

Bašić, N., Kapić, J., Ballian, D. 2007. Morfometrijska analiza varijabilnosti lista hrasta lužnjaka  
Rad. – Šumar. inst. Jastrebar. 42 (1): 5–18

Izvorni znanstveni članak  
*Original scientific paper*

Prispjelo - *Received*: 15.04.2006.  
Prihvaćeno - *Accepted*: 13.06.2007.

Bašić Neđad<sup>1</sup>, Kapić Jasminko<sup>2</sup>, Ballian Dalibor<sup>1</sup>

## MORFOMETRIJSKA ANALIZA VARIJABILNOSTI SVOJSTAVA LISTA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR L.*) NA PODRUČJU SJEVERNE BOSNE

*MORPHOMETRIC ANALYSIS OF VARIABILITY  
OF LEAF CHARACTERISTICS OF COMMON OAK  
(QUERCUS ROBUR L.) FROM NORTHERN BOSNIA*

### SAŽETAK

U radu je morfometrijski analizirano devet svojstava lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur L.*) iz četiriju populacija s područja sjeverne Bosne. Komparativno-statistička analiza obuhvatila je istraživanja unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti, gdje su utvrđene značajne razlike kod pojedinih istraživanih svojstava lista.

**Ključne riječi:** hrast lužnjak, *Quercus robur L.*, varijabilnost, populacije

## UVOD

### INTRODUCTION

Ukupna površina šuma hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini iznosi oko 30.000ha. Najkvalitetnije šume hrasta lužnjaka nalaze se u općinama Bosanski Šamac, Bosanska Gradiška, Brčko i Bijeljina, a ukupna površina lužnjakovih šuma na području ovih općina iznosi oko 14.000ha. Najstarije šume hrasta lužnjaka nalaze se u općini Bosanska Gradiška i to s prosječnom drvnom zalihom oko 315m<sup>3</sup>/ha. Na području općine Bosanski Brod i Odžak ima oko 5.000ha lužnjako-

<sup>1</sup> Šumarski fakultet u Sarajevu, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, e-mail: ballian@bih.net.ba

<sup>2</sup> JP ŠPD Zeničko-dobojskoga kantona, Šumarija Žepče, Ulica prva 16, 72230 Žepče, Bosna i Hercegovina

vih šuma. Ostatak od 11.000ha čine privatne, manje, uglavnom izdanačke šume hrasta lužnjaka diljem Bosne i Hercegovine (Klepac 1988).

Prve podatke o rasprostranjenosti hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini navodi Beck-Managetta (1907): „Bosna: Svuda razasut kao ostatak šuma u nizinama Save, i rijeka Vrbasa, Ukrine, Bosne, Drine, onda u brdskom kraju, ali na jugu sjeverobosanskog pojasa hrasta rijedak, tako oko Travnika, Vranduka, Vareša, Sarajeva, u Sarajevskom polju, u gornjoj dolini Drine, kod Šuice, Livna, na Vještici, Šator-pl., a u Hercegovini: Rijetko u dolini Zalomske rijeke, kod Plužina i u donjoj dolini Neretve“.

Mnogi autori ističu činjenicu kako su među hrastovima izražene spontana hibridizacija i introgresija. Upravo ti procesi, kako navodi Krstinić (1996), između hrasta lužnjaka u prvom redu i hrasta kitnjaka uvjetuju vrlo izraženu unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost. Prema Trinajstiću (1988), to dovodi do velike polimorfnosti i varijabilnosti morfoloških svojstava hrasta lužnjaka, a potencirana je introgresivnom hibridizacijom do koje dolazi zbog nepotpune reprodukcije izolacije među srodnim vrstama roda *Quercus* L. Upravo zahvaljujući takvoj situaciji u sjeverozapadnom dijelu područja rasprostranjenosti hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini, gdje raste s kitnjakom, dolazi do njihove međusobne hibridizacije i pojave hibridnih rojeva, što stvara poteškoće pri determinaciji i razlikovanju tih vrsta.

Veliki broj istraživača pokušao je riješiti taksonomsku problematiku hrasta lužnjaka, ali taj problem je i dalje ostao otvoren. Tako je opisano niz novih podvrsta, varijeteta i formi često neadekvatnih u taksonomskom pogledu, što pravi pomutnju u ionako nedovoljno jasnoj taksonomskoj slici hrasta lužnjaka (Franjić 1993a, 1993b, 1994a, 1994b). S obzirom na široko područje rasprostranjenosti hrast lužnjak je polimorfna vrsta pa je u okviru ove vrste izdvojen i opisan veliki broj nižih sistematskih kategorija.

Trinajstić (1974) u Analitičkoj flori Jugoslavije navodi kako na prostorima bivše Jugoslavije dolaze dvije podvrste hrasta lužnjaka i to: subsp. *brutia* (Ten) O. Schwarz (poznata do sada iz Srbije) subsp. *robur* – općenito rasprostranjena podvrsta, tipična u području rasprostranjenosti vrste, kojoj u flori Jugoslavije pripadaju sljedeće forme: f. *holophylla* (Rehd.) Trinajstić; f. *parvifolia* (Lasch) Trinajstić; f. *macrophylla* (Lasch) Trinajstić; f. *ettingeri* (Vukot) Trinajstić; f. *acutifolia* (Bechst.) Trinajstić; f. *robur* i f. *tardiflora* (Czernaiew) Trinajstić.

Za razliku od Trinajstića, Fukarek (1959) u Pregledu dendroflore Bosne i Hercegovine daje drukčiju podjelu vrste *Quercus robur* L., gdje navodi sljedeće varijetete: var. *robur*, var. *cuneifolia* (Vukot.) Beck., var. *australis* (Heuff.) Simk., var. *latiloba* Lasch, var. *crassiuscula* Borbas i var. *fastigiata* (Lamk) Spach.

Prema Janjiću (1998), broj formi hrasta lužnjaka u sarajevskom području, isključujući naravno hibride, vrlo je velik. Oblici što ih navodi nisu jedini koji se mogu naći na ovim terenima. *Quercus robur* L. subsp. *robur* var. *robur*: f. *brevisecta* Borbás – listovi koji gotovo nisu imali režnjeva ili su bili vrlo slabo izraženi, zapravo široko razvedeni, zaravnjeni; f. *longiloba* Mátyás – s duboko urezanim listovima, odnosno režnjevima, ponekad i s pojavom sekundarnih režnjeva (česta); f. *pinnata* Mátyás - odlikuje se istaknutim, simetrično poredanim, divergentnim

režnjevima i obrnuto izduljenim jajastim listovima; f. *acutifolia* (Bechst) Schwz. – sa zašiljenim režnjevima (rijetka) i f. *multilobata* (Schur) Schwz – sa produbljenom režnjevitošću listova i pojavom brojnih sekundarnih režnjeva koji se često preklapaju. *Quercus robur* L. subsp. *robur* var. *australis* (Heuff.) Simk. – svojta sa dugim drškama ploda, za koje se navodi da su jednake ili dulje od lista. *Quercus robur* L. subsp. *brutia* (Ten.) Schwz. s.l. var. *asterotricha* Borbás et Csató – jest prvi objavljeni primjerak primjerno dlakavog hrasta lužnjaka: listovi dlakavi, mlade grančice, plodne drške i kupole. U Hercegovini je zastupljen i primorski lužnjak *Q. pedunculiflora* K. Koch (Šilić 2005).

Na tipičnim staništima lužnjaka uglavnom se javlja unutarvrсна varijabilnost, dok na mjestima preklapanja područja rasprostranjenosti s drugim vrstama hrastova dolazi do nepotpune izolacije i međusobnog križanja. Prema Mátyásu (1971), u karpatskom bazenu osim hibrida *Q. robur* × *Q. petraea* glavni međvrсни hibridi lužnjaka jesu: *Q. × csatoi* Borb. (= *Q. polycarpa* × *Q. robur*), *Q. × pseudo-delechampi* Cretz. (= *Q. dalechampi* × *Q. robur*), *Q. × pendulina* (Kit.) em Maty (= *Q. robur* × *Q. virgiliana*), *Q. × sublanuginosa* Borb. (= *Q. pubescens* × *Q. robur*), *Q. × haynaldianai* Simk. (= *Q. frainetto* × *Q. robur*).

Prema Janjiću (1998), u sarajevskom su području konstatirana dva hibridna kompleksa koje formira hrast lužnjak, i to: *Q. × rosacea* Bechst. (= *Q. robur* × *Q. petraea*) i *Q. robur* L. × *Q. pubescens* Willd.

Cilj ovog istraživanja bio je istražiti varijabilnost niza morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), i to:

1. u okviru svake od četiriju odabranih populacija, tj. istražiti unutarpopulacijsku varijabilnost i
2. međusobni odnosi populacija (međupopulacijska varijabilnost) u pogledu svih istraživanih svojstava lista.

## MATERIJAL I METODE

### MATERIAL AND METHODS

Analizirani materijal potječe iz populacija hrasta lužnjaka koje pripadaju nizinskim šumama hrasta lužnjaka iz područja Novog Šehera kod Maglaja, Žepča, Jelaha kod Tešnja i Odžaka (Slika 1.). Lokaliteti Novi Šeher, Žepče i Jelah nalaze se na približno istoj nadmorskoj visini od oko 250m, dok je lokalitet Odžak nešto niži i nalazi se na nadmorskoj visini od oko 100m.

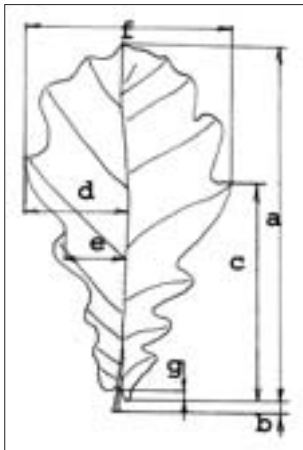
Sakupljanje materijala (listova) na terenu obavljeno je metodom slučajnog izbora i to u razdoblju kad su listovi bili potpuno razvijeni (početkom rujna 2005. godine).

S obzirom na to da je bila predviđena statistička obrada morfometrijskih svojstava lista, odnosno primjena komparativne statističko-varijacijske analize, listovi su uzimani s istog dijela krošnje (vanjskog) i s približno iste visine u sredini krošnje, pri čemu su odabirani najrazvijeniji listovi s vrhova kratkorasta. Za analizu je korišteno u svakoj populaciji po 10 stabala, a sa svakog je stabla uziman uzorak



Slika 1. Istraživani lokaliteti:  
1. Novi Šeher-Maglaj, 2. Jelah-Tešanj,  
3. Žepče i 4. Odžak  
*Figure 1 Research localities:  
1. Novi Šeher-Maglaj, 2. Jelah-Tešanj, 3. Žepče  
i 4. Odžak*

od 30 listova. Prikupljeni materijal je herbariziran i obrađen. Proučavana su navedena morfometrijska svojstva lista (Slika 2.) te odnos širine i duljine plojke lista (LL). Mjerenje navedenih svojstava obavljeno je na herbariziranom materijalu i to milimetarskim papirom, s preciznošću od 1/10mm.



Slika 2. Mjerena svojstva lista: a-duljina plojke lista; b-duljina peteljke lista, c-udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke, d-širina lijeve poluplojke e-usječenost lista od središnje žile, f-širina plojke lista, g-usječenost baze plojke, h-broj režnjeva sa desne strane, f/a-LL-indeks  
*Figure 2 Analysed leaf characteristics: a - lamina length; b - petiole length; c - length of lamina from the base to the widest point of the leaf, d - width of lamina from the tip of the widest lobe to the midrib on the left side of the leaf; e - sinus width; f - width of lamina; g - sinus of lamina base; h - number of lobes on the right side of the leaf; h - lamina shape f/a-LL-index*

Dobiveni morfometrijski podaci statistički su analizirani korištenjem programskog paketa STATISTICA for Windows (StatSoft, Inc. 2001). Analize su obuhvatile standardne statističke pokazatelje: minimalna i maksimalna vrijednost, aritmetička sredina, standardna devijacija, koeficijent varijabilnosti; zatim analizu varijance (ANOVA), Fisherove multiple testove (Fisher's least significant difference /LSD/ tests) i analizu koeficijenta korelacije (r) za istraživana morfometrijska svojstva lista.

## REZULTATI I RASPRAVA

### RESULTS AND DISCUSSION

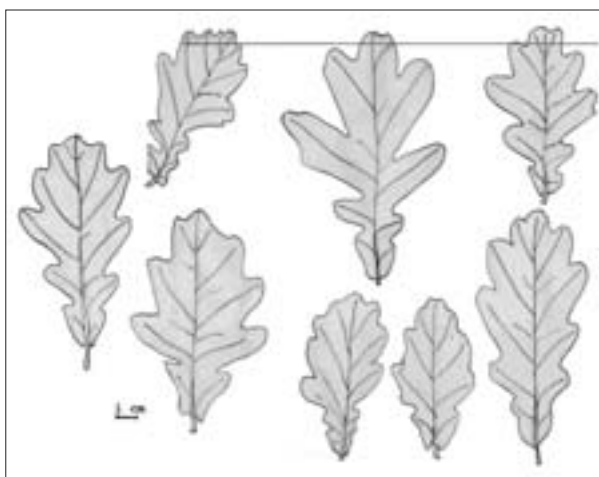
Istraživanjem listova hrasta lužnjaka na terenu na navedenim lokalitetima, kao i daljnjom obradom slučajno uzorkovanih listova, utvrđeno je postojanje varijabilnosti unutar svake populacije (Slika 3.). Uočena varijabilnost listova nametnula je potrebu primjene statističke analize niza morfometrijskih svojstava lista.

#### Unutarpopulacijska varijabilnost

Prema Franjiću (1993b, 1994a), za razumijevanje populacijske varijabilnosti veliku važnost imaju deskriptivni statistički pokazatelji (minimum - maksimum, aritmetička sredina, standardna devijacija i koeficijent varijabilnosti) mjerenih svojstava, koji ukazuju na prisutnost postupnih promjena vrijednosti parametara u pravcu istok-zapad ili po vertikali (s obzirom na nadmorsku visinu), koje se podudaraju s promjenama nekih klimatskih činitelja (količina oborina, temperatura). Tako se poslije obavljenih mjerenja istraživanih morfometrijskih svojstava lista pristupilo obradi osnovnih deskriptivnih statističkih pokazatelja koji su predstavljeni u Tablici 1. za svaku istraživanu populaciju.

Za sagledavanje unutarvrstne varijabilnosti istraživanih svojstava hrasta lužnjaka u uzorcima četiriju populacija nakon obavljene statističko-varijacijske analize, kao najpogodnija mjera uzet je koeficijent varijabilnosti. Vrijednosti ovog koeficijenta kretale su se u rasponu od 9,19 do 56,47 % (Tablica 1.).

Analizom varijance (ANOVA) utvrđene su značajne razlike između jedinki. Poslije ove analize učinjeni su Fisherovi multipli testovi (LSD) za svaku populaciju pojedinačno, gdje je također konstatiran značajan broj statistički značajnih razlika između pojedinih jedinki na objema razinama značajnosti ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ). Sve



Slika 3. Varijabilnost listova hrasta lužnjaka u istraživanim populacijama  
Figure 3 Variability of common oak leaves in investigated populations

Tablica. 1. Varijabilnost morfometrijskih svojstava lista hrasta lužnjaka  
Table 1 Variability of morphometric features of common oak leaves

Lokalitet Locality	Statistički parametri Statistical parameters	Dužina plojke lista (a) Lamina length (a)	Dužina peteljke lista (b) Petiole length (b)	Udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke (c) Length of lamina from the base to the widest point of the leaf (c)	Širina lijeve poluplojke (d) Width of lamina from the tip of the widest lobe to the midrib on the left side of the leaf (d)	Usječenost lista od središnjeg nerva (e) Sinus width (e)	Širina plojke lista (f) Width of lamina (f)	Usječenost baze plojke (g) Sinus of lamina base (g)	Broj reznjeva s desne strane (h) Number of lobes on the right side of the leaf (h)	LL - indeks (f/a) Lamina shape f/a-LL-index
N. Šeher	Min (mm) <i>Min</i>	54	2,5	25	13	1	26	0	4	0,28
	Maks (mm) <i>Max</i>	129	16,5	90	42	14	83	9	7	0,96
	Stan.dev. <i>Stdev</i>	13,46	2,58	13,09	5,22	2,41	9,54	1,55	0,57	0,08
	Arit.sr. (mm) <i>Mean</i>	90,2	7,36	53,98	26,37	7,3	53,24	3,01	5,41	0,59
	Koef.var. (%) <i>CV</i>	14,92	35,01	24,25	19,81	33,01	17,92	51,3	10,61	13,45
Jelah	Min (mm) <i>Min</i>	67	3	26	18	2	41	0,5	4	0,41
	Maks (mm) <i>Max</i>	140	11	90	58	13,5	88	7	7	0,81
	Stan.dev. <i>Stdev</i>	13,63	2,96	12,38	6	2,13	10	1,19	0,7	0,31
	Arit.sr. (mm) <i>Mean</i>	99,11	6,42	60,89	31,17	6,98	61,15	2,84	5,45	0,63
	Koef.var. (%) <i>CV</i>	13,75	46,15	20,33	18,5	30,58	16,36	41,86	12,92	11,5
Žepče	Min (mm) <i>Min</i>	81	2	28	21	2	34	0	4	0,31
	Maks (mm) <i>Max</i>	143	13	100	53	13	101	7	8	0,79
	Stan.dev. <i>Stdev</i>	11,14	1,92	13,63	5,87	2,21	9,2	1,26	0,81	0,06
	Arit.sr. (mm) <i>Mean</i>	106,4	5,94	64,52	33,2	7,13	67,18	2,6	5,4	0,63
	Koef.var. (%) <i>CV</i>	10,46	32,25	21,13	17,67	30,95	13,7	48,37	14,99	9,19
Odžak	Min (mm) <i>Min</i>	77,5	1	26	21	1	44,5	0	3	0,46
	Maks (mm) <i>Max</i>	133	14,5	95	58	17,5	100	9	8	0,87
	Stan.dev. <i>Stdev</i>	1,75	2,6	13,16	6,02	2,5	9,51	1,73	0,75	0,09
	Arit.sr. (mm) <i>Mean</i>	101,8	6,32	59,52	33,54	7,11	66,96	3,06	4,98	0,66
	Koef.var. (%) <i>CV</i>	10,56	41,15	22,11	17,95	35,12	14,21	56,47	15,14	13,41

to ukazuje na izraženu varijabilnost morfoloških svojstava lista unutar istraživanih populacija.

Pri kompariranju jedinki unutar populacije Novi Šeher (Slika 4.) najviše statistički značajnih razlika iskazalo je svojstvo *duljine peteljke lista* gdje su u 35 slučajeva iskazane značajne razlike na razini značajnosti  $p < 0,05$  (od 45 mogućih kombinacija) i u 33 slučaja na razini statističke značajnosti od  $p < 0,01$ . Donekle je slična situacija i s ostalim istraživanim svojstvima, s izuzetkom svojstva *broja reznjeva s desne strane* gdje su utvrđene razlike na razini  $p < 0,05$  u 14 slučajeva i 6 slučajeva na razini  $p < 0,01$ .

Populacija Jelah iskazivala je nešto manji broj značajnih razlika u odnosu na ostale istraživane populacije, naročito kod svojstva *LL-indeksa*, koji je, prema Franjicu (1994a), jedan od najboljih pokazatelja varijabilnosti hrasta lužnjaka te



Slika 4. Orijaško stablo hrasta lužnjaka iz okolice Novog Šehera kod Maglaja  
(visine 32,5m, prsnog promjera 219cm, projekcija krošnje 30×28m)  
Figure 4 Giant common oak tree from the area of Novi šehar near Maglaj  
(height 32,5 m BHD 219 cm, crown projection on the ground 30 ×28 m)

svojstva *duljine peteljke lista* i *širine lijeve poluplojke lista*. U ovoj populaciji najveći broj značajnih razlika iskazuje svojstvo *širine plojke lista* i to u 33 slučaja na razini značajnosti  $p < 0,05$  i 29 na razini  $p < 0,01$ .

U populaciji Žepče najveći broj statistički značajnih razlika iskazalo je svojstvo *duljine peteljke lista* i to ukupno 35 na razini  $p < 0,05$  i 30 na razini  $p < 0,01$ . Također, kod većeg broja morfometrijskih svojstava lista i u ovoj se populaciji javlja veliki broj značajnih razlika između jedinki. Nešto manji broj značajnih razlika pokazuje svojstvo *usječenosti baze plojke*, ukupno 15 na razini  $p < 0,05$  i 7 na razini  $p < 0,01$ .

U populaciji Odžak svojstvo *duljine peteljke* iskazuje veliki broj statistički značajnih razlika, kao i u ostalim populacijama, pa tako na razini značajnosti od  $p < 0,05$  imamo u 38 slučajeva značajne razlike, a na razini  $p < 0,01$  u 35 slučajeva. Zanimljivo je kako u ovoj populaciji i ostala promatrana svojstva lista iskazuju veliki broj značajnih razlika.

U daljnjim se analizama korištenjem koeficijenta korelacije ( $r$ ) pokušalo ustanoviti da li unutar proučavanih populacija postoji određena povezanost između pojedinih istraživanih svojstava lista (ovaj koeficijent ne isključuje mogućnost utjecaja i nekih drugih čimbenika koji bi mogli prouzročiti povezanost među uspoređenim vrijednostima proučavanih svojstava). Koeficijent korelacije utvrđivan je na uzorku od 1.200 listova, što znači kako su u ovom slučaju bili objedinjeni listovi iz svih četiriju istraživanih populacija. Istraživanje je rađeno usporedbom svakog svojstva lista sa svakim, a dobiveni rezultati prikazani su u Tablici 2., gdje su navedene vrijednosti koeficijenta korelacije i obilježene statistički značajne razlike na razini  $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ . Vrijednosti koeficijenta korelacije kretale su se u rasponu  $r = -0,126$  do  $0,696$ , za pojedina komparirana svojstva lista.

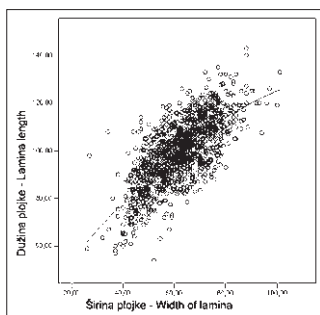
Određeni komparirani parovi iskazivali su visoke vrijednosti koeficijenta korelacije, što govori kako su promatrana svojstva u pozitivnoj korelaciji, tj. porast

Tablica 2. Vrijednosti koeficijenta korelacije i oznaka značajnih razlika za proučavana morfološka svojstva lista vrste *Quercus robur* L. (Korišten uzorak od 1.200 listova)  
 Table 2 The correlation coefficients and significant difference values for studied morphological traits of common oak (Analysed sample comprising 1200 leaves)

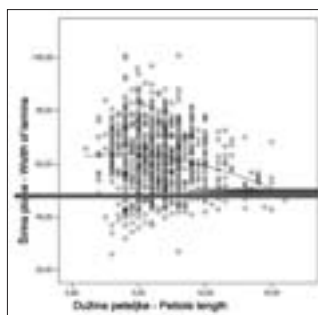
	Duljina plojke lista (a) Lamina length (a)	Duljina peteljke lista (b) Petiole length (b)	Udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke (c) Length of lamina from the base to the widest point of leaf (c)	Širina lijeve poluplojke (d) Width of lamina from the tip of the widest lobe to the midrib on the left side of the leaf (d)	Usječenost lista od središnje žile (e) Sinus width (e)	Širina plojke lista (f) Width of lamina (f)	Usječenost baze plojke (g) Sinus of lamina base (g)	Broj reznjeva s desne strane (h) Number of lobes on the right side of the leaf (h)	LL - indeks (f/a) Lamina shape f/a-LL-index
a	1								
b	0,019	1							
c	<b>0,554**</b>	-0,039	1						
d	<b>0,411**</b>	<b>-0,126**</b>	<b>0,235**</b>	1					
e	0,037	0,007	<b>0,72*</b>	<b>0,169**</b>	1				
f	<b>0,696**</b>	<b>-0,114**</b>	<b>0,385**</b>	<b>0,577**</b>	<b>0,146**</b>	1			
g	<b>0,084**</b>	-0,007	-0,007	<b>0,115**</b>	<b>0,138**</b>	<b>0,191**</b>	1		
h	<b>0,119**</b>	<b>0,074*</b>	<b>0,130**</b>	-0,021	<b>-0,085**</b>	0,016	0,011	1	
f/a	<b>-0,198**</b>	<b>-0,079**</b>	-0,028	<b>0,095**</b>	<b>0,095**</b>	<b>0,310**</b>	<b>0,087**</b>	-0,029	1

\*  $p < 0,05$  i \*\*  $p < 0,01$

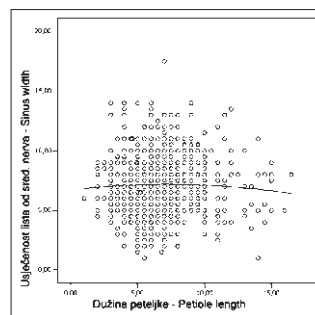
vrijednosti jedne varijable prouzročuje i rast druge varijable - npr. dužina plojke/širina plojke (Slika 5.). U drugim slučajevima vrijednost koeficijenta korelacije imala je niske i negativne vrijednosti, što znači kako rast jedne varijable prouzročuje pad vrijednosti druge – npr. duljina peteljke lista/širina plojke lista (Slika 6.). U onim slučajevima gdje su vrijednosti koeficijenta korelacije bile niske, tj. oko nule, dolazilo je do nepovezanosti uspoređenih svojstava – npr. dužina peteljke lista/usječenost lista od središnje žile (Slika 7.).



Slika 5. Pozitivna korelacija  
Figure 5 Positive correlation



Slika 6. Negativna korelacija  
Figure 6 Negative correlation



Slika 7. Nepostojanje korelacije  
Figure 7 The absence of correlation



### Međupopulacijska varijabilnost

Poslije unutarpopulacijskih analiza obavljena su daljnja istraživanja, gdje su se pokušali utvrditi odnosi koji vladaju između istraživanih populacija. Korištenjem dobivenih rezultata (Tablica 1.), obavljena je komparacija mjerenih svojstava. I analiza varijance (ANOVA) potvrdila je kako među populacijama postoje važne razlike, što je potvrđeno i Fisherovim multiplim testovima (LSD).

Na temelju rezultata morfometrijskih mjerenja istraživanih populacija uočava se kako postoje razlike u vrijednostima aritmetičkih sredina uspoređivanih svojstava između istraživanih populacija. Komparacija odnosa aritmetičkih sredina za pojedina istraživana svojstva lista hrasta lužnjaka može se vidjeti na Slikama 8., 10. i 11.

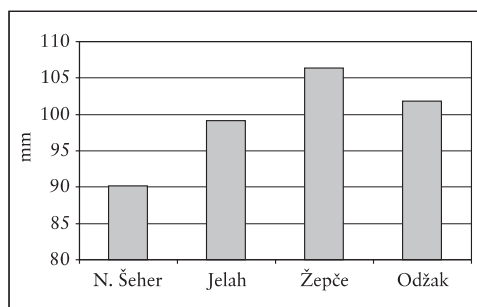
Vrijednost aritmetičke sredine za svojstvo *duljine plojke* lista najveća je u populaciji Žepče i iznosi 106,4mm, dok je najmanja vrijednost u populaciji Novi Šeher, gdje iznosi 90,2mm (Slika 8.), dok se vrijednost ovog svojstva za pojedine listove kretala od 54 do 143mm, što odgovara vrijednostima ovog svojstva koje navodi Jovanović (2000).

Za svojstvo *duljine peteljke lista* najveća je vrijednost aritmetičke sredine u populaciji Novi Šeher i iznosi 7,36mm, dok je u ostalim populacijama približno jednaka (5,94 - 6,42mm). Raspon variranja ovog svojstva za pojedine listove kretao se od 1 do 16,5mm.

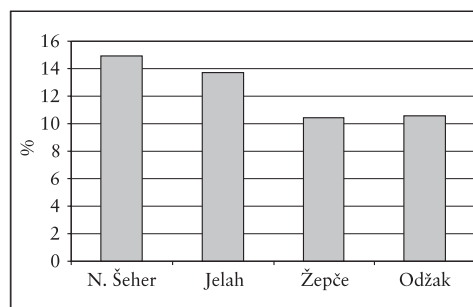
Najveća vrijednost aritmetičke sredine za svojstvo *udaljenosti najšireg dijela plojke od baze plojke* zabilježena je u populaciji Žepče i iznosila je 64,52mm, a najmanja u populaciji Novi Šeher - 53,98mm (Slika 11.), a raspon za pojedine listove iznosio je od 25 do 100mm.

Vrijednosti aritmetičke sredine *širine lijeve poluplojke* ujednačene su i iznose 31,17-33,54mm. Izuzetak je populacija Novi Šeher, gdje je ova vrijednost iznosila 26,37mm. Raspon variranja ovog svojstva za pojedine listove kretao se od 13 do 58mm.

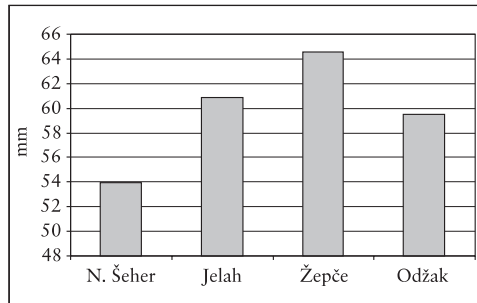
*Širina plojke lista* iskazuje također uočljivi raspon variranja aritmetičkih sredina kod istraživanih populacija (Slika 11.). Najveća je vrijednost aritmetičke sredine u populaciji Žepče i iznosi 67,18mm, dok u populaciji Novi Šeher iznosi



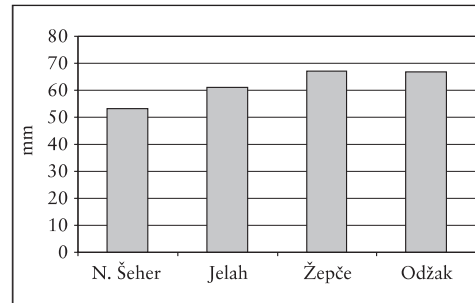
Slika 8. Srednja vrijednost duljine plojke  
Figure 8 Mean value of lamina length



Slika 9. Koeficijent varijabilnosti za duljinu plojke  
Figure 9 Coefficient of variation of petiole length



Slika 10. Srednja vrijednost udaljenosti najšireg dijela plojke od baze plojke  
Figure 10 Mean value of length of lamina from base to widest point of leaf



Slika 11. Srednja vrijednost širine plojke  
Figure 11 Mean value of lamina width

53,24mm. Vrijednost raspona za pojedine mjerene listove kretala se od 26 do 101mm. Svojstva: duljina plojke, širina plojke i LL-indeks bila su manje-više u rasponu vrijednosti koje navodi Franjić (1994a) za ova svojstva, dok je koeficijent varijabilnosti imao blago niže vrijednosti u odnosu na one koje navodi ovaj autor.

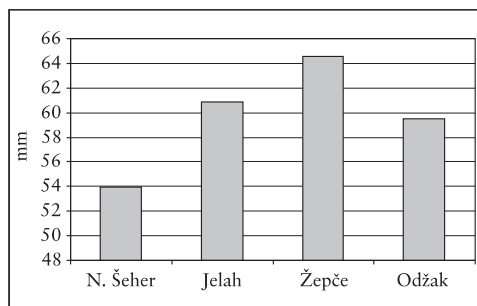
Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti kod istraživanih morfometrijskih svojstava lista hrasta lužnjaka kretala se u rasponu od 10,46 do 56,47 %.

Vrijednosti koeficijenta varijabilnosti za svojstvo *duljine plojke lista* ima najveću vrijednost u populaciji Novi Šeher i iznosi 14,92%, u populaciji Jelah ima vrijednost 13,75%, dok je u ostale dvjema populacijama približno jednaka (Slika 9.).

*Duljina peteljke lista* ima vrlo visoke vrijednosti koeficijenta varijabilnosti. Najveću vrijednost ima u populaciji Jelah (46,15%), zatim u populaciji Odžak (41,15%), a u populacijama Novi Šeher i Žepče vrijednosti su približne (Slika 12.).

Vrijednost koeficijenta varijabilnosti za svojstvo *usječenosti baze plojke* najveća je u populaciji Odžak, gdje iznosi 56,47%, zatim u populaciji Novi Šeher: 51,3%, Žepče: 48,37 %, dok u populaciji Jelah ima najmanju vrijednost: 41,86 %.

Za svojstvo *širine plojke lista* vrijednost koeficijenta varijabilnosti najveća je u populaciji Novi Šeher i ima vrijednost 17,92%, dok najnižu vrijednost ima u populaciji Žepče (13,7%).



Slika 12. Koeficijent varijabilnosti za duljinu peteljke lista  
Figure 12 Coefficient of variation of petiole length

Udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke (20,33-24,25%), širina lijeve poluplojke (17,67-19,81%), usječenost lista od središnje žile (30,58-35,12%), broj režnjeva s desne strane (10,61-15,14%) i LL indeks (9,19-13,45%) nisu iskazivali velike razlike između istraživanih populacija u koeficijentu varijabilnosti; u ovom pogledu donekle je blago odstupala populacija Novi Šeher.

Prije izneseni podaci ukazuju kako dubina usječenosti baze plojke, duljina peteljke lista, usječenost lista od sre-

Tablica 3. Statistički značajne razlike ( $p < 0,05$  ;  $p < 0,01$ ) morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka između istraživanih populacija  
*Table 3 Significant differences ( $p < 0,05$  ;  $p < 0,01$ ) of morphological traits of common oak leaf between the studied populations*

		KOMPARACIJA POPULACIJA <i>Comparison of populations</i>						Σ
		A-B	A-C	A-D	B-C	B-D	C-D	
a	P < 0,05	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0069</b>	<b>0,0000</b>	6
	P < 0,01	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0069</b>	<b>0,0000</b>	6
b	P < 0,05	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0209</b>	0,6186	0,0698	4
	P < 0,01	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	0,0209	0,6186	0,0698	3
c	P < 0,05	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0007</b>	0,1996	<b>0,0000</b>	5
	P < 0,01	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0007</b>	0,1996	<b>0,0000</b>	5
d	P < 0,05	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0044</b>	<b>0,0009</b>	0,6320	5
	P < 0,01	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0044</b>	<b>0,0009</b>	0,6320	5
e	P < 0,05	0,0844	0,3642	0,2945	0,4126	0,4975	0,8879	0
	P < 0,01	0,0844	0,3642	0,2945	0,4126	0,4975	0,8879	0
f	P < 0,05	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	0,7734	5
	P < 0,01	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	0,7734	5
g	P < 0,05	0,1350	<b>0,0005</b>	0,6722	<b>0,0438</b>	0,0552	<b>0,0001</b>	3
	P < 0,01	0,1350	<b>0,0005</b>	0,6722	0,0438	0,0552	<b>0,0001</b>	2
h	P < 0,05	0,4584	0,8641	<b>0,0000</b>	0,3615	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	3
	P < 0,01	0,4584	0,8641	<b>0,0000</b>	0,3615	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	3
f/a	P < 0,05	<b>0,0037</b>	<b>0,0062</b>	<b>0,0000</b>	0,8678	0,0551	<b>0,0372</b>	4
	P < 0,01	<b>0,0037</b>	<b>0,0062</b>	<b>0,0000</b>	0,8678	0,0551	0,0372	3
Σ	P < 0,05	6	7	7	6	4	5	
	P < 0,01	6	7	7	4	4	4	

a - duljina plojke lista; b - duljina peteljke lista; c - udaljenost najšireg dijela lista od baze plojke; d - širina lijeve poluplojke; e - usječenost lista od središnje žile; f - širina plojke lista; g - usječenost baze plojke; h - broj režnjeva s desne strane; f/a - LL - indeks. Σ - ukupni broj statistički značajnih razlika ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ) Lokaliteta: A - Novi Šeher; B - Jelah; C - Žepče; D - Odžak

*a - lamina length; b - petiole length; c - length of lamina from base to the widest point of leaf; d - width of lamina from the tip of the widest lobe to midrib on the left side of the leaf; e - sinus width; f - width of lamina; g - sinus of lamina base; h - number of lobes on the right side of the leaf; lamina shape f/a - LL-index. Σ - Total number of statistical significant differences ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ). Localities: A - Novi Šeher; B - Jelah; C - Žepče; D - Odžak*

dišnje žile i udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke iskazuju visoki stupanj varijabilnosti u svim četirima istraživanim populacijama, što je vjerojatno uvjetovano čimbenicima vanjske sredine u kojima dane populacije egzistiraju, kao i unutarjom, tj. genetičkom strukturom.

Iako ujednačenost srednjih vrijednosti koeficijenta varijabilnosti za sva svojstva unutar populacija na prvi pogled ukazuje na mala odstupanja ove varijable, ipak obavljena analiza varijance (ANOVA) ukazuje kako postoje statistički značajne razlike između kompariranih populacija.

Rezultati Fisherovih multiplih testova (LSD), na razini značajnost  $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ , poslužili su za konstruiranje Tablice 3., u kojoj su predstavljene statistički značajne razlike morfometrijskih svojstava lista hrasta lužnjaka između kompariranih populacija.

Duljina plojke lista iskazala je statistički značajne razlike na objema razinama značajnosti ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ) između svih kompariranih populacija, zatim slijede širina lijeve poluplojke, udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke, širina plojke lista, duljina peteljke lista, LL-indeks, broj režnjeva s desne strane. Jedino svojstvo koji nije iskazivalo statistički značajne razlike je usječenost lista od središnje žile.

Zanimljivo je navesti kako populacija Novi Šeher ima najviše svojstava lista koja iskazuju značajne razlike u usporedbi s drugim populacijama. U tom pogledu odstupa čak i od najbliže populacije iz Žepča. Ovo odstupanje je vjerojatno uvjetovano unutarjom genetičkom strukturom populacija, kad se zna kako se obje populacije nalaze u približno ujednačenim ekološkim uvjetima. Za razliku od navedene, populacija Odžak iskazivala je nešto manje značajnih razlika u usporedbi s drugim dvjema populacijama. Zanimljivo je i to kako je populacija Jelah iskazala znatno manje razlika u usporedbi s populacijom Odžak, za razliku od populacije Novi Šeher, koja joj je zemljopisno znatno bliža.

Također, možemo konstatirati kako je unutarpopulacijska varijabilnost bila izraženija u odnosu na međupopulacijsku varijabilnost istraživanih svojstava lista vrste *Q. robur* u okviru ovih četiriju populacija.

U cilju jasnijeg sagledavanja unutar- i međupopulacijskih odnosa, a samim tim i varijabilnosti ovih populacija, bilo bi nužno potrebna detaljnija istraživanja niza drugih važnih čimbenika koji utječu na varijabilnost same vrste, kao što su genetička, klimatska, fitocenološka, taksonomska, pedološka i druga istraživanja koja ovim radom nisu bila obuhvaćena. Ovakva istraživanja individualne i populacijske varijabilnosti hrasta lužnjaka mogla bi imati svoje značenje i primjenu u segmentu oplemenjivanja, sjemenarstva te čuvanja genetičkog diverziteta, odnosno genofonda ove vrste te služiti u razlikovanju pojedinih vrsta i nižih taksona roda *Quercus* L.

## ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Morfometrijska analiza podataka pokazala je kako se kao najvarijabilnija svojstva u istraživanim populacijama javljaju usječenost baze plojke, duljina peteljke lista i usječenost lista od središnje žile. Znatno niže vrijednosti koeficijenta varijabilnosti iskazivalo je ostalih šest analiziranih svojstava lista.

Analizom varijance (ANOVA) konstatirane su statistički značajne razlike, kako između jedinki unutar populacija, tako i između populacija. Korištenjem Fisherovih multiplih testova (LSD) utvrđeno je da populacija Novi Šeher iskazuje najveći broj statistički značajnih razlika na obje razine značajnosti ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ) kod kompariranih jedinki, dok se najmanji broj statistički značajnih razlika javlja u populaciji Jelah.

Rezultati Fisherovih multiplih testova (LSD) između kompariranih populacija ukazuju da populacija Novi Šeher, u usporedbi s ostalima, iskazuje veći broj statistički značajnih razlika na obje razine značajnosti ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ) nego što je to slučaj u usporedbi preostalih triju populacija (Jelah, Žepče i Odžak). Duljina plojke lista, udaljenost najšireg dijela plojke od baze plojke, širina lijeve poluplojke, širina plojke lista - jesu morfometrijska svojstva lista koja su iskazivala najveći

broj statistički značajnih razlika na obje razine značajnosti ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ) između kompariranih populacija, nešto manji broj razlika iskazali su dužina peteljke lista, usječenost baze plojke, broj režnjeva sa desne strane i LL-indeks. Jedino istraživano svojstvo lista koje nije iskazivalo statistički značajne razlike između populacija je usječenost lista od središnje žile.

Komparacijom morfometrijskih svojstava lista hrasta lužnjaka utvrđeno je kako se vrijednosti koeficijenta korelacije kreću u rasponu  $r = -0,126$  do  $0,696$ . Također su utvrđene i statistički značajne razlike ( $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ) između određenih mjerenih svojstava lista.

Utvrđena unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka u istraživanim populacijama posljedica je djelovanja, kako unutarnjih (genetičkih), tako i vanjskih (ekoloških) utjecaja.

Ovakav oblik istraživanja individualne i populacijske varijabilnosti može predstavljati polaznu osnovu za daljnja istraživanja vrste *Q. robur* u Bosni i Hercegovini, a rezultati tih istraživanja mogu poslužiti kao dobra osnova za odabir sjemenskih sastojina, oplemenjivanje, sjemenarstvo, čuvanje genetičkog diverziteta (genofonda) te u razlikovanju pojedinih vrsta i nižih taksona roda *Quercus* L.

## LITERATURA

### REFERENCES

- Beck-Managetta, G. 1907. Flora Bosne, Hercegovine i Novopazarskog sandžaka. Sarajevo: Zemaljska štamparija.
- Franjić, J. 1993a. Veličina žira kao pokazatelji individualne varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. šum. pokuse, posebno izd. 4: 195-206.
- Franjić, J. 1993b. Morfometrijska analiza lista i ploda hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Magistarski rad. Zagreb: Šumarski fakultet.
- Franjić, J. 1994a. Dužina i širina plojke lista kao pokazatelji varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Simpozij – Pevalek, Zagreb. 25-34.
- Franjić, J. 1994b. Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus robur* L.) variability in Croatia. Ann. Forest. 19(1): 1-32.
- Fukarek, P. 1959. Pregled dendroflora Bosne i Hercegovine. Nar. šum. 13.5/6.
- Janjić, N. 1998. Neki zanimljivi dendrološki nalazi iz sarajevskog područja. Radovi šum. fak. Univ. u Sarajevu 1: 85-103.
- Jovanović, B. 2000. Dendrologija. Beograd: Univerzitetska štampa.
- Klepac, D. 1988. Uređivanje šuma hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 24: 117-131.
- Krstinić, A. 1996. Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost hrasta lužnjaka. Hrast lužnjak u Hrvatskoj - Monografija. 112-118, Vinkovci-Zagreb.
- Mátyás, V. 1971. Short taxonomic review of the oaks of Hungary. Erdészeti Kutatások 67: 55-68.
- StatSoft, Inc. (2001). STATISTICA for Windows: Computer program manual. StatSoft, Inc.: Tulsa <http://www.statsoft.com> (14/03/2006).
- Šilić, Č. 2005. Atlas dendroflora (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine. Čitluk: Matica hrvatska.
- Trinajstić, I. 1974. Rod *Quercus* L. U: Analitička flora Jugoslavije. Zagreb: Institut za botaniku Sveučilišta u Zagrebu. 460-481.
- Trinajstić, I. 1988. Taksonomska problematika hrasta lužnjaka – *Quercus robur* L. u flori jugoslavije. Glas. šum. pokuse 24: 101-116.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF VARIABILITY  
OF LEAF CHARACTERISTICS OF COMMON OAK,  
*QUERCUS ROBUR L.* FROM NORTHERN BOSNIA

*Summary*

*The paper deals with among- and within-population variability for nine leaf morphological traits (lamina length, petiole length, length of lamina from the base to the widest point of leaf, width of lamina from the tip of the widest lobe to the midrib on the left side of the leaf, sinus width, width of lamina, sinus of lamina base, number of lobes on the right side of the leaf, lamina shape fla-LL-index) of common oak tree populations. The analysed material encompassed four populations from northern part of Bosnia.*

*Morphometric analysis showed that the most variable traits were the sinus of lamina base, petiole length and sinus width. The other traits analysed had significantly lower values of variation coefficients.*

*Analysis of variance (ANOVA) revealed significant differences between and among populations. Using the Fisher multiple tests (LSD), the highest number of differences were observed in Novi Šeher population. This accession had the highest number of leaf traits differing from other populations. Following characteristics displayed significant differences among all populations: lamina length, length of lamina from the base to the widest point of the leaf, width of lamina from the tip of the widest lobe to midrib on the left side of the leaf, width of lamina. Sinus width did not differ between the populations.*

**Keywords:** *common oak, Quercus robur L., variability, populations*