja (NOVOTNY i dr. 1999), u različitim dobnim razredima od 20 do 150 godina starosti, kako bismo mogli prikazati tijek razvoja mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnog graba. Od svih postavljenih pokusnih ploha, u obradu su ušle one koje su na istim tlima i kojima je obrast obračunat za svaku vrstu drveća posebno na osnovi prirasno-prihodnih tablica reduciranim omjerom smjese, iznad 0,8, što ih prema Pravilniku o uređivanju šuma svrstava u normalne sastojine. (NOVOTNY i dr. 2001)

Na odabranim pokusnim plohamo pristupilo se izmjeri, odnosno uzimanju uzoraka potrebnih za istraživanje debljinske strukture i proučavanju distribucije broja stabala po debljinskim stupnjevima. Svi mjereni terenski podaci, uneseni su u prilagođenu bazu podataka gdje se matematičko-statističkim metodama obrađuju kako pojedinačno, tako i komparativno.

Periodičkim mjerenjima, procjenama i naknadnim kontinuiranim unošenjem terenskih podataka povećava se i razvija baza podataka, što nam u budućnosti omogućava još kvalitetnije, opsežnije i složenije analize podataka, dobiva se veći broj parametara i zakonitosti, a na kraju i modela koji nam pružaju dovoljno sigurne informacije i spoznaje na temelju kojih lakše, kvalitetnije i sigurnije dajemo odgovore te donosimo odluke koje se od nas traže.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

RESEARCH RESULTS

Upisivanjem u bazu podataka srednjeg prsnog promjera ($d_{1,30}$) svakog izmjerenog stabla posebno po vrsti drveća, dobivamo tablicu rasporeda broja stabala po debljinskim stupnjevima, posebno za svaku vrstu drveća na plohi te tablice distribucije broja stabala po hektaru za svaku vrstu drveća i sumarno, raspoređenih po istim debljinskim stupnjevima. Širinu debljinskog stupnja određujemo po izboru, a može biti 1, 2 ili 5 centimetara.

Tablicom distribucije broja stabala po hektaru i formule za temeljnicu:

$$g = d^2 * n/40000 \quad (1)$$

dobivamo tablicu rasporeda ili distribucije temeljnica po hektaru za svaku vrstu drveća i sumarno. Temeljnica je raspoređena po istim debljinskim stupnjevima kao i broj stabala.

Kako bi se dobila tablica rasporeda volumena, odnosno drvne mase po hektaru za svaku vrstu drveća i sumarno, izrađuju se tarifni nizovi za svaku vrstu drveća na pokusnoj plohi.

Tablica 1. Osnovni elementi strukture (broj stabala, temeljnica i volumen)
istraživanih pokusnih ploha, prikazani po jedinici površine
Table 1. Principal structure elements (number of trees, basal area and volume)
of the researched experimental plots have been presented per area unit

Broj plohe	Dobni razred god.	starost god.	N/ha				G/ha				V/ha			
			Hrast	Grab	OTB	Ukupno	Hrast	Grab	OTB	Ukupno	Hrast	Grab	OTB	Ukupno
			kom/ha				m ² /ha				m ³ /ha			
1	> 20	18	3550	3150	100	<u>6800</u>	16,20	7,36	0,20	<u>23,76</u>	75,6	22,9	0,6	<u>99,0</u>
2	> 20	19	2300	3800		<u>6100</u>	6,87	10,41		<u>17,28</u>	29,9	33,0		<u>62,8</u>
3	> 20	15	675	1600	2075	<u>4350</u>	5,35	6,92	7,71	<u>19,98</u>	36,4	33,1	36,1	<u>105,6</u>
\bar{x}	> 20		<u>2175</u>	<u>2850</u>	<u>1088</u>	<u>5750</u>	<u>9,47</u>	<u>8,23</u>	<u>3,95</u>	<u>20,34</u>	<u>47,3</u>	<u>29,6</u>	<u>18,3</u>	<u>89,2</u>
4	21-40	24	1725	3450	1250	<u>6425</u>	9,23	13,99	2,90	<u>26,11</u>	60,4	67,6	11,6	<u>139,7</u>
5	21-40	28	4550	2350		<u>6900</u>	20,47	5,94		<u>26,41</u>	108,2	21,3		<u>129,5</u>
6	21-40	34	764	824	536	<u>2124</u>	13,01	7,37	3,61	<u>24,00</u>	115,1	52,1	23,9	<u>191,0</u>
7	21-40	31	185	419	328	<u>932</u>	5,55	10,22	7,16	<u>22,94</u>	58,3	72,4	50,2	<u>180,9</u>
\bar{x}	21-40		<u>1806</u>	<u>1761</u>	<u>705</u>	<u>4095</u>	<u>12,07</u>	<u>9,38</u>	<u>4,56</u>	<u>24,87</u>	<u>85,5</u>	<u>53,3</u>	<u>28,5</u>	<u>160,3</u>
8	41-60	49	764	1640	32	<u>2436</u>	17,52	7,54	0,11	<u>25,17</u>	179,4	42,4	0,5	<u>222,4</u>
9	41-60	45	188	1064	96	<u>1348</u>	7,67	14,16	1,17	<u>23,00</u>	87,0	120,3	9,5	<u>216,8</u>
10	41-60	41	89	386	198	<u>673</u>	9,73	10,92	10,31	<u>30,96</u>	139,1	85,9	89,5	<u>314,5</u>
11	41-60	56	336	916	24	<u>1276</u>	20,42	10,67	0,12	<u>31,21</u>	281,9	80,3	0,7	<u>362,9</u>
\bar{x}	41-60		<u>344</u>	<u>1002</u>	<u>88</u>	<u>1433</u>	<u>13,83</u>	<u>10,82</u>	<u>2,93</u>	<u>27,59</u>	<u>171,9</u>	<u>82,2</u>	<u>25,1</u>	<u>279,1</u>
12	61-80	63	416	1052	36	<u>1504</u>	17,57	9,27	0,24	<u>27,08</u>	208,9	63,4	1,6	<u>273,8</u>
13	61-80	80	95	337	39	<u>471</u>	15,57	16,59	1,76	<u>33,92</u>	268,7	202,6	20,9	<u>492,2</u>
14	61-80	76	59	235	52	<u>346</u>	15,15	14,99	2,74	<u>32,89</u>	281,1	181,9	32,1	<u>495,1</u>
15	61-80	70	263	66	100	<u>429</u>	21,88	2,72	2,64	<u>27,24</u>	310,5	27,9	24,6	<u>362,9</u>
16	61-80	66	320	364	12	<u>696</u>	25,36	6,40	0,11	<u>31,87</u>	340,3	47,1	0,7	<u>388,1</u>
17	61-80	77	146	386	14	<u>546</u>	15,51	15,55	0,29	<u>31,35</u>	229,2	198,1	2,9	<u>428,2</u>
18	61-80	76	231	315	40	<u>586</u>	22,35	10,80	1,07	<u>34,22</u>	345,3	124,7	11,8	<u>481,8</u>
19	61-80	77	170	569	150	<u>889</u>	16,79	7,33	5,83	<u>29,95</u>	257,5	67,2	69,8	<u>394,5</u>
20	61-80	75	156	126	83	<u>365</u>	17,95	4,67	5,13	<u>27,75</u>	230,8	39,2	49,5	<u>319,5</u>
\bar{x}	61-80		<u>206</u>	<u>383</u>	<u>58</u>	<u>648</u>	<u>18,68</u>	<u>9,81</u>	<u>2,20</u>	<u>30,70</u>	<u>274,7</u>	<u>105,6</u>	<u>23,8</u>	<u>404,0</u>
21	81-100	88	238	224	4	<u>466</u>	23,75	6,90	0,33	<u>30,99</u>	358,9	73,3	4,2	<u>436,4</u>
22	81-100	87	230	223	62	<u>515</u>	22,30	5,62	1,61	<u>29,52</u>	318,8	52,0	15,9	<u>386,6</u>
23	81-100	89	97	119	73	<u>289</u>	16,96	5,78	5,97	<u>28,72</u>	268,0	53,4	62,2	<u>383,6</u>
24	81-100	86	190	510	37	<u>737</u>	19,51	10,19	2,15	<u>31,85</u>	271,7	93,6	24,6	<u>389,9</u>
25	81-100	89	121	237	141	<u>499</u>	19,11	5,17	7,66	<u>31,94</u>	304,6	52,3	91,0	<u>447,9</u>
26	81-100	90	200	320		<u>520</u>	27,44	1,34		<u>28,78</u>	433,0	7,8		<u>440,8</u>
27	81-100	97	95	275	82	<u>452</u>	18,04	9,12	3,53	<u>30,69</u>	303,3	103,3	46,4	<u>452,9</u>
28	81-100	96	114	357	73	<u>544</u>	19,88	8,38	3,57	<u>31,83</u>	332,2	77,5	40,8	<u>450,4</u>
29	81-100	97	100	507	26	<u>633</u>	23,97	11,52	0,77	<u>36,26</u>	417,4	103,3	7,9	<u>528,6</u>
\bar{x}	81-100		<u>154</u>	<u>308</u>	<u>62</u>	<u>517</u>	<u>21,22</u>	<u>7,11</u>	<u>3,20</u>	<u>31,17</u>	<u>334,2</u>	<u>68,5</u>	<u>36,6</u>	<u>435,2</u>
30	101-120	105	177	287	1	<u>465</u>	21,95	9,86	0,03	<u>31,84</u>	344,6	107,0	0,3	<u>451,9</u>
31	101-120	113	83	80		<u>163</u>	22,45	5,86		<u>28,30</u>	427,2	77,4		<u>504,6</u>
32	101-120	107	182	193	115	<u>490</u>	25,43	6,65	2,41	<u>34,49</u>	372,0	60,1	20,4	<u>452,6</u>
33	101-120	116	82	209	55	<u>346</u>	21,83	9,40	3,42	<u>34,65</u>	380,5	103,8	41,9	<u>526,2</u>
34	101-120	112	81	155	54	<u>290</u>	21,51	10,03	5,00	<u>36,55</u>	390,1	109,6	65,9	<u>565,6</u>
35	101-120	115	96	488	6	<u>590</u>	23,99	7,53	0,27	<u>31,79</u>	413,7	55,0	2,7	<u>471,4</u>
\bar{x}	101-120		<u>117</u>	<u>235</u>	<u>46</u>	<u>391</u>	<u>22,86</u>	<u>8,22</u>	<u>2,23</u>	<u>32,94</u>	<u>388,0</u>	<u>85,5</u>	<u>26,2</u>	<u>495,4</u>
36	121-140	125	59	216	17	<u>292</u>	21,69	8,54	0,21	<u>30,44</u>	453,1	90,7	1,5	<u>545,3</u>
37	121-140	130	66	280	0	<u>346</u>	18,43	13,37	0,00	<u>31,79</u>	336,0	161,9	0,0	<u>497,9</u>
38	121-140	140	45	230	1	<u>276</u>	19,60	14,94	0,02	<u>34,55</u>	372,8	195,0	0,1	<u>567,9</u>
39	121-140	131	65	201	6	<u>272</u>	22,79	11,60	0,66	<u>35,04</u>	440,1	126,5	8,8	<u>575,4</u>
40	121-140	132	74	237	32	<u>343</u>	23,89	11,95	0,75	<u>36,60</u>	452,7	131,1	5,7	<u>589,5</u>
\bar{x}	121-140		<u>71</u>	<u>233</u>	<u>11</u>	<u>306</u>	<u>21,28</u>	<u>12,08</u>	<u>0,33</u>	<u>33,69</u>	<u>410,9</u>	<u>141,0</u>	<u>3,2</u>	<u>555,2</u>
41	141 <	141	53	281	30	<u>364</u>	27,23	11,96	1,50	<u>40,68</u>	578,9	90,3	11,7	<u>680,9</u>
42	141 <	141	71	195	28	<u>294</u>	23,36	10,62	3,08	<u>37,06</u>	478,1	85,3	28,4	<u>591,8</u>
\bar{x}	141 <		<u>62</u>	<u>238</u>	<u>29</u>	<u>329</u>	<u>25,29</u>	<u>11,29</u>	<u>2,29</u>	<u>38,87</u>	<u>528,5</u>	<u>87,8</u>	<u>20,1</u>	<u>636,4</u>

Nizovi se konstruiraju parametrima b_0 i b_1 izjednačenih visinskih krivulja formulom Mihajlova:

$$h = (b_0 * e^{b_1/d}) + 1,30 \quad (2)$$

te a , b i c parametara za pojedinu vrstu drveća iz drvnogromadnih tablica (ŠPIRANEC 1975).

Volumen stabla, kao funkciju prsnog promjera i visine stabla, računamo formulom Schumacher-Halla:

$$V = a * d^{b*}h^c \quad (3)$$

Na taj smo način dobili stanje osnovnih elemenata strukture (broj stabala, temeljnica, volumen) po jedinici površine, na odabranim pokusnim plohama, raspoređenim u dobne razrede po dvadeset godina.

Analizom distribucija prsnih promjera hrasta lužnjaka i običnog graba, prikazanih po jedinici površine, određene su srednje vrijednosti (\bar{x}), standardne devijacije (s_x), standardne pogreške ($s_{\bar{x}}$), koeficijenti varijacije (C.V.), koeficijenti spljoštenosti (β_2) i koeficijenti skošenosti (β_1), za svaku pokusnu plohu u određenoj godini starosti.

Aritmetičke sredine svih izmjerenih prsnih promjera hrasta lužnjaka i običnog graba na svim plohama raspoređenim po dobnim razredima, kao i prosjeci za svaki dobnii razred pojedinačno, prikazani su u Tablici 2.

Na osnovi obračunatih podataka mjerenja na svim pokusnim plohama, izračunati su prosjeci, odnosno prosječne vrijednosti ukupnog broja stabala po hektaru, prosječne vrijednosti broja stabala po hektaru za svaku vrstu posebno te srednjeg prsnog promjera hrasta lužnjaka i srednjeg prsnog promjera običnog graba.

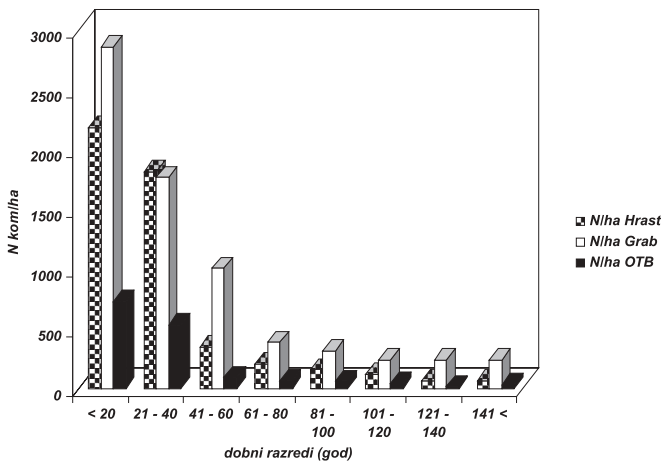
Tablica 2. Aritmetička sredina prsnih promjera hrasta lužnjaka i običnog graba izražena u centimetrima na plohama raspoređenim po dobnim razredima i prosjek za dobnii razred
 Table 2. Arithmetic mean of d.b.h of peduncled oak and common hornbeam given in centimetres by plots distributed by age classes and an average for an age class

Dobni razred	Vrsta drveća	Aritmetička sredina svih izmjerenih prsnih promjera hrasta i graba izražena u centimetrima na plohama raspoređenim po dobnim razredima i prosjek za dobnii razred										Ukupno ploha	Prosjek po DR	
> 20	hrast	6,9	5,9	9,0									3	7,3
	grab	4,2	5,7	5,6										5,2
21 - 40	hrast	7,7	7,0	13,5	18,7								4	11,7
	grab	6,3	4,5	9,3	16,2									9,1
41 - 60	hrast	16,4	21,9	36,0	27,2								4	25,3
	grab	7,1	11,9	20,5	11,3									12,7
61 - 80	hrast	22,1	44,5	56,1	31,6	30,9	35,4	34,2	34,5	37,0			9	36,2
	grab	9,5	23,6	26,7	19,2	13,4	20,8	19,4	13,6	23,5				18,9
81 - 100	hrast	34,8	34,5	45,9	35,1	43,7	40,3	48,1	46,0	53,8			9	42,5
	grab	19,2	17,2	26,1	15,6	17,2	6,6	18,2	17,2	15,3				17,0
101 - 120	hrast	38,5	57,1	41,3	56,8	56,9	54,9						6	50,9
	grab	19,8	30,1	17,7	22,1	28,0	12,9							21,8
121 - 140	hrast	66,2	57,8	72,9	65,8	62,7							5	65,1
	grab	18,4	23,5	27,4	26,2	21,9								23,5
141 <	hrast	80,5	61,2										2	70,8
	grab	22,5	23,8											23,1
Ukupno ploha		8	8	7	6	4	3	2	2	2			42	32,88 ha

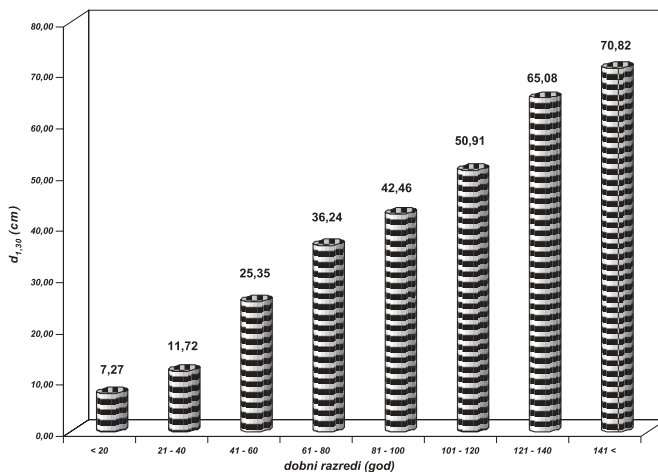
U Grafikonu 1. prikazane su prosječne vrijednosti N/ha za svaku vrstu drveća posebno po dobnim razredima, a u Grafikonu 2. prikazan je srednji prsni promjer hrasta lužnjaka po dobnim razredima.

U daljnjem su tijekom istraživanja izmjereni podaci svih pokusnih ploha koji su uneseni u bazu podataka, u svakom pojedinačnom dobnom razredu kumulirani i obrađeni tako da sve plohe u jednom dobnom razredu čine jednu jedinstvenu plohu koja predstavlja dobnim razred.

Na taj je način dobiveno 8 ploha (dobnih razreda) s velikom bazom izmjernih prsnih promjera hrasta lužnjaka i običnog graba.



Grafikon 1. Prosječne vrijednosti broja stabala po vrstama drveća za istraživane dobne razrede
 Graph 1. Average values of the number of trees by tree species for the researched age classes



Grafikon 2. Srednji prsni promjer hrasta lužnjaka za istraživane dobne razrede
 Graph 2. Medium d.b.h. of peduncled oak for the researched age classes

Tablica 3. Parametri distribucija prsnih promjera hrasta lužnjaka i običnog graba za istraživane dobne razrede
 Table 3. Distribution parameters of d.b.h. of peduncled oak and common hornbeam for the researched age classes

Dobni razred	Hrast lužnjak						Obični grab					
	godine	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1	β_2	\bar{x}	s_x	$s_{\bar{x}}$	C.V.	β_1
> 20	8,592	3,342	0,115	38,901	0,782	0,544	5,576	2,869	0,046	51,446	1,206	1,976
21 - 40	12,502	6,773	0,270	54,175	0,781	-0,237	12,337	6,555	0,177	53,131	0,920	1,162
41 - 60	23,445	10,312	0,509	43,983	0,878	0,344	13,754	7,602	0,195	55,273	0,793	0,076
61 - 80	34,472	10,576	0,292	30,680	0,820	1,318	18,240	8,753	0,166	47,987	0,635	-0,060
81 - 100	40,859	11,136	0,313	27,255	0,320	0,507	16,272	8,643	0,154	53,114	1,131	2,065
101 - 120	47,932	13,172	0,497	27,480	0,675	0,749	19,233	9,311	0,230	48,413	1,240	2,242
121 - 140	64,568	14,130	0,804	21,885	0,639	1,161	23,350	9,880	0,283	42,311	0,423	-0,415
141 <	69,415	14,092	1,266	20,301	-0,162	-0,860	23,029	8,068	0,349	35,034	1,059	2,985

\bar{x} = aritmetička sredina/arithmetic mean
 $s_{\bar{x}}$ = standardna pogreška/standard error
 β_1 = koeficijent skošenosti/slantness coefficient

C.V. = koeficijent varijacije/variation coefficient
 s_x = standardna devijacija/standard deviation
 β_2 = koeficijent spljoštenosti/flatness coefficient

Tablica 4. Omjer smjese na osnovi broja stabala po dobnim razredima
 Table 4. Mixture ratio based on tree number per age classes

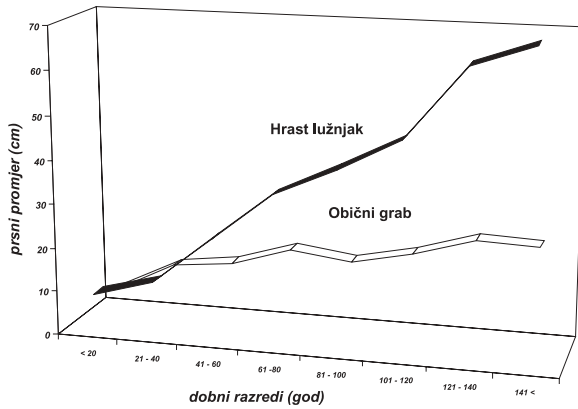
Dobni razred	Omjer smjese na osnovi broja stabala			
	Hrast lužnjak	Obični grab	OTB	Ukupno
godine	%			
> 20	18	38	44	100
21 - 40	31	43	26	100
41 - 60	21	67	12	100
61 - 80	32	56	12	100
81 - 100	29	60	11	100
101 - 120	30	60	10	100
121 - 140	20	76	4	100
141 <	19	72	9	100

Proces promjene, odnosno tijekom razvoja omjera smjese, na osnovi broja stabala, kroz vrijeme za hrast lužnjak, obični grab i OTB-u prikazan je tablično (Tablica 4.).

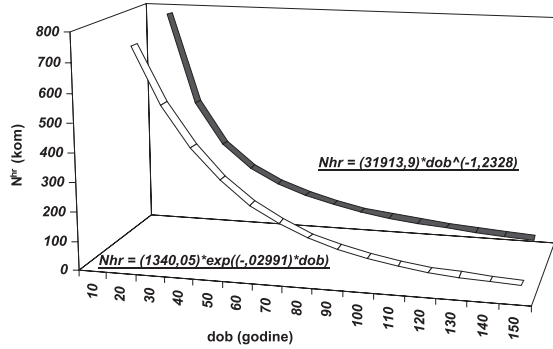
Tijekom razvoja srednjih prsnih promjera hrasta lužnjaka i običnog graba u istraživanoj zajednici *Carpino betuli* – *Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969 u rasponu dobnih razreda istraživane zajednice, prikazan je u Grafikonu 3.

Regresijskom analizom te metodom najmanjih kvadrata u odnosu na dob, u daljnjem postupku istraživanja prikazana je ovisnost broja stabala hrasta lužnjaka, broja stabala običnog graba i ukupnog broja stabala, kao i srednjeg prsnog promjera hrasta lužnjaka i običnog graba o starosti sastojine.

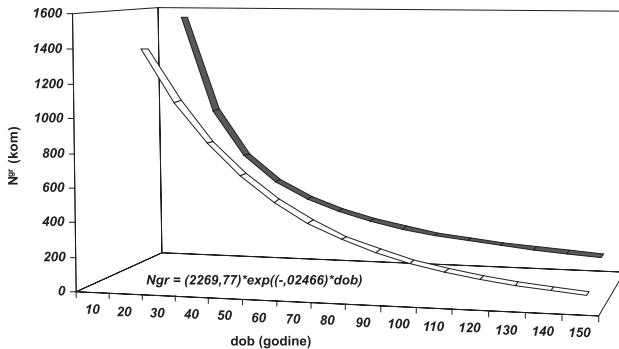
Na taj su način dobivene ovisnosti istraživanih varijabli o starosti sastojine, odnosno analitički izrazi koji u ovom slučaju najbolje opisuju razvoj promatranih elemenata strukture kao funkciju vremena na odabranim pokusnim plohama.



Grafikon 3. Razvoj srednjeg prsnog promjera hrasta lužnjaka i običnog graba po dobnim razredima
 Graph 3. Development of medium d.b.h. of peduncled oak and common hornbeam by age classes

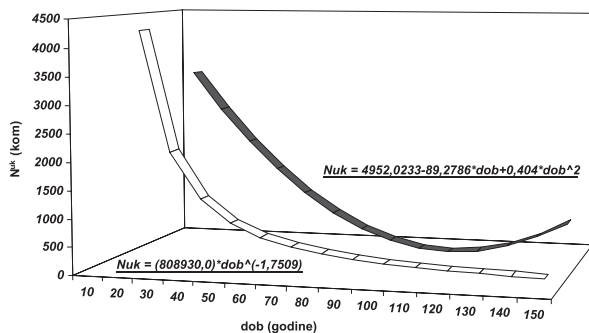


Grafikon 4. Modeli izjednačenja broja stabala hrasta lužnjaka po hektaru
 Graph 4. Levelling models of the number of trees of peduncled oak per hectare

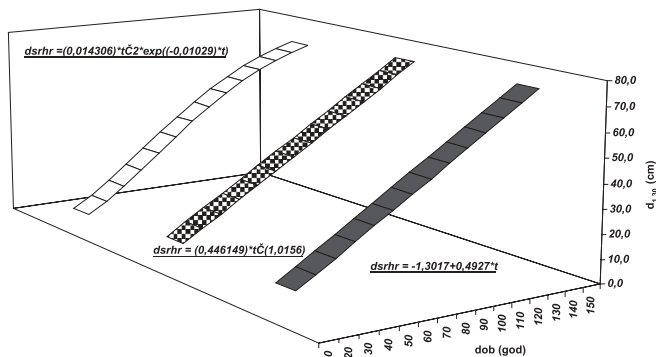


Grafikon 5. Modeli izjednačenja broja stabala običnog graba po hektaru
 Graph 5. Levelling models of the number of trees of common hornbeam per hectare

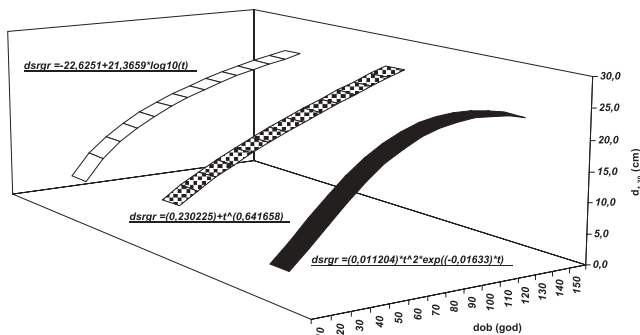
U Grafikonima 4. i 5. prikazani su modeli izjednačenja broja stabala hrasta lužnjaka i običnog graba po hektaru.



Grafikon 6. Modeli izjednačenja ukupnog broja stabala po hektaru
 Graph 6. Levelling models of total number of trees per hectare



Grafikon 7. Modeli izjednačenja srednjeg prsnog promjera hrasta lužnjaka kroz istraživano vrijeme
 Graph 7. Levelling models of d.b.h. of peduncled oak in a research period



Grafikon 8. Modeli izjednačenja srednjeg prsnog promjera običnog graba kroz istraživano vrijeme
 Graph 8. Levelling models of d.b.h. of common hornbeam in a research period

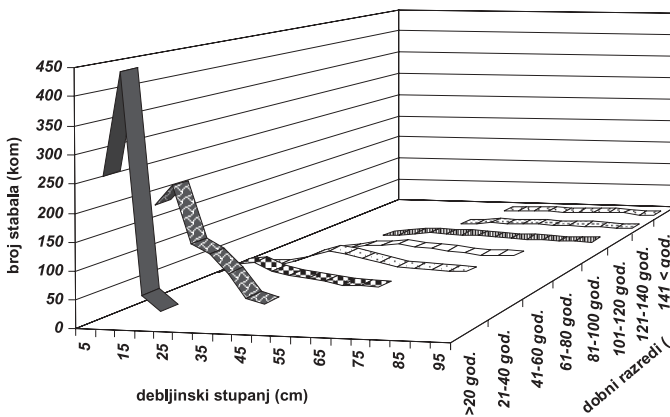
U Grafikonu 6. prikazani su modeli izjednačenja ukupnog broja stabala po hektaru.

U Grafikonu 7. prikazani su modeli izjednačenja srednjeg prsnog promjera hrasta lužnjaka po dobnim razredima.

Tablica 5. Istraživani elementi strukture i njihovi modeli izjednačenja kroz vrijeme
Table 5. Researched structure elements and their levelling models in time

Istraživane varijable	Broj modela	Funkcija izjednačenja	Analitički izraz modela izjednačenja	R ²	R
N ^{hr}	2	eksponencijalna	$N^{hr} = (1340,05) \cdot \exp((-0,02991) \cdot t)$	0,94	0,97
		potencija	$N^{hr} = (31913,9) \cdot t^{(-1,2328)}$	0,996	0,998
N ^{gr}	2	eksponencijalna	$N^{gr} = (2269,77) \cdot \exp((-0,02466) \cdot t)$	0,79	0,89
		potencija	$N^{gr} = (46907,7) \cdot t^{(-1,1387)}$	0,90	0,95
N ^{ukupno}	2	polinomna	$N^{ukupno} = 4952,0233 - 89,2786 \cdot t + 0,404 \cdot t^2$	0,77	0,88
		potencija	$N^{ukupno} = (808930,0) \cdot t^{(-1,7509)}$	0,96	0,98
d ^{sr hr}	3	linearna	$d^{sr hr} = -1,3017 + 0,4927 \cdot t$	0,992	0,996
		potencija	$d^{sr hr} = (0,446149) \cdot t^{(1,0156)}$	0,991	0,996
		Hugershoff (exp.)	$d^{sr hr} = (0,014306) \cdot t^2 \cdot \exp((-0,01029) \cdot t)$	0,98	0,99
d ^{sr gr}	3	Hugershoff (exp.)	$d^{sr gr} = (0,011204) \cdot t^2 \cdot \exp((-0,01633) \cdot t)$	0,90	0,95
		potencija	$d^{sr gr} = (0,230225) \cdot t^{(0,641658)}$	0,93	0,97
		logaritamska	$d^{sr gr} = -22,6251 + 21,3659 \cdot \log_{10}(t)$	0,96	0,98

N^{hr} = broj stabala hrasta/number of oak trees N^{gr} = broj stabala graba/number of hornbeam trees
N^{ukupno} = ukupni broj stabala/total of trees d^{sr hr} = srednji prsni promjer hrasta/medium d.b.h of oak
d^{sr gr} = srednji prsni promjer graba/medium d.b.h of hornbeam



Grafikon 9. Normalna raspodjela broja stabala hrasta lužnjaka po debljinskim stupnjevima i dobnim razredima na istraživanom uzorku promatrane sastojine
Graph 9. Normal distribution of a number of trees of peduncled oak by diameter degrees and age classes in a researched sample of monitored stand

U Grafikonu 8. prikazani su modeli izjednačenja srednjeg prsnog promjera običnog graba kroz istraživani vremenski period.

Na taj način dobiveno je, za 5 obrađenih varijabli pojedinačno u odnosu na dob, 12 modela izjednačenja koji opisuju tijek razvoja tih varijabli, u vremenskom razdoblju istraživanih dobnih razreda, mješovitih sastojina hrasta lužnjaka i običnog graba na odabranom uzorku od 42 pokusne plohe.

Broj modela izjednačenja svake pojedinačne varijable kroz istraživano vrijeme, vrsta modela odnosno funkcije izjednačenja i njen analitički oblik te koeficijenti korelacije i koeficijenti determinacije, prikazani su u Tablici 5.

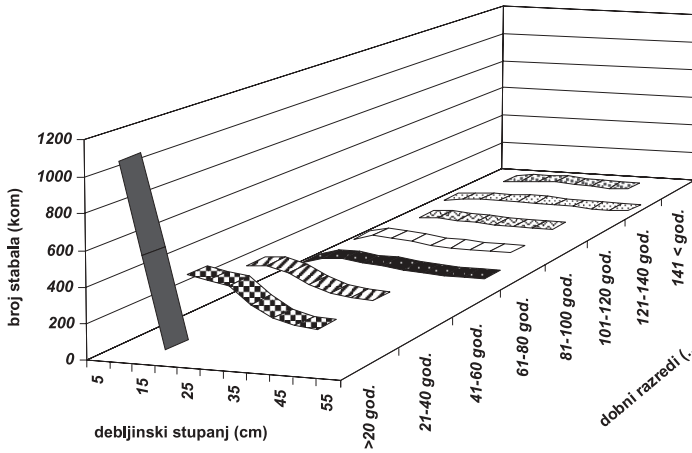
Tablica 6. Normalna raspodjela broja stabala u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka i običnog graba po debljinskim stupnjevima kroz istraživani period

Table 6. Normal distribution of a number of trees in mixed stands of peduncled oak and common hornbeam by diameter degrees in a research period

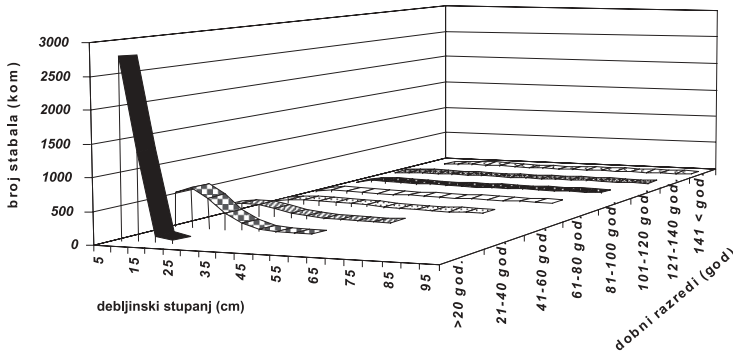
Deb. st.	Normalna distribucija broja stabala istraživane sastojine															
	Dobni razredi (godine)															
	>20				21-40				41-60				61-80			
cm	hrast	grab	otb	ukupno	hrast	grab	otb	ukupno	hrast	grab	otb	ukupno	hrast	grab	otb	ukupno
5	255	1048	1461	2764	177	266	106	549	21	168	8	197	1	61	1	25
10	438	536	387	1361	214	238	186	638	39	134	15	188	3	62	12	77
15	49	23	23	95	107	217	161	485	42	75	20	137	11	44	13	68
20	23		22	45	90	116	50	256	26	23	75	24	37	9	70	
25					56	47	14	117	20	8	23	51	33	21	7	61
30					11	14	11	36	2	2	9	4	7			7
35					2	4	7	13				4	13	1	1	15
40							2	2	4			2	4			4
45							1	1				4	7			7
50									4			2	4			4
55									2			3				3
60												1				1
65												1				1
70												1				1
75																
80																
85																
90																
95																
100																
Suma	765	1607	1893	4265	657	902	538	2097	182	571	104	857	153	266	57	476

Deb. st.	Normalna distribucija broja stabala istraživane sastojine															
	Dobni razredi (godine)															
	81-100				101-120				121-140				141<			
cm	hrast	grab	otb	ukupno	hrast	grab	otb	ukupno	hrast	grab	otb	ukupno	hrast	grab	otb	ukupno
5		23	2	25		1		1		1		1				
10		52	6	58		30	8	38		15	2	17		4		4
15		46	6	52		31	4	35		24	2	26		17	2	19
20	2	36	5	43		28	2	30		19	1	20		22	2	24
25	5	16	4	25	2	18	2	22		19		19		23	2	25
30	12	7	4	23	4	12	2	18		20	1	21		15	1	16
35	14	3	3	20	9	5	1	15		13		13		8	1	9
40	17	2	2	21	10	3	1	14	1	7		8		1	1	2
45	12	1	1	14	9		1	10	2	3		5	1	1		2
50	9		1	10	8		1	9	4	1		5	2			2
55	7			7	8		1	9	4			4	2			2
60	4			4	5			5	5			5	3			3
65	1			1	4			4	5			5	3			3
70	1			1	3			3	4			4	2			2
75	1			1	1			1	3			3	2			2
80	1			1	1			1	3			3	4			4
85					1			1	1			1	4			4
90									1			1	1			1
95													1			1
100																
Suma	86	186	34	306	65	128	23	216	33	122	6	161	25	91	9	125

Koeficijentom korelacije (R) i koeficijentima determinacije (R^2), kao i na osnovi iskustava dosadašnjih istraživanja, od analitičnih izraza izjednačenja istraži-



Grafikon 10. Normalna raspodjela broja stabala običnog graba po debljinskim stupnjevima i dobnim razredima na istraživanom uzorku promatrane sastojine
 Graph 10. Normal distribution of a number of trees of common hornbeam by diameter degrees and age classes on a researched sample of monitored stand



Grafikon 11. Normalna raspodjela ukupnog broja stabala po debljinskim stupnjevima i dobnim razredima na istraživanom uzorku promatrane sastojine
 Graph 11. Normal distribution of a total number of trees by diameter degrees and age classes and age classes on a researched sample of monitored stand

vanih varijabli prikazanih u Tablici 5., za svaku istraživanu varijablu odabrana je funkcija izjednačenja.

Za izjednačenje broja stabala hrasta lužnjaka po hektaru (N^{hr}), broja stabala običnog graba po hektaru (N^{gr}) i ukupnog broj stabala po hektaru (N^{uk}), odabrana je funkcija potencije. Izjednačenje broja stabala OTB-a po hektaru ($N^{OTB/ha}$) nije rađeno, već su vrijednosti koje prikazuju razvoj tog elementa strukture dobivene tako da su od ukupnih vrijednosti izjednačenog broja stabala po hektaru, oduzete vrijednosti izjednačenog broja stabala po hektaru hrasta lužnjaka i običnog graba.

Za izjednačenje srednjeg prsnog promjera hrasta lužnjaka odabrana je također funkcija potencije, a logaritamskom funkcijom prikazan je razvoj srednjeg prsnog promjera običnog graba.

Za uređivanje i uzgajanje šuma bitno je poznavati distribucije broja stabala, odnosno treba znati kako je raspoređen broj stabala glede debljinskih stupnjeva, odnosno prsni promjer u svakom istraživanom dobnom razredu. (HREN i KOVAČIĆ 1987).

Na temelju prosječne učestalosti broja stabala hrasta lužnjaka, običnog graba i OTB-a po debljinskim stupnjevima i omjera smjese u svakom debljinskom stupnju, za svaki dobní razred posebno te izjednačene vrijednosti ukupnog broja stabala po hektaru u istraživanom vremenskom periodu, izrađene su i normalne distribucije broja stabala po hektaru kako za vrste koje čine istraživanu mješovitu sastojinu, tako i za ukupan broj stabala.

Tako izrađene normalne distribucije broja stabala prikazane su u Tablici 6. i Grafikonima 9., 10. i 11.

ZAKLJUČCI

CONCLUSIONS

Istraživanja u ovom radu obavljena su u sastojinama hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli* – *Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969).

U svrhu istraživanja postavljene su 42 pokusne plohe u sastojinama hrasta lužnjaka i običnog graba, na ukupnoj površini od 32,88 hektara, a raspoređene su po dobnim razredima od dobnog razreda >20-te godine do dobnog razreda 141 < godine starosti sastojine, s razmakom između dobnih razreda od 20 godina.

Sve istraživane pokusne plohe osnovane su u prirodnim sastojinama nastalim prirodnim pomlađivanjem, oplodnom sječom s kratkim pomladnim razdobljem. Od svih postavljenih pokusnih ploha u obradu su ušle one koje se nalaze na istim tlima i kojima je obrast obračunat za svaku vrstu drveća posebno, na osnovi prirasno-prihodnih tablica reduciranim omjerom smjese, iznad 0,8, što ih prema Pravilniku o uređivanju šuma svrstava u normalne sastojine.

Istraživanja prikazuju razvoj debljinske strukture mješovite zajednice hrasta lužnjaka i običnog graba. Statističkom obrade empiričkih podataka dobili smo analitičke izraze koji najbolje opisuju razvoj promatranih elemenata strukture, u istraživanom vremenskom periodu te prikazuju razvoj sastojinskih komponenata u stanišnim uvjetima (prosječnim) kakvi su postojali u vrijeme snimanja podataka.

U skladu sa zadatkom i ciljem istraživanja, a na osnovi dobivenih rezultata istraživanja u ovom radu, nameću se sljedeći zaključci:

1. Regresijskom analizom te metodom najmanjih kvadrata u odnosu na dob, prikazana je ovisnost broja stabala hrasta lužnjaka i običnog graba te ukupnog broja stabala, kao i srednjeg prsnog promjera hrasta lužnjaka i srednjeg prsnog promjera običnog graba o starosti sastojine.
2. Tijek razvoja broja stabala hrasta lužnjaka i običnog graba po hektaru te ukupnog broja stabala po hektaru kroz istraživano vrijeme, od 20-te do 141-ve i više godina starosti, izjednačen je funkcijom potencije

$(y = (a) * x^{(b)})$. Koeficijenti determinacije (R^2) za ove su varijable sljedeći: $N^{hr} = 99,6\%$; $N^{gr} = 90,0\%$; $N^{uk} = 96,0\%$.

3. Kao modelna funkcija razvoja srednjeg prsnog promjera hrasta, odabrana je funkcija potencije ($R^2 = 99,1\%$). Razvoj srednjeg prsnog promjera običnog graba najbolje opisuje logaritamska funkcija ($R^2 = 96,0\%$).
4. U praktičnom šumarstvu, a i za znanstvene svrhe, bitno je poznavati i distribucije strukturnih elemenata. Na temelju prosječne učestalosti broja stabala hrasta lužnjaka, običnog graba i OTB-a po debljinskim stupnjevima i omjera smjese u svakom debljinskom stupnju, za svaki dobni razred posebno te izjednačene vrijednosti ukupnog broja stabala u istraživanom vremenskom periodu, izrađene su i normalne raspodjele broja stabala kako za vrste koje čine istraživanu sastojinu, tako i za ukupni broj stabala te prikazane u Tablici 6. i Grafikonima 9.-11.
5. Rezultati istraživanja ovog rada, dobiveni modeli koji opisuju analitički tijek razvoja debljinske strukture na istraživanim ploham, kao i normalna raspodjela broja stabala, zasigurno će poslužiti kao pomoć pri prognozi budućeg stanja ovih mješovitih sastojina te u određivanju smjernica budućeg šumarstva.

LITERATURA

REFERENCES

- BENKO, M., V. NOVOTNY, D. VULETIĆ, 2001: Modeliranje mješovitih sastojina hrasta lužnjaka u EGT-u II-G-10. Znanstvena knjiga: Znanost u potrajnom gospodarenju Hrvatskim šumama. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut, Jastrebarsko, Hrvatske šume, p.o. Zagreb, 395-406, Zagreb.
- DUBRAVAC, T., V. NOVOTNY, 1992: Metodologija tematskog područja uzgajanje šuma-rast i prirast (primijenjena u multidisciplinarnom projektu Ekološko ekonomske valencije tipova šuma). Radovi Šumarskog instituta, br. 27 (2), str. 157 - 166, Jastrebarsko.
- HREN, V., Đ. KOVAČIĆ, 1987: Normalna raspodjela stabala po debljinskim stupnjevima i dobnim razredima u ekološko-gospodarskim tipovima šuma II-G-10, II-G-11, II-G-12, II-G-13 i II-G-22. Radovi Šumar.inst. Jastrebarsko XXII/72: 1 -65, Zagreb.
- JOGISTE, K., 2001: Mixed – stand growth model as a tool for forest ecosystem management planning. IUFRO Conference “ Forest modelling for ecosystem management, forest certification and sustainable management”, 258-262, Vancouver.
- KLEPAC, D., 1996: Hrast lužnjak u Hrvatskoj. Rast i prirast sastojine, str. 219-226, HAZU – JP HŠ, Vinkovci-Zagreb.
- LUKIĆ, N., 1990: Utjecaj strukturnih promjena jednodobnih bukovih sastojina na visinski i debljinski prirast. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- LYNCH, T. B., J. W. Jr. Moser, 1986: A growth model for mixed species stands. For. Sci. 32 (3), 697-706.
- MILETIĆ, Ž., 1950: Osnovi uređivanja prebirne šume, knjiga 1, Beograd.
- NOVOTNY, V., 1997: Pomak osnovnih sastojinskih elemenata u vremenu između dvije izmjere u zajednici *Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex. Rauš 1969. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- NOVOTNY, V., M. BENKO, B. VRBEK, 1999: The development of structural elements of floodplain forest (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht 1938) in Slavonia. Ecologia, 18(1):47-58, Bratislava.

- NOVOTNY, V., A. SELETKOVIĆ, T. DUBRAVAC, 2001: Stand structure as the main indicator in the elaboration of management plans. I International Symposium "Present and new ways of development of forest management" The problems of spatial arrangement of the forest and cutting control at the present time. Proceedings: 101-106. Zvolen.
- PRANJIĆ, A., N. LUKIĆ, 1997: Izmjera šuma. Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, pp.405, Zagreb.
- RAUŠ, Đ., I. TRINAJSTIĆ, J. VUKELIĆ, J. MEDVEDOVIĆ, 1992: Šume u Hrvatskoj. Biljni svijet Hrvatskih šuma, str. 33-77, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.
- RAUŠ, Đ., 1996: Hrast lužnjak u Hrvatskoj. Šumske zajednice i sinekološki uvjeti hrasta lužnjaka, str. 27-54. HAZU – JP HŠ, Vinkovci-Zagreb.
- ŠPIRANEC, M., 1975: Prirasno-prihodne tablice. Rad. Šumar. inst. (25): 1-103, Jastrebarsko, Zagreb.

RESEARCH OF DIAMETER STRUCTURE OF PEDUNCLED OAK AND COMMON HORNBEAM (*CARPINO BETULI-QUERCETUM* *ROBORIS ANIĆ EX. RAUŠ 1969.*)

Summary

Trees are forest's basic structural element and define its main characteristic. The stand, being a part of the forest, differs from the forest in one or several significant properties. All elements which are components of a volume of wood and distribute it in space, are, in its broadest sense, the structure of the stand.

It is necessary to concentrate much more on the structure of the stand, as well as to its development, because research results and defined patterns are helpful in planning silvicultural and management interventions, which facilitate better realization of management aims through ensuring more benefits from the forest without disturbing ecological and sociological premises of natural development of our forest ecosystems.

The stand structure can be treated in various ways, depending on the element under scrutiny. The term stand includes the distribution of the species, number of trees and their dimensions per area unit, and it is a result of the growth intensity of particular species under the influence of natural factors and human influences.

The term «structure» most often refers to a diameter structure evaluated on the basis of measurements of d.b.h., i.e. on the basis of how the number of trees in the stand is distributed by diameter degrees or classes.

This paper presents research of a development of a number of trees and their d.b.h., as a temporal function in peduncled oak and common hornbeam stands. Research was carried out on experimental plots of varying age on the territory of Forest management administration branch offices Karlovac, Zagreb, Koprivnica, Bjelovar, Našice and Vinkovci. This research focuses on the condition of distribution of a number of trees by diameter categories in researched stands in the course of their development through a time period of the research.

Key words: Stand structure, peduncled oak, common hornbeam, number of trees, d.b.h., distribution of a number of trees