

## Ugotavljanje križancev doba (*Quercus robur* L.) in gradna (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) z morfološko analizo listov

Assessment of common (*Quercus robur* L.) and sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) hybrids by morphological leaf analyses

Drago Trajber<sup>1</sup>, Andrej Breznikar<sup>2</sup>, Tomaž Sinkovič<sup>3</sup>, Franc Batič<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Zavod za gozdove Slovenije, območna enota Murska Sobota, Ulica arhitekta Novaka 17, SI-9000 Murska Sobota, Slovenija

<sup>2</sup> Oddelek za gozdarstvo BF, Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>3</sup> Oddelek za agronomijo BF, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

**Izvelek:** Graden (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in dob (*Quercus robur* L.) sta v zahodni Evropi simpatrični vrsti, z veliko variabilnostjo njihovih morfoloških znakov. Pojavi križanja obeh vrst pa problem vrstne determinacije še otežujejo.

Raziskavo smo izvedli na desetih populacijah gradna in doba v Sloveniji. Na vzorcu 5 dreves na ploskev smo izvedli morfometrijske analize listov. Na vsakem drevesu smo izbrali do 100 listov s kratkih poganjkov, ki so bili dobro osvetljeni. Ocenjeno in izmerjeno je bilo osem parametrov listov. Za vrednotenje podatkov smo uporabili deskriptivne in multivariatne statistične metode kot je diskriminativna analiza. Analize so pokazale, da obstajajo značilne razlike med drevesi in med populacijami.

Rezultati so pokazali, da najboljšo osnovo za razlikovanje doba in gradna nudijo dolžina listnega peclja, dolžina listne ploskve, število listnih krp od ocenjenih lastnosti listov pa število interkalarnih žil in dlakavost listov. Hibridi doba in gradna so najpogostejši na Zgornjem logu 2 na rastiščno prehodni ploskvi doba in gradna. Na ostalih ploskvah najdemo predvsem graden z introgresijo genov doba.

**Abstract:** Sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and common oak (*Quercus robur* L.) are in western Europe sympatric species with great morphological variability. The hybridization of oaks make species determination even harder.

The experiments were carried out on ten populations of sessile and common oak in Slovenia. For morphometrical analyses leaves were sampled from five trees in one population. Up to 100 leaves were sampled from short well light twigs. Eight leaf parameters were assessed or measured. For interpretation of results descriptive and multivariate statistical methods like discriminative analyses were used.

Analyses showed significant differences among trees and populations. Results showed that the most discriminative morphological data are leaf petiole length, leaf lamina length and number of lobes. Of assessed leaf parameters, number of intercalary veins and leaf pubescence are important. Hybrids of both species are more frequent in Zgornji log 2 on ecological intermediate plot of common and sessile oak. On other plots mostly sessile oak was detected with introgression of common oak genes.

### 1. Uvod

Rod hrastov (*Quercus*) poseljuje velik del severne poloble. Obsega od 200 do 600 listopadnih in vednozelenih vrst – njihovo število v strokovni literaturi zelo varira (Krahl-Urban 1959, Kleinschmit 1993, Hegi 1957). Zaradi sposobnosti medsebojnega križanja

prihaja do velike polimorfnosti in variabilnosti morfoloških znakov (Trinajstić 1988, Franjič 1993, Dopouey & Badeau 1993, Aas 1990, Batič et al. 1995, Batič et al. 1997). Ta pojav je v Evropi še posebej zanimiv pri dobi in gradnu, ki sta najbolj razširjeni vrsti hrasta v evropskem prostoru. V zadnjem času je vse več trditev, da sta dob in graden jasno ločeni

vrsti (Dopouey & Badeau 1993), vendar zaradi pojavljanja križanja razlike med vrstama vse bolj izginjajo (Aas 1993).

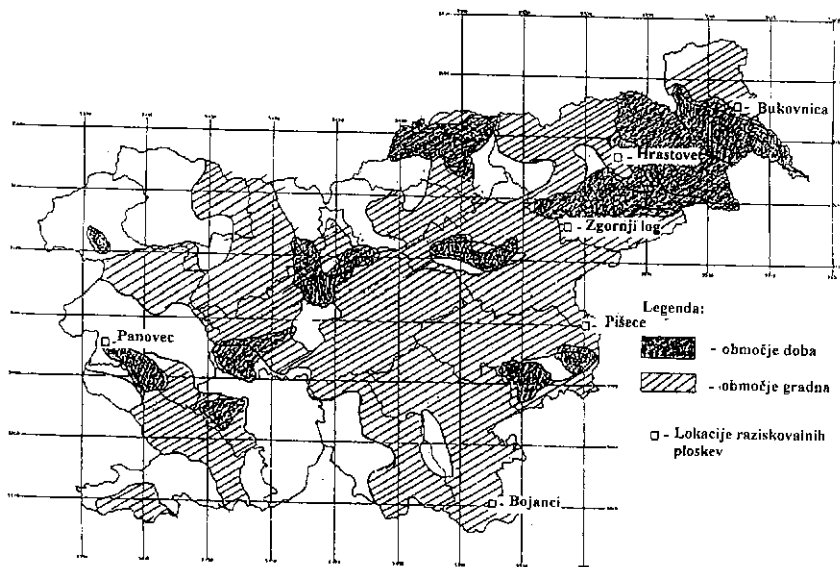
Naravna areala doba in gradna sovpadata in obsegata pretežni del Evrope (Krahl-Urban 1959, Leibundgut 1991). Horizontalna razširjenost pri gradnu je znatno manjša kot pri dobu, graden ne gre toliko v kontinentalna področja. Območje uspevanja gradna v višjih legah ne določajo le temperaturne razmere, ampak tudi tip in lastnosti tal, ekspozičija, pojav temperaturne inverzije, količina snega in konkurenčna moč ostalih drevesnih vrst v gozdnih fitocenozah (Breznikar 1997). Graden je znatno bolj oceanska vrsta kot dob. Graden je svetlobna do polsenčna drevesna vrsta, ki rabi topla poletja atlantskega in subkontinentalnega značaja. V klimatskem pogledu se torej graden izogiba ekstremnim področjem, tako po temperaturnih vrednostih, kot po količini padavin, posledica pa je ožje območje razširjenosti kot

pri dobu. Graden je glede mineralne sestave tal manj zahteven kot dob. Uspeva bolj na rahlih tleh, na težkih nižinskih tleh ga ni.

Križanci med dobom in gradnom so pogostejši v srednji in zapadni Evropi (atlantska klima), kjer sta dob in graden simpatrični vrsti in predstavljajo vegetacijski razred Quercetea robori-petreae.

Od hrastov je v Evropi najbolj razširjen graden, saj znaša njegova lesna masa kar 82% lesne mase vseh hrastovih gozdov (Slika 1.). Dob je v Evropi prisoten v 24 gozdnih združbah, graden pa v 38. V nobenem primeru dob in graden nista prevladujoči vrsti v posamezni združbi. Ti dve vrsti hrasta se v Sloveniji pojavljata predvsem v štirih gozdnih združbah, v katerih sta zastopani z več kot 10% deležem (Zorn 1975, Azarov 1991).

*Quercio-Fagetum*, Košir 1971 s. lat. – gradnova rastišča. Gričevja 160-500 m porašča bukov gozd z gradnom.



Slika 1: Območja razširjenosti doba in gradna v Sloveniji

*Blechno-Fagetum*, Horvat 1950 s. lat. – gradnova rastišča. združbo najdemo v kolinskem in submontanskem pasu, pa tudi v predalpskem fitogeografskem območju. Od drevesnih vrst najdemo bukev, graden in domači kostanj.

*Quercus-Carpinetum*, Košir 1974 n. n. gradnova rastišča. Nižinski gozdovi hrastov in belega gabra na bogatih rastiščih. V gozdni združbi gabrovja s hrasti najdemo predvsem graden, beli gaber, veliki jesen, gorski javor, maklen.

*Quercus roboris Carpinetum* (M. Wraber 1969) Marinček 1995 – dobova rastišča. Ob vodotokih se pojavljajo rastišča doba in belega gabra. Gozd se razteza od 150-350 m nadmorske višine vzdolž večjih vodnih tokov, njihovih pritokov in ravninah z visoko podtalnico.

To so klasična dobova in gradnova rastišča, kljub temu pa je več kot 50% ses-tojev z dobom in gradnom na drugih rastiščih (Azarov 1991).

Morfološke značilnosti gradna

Razlikovanje različnih taksonov doba in gradna od vrste hibridov, ekotipov, varietet in form temelji še vedno pretežno na morfoloških znakih. Najbolj zanesljive znake najdemo na listih, plodovih in habitusu rastlin (Krahl-Urban 1959).

V našem delu smo uporabili morfološke znake listov. Jasno razlikovanje ni mogoče na osnovi zgolj enega znaka, ampak le z uporabo več znakov in multivariantnih statističnih tehnik kot je diskriminativna analiza ter uporaba metod klasifikacije na osnovi kopičenja (clusterska analiza) (Rushton 1993).

## 2. Material in metode

Osnovni vir podatkov za analize so bili herbarijski vzorci, ki izvirajo iz desetih populacij hrastov v Sloveniji.

Populaciji Zgornji log 1 pri Slovenski Bistrici in Hrastovec 1 pri Lenartu sodita v skupino dobovih rastišč.

Populaciji Zgornji log 2 pri Slovenski Bistrici in Hrastovec 2 pri Lenartu pa lahko opredelimo kot prehodno rastišče med dobom in gradnom.

Populacije Zgornji log 3 pri Slovenski Bistrici, Hrastovec 3 pri Lenartu, Bukovnica pri Dobrovniku, Pišce pri Bizeljskem, Bojanci pri Vinici in Panovec pri Novi Gorici pa spadajo v skupino gradnovih rastišč. Nabrali smo zgolj dobro osvetljene liste s kratkih poganjkov in s tem zmanjšali variabilnost listov pri posameznem drevesu. V vzorec smo

Tabela 1: Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah  
Table 1: Basic data of research plots

ŠIFRA	POPULACIJA	ŠT. DREVES V POPULACIJI	n.m.v. (m)	GOZDNA ZDRUŽBA
ZGL 01	Zgornji log 1	5	278-283	<i>Quercus roboris Carpinetum</i> M. Wraber 1969
ZGL 02	Zgornji log 2	5	295-310	<i>Quercus roboris Carpinetum</i> Wraber 1969/ <i>Castaneo - Fagetum sylvaticae</i> (Marinček & Zupančič 1979), Marinček in Zupančič 1995
ZGL 03	Zgornji log 3	5	327-341	<i>Castaneo - Fagetum sylvaticae</i> (Marinček & Zupančič 1979), Marinček in Zupančič 1995
HRA 04	Hrastovec 1	5	237-251	<i>Quercus roboris-Carpinetum</i> (M. Wraber, 1969)

HRA 05	Hrastovec 2	5	265-290	<i>Quercus robur</i> - <i>Carpinetum</i> (M. Wraber 1969) / <i>Castaneo-Fagetum sylvaticae</i> (Marinček & Zupančič 1979), Marinček in Zupančič 1995
HRA 06	Hrastovec 3	5	305-326	<i>Castaneo-Fagetum sylvaticae</i> (Marinček & Zupančič 1979), Marinček in Zupančič 1995
BUK 07	Bukovnica	5	230-240	<i>Hacquetio-Fagetum var. Carex pilosa</i>
BOJ 08	Bojanci	5	270	<i>Hacquetio-Fagetum var. geogr. Epimedium alpinum</i> (Marinček in Zupančič 1978)
PAN 09	Panovec	5	148	<i>Carici umbrosae-Quercetum petraeae</i> Poldini in Marinček 1994
PIŠ 10	Pišec	5	450-490	<i>Hacquetio-Fagetum var. geogr. Ruscus hypoglossum</i> (Marinček & Zupančič 1978) Košir 1979

zajeli le zdrave in popolnoma razvite liste. Liste iz vsake populacije smo nabrali s petih dreves, število nabranih listov na posameznem drevesu je bilo različno od 11 do 100.

Herbarizirani listi so bili izmerjeni s pomočjo digitalizatorja in računalniškega programa Avtograd z natančnostjo 0.1 mm. Dlakavost listov smo ugotavljali s stereomikroskopom Zeiss pri 50 kratni povečavi. Merjeni so bili naslednji znaki: dolžina listne ploskve (DL), širina listne ploskve (ŠL), dolžina listnega peclja (DP), število listnih krp – leva stran lista (KL), število listnih krp – desna stran lista (KD). Ostali znaki, ki smo jih ocenjevali pa so bili: interkalarne žile (IŽ), obliko listnega dna, ki je lahko bilo srčasto z ušesci, asimetrično z

ušesci, asimetrično brez ušesc ali klinasto. Posebej smo opazovali še dlakavost listne ploskve, žil in listnega roba na zgornji in spodnji strani lista. Tako smo ovrednotili tip, lego in gostoto dlačic. Za statistično ovrednotenje smo uporabili programski paket Statistica for Windows 4.3.

Uporabljene statistične metode lahko razdelimo na deskriptivno statistiko, test regresijskih koeficientov z analizo variance z F-testom in diskriminativno analizo.

### Deskriptivna statistika

Pri statistični analizi so bili na osnovi zbranih vrednosti vzorca za posamezno drevo in za posamezne parametre izračunani: aritmetična sredina, standardni odklon, koe-

Tabela 2: Prikaz vrednosti aritmetičnih sredin lastnosti lista po populacijah  
Table 2: Median values of leaf parameters by populations

ŠIFRA	POPULACIJA	VRSTADREVESEA	n	DL (mm)	ŠL (mm)	DP (mm)	KL	KD
ZGL 01	Zgornji log 1	dob	5	99.27	73.40	9.88	4.55	4.59
ZGL 02	Zgornji log 2	dob/graden	5	95.13	65.14	12.13	5.94	5.92
ZGL 03	Zgornji log 3	graden	5	94.76	65.42	20.53	6.18	6.27
HRA 04	Hrastovec 1	dob	5	91.01	61.02	5.88	5.02	5.14
HRA 05	Hrastovec 2	dob/graden	5	88.99	59.06	14.83	5.31	5.30
HRA 06	Hrastovec 3	graden	5	94.30	68.20	17.00	6.13	6.19

BUK 07	Bukovnica	graden	5	74.30	44.20	15.27	5.16	5.26
BOJ 08	Bojanci	graden	5	84.97	58.50	16.09	5.36	5.44
PAN 09	Panovec	graden	5	81.56	51.17	18.99	5.74	5.85
PIŠ 10	Pišce	graden	5	86.49	54.07	14.92	5.38	5.37

Pomen kratic:

DL = dolžina listne ploskve

ŠL = širina listne ploskve

DP = dolžina listnega peclja

KL = število listnih krp - levo

KD = število listnih krp - desno

ficient variacije (KV%) ter minimalna in maksimalna vrednost. Te podatke smo izračunali za dolžino listne ploskve (DL), širino listne ploskve (ŠL), dolžino listnega peclja (DP), število listnih krp levo (KL) in število krp desno (KD).

Da bi dobili realno sliko o morfoloških razlikah med posameznimi drevesi na podlagi listov smo izpeljali multivariantno analizo na osnovi diskriminativne funkcije. Diskriminativna analiza je postopek, s katerim razvrščamo posamezne enote v prej definirane skupine na osnovi linearne kombinacije več spremenljivk. Tako lahko primerjamo dve ali več skupin na osnovi več znakov. Z dobro definiranimi referenčnimi populacijami dosežemo visoko razlikovalno ostrino diskriminativne funkcije in zmanjšamo možnost napačne uvrstitve.

Ocenjeni parametri listnov so bili oblika listnega dna, pojav interkalarnih žil in dlakavost listov. Rezultate ocenjenih parametrov listov zaradi obsežnosti nismo podali, ampak jih samo povzeli.

Oblika listnega dna:

Za obliko listnega dna smo pripravili frekvenčne porazdelitve. Prvi tip listnega dna je srčasto z ušesci, nato asimetrično z ušesci, asimetrično brez ušesc in klinasto. Iz raziskave bi lahko povzeli, da pri dobu prevladuje srčasta oblika listnega dna z ušesci in asimetrična z ušesci, pri gradnu pa klinasta ter asimetrična brez ušesc.

Pojav interkalarnih žil:

Listne žile, ki potekajo v listne zajede (interkalarne žile) so po mnenju mnogih avtorjev (Aas 1990) tehten razlikovalni znak med dobom in gradnom. Interkalarne žile smo ločili v pet kategorij:

- jih ni
- prisotne ena (posamezno)
- prisotnih več (posamezno)
- prisoten en par
- prisotnih več parov

Iz raziskave povzeli da v večini primerov zasledimo pri gradnu naslednje kategorije: jih ni ali prisotna ena, pri dobu pa kategorije prisotnih več parov, oziroma prisoten en par, ali prisotnih več (posamezno).

Prikaz dlakavosti listov posameznih dreves:

Dlakavost listov je bila določena za listno ploskev, listne žile in rob lista, tako na zgornji kot spodnji strani listov. Ovrednoteni so samo podatki za spodnjo stran listov.

Opredelili smo tri osnovne tipe dlačic:

- enostavne
- zvezdaste
- grmičaste

Povzeli bi lahko, da ima dob v glavnem liste brez ali z zelo redkimi enostavnimi dlačicami, gradnovi listi pa so gosto dlakavi, zanj so značilne zvezdaste in grmičaste dlačice. Pri gradnu se pojavljajo zvezdaste dlačice predvsem na spodnji strani listov (ploskvi, žilah in robu lista), grmičaste dlačice pa se pojavljajo samo na listnem robu.

### 3. Rezultati:

#### Rezultati diskriminativne analize

Statistične primerjave posameznih morfoloških znakov so zelo nezanesljiva tehnika taksonomske determinacije doba in gradna zaradi velike variabilnosti obeh vrst.

Uporaba multivariantnih pristopov, kot so diskriminativna analiza ter analiza na podlagi kopičenja (cluster analiza) delno odpravi slabosti izoliranih primerjav in poveča informativno vrednost rezultatov in zanesljivost zaključkov (Breznikar 1997).

Z diskriminativno analizo vzorcev listov s preučevanih dreves na Zgornjem Logu, v Hrastovcu, v Bojancih, na Bukovnici, v Panovcu in Pišecah smo skušali taksonomsko opredeliti posamezna drevesa na osnovi skupne analize več znakov na listih.

Najprej smo oblikovali diskriminativno funkcijo, s katero smo klasificirali liste z neznanom taksonomsko pripadnostjo. Klasifikacija poteka na osnovi referenčnih skupin listov za dob in graden, ki predstavljajo tipične vrednosti morfoloških znakov za eno in drugo vrsto.

Na podlagi vrednosti morfoloških znakov na listih in rastiščnih značilnosti smo izbrali vzorce listov iz populacije Hrastovec 1 kot referenčno skupino za dob in vzorec iz

populacije Bojanci kot referenčno skupino za graden.

Referenčne skupine sestavlja vzorec listov z naslednjih dreves:

Hrastovec 1:

Na raziskovalni ploskvi Hrastovec 1 so bila izbrana tri drevesa kot referenčna skupina za dob: H316, H76, H77

Bojanci:

Na raziskovalni ploskvi Bojanci so bila izbrana tri drevesa kot referenčna skupina za graden: BO97, BO125, BO248.

Na predpostavki, da gre pri navedenih primerih za tipične predstavnike ene in druge vrste, je bila s pomočjo oblikovane diskriminativne funkcije izvedena klasifikacija preostalih preučevanih dreves na raziskovalnih ploskvah.

Prispevek posameznih znakov k pojasnjevanju razlik med referenčnima skupinama smo preverili z analizo variance z F-testom in sicer s kvadrati odstopanj (SQ) in povprečnimi kvadrati odstopanj (MQ), ki so pojasnjeni z regresijo. V analizo so vključili sledeče merjene neodvisne spremenljivke: dolžino listnega peclja (DP), dolžino listne ploskve (DL), širino listne ploskve (ŠL), število listnih krp levo- (KL) in število listnih krp desno (KD).

Test regresijskih koeficientov s pomočjo analize variance z F-testom

Vir variabilnosti	SQ	m	MQ	F
Skupaj	213.7647			
DP	171.9467	1	171.9467	1631.37***
DL	9.6572	1	9.6572	91.62***
KL	0.5203	1	0.5203	4.94*
ŠL	0.0087	1	0.0087	0.08
KD	0.0031	1	0.0031	0.03
Ostane	31.6287	300	0.1054	

Legenda: (SQ = vsota kvadratov odstopanj, pojasnjena z regresijo; MQ = povprečna vsota kvadratov odstopanj, m = število stopinj prostosti, nivo tveganja:

\*\*\* = manjši od 0.1%,

\*\* = manjši od 1%,

\* = manjši od 5%)

Največ je k pojasnitvi razlik med dobom in gradnom prispevala spremenljivka DP – dolžina listnega peclja, precej manj pa spremenljivka DL – dolžina listne ploskve in KL – število listnih krp-levo. Tudi v praksi največkrat ločimo dob od gradna po dolžini listnega peclja. Analiza variance kaže, da regresijska koeficienta pri spremenljivkama širina listne ploskve (ŠL) in število listnih krp-desno (KD) nista značilno različna od 0 zato smo ju izločili.

Če oblikujemo diskriminativno funkcijo zgolj na osnovi treh spremenljivk - dolžina listnega peclja (DP), dolžine listne ploskve (DL) in števila listnih krp-levo (KL) dobimo naslednjo linearno kombinacijo:

$$-0.008589621 * DP + 0.000747334 * DL - 0.002548817 * KL = L.$$

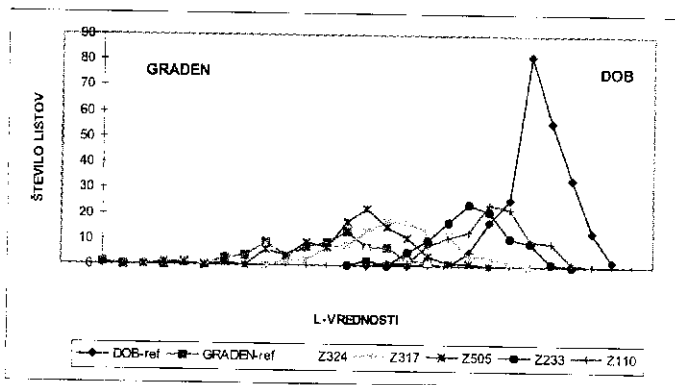
Točka, ki loči referenčni populaciji doba in gradna se nahaja pri vrednosti  $L = -0.040$  in je na grafikonih označena s puščico. List, ki ima L-vrednost večjo od točke ločevanja se klasificira kot element dobove populacije, list z manjšo L-vrednostjo pa kot element gradnove populacije. Tako lahko na osnovi diskriminativne funkcije klasificiramo vse liste s preučevanih hrastovih osebkov. Diskriminativne L-vrednosti izračunamo za vsak list posebej, jih naneseemo na frekvenčni poligon in

jih primerjamo z L-vrednostmi iz referenčnih skupin.

Pri interpretaciji izračunanih frekvenčnih porazdelitev L – vrednosti za vzorec listov s posameznih dreves je potrebno upoštevati naslednje:

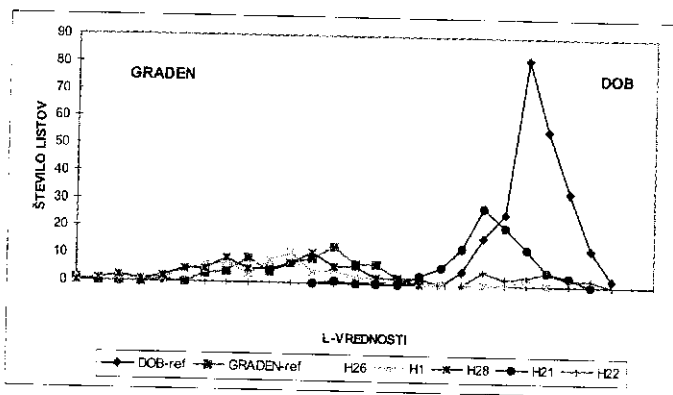
- hrastove osebke, ki imajo podobne porazdelitve kot dobova ali gradnova referenčna populacija lahko opredelimo kot tipične predstavnike ene ali druge vrste na osnovi upoštevanih morfoloških znakov na listih.
- čim bližje je frekvenčna porazdelitev nekega hrastovega osebka točki ločevanja obeh referenčnih populacij, tem večja je introgresija genov ene vrste hrasta v drugo.
- hrastovi osebki, ki imajo del L-vrednosti v gradnovem območju, del v dobovem območju so križanci obeh vrst z morfološko vmesnim fenotipom.
- Tako lahko na osnovi diskriminativne analize taksonomsko opredelimo vsa proučevana drevesa.

Rezultati diskriminativne analize so prikazani na dveh prehodnih rastiščih med dobom in gradnom in sicer na Zgornjem logu 2 pri Slovenski Bistrici in Hrastovcu 2 pri Lenartu.



Graph 1: Frekvenčna porazdelitev L - vrednosti za drevesa Z324, Z317, Z505, Z233, Z110 na raziskovalni ploskvi Zgornji log 2

Graph1: Frequency distribution of L – values for the trees Z324, Z317, Z505, Z233, Z110 on research plot Zgornji log 2



Graf 2: Frekvenčna porazdelitev L - vrednosti za drevesa H26, H1, H28, H21, H22 na raziskovalni ploskvi Hrastovec 2  
 Graph 2: Frequency distribution of L - values for the trees H26, H1, H28, H21, H22 on research plot Hrastovec 2

Na Zgornjem logu na prehodnem rastišču ploskve ZGL 2 je več morfološko vmesnih dreves. Drevo Z317 je križanec doba in gradna. Pri drevesu Z505 je zaznati močno introgresijo doba v genom gradna, pri drevesu Z233 pa močno introgresijo gradna v genom doba. Drevo Z110 lahko determiniramo kot dob z šibko introgresijo gradna, medtem pa je drevo Z324 tipičen predstavnik gradna.

V Hrastovcu na prehodni ploskvi HRA 2 sta drevesi H26 in H28 tipična predstavnika gradna. Drevo H22 pa je tipičen dob. Drevo H1 lahko determiniramo kot graden z močno introgresijo doba, drevo H21 pa dob z močno introgresijo gradna.

#### 4. Summary

The pedunculate and sessile oak hybrids are more common in Zgornji log 2,

#### 5. Viri

- AAS, G., 1990: Kreuzbarkeit und Unterscheidung von Stiel- und Traubeneiche. All. Forstzeitschrift 9-10:219-221.  
 AAS, G., 1993: Taxonomic impact of morphological variation in *Quercus robur* and *Quercus petraea*: a contribution to the hybrid controversy. -Paris, Ann. Sci. Forest. (Paris), 50, Suppl. 1: 107-113.

on ecological intermediate plot. On other plots mostly sessile oak was detected with introgression of pedunculate oak genes. The great variability of morphological data make taxonomic differentiation between common, sessile oak and their hybrids difficult. Multivariate statistic methods, like discriminative, factor analysis and clustering make results more reliable. By discriminative analysis we tried to differentiate oak populations with more than one morphological leaf characteristic. We formed a discriminative function, by which leaves of unknown taxonomic status were classified. Classification was made with help of reference groups of leaf morphological data for common and sessile oak.



- AZAROV, J., 1991: Bedeutung und Verbreitung der Eichen in Slowenien. Forschung der Waldökosysteme und der Forstlichen Umwelt. – Bericht über die Forschungszusammenarbeit Slowenien – Österreich, Institut für Forst und Holzwirtschaft, Ljubljana, s.130-139.
- BATIČ, F., T. SINKOVIČ, B. JAVORNIK, 1995: Morphological and genetic variability of *Quercus robur* L. populations in Slovenia. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 46:75-96.
- BATIČ, F., R. MAVSAR, T. SINKOVIČ, T. KRALJ, 1997: Morfološka variabilnost populacij doba (*Quercus robur* L.) v Sloveniji. Acta Biologica Slovenica, 41 (2-3):127-140.
- BREZNIKAR, A. 1997: Taksonomska determinacija petih hrastovih dreves z Mislinjske dobrane na osnovi morfologije listov.- Seminarsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddel. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 16 s.
- DOPOUEY, J.L. & V. BADEAUU, 1993: Morphological variability of oaks (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus pubescens* Wild.) in northeastern France: preliminary results.-, Ann. Sci. Forest. (Paris) 50, Suppl 1:35-40.
- FRANIČ, J., 1994: Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus robur* L.) variability in Croatia. – Anali za šumarstvo 19, s. 187.
- HEGI, G., 1957: Illustrierte Flora von Mittel-Europa. Carl Hanser Verlag, München, 3(1):232-241.
- KLEINSCHMIT, J., 1993: Intraspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species.- Ann. Sci. Forestieres (Paris), 50, Suppl. 1:166-185.
- KRAHL-URBAN, J., 1959: Die Eichen. Forstliche Monographie der Traubeneiche und der Stieleiche.- Hamburg, Berlin, Verlag Paul Parey, 288 s.
- LEIBUNDGUT, H., 1991: Unsere Waldbäume.- Bern, Stuttgart, Verlag Paul Haupt, 172 s.
- RUSHTON, B. S., 1993: Natural hybridization within the genus *Quercus* L. Ann. Sci. For.(Paris), 50:73-90.
- TRINAJSTIĆ, I., 1988: Taksonomska problematika hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u flori Jugoslavije. – Glas. Šum. Pokuse, 24:101-116.
- ZORN, M. 1975: Gozdno vegetacijska karta Slovenije.- Opis gozdnih združb.- Ljubljana, Biro za gozdno načrtovanje, s. 146-147.