

# Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj

---

Franjić, Josip

Source / Izvornik: **Glasnik za šumske pokuse: Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis, 1996, 33, 212 - 213**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:707867>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-28**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



JOSIP FRANJIĆ

## MORFOMETRIJSKA ANALIZA VARIJABILNOSTI LISTA POSAVSKIH I PODRAVSKIH POPULACIJA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR* L., *FAGACEAE*) U HRVATSKOJ

### MORPHOMETRIC ANALYSIS OF LEAF VARIABILITY POSAVINA AND PODRAVINA POPULATIONS OF THE COMMON OAK (*QUERCUS ROBUR* L., *FAGACEAE*) IN CROATIA

Prispjelo: 5. 6. 1996.

Prihvaćeno: 2. 9. 1996.

U radu je obavljena multivarijatna, univarijatna, deskriptivna, parametrijska i neparametrijska analiza uzoraka listova hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), kojom se pokušala dobiti jasnija slika o individualnoj i populacijskoj varijabilnosti hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Analizom je obuhvaćeno ukupno 20 populacija hrasta lužnjaka, koje potječu iz različitih bioklimatskih područja (Posavine i Podravine, te četiri kontrolne populacije iz Istre, Slovenije i Njemačke). Analizom su utvrđene signifikantne razlike među populacijama, te razlike među stablima u populaciji, s tim da su razlike među stablima u populaciji veće od razlika među populacijama. Takvi rezultati navode na zaključak da svaka populacija ima približno isti broj genotipova, a razlika se javlja samo u preživljavanju (zastupljenosti, frekvenciji), koje je vjerojatno u uskoj svezi s ekološkim čimbenicima (edafski i klimatski). Istraživanja varijabilnosti hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj u funkciji su dobivanja boljega pregleda genetske izdiferenciranosti lokalnih populacija, što je bitna osnova za izdvajanje sjemenskih sastojina (rajonizaciju) i za očuvanje genofonda hrasta lužnjaka.

**Ključne riječi:** *Quercus robur*, hrast lužnjak, morfološka svojstva lista, morfometrijska analiza, multivarijatna analiza, varijabilnost

## UVOD – INTRODUCTION

### OSNOVNE ZNAČAJKE RODA *QUERCUS* L.

S obzirom na broj vrsta rod *Quercus* L. pripada najbogatijim drvenastim rodovima umjerenoga pojasa sjeverne hemisfere. O broju vrsta koje obuhvaća rod *Quer-*

*cus* postoje različita gledišta. Tako Hegi (1908), Ascherson & Gräbner (1911), Anić (1946) i Neger & Münch (1950) navode oko 200, Jovanović & Vukičević (1983) oko 300, Schwarz (1936) i Krahl-Urban (1959) oko 320, Krüssmann (1972) oko 450, Melchior (1964) više od 600 vrsta drveća, rjeđe grmlja koje rastu u Europi, Sjevernoj i Južnoj Americi i Aziji (slika 1).

Tako velike razlike u broju vrsta rezultat su promjene statusa taksona nižih od vrste, tj. niži taksoni (podvrste, varijeteti i forme) dignuti su na razinu vrste, kao i shvaćanja širine roda, jer neki autori mijenjaju status podrodova i sekcija pa tako nastaje više "rodova" unutar roda *Quercus* s. l. (usp. Simonkai 1890, Kotschy, Borbas, Beck, Schneider prema Ashersonu & Gräbneru 1911; Javorka 1924, Schwarz 1936, 1936a, 1964, Benson 1962, Menickij 1966; Mátyás 1970, 1970a, Erdeši & Gajić 1977, Erdeši i dr. 1977, Erdeši 1985, Trinajstić 1988, Franjić 1993, 1993a, 1994, 1994a, 1996).

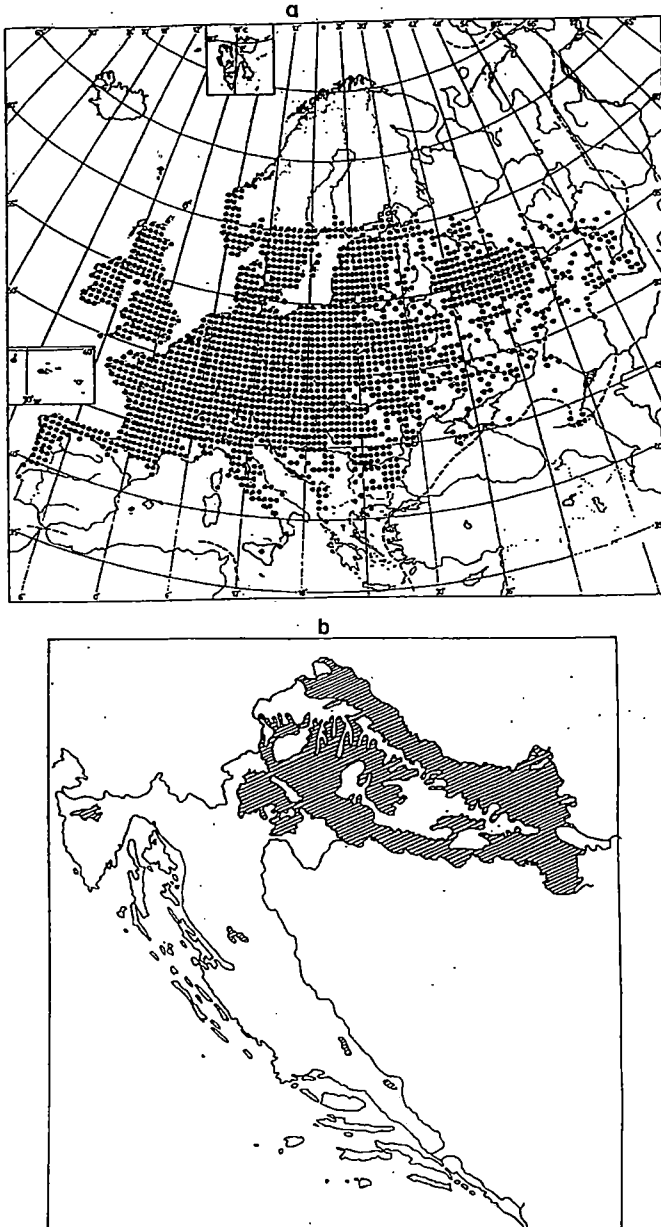
Rod *Quercus* odlikuje se velikom polimorfnošću. Varijabilnost i polimorfnost hrastova, kako se to može razabrati iz bogate literature (Schwarz 1936, 1936a; Cosens 1963; Tucović & Jovanović 1970; Trinajstić 1974; Vidaković & Krstinić 1974; Borchert 1975; Olsson 1975, 1975a; Jovanović & Tucović 1975; Brookes & Wigston 1979; Rushton 1979; Parabučski i dr. 1980; Glotov i dr. 1981; Bačić 1981, 1983; Martinis i dr. 1987; Trinajstić 1988; Vidaković & Trinajstić 1988) uvjetovana je i činjenicom da se praktički svi hrastovi međusobno križaju, ako rastu jedni uz druge i ako postoji odgovarajuće stanište za preživljavanje križanaca (Grant 1981). Za međusobno razlikovanje pojedinih vrsta i nižih taksona roda *Quercus* u prvome redu služe morfološka lista i ploda.

## OPĆE MORFOLOŠKE ZNAČAJKE HRASTA LUŽNJAKA

Hrast lužnjak je listopadno, 30 – 40 (– 50) m visoko drvo s prsnim promjerom do 250 cm i s drvnom masom jednoga stabla do 65 m<sup>3</sup>. Zabilježena su stabla s prsnim promjerom oko 600 cm i starošću oko 2000 godina (usp. Herman 1971, Jovanović & Vukičević 1983, Rauš 1986).

Krošnja je bogato razgranjena, nepravilna, s horizontalnim ili uzdignutim krivdavim granama. Stabla uzrasla na osami imaju kratka i debela debela te voluminoznu i široko ovalnu krošnju. Deblo se, naime, već nisko iznad tla razgranjuje na karakterističan način u debele, dugačke i narijetko razmještene grane. Stabla pak uzrasla u šumskome sklopu imaju dugačka, ravna, jedra i od grana čista debela sa slabije razvijenom krošnjom. Kora debela i grana u mladosti je gotovo glatka, zatim fino uzdužno ispucala, poslije dublje izbrazdana, ljušti se u obliku malenih pločica. Mlade grančice (izbojci) i u najmlađim stadijima su gole ili rjeđe trepavičasto dlakave, ubrzo ogoljele, više-manje uglaste, modrozeleno ili smeđasto nahukane (usp. Trinajstić 1974). U većoj starosti razvijaju se u krošnji mnogobrojni kratki izbojci (usp. Csapody i dr. 1966, Herman 1971, Trinajstić 1974, Troll 1957).

Postoje četiri tipa izbojaka; početkom vegetacijskoga razdoblja stvaraju se kratki plodni (usp. sliku 2a), dugi plodni i proljetni neplodni izbojci, te u drugome di-



Slika 1. Rasprostranjenost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) a – u Europi (Jalas & Suominen 1976), b – u Hrvatskoj (Franjić 1994; Trinajstić 1996)  
Figure 1. Common oak distribution (*Quercus robur* L.) a – in Europe (Jalas & Suominen 1976), b – in Croatia (Franjić 1994; Trinajstić 1996)

jelu vegetacijskoga razdoblja ljetni ili neplodni izbojci. Kratki plodni izbojak najbolje pokazuje recentno stanje biljke i reproduktivnu zrelost pojedinoga stabla. Dugi plodni izbojci u svome donjem dijelu nose listove nalik na listove svojih predaka, a proljetni neplodni izbojci nose listove iz juvenilne faze razvitka pojedinoga stabla (usp. Meijknecht 1955, Menickij 1966, Blue & Jensen 1988, Trinajstić 1989). Ljetni, neplodni izbojci nose listove koji odražavaju vrlo stare filogenetske odnose. Kratki plodni izbojak dug je (2–) 5 – 10 cm i nosi na sebi 3 – 8 (–9) listova (usp. Trinajstić 1988, Franjić 1993, 1994). Listovi su na njemu raspoređeni kitnjasto, tvoreći tzv. lisni mozaik. Na izbojku nisu nikada svi listovi jednakomjerno razvijeni, pa su obično 2 – 3 najdonja lista nepravilna, izrazito manja i više-manje zakržljala (Trinajstić 1989). Pupovi su jajasti ili duguljasto-jajasti, do 8 mm dugi, na vrhu šiljasti ili tupi, većinom peterostrani, goli. Palistići su suho-kožičasti, više-manje goli, linearni, ubrzo otpadaju. Listovi su skupljeni u vršnome dijelu grančice, s kratkim, dosta debelim, golim, poluvaljkastim, 0,2 – 1,0 cm dugim peteljka. Njihova je plojka 8 – 15 (–20) cm duga i 3 – 10 cm široka, obrnuto jajasta ili obrnuto jajastodugoljasta, izrazito najšira u gornjoj trećini, na bazi više-manje asimetrična, duboko srcasto-uškasta, često s više-manje produženim uškastim režnjevima, rijetko zaobljena ili klinasta, postrance pliće ili dublje perasto urezana na 4 – 8 pari nejednakih, tupih ili poluokruglih ili produženo poluokruglih režnjeva, između kojih se nalaze više-manje široki urezi, a vrlo rijetko je potpuno cijela i cijeloga ruba. Plojka je odozgo gola, jasnozeleno, bez sjaja, nježna, odozdo gola ili u mladosti narijetko dlakava, poslije ogoljela, svijetlozeleno. Nervatura je perasta, s 5 – 7 pari postranih žila. Muške su rese 2 – 5 cm duge, valjkaste, njihova je os gola. Muški su cvjetovi sjedeći, njihov je perigon sastavljen od 5–8 žučkasto zelenih, linealnolancetastih, u gornjem dijelu naglo ušiljenih, pri dnu sraslih listića i imaju 6 – 8 prašnika s golim filamentima. Ženski su cvjetovi pojedinačni ili u čupercima do pet cvjetova raspoređenih u rahlu resu na dugoj stapci. Plodnica je na vrhu s trokrakom, u gornjem dijelu srcasto zaobljenom stigmom. Plodovi su pojedinačni ili po 3 – 5 na 3 – 6 (–16) cm dugim zajedničkim stapkama. Kupula je zdjelčasta do tanjurasta, 0,7–1,2 (–2) cm duga i 0,7 – 1,4 (–2,3) cm u promjeru, pokrivena sitnim, najčešće 1 – 2 mm širokim, široko-jajastim do trokutastim, pepeljasto ili žutosmeđe maljavom dlakavim ljuskama, koje su raspoređene poput crjepova na krovu i koje tijesno priliježu jedna uz drugu, uglavnom su plosnate, rjeđe pri dnu više-manje izbočene. Žir je duguljast ili elipsoidan, na vrhu šiljast, 1,5 – 5 cm dug i 0,7 – 2,7 cm u promjeru, svijetlosmeđ ili žutosmeđ, na površini uzdužno isprugan, viri iz kupule za 1/2 ili za 2/3 duljine. Broj kromosoma  $2n = 22?$ , 24 (usp. Sax 1930, Federov 1974, Trinajstić 1974). Fertilitnost hrast lužnjak postiže na osami oko 50. godine, u sastojini 20 – 30 godina poslije, u panjači već oko 20. godine (usp. Špiranec 1951, Šafar 1966, Herman 1971, Rauš 1986). Klijavost žira traje, u običnom postupku spremanja, pola godine. Biljke iz sjemena u prvim godinama rastu polagano, pod gustim sklopom venu nakon 2 – 3 godine, ali se iz uspavanih pupova ponegdje ponovno stvaraju izbojci. Prema Prpićevim istraživanjima (1976) u mladosti nadzemni dio polagano raste u visinu, dok korijen brzo prodire u dubinu i malo u širinu.

Korijenski je sustav snažno razvijen, te stoga stabla nisu osjetljiva na vjetroizvale. Do šeste ili rjeđe do osme godine korijenski se sustav sastoji gotovo isključivo od žile srčanice, koja prodire više od 2 m u dubinu, i od manjega broja bočnoga korijenja. Poslije, tj. oko tridesete godine, prevladava bočno korijenje, koje djelomično prodire na veliku udaljenost od debla, a djelomično prodire koso duboko u tlo. Tijekom daljnjega razvoja nastaje korijenje koje je u starih stabala često velikih dimenzija. No, u plitku tlu kao i u tlu s visokom razinom podzemne vode prestaje rasti žila srčanica već nakon kratkoga vremena (usp. Herman 1971, Prpić 1976, Rauš 1986).

### LITERATURNI PODACI O MORFOLOŠKOJ VARIJABILNOSTI LISTA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR* L.)

Kako je morfološka varijabilnost u većine biljnih vrsta često vrlo velika i na prvi pogled matematički neobjašnjiva, to je ona, vrlo često, bila velik izazov za mnoge istraživače, koji su raznim statističkim metodama pokušavali objasniti zakonitosti raspodjele pojedinih svojstava. Budući da je morfološka varijabilnost hrasta lužnjaka, zbog svoje nepotpune reproduktivne izoliranosti prema vrstama roda *Quercus*, vrlo velika, i ovaj je rad jedan od pokušaja u upoznavanju zakonitosti raspodjele istraživanih parametara modernim statističkim metodama.

Tijekom navedenih istraživanja otkriven je niz problema u svezi sa zakonitošću u determinaciji kvantitativnih odnosa analiziranih parametara. Kako je morfometrijska analiza vršena jedino standardnim statističkim metodama (usp. Franjić 1993a, 1994, 1994a), u suradnji i konzultacijama s matematičarima-statističarima, koji se navedenom problematikom bave, sugerirano je da se istraživani parametri podvrgnu neparametrijskoj i multivarijatnoj analizi.

Budući da u našim populacijama hrasta lužnjaka nisu bila obavljena detaljnija morfometrijska istraživanja oblika lista i žira, istraživana su od 1989. do 1995. godine individualna i populacijska varijabilnost nekih morfoloških parametara lista i žira, te je kao rezultat izrađen magistarski rad "Morfometrijska analiza lista i ploda hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj" (Franjić 1993) i objavljeno nekoliko manjih radova (Franjić 1993a, 1994, 1994a, Trinajstić & Krstinić 1993, Krstinić i dr. 1996, Trinajstić 1996, Trinajstić & Franjić 1996).

Kako je broj radova o morfometrijskoj, a posebice multivarijatnoj analizi parametara lista hrasta lužnjaka relativno malen, ovom će se prilikom dati pregled nekih radova, vezanih uz navedenu problematiku, koji su rađeni na nekim srodnim vrstama. Prikazat će se i radovi koji su primjenjivali iste ili slične metode rada.

Stebbins i dr. (1947) uspoređuju herbarski materijal vrsta *Quercus marilandica* i *Q. ilicifolia* s različitim staništa. Utvrđeno je da su najpouzdanija svojstva za poredbu tih dviju vrsta širina plojke lista, broj bočnih žila, oblik baze plojke, dlačice s donje strane lista, duljina terminalnih pupova adultnih izbojaka i dubina kupule žira. Dobiveni rezultati pokazuju razlike u području u kojemu obje vrste rastu zajedno, a ne postoji razlika u rezultatima gdje se areali ne preklapaju, tj. tamo gdje nema dotoka drugoga genetskoga materijala.

Cousens (1963, 1965) je istraživao svojstva hrastova lužnjaka i kitnjaka na području Velike Britanije. Dobiveni su rezultati pokazali različite stupnjeve introgresije, a njihova je provjera obavljena i u Hrvatskoj.

Menickij (1966) istražuje varijabilnost nekih parametara lista kavkaskih i maloazijskih hrastova primjenjujući Meijknechtovu metodu uzimanja uzoraka (usp. Meijknecht 1955). Statističko-grafičkom analizom utvrđeno je da se populacije međusobno razlikuju, te da se na osnovi nekih parametara mogu odrediti i neki niži taksoni od vrste.

Maze (1968) istražuje introgresiju između dviju alopatričkih sjevernoameričkih vrsta, *Quercus macrocarpa* i *Q. gambelii*. Na osnovi upotrijebljene metode obrade podataka dobiveni rezultati pokazuju na prisutnost sekundarne simpatrije.

Moggi & Paoli (1972) istražuju varijabilnost talijanskih listopadnih hrastova podrodova *Quercus* i *Cerris*. Mjeren je velik broj parametara lista i ploda. Oni su obrađeni standardnim statističkim metodama, a neka kvantitativna obilježja (oblik baze plojke, dlakavost gornje i donje strane plojke, dlakavost mladih izbojaka i terminalnih pupova) poslužila su za kvalitetniju interpretaciju dobivenih rezultata. Utvrđeno je da se podrodovi, a i same vrste mogu dosta dobro determinirati na osnovi primijenjene statističko-grafičke analize.

Olsson (1975) istražuje hibridizaciju hrastova lužnjaka i kitnjaka statističko-grafičkom analizom lista. Utvrđeno je da se na osnovi nekih parametara može determinirati pojedino stablo, što bi prema njemu moglo poslužiti za razdiobu taksona nižih od vrste.

Filipello & Vittadini (1975) i Filipello & Zorzoli (1982) također istražuju varijabilnost vrsta *Quercus pubescens* i *Q. petraea* na osnovi nekih morfoloških svojstava lista. Najbolji pokazatelj za determinaciju vrsta i određivanje stupnja hibridnosti pokazao se L/N-indeks (L = broj režnjeva, N = broj bočnih žila). Utvrđeno je da *Q. petraea* ima u 98 % slučajeva  $L/N < 1$ , u 2 %  $L/N = 1$ , a samo je na jednom lokalitetu (Appennino pavese) taj odnos 29:71 %; *Q. pubescens* ima u 30 % slučajeva  $L/N < 1$ , u 68 %  $L/N = 1$ , a u 2 %  $L/N > 1$ ; *Q. virgiliana* ima u 80 % slučajeva  $L/N < 1$ , a u 20 %  $L/N = 1$ .

Kissling (1977, 1980) istražuje srednjoeuropske hrastove (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. cerris*), koristeći se morfometrijskim metodama za izradu ključa za determinaciju vrsta.

Rushton (1979) je istraživao odnos između geografske rasprostranjenosti i klimatsko-edafskih obilježja za 135 populacijskih uzoraka vrsta *Quercus robur* i *Q. petraea* iz Walesa, te srednje i istočne Engleske, služeći se multivarijatnom analizom. Utvrđeno je da su čiste sastojine hrasta lužnjaka raspoređene u istočnome dijelu otoka i da su povezane s visokim vrijednostima pH. Populacije koje sadrže nešto hibrida smještene su zapadnije, a populacije hrasta kitnjaka (čiste i one s hibridima) raspoređene su uglavnom u Walesu, te su općenito edafski i klimatski odijeljene od populacija čistoga lužnjaka. Dokazano je da populacije hibrida pridolaze samo na intermedijarnim staništima.

Milletti i dr. (1982) istražuju hrast kitnjak u istočnim Alpama. Primijenjena je statistička analiza morfoloških parametara lista. Dobiveni se rezultati ne podudara-

ju s dotadašnjim literaturnim podacima. Rezultati pokazuju manju varijabilnost u obliku nego u dimenzijama. Srednje vrijednosti istraživanih parametara sIn: duljina plojke = 10 cm, duljina peteljke = 1,5 cm, 7 – 8 režnjeva, 9 – 12 bočnih žila. Što se tiče kvalitativnih svojstava, baza je klinasta ili zaobljena, peteljka je gola i žljebasta, pupovi i izbojci su dlakavi, gornja strana lista je gola, a donja je dlakava.

Rushton (1983) istražuje na 35 lokaliteta vrste *Quercus robur* i *Q. petraea*. Multivarijatnom analizom nekih svojstava lista utvrdio je da je stupanj hibridnosti tih dviju vrsta 13,3 %. Primijećena je veća zastupljenost hibrida u mješovitim populacijama. Sve je analizirane populacije podijelio u osam tipova s obzirom na zastupljenost čistih vrsta i hibrida.

Jensen (1986) je multivarijatnom analizom istraživao oblik ploda i geografsku rasprostranjenost sjevernoameričke vrste *Quercus ellipsoidalis*. Utvrđeno je da se sjeverne i južne populacije međusobno razlikuju u nekim od istraživanih svojstava.

Blue & Jensen (1988) istražuju varijabilnost nekih morfoloških svojstava lista u nekih vrsta roda *Quercus*, primjenjujući faktorsku analizu varijance. Utvrđeno je da se vrijednosti pojedinih parametara mijenjaju tijekom godine (sezonska varijabilnost).

Ietswaart & Feij (1989) istraživali su hibridizaciju i introgresiju između *Quercus robur* i *Q. petraea* u 12 nizozemskih populacija koristeći se multivarijatnom analizom. Utvrđena je sveza između pojedinih svojstava i pridolaženja nekih stupnjeva hibridizacije i introgresije, tj. hibridi koji su sličniji lužnjaku pridolaze na vlažnijima, a oni koji su sličniji kitnjaku na sušim staništima.

Smole & Batič (1992) istraživali su varijabilnost svojstava lista i ploda četiriju vrsta hrastova (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens* i *Q. cerris*) iz Slovenije. Utvrđeno je da su morfološka svojstva (oblik i duljina lisne plojke, duljina peteljke i duljina stapke ploda) karakteristična za razlikovanje promatranih vrsta hrastova i da imaju veliko značenje za detaljniju razdiobu. Nije utvrđeno po kojoj su zakonitosti povezana istraživana svojstva, ali njihova povezanost s nekim drugim kvalitativnim karakteristikama (režnjevi i dlakavost lista te oblik žira) daju mogućnost za detaljniju podjelu.

Aas (1993) istražuje morfološku varijabilnost 10 svojstava lista hrastova *Quercus robur* i *Q. petraea*, koristeći se univarijatnom i multivarijatnom analizom radi rješavanja taksonomskoga statusa tih dviju vrsta i njihovih hibrida.

Dupouey & Badeau (1993) istraživali su morfološku varijabilnost (lista, ploda i izbojaka) triju vrsta hrastova (*Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*) u sjeveroistočnoj Francuskoj. Nad 19 svojstava obavili su faktorsku analizu. Utvrđene su signifikantne razlike između triju analiziranih vrsta za većinu svojstava.

Elsner (1993) istražuje morfološku varijabilnost hrasta lužnjaka i kitnjaka u sjevernoj Njemačkoj radi razdiobe staništa čistih vrsta od staništa njihovih hibrida. U analizu su uključena morfološka svojstva listova, koja su obrađena diskriminantnom analizom. Rezultat je provedene analize postojanje staništa hibrida u neposrednoj blizini staništa čistih vrsta, što je vrlo čest slučaj u srednjoj i posebice u zapadnoj Europi. U našim se populacijama tek u novije vrijeme pristupilo detaljnijoj morfometrijskoj analizi lista te su i literaturni podaci vrlo oskudni.



Bačić (1983) istražuje varijabilnost nekih morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka dviju populacija (Batunja – sjeveroistočna Bosna i Zapadna Kusara – jugoistočna Slavonija). Utvrđeno je da postoje razlike u istraživanim svojstvima i unutar populacija i između populacija. Također je utvrđeno da su vrijednosti za istraživana svojstva veće u listova adultnih od listova juvenilnih stabala. Utvrđena su i svojstva koja najviše variraju (duljina peteljke i površina lista), te obilježja koja najmanje variraju (broj režnjeva, ureza i bočnih žila).

Franjić (1993a) istražuje varijabilnost morfoloških svojstava (duljine i najveće širine plojke) triju nizinskih zajednica hrasta lužnjaka (*Genista elate-Quercetum roboris typicum*, *Carpino betuli-Quercetum roboris* i *Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris*) u Hrvatskoj. Deskriptivnom analizom izmjerenih parametara utvrđeno je da zbog visoke varijabilnosti nema razlika među stablima u populaciji ni među stablima različitih populacija. Regresijskom je analizom utvrđeno da među navedenim svojstvima postoji visoka korelacija, a među stablima u čistim lužnjakovim zajednicama (bez primjese drugih hrastova) uočava se manja varijabilnost od zajednice u kojoj lužnjak raste zajedno s drugim hrastovima. Takvo se stanje objašnjava kao posljedica introgresije (obogaćenja) genoma lužnjaka s genima drugih hrastova s kojima raste na istom staništu i adaptibilnosti takva heterogenoga materijala na plus staništa.

Trinajstić & Krstinić (1993) istražuju varijabilnost hrasta lužnjaka primjenjujući morfometrijsku analizu duljine i širine plojke lista. Utvrđeno je da postoji vrlo visoka korelacija između dvaju istraživanih svojstava ( $r \approx 0,9$ ). Regresijski se pravci istraživanih populacija ne razlikuju po nagibu i po odsječku na osi ordinate ( $a_0$  i po  $a_1$ ). Utvrđeno je da se populacije međusobno razlikuju po raspodjelama LL-indeksa (duljina/širina plojke), ali je primijećeno da se populacije Calabria (Italija) i Kostolac (BiH) ne razlikuju, što se dovodi u vezu s nadmorskom visinom, koja je za te dvije populacije približno jednaka.

Trinajstić & Franjić (1996) istražuju morfološke razlike među obilježjima lista (duljina i širina plojke, duljina peteljke, broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke) u sva četiri tipa izbojaka (kratki fertilni, kratki sterilni, dugi fertilni, dugi sterilni i u slobodno ubranih listova s tla). Primjenom standardnih statističkih metoda utvrđeno je da se navedena svojstva različito ponašaju u različitim tipova izbojaka, tj. kratki fertilni i kratki sterilni izbojci gotovo ne pokazuju razlike, ali se listovi dugih sterilnih izbojaka razlikuju od dugih fertilnih, a i od kratkih fertilnih i kratkih sterilnih. I listovi dugih fertilnih izbojaka razlikuju se od listova kratkih fertilnih i kratkih sterilnih izbojaka.

## SVRHA ISTRAŽIVANJA – OBJECTIVE OF RESEARCHES

Poredbeno-statističkom analizom svojstava lista kratkih fertilnih izbojaka (adultni materijal) nizinskih šumskih zajednica iz Posavine i Podravine u Hrvatskoj pokušao se utvrditi stupanj unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti, te

stupanj ekoloških i genetskih razlika istraživanih populacija hrasta lužnjaka s osvrtom na razlike između skupine posavskih i skupine podravskih populacija. Za kontrolu uzete su i populacije izvan navedenoga područja – Motovun (Hrvatska), Ljubljana (Slovenija), Grosselfingen i Bisingen (Njemačka).

S istraživanjem se željela utvrditi varijabilnost svojstava (duljina i širina plojke, duljina peteljke i broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke lista), tj. utvrditi varijabilnost deskriptivnih statističkih parametara [aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ), standardne devijacije ( $s_x$ ), širine varijabilnosti ( $x_{\min.} - x_{\max.}$ ), koeficijenta varijabilnosti (C.V.)] istraživanih svojstava. Također je obavljena neparametrijska analiza (Kolmogorov-Smirnov, Mann-Whitneyev U-test, Wald-Wolfowitzov test, Kruskal-Wallisov, Median test i Signed rank test), te multivarijatna "cluster" analiza.

Varijabilnost se hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj utvrđuje radi dobivanja boljšega pregleda fenotipske i genetske izdiferenciranosti lokalnih populacija, što je bitna pretpostavka (osnova) za planiranje (izdvajanje) sjemenskih objekata (rajonizaciju) i radova na očuvanju genofonda hrasta lužnjaka.

Istraživanjima se na kraju želi utvrditi da li postoji adultno-juvenilna korelacija za istraživana svojstva lista. Ako bi se utvrdilo da korelacija postoji, tada bi dobiveni rezultati imali svoju praktičnu primjenu, tj. tada bi se mogla na osnovi makromorfoloških svojstava lista, u mladoj sastojini, s velikim brojem stabala po jedinici površine i s relativno velikom vjerojatnošću izlučivati ona stabla za koja se zna da imaju traženu kvalitetu (da mogu preživjeti do kraja ophodnje, da su zadovoljavajuće kvalitete debla, da pokazuju veću otpornost na "kisele kiše", na napad štetnih gljiva i kukaca i dr.).

## MATERIJAL I METODE RADA – MATERIAL AND WORKING METHODS

### PODRUČJE ISTRAŽIVANJA – PODRIJETLO MATERIJALA

Kako su zakonitosti raspodjele pojedinih parametara analizirane jedino u savskome slivnom području (Posavina), istraživanja su se proširila i na dravski sliv (Podravinu) da bi se utvrdili modeli varijabilnosti za čitav nizinski dio areala hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Nažalost, zbog ratnih prilika nije bilo moguće analizirati cijeli lužnjakov areal u Hrvatskoj.

Listovi za morfometrijsku analizu potječu iz 16 populacija hrasta lužnjaka, koje pripadaju nizinskim šumskim zajednicama hrasta lužnjaka iz Posavine i Podravine, jedne populacije iz Istre (Motovun), te iz dviju populacija iz SR Njemačke (Bisingen i Grosselfingen) i jedne iz Slovenije (Ljubljana) (usp. tablicu 1).

Kako je prethodnim istraživanjima utvrđeno, a uvodno već i spomenuto, nije svejedno s kojega se izbojka na istom stablu uzimaju uzorci listova. Stoga je u ovom slučaju uzet uzorak listova kratkih fertilnih izbojaka. U uzorku su isključivo samo zdravi, normalno i potpuno (ubrani u drugome dijelu vegetacijskoga razdoblja) razvijeni listovi, koji su ubrani sa stabala na osami ili na rubu šume (osvijetljeni dio

krošnje). Nedovoljno razvijeni listovi su odstranjeni zato što su takvi listovi, zbog nekih fizioloških ili nekih drugih razloga, nepotpuno razvijeni i što ne daju pravi oblik fenotipa, te bi njihovom analizom nastala neka imaginarna slika, koja ne bi bila stvarna odlika genotipa. Takav izbor stabala posljedica je spoznaje da samo ono stablo koje se nalazi na osami, a i onaj dio stabla koji se nalazi na vanjskome dijelu šume, može pokazati svoj fenotip u potpunosti, tj. onako kako je on definiran genotipom (usp. Franjić 1993, 1994, 1994a). U tom slučaju uzrok je svih razlika pod utjecajem genotipa i staništa.

Ukupno je analizirano 20 populacija, 116 stabala i 7545 listova, a na svakom je listu izmjereno pet parametara, tj. ukupno je analizirano 37 725 izmjerenih podataka.

## SKUPLJANJE I PREPARIRANJE UZORAKA ZA ANALIZU

Skupljanje uzoraka često je i najteži dio nekoga pokusa, a posebno je problematično skupljanje uzoraka za biološke pokuse, jer je skupljanje takvih uzoraka vremenski vrlo ograničeno na pojedine dijelove vegetacijskoga razdoblja. Pojavljivanje pojedinih struktura za analizu (npr. dobar urod žira hrasta lužnjaka) ne može se predvidjeti, a rukovanje, obrada i čuvanje materijala je vrlo teško i vezano je uz velike troškove.

Budući da za kvalitetnu statističku analizu treba skupiti reprezentativan uzorak s dovoljnim brojem primjeraka, skupljanje je uzoraka hrasta lužnjaka bilo vezano uz česta i skupa putovanja, relativno tešku i skupu obradu uzoraka (sušenje herbarske građe, skladištenje, mjerenje i statističku obradu uzoraka).

## IZBOR STABALA U SASTOJINI

Prijašnjim je istraživanjima (Franjić 1993, 1994) utvrđeno da nije svejedno s koje- ga se stabla (u sastojini ili na osami) uzimaju uzorci listova za morfometrijsku analizu, jer se krivim odabirom stabala može dobiti uzorak nepodoban za istraživanje, pa se strogo vodilo računa o odabiru stabala za analizu. U istraživanjima su upotrijebljena adulta stabla, i to najčešće stabla na osami (soliteri) ili stabla na rubu šume, zbog toga što su plodne grane takvih stabala razmjerno nisko i mogućnost je skupljanja kvalitetnoga uzorka veća, a ujedno su i troškovi skupljanja mnogo niži. Budući da se radi o hrastu lužnjaku koji ima simpodijalan rast, te svaki vršni izbojak ima funkciju vegetacijskoga vrha, sasvim je svejedno s kojega će se dijela krošnje uzimati uzorak listova za analizu. Kako je već istaknuto, to je uzorak listova kratkih izbojaka (usp. sliku 2a), koji jedini predstavljaju recentno stanje vrste (usp. Trinajstić 1989, Franjić 1993, 1993a) i koji su ubrani sa stabala na rubu šume ili sa solitera.

## VRIJEME SKUPLJANJA UZORAKA LISTOVA

Imajući na umu fenološki razvoj kratkih izbojaka (fertilnih i sterilnih), koji se razvijaju na početku vegetacijskoga razdoblja, vrijeme skupljanja uzoraka listova re-

lativno je kratko; ono zbog razvoja listova u hrasta lužnjaka može početi početkom srpnja i trajati do kraja rujna. Do kraja lipnja listovi nisu potpuno razvijeni, a početkom listopada listovi već počinju opadati.

U istraživanja su uključeni listovi skupljeni u navedenom godišnjem razdoblju od 1990. do 1994. godine.

## NAČIN SKUPLJANJA UZORAKA LISTOVA I PREPARIRANJE

Uzorci su listova skupljeni trganjem kratkih izbojaka s odabranih stabala i stavljeni u PVC vrećice, nakon čega su prešanjem osušeni u novinskome papiru i spremljeni u herbar.

## METODA RADA

Svaki je obrađeni (herbariziran) list označen brojem od 1-n (usp. Trinajstić 1988, Franjić 1993, 1994), a u svakoga normalno razvijenoga i neoštećenog lista mjerena je duljina plojke ( $l_o$ ), širina plojke ( $l_a$ ) i duljina peteljke ( $l_p$ ), te su brojeni režnjevi s lijeve ( $n_{ld}$ ) i s desne strane plojke ( $n_{ls}$ ) lista (usp. Franjić 1993a, 1994a, slika 2b). Sve izmjerene dimenzije listova mjerene su s preciznošću od 1 mm.

Svi su uzorci strojno statističko-grafički analizirani usporedbom statističkih paketa SPSS/PC + V2.0 i SAS 6.04 na PC-u 386, 486, Digital 466.

Općenito bi se sve primijenjene statističke metode mogle podijeliti u tri skupine:

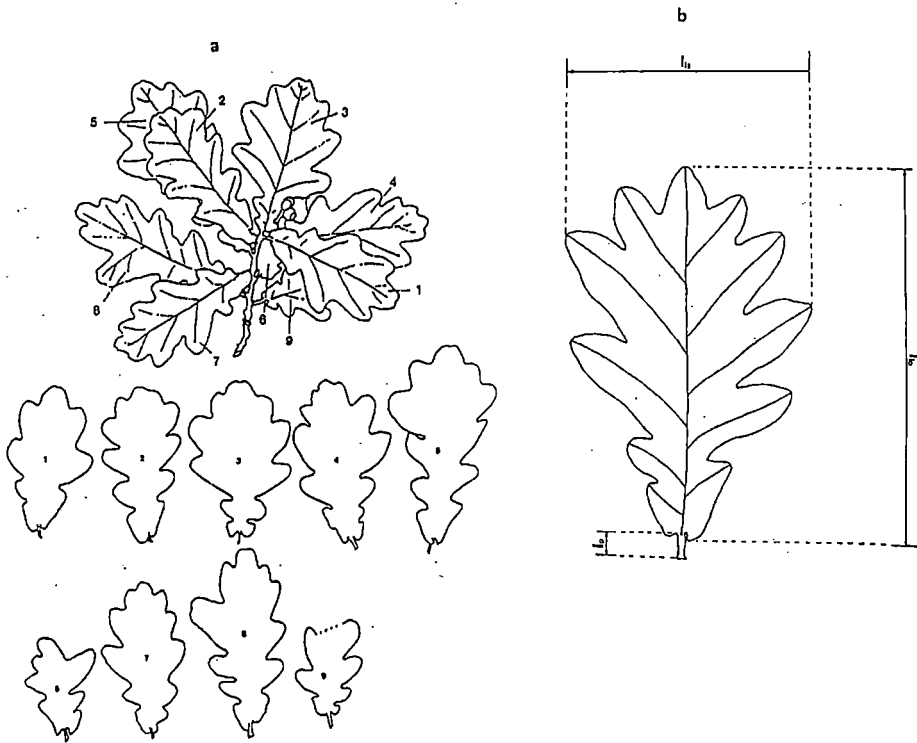
1. deskriptivna statistika
2. testiranje hipoteza (neparametrijski i parametrijski testovi)
3. multivarijatna "cluster" analiza.

## DESKRIPTIVNA STATISTIKA

Za sve uzorke određene su aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ), standardne devijacije ( $s_x$ ), koeficijenti varijabilnosti (C.V.), širine varijabilnosti ( $x_{min.}-x_{max.}$ ) mjerenih svojstava lista uporabom standardnih formula (usp. Tavčar 1946, Prodan 1961, Snedecor & Cochran 1971, Sneath & Sokal 1973, Petz 1974, Sokal & Rohlf 1981, Pranjić 1990).

## TESTIRANJE HIPOTEZA

Budući da je prijašnjim istraživanjima utvrđeno (usp. Franjić 1993, 1994), a i sadašnjima potvrđeno da sve raspodjele (distribucije) frekvencija nisu normalne, bilo je potrebno primijeniti neparametrijske metode da bi se utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika na individualnoj (među stablima) i populacijskoj (među populacijama) razini.



Slika 2. a – kratki fertilni izbojak s listovima (Trinajstić 1989),  
b – mjerena svojstva lista (Franjić 1993)  
Figure 2. a – short fertile shoot with leaves (Trinajstić 1989),  
b – measured properties of the leaf (Franjić 1993)

Ukupno je primijenjeno šest neparametrijskih testova:

1. Kolmogorov-Smirnov test
2. Mann-Whitneyev U-test
3. Wald-Wolfowitzov test
4. Kruskal-Wallisov H-test
5. Median test
6. Signed rank test.

Kruskal-Wallisov H-test prihvaćen je kao najpouzdaniji, jer se temelji na pretpostavci da imamo  $k$  neovisnih uzoraka za koje želimo ustanoviti da li potječu iz iste populacije (usp. Franjić 1990), što u potpunosti odgovara skupljenomu uzorku. Zahtjevi ostalih testova su više ili manje odstupali od moguće prilagodbe uzorka, te su zbog toga i rezultati dobiveni tim testovima smatrani nepouzdanima i zbog toga su isključeni. Pretpostavka simetrije broja režnjeva je testirana "signed rank" testom (test da je medijan razlike u broju režnjeva jednak 0).

## MULTIVARIJATNA "CLUSTER" ANALIZA

Radi lakšega snalaženja "cluster" analizu smo za ovaj rad podijelili na:

1. "Cluster" metode
2. Određivanje mjera sličnosti i udaljenosti
3. Izračunavanje kofenetskoga korelacijskoga koeficijenta ( $r_c$ )
4. Tijek obrade podataka
5. Metodološki pristup "cluster" analizi morfološke varijabilnosti hrasta lužnjaka.

### "CLUSTER" METODE

U ovome su radu upotrijebljene hijerarhijske "cluster" metode, i to aglomerativne (SAHN – "Sequential Agglomerative Hierarchic Nonoverlapping Clustering Methods"), koje smanjuju podatke spajanjem objekata sve do finalno jedne jedinstvene skupine, a divizivne dijele objekte u sve manje i manje skupine sve do finalne situacije – jedan objekt = jedna skupina. Prema Sneathu & Sokalu (1973) aglomerativne metode nesumnjivo su najčešći pristup u taksonomiji i biologiji općenito.

Prema Lanceu & Williamsu (1967) može se postaviti opći algoritam koji se odnosi na kombinatorne metode i koji zapravo određuje cijeli niz SAHN metoda:

$$U_{(J, K), L} = \alpha_J U_{J,L} + \alpha_K U_{K,L} + \beta U_{J,K} + \gamma U_{J,L} - U_{K,L}$$

gdje su  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  konstante koje određuju prirodu strategije razvrstavanja. Osnovni kriterij za pripajanje nekoga člana postojećoj skupini za sve metode parnih skupina jest ovaj:

- OTU-i ili skupine J i K će se vezati onda i samo onda kada je  $U_{JK} \leq U_{JL}$  i  $U_{JK} \leq U_{KL}$ , gdje je L bilo koja skupina ili OTU na toj razini razvrstavanja drugačija od J i K.

Praktično, to znači da su J i K međusobno najbliži par OTU-a ili skupina. Međutim, može doći do situacije kad je s nekom novom skupinom ili OTU-om M odnos M odnos  $U_{JK} = U_{KM} < U_{KL}$ . U tom se slučaju mora donijeti arbitrarna odluka koji će se par OTU-a formirati,  $U_{JK}$  ili  $U_{KM}$ . Odgoda povezivanja jednoga ili drugoga može promijeniti položaj sljedećega. Svakako, tretman ovoga problema ovisi i o upotrijebljenome programu. Većina programa, pogotovo starijih, uzima u slučaju pojave identičnih sličnosti, prvu ili posljednju sličnost, arbitrarno.

Kako je u ovome radu primijenjeno više metoda "cluster" analize i dobiveno više dendrograma, potrebno je odabrati koja je metoda dala rezultat koji najbolje prikazuje stvarnu strukturu stabala i populacija. Postoji više metoda međusobne usporedbe dobivenih dendrograma, te vrednovanja rezultata "cluster" analize. Iz svakoga dendrograma moguće je očitati tzv. kofenetičke udaljenosti i izračunati vrijednost koeficijenta kofenetičke korelacije ( $r_c$ ), tj. korelacije između kofenetičke i originalne (polazne) udaljenosti.

## MAHALANOBISOVA METRIKA (MAHALANOBISOVA D-PROSTORNA I MULTIPLI DISKRIMINANTNA ANALIZA)

Kada su posrijedi multivarijatno normalno distribuirana svojstva koja nisu međusobno nezavisna (tj. matrica korelacije nije jedinična), moguće je primijeniti transformaciju koja uzima u obzir razliku u veličini pojedinih svojstava i njihovu povezanost. Jedna je takva mjera udaljenosti Mahalanobisova udaljenost.

Prema Mahalanobisu (1936) udaljenost među bilo kojega para točaka A i B, tzv. Mahalanobisova udaljenost, može se izračunati po jednadžbi

$$D_{AB}^2 = \delta'_{AB} W^{-1} \delta_{AB}$$

gdje je  $\delta_{AB}$ , kao i prije, razlika između vektora varijabla za OTU-e A i B, a W je matrica varijanci-kovarijanci tih varijabla.

Metoda zapravo transformira prvotni prostor u novi, u kojemu su prijašnje osi rastegnute i zakrivljene (ukošene), tako da više nisu pod pravim kutom, a osi su rastegnute u inverziji proporcionalno standardnoj devijaciji. Iz jednakosti izlazi da je kvadratni korijen iz  $D^2$  jednostavna Euklidova udaljenost u tom novom D-prostoru.

Na osnovi navedenih primjera praktične primjene numeričke taksonomije u području sistematske botanike i opsežnijih djela koja se bave metodološkom problematikom numeričke taksonomije formirani su metodološki postupci za analizu unutarvrstne (individualne i populacijske) varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur*).

## METODOLOŠKI PRISTUP "CLUSTER" ANALIZI MORFOLOŠKE VARIJABILNOSTI HRASTA LUŽNJAKA

"Cluster" analiza morfološke varijabilnosti hrasta lužnjaka zasnovana je na izračunavanju Mahalanobisovih udaljenosti među analiziranim populacijama (Mahalanobis 1936, Constantze-Westerman 1978). Za skaliranje je upotrijebljena unutarpopulacijska matrica varijanci-kovarijanci, procijenjena na temelju svih populacija. Upotrijebljeno je sedam metoda hijerarhijske "cluster" analize:

1. Single linkage ("Nearest neighbor", "Minimum method", "Dendritic method")
2. Complete linkage ("Furthest neighbor", "Maximum method")
3. UPGMA ("unweighted pair-group method using arithmetic averages", "group-average method", "unweighted group mean method", "average linkage between groups")
4. WPGMA ("weighted pair group method using arithmetic averages", "average linkage between groups")
5. UPGMC ("unweighted pair-group centroid method, centroid technique")
6. WPGMC ("weighted pair-group centroid method", "median method")
7. Wardova ("minimum sum of squares method", "error sum of squares method", "minimum variance clustering", "incremental sum of squares methods").

Rezultati "cluster" analize prikazani su grafički dendrogramima (slike 3 – 9). Za crtanje dendrograma upotrijebljen je program SAS 6.04 i makro GRFTREE, za koji zahvaljujemo autoru dr. Danu Jacobsu (University of Maryland, College Park, USA).

Matrice kofenetske udaljenosti uspoređene su s originalnim udaljenostima primjenom kofenetskoga korelacijskoga koeficijenta (Sneath & Sokal 1973). U radu su prikazani samo dendrogrami dobiveni metodama Single linkage, Complete linkage, UPGMA, WPGMA, UPGMC (Centroid), WPGMC (Median) i Wardovom metodom, a za interpretaciju je upotrijebljen UPGMC (Centroid) dendrogram, jer je pokazao najbolje poklapanje s originalnom matricom udaljenosti ( $r_c(\text{UPGMC}) = 0,42$ ), dok se za ostale metode vrijednosti kreću  $-0,04 \leq r_c \leq 0,37$ . Za usporedbu se još mogu koristiti dendrogrami dobiveni metodama UPGMA i WPGMC (Median), čije je poklapanje s originalnom matricom udaljenosti nešto slabije nego u UPGMC (Centroid) metode ( $r_c(\text{UPGMA}) = 0,37$ ;  $r_c(\text{WPGMC}) = 0,34$ ).

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA - RESULTS OF RESEARCHES

U ovome su poglavlju prikazani rezultati morfometrijskih istraživanja hrasta lužnjaka podravskih i posavskih populacija te, radi usporedbe, dviju njemačkih populacija (Bisingen i Grosselfingen) i populacija Ljubljana i Motovun (usp. tablice 2 – 14 i sl. 3). Svi su navedeni rezultati s obzirom na statističke metode obrade podijeljeni u tri skupine:

1. rezultati deskriptivne analize
2. rezultati neparametrijske analize
3. rezultati multivarijatne analize.

Osnovna je svrha da rezultati 1 i 2 posluže za što objektivniju interpretaciju rezultata multivarijatne analize.

### REZULTATI DESKRIPTIVNE ANALIZE

Rezultati deskriptivne analize podijeljeni su u četiri skupine:

1. rezultati deskriptivne parametrijske analize
2. rezultati deskriptivne neparametrijske analize
3. prikaz vrijednosti aritmetičke sredine za svih pet istraživanih svojstava lista
4. prikaz statističkih vrijednosti asimetrije broja režnjeva (L–D).

### REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE

Prikaz vrijednosti deskriptivne parametrijske analize obavljen je pomoću pet statističkih parametara:

1. aritmetičke sredine –  $\bar{x}$
2. standardne devijacije –  $s_x$



3. koeficijenta varijabilnosti – C.V.
  4. koeficijenta sploštenosti krivulje – Kurtosis
  5. koeficijenta skošenosti krivulje – Skewness
- za svih pet istraživanih svojstava lista.

## REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE DULJINE PLOJKE

Za duljinu plojke je karakteristično da je vrlo varijabilna, tako da se C.V. kreće od 10,54 % u stabla 3 u populaciji Križevci (07) do 30,40 % u stabla 1 u populaciji Lipovljani. Također se iz koeficijenta sploštenosti krivulje (Kurtosis) može uočiti da je u svih istraživanih populacija, s izuzetkom populacije Privlaka (13), navedeni koeficijent s negativnim predznakom, što znači da je krivulja distribucije frekvencija za svojstvo duljina plojke sploštena. Na osnovi koeficijenta skošenosti krivulje (Skewness) vidljivo je da je u svih populacija s izuzetkom Kutine (08) češća desna asimetrija, tj. navedeni koeficijent ima pozitivnu vrijednost.

## REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE ŠIRINE PLOJKE

Širina plojke ima sličnu varijabilnost parametrijskih pokazatelja kao i duljina plojke, s tim da koeficijent varijabilnosti (C.V.) ima nešto više vrijednosti. Najniža se vrijednost javlja u stabla 2 u populaciji Bisingen (01) 13,75 %, a najviša u stabla 1 u populaciji Lipovljani (09). Također, koeficijenti sploštenosti i skošenosti pokazuju slične karakteristike kao i u duljine plojke, s tom razlikom što je u širine plojke broj negativno sploštenih krivulja manji nego u duljine plojke. Tako populacije Gradište-Kula (04) i Privlaka (13) imaju češće koeficijent sploštenosti s pozitivnim nego s negativnim predznakom.

## REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE DULJINE PETELJKE

Duljina peteljke lista je najvarijabilniji od svih pet istraživanih parametara. Najniža vrijednost aritmetičke sredine duljine peteljke  $\bar{x} = 2,38$  mm javlja se u populacije Lipovljani (09), a najviša  $\bar{x} = 9,10$  mm u populacije Levanjska Varoš (19). Koeficijent varijabilnosti (C.V.) izrazito je velik, te se najniža vrijednost (19,37 %) javlja u populacije Levanjska Varoš (19), a najviša (52,25 %) u populacije Lipovljani (09). Znakovita je pozitivna asimetrija i parametra sploštenosti (Kurtosis) i parametra skošenosti (Skewness), što je upravo obrnuto od prethodna dva svojstva (duljine i širine plojke). Izuzetak su populacije Gradište-Kula (04), Kutina (08), Maksimir (11), Motovun (12), Staro Topolje (16) i Levanjska Varoš (19), u kojih je koeficijent sploštenosti (Kurtosis) za većinu stabala negativnoga predznaka (negativna asimetrija ili sploštena distribucija frekvencija), a koeficijent skošenosti (Skewness) pozitivnoga predznaka (desna ili pozitivna asimetrija).

## REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE BROJA REŽNJEVA – L

Broj režnjeva – L je vrlo stabilan morfološki parametar, te pokazuje najmanje oscilacije vrijednosti. Tako se najniža vrijednost ( $\bar{x} = 3,32$ ) javlja u populacije Gradište-Kula (04), a najviša ( $\bar{x} = 6,32$ ) u populacije Ludbreg (20). Najniži koeficijent varijabilnosti (C.V. = 9,99 %) javlja se u populacije Kutina (08), a najviši ( $\bar{x} = 26,38$  %) u populacije Donji Miholjac (03). Koeficijenti sploštenosti (Kurtosis) i skošenosti (Skewness) ponašaju se slično kao i u svojstava duljina i širina plojke, tj. imaju negativnu asimetriju. Izuzetak su populacije Bisingen (01), Bjelovar (02), Križevci (07), Repaš (15) i Varaždin (18), gdje je koeficijent skošenosti (Skewness) češće pozitivan (desna asimetrija).

## REZULTATI DESKRIPTIVNE PARAMETRIJSKE ANALIZE BROJA REŽNJEVA – D

Broj režnjeva – D je sličnih karakteristika kao i broj režnjeva – L, s tim da se ekstremne vrijednosti u potpunosti ne podudaraju. Najniža vrijednost ( $\bar{x} = 3,21$ ) javlja se u populacije Donji Miholjac (03), a najviša ( $\bar{x} = 6,50$ ) u populacije Turopoljski lug (17). Koeficijent je varijabilnosti (C.V.) najniži (10,32 %) u populacije Ludbreg (20), a najviši (29,04 %) u populacije Donji Miholjac (03). Koeficijenti asimetrije krivulje (Kurtosis i Skewness) upućuju na negativnu asimetriju, s izuzetkom populacija Koprivnica (06), Lipovljani (09), Privlaka (13) i Varaždin (18), u kojih je koeficijent sploštenosti (Kurtosis) češće pozitivan, te u populacija Donji Miholjac (03), Lipovljani (09), Motovun (12), Privlaka (13), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), u kojih je koeficijent skošenosti (Skewness) češće pozitivan (desna asimetrija).

## REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE

Prikaz vrijednosti deskriptivne neparametrijske analize obavljen je pomoću pet statističkih parametara:

1. medijana
2. minimuma distribucije frekvencija –  $x_{\min}$
3. maksimuma distribucije frekvencija –  $x_{\max}$
4. prvoga ili 25 %-tnoga percentila –  $Q_1$
5. trećega ili 75 %-tnoga percentila –  $Q_3$

za svih pet istraživanih svojstava lista.

## REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE DULJINE PLOJKE

Neparametrijski pokazatelji (medijan,  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ,  $Q_1$ ,  $Q_3$ ) duljine plojke lista imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (68 mm) javlja se u populacije Repaš (15), a najviša (135 mm) u populacije Staro Topolje (16).
- Najniža minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 26$  mm) javlja se u populacije Lipovljani (09), a najviša minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 83$  mm) javlja se u populacije Privlaka (13).
- Najniža maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 76$  mm) javlja se u populacije Bisingen (01), a najviša maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 184$  mm) javlja se u populacije Privlaka (13).
- Najniža vrijednost prvoga percentila ( $Q_1$ ), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ( $Q_{1\min} = 56$  mm) javlja se u populacija Bisingen (01) i Motovun (12), a najviša vrijednost ( $Q_{1\max} = 110$  mm) u populacije Privlaka (13).
- Najniža vrijednost trećega percentila ( $Q_3$ ), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija, ( $Q_{3\min} = 65$  mm) javlja se u populacije Bisingen (01), a najviša vrijednost ( $Q_{3\max} = 150$  mm) u populacije Staro Topolje (16).

#### REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE ŠIRINE PLOJKE

Neparametrijski pokazatelji (medijan,  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ,  $Q_1$ ,  $Q_3$ ) širine plojke lista imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (33 mm) javlja se u populacije Gradište-Kula (04), a najviša (88 mm) u populacije Privlaka (13).
- Najniža minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 16$  mm) javlja se u populacije Levanjska Varoš (19), a najviša minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 50$  mm) javlja se u populacije Slatina (14).
- Najniža maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 48$  mm) javlja se u populacije Bisingen (01), a najviša maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 128$  mm) javlja se u populacije Privlaka (13).
- Najniža vrijednost prvoga percentila ( $Q_1$ ), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ( $Q_{1\min} = 21$  mm), javlja se u populacije Gradište-Kula (04), a najviša vrijednost ( $Q_{1\max} = 63$  mm) u populacije Slatina (14).
- Najniža vrijednost trećega percentila ( $Q_3$ ), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija ( $Q_{3\min} = 41$  mm), javlja se u populacija Bisingen (01) i Gradište-Kula (04), a najviša vrijednost ( $Q_{3\max} = 102$  mm) u populacije Privlaka (13).

#### REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE DULJINE PETELJKE

Neparametrijski pokazatelji (medijan,  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ,  $Q_1$ ,  $Q_3$ ) duljine peteljke lista imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (2 mm) javlja se u populacija Bjelovar (02), Donji Miholjac (03), Lipovljani (09) i Ludbreg (20), a najviša (9 mm) u populacije Levanjska Varoš (19).

- Najniža minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 1$  mm) javlja se u populacija Bisingen (01), Bjelovar (02), Križevci (07), Lipovljani (09), Maksimir (11), Motovun (12), Staro Topolje (16) i Varaždin (18), a najviša minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 5$  mm) javlja se u populacije Levanjska Varoš (19).
- Najniža maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 76$  mm) javlja se u populacija Bjelovar (02), Donji Miholjac (03), Koprivnica (06), Križevci (07), Repaš (15), Staro Topolje (16) i Ludbreg (20), a najviša maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 13$  mm) javlja se u populacije Maksimir (11).
- Najniža vrijednost prvoga percentila ( $Q_1$ ), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ( $Q_{1\min} = 1$  mm), javlja se u populacija Bjelovar (02), a najviša vrijednost ( $Q_{1\max} = 8$  mm) u populacije Levanjska Varoš (19).
- Najniža vrijednost trećega percentila ( $Q_3$ ), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija ( $Q_{3\min} = 3$  mm), javlja se u populacija Bisingen (01), Bjelovar (02), Donji Miholjac (03), Koprivnica (06), Križevci (07), Lipovljani (09), Varaždin (18) i Ludbreg (19), a najviša vrijednost ( $Q_{3\max} = 10$  mm) u populacije Levanjska Varoš (19).

#### REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE BROJA REŽNJEVA – L

Neparametrijski pokazatelji (medijan,  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ,  $Q_1$ ,  $Q_3$ ) broja režnjeva – L imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (3) javlja se u populacija Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04) i Levanjska Varoš (19), a najviša (7) u populacije Turopoljski lug (17).
- Najniža minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 2$ ) javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Lipovljani (09), Ljubljana (10), Maksimir (11), Motovun (12), Privlaka (13), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 5$ ) javlja se u populacije Turopoljski lug (17).
- Najniža maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 5$ ) javlja se u populacija Bjelovar (02), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Lipovljani (09), Motovun (12), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 10$ ) javlja se u populacije Turopoljski lug (17).
- Najniža vrijednost prvoga percentila ( $Q_1$ ), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ( $Q_{1\min} = 3$ ), javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Križevci (07), Lipovljani (09), Maksimir (11), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša vrijednost ( $Q_{1\max} = 6$ ) u populacija Kutina (08), Privlaka (13) i Turopoljski lug (17).
- Najniža vrijednost trećega percentila ( $Q_3$ ), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija ( $Q_{3\min} = 4$ ), javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Motovun (12), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša vrijednost ( $Q_{3\max} = 8$ ) u populacije Turopoljski lug (17).

## REZULTATI DESKRIPTIVNE NEPARAMETRIJSKE ANALIZE BROJA REŽNJEVA – D

Neparametrijski pokazatelji (medijan,  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ,  $Q_1$ ,  $Q_3$ ) broja režnjeva – D imaju ove karakteristike:

- Najniža vrijednost medijana (3) javlja se u populacije Gradište-Kula (04), a najviša (7) u populacija Kutina (08), Privlaka (13) i Turopoljski lug (17).
- Najniža minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 2$ ) javlja se u populacija Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Lipovljani (09), Ljubljana (10), Maksimir (11), Motovun (12), Privlaka (13), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša minimalna vrijednost ( $x_{\min} = 5$ ) javlja se u populacija Koprivnica (06) i Kutina (08).
- Najniža maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 5$ ) javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Grosselfingen (05), Lipovljani (09), Motovun (12), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19); a najviša maksimalna vrijednost ( $x_{\max} = 9$ ) javlja se u populacija Privlaka (13) i Turopoljski lug (17).
- Najniža vrijednost prvoga percentila ( $Q_1$ ), koji maksimumom opisuje 25 % distribucije frekvencija ( $Q_{1\min} = 3$ ), javlja se u populacija Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Križevci (07), Lipovljani (09), Maksimir (11), Motovun (12), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša vrijednost ( $Q_{1\max} = 7$ ) u populacije Turopoljski lug (17).
- Najniža vrijednost trećega percentila ( $Q_3$ ), koji maksimumom opisuje 75 % distribucije frekvencija ( $Q_{3\min} = 4$ ), javlja se u populacija Bisingen (01), Donji Miholjac (03), Gradište-Kula (04), Motovun (12), Staro Topolje (16), Varaždin (18) i Levanjska Varoš (19), a najviša vrijednost ( $Q_{3\max} = 8$ ) u populacije Turopoljski lug (17).

## POPULACIJSKI PRIKAZ VRIJEDNOSTI ARITMETIČKE SREDINE ZA SVIH PET ISTRAŽIVANIH SVOJSTAVA LISTA

Utvrđena je aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ) svih pet istraživanih svojstava lista (duljina i širina plojke, duljina peteljke, broj režnjeva s lijeve i desne strane plojke lista) za svih 20 istraživanih populacija (usp. tablicu 2).

U tablici 2 populacije su poredane u smjeru istok → zapad, s tim da su prve četiri populacije (05, 01, 10, 12) kontrolne i da ne pripadaju ni Posavini ni Podravini, sljedećih šest populacija (03, 14, 15, 06, 20, 18) pripadaju Podravini, a posljednjih deset populacija (13, 16, 19, 04, 09, 08, 02, 07, 17, 11) pripadaju Posavini.

## ANALIZA ARITMETIČKE SREDINE DULJINE PLOJKE LISTA

Analizom je utvrđeno da najnižu vrijednost aritmetičke sredine duljine plojke lista ( $\bar{x} = 70,5$  mm) u kontrole ima populacija Bisingen, u Podravini najnižu vrijednost (82,0 mm) ima populacija Donji Miholjac (najistočnija podravska populacija),

a u Posavini Levanjska Varoš (76,4 mm, jedna od triju najistočnijih posavskih populacija).

Najvišu vrijednost aritmetičke sredine duljine plojke lista ima kontrolna populacija Ljubljana (94,1 mm), u Podravini populacija Slatina (107,5 mm), a u Posavini populacija Turopoljski lug (111,8 mm), uz Maksimir najzapadnija populacija).

#### ANALIZA ARITMETIČKE SREDINE ŠIRINE PLOJKE LISTA

Najnižu vrijednost aritmetičke sredine širine plojke lista ( $\bar{x} = 42,8$  mm) ima kontrolna populacija Bisingen, u Podravini najnižu vrijednost (45,5 mm) ima populacija Donji Miholjac (najistočnija podravska populacija), a u Posavini Levanjska Varoš (45,5 mm; jedna od triju najistočnijih posavskih populacija).

Najvišu vrijednost aritmetičke sredine širine plojke lista ima kontrolna populacija Grosselfingen (60,5 mm), u Podravini populacija Slatina (72,7 mm), a u Posavini populacija Turopoljski lug (66,6 mm; uz Maksimir najzapadnija populacija).

#### ANALIZA ARITMETIČKE SREDINE DULJINE PETELJKE LISTA

Najniža se vrijednost duljine peteljke lista javlja u kontrolnoj populaciji Bisingen (3,85 mm), u Podravini najnižu vrijednost ima populacija Ludbreg (2,79 mm; uz Varaždin najzapadnija podravska populacija), a u Posavini najnižu vrijednost ima populacija Križevci (3,99 mm; jedna od triju najzapadnijih posavskih populacija).

Najviše vrijednosti duljine peteljke javljaju se u kontrolnoj populaciji Ljubljana (6,33 mm), u podravskim populacijama populacije Slatina (5,13 mm; uz Donji Miholjac najistočnije podravske populacije), a u posavskim populacijama u populacije Levanjska Varoš (6,12 mm; jedne od triju najistočnijih populacija).

#### ANALIZA ARITMETIČKE SREDINE BROJA REŽNJEVA S LIJEVE I S DESNE STRANE PLOJKE LISTA

Broj reznjeva s lijeve i s desne strane ima podjednake vrijednosti tako da se u kontrolnima najniža vrijednost javlja u populacije Bisingen (4,13 s lijeve i 4,11 s desne strane), u podravskim populacijama najnižu vrijednost ima populacija Donji Miholjac (4,26, 4,22; najistočnija podravska populacija), a u posavskim populacijama najniža vrijednost javlja se u populacije Gradište-Kula (3,81, 3,88).

Najviše vrijednosti broja reznjeva u kontrolnima ima populacija Ljubljana (4,91, 4,86), od podravskih populacija populacija Repaš (5,52, 5,55), a od posavskih populacija populacija Turopoljski lug (6,21, 6,22).

#### PRIKAZ STATISTIČKIH VRIJEDNOSTI ASIMETRIJE BROJA REŽNJEVA (L–D)

U tablici 3 prikazane su aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) razlike broja reznjeva lijeve i desne strane plojke lista (L – D), te su prikazani rezultati t-testa (t) i sing-rank testa

(SR), koji govore o signifikantnosti odstupanja od simetrije ( $t$  – parametrijski, SR – neparametrijski).

Iz vrijednosti aritmetičke sredine svakoga stabla u svakoj istraživanoj populaciji vidljivo je da je negativna ili desna asimetrija (desna strana plojke ima veći broj režnjeva od lijeve strane,  $L < D$ ) češća od pozitivne ili lijeve asimetrije ( $L > D$ ), te da je vrlo mali broj stabala čiji su listovi simetrični ( $L - D = 0$ ).

Iz prikaza značajnosti razlika lijeve i desne strane broja režnjeva ( $t$  i SR testa) vidljivo je da se radi o malome broju tih razlika (samo 12 stabala) koje su statistički signifikantne. Broj je signifikantnih razlika podjednak u Podravini (5) i Posavini (7), s tim da se signifikantne razlike u Posavini javljaju u termofilnim zajednicama hrasta lužnjaka (*Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* – Gradište-Kula, Staro Topolje i Kutina) s izuzetkom populacije Privlaka, koja pripada tipičnoj lužnjakovo-grabovoj zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum*) i populacije Levanjska Varoš, koja pripada tipičnoj lužnjakovoj šumi (*Genisto elatae-Quercetum roboris*), s tim da se stablo 1 u posljednje populacije odlikuje ceroidnim svojstvima (ušiljeni režnjevi, crvene pukotine na kori).

## REZULTATI NEPARAMETRIJSKE ANALIZE

Kako je prijašnjim istraživanjima utvrđeno (usp. Franjić 1993, 1994, 1996), a i sadašnjima potvrđeno da sve raspodjele (distribucije) frekvencija nisu normalne, bilo je potrebno primijeniti neparametrijske metode da bi se utvrdilo postojanje statistički značajnih razlika na individualnoj (među stablima) i populacijskoj (među populacijama) razini.

Ukupno je upotrijebljeno šest neparametrijskih testova (Kolmogorov-Smirnov test, Mann-Whitneyev U-test, Wald-Wolfowitzov test, Kruskal-Wallisov H-test, Median test i Signed rank test), od kojih je Kruskal-Wallisov H-test prihvaćen kao najpouzdaniji (tablica 4), jer se temelji na pretpostavci da imamo  $k$  neovisnih uzoraka za koje želimo ustanoviti da li potječu iz iste populacije (usp. Pranjić 1990), što u potpunosti odgovara skupljenome uzorku. Zahtjevi ostalih testova su više ili manje odstupali od moguće prilagodbe uzorka, te su zbog toga i rezultati dobiveni tim testovima smatrani nepouzdanima i zbog toga su odstranjeni.

Iz tablice 4 je vidljivo da se u većine istraživanih populacija stabla signifikantno razlikuju s obzirom na istraživana svojstva lista. Izuzetak su samo neke populacije čija se stabla po jednom ili više svojstava signifikantno ne razlikuju. Tako se stabla populacije Bjelovar (02) međusobno ne razlikuju s obzirom na duljinu plojke, stabla populacije Ljubljana (10) ne razlikuju se s obzirom na širinu plojke i broj režnjeva s lijeve i s desne strane, stabla populacije Motovun (12) ne razlikuju se s obzirom na duljinu peteljke, stabla populacije Slatina (14) ne razlikuju se s obzirom na duljinu i širinu plojke, stabla populacije Turopoljski lug ne razlikuju se s obzirom na duljinu plojke i stabla populacije Ludbreg (20) ne razlikuju se s obzirom na duljinu peteljke.

## REZULTATI MULTIVARIJATNE ANALIZE

Multivarijatnom analizom za pet mjerenih svojstava lista u svih 20 istraživanih populacija utvrđena je individualna i populacijska varijabilnost hrasta lužnjaka (usp. tablice 5 – 14, sliku 3).

U tablici 5 prikazane su vrijednosti multivarijatne analize među stablima unutar populacija (Manova) i univarijatne među stablima unutar populacija po svojstvima (Anova). Analizom dobivenih rezultata vidljivo je da se multivarijatno u svih populacija stabla međusobno razlikuju, a univarijatnom je analizom utvrđeno da se u većine populacija stabla međusobno signifikantno razlikuju po svim istraživanim svojstvima lista, a izuzetak čine neke populacije u kojih se stabla međusobno signifikantno ne razlikuju po jednome ili više istraživanih svojstava. Tako se stabla populacije Ljubljana (10) međusobno signifikantno ne razlikuju s obzirom na širinu plojke i s obzirom na broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke lista, stabla populacije Motovun se ne razlikuju međusobno s obzirom na duljinu peteljke lista, stabla populacije Slatina (14) međusobno se ne razlikuju s obzirom na širinu plojke lista, stabla populacije Turopoljski lug (17) ne razlikuju se s obzirom na duljinu plojke lista i stabla populacije Ludbreg (20) međusobno se ne razlikuju s obzirom na duljinu peteljke lista.

Tablica 6 sadrži podatke dvofaktorske ugnježdene (parametrijske, univarijatne) analize varijance (Random Model Type III MS) među populacijama i među stablima u svim populacijama s obzirom na istraživana svojstva lista.

Dobiveni rezultati upućuju na postojanje signifikantnih razlika i među populacijama (populacijska varijabilnost) i među stablima (individualna varijabilnost), s tom razlikom da su razlike među stablima veće nego razlike među populacijama, i to jednako za svih pet istraživanih svojstava.

Multivarijatnom analizom varijance utvrđena je signifikantna razlika među populacijama, te među stablima u svih populacija, s tim da je razlika među stablima mnogo veća nego razlika među populacijama, tj. slično kao i pri univarijatnoj analizi (usp. tablicu 7).

U tablici 8 prikazani su rezultati dvofaktorske ugnježdene parametrijske analize varijance, iz čega je vidljivo da su razlike među svim stablima bez obzira na populaciju jako signifikantne (F), te da svako istraživano svojstvo lista nije jednako vrijedno pri utvrđivanju varijabilnosti hrasta lužnjaka (R-Square). Tako za duljinu plojke samo 32,4 % ukupne varijabilnosti otpada na razliku među stablima, za širinu plojke nešto više (33,4 %), za duljinu peteljke znatno više (49,8 %), kao i za broj režnjeva s lijeve (49,6 %) i s desne (49,3 %) strane plojke lista.

Tablice 9 – 13 prikazuju značajnost razlika među istraživanim populacijama posebno za svako istraživano svojstvo. Populacije su podijeljene u tri skupine: kontrolne populacije, podravske populacije i posavske populacije.



### RAZLIKE S OBZIROM NA DULJINU PLOJKE LISTA

U tablici 9 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije (Grosselfingen, Bisingen, Ljubljana i Motovun) signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Ljubljana, Koprivnica, Ludbreg, Varaždin, Kutina i Križevaca
- populacija Ljubljana od populacija Repaš, Bjelovar, Staro Topolje, Lipovljani i Maksimir
- populacija Motovun od populacije Levanjska Varoš i Gradište-Kula.

Također je vidljivo da se i podravske populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Varaždin i Kutina
- populacija Slatina od populacije Turopoljski lug
- populacija Repaš od populacija Ljubljana i Staro Topolje
- populacija Koprivnica od populacija Grosselfingen i Ludbreg
- populacija Ludbreg od populacija Grosselfingen i Koprivnica
- populacija Varaždin od populacija Grosselfingen, Donji Miholjac, Kutina i Križevci.

I posavske se populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Staro Topolje od populacija Ljubljana i Repaš
- populacija Levanjska Varoš od populacije Motovun
- populacija Gradište-Kula od populacije Motovun
- populacija Lipovljani od populacija Ljubljana, Bjelovar i Maksimir
- populacija Kutina od populacije Varaždin
- populacija Bjelovar od populacija Ljubljana, Lipovljani i Maksimir
- populacija Križevci od populacija Grosselfingen, Varaždin i Kutina
- populacija Turopoljski lug od populacije Slatina
- populacija Maksimir od populacija Ljubljana, Bjelovar i Lipovljani.

### RAZLIKE S OBZIROM NA ŠIRINU PLOJKE LISTA

U tablici 10 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Bjelovar i Staro Topolje
- populacija Bisingen od populacije Motovun
- populacija Ljubljana od populacija Repaš, Staro Topolje, Lipovljani i Maksimir
- populacija Motovun od populacija Bisingen i Donji Miholjac.

Također je vidljivo da se i podravske populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Motovun, Levanjska Varoš i Gradište-Kula

- populacija Repaš od populacija Ljubljana, Lipovljani i Maksimir
- populacija Koprivnica od populacija Križevci i Maksimir
- populacija Ludbreg od populacija Varaždin i Lipovljani
- populacija Varaždin od populacija Ludbreg i Lipovljani.

I posavske se populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Privlaka od populacije Turopoljski lug
- populacija Staro Topolje od populacija Grosselfingen i Ljubljana
- populacija Levanjska Varoš od populacija Donji Miholjac i Gradište-Kula
- populacija Gradište-Kula od populacija Donji Miholjac i Levanjska Varoš
- populacija Lipovljani od populacija Ljubljana, Repaš i Maksimir
- populacija Kutina od populacija Ludbreg i Varaždin
- populacija Bjelovar od populacije Grosselfingen
- populacija Križevci od populacija Koprivnica i Maksimir
- populacija Turopoljski lug od populacije Slatina
- populacija Maksimir od populacija Ljubljana, Repaš, Koprivnica, Lipovljani i Križevci.

#### RAZLIKE S OBZIROM NA DULJINU PETELJKE LISTA

U tablici 11 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Slatina i Gradište-Kula
- populacija Bisingen od populacija Repaš, Bjelovar, Lipovljani i Križevci
- populacija Ljubljana od populacije Levanjska Varoš
- populacija Motovun od populacija Donji Miholjac, Privlaka i Kutina.

Također je vidljivo da se i podravske populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Motovun i Privlaka
- populacija Slatina od populacija Grosselfingen i Gradište-Kula
- populacija Repaš od populacija Bisingen, Bjelovar, Varaždin, Lipovljani, Križevci i Turopoljski lug
- populacija Koprivnica od populacija Bjelovar, Varaždin, Staro Topolje, Lipovljani i Turopoljski lug
- populacija Varaždin od populacija Bisingen, Repaš, Koprivnica, Bjelovar, Lipovljani, Križevci i Turopoljski lug.

I posavske se populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Privlaka od populacija Motovun, Donji Miholjac i Kutina
- populacija Staro Topolje od populacije Koprivnica
- populacija Levanjska Varoš od populacije Ljubljana
- populacija Gradište-Kula od populacija Grosselfingen i Slatina

- populacija Lipovljani od populacija Bisingen, Repaš, Koprivnica, Bjelovar, Varaždin, Križevci i Turopoljski lug
- populacija Kutina od populacija Motovun i Privlaka
- populacija Bjelovar od populacija Bisingen, Repaš, Koprivnica, Varaždin, Lipovljani, Križevci i Turopoljski lug
- populacija Križevci od populacija Bisingen, Repaš, Bjelovar, Varaždin, Lipovljani i Turopoljski lug
- populacija Turopoljski lug od populacije Bisingen
- populacija Maksimir od populacija Repaš, Koprivnica, Bjelovar, Varaždin, Lipovljani i Križevci.

#### RAZLIKE S OBZIROM NA BROJ REŽNJEVA – L

U tablici 12 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Ljubljana, Slatina i Varaždin
- populacija Bisingen od populacije Donji Miholjac
- populacija Ljubljana od populacija Grosselfingen, Bjelovar, Križevci i Maksimir
- populacija Motovun od populacija Varaždin, Staro Topolje i Lipovljani.

Također je vidljivo da se i podravske populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Bisingen, Ljubljana, Staro Topolje, Lipovljani i Maksimir
- populacija Slatina od populacija Grosselfingen i Varaždin
- populacija Repaš od populacije Ludbreg
- populacija Koprivnica od populacije Ludbreg
- populacija Ludbreg od populacija Repaš i Koprivnica
- populacija Varaždin od populacija Grosselfingen, Motovun i Privlaka.

I posavske se populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Staro Topolje od populacija Motovun, Donji Miholjac i Lipovljani
- populacija Lipovljani od populacija Motovun, Donji Miholjac i Staro Topolje
- populacija Bjelovar od populacija Ljubljana, Križevci i Maksimir
- populacija Križevci od populacija Ljubljana, Bjelovar i Maksimir
- populacija Maksimir od populacija Ljubljana, Bjelovar i Križevci.

#### RAZLIKE S OBZIROM NA BROJ REŽNJEVA – D

U tablici 13 je vidljivo da se četiri kontrolne populacije signifikantno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Grosselfingen od populacija Ljubljana, Varaždin i Privlaka

- populacija Bisingen od populacija Donji Miholjac, Staro Topolje i Levanjska Varoš
- populacija Ljubljana od populacija Grosselfingen, Slatina i Levanjska Varoš
- populacija Motovun od populacija Staro Topolje i Lipovljani.

Također je vidljivo da se i podravske populacije značajno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Donji Miholjac od populacija Bisingen i Staro Topolje
- populacija Slatina od populacija Grosselfingen, Ljubljana i Varaždin
- populacija Repaš od populacija Koprivnica i Ludbreg
- populacija Koprivnica od populacija Repaš i Ludbreg
- populacija Ludbreg od populacija Repaš i Koprivnica
- populacija Varaždin od populacija Grosselfingen i Slatina.

I posavske se populacije značajno razlikuju od većine populacija, a ne razlikuju se:

- populacija Privlaka od populacija Bisingen i Križevci
- populacija Staro Topolje od populacija Bisingen, Motovun i Donji Miholjac
- populacija Levanjska Varoš od populacije Bisingen
- populacija Lipovljani od populacije Motovun
- populacija Bjelovar od populacija Privlaka i Križevci
- populacija Križevci od populacija Bjelovar, Privlaka i Maksimir
- populacija Maksimir od populacija Ljubljana i Križevci.

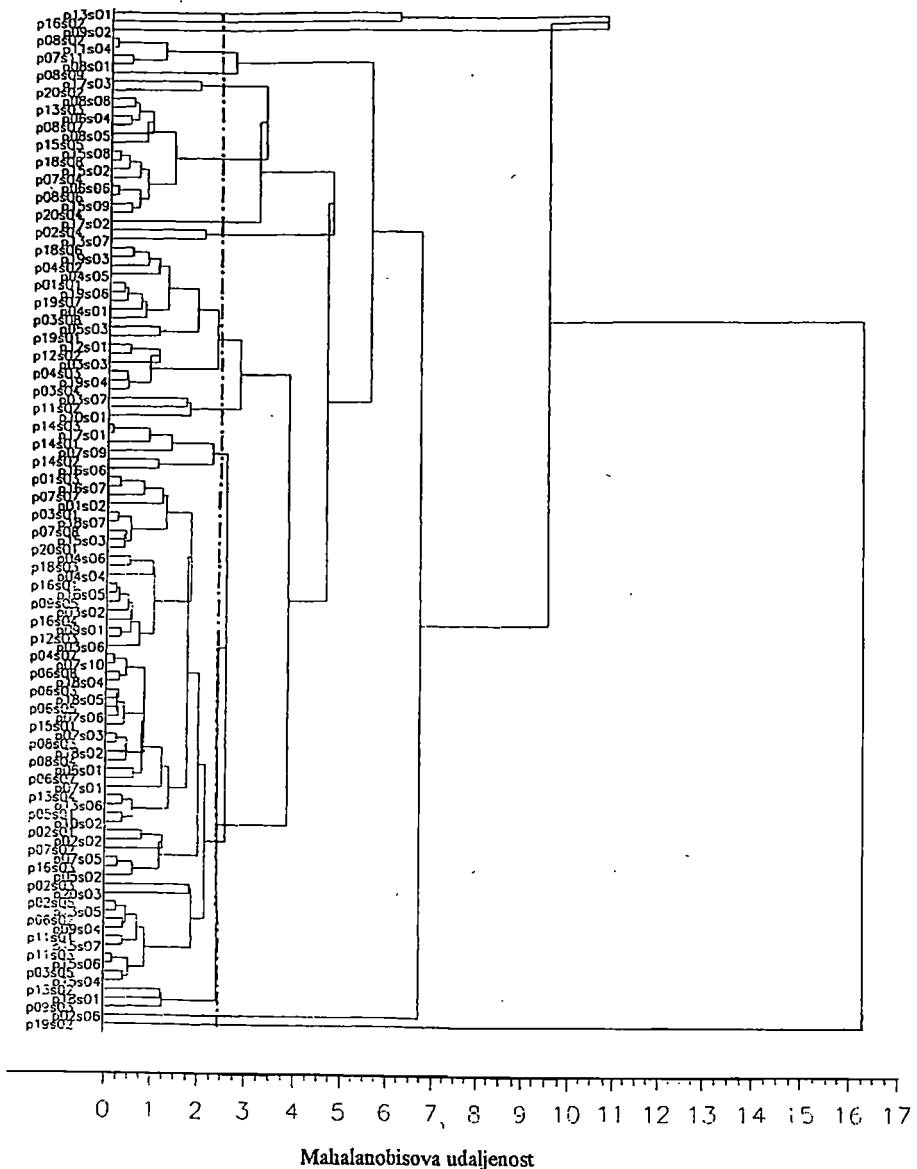
## REZULTATI "CLUSTER" ANALIZE

Za interpretaciju su upotrijebljeni UPGMC (Centroid) dendrogrami, jer su pokazali najbolje poklapanje s originalnom matricom udaljenosti ( $r_c(\text{UPGMC}) = 0,42$ ), (slika 3) dok se za ostale metode vrijednosti kreću od  $-0,04 \leq r_c \leq 0,37$ , te je poklapanje s originalnom matricom udaljenosti slabije.

Na osnovi "cluster" analize utvrđen je i optimalni broj klastera (skupina stabala) na svakome dendrogramu. On se kreće za prethodno navedene metode između 10 i 20, te se dendrogram može proizvoljno podijeliti u toliko dijelova. Tako se kod UPGMC (Centroid) metode, koja ima najvišu vrijednost kofenetskoga korelacijskoga koeficijenta ( $r_c = 0,42$ ), može izdvojiti 16 klastera (slika 3, tablica 14).

Iz tablice 14 i slike 3 vidljivo je da se udruživanje stabala u određene klustere obavlja na različite načine. Tako postoje:

1. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster sa samo jednim stablom (klasteri I – III, V, VIII, XV i XVI). Svi oni pripadaju posavskim populacijama.
2. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster s 2 – 3 stabla (klasteri VI, IX, XI i XIV). U tim skupinama nema nekoga logičnoga udruživanja, tj. podjednako su zastupljena stabla koja



Slika 3. Dendrogram dobiven UPGMC (Centroid) metodom (Franjić 1996)  
 Figure 3. Dendrogram obtained by the UPGMC (Centriod) method (Franjić 1996)

- pripadaju Posavini i stabla koja pripadaju Podravini. U XI. klasteru pojavljuje se i jedno stablo koje pripada kontrolnoj populaciji Ljubljana (10/1).
3. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster s 4 – 5 stabala (klaster IV). U njega se udružuju stabla koja pripadaju samo posavskim populacijama.
  4. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster sa 6 stabala (klasteri VII, X i XIII). Ti klasteri sadrže podjednako stabla koja pripadaju i posavskim i podravskim, te kontrolnim populacijama. Pojedina stabla koja pripadaju posavskim populacijama potječu, najčešće, iz termofilnijih zajednica hrasta lužnjaka ili pokazuju neka svojstva termofilnijih hrastova – cera ili kitnjaka (ušiljenost režnjeva, duža peteljka, veći broj režnjeva, crveni žljebovi na kori i sl.). Izuzetak je populacija Privlaka, koja pripada tipičnoj lužnjakovo-grabovoj zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum*), u kojoj su primijećeni i izuzetno veliki listovi (usp. tablicu 2).

## OPĆE KARAKTERISTIKE PROSJEČNOGA STABLA I LISTA HRASTA LUŽNJAKA U HRVATSKOJ

U dendrološkoj će se literaturi vrlo teško naći podaci koji govore o jednomu prosječnomu listu ne samo hrasta lužnjaka već i drugih vrsta. Tako se u literaturi za hrast lužnjak mogu naći samo ekstremni podaci (najduži i najširi list, najduža i najkraća peteljka, najmanji i najveći broj režnjeva) s nekim prosjekom koji se stavlja u zagradu bez podataka na osnovi kojih je on dobiven (uzorak) (usp. Hayek 1924, Javorica 1924, Camus 1938-1939, Anić 1946, Schwarz 1964, Herman 1971, Jovanović & Vukičević 1983, Trinajstić 1974). Zbog toga je napravljena deskriptivna statistička analiza 7161 lista iz 17 hrvatskih populacija hrasta lužnjaka (usp. tablicu 1). Dobiveni su statistički parametri koji daju stvarnu sliku jednoga prosječnoga stabla (obilježja njegove raspodjele frekvencija) s prosječnim vrijednostima svih pet istraživanih svojstava (usp. tablicu 16).

Zasad je utvrđeno da prosječno hrvatsko stablo hrasta lužnjaka ima srednji list, kojemu je duljina plojke  $87,06 \pm 21,65$  mm ( $\bar{x} \pm s_x$ ), širina plojke  $52,30 \pm 15,28$  mm, duljina peteljke  $4,77 \pm 1,99$  mm, broj režnjeva s lijeve strane plojke  $4,71 \pm 1,23$  i broj režnjeva s desne strane plojke lista  $4,73 \pm 1,23$ . Medijan, koji dijeli distribuciju frekvencija na dva jednaka dijela, za sva svojstva ima podjednake vrijednosti kao i aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ). Također je vidljivo da su sva svojstva vrlo varijabilna, te da je koeficijent varijabilnosti (C.V.) najniži u duljine plojke (24,87 %), a najviši u duljine peteljke (41,72 %), što se može vidjeti i iz širine varijabilnosti ( $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ). Koeficijenti skošenosti (Skewness) i sploštenosti (Kurtosis) govore da se radi o krivuljama koje su za svojstva veličine lista (duljina plojke, širina plojke i duljina peteljke) pozitivno asimetrične (desna skošenost i pozitivna sploštenost), a za svojstva koja određuju oblik lista (broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke) krivulje su desno skošene i negativno sploštene (usp. tablicu 15).

## RASPRAVA - DISCUSSION

Kako je već bilo naglašeno, analizirani materijal hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) potječe iz 20 populacija, koje pripadaju dvjema bioklimatski različitim područjima – Posavini (deset populacija) i Podravini (šest populacija), dok su četiri populacije uzete kao kontrolne i ne pripadaju tipičnim nizinskim lužnjakovim šumama – Motovun (Istra), Ljubljana (Slovenija), Bisingen i Grosselfingen (Njemačka).

Budući da je prijašnjim istraživanjima (usp. Franjić 1993, 1993a, 1994a) utvrđena određena zakonitost distribucije pojedinih morfometrijskih parametara lista populacija u Posavini, koje su pripadale bioklimatski različitim područjima (usp. Ilijanić 1963), ovim su radom istraživanja proširena duž čitavoga posavskoga i podravskoga dijela Hrvatske.

Na osnovi dosadašnjih spoznaja (usp. Franjić 1993a, 1994a, Trinajstić & Franjić 1996) uočljivo je da se pogreška u morfometrijskim istraživanjima javlja već pri samom uzimanju uzoraka, jer se ne obraća pozornost na tip izbojka s kojega se uzimaju uzorci listova (usp. Høeg 1929, Meijknecht 1955, Cousens 1962, 1963, 1965, Menickij 1966, Moggi & Paoli 1972, Filipello & Vittadini 1975, Olsson 1975, Jensen 1977, 1977a, 1988, 1990, Jensen & Esbaugh 1976, Jensen i dr. 1984, Kissling 1980, Filipello & Zorzoli 1982, Milleti i dr. 1982, Bačić 1982, 1983, Ietswaart & Feij 1989, Smole & Batič 1992). Naime, kao što je poznato, kod roda *Quercus* mogu se razlikovati četiri tipa izbojaka (kratki fertilni i sterilni, dugi fertilni i sterilni). Tek se u najnovije vrijeme skreće pozornost na važnost kratkoga fertilnoga izbojka za morfometrijsku analizu (usp. Trinajstić 1989; Trinajstić & Franjić 1996), jer su prijašnja istraživanja (Franjić 1993a) pokazala statističke razlike u morfologiji lista različitih izbojaka. Također se rijetko pazi na razvijenosť listova na izbojku, te se dobiva vrlo velika varijanca nekih svojstava na temelju čega poredba dobivenih rezultata ne odražava prave zakonitosti variranja. Zbog toga je potrebno, također, odstraniti nedovoljno razvijene listove i u analizu uzeti samo potpuno razvijene i neoštećene listove (usp. sliku 2a).

Također nije svejedno koje će se stablo uzeti za analizu, jer stablo u sastojini ne pokazuje svoj fenotip u potpunosti onako kako je on definiran genotipom, već se ono prilagodilo (modificiralo) u zavisnosti od uzgojnih zahvata u gospodarskim šumama. Tako su rezultati slučajno uzetih uzoraka vrlo sumnjivi i nepouzđani. Zbog navedenih činjenica analizirana su u ovome radu samo ona stabla koja su bila u mogućnosti pokazati svoj fenotip onako kako je on definiran genotipom, tj. upotrijebljena su stabla na osami (soliteri) i stabla na rubu šume, jer je hrast lužnjak vrsta koja ima simpodijalan rast i na svakoj dobro razvijenoj grani nosi vršne izbojke, koji imaju sposobnost formiranja glavne osi.

Analizom različitih izbojaka hrasta lužnjaka (usp. Franjić 1993a, Trinajstić & Franjić 1996) ustanovljeno je, kako je to već više puta istaknuto, da je za morfometrijsku analizu svojstava lista najtipičniji kratki fertilni izbojak. S obzirom na morfologiju on pokazuje recentno stanje vrste; tada vrijednosti pojedinih svojstava daju stvarno stanje odnosa genotip – okolica, individua ili populacije. Kratki su sterilni

izbojci vrlo slični kratkim fertilnim izbojcima i vjerojatno zbog nedovoljne količine hraniva u biljci nisu postali fertilni, te se i oni mogu upotrijebiti za morfometrijsku analizu u nedostatku kratkih fertilnih izbojaka. Dugi fertilni i dugi sterilni izbojci međusobno pokazuju mnogo veće razlike nego kratki fertilni i kratki sterilni izbojci, što je vjerojatno u svezi s vremenom formiranja, funkcijom i količinom hraniva u biljci za vrijeme njihova formiranja.

Da bi se dobila što objektivnija slika oblika i modela varijabilnosti pojedinih morfoloških svojstava lista, u ovome su radu primijenjene razne multivarijatne analize uzorka lista, a radi lakše interpretacije dobivenih rezultata obavljena je još univarijatna, deskriptivna i neparametrijska analiza.

U tablici 5 prikazane su vrijednosti multivarijatne analize među stablima u populacijama (Manova) i univarijatne među stablima u populacijama po svojstvima (Anova). Analizom dobivenih rezultata vidljivo je da se multivarijatno u svim populacijama stabla međusobno razlikuju, a univarijatnom je analizom utvrđeno da se u većini populacija stabla međusobno signifikantno razlikuju po svih pet istraživanih svojstava lista. Izuzetak čine neke populacije u kojima se stabla međusobno signifikantno ne razlikuju po jednome ili više istraživanih svojstava.

Tako se stabla populacije Ljubljana (10) međusobno signifikantno ne razlikuju s obzirom na širinu plojke i s obzirom na broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke lista.

Stabla populacije Motovun ne razlikuju se međusobno s obzirom na duljinu peteljke lista, stabla populacije Slatina (14) međusobno se ne razlikuju s obzirom na širinu plojke lista, stabla populacije Turopoljski lug (17) ne razlikuju se s obzirom na duljinu plojke lista i stabla populacije Ludbreg (20) međusobno se ne razlikuju s obzirom na duljinu peteljke lista. Nepostojanje statistički opravdanih razlika moglo bi se vjerojatno protumačiti izoliranošću populacija, te selektivnom utjecaju staništa u smislu nemogućnosti preživljavanja većega broja genotipova ili malim preživljavanjem neadaptiranih genotipova u većemu broju (usp. Krstinić 1984, Vidaković & Krstinić 1985, Borojević 1986).

Tablica 6 sadrži podatke dvofaktorske ugnježđene (parametrijske, univarijatne) analize varijance (Random Model Type III MS) među populacijama i među stablima u svim populacijama s obzirom na istraživana svojstva lista. Dobiveni rezultati upućuju na postojanje signifikantnih razlika i među populacijama (populacijska varijabilnost) i među stablima (individualna varijabilnost), s tom razlikom da su razlike među stablima veće nego razlike među populacijama, jednako za svih pet istraživanih svojstava. Također je iz tablice 7 vidljivo da je i multivarijatnom analizom varijance utvrđena signifikantna razlika među populacijama te među stablima u svim populacijama, s tim da je razlika među stablima mnogo veća nego razlika među populacijama (usp. tablicu 7), tj. slično kao i pri univarijatnoj analizi. Takvi rezultati potvrđuju neke rezultate istraživanja u drugih drvenastih vrsta i za neka druga svojstva (usp. Eriksson & Jonsson 1986), što se može smatrati općim pravilom.



U tablici 8 prikazani su rezultati parametrijske analize varijance, iz čega je vidljivo da su razlike među stablima u svim populacijama jako signifikantne (F), te da svako istraživano svojstvo lista nije jednako vrijedno pri utvrđivanju varijabilnosti hrasta lužnjaka (R-Square). Tako za duljinu plojke samo 32,4 % ukupne varijabilnosti otpada na razliku među stablima, za širinu plojke nešto više (33,4 %), za duljinu peteljke mnogo više (49,8 %), kao i za broj režnjeva s lijeve (49,6 %) i s desne (49,3 %) strane plojke lista. Takve razlike u značajnosti pojedinih svojstava vjerojatno su rezultat određenoga stupnja genetske stabilnosti svakoga svojstva, te se pet istraživanih svojstava može podijeliti u dvije skupine:

1. **genetski nestabilna svojstva** (duljina i širina plojke) – pogodna za ekološka istraživanja (interakcija genotip – okolica).
2. **genetski stabilna svojstva** (duljina peteljke i broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke) – pogodna za genetska istraživanja različitih razina preciznosti.

Iz tablica 9 – 13, koje prikazuju značajnost razlika među istraživanim populacijama, posebno za svako istraživano svojstvo, vidljivo je jedino to da se sve populacije međusobno signifikantno razlikuju s obzirom na jedno ili više svojstava. Navedeni su rezultati vjerojatno u svezi s činjenicom da je svaka populacija sastavljena od jednakoga broja genotipova (usp. Franjić 1993a, 1994a), a zastupljenost (brojnost) pojedinih genotipova u svakoj je populaciji u velikoj korelaciji s ekološkim uvjetima u kojima pojedina skupina genotipova raste. Nema ni jedne populacije koja bi pokazivala razlike za svih pet svojstava od ostalih 19 populacija, što svakako govori da je riječ o jednoj, iako varijabilnoj vrsti (*Quercus robur*), ali ipak ograničene varijabilnosti svakoga svojstva u određenim granicama (širina varijabilnosti).

Nešto jasnija slika varijabilnosti hrasta lužnjaka u Hrvatskoj može se uočiti iz rezultata "cluster" analize (usp. tablicu 14, sliku 3). Od svih testiranih metoda "cluster" analize najboljom se pokazala UPGMC (Centroid) metoda, koja izračunava težišta OTU-a koji se udružuju u skupinu. Ta je metoda pokazala najbolje poklapanje s originalnom matricom udaljenosti ( $r_c = 0,43$ ). Radi boljega pregleda dendrogram je (slika 3) prikazan tablično (tablica 14). Kako je optimum broja klastera za navedenu metodu između 10 i 20, linija koja dijeli dendrogram u 16 klastera (I – XVI) povučena je proizvoljno, ali se vodilo računa o tome da ne bude ni previše ni premalo klastera, a ipak da broj bude u optimalnim granicama.

Pod tim je uvjetima iz tablice 14 i slike 3 vidljivo da se udruživanje stabala u određene skupine (klaster) obavlja na različite načine. Tako postoje:

1. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster sa samo jednim stablom (klasteri I-III, V, VIII, XV i XVI), a svi klasteri pripadaju posavskim populacijama, i stabla koja se, također, visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster s 4 – 5 stabala koji, također, pripadaju samo posavskim populacijama, što se može dovesti u svezu sa znatno ekstremnijim uvjetima za preživljavanje (režim podzemnih voda, sastav tla, fitocenološka pripadnost i sl.) u Posavini (usp. Krstinić 1989) za razliku od Podravine.

2. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster s 2 – 3 stabla (klasteri VI, IX, XI, XIV). U tim klasterima nema nekoga logičnoga udruživanja, tj. podjednako su zastupljena stabla koja pripadaju Posavini i stabla koja pripadaju Podravini. Također se u XI. klasteru pojavljuje i jedno stablo koje pripada kontrolnoj populaciji Ljubljana (10/1). Tu je vjerojatno riječ o skupini genotipova koji su podjednakih genetskih i ekoloških svojstava uvjetovanih sličnim ekološkim uvjetima staništa i Posavine i Podravine.
3. Stabla koja se visoko razlikuju od svih drugih stabala i skupina stabala da čine klaster sa 6 stabala (klasteri VII, X i XIII). Ti klasteri sadrže podjednako stabla koja pripadaju i posavskim i podravskim te kontrolnim populacijama. Pojedina stabla koja pripadaju posavskim populacijama potječu, najčešće, iz termofilnijih zajednica hrasta lužnjaka ili pokazuju neka svojstva termofilnijih hrastova – cera ili kitnjaka (ušiljenost režnjeva, duža peteljka, veći broj režnjeva, crveni žljebovi na kori i sl.). Izuzetak su neka stabla populacije Privlaka (13/3, 13/5 i 13/6), koja imaju izrazito dugi list kao i čitava populacija (89,78 – 123,36 mm), a pripadaju tipičnoj lužnjakovo-grabovoj zajednici. Takav je način udruživanja stabala, s izuzetkom populacije Privlaka, vjerojatno osnova genoma hrasta lužnjaka.

Deskriptivna i neparametrijska analiza pokazuju podudarnost s prijašnjim istraživanjima (usp. Franjić 1993, 1993a, 1994, 1994a, Trinajstić & Franjić 1996) te s univarijantnom i multivarijantnom analizom (usp. tablice 5 – 14, sliku 3).

Također su deskriptivnom analizom utvrđene vrijednosti statističkih parametara za prosječno stablo i prosječni list hrasta lužnjaka u Hrvatskoj (usp. tablicu 15), koji mogu poslužiti za poredbena istraživanja, jer se dosad relativno malo znalo o stvarnim vrijednostima tih parametara.

U tablici 3 prikazane su aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) razlike broja režnjeva lijeve i desne strane plojke lista ( $L - D$ ), te su prikazani rezultati  $t$ -testa ( $t$ ) i sing-rank testa (SR), koji govore o signifikantnosti odstupanja od simetrije ( $t$  – parametrijski, SR – neparametrijski).

Iz vrijednosti aritmetičke sredine svakoga stabla u svakoj istraživanoj populaciji vidljivo je da je negativna ili desna asimetrija (desna strana plojke ima veći broj režnjeva od lijeve strane,  $L < D$ ) češća od pozitivne ili lijeve asimetrije ( $L > D$ ), te da je vrlo mali broj stabala čiji su listovi simetrični ( $L - D = 0$ ). Također je vidljivo iz tablice 15 da je list hrasta lužnjaka za prosječno stablo u Hrvatskoj zasad negativno ili desno asimetričan ( $n_{ld} = 4,71$ ,  $n_{ls} = 4,73$ ) s obzirom na broj režnjeva na plojci lista.

Iz prikaza značajnosti razlika lijeve i desne strane broja režnjeva ( $t$  i SR-testa) vidljivo je da je riječ o malome broju tih razlika (samo 12 stabala) koje su statistički signifikantne. Broj je signifikantnih razlika podjednak u Podravini (5) i Posavini (7), s tim da se signifikantne razlike u Posavini javljaju u termofilnim zajednicama hrasta lužnjaka (*Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* – Gradišće-Kula, Staro Topolje i Kutina) s izuzetkom populacije Privlaka, koja pripada tipičnoj

lužnjakovo-grabovoj zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris typicum*) i populacije Levanjska Varoš, koja pripada tipičnoj lužnjakovoj šumi (*Genisto elatae-Quercetum roboris*), s tim da se stablo 1 u posljednjoj populaciji odlikuje ceroidnim svojstvima (ušiljeni režnjevi, crvene pukotine na kori).

Asimetrična je plojka lista vjerojatno obilježje hrasta lužnjaka, što potvrđuju i neki drugi autori (usp. Filipello & Vittadini 1975, Filipello & Zorzoli 1982, Smole & Batić 1992). Nakon prijašnjih istraživanja (Franjić 1993a) obavljena su i detaljna istraživanja asimetrije lista hrasta lužnjaka. Dobiveni rezultati upućuju na negativnu ili desnu asimetriju ( $L < D$ ) broja režnjeva lužnjaka. Prema tomu, sva stabla koja imaju simetričan ( $L = D$ ) list (s obzirom na broj režnjeva) ili pozitivno-lijevo ( $L > D$ ) asimetričan ne bi pripadala tipičnome lužnjaku, tj. u takvu je slučaju vjerojatno riječ o određenome stupnju introgresije, koja se često spominje kao osnovni razlog varijabilnosti svojstava lista i drugih svojstava (npr. kore, ploda, pupova, dlakavosti i sl.) (usp. Stebins i dr. 1947, Muller 1952, Cousens 1963, 1965, Menickij 1966, Maze 1968, Solbrig 1970, Moggi & Paoli 1972, Filipello & Vittadini 1975, Olsson 1975, Rushton 1979, 1983, Filipello & Zorzoli 1982, Kissling 1977, 1980, Milletti i dr. 1982, McMillen 1985, Nixon & Crepet 1985, Jensen 1986, Blue & Jensen 1988, Ietswaart & Feij 1989 i Smole & Batić 1992).

Problemi koji se javljaju oko sušenja i propadanja šuma hrasta lužnjaka (usp. Vajda 1948, 1974, Kovačević 1974, Spaić & Glavaš 1988, Glavaš 1989, Harapin 1989, Opalički 1989) te oko podizanja i njege lužnjakovih šuma (usp. Đorđević 1926, Petračić 1926, Dekanić 1958, 1961, 1962, 1962a, 1962b, 1962c, 1964, 1965, 1971, 1975, 1975a, 1976, 1977, 1980, 1985, Cvitić 1972, Prpić 1976, 1989, Rauš i dr. 1979, Kovačić 1981, Rauš 1982, Matić 1984, 1984a, 1989, 1989a, 1990, 1991, Androić 1987, Komlenović & Cestar 1987, Klepac 1988, Meštrović 1988, Đuričić 1989, Pranjić & Lukić 1989, Rauš & Vukelić 1989, Vranković & Bašić 1989, Vukelić & Rauš 1993) vrlo su vjerojatno i posljedica nedovoljnih spoznaja o varijabilnosti i adaptabilnosti genotipova hrasta lužnjaka, jer se vrlo često ne zna podrijetlo žira koji služi za podsijavanje ili uzgoj sadnica.

S obzirom na to da je riječ o vrlo vrijednoj i za hrvatsko šumarstvo glavnoj vrsti drveća, bit će potrebno posvetiti mnogo veću pozornost kontroli podrijetla žira za umjetnu obnovu hrastovih šuma. Rezultati dobiveni ovim radom upravo pokazuju da se u svakoj populaciji nalazi, vjerojatno, ista smjesa genotipova, samo je zastupljenost (frekvencija) među njima različita. Čimbenici koji odstranjuju najveći broj pojedinih genotipova iz populacije djeluju selektivno i o njima treba voditi računa kako ne bi u kriznome vremenu (kad se svi nepovoljni, selektivni čimbenici poklope) za populaciju došlo do katastrofalnih posljedica (sušenje stabala i sl.).

Morfometrijska analiza pojedinih parametara jedan je od pokušaja da se statističkim metodama ustanovi interakcija genotip-okolica i da se upozori na važnost podrijetla žira za umjetnu obnovu lužnjakovih sastojina.

## ZAKLJUČAK – CONCLUSION

Ovim je radom učinjen pokušaj da se varijabilnost lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur*) utvrdi statističkom analizom radi dobivanja jasnije slike o individualnoj i populacijskoj varijabilnosti hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Također su se pokušale izbjeći pogreške uočene u radovima drugih istraživača, a i vlastite pogreške nastale u preliminarnim istraživanjima.

Na temelju provedenih istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Stabla koja se uzimaju za analizu moraju biti normalno razvijena (sjemenjaci) s osvijetljenom krošnjom (soliteri ili stabla na rubu šume) kako bi njihov fenotip bio iskazan u potpunosti bez modifikacijskih promjena uvjetovanih uzgojnim mjerama (sklopom).
2. Za morfometrijsku analizu najbolje je upotrijebiti listove kratkoga fertalnoga izbojka, jer oni jedini pokazuju recentno stanje vrste. U nedostatku tih listova mogu se uzeti i listovi kratkih sterilnih izbojaka jer preliminarnim istraživanjima nisu dokazane signifikantne razlike između njih i kratkih fertalnih izbojaka s obzirom na istraživana svojstva lista. Nikako nije pouzdano upotrijebiti duge fertalne i duge sterilne izbojke, ni slobodno skupljene listove s tla, jer oni ne pokazuju pravo stanje vrste, te dobiveni rezultati daju neki apstraktni prosjek. Zbog teškoća pri skupljanju uzoraka i nemogućnosti uzimanja kratkih fertalnih izbojaka za listove koji ne potječu s kratkih fertalnih izbojaka treba izvršiti korekciju (usp. Franjić 1993a), ali to se ne preporučuje. Također je potrebno odstraniti sve nerazvijene i oštećene listove, jer oni remete objektivnu sliku uzorka.
3. U ovome je radu obavljena multivarijatna, univarijatna, deskriptivna i neparametrijska analiza uzorka listova hrasta lužnjaka, kojom se pokušala dobiti jasnija slika o varijabilnosti hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Tako je analizom obuhvaćeno ukupno 20 populacija hrasta lužnjaka, koje potječu iz različitih bioklimatskih područja (10 populacija iz Posavine, šest populacija iz Podravine, jedna populacija iz Istre, jedna populacija iz Slovenije i dvije populacije iz Njemačke). Multivarijatnom i univarijatnom analizom (usp. tablice 5 – 14, sliku 3) utvrđene su signifikantne razlike među populacijama, te razlike među stablima u populaciji, s tim da su razlike među stablima u populaciji veće od razlika među populacijama. Do takvih zaključaka došlo se i u nekih drugih vrsta i u drugih svojstava (usp. Eriksson & Jonsson 1986). To sve navodi na već nekoliko puta spominjani zaključak da svaka populacija ima približno isti broj genotipova, a razlika se javlja samo u preživljavanju (zastupljenosti, frekvenciji), koje je vjerojatno u uskoj svezi s ekološkim čimbenicima (edafski i klimatski parametri).
4. Multivarijatnom je analizom utvrđena i najpovoljnija metoda za obradu primijenjenoga uzorka, te se je UPGMC (Centroid) metoda najbolje poklopila s originalnom matricom udaljenosti ( $r_c = 0,43$ ). Tom je metodom utvrđeno 16 klastera koji su svrstani u četiri veće skupine (usp. tablice 14, sliku 3). Prva (klasteri I, II, III, V, VIII, XV, XVI) i treća (klaster IV) skupina stabala (klastera) pripadaju posavskim populacijama i visoko se razlikuju od svih ostalih stabala i skupina stabala, te se pretpostavlja da su se ta stabla izdvojila iz ostatka stabala

- zbog toga što su uvjeti za preživljavanje u Posavini znatno nepovoljniji nego u Podravini. U ostalim dvjema skupinama stabala (druga skupina – klasteri VI, IX, XI, XIV i četvrta skupina – klasteri VII, X, XIII) nema nekoga, na prvi pogled logičnoga udruživanja, iako se u četvrtoj skupini uočava da se udružuju stabla termofilnijih posavskih populacija sa stablima podravskih populacija, te se može pretpostaviti da je riječ o sličnim genotipovima, koji su adaptirani na nešto suše stanišne uvjete od prethodne dvije skupine.
5. Deskriptivna i neparametrijska analiza pokazala je podudarnost s multivarijantnom analizom (usp. tablice 2 – 14), a one su upravo i poslužile kao kontrola navedene analize. Zanimljivo je napomenuti da se došlo do rezultata koji upućuju na postojanje asimetrije lista hrasta lužnjaka (negativna ili desna asimetrija,  $L < D$ ) koja se može smatrati općim pravilom, a prisutnost lijeve ili pozitivne asimetrije ( $L > D$ ) i simetričnih listova ( $L = D$ ) navodi na činjenicu o prisutnosti introgresije.
  6. Također su deskriptivnom analizom cijeloga uzorka listova hrvatskih populacija (7161 list) hrasta lužnjaka utvrđeni osnovni statistički parametri prosječnoga stabla hrasta lužnjaka s općim karakteristikama istraživanih svojstava lista. Zasad je utvrđeno (usp. tablicu 15) da prosječno hrvatsko stablo hrasta lužnjaka ima srednji list kojemu je duljina plojke  $87,06 \pm 21,65$  mm ( $\bar{x} \pm s_x$ ), širina plojke  $52,30 \pm 15,28$  mm, duljina peteljke  $4,77 \pm 1,99$  mm, broj režnjeva s lijeve strane plojke  $4,71 \pm 1,23$  i broj režnjeva s desne strane plojke lista  $4,73 \pm 1,23$ . Medijan, koji dijeli distribuciju frekvencija na dva jednaka dijela, za sva svojstva ima podjednake vrijednosti kao i aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ). Također je vidljivo da su sva svojstva vrlo varijabilna, te je koeficijent varijabilnosti (C.V.) najniži u duljine plojke (24,87 %), a najviši u duljine peteljke (41,72 %), što se može vidjeti i iz širine varijabilnosti ( $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ). Koeficijenti skošenosti (Skewness) i sploštenosti (Kurtosis) govore da je riječ o krivuljama koje su za svojstva veličine lista (duljina plojke, širina plojke i duljina peteljke) pozitivno asimetrične (desna skošenost i pozitivna sploštenost), a za svojstva koja određuju oblik lista (broj režnjeva s lijeve i s desne strane plojke) krivulje su desno skošene i negativno sploštene.
  7. Kao krajnji cilj želi se navedenim istraživanjima utvrditi da li postoji adultno-juvenilna korelacija za istraživana svojstva lista. Ako bi se utvrdilo da korelacija postoji, tada bi dobiveni rezultati imali svoju praktičnu primjenu, tj. tada bi se moglo na osnovi makromorfoloških parametara lista, u mladoj sastojini, s velikim brojem jedinki po jedinici površine i s relativno velikom vjerojatnošću izlučivati one jedinice za koje se smatra da imaju traženu kvalitetu (da mogu preživjeti do kraja ophodnje, da su zadovoljavajuće kvalitete debla, da pokazuju veću otpornost na "kisele kiše", na napad štetnih gljiva i kukaca i dr.).
  8. Istraživanja varijabilnosti hrasta lužnjaka u Republici Hrvatskoj služe za dobivanje boljšeg pregleda genetske izdiferenciranosti lokalnih populacija, što je bitna pretpostavka (osnova) za planiranje (izdvajanje) sjemenskih sastojina (razionizaciju) te radova na očuvanju genofonda hrasta lužnjaka.

9. Tijekom preliminarnoga rada uočene su mnoge činjenice, koje na temelju dotadašnjih spoznaja nije bilo moguće objasniti, pa su istaknute kao pretpostavke koje će daljnjim istraživanjima trebati provjeriti (uсп. Franjić 1993a, 1994a).
10. Na osnovi analize i sinteze dobivenih rezultata mogu se donijeti smjernice budućih istraživanja. Da bi se dobila što jasnija slika varijabilnosti (populacijske i individualne) hrasta lužnjaka, potrebno je:
- utvrditi podrijetlo populacije (je li prirodno ili umjetno obnovljena)
  - obuhvatiti što više populacija
  - za svaku populaciju napraviti jednu (ako je homogena) ili više (ako je heterogena) fitocenoloških snimaka
  - u uzorku povećati broj stabala po populaciji (da svaka populacija ima jednak broj stabala)
  - sa svakoga stabla ubrati najmanje 50 normalno razvijenih listova kratkih fertilnih izbojaka (da svako stablo ima jednak broj listova, oko 10 izbojaka)
  - listove osušiti i herbarizirati, te izmjeriti što je moguće preciznije
  - za analizu varijabilnosti bolje je upotrijebiti svojstva koja su u ukupnoj varijabilnosti značajnija za pojedini tip istraživanja (duljina peteljke i broj režnjeva – za genetska istraživanja, a duljinu i širinu plojke – za ekološka istraživanja).

Sve navedene smjernice osnova su za jednostavniju i lakšu obradu podataka, mogućnost usporedbe rezultata većega broja metoda obrade bez prethodnih modifikacija metoda te mnogo lakšu i kvalitetniju interpretaciju dobivenih rezultata.

Tablica 1. Uzorci stabala i listova po istraženim populacijama  
Table 1. Presentation of the tree and leaf samples according to the researched populations

ŠIFRA	POPULACIJA	BROJ STABALA PO POPULACIJI	BROJ LISTOVA PO POPULACIJI
01	Bisingen	3	150
02	Bjelovar	6	300
03	Donji Miholjac	8	351
04	Gradište-Kula	7	1082
05	Grosselfingen	3	135
06	Koprivnica	8	388
07	Križevci	11	550
08	Kutina	9	450
09	Lipovljani	5	247
10	Ljubljana	2	99
11	Maksimir	4	490
12	Motovun	3	189
13	Privlaka	7	350
14	Slatina	3	144
15	Repaš	9	450
16	Staro Topolje	7	350
17	Turopoljski lug	3	150
18	Varaždin	8	400
19	Levanjska Varoš	6	1069
20	Ludbreg	4	201
	$\Sigma$	116	7545

Tablica 2. Vrijednosti aritmetičke sredine ( $\bar{x}$ ) za populacije po svojstvima lista  
Table 2. Arithmetical mean values ( $\bar{x}$ ) for populations according to leaf properties

ŠIFRA	POPULACIJA	n	Duljina plojke*	Širina plojke*	Duljina peteljke*	Broj režnjeva-L	Broj režnjeva-D
05	Grosselfingen	3	86,9	60,5	5,26	4,71	4,75
01	Bisingen	3	70,5	42,8	3,85	4,13	4,11
10	Ljubljana	2	94,1	57,1	6,33	4,91	4,86
12	Motovun	3	78,1	43,5	4,68	4,46	4,41
03	Donji Miholjac	8	82,0	45,5	4,82	4,26	4,22
14	Slatina	3	107,5	72,7	5,13	4,68	4,72
15	Repaš	9	93,1	55,8	3,99	5,52	5,55
06	Koprivnica	8	88,1	53,2	4,20	5,39	5,46
20	Ludbreg	4	88,7	49,3	2,79	5,50	5,54
18	Varaždin	8	83,6	50,3	4,05	4,56	4,61
13	Privlaka	7	102,4	64,7	4,75	5,17	5,10
16	Staro Topolje	7	92,0	58,8	4,33	4,32	4,25
19	Levanjska Varoš	6	76,4	45,5	6,12	3,95	3,96
04	Gradište-Kula	7	78,6	46,2	5,35	3,81	3,88
09	Lipovljani	5	96,6	56,2	4,06	4,38	4,41
08	Kutina	9	83,7	50,1	4,58	5,77	5,77
02	Bjelovar	6	96,9	61,7	4,07	5,03	5,12
07	Križevci	11	85,3	54,0	3,99	5,04	5,05
17	Turopoljski lug	3	111,8	66,6	4,04	6,21	6,22
11	Maksimir	4	96,4	54,8	5,68	4,97	4,95

\* (mm)



Tablica 3. Statističke vrijednosti asimetrije broja režnjeva (L-D)  
Table 3. Statistical values of the asymmetry in the number of lobes (L-R)

ŠIFRA	POPULACIJA	STABLO	STATISTIČKI POKAZATELJI			
			n	$\bar{x}$	t	SR
01	Bisingen	1	50	0,08	-	-
		2	50	0,00	-	-
		3	50	-0,02	-	-
02	Bjelovar	1	50	-0,18	*	*
		2	50	0,10	-	-
		3	50	0,00	-	-
		4	50	0,00	-	-
		5	50	-0,10	-	-
		6	50	-0,12	-	-
03	Donji Miholjac	1	50	0,08	-	-
		2	53	0,02	-	-
		3	49	0,29	*	*
		4	33	0,06	-	-
		5	49	-0,06	-	-
		6	47	-0,17	-	-
		7	23	0,00	-	-
		8	47	0,13	-	-
04	Gradište-Kula	1	97	-0,06	-	-
		2	117	-0,07	-	-
		3	208	0,00	-	-
		4	135	-0,13	*	*
		5	204	-0,09	-	-
		6	159	-0,06	-	-
		7	162	-0,06	-	-
05	Grosselfingen	1	40	0,00	-	-
		2	50	-0,06	-	-
		3	45	-0,07	-	-
06	Koprivnica	1	50	0,02	-	-
		2	48	-0,08	-	-
		3	50	-0,06	-	-
		4	50	-0,08	-	-
		5	40	-0,03	-	-
		6	50	0,00	-	-
		7	50	-0,22	*	*
		8	50	-0,12	-	-

J. Franjić: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153–214, Zagreb, 1996.

07	Križevci	1	50	0,12	-	-
		2	50	0,02	-	-
		3	50	-0,10	-	-
		4	50	0,12	-	-
		5	50	-0,14	-	-
		6	50	-0,10	-	-
		7	50	0,00	-	-
		8	50	0,04	-	-
		9	50	-0,08	-	-
		10	50	0,04	-	-
		11	50	-0,08	-	-
08	Lipovljani	1	50	-0,14	-	-
		2	50	-0,12	-	-
		3	50	0,06	-	-
		4	50	0,24	*	*
		5	50	-0,18	-	-
		6	50	-0,12	-	-
		7	50	0,20	*	*
		8	50	0,02	-	-
		9	50	-0,02	-	-
09	Lipovljani	1	50	-0,14	-	-
		2	50	-0,08	-	-
		3	50	-0,12	-	-
		4	47	0,11	-	-
		5	50	0,08	-	-
10	Ljubljana	1	49	0,08	-	-
		2	50	0,02	-	-
11	Maksimir	1	50	0,00	-	-
		2	92	0,08	-	-
		3	241	0,06	-	-
		4	107	-0,05	-	-
12	Motovun	1	88	0,15	-	-
		2	51	-0,04	-	-
		3	50	0,04	-	-
13	Privlaka	1	50	0,34	**	**
		2	50	-0,04	-	-
		3	50	0,06	-	-
		4	50	-0,02	-	-
		5	50	0,18	-	-
		6	50	0,00	-	-
		7	50	-0,02	-	-

J. Franjić: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153–214, Zagreb, 1996.

14	Slatina	1	48	0,06	-	-
		2	48	-0,21	*	*
		3	48	0,02	-	-
15	Repaš	1	50	0,00	-	-
		2	50	-0,12	-	-
		3	50	-0,08	-	-
		4	50	0,12	-	-
		5	50	-0,06	-	-
		6	50	-0,04	-	-
		7	50	-0,02	-	-
		8	50	0,00	-	-
		9	50	-0,06	-	-
16	Staro Topolje	1	50	0,14	-	-
		2	50	-0,16	-	-
		3	50	0,08	-	-
		4	50	0,24	*	*
		5	50	0,12	-	-
		6	50	0,04	-	-
		7	50	-0,02	-	-
17	Turopoljski lug	1	50	-0,08	-	-
		2	50	-0,04	-	-
		3	50	0,10	-	-
18	Varaždin	1	50	-0,08	-	-
		2	50	-0,10	-	-
		3	50	-0,12	-	-
		4	50	0,12	-	-
		5	50	-0,04	-	-
		6	50	-0,22	*	*
		7	50	0,12	-	-
		8	50	-0,10	-	-
19	Levanjska Varoš	1	165	-0,08	*	*
		2	200	-0,04	-	-
		3	200	0,04	-	-
		4	200	0,04	-	-
		5	204	0,02	-	-
		6	100	-0,04	-	-
20	Ludbreg	1	50	-0,24	*	*
		2	50	0,04	-	-
		3	50	0,06	-	-
		4	51	-0,02	-	-

Tablica 4. Vrijednosti neparametrijske analize među stablima u populacijama  
Table 4. Values obtained by the non-parametrical analysis between the trees inside the populations

ŠIFRA	POPULACIJA	n	K-W	Duljina plojke	Širina plojke	Duljina peteljke	Broj režnjeva-L	Broj režnjeva-D
			d <sub>f</sub>					
01	Bisingen	3	2	36,6***	35,7***	58,1***	16,1***	25,5***
02	Bjelovar	6	5	10,2	53,8***	65,6***	64,8***	51,5***
03	Donji Miholjac	8	7	51,5***	73,6***	106,1***	102,7***	103,4***
04	Gradište-Kula	7	6	123,7***	211,6***	454,7***	232,2***	225,4***
05	Grosselfingen	3	2	30,9***	20,6***	22,7***	42,0***	42,9***
06	Koprivnica	8	7	90,8***	45,2***	135,3***	57,4***	58,8***
07	Križevci	11	10	183,6***	150,2***	191,4***	136,4***	138,3***
08	Kutina	9	8	21,0*	20,3*	181,2***	102,5***	116,9***
09	Lipovljani	5	4	27,7***	16,5*	97,7***	51,1***	29,8***
10	Ljubljana	2	1	11,6**	2,3	11,0***	0,2	1,4
11	Maksimir	4	3	28,0***	19,3**	207,8***	117,1***	114,2***
12	Motovun	3	2	8,2*	24,9***	0,2	25,4***	16,2**
13	Privlaka	7	6	87,3***	92,7***	52,5***	122,1***	130,7***
14	Slatina	3	2	5,5	2,1	15,0**	22,0***	9,8*
15	Repaš	9	8	77,1***	68,4***	141,0***	74,4***	66,8***
16	Staro Topolje	7	6	111,3***	71,4***	72,5***	56,1***	49,3***
17	Turopoljski lug	3	2	3,1	25,3***	64,0***	79,5***	69,2***
18	Varaždin	8	7	85,2***	75,2***	131,7***	194,0***	192,4***
19	Levanjska Varoš	6	5	190,1***	169,2***	514,4***	395,6***	383,6***
20	Ludbreg	4	3	25,2***	27,9***	7,4	72,8***	57,2***

Tablica 5. Vrijednosti multivarijatne analize među stablima u populacijama (Manova) i univarijatne među stablima u populacijama po svojstvima (Anova)

Table 5. Values of the multivariety analysis between the trees inside the populations (Manova) and those of the univariety analysis between the trees inside populations according to properties (Anova)

ŠIFRA	POPULACIJA	n	MANOVA			ANOVA		Duljina plojke	Širina plojke	Duljina peteljke	Broj reznjeva-L	Broj reznjeva-D
			d <sub>f</sub>		F	d <sub>f</sub>	F					
01	Bisingen	3	10	286	28,3***	2	147	24,7***	22,5***	47,1***	9,1	15,4***
02	Bjelovar	6	25	1079	34,1***	5	294	2,5	15,7***	129,2***	16,8***	16,6***
03	Donji Miholjac	8	35	1428	16,1***	7	343	12,5***	14,3***	20,4***	23,0***	24,0***
04	Gradište-Kula	7	30	4286	68,3***	6	1075	23,6***	40,0***	148,9***	60,7***	60,7***
05	Grosselfingen	3	10	256	9,3***	2	132	18,4***	10,7**	13,2***	30,2***	29,1***
06	Koprivnica	8	35	1584	18,4***	7	380	16,5***	8,3***	29,2***	10,1***	9,5***
07	Križevci	11	50	2443	25,8***	10	539	31,6***	23,3***	28,2***	19,0***	19,6***
08	Kutina	9	40	1908	19,5***	8	441	2,7*	2,7*	39,8***	16,3***	21,1***
09	Lipovljani	5	20	790	20,4***	4	242	9,4***	3,3*	32,4***	15,8***	9,2***
10	Ljubljana	2	5	93	28,1***	1	97	12,2**	2,3	12,0**	0,5	1,0
11	Maksimir	4	15	1331	76,5***	3	486	10,2***	8,3***	115,7***	50,7***	49,3***
12	Motovun	3	10	364	14,3***	2	186	4,8*	15,2***	0,1	12,7***	8,8**
13	Privlaka	7	30	1358	16,9***	6	343	19,4***	24,5***	7,4***	32,5***	37,6***
14	Slatina	3	106	274	7,7***	2	141	2,9*	0,5	7,5**	13,2***	6,1*
15	Repaš	9	40	1908	13,4***	8	441	12,6***	9,9***	23,7***	11,0***	9,8***
16	Staro Topolje	7	30	1358	15,0***	6	343	40,9***	18,7***	13,4***	11,5***	10,7***
17	Turopoljski lug	3	10	286	32,4***	2	147	1,0	14,0***	51,3***	75,1***	58,7***
18	Varaždin	8	35	1635	23,5***	7	392	17,1***	15,0***	34,5***	50,1***	48,6***
19	Levanjska Varoš	6	25	3936	87,6***	5	1063	46,7***	41,8***	227,9***	162,2***	163,4***
20	Ludbreg	4	15	533	21,5***	3	197	10,0***	9,3***	2,6	39,9***	29,5***

Tablica 6. Vrijednosti dvofaktorske ugnježdene (parametrijske) analize varijance (Random Model Type III MS) među populacijama i među stablima u populacijama po svojstvima

Table 6. Values of the two-factor "ugnježdene" (parametrical) variance analysis (Random Model Type III MS) between the populations and between the trees inside the populations according to properties

Razlika među	df		Duljina plojke	Širina plojke	Duljina peteljke	Broj režnjeva-L	Broj režnjeva-D
populacijama	19	97	6,41***	7,51***	2,73**	7,60***	7,67***
stablima u populaciji	96	7429	16,37***	16,00***	50,10***	31,36***	30,74***

Tablica 7. Vrijednosti multivarijatne analize varijance među populacijama i među stablima u svim istraživanim populacijama

Table 7. Values of the multivariety variance analysis between the populations and between the trees inside all researches populations

Razlika među	df		F
populacijama	95	452	3,35***
stablima u populaciji	480	37090	29,31***

Tablica 8. Vrijednosti parametrijske analize varijance svih stabala po svojstvima

Table 8. Values of the parametrical variance analysis of all trees according to properties

SVOJSTVO	Model – df	Error – df	F	R-Square
duljina plojke	115	7429	30,95***	0,324
širina plojke			32,42***	0,334
duljina peteljke			63,99***	0,498
broj režnjeva-L			63,65***	0,496
broj režnjeva-D			62,72***	0,493

Tablica 9. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na duljinu plojke  
 Table 9. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the leaf blade length

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3	***	***	-	***	*	***	**	-	-	-	***	*	***	***	***	-	***	-	***	***
01	Bisingen	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
10	Ljubljana	2	*	***	***	***	***	***	-	*	*	***	***	-	***	***	-	***	-	***	***	-
12	Motovun	3	***	***	***	***	*	***	***	***	***	**	***	***	-	-	***	**	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	*	***	***	*	***	***	***	***	***	-	***	***	***	*	***	-	***	*	***	***
14	Slatina	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	-
15	Repaš	9	**	***	-	***	***	***	***	*	***	***	-	***	***	***	*	***	*	***	***	*
06	Koprivnica	8	-	***	*	***	***	***	***	-	**	***	*	***	***	***	***	**	***	*	***	***
20	Ludbreg	4	-	***	*	***	***	***	*	-	***	***	*	***	***	***	***	**	***	*	***	***
18	Varaždin	8	-	***	***	**	-	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	-	***	-	***	***
13	Privlaka	7	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***
16	Staro Topolje	7	*	***	-	***	***	***	-	*	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*
19	Levanjska Varoš	6	*	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***
09	Lipovljani	5	***	***	-	***	***	***	*	***	***	***	**	**	***	***	***	***	***	-	***	***
08	Kutina	9	*	***	***	**	*	***	***	***	**	-	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***
02	Bjelovar	6	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	-
07	Križevci	11	-	***	***	***	*	***	***	*	*	-	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***
17	Turopoljski lug	3	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimira	4	***	***	-	***	***	***	*	***	***	***	***	*	***	***	-	***	-	***	***	***

J. Franjić: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posvaskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153-214, Zagreb, 1996.

Tablica 10. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na širinu plojke  
 Table 10. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the leaf blade width

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3	***	*	***	***	***	***	***	***	*	***	-	***	***	**	***	-	***	***	***	***
01	Bisingen	3	***	***	-	*	***	***	***	***	***	***	***	*	*	***	***	***	***	***	***	***
10	Ljubljana	2	*	***	***	***	***	-	*	***	***	***	-	***	***	-	***	*	*	***	-	
12	Motovun	3	***	-	***	-	***	***	***	***	***	***	***	*	*	***	***	***	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	***	*	***	-	***	***	***	**	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***
14	Slatina	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
15	Repaš	9	***	***	-	***	***	***	*	***	***	***	*	***	***	-	***	***	*	***	-	
06	Koprivnica	8	***	***	*	***	***	***	*	***	**	***	***	***	***	*	**	***	-	***	-	
20	Ludbreg	4	***	***	***	***	**	***	***	**	-	***	***	***	*	-	***	***	***	***	***	***
18	Varaždin	8	***	***	***	***	***	***	**	-	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***
13	Privlaka	7	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	-	***
16	Staro Topolje	7	-	***	-	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	*	***	*	***	***	***
19	Levanjska Varoš	6	***	*	***	***	-	***	***	***	***	*	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	***	*	***	*	-	***	***	***	*	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***
09	Lipovljani	5	**	***	-	***	***	***	-	*	***	***	***	*	***	***	***	***	***	*	***	-
08	Kutina	9	***	***	***	***	***	***	***	**	-	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
02	Bjelovar	6	-	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***
07	Križevci	11	***	***	***	***	***	***	*	-	***	***	***	***	***	***	*	*	***	***	***	-
17	Turopoljski lug	3	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimir	4	***	***	-	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	-	***	***	-	***	***

J. Faničić: Morfometrijska analiza variabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153-214, Zagreb, 1996.



Tablica 11. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na duljinu peteljke  
 Table 11. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the petiole length

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3		***	***	**	*	-	***	***	***	***	*	***	***	-	***	***	***	***	***	*
01	Bisingen	3	***		***	***	***	***	-	*	***	***	***	**	***	***	-	***	-	-	***	***
10	Ljubljana	2	***	***		***	***	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***
12	Motovun	3	**	***	***		-	*	***	**	***	***	-	*	***	***	***	-	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	*	***	***	-		*	***	***	***	***	-	***	***	***	***	*	***	***	***	***
14	Slatina	3	-	***	***	*	*		***	***	***	***	*	***	***	-	***	***	***	***	***	***
15	Repaš	9	***	-	***	***	***	***		*	***	-	***	*	***	***	-	***	-	-	-	***
06	Koprivnica	8	***	*	***	**	***	***	*		***	-	***	-	***	***	-	***	-	*	-	***
20	Ludbreg	4	***	***	***	***	***	***	***	***		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
18	Varaždin	8	***	-	***	***	***	***	-	-	***		***	*	***	***	-	***	-	-	-	***
13	Privlaka	7	**	***	***	-	-	*	***	***	***	***		***	***	***	***	-	***	***	***	***
16	Staro Topolje	7	***	**	***	*	***	***	*	-	***	*	***		***	***	*	*	*	**	*	***
19	Levanjska Varoš	6	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***		***	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	-	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***		***	***	***	***	***	**
09	Lipovljani	5	***	-	***	***	***	***	-	-	***	-	***	*	***	***		***	-	-	-	***
08	Kutina	9	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	-	*	***	***	***		***	***	***	***
02	Bjelovar	6	***	-	***	***	***	***	-	-	***	-	***	*	***	***	-	***		-	-	***
07	Križevci	11	***	-	***	***	***	***	-	*	***	-	***	***	**	***	-	***	-		-	***
17	Turopoljski lug	3	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimir	4	***	***	***	***	***	***	-	-	***	-	***	*	***	***	-	***	-	-	***	***

Tablica 12. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na broj režnjeva - L

Table 12. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the number of lobes - L

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	-06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3	***	***	-	*	***	-	***	***	***	-	***	***	***	***	**	***	**	***	***	*
01	Bisingen	3	***	***	***	**	-	***	***	***	***	***	*	*	***	*	***	***	***	***	***	***
10	Ljubljana	2	-	***	***	***	***	*	***	***	***	**	*	***	***	***	***	***	-	-	***	-
12	Motovun	3	*	**	***	***	*	*	***	***	***	-	***	-	***	***	-	***	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	***	-	-	*	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	-	***	***	***	***	-
14	Slatina	3	-	***	*	*	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	**	***	***	***	***	**
15	Repaš	9	***	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
06	Koprivnica	8	***	***	***	***	***	***	*	***	-	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
20	Ludbreg	4	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***
18	Varaždin	8	-	***	**	-	***	-	***	***	***	***	***	**	***	***	*	***	***	***	***	***
13	Privlaka	7	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	*	***	*
16	Staro Topolje	7	***	*	***	-	-	***	***	***	***	**	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***
19	Levanjska Varoš	6	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	**	*	***	-	-	**	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	*	**
09	Lipovljani	5	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
08	Kutina	9	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	-	*	***	***	***	***	***	***	***	***
02	Bjelovar	6	**	***	-	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	**	***	***	***	-	-
07	Križevci	11	***	***	-	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	-	***	***
17	Turopoljski lug	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimir	4	*	***	-	***	***	**	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	-	-	***

J. Franjić: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse 33: 153-214, Zagreb, 1996.

Tablica 13. Značajnost razlika sredina među populacijama s obzirom na broj režnjeva - D  
 Table 13. Significance of differences in mean values between the populations with respect to the number of lobes - R

	ŠIFRA		05	01	10	12	03	14	15	06	20	18	13	16	19	04	09	08	02	07	17	11
	Populacija	n																				
05	Grosselfinger	3	***	***	-	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	**	***	***	***	***	**
01	Bisingen	3	***	***	***	*	-	***	***	***	***	***	***	-	-	*	**	***	***	***	***	***
10	Ljubljana	2	-	***	***	***	***	-	***	***	***	*	*	***	***	***	***	***	*	*	***	-
12	Motovun	3	**	*	***	*	*	***	***	***	***	*	***	-	***	***	-	***	***	***	***	***
03	Donji Miholjac	8	***	-	***	*	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	*	***	***	***	***	***
14	Slatina	3	-	***	-	*	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	**	***	***	***	***	*
15	Repaš	9	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***
06	Koprivnica	8	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
20	Ludbreg	4	***	***	***	***	***	***	-	-	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***
18	Varaždin	8	-	***	*	*	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***
13	Privlaka	7	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	-	-	***	*
16	Staro Topolje	7	***	-	***	-	-	***	***	***	***	**	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***
19	Levanjska Varoš	6	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	**	***	*	***	***	***	***	***	***
04	Gradište-Kula	7	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***
09	Lipovljani	5	**	**	***	-	*	**	***	***	***	*	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***
08	Kutina	9	***	***	***	***	***	***	**	***	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
02	Bjelovar	6	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	-	***	*
07	Križevci	11	**	***	*	***	***	***	***	***	***	***	-	***	***	***	***	***	***	-	***	-
17	Turopoljski lug	3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
11	Maksimir	4	*	***	-	***	***	*	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	*	-	***	***

Tablica 14. Razvrstavanje svih analiziranih stabala iz svih istraživanih populacija s obzirom na UPGMC (Centroid) metodu "cluster" analize

Table 14. Grouping of all analyzed trees from all researched populations with respect to the "cluster" analysis UPGMC (Centroid) method

KLASTER	POSAVINA	PODRAVINA	KONTROLA
I.	13/1	-	-
II.	16/2	-	-
III.	09/2	-	-
IV.	08/2, 11/4, 07/11, 08/1	-	-
V.	08/9	-	-
VI.	17/3	20/2	-
VII.	08/8, 13/3, 08/7, 08/5, 07/4, 08/6	06/4, 15/5, 15/8, 18/8, 15/2, 06/6, 15/9, 20/4	-
VIII.	17/2	-	-
IX.	13/7, 02/4	-	-
X.	19/3, 04/2, 04/5, 19/6, 19/7, 04/1, 19/1, 04/3, 19/4	18/6, 03/8, 03/3, 03/4	01/1, 05/3, 12/1, 12/2
XI.	11/2	03/7	10/1
XII.	17/1, 07/9, 16/6	14/3, 14/1, 14/2	-
XIII.	16/7, 07/7, 07/8, 02/1, 02/2, 04/6, 04/4, 16/1, 16/5, 09/5, 16/4, 09/1, 17/10, 07/6, 07/3, 02/3, 08/3, 08/4, 02/5, 07/1, 13/4, 13/6, 07/2, 07/5, 16/3, 13/5, 09/4, 11/1, 11/3	03/1, 18/7, 15/3, 18/3, 03/2, 03/6, 04/7, 06/8, 18/4, 06/3, 18/5, 06/5, 15/1, 18/2, 06/1, 06/7, 20/3, 06/2, 15/7, 15/6, 03/5, 15/4	01/3, 01/2, 12/3, 05/1, 10/2, 05/2
XIV.	13/2, 09/3	18/1	-
XV.	2/6	-	-
XVI.	19/2	-	-

Tablica 15. Deskriptivni statistički pokazatelji prosječnoga stabla i lista 17 hrvatskih populacija hrasta lužnjaka na osnovi 7161 lista

Table 15. Descriptive statistical indicators of an average tree and leaf of 17 Croatian common oak populations, based on 7161 leaves

SVOJSTVA	$\bar{x}$ (mm)	$s_x$ (mm)	C.V. (%)	$x_{\min}$ (mm)	$x_{\max}$ (mm)	Median (mm)	Kurtosis	Skewness
Duljina plojke	87,06	21,65	24,87	26	187	85	0,41	0,48
Širina plojke	52,30	15,28	29,22	16	130	51	0,89	0,68
Duljina peteljke	4,77	1,99	41,72	1	14	5	0,98	0,89
Broj režnjeva-L	4,71	1,23	26,11	2	10	5	-0,26	0,21
Broj režnjeva-D	4,73	1,23	26,00	2	9	5	-0,31	0,22

## LITERATURA – REFERENCES

- Aas, G., 1993: Taxonomic impact of morphological variation in *Quercus robur* and *Q. petraea*: a contribution to the hybrid controversy. *Ann. Sci. For.* 50(1): 107-113.
- Abramović, A., 1943: Pitanje rasa šumskog drveća u Hrvatskoj. *Hrv. Šum. list* 67(10-12): 275-277.
- Androić, M., 1987: Sušenje hrasta. U: *Šumarska enciklopedija* 3: 314-345. Zagreb.
- Anić, M., 1946: Dendrologija. U: R. Benić (ed.) *Šumarski priručnik* 1: 475-582.
- Ascherson, P., P. Gräbner, 1911: *Quercus* L. *Syn. Mitteleur. Flora* 4: 445-544. Leipzig.
- Bačić, T., 1981: Investigations of stomata of three oak species with light and scanning electron microscope. *Acta Bot. Croat.* 40: 85-90.
- Bačić, T., 1983: Varijabilnost listova hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Acta Bot. Croat.* 42: 51-61.
- Benson, L., 1962: *Plant taxonomy, methods and principles*. Ronald Press, New York.
- Blue, M. P., R. J. Jensen, 1988: Positional and seasonal variation in oak (*Quercus*; *Fagaceae*) leaf morphology. *Amer. J. Bot.* 75(7): 939-947.
- Borchert, R., 1975: Endogenous shoot growth rhythm and indeterminate shoot growth in oak. *Physiol. Plant.* 35: 152-157.
- Borojević, K., 1986: Geni i populacija. *NIŠRO Forum*. Novi Sad.
- Bremer, K., C. J. Hunphries, B. D. Mishler, S. P. Churchill, 1987: On cladistic relationships in green plants. *Taxon* 36(2): 339-349.
- Brenner, W., 1902: Klima und Blatt bei der Gattung *Quercus*. *Flora B.* 90: 114-160.
- Brookes, P. S., D. L. Wigston, 1979: Variation of morphological and chemical characteristics of acorns from population of *Quercus petraea* (Mat.) Kiebl., *Q. robur* L. and their hybrids. *Watsonia* 12: 315-324.
- Constantze-Westermann, T. S., 1978: *Coefficients of Biological Distance*. The Netherlands. Oosterhout.
- Cousens, J. E., 1962: Notes on the status of sessile and pedunculate oaks in Scotland and their identification. *Scot. For.* 16(3): 170-179.
- Cousens, J. E., 1963: Variation of some diagnostic characters of the sessile and pedunculate oaks and their hybrids in Scotland. *Watsonia* 5(5): 273-286.
- Cousens, J. E., 1965: The status of the pedunculate and sessile oaks in Britain. *Watsonia* 6(3): 161-176.
- Csapody, I., V. Csapody, F. Rott, 1966: *Erdei fak es cserjek*. Orszagos erdeszeti foigazgatosag. Budapest.
- Cvitić, M., 1972: Obnova nizinskih šuma hrasta. *Šum. list* 96(7-8): 278-281.
- Dekanić, I., 1958: Njegovanje šuma kao mjera unapređenja šumske produkcije. *Šum. list* 82(10): 339-348.
- Dekanić, I., 1961: Osnovni principi uzgojnih zahvata u posavskim šumama. *Šum. list* 85(1-2): 11-17.
- Dekanić, I., 1962: Utjecaj podzemne vode na pridolazak i uspijevanje šumskog drveća u posavskim šumama u Lipovljana. *Glas. šum. pokuse* 15: 1-118.
- Dekanić, I., 1962a: Elementi za njegu mladih sastojina u poplavnom području posavskih šuma. *Glas. šum. pokuse* 15: 119-196.
- Dekanić, I., 1962b: Kvantitativno i kvalitativno povećanje proizvodnje drvene mase u mješovitim sastojinama brežuljkastih terena. *Glas. šum. pokuse* 15: 197-266.
- Dekanić, I., 1962c: Povećanje proizvodnje preredom mladih mješovitih sastojina lužnjaka, poljskog jasena i nizinskog brijesta u Posavini. *Glas. šum. pokuse* 15: 267-302.

- Dekanić, I., 1964: Prorjeđivanje mladih mješovitih sastojina kao mjera za unapređenje proizvodnje u šumarstvu. Materijal za seminar iz uzgoja šuma 17-19. 06. 1964. god. u Lipljanima (rpk.).
- Dekanić, I., 1965: Intenziviranje proizvodnje prorjeđivanjem mješovitih sastojina nizinskih šuma. Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar 1-40, Beograd.
- Dekanić, I., 1971: Intenziviranje proizvodnje drva u cenози hrasta kitnjaka i običnog graba (*Quercus-Carpinetum croaticum* Horv.) primjenom intenzivnih proreda i fertilizacije različitim mineralnim gnojivima. Šum. list 95(7-8): 197-230.
- Dekanić, I., 1975: Njega sastojina proredom. JAZU Vinkovci (posebno izdanje) 2: 79-85.
- Dekanić, I., 1975a: Utvrđivanje najpogodnijih vrsta drveća i metoda obnove opustošenih površina sušenjem hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Šum. list 99(4-6), 119-127.
- Dekanić, I., 1976: Intenziviranje proizvodnje proredom sastojina u slavonskoj šumi hrasta lužnjaka (*Genisto-Quercetum roboris* Horv. 38). Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.
- Dekanić, I., 1977: Šume i proizvodnja drva na nekim tlima slavonsko-baranjskog područja. Tla Slavonije i Baranje (posebno izdanje) 1: 169-174.
- Dekanić, I., 1980: Način i intenzitet proreda u šumi hrasta lužnjaka i običnog graba. Složena šumska gospodarska organizacija "Slavonska šuma". Vinkovci.
- Dekanić, I., 1985: Mogućnost unapređenja šumske proizvodnje primjenom uzgojnih mjera proreda u prirodnim šumama. Jug. polj. šum. centar, Informacija 1.
- Dupouey, J. L., V. Badeau, 1993: Morphological variability of oaks (*Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. pubescens* Willd.) in northeastern France: preliminary results. Ann. Sci. For. 50(1): 35-40.
- Đorđević, P., 1926: Sušenje hrastovih šuma u Slavoniji. Izdanje ministarstva šuma i rudnika. Beč.
- Đuričić, I., 1989: Šumsko uzgojne karakteristike hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Liebl.) na Kalniku. Glas. šum. pokuse 25: 161-234.
- Elsner, G., 1993: Morphological variability of oak stands (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) in northern Germany. Ann. Sci. For. 50(1): 228-232.
- Erdeši, J., 1985: Ikonografija hrasta lužnjaka Jugoslavije. Glasn. Šum. fak. Beograd 64: 109-140.
- Erdeši, J., M. Gajić, 1977: *Quercus robur* L. U: M. Josifović (ed.) Fl. SR Srbije 9: 44-48.
- Erdeši, J., M. Čanak, M. Gajić, 1977: Nove forme i nova nalazišta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u SR Srbiji i SFR Jugoslaviji. Glasn. Šum. fak. Beograd 52: 83-88.
- Eriksson, G., A. Jonsson, 1986: A review of the genetics of *Betula*. Scand. J. For. Res. 1: 421-434.
- Federov, A., 1974: Chromosome numbers of flowering plants. Otto Közl. Königstein.
- Filipello, S., M. Vittadini, 1975: Ricerche sulle querce caducifoglie italiane. 4. Analisi biometrica e morfologica di esemplari del complesso *Q. pubescens* - *Q. petraea* dell' Apenino pavese. Webbia 29: 365-396.
- Filipello, S., M. V. Zorzoli, 1982: Ricerche sulle querce caducifoglie italiane. 5. Sul valore tassonomico del rapporto lobi/nervature in *Quercus pubescens* e *Quercus petraea*. Webbia 36(1): 97-100.
- Franjić, J., 1993: Veličina žira kao pokazatelj individualne varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. šum. pokuse Pos. Izd. 4: 195-206.
- Franjić, J., 1993a: Morfometrijska analiza lista i ploda hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. Magistarski rad - PMF, Zagreb.
- Franjić, J., 1994: Odnos dužine i širine plojke lista kao pokazatelj varijabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Simpozij-Pevalek, 25-34. Zagreb.

- Franjić, J., 1994a: Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus robur* L.) variability in Croatia. Ann. Forest. 19(1): 1-32.
- Franjić, J., 1996: Multivarijatna analiza posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj. Disertacija – PMF. Zagreb.
- Glavaš, M., 1989: Fitopatološka istraživanja uzročnika sušenja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. šum. pokuse 25: 145-154.
- Glotov, N. V., L. F. Semerikov, V. S. Kazancev, V. A. Šutilov, 1981: Populacionaja struktura *Quercus robur* (*Fagaceae*) na Kavkaze. Bot. Žur. 66(10): 1407-1418.
- Grant, V., 1981: Plant sciation. Columbia University Press, New York.
- Harapin, M., 1989: Utjecaj defolijacije na sušenje hrastovih nizinskih šuma. Glas. šum. pokuse 25: 155-160.
- Hardin, J. W., 1976: Terminology and classification of *Quercus* trichomes. Jour. Mitchel Sci. Soc. 92: 151-161.
- Hardin, J. W., 1979: Atlas of foliar surface features in woody plants, I. Vestiture and trichome types of eastern North American *Quercus*. Bull. Torrey Bot. Club 106(4): 313-325.
- Hegi, G., 1908: *Quercus* L. Ill. Fl. Mitteleur. 3: 105-117.
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija. Stanbiro. Zagreb.
- Høeg, E., 1929: Om Mellemformerne mellem *Quercus robur* L. og *Q. sessiliflora* Martyn. (Dansk.) Bot. Tidskr. 40: 411-427.
- Ietswaart, J. H., A. E. Feij, 1989: A multivariate analysis of introgression between *Quercus robur* and *Q. petraea* in the Netherlands. Acta Bot. Neerl., 38(3): 313-325.
- Ilijanić, Lj., 1963: Tipologisch-geographische Gliederung der Niederrungswiesen Nordkroatiens im klimatischen Zusammenhang. Acta Bot. Croat. 22: 119-132.
- Jalas, J., J. Suominen, 1976: *Fagaceae*. Atlas florae Europaeae 3: 66-79.
- Javorka, S., 1924: *Quercus* L. Magyar Flora, 249-254. Budapest.
- Jensen, R. J., 1977: A preliminary numerical analysis of the red oak complex in Michigan and Wisconsin. Taxon 26: 399-407.
- Jensen, R. J., 1977a: Numerical analysis of the scarlet oak complex (*Quercus* subgen. *Erythrobalanus*) in the eastern United States: Relationships above the species level. Syst. Bot. 2: 122-133.
- Jensen, R. J., 1986: Geographic spatial autocorrelation in *Quercus ellipsoidalis*. Bull. Torrey Bot. Club 113(4): 431-439.
- Jensen, R. J., 1988: Assessing patterns of morphological variation of *Quercus* ssp. in mixed-oak communities. Am. Midl. Nat. 120(1): 120-135.
- Jensen, R. J., 1990: Detecting shape variation in oak leaf morphology: a comparison of rotational fit methods. Amer. J. Bot. 77(10): 1279-1293.
- Jensen, R. J., W. H. Eshbaugh, 1976: Numerical taxonomy studies of hybridization in *Quercus*. II. Populations with wide areal distributions and high taxonomic diversity. Syst. Bot. 1(1): 11-19.
- Jensen, R. J., R. Depiero, B. K. Smith, 1984: Vegetative characters, population variation and the hybrid origin of *Quercus ellipsoidalis*. Am. Midl. Nat. 111: 364-370.
- Jovanović, M., A. Tucović, 1975: Genetics of common and sessile oak (*Quercus robur* L. and *Q. petraea* Liebl.). Ann. Forest. 7(2): 23-53.
- Jovanović, B., E. Vukičević, 1983: Hrast. U: Šumarska enciklopedija 2: 74-75. Zagreb.
- Kissling, P., 1977: Les poils des quatres especes de chenes du Jura (*Quercus pubescens*, *Q. petraea*, *Q. robur* et *Q. cerris*). Ber. Schweiz. Bot. Ges. 87(1-2): 1-18.
- Kissling, P., 1980: Un réseau de corrélations entre les chenes (*Quercus*) du Jura. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 90(1-2): 1-28.



- Klepac, D., 1988: Uređivanje šuma hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 24: 117-132.
- Komlenović, N., D. Cestar, 1987: Istraživanje stanja ishrane 40-godišnjih sastojina lužnjaka (*Quercus robur* L.) u utvrđenim ekološko-gospodarskim tipovima šuma u SR Hrvatskoj. Radovi Šum. inst. Jastrebov. 22(71): 1-25.
- Kovačević, Ž., 1974: Problemi epidemijskog sušenja hrasta lužnjaka-*Quercus robur*. Šum. list 98(7-9): 291-298.
- Kovačić, Đ., 1981: Raspodjela učestalosti broja stabala i drvne mase kao mjera unapređenja šumske proizvodnje u nekim prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka u SR Hrvatskoj. Disertacija – Šum. fak. Zagreb.
- Krahl-Urban, J., 1959: Die Eichen. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin.
- Krstinić, A., 1984: Fenotipska stabilnost, adaptabilnost i produktivnost nekih klonova stabilnih vrba. Glas. šum. pokuse, Pos. izd. 1: 5-24.
- Krstinić, A., Trinajstić, I., Gračan, J., Franjić, J., Kajba, D., Britvec, M., 1996: Genetska izdiferenciranost lokalnih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. U: Matić, S., J. Gračan (ed.): Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996. Zaštita šuma i pridobivanje drva 2: 159-168. Hrvatsko šumarsko društvo. Zagreb.
- Krüssmann, G., 1972: Handbuch der Nadelgehölze. Paul Parey Verlag. Berlin.
- Lance, G. N. & W. T. Williams, 1967: A general theory of classificatory sorting strategies II: Clustering systems. Comp. J. 10(3): 271-277.
- Mahalanobis, P. C., 1936: On the generalized distance in statistics. Proc. Nat. Inst. Sci. India 2: 49-55.
- Martinis, Z., Ž. Lovašen-Eberhardt, M. Tuđa, 1987: Trihomografske i palinomorfološke karakteristike hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u odnosu na druge hrastove u Jugoslaviji. Glasn. Šum. Pokuse, Pos. Izd. 3: 347-355.
- Matić, S., 1984: Uzgojni zahvati u šumama hrasta lužnjaka Slavonije i Baranje kao mjera povećanja kvalitete drvne mase. Osijek.
- Matić, S., 1984a: Šume hrasta lužnjaka i njihova prirodna obnova. Bilten društva ekologa BiH 1: 211-217.
- Matić, S., 1989: Uzgojne mjere u sastojinama narušenim sušenjem hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 25: 67-77.
- Matić, S., 1989a: Intezitet prorode i njegov utjecaj na stabilnost, proizvodnost i pomlađivanje sastojina hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 25: 261-278.
- Matić, S., 1990: Šume i šumarstvo Hrvatske-jučer, danas, sutra. Glas. šum. pokuse 26: 33-56.
- Matić, S., 1991: Njega šuma preredom. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP "Hrvatske šume" Uprava šuma Koprivnica. Zagreb.
- Mátyás, V., 1970: Neue Formen der Eichen Ungars. Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 16: 3-4.
- Mátyás, V., 1970a: Einführung in die Kenntnis der Eichenarten Ungarns. Erdesz. Kut. 66: 61-68.
- Maze, J., 1968: Past hybridization between *Quercus macrocarpa* and *Quercus gambelii*. Brittonia 20: 321-333.
- McMillen, J. D., 1985: Climatic and phylogenetic aspects of oak distributions in the eastern United States. Am. J. Bot. 72(6): 934.
- Meijknecht, J. G., 1955: On the ideal value of varying characters. Acta Bot. Neerl. 4(2): 273-320.
- Melchior, H., 1964: *Fagales*. In: Engler's, A. (ed.) Syllabus der Pflanzenfamilien. II. Angiospermen übersicht Über die Florengebiete der Erde. Gebrüder Bornträger, Berlin-Nikolassee.

- Menickij, L., 1966: K sistematike kavkazskih roburoidnih dubov cikla *Pedunculatae*. I. *Quercus pedunculiflora* C. Koch. Bot. Žur. 51(9): 1245-1265.
- Meštrović, Š., 1988: Šume hrasta lužnjaka s posebnom namjenom. Glas. šum. pokuse 24: 151-156.
- Milletti, N., P. Paoli, G. Moggi, 1982: Ricerche sulle querce caducifoglie italiane. 6. Analisi numerica della morfologia folgiare in un popolamento di *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. delle Alpi orientali. Webbia 36(1): 101-133.
- Moggi, G., P. Paoli, 1972: Ricerche sulle querce caducifoglie italiane. 1. Sul valore di alcuni caratteri biometrici e morfologici. Webbia 26(2): 417-461.
- Muller, C. H., 1952: Ecological control of hybridization in *Quercus*: a factor in the mechanism of evolution. Evolution 6(2): 147-161.
- Neger, Fr., E. Münch, 1950: Die Laubhölzer. Sammlung Göschende Gruyter. Berlin.
- Nixon, K. C., W. L. Crepet, 1985: Preliminary phylogenetic reconstruction of *Quercus* at subgeneric and sectional levels. Am. J. Bot. 72(6): 934-935.
- Olsson, U., 1975: A morphological analysis of phenotypes in populations of *Quercus* (*Fagaceae*) in Sweden. Bot. Not. 128: 55-68.
- Olsson, U., 1975a: On the size and microstructure of pollen grains of *Quercus robur* and *Q. petraea* (*Fagaceae*). Bot. Not. 128: 256-264.
- Opalički, K., 1989: Utjecaj faune tla na fiziološku kondiciju i sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. Šum. Pokuse 25: 133-144.
- Parabučki, S., M. Čanak, M. Janković, M. Vukoje, M. Gajić, 1980: *Quercus pedunculiflora* C. Koch. – nova vrsta za floru Vojvodine. Glas. Šum. fak. Beograd 54: 217-221.
- Petračić, A., 1926: Pomlađivanje naših hrastovih šuma je u opasnosti. Šum. list 50(8-9): 467-469.
- Petz, B., 1974: Osnovne statističke metode. Izdavački zavod JAZU. Zagreb.
- Pranjić, A., 1990: Šumarska biometrija. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.
- Pranjić, A., N. Lukić, 1989: Prirast stabala hrasta lužnjaka kao indikator stanišnih promjena. Glas. šum. pokuse 25: 79-94.
- Prodan, M., 1961: Forstliche Biometrie. BLV Verlagsgesellschaft München, Bonn, Wien.
- Prpić, B., 1976: Reagiranje biljaka hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz dva staništa na različite uvjete vlažnosti. Šum. list 100(3-4): 117-123.
- Prpić, B., 1989: Sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u svjetlu ekološke konstitucije vrste. Glas. šum. pokuse 25: 1-24.
- Rauš, Đ., 1982: Rezultati petnaestogodišnjih (1966.-1980.) istraživanja i kartiranja slavonskih i baranjskih šuma. Šum. list 106(4-5): 93-105.
- Rauš, Đ., S. Matić, B. Prpić, A. Vranković, 1979: Prilog poznavanju biološko-ekoloških svojstava kasnoga hrasta lužnjaka (*Quercus robur* var. *Tardissima* Sim.) u bazenu Spačve i Česme. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, 997-1010. Zagreb.
- Rauš, Đ., I. Trinajstić, J. Vukelić, J. Medvedović, 1992: Biljni svijet hrvatskih šuma. U: Rauš, Đ. (ed.), Šume u Hrvatskoj 33-77. Grafički zavod Hrvatske. Zagreb.
- Rauš, Đ., J. Vukelić, 1989: Rezultati komparativnih istraživanja šumske vegetacije na području sušenja hrasta lužnjaka. Glas. šum. pokuse 25: 53-66.
- Rushton, B. S., 1979: *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Mat.) Liebl. a multivariate approach to the hybrid problem. 1. Data acquisition, analysis and interpretation. Watsonia 12: 81-101.
- Rushton, B. S., 1983: An analysis of variation of leaf characters in *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. population samples from Northern Ireland. Irish Forestry, 40(2): 52-77.

- SAS, 1990: SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4. izdanje. SAS Institute Inc.
- Sax, H. J., 1930: Chromosome numbers in *Quercus*. J. Arnold Arbor. Harv. Univ. 11: 220-223.
- Schwarz, O., 1936: Entwurf zu einem natürlichen System der Cupuliferen und der Gattung *Quercus* L. Notizbl. Bot. Gart. Berlin 116(13): 1-22.
- Schwarz, O., 1936a: Monographie der Eichen Europas und des Mittelmeergebietes. Feddes Repert. Sonderbuch D: 1-200.
- Schwarz, O., 1964: *Quercus* L. In: T. G. Tutin i dr. (eds.) Flora Europaea 1: 61-64.
- Simonkai, L., 1890: Hazánk tölgyfajai és tölgyerdei (*Quercus* et *Querceta Hungariae*). Áll. Bizott. Kül. Kiadványa. Budapest.
- Smole, i., f. batič, 1992: The importance of morphological characteristics for identification of oak species. Zbornik gozdarstva in lesarstva 39: 133-172.
- Snedecor, G. W., W. G. Cochran, 1971: Statistical methods. The Iowa State University Press, Ames.
- Sneath, P. H. A., R. R. Sokal, 1973: Numerical taxonomy. W. H. Freeman and Co. San Francisco.
- Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1981: Biometry. W. H. Freeman and Co. San Francisco.
- Solbrig, O. T., 1970: Principles and methods of plant biosystematics. The Macmillan Company, Collier-Macmillan Canada. Toronto, Ontario.
- Spaić, I., M. Glavaš, 1988: Uzročnici šteta na hrastu lužnjaku u Jugoslaviji. Glas. Šum. Pokuse 24: 199-226.
- SPSS, INC., 1988: SPSS/PC + V2.0 Statistics Guide. Chicago, SPSS.
- Stebbins, G. L., Jr. E. B. Matzke, C. Epling, 1947: Hybridization in a population of *Quercus marilandica* and *Quercus ilicifolia*. Evolution 1: 79-88.
- Šafar, J., 1966: Problem fizioloških, ekoloških i ekonomskih karakteristika kasnog i ranog hrasta lužnjaka. Šum. list 90(11-12): 503-515.
- Špiranec, M., 1951: Još o početnoj fiziološkoj zrelosti šumskog drveća. Šum. list 75(6): 213-221.
- Tavčar, A., 1946: Biometrika u poljoprivredi. Nakladni zavod Hrvatske. Zagreb.
- Trinajstić, I., 1974: *Quercus* L. U: I. Trinajstić (ed.), Analitička flora Jugoslavije 1(3): 460-481.
- Trinajstić, I., 1974a: *Quercuum croaticarum* nomina et synonyma Vukotinovičiana. Suppl. Fl. Anal. Jugosl. 2: 9-13.
- Trinajstić, I., 1988: Taksonomska problematika hrasta lužnjaka *Quercus robur* L. u flori Jugoslavije. Glas. Šum. Pokuse 24: 101-116.
- Trinajstić, I., 1989: 1. Morfološka i morfometrijska analiza varijabilnosti lužnjaka unutar jednog stabla. 2. Izrada modela za analizu morfološke varijabilnosti. U: Vidaković, M. (red.), Oplemenjivanje hrasta lužnjaka. Izvještaj o znanstveno-istraživačkom radu u 1988. godini. Zagreb.
- Trinajstić, I., 1996: Taksonomska problematika hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. U: Klepac, D. (ed.), Hrašć lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj 96-101. HAZU Centar za znanstveni rad Vinkovci & JP "Hrvatske šume". Vinkovci - Zagreb.
- Trinajstić, I., A. Krstinić, 1993: Varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. šum. pokuse. Pos. izd. 4: 35-44.
- Trinajstić, I., J. Franjić, 1996: Listovi kratkoga plodnoga izbojka, osnova za morfometrijsku analizu lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*). U: Matić, S., J. Gračan (ed.), Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, 1: 169-178. Hrvatsko šumarsko društvo. Zagreb.

- Troll, W., 1957: Praktische Einführung in die Pflanzenmorphologie 1., 2. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Tucović, A., M. Jovanović, 1970: Some characteristics of meiosis in common oak (*Quercus robur* L.). Working group meeting on sexual reproduction of forest trees. International union of forest research organizations section 22: Study of forest plants, 1-10. Varpantara (rkp.).
- Vajda, Z., 1948: Koji su uzroci sušenja hrastovih posavskih i donjoposavskih šuma. 24: 105-114.
- Vajda, Z., 1974: Nauka o zaštiti šuma. Školska knjiga, Zagreb.
- Vidaković, M., A. Krstinić, 1974: Oplemenjivanje ekonomski važnih vrsta šumskog drveća jugoistočne Hrvatske. Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Hrvatske. JAZU-Centar za znanstveni rad Vinkovci, 115-134.
- Vidaković, M., A. Krstinić, 1985: Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća. Sveučilišna naklada Liber. Zagreb.
- Vidaković, M., I. Trinajstić, 1988: Varijabilnost i oplemenjivanje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Zbornik radova Josip Kozarac književnik i šumar. JAZU Centar za znanstveni rad Vinkovci, 93-110.
- Vranković, A., F. Bašić, 1989: Neki rezultati pedoloških istraživanja u poremećenim ekosistemima hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. Glas. Šum. Pokuse 25: 25-52.
- Vukelić, J., Đ. Rauš, 1993: Fitocenološki aspekt sušenja šuma u Turopoljskom lugu. Glas. šum. pokuse 29: 275-294.\*\*\*\*

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF LEAF VARIABILITY POSAVINA  
AND PODRAVINA POPULATIONS OF THE COMMON OAK  
(*QUERCUS ROBUR* L., *FAGACEAE*) IN CROATIA

*Summary*

In this work the attempt to determine the variability of the common oak leaf (*Quercus robur* L.) by means of the statistical analysis has been made in order to get a better idea of the individual and populational variability of the common oak in Croatia. Furthermore, we tried to avoid the mistakes noticed in the works in other research workers as well as our own mistakes occurred during the preliminary researches. On the basis of the researches made it can be recommended that trees to be taken for the analysis purpose should be normally developed ones (seed trees) with well lighted tree crowns (either individual trees or those growing on forest edge) so that their phenotype would be fully marked without any modificational changes caused by breeding measures (complex).

For the morphometric analysis it is best to use leaves of a short fertile shoot since they are the only ones to show the recent state of the species. Besides, it is necessary to eliminate all undeveloped or damaged leaves because they spoil an objective picture of the sample.

In the examination of the researched material (20 populations, 116 trees, 7545 leaves, 37725 measured data), the multivariate, univariate, descriptive and nonparametric sample analysis has been made by which we tried to get a clearer picture of the common oak variability in Croatia.

By means of the multivariate and univariate analyses (cf. tab. 4-13; fig. 3) significant differences between the populations as well as between trees within a population have been determined with the differences between trees in one population being bigger than those between the populations. Such conclusions have been arrived to for some other species and some other characteristics, too (cf. Eriksson & Jonsson 1986). All this leads to the conclusion, already mentioned several times, that each population has approximately the same number of genotypes and that the only difference is in the survival (representation, frequently) that is likely to be in a close connection with economical factors (edaphic and climatic parameters).

Furthermore, by the multivariate analysis the best method for the examination of the researched sample has also been determined, i. e. the UPGMC (Centroid) method which matched best the original distance matrix ( $r_c = 0.43$ ). By the said method 16 clusters have been determined which were divided into four groups (cf.

tab. 14; fig. 3). The first (clusters I., II., III., V., VIII., XV. and XVI.) and the third (cluster IV.) tree groups (clusters) belong to the populations of Posavina and differ highly from all other trees and tree groups. It is, therefore, supposed that these trees separated from the rest of trees for the reason that conditions for survival in Posavina are much more difficult than those in Podravina. Within two other tree groups (the second group – clusters VI., IX., XI. and XIV.; the fourth group – clusters VII., X. and XIII.) on the first sight there is no logical assembling, although in the fourth group it is noted that the trees of more thermophyl Posavina populations are grouped with trees of Podravina populations, so it can be assumed that similar genotypes are involved which have been adapted to a somewhat dryer stand conditions than the first two groups. The descriptive and nonparametric analyses showed conformity with the multivariate analysis (cf. tab. 2-15), and they were used precisely for the control of this analysis. It is interesting to mention that the results obtained indicate the existence of the common oak asymmetry (negative or right asymmetry,  $L < D$ ) which can be considered as a general rule, while the presence of the left or positive asymmetry ( $L > D$ ) and of symmetrical leaves ( $L = D$ ) suggest the presence of introgression.

By the descriptive analysis of the complete leaf sample of the Croatian common oak populations (7161 leaves) the basic statistic parameters of an average common oak tree have been determined with general characteristics of the researched leaf properties. So far, it has been determined (cf. tab. 15) that the average Croatian common oak tree has the leaf of medium size with leaf blade length of  $87.06 \pm 21.65$  mm ( $\bar{x} \pm s_x$ ), leaf blade width of  $52.30 \pm 15.28$  mm, leaf stalk (petiole) length  $4.77 \pm 1.99$  mm, the number of lobes on the leaf blade left side  $4.71 \pm 1.23$  and  $4.73 \pm 1.23$  number of lobes on the leaf blade right side.

The researches concerning the common oak variability in the territory of the Republic of Croatia are in the function of getting better knowledge of the genetic differentiation of local populations that is an essential prerequisite for planning (separating) seed stands (areas) as well as for activities on the preservation of the common oak genetic resources.

In the work the multicariety, univariety, descriptive, parametrical and non-parametrical analysis of the common oak (*Quercus robur* L.) leaf sample has been made in an attempt to get a better idea of the common oak individual and population variability in Croatia. The analysis included in total 20 common oak populations originating from various bioclimatic regions (Posavina and Podravina, plus four control populations from Istria, Slovenia and Germany). The analysis showed significant differences between the populations, as well as differences between the trees in a population, the differences between the trees inside a population being bigger than those between the populations. Such results lead to the conclusion that every population has approximately the same number of genotypes and that the only difference occurs in the survival (presence, frequency) that is very likely in close connection with ecological factors (edaphic and climatic). The research of the