

GDK: 164:176.1 *Quercus pubescens*(497.4)(045)=163.6

Prispelo / Received: 09.01.2006

Sprejeto / Accepted: 29.05.2007

Izvirni znanstveni članek

Original scientific paper

## Morfološka analiza puhastega hrasta (*Quercus pubescens* Willd.) v Sloveniji

Mateja JERŠE<sup>1</sup>, Franc BATIČ<sup>2</sup>

### Izvleček

Z raziskavo smo poskusili ovrednotiti morfološke raznolikosti puhastega hrasta (*Quercus pubescens* Willd.) v Sloveniji. Raznolikost je posledica pestrosti rastišč in možnosti križanja z drugimi vrstami hrastov. Rezultati analize so bili dobljeni na osnovi meritev in opazovanja listov, plodov in kratkih poganjkov puhastega hrasta, vzorčenih v osmih populacijah po Sloveniji. Na posamezni lokaciji je bilo izbranih do pet dreves in na posameznem drevesu nabranih do sto listov s kratkih poganjkov v osvetljenem delu krošnje. Na osebkih s plodovi so bili nabrani tudi plodovi. V laboratoriju je bilo na listih izmerjenih, ocenjenih in izračunanih 13 parametrov, na plodovih in kratkih poganjkih pa po en parameter. Uporabljene so bile deskriptivne, univariatne in multivariatne statistične metode za izvedenotenje rezultatov. Analize morfoloških parametrov so pokazale značilne razlike tako med posameznimi osebki v populacijah kot med populacijami. Ugotovljeno je bilo tudi, da vrsto *Q. virgiliana* (Ten.) Ten. lahko obravnavamo znotraj vrste *Q. pubescens*.

**Ključne besede:** *Quercus pubescens* Willd., *Quercus virgiliana* (Ten.) Ten., morfologija, list, plod

## Morphological analysis of pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) in Slovenia

### Abstrakt

The paper presents the attempt of its authors to evaluate the morphological variability of pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) in Slovenia. Variability is a result of adaptation of this species to the environment and possibility of hybridization with other oak species. The results of the analysis were obtained on the basis of measurements and observations of pubescent oak leaves, fruits and short shoots sampled within eight populations in Slovenia. At each location up to five trees were selected from which up to one hundred leaves were collected from short shoots on the illuminated side of crown. On the trees with fruits, acorns were also collected. In laboratory 13 parameters of leaves, were then measured, assessed and calculated, one parameter of fruits and one parameter of short shoots. For evaluation of results descriptive, univariate and multivariate statistic methods were used. The analysis of leaf morphometry data showed significant differences between trees within populations and between populations themselves. It was also ascertained that *Q. virgiliana* (Ten.) Ten. could be treated within the species *Q. pubescens* Willd.

**Key words:** *Quercus pubescens* Willd., *Quercus virgiliana* (Ten.) Ten., morphology, leaf, fruit

## 1 Uvod in cilj raziskave

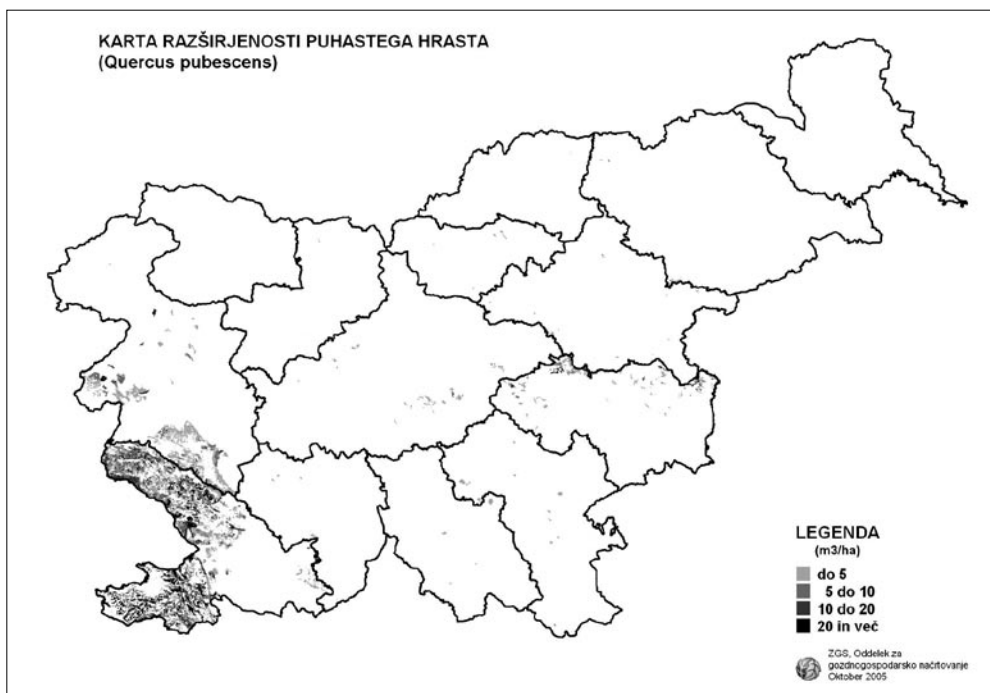
### 1 Introduction and objectives of the carried out research

Raziskovalna naloga je pomemben prispevek k raziskavam morfologije hrastov v Sloveniji. Potem, ko sta bili pri nas dobro preučeni naši gospodarsko najpomembnejši vrsti hrastov, dob (*Q. robur* L.) (MAVSAR 1996) in graden (*Q. petraea* Matt.) (TRAJBER 1998), je bil osrednji cilj proučevanja v naši raziskovalni nalogi puhasti hrast (*Q. pubescens* Willd.). Poleg te vrste pa nas je zanimalo tudi, kako je v Sloveniji z vrsto hrvaški hrast (*Q. virgiliana* (Ten.) Ten.). To vrsto namreč Flora Europaea (SCHWARZ 1993) uvršča k vrsti *Q. pubescens*, in ker so do podobnih rezultatov prišli tudi hrvaški raziskovalci

(ŠKVORC 2003, ŠKVORC *et al.* 2005), je vprašljivo, ali jo je pri nas smiselno obravnavati kot samostojno vrsto (MARTINČIČ *et al.* 1999). Vrste podroda *Quercus*, kamor spadajo *Q. robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, vključno z vrsto *Q. virgiliana*, in *Q. frainetto* Ten. so med seboj zelo sorodni taksoni. Njihovi plodovi dozori v istem letu, kot je opršen ženski cvet, to pa je pomemben razlog, da so med njimi možna križanja. Tako so vsi med seboj nekako povezani z delno hibridnimi osebki. K zmanjšanju števila vrst pa si prizadevajo tudi novejša klasifikacije rodu *Quercus*, ki bolj poudarjajo podobnosti med vrstami kot razlike med njimi (SCHWARZ 1993, BRUSCHI *et al.* 2000, DUPONEY / BADEAU 1993, LEWINGTON / STREETER 1993, TRAJBER *et al.* 2001).

<sup>1</sup> M. J., univ. dipl. inž. gozd., Celjska ulica 10, SI-1000 Ljubljana, mateja.jerse@gmail.com

<sup>2</sup> prof. dr. F. B., Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, franc.batic@bf.uni-lj.si



**Slika 1:** Razširjenost puhastega hrasta (*Quercus pubescens* Willd.) v Sloveniji

**Figure 1:** Distribution of pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) in Slovenia

**Preglednica 1:** Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah

**Table 1:** Basic data about research plots

ŠIFRA	POPULACIJA	n. m. v. (m)	Čas vzorčenja	GOZDNA ZDRUŽBA
B	Boč <sup>1</sup>	979	sept. 2001	Querco-Ostryetum carpiniifoliae
G	Gračišče <sup>2</sup>	325	sept. 2001	Seslerio autumnalis-Quercetum pubescentis
K	Kozana <sup>2*</sup>	170	sept. 2005	Querco-Carpinetum orientalis
P	Petrinje <sup>2</sup>	420	sept. 2001	Seslerio autumnalis-Quercetum pubescentis
PS	Podsabotin <sup>2*</sup>	200	sept. 2005	Seslerio autumnalis-Ostryetum carpiniifoliae
P-R	Poljane – Razguri <sup>2</sup>	510	sept. 2001	Ostryo carpiniifoliae-Quercetum pubescentis
SVK	Sveti Kvirik <sup>2</sup>	400	sept. 2001	Seslerio autumnalis-Quercetum pubescentis
ŠG	Šmarnogorska Grmada <sup>1</sup>	676	sept. 2001	Querco-Ostryetum carpiniifoliae

<sup>1</sup> celinska združba s puhastim hrastom

<sup>2</sup> submediteranska združba s puhastim hrastom

\* domnevna populacija hrvaškega hrasta (*Quercus virgiliana* (Ten.) Ten.)

n. m. v. (m): nadmorska višina na mestu vzorčenja v metrih

## 2 Material in metode

### 2 Material and methods

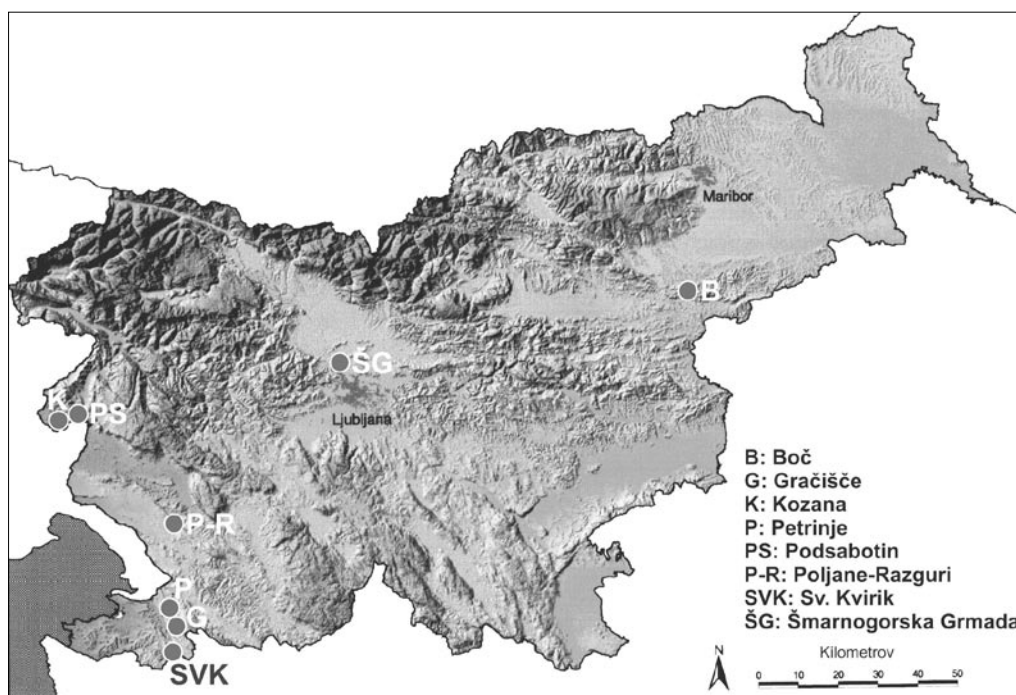
#### 2.1 Zbiranje materiala in vzorčenje

##### 2.1 Collecting of material and sampling

V vsaki populaciji je bilo izbranih tri do pet dreves oz. grmov, s katerih so bili nabrani kratki plodni poganjki

z osončenih delov krošenj. Drevesa oz. grmi so rasli na prostem oz. na robu sestojev in tako do popolnosti izrazili svoj fenotip, kot je določen z genotipom. Ugotovljene razlike so tako posledica genotipa in rastišča.

Z vsakega drevesa oz. grma je bilo nabranih 60 do 100 listov in do 20 plodov, če so se ti pojavljali.



Slika 2: Prikaz raziskovalnih ploskev na pregledni karti

Figure 2: Research plots on the map

## 2.2 Metode

### 2.2 Methods

Merjeni in ocenjeni parametri na listih poganjkih in plodovih:

- dolžina listne ploskve (DL),
- širina listne ploskve (ŠL),
- dolžina listnega peclja (DP),
- število listnih krp na levi (KL) in desni strani lista (KD),
- število interkalarnih žil (IŽ),
- dlakavost: spodnje listne ploskve (DSP), listnih žil (DLŽ), listnega roba (DLR), listnega peclja (DLP),
- tip dlačic na listih (TD),
- dlakavost enoletnih poganjkov (DEP),
- dolžina plodnega peclja (DPP).

Na osnovi meritev dolžin listnih ploskev, širin listnih ploskev in dolžin listnih pecljev sta bili za vsak list posebej, za potrebe neparametričnega testa in multivariatne analize, izračunani razmerji:

- razmerje med širino (ŠL) in dolžino listne ploskve (DL) (ŠL/DL),
- razmerje med dolžino listnega peclja (DP) in dolžino listne ploskve (DL) (DP/DL).

Statistična analiza je bila opravljena s pomočjo treh skupin statističnih metod:

### 2.2.1 Deskriptivna analiza

#### 2.2.1 Descriptive analysis

Izvedena je bila:

- analiza vrednosti aritmetičnih sredin za sedem analiziranih parametrov listov in plodov pri vseh analiziranih populacijah,
- analiza dlakavosti listov in enoletnih poganjkov posameznih dreves.

Gostota dlakavosti je bila analizirana za posamezne dele listov (DSP, DLŽ, DLR in DLP) po Kisslingovi 6-stopenjski lestvici (KISSLING 1977), gostota dlakavosti enoletnih poganjkov (DEP) pa po opisni 4-stopenjski lestvici:

- dlačic ni (1),
- posamezne dlačice (2),
- dlačice srednje goste (3),
- dlačice zelo goste (4).

Ocenjen je bil tudi tip dlačic: enostaven dobov tip dlačic (D), zvezdast gradnov tip dlačic (G) in grmičast puhavčev tip dlačic (P).

### 2.2.2 Testiranje hipotez

#### 2.2.2 Testifying hypothesis

Že v predhodnih raziskavah (FRANJIC 1994, BATIČ / SINKOVIČ / JAVORNIK 1994 povzema MAVSAR 1996) je bilo ugotovljeno, da vse razporeditve

frekvenc niso normalne, zato je bilo treba uporabiti neparametrične metode za ugotavljanje statistično značilnih razlik med posameznimi osebki (znotraj populacije) in med populacijami.

Za testiranje hipotez je bil uporabljen Kruskal-Wallisov H-test, pri katerem izhajamo iz predpostavke, da imamo  $n$  neodvisnih vzorcev, za katere želimo ugotoviti, ali obstajajo med njimi značilne razlike, in za katere ni pogoj, da so normalno porazdeljeni (KAZMIER 1988, HARTUNG / ELPELT / KLÖSENER 1991 povzema MAVSAR 1996).

S tem testom smo za vsak merjeni in izračunani parameter posebej (DL, ŠL, DP, razmerje ŠL/DL, razmerje DP/DL, KL, KD, IŽ, DSP, DŽ, DLR, DLP, DEP) ugotavljali, ali obstajajo znotraj populacij (med drevesi) značilne razlike.

Ta test je bil uporabljen tudi pri ugotavljanju razlik med populacijami za parameter DPP, le da smo tu ugotavljali, ali so značilne razlike med populacijami.

Prav tako je bil Kruskal-Wallisov H-test uporabljen za ugotavljanje razlik med populacijami puhastega hrasta in domnevnimi populacijami hrvaškega hrasta. Tu sta bili osnovani dve skupini. Prvo skupino sestavljajo populacije Boč (B), Gračišče (G), Petrinje (P), Poljane – Razguri (P-R), Sveti Kvirik (SVK) in Šmarnogorska Grmada (ŠG), katerih osebki pripadajo vrsti puhasti hrast, drugo skupino pa populaciji Kozana (K) in Podsabotin (PS), katerih osebki naj bi pripadali vrsti hrvaški hrast. Razlike smo testirali za vsak parameter (DL, ŠL, DP, razmerje ŠL/DL, razmerje DP/DL, KL, KD, IŽ, DPP) posebej.

## 2.2.3 Multivariatna analiza

### 2.2.3 Multivariate analysis

Multivariatna (MANOVA) in univariatna analiza (ANOVA) sta bili uporabljene za ugotavljanje individualnih razlik (med posameznimi osebki v populaciji) in populacijskih razlik (med populacijami). V analizo so bili zajeti naslednji merjeni in izračunani parametri: DL, ŠL, DP, razmerje ŠL/DL, razmerje DP/DL, KL, KD, IŽ.

Statistična obdelava podatkov je bila opravljena z uporabo programa Excel XP, programa SPSS for Windows 8.0 in paketa Statistica for Windows 6.0 in 7.0.

## 3 Rezultati

### 3 Results

#### 3.1 Rezultati deskriptivne analize

##### 3.1 Results of descriptive analysis

#### 3.1.1 Analiza vrednosti aritmetičnih sredin za sedem analiziranih parametrov listov in plodov pri vseh analiziranih populacijah

##### 3.1.1 Analysis of values of arithmetic means for seven analysed parameters of leaves and fruits in all analysed populations

Najdaljše listne ploskve so bile v populaciji Poljane – Razguri, najkrajše pa v populaciji Podsabotin. Tudi najširše listne ploskve so bile v populaciji Poljane – Razguri in najožje v populaciji Podsabotin. Najdaljši listni peclji so bili tudi v populaciji Poljane – Razguri, najkrajši pa v populaciji Petrinje. Povprečni števila krp na levi in desni strani se pri večini populacij gibljeta med 5 in 6, nekoliko

## Preglednica 2: Prikaz vrednosti aritmetičnih sredin parametrov listov in plodov po populacijah

Table 2: Values of arithmetic means regarding the parameters of leaves and fruits

ŠIFRA	POPULACIJA	n	DL (mm)	ŠL (mm)	DP (mm)	KL	KD	DPP (mm)
B	Boč	4	70,19	46,82	13,76	5,46	5,56	-
G	Gračišče	5	70,65	46,96	10,51	5,57	5,54	7,47
K	Kozana	3	76,03	49,90	12,97	5,65	5,57	13,63
P	Petrinje	5	54,67	38,25	7,75	5,31	5,35	7,52
P-R	Poljane – Razguri	4	82,26	60,35	14,71	5,42	5,45	11,71
PS	Podsabotin	3	54,19	35,39	11,58	5,32	5,28	6,10
SVK	Sveti Kvirik	5	68,50	48,40	10,94	4,78	4,77	6,72
ŠG	Šmarnogorska Grmada	5	67,00	42,84	9,57	6,73	6,79	3,25

$\bar{x}$ : aritmetična sredina

DL, ŠL, DP, KL, KD in DPP: parametri, kratice so razložene v poglavju 2.2 Metode

n: število analiziranih dreves v posamezni populaciji

manjše je le povprečno število krp populacije Sveti Kvirik in nekoliko večje povprečno število krp populacije Šmarnogorska Grmada. Povprečno število interkalarnih žil se giblje med 1,61 pri populaciji Šmarnogorska Grmada in 3,75 pri populaciji Kozana. Plodni peclji so najdaljši v populaciji Kozana in najkrajši v populaciji Šmarnogorska Grmada, vendar je treba upoštevati dejstvo, da so bili tam nabrani le 4 plodovi.

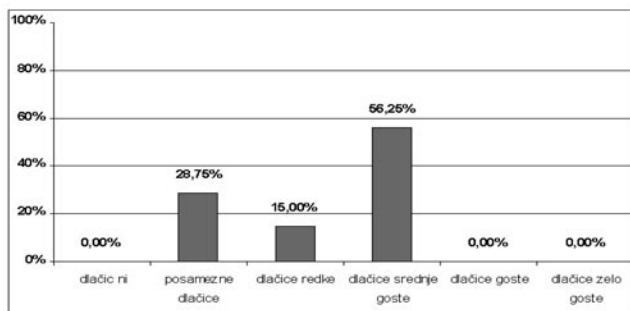
Po primerjavi z vrednostmi v literaturi (BUSSOTTI 1998) lahko zaključimo, da so listi v izbranih populacijah v povprečju nekoliko krajši, kot navaja literatura (8 do 12 cm), široki podobno, kot navaja literatura (4 do 6,5 cm), da imajo dolžine listnih pecljev podobne, kot navaja literatura (8 do 15 mm), da imajo podobno število krp, kot navaja literatura (4 do 8 na vsaki strani), in da so dolžine plodnih pecljev pri populacijah Kozana in Podsabotin daljše kot navaja literatura (5 do 10 mm).

### 3.1.2 Analiza dlakavosti listov in enoletnih poganjkov posameznih dreves

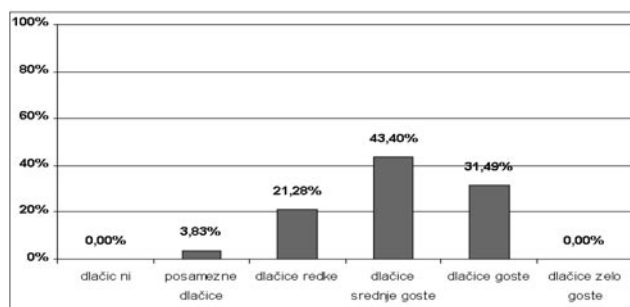
#### 3.1.2 Analysis of hairiness of leaves and one-year shoots of individual trees

Za vse dele listov velja, da so bolj ali manj gosto puhasti, najbolj so puhasti listni peclji in listne žile, najmanj pa listni robovi. Za primer, kako je bila opravljena analiza dlakavosti posameznih delov listov, je izbran grafični prikaz porazdelitve listov glede na stopnjo gostote dlakavosti spodnje listne ploskve.

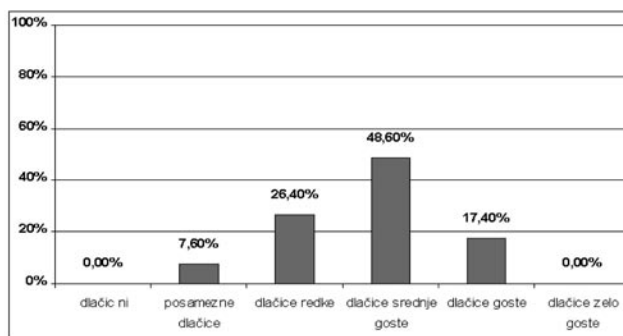
Prikaz porazdelitve listov glede na stopnjo gostote dlakavosti spodnje listne ploskve



Slika 3: Gostota dlakavosti spodnje listne ploskve Boč  
Figure 3: Density of hairiness of lower lamina Boč

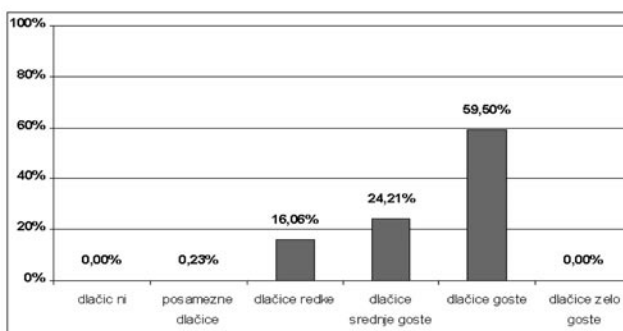


Slika 4: Gostota dlakavosti spodnje listne ploskve Kozana  
Figure 4: Density of hairiness of lower lamina Kozana



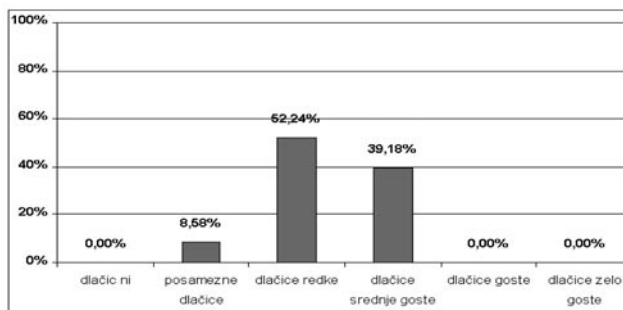
Slika 5: Gostota dlakavosti spodnje listne ploskve Gračišče

Figure 5: Density of hairiness of lower lamina Gračišče



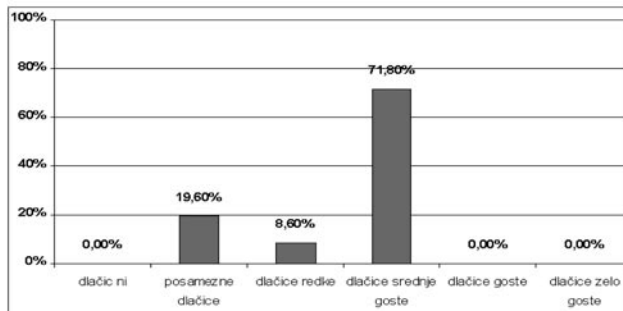
Slika 6: Gostota dlakavosti spodnje listne ploskve Petrinje

Figure 6: Density of hairiness of lower lamina Petrinje



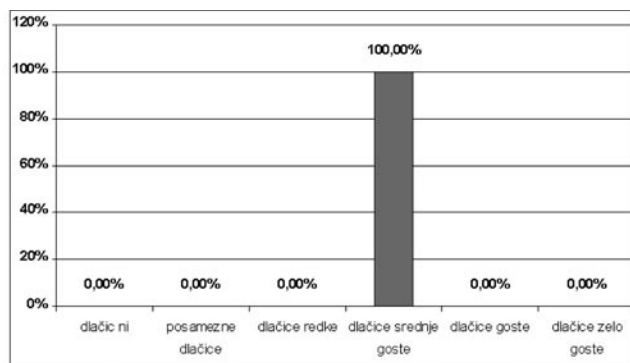
Slika 7: Gostota dlakavosti spodnje listne ploskve Podsabotin

Figure 7: Density of hairiness of lower lamina Podsabotin



Slika 8: Gostota dlakavosti spodnje listne ploskve Sveti Kvirik

Figure 8: Density of hairiness of lower lamina Sveti Kvirik



**Slika 9:** Gostota dlakavosti spodnje listne ploskve Poljane – Razguri

**Figure 9:** Density of hairiness of lower lamina Poljane – Razguri

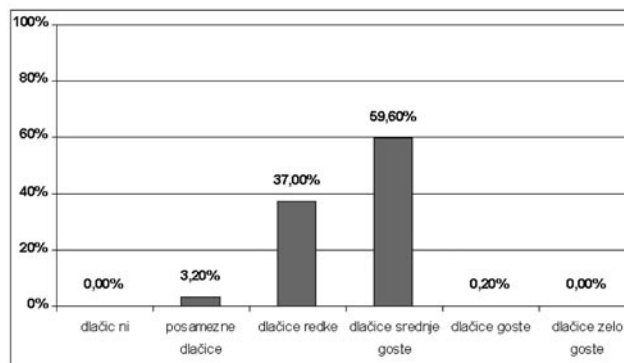
**Preglednica 3:** Prikaz dlakavosti enoletnih poganjkov (DEP) in tipa dlačic na listih (TD)

**Table 3:** Hairiness of one-year shoots (DEP) and type of hair on leaves (TD)

ŠIFRA	POPULA-CIJA	DREVO	DEP	TD
B	Boč	11	4	P
		12	3	D, P
		13	4	P
		14	3	P
G	Gračišče	21	4	P
		22	4	P
		23	4	P
		24	4	P
		25	4	P
K	Kozana	31	4	P
		32	4	P
		33	4	P
P	Petrinje	41	4	P
		42	4	P
		43	4	P
		44	4	P
		45	4	P
PS	Podsabotin	51	4	D,P
		52	4	P
		53	4	P
P-R	Poljane - Razguri	61	4	P
		62	4	P
		63	4	P
		64	4	P
SVK	Sveti Kvirik	71	4	P
		72	3	D, P
		73	4	P
		74	4	P
		75	4	P
ŠG	Šmarnogorska Grmada	81	4	P
		82	4	P
		83	4	P
		84	4	P
		85	4	P

DEP: gostota dlakavosti enoletnih poganjkov: dlačic ni (1), posamezne dlačice (2), dlačice srednje goste (3), dlačice zelo goste (4)

TD: tip dlačic na listih: enostaven dobov tip dlačic (D), zvezdast gradnov tip dlačic (G) in grmičast puhavčev tip dlačic (P)



**Slika 10:** Gostota dlakavosti spodnje listne ploskve Šmarnogorska Grmada

**Figure 10:** Density of hairiness of lower lamina Šmarnogorska Grmada

Po pričakovanih so večinoma zelo gosto puhasti tudi enoletni poganjki. Pri nekaj posameznih osebkih, ki imajo srednje puhaste poganjke, in enem osebku z zelo gostimi puhastimi enoletnimi poganjki so bile na listih opažene poleg puhavčevega grmičastega tipa dlačic tudi enostavne dlačice dobovega tipa. Ta lastnost pa najverjetneje nakazuje vpliv drugih vrst hrastov na vrsto puhasti hrast.

### 3.2 Rezultati neparametrične analize

#### 3.2 Results of nonparametric analysis

##### 3.2.1 Kruskal-Wallisov H-test

###### 3.2.1 Kruskal-Wallis H-test

S tem testom je bilo ugotovljeno, da so znotraj populacij razlike med drevesi značilne za posamezne parametre listov (DL, ŠL, DP, ŠL/DL, DP/DL, KL, KD, IŽ, DSP, DLŽ, DLR, DLP in DEP). Edini parameter z neznačilnimi razlikami znotraj večine populacij je bila DEP, kar je posledica zelo goste puhavosti večine enoletnih poganjkov. Druga izjema je bila DL pri populaciji Boč, kjer razlike prav tako niso značilne, kar pomeni, da so si listi dreves po DL podobni. Tretja izjema pa sta DSP in DLŽ pri populaciji Poljane – Razguri, kjer razlike prav tako niso značilne, kar pomeni, da imajo spodnje listne ploskve dreves podobno gostoto dlakavosti. Na enak način so bile testirane tudi razlike med populacijami za parameter DPP, ki so bile tudi značilne.

Zaradi daljših plodnih pecljev pri populacijah Kozana in Podsabotin, ki kažejo na možnost pripadnosti vrsti hrvaški hrast (*Quercus virgiliana* (Ten.) Ten.), so bile opravljenetudi primerjave med dvema skupinama populacij. Prvo skupino so sestavljale populacije Boč, Gračišče, Petrinje, Poljane – Razguri, Sveti Kvirik in Šmarnogorska Grmada, drugo pa populaciji Kozana in Podsabotin. Za ugotavljanje razlik po posameznih parametrih med že omenjenima skupinama populacij puhastega hrasta (prva skupina) in domnevnimi populacijami hrvaškega hrasta (druga skupina) je bil tudi uporabljen Kruskal-Wallisov H-test.

**Preglednica 4:** Prikaz neparametrične analize med drevesi znotraj populacij s pomočjo Kruskal-Wallisovega H-testa**Table 4:** Presentation of nonparametric analysis among trees within populations with Kruskal-Wallis H-test

ŠIRFA	POP.	n	K-W df	DL	ŠL	DP	ŠL/DL	DP/DL	KL	KD	IŽ
				H							
B	Boč	4	3	5,70	31,38***	129,32***	157,44***	268,90***	152,11***	154,93***	208,17***
G	Gračišče	5	4	146,98***	166,35***	105,72***	181,56***	57,10***	36,51***	44,43***	114,38***
K	Kozana	3	2	78,37***	55,37***	57,66***	17,87***	14,21***	41,30***	56,21***	182,16***
P	Petrinje	5	4	11,76	83,47***	120,77***	201,70***	184,68***	119,37***	117,44***	244,95***
PS	Podsobotin	3	2	19,70***	16,46***	55,68***	13,29	40,45***	14,39***	18,45***	11,61
P-R	Poljane – Razguri	4	3	90,34***	145,84***	52,72***	133,32***	9,71	93,42***	99,44***	206,71***
SVK	Sveti Kvirik	5	4	285,52***	167,41***	104,71***	214,45***	166,24***	133,68***	139,89***	181,07***
ŠG	Šmarnogorska Grmada	5	4	160,12***	198,47***	84,03***	141,49***	199,62***	97,24***	108,69***	252,70***

ŠIRFA	POP.	n	K-W df	DSP	DLŽ	DLR	DLP	DEP
				H				
B	Boč	4	3	332,80***	327,06***	263,72***	300,70***	399,00***
G	Gračišče	5	4	219,91***	214,19***	102,15***	76,90***	0,00
K	Kozana	3	2	27,30***	65,64***	24,14***	10,42***	0,00
P	Petrinje	5	4	403,99***	429,48***	367,85***	392,57***	0,00
PS	Podsobotin	3	2	120,97***	133,82***	7,11	179,90***	0,00
P-R	Poljane – Razguri	4	3	0,00	0,00	399,00***	399,00***	0,00
SVK	Sveti Kvirik	5	4	388,14***	352,43***	231,74***	417,76***	499,00***
ŠG	Šmarnogorska Grmada	5	4	277,68***	60,57***	262,20***	296,18***	0,00

DL, ŠL, DP, ŠL/DL, DP/DL, KL, KD, IŽ, DSP, DLŽ, DLR, DLP in DPP: parametri, kratice so razložene v poglavju 2.2 Metode

n: število izbranih dreves v posamezni populaciji

K-W: Kruskal-Wallisov H-test

df: stopinje prostosti (df = n-1)

H: izračunana vrednost, na osnovi katere potrdimo ali ovržemo hipotezo, da so razlike med drevesi za posamezen parameter znotraj populacije značilne

\*, \*\*, \*\*\*: razlike med drevesi znotraj populacije so za posamezen parameter značilne, tveganje za to trditev je: 5 % (\*), 1 % (\*\*), 0,1 % (\*\*\*)

**Preglednica 5:** Prikaz neparametrične analize med skupinama s pomočjo Kruskal-Wallisovega H-testa**Table 5:** Presentation of nonparametric analysis among two groups with Kruskal-Wallis H-test

Razlike med skupinama glede na:	K - W	
	df	H
dolžino listne ploskve (DL)	1	1,52
širino listne ploskve (ŠL)	1	9,29**
dolžino listnega peclja (DP)	1	40,75***
razmerje ŠL/DL	1	40,16***
razmerje DP/DL	1	73,85***
število listnih krp – levo (KL)	1	0,95
število listnih krp – desno (KD)	1	7,29**
število interkalarnih žil (IŽ)	1	149,51***
dolžino plodnega peclja (DPP)	1	104,27***

K-W: Kruskal-Wallisov H-test

df: stopinje prostosti (df = n-1), tu je n = 2 (število skupin)

H: izračunana vrednost, na osnovi katere potrdimo ali ovržemo hipotezo, da so

razlike med skupinama populacij za posamezen parameter značilne

\*, \*\*, \*\*\*: razlike med skupinama populacij so za posamezen parameter značilne, tveganje za to trditev je: 5 % (\*), 1 % (\*\*), 0,1 % (\*\*\*)

Razen za parametra DL in KL, so bile razlike med skupinama značilne. Kljub tem rezultatom pa ne smemo takoj sklepati, da lahko osebkje iz populacij Kozana in Podsobotin obravnavamo kot pripadnike samostojne vrste hrvaški hrast, ločene od vrste puhasti hrast. Literatura namreč navaja, da imajo listi vrste hrvaški hrast daljše listne ploskve (puhasti 4,5 do 12 cm, hrvaški 8 do 16 cm), širše listne ploskve in daljše listne peclje (puhasti 6 do 20 mm, hrvaški 15 do 30 mm) ter plodovi daljše plodne peclje (puhasti do 8 mm, hrvaški 30 do 80 mm) (BARTHA 2001). Zato so bili izrisani tudi grafikoni za prikaz srednjih vrednosti za posamezne parametre. Na podlagi rezultatov Kruskal-Wallisovega H-testa in iz grafikonov pa smo ugotovili, da dolžine listnih ploskev niso značilno različne. Širine listnih ploskev, ki se sicer značilno razlikujejo, so pri skupini domnevnih populacij hrvaškega hrasta celo manjše, kar ne ustreza podatkom iz literature, so bili pa pri skupini domnevnih populacij hrvaškega hrasta daljši peclji in plodni peclji, kar sicer ustreza podatkom iz literature, vendar so bile le vrednosti parametra dolžine listnega peclja, ki so dosegale vrednosti do 27,61 mm primerljive s podatki iz literature, večina vrednosti dolžine plodnega peclja pa je bila manjša (vrednost mediane je bila 10 mm), kot navaja literatura.

**Preglednica 6:** Rezultati multivariatne analize (MANOVA) med drevesi in univariatne analize (ANOVA) med drevesi po posameznih parametrih listov za posamezne populacije

**Table 6:** Results of multivariate analysis (MANOVA) among trees and univariate analysis (ANOVA) among trees per individual parameters of leaves of separate populations

ŠIFRA	POPULACIJA	n	MANOVA		ANOVA	DL	ŠL	DP	ŠL/DL	DP/DL	KL	KD	IŽ
			df	F	df								
B	Boč	4	24	62,87***	3	2,48	11,72**	121,75***	80,79***	232,28***	76,37***	78,86***	129,14**
G	Gračišče	5	32	25,20**	4	43,35***	52,07***	32,66**	67,32**	16,01**	8,90**	10,89**	33,02**
K	Kozana	3	16	53,45***	2	70,22***	43,30**	37,19**	11,36**	0,01	28,35**	39,78**	358,76**
P	Petrinje	5	32	58,17***	4	3,40*	25,15**	57,42**	96,95***	92,68**	38,00**	36,86**	295,55**
PS	Podsobotin	3	16	10,70**	2	14,73**	8,95**	42,75**	5,28*	22,94**	7,43**	9,86**	5,38*
P-R	Poljane – Razguri	4	24	39,84**	3	35,82**	68,85**	19,14**	53,40**	3,56*	38,40**	43,53**	142,62**
SVK	Sveti Kvirik	5	32	66,49***	4	173,47***	67,98**	29,78**	0,45**	63,04**	42,66**	45,63**	81,71**
ŠG	Šmarnogorska Grmada	5	32	41,60**	4	62,29**	85,52**	25,13**	46,39**	78,30**	31,59**	35,92**	152,65**

DL, ŠL, DP, ŠL/DL, DP/DL, KL, KD, IŽ: kratice so razložene v poglavju 2.2 Metode

n: število izbranih dreves v posamezni populaciji

df ANOVA: stopinje prostosti (df = n-1)

df MANOVA: stopinje prostosti (df = 8\*(n-1), 8 = št. parametrov, vključenih v analizo)

F ANOVA: izračunana vrednost, na osnovi katere potrdimo ali ovržemo hipotezo, da so razlike med drevesi za posamezen parameter znotraj populacije značilne

F MANOVA: izračunana vrednost, na osnovi katere potrdimo ali ovržemo hipotezo, da so razlike med drevesi znotraj posameznih populacij značilne

\*, \*\*, \*\*\*: razlike so značilne, tveganje za to trditev je: 5 % (\*), 1 % (\*\*), 0,1 % (\*\*\*)

**Preglednica 7:** Prikaz vrednosti analize variance med drevesi v populacijah in med populacijami za proučevane parametre listov

**Table 7:** Presentation of values of variance analysis among trees within populations and among populations for researched parameters of leaves

Razlike med:	df	DL	ŠL	DP	ŠL/DL	DP/DL	KL	KD	IŽ
drevesi v populacijah	33	76,23***	73,79***	87,99***	72,09***	75,29**	66,82**	73,77**	130,75**
populacijami	7	110,59***	115,28***	190,24***	68,26**	89,19**	148,88**	162,26**	49,80**

DL, ŠL, DP, ŠL/DL, DP/DL, KL, KD, IŽ: kratice so razložene v poglavju 2.2 Metode

df (stopinje prostosti) pri razlikah med drevesi v populacijah: df = n-1, n = št. dreves v vseh populacijah = 34

df ANOVA: stopinje prostosti (df = n-1)

F ANOVA: izračunana vrednost na osnovi katere potrdimo ali ovržemo hipotezo, da so razlike med drevesi za posamezen parameter znotraj populacije značilne

F MANOVA: izračunana vrednost na osnovi katere potrdimo ali ovržemo hipotezo, da so razlike med drevesi znotraj posameznih populacij značilne

\*, \*\*, \*\*\*: razlike so značilne, tveganje za to trditev je: 5 % (\*), 1 % (\*\*), 0,1 % (\*\*\*)

### 3.3 Rezultati multivariatne analize

#### 3.3 Results of multivariate analysis

Analiza rezultatov multivariatne analize (MANOVA) je pokazala, da se vsa drevesa znotraj posameznih populacij značilno razlikujejo. Prav tako pa je pokazala analiza rezultatov univariatne analize (ANOVA) značilne razlike med drevesi znotraj posameznih populacij. Tudi pri univariatni analizi je, podobno kot pri Kruskal-Wallisovem H-testu, izjema parameter dolžina listne ploskve (DL) pri populaciji Boč (B), kjer razlike med

drevesi znotraj populacije niso značilne. Tudi rezultati univariatne analize variance kažejo, da med drevesi vseh populacij in med populacijami obstajajo značilne razlike. Z multivariatno analizo variance pa so bile ugotovljene značilne razlike med drevesi vseh populacij in med populacijami.

Iz preglednice 7 je razvidno, da med drevesi vseh populacij in med populacijami obstajajo značilne razlike.



## 4 Razprava

### 4 Discussion

Z raziskavo nismo potrdili obstoja hrvaškega hrasta (*Q. virgiliana* (Ten.) Ten.) v Sloveniji. Lahko pa na osnovi rezultatov sklepamo na medvrstne križance, še posebej tam, kjer rastiščne razmere to dovoljujejo (npr. v Goriških Brdih, kjer sta se lahko zaradi lastnosti tal v preteklosti srečala in križala puhasti hrast (*Q. pubescens* Willd.) in dob (*Q. robur* L.), kar nakazujejo nekateri morfološki parametri (dolžina plodnega peclja). Podobno potencialno stično rastišče več vrst hrastov je tudi v populaciji Poljane – Razguri, kjer smo že pri vzorčenju v bližini puhastih hrastov opazili graden.

Čeprav sta tako v Sloveniji kot v Evropi nasploh najpogostejši vrsti hrastov dob in graden, ki sta tudi gospodarsko najbolj pomembni, predvsem dob, ne smemo zanemariti puhastega hrasta. Puhasti hrast je na območju svoje razširjenosti pomemben predvsem kot gradnik varovalnih gozdov in vir lesa, saj vemo, da je v submediteranskem delu Slovenije zaradi goste poselitve manj gozdnih površin (ZUPANČIČ 1999). V tej nalogi smo naredili majhen korak k večjemu poznavanju morfološke variabilnosti te pri nas dokaj malo poznane vrste, a menimo, da bo v prihodnosti še zelo zanimiv predmet različnih preučevanj morfologije, genetike, medvrstnih križanj in odziva oz. prilagoditev vrste na različne ekološke razmere.

## 5 Povzetek

Morfološka variabilnost posamezne vrste hrastov je lahko posledica pestrosti znotraj vrste, medvrstnega križanja ali odziv na ekološke razmere na rastišču. Medvrstna križanja so ravno znotraj rodu *Quercus* L. zaradi neizrazitih reproduktivnih preprek med vrstami in prilagajanja na rastiščne razmere zelo pogosta in so bila v preteklosti predmet številnih preučevanj. Kot najprimernejši za medsebojno razlikovanje vrst in nižjih taksonov so se izkazali morfološki znaki listov in plodov. Preučevanje morfološke variabilnosti vrste puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.) v Sloveniji je bilo osrednji cilj naše raziskave.

V analizo je bilo vključenih osem populacij z različnih koncev Slovenije. Puhasti hrast se v Sloveniji pojavlja na toplih rastiščih v submediteranskem delu države in na južnih, toplih legah v celinskem delu. Populaciji Boč in Šmarnogorska Grmada tako pripadata združbam s puhastim hrastom v celinskem delu Slovenije, medtem ko populacije Gračišče, Kozana, Petrinje, Podsabotin, Poljane – Razguri in Sveti Kvirik sodijo med združbe s puhastim hrastom v submediteranskem delu Slovenije.

Raziskava je bila zastavljena tako, da smo v vsaki populaciji izbrali tri do pet dreves, s katerih smo nabrali kratke plodne poganjke z listi in, če je drevo semenilo, tudi plodove – želode. Pri nabiranju materiala je bilo

upoštevano, da ni vseeno, katere liste naberejo. Že v predhodnih raziskavah (SMOLE/BATIČ 1992, FRANJIČ 1996, ŠKVORC 2003) je bilo namreč ugotovljeno, da so za analizo morfoloških parametrov najprimernejši listi s kratkih plodnih poganjkov, ki rastejo na osončenem delu krošnje. S tem ko naberejo liste s kratkih plodnih poganjkov, zmanjšamo variabilnost pri posameznem drevesu, hkrati pa listi s kratkih plodnih poganjkov predstavljajo sedanje stanje vrste. Pomemben je tudi izbor dreves. Najprimernejša so drevesa (oz. grmi), ki rastejo na prostem ali na zunanjem robu sestojev. Ta drevesa lahko v popolnosti izrazijo svoj fenotip, kot je le-ta določen z genotipom. Ugotovljene razlike med osebki so posledica genotipa in rastišča (FRANJIČ 1996), izključen pa je vpliv sosednjih dreves. Poleg izbora dreves in listov je pomemben tudi čas, ko nabiramo vzorce za raziskavo. Listi za morfometrijsko raziskavo morajo biti popolnoma razviti, najprimernejši čas za vzorčenje je druga polovica poletja oz. začetek jeseni (FRANJIČ 1996, ŠKVORC 2003). Ves material je bil zato nabran v drugi polovici septembra 2001 (Boč, Gračišče, Petrinje, Poljane – Razguri, Sveti Kvirik in Šmarnogorska Grmada) in 2005 (Kozana, Podsabotin). Nabrani poganjki z listi in plodovi so bili nato herbarizirani. Izmed posušenih listov smo izbrali za analizo primerne liste, ki so bili zdravi in nepoškodovani. Za vsako drevo je bilo izbranih 60 do 100 listov, na katerih je bilo izmerjenih, izračunanih in opazovanih 13 parametrov. Parametri so bili sledeči: dolžina listne ploskve (DL), širina listne ploskve (ŠL), dolžina listnega peclja (DP), razmerje med širino listne ploskve in dolžino listne ploskve (ŠL/DL), razmerje med dolžino listnega peclja in dolžino listne ploskve (DP/DL), število krp na levi strani lista (KL), število krp na desni strani lista (KD), število interkalarnih žil (IŽ), dlakavost spodnje listne ploskve (DSP), dlakavost listnih žil (DLŽ), dlakavost listnega roba (DLR), dlakavost listnega peclja (DLP), tip dlačic na listih (TD). Poleg parametrov listov sta bila izmerjena še naslednja parametra: dlakavost enoletnih poganjkov (DEP) pri enoletnih poganjkih in dolžina plodnega peclja (DPP) pri želodu.

Statistično ovrednotenje podatkov je bilo opravljeno s pomočjo programskih paketov Excel XP, SPSS for Windows 8.0 in Statistica for Windows 6.0 in 7.0. Pri tem smo uporabili deskriptivne statistične metode, parametrične in neparametrične teste ter multivariatne statistične metode.

Rezultati analiz so potrdili, da izbrana drevesa pripadajo vrsti puhasti hrast, posamezna drevesa pa so kazala na možne vplive drugih vrst hrastov. Z neparametričnimi testi in multivariatnimi statističnimi metodami so bile ugotovljene statistično značilne razlike med drevesi v populacijah in med populacijami. Z našo raziskavo pa po pričakovanjih nismo potrdili obstoja vrste hrvaški hrast (*Quercus virgiliana* (Ten.) Ten.) v Sloveniji.

## 6 Summary

Morphological variability of a particular oak species can be the result of diversity within it, interspecific crossbreeding or reflection of ecological conditions in its habitat. Interspecific crossbreeding is very frequent within genus *Quercus* L. owing to the inexpressive reproductive barrier and adaptation of species to habitat conditions. Oak species have thus been the subject of numerous studies. As most suitable trait for discriminating between species and lower taxa turned out to be morphological traits of leaves and fruits. Research into the morphological variability of pubescent oak *Quercus pubescens* Willd. was the main objective of our research.

The research was carried out on the trees belonging to eight populations of pubescent oak in Slovenia. Pubescent oak occurs in Slovenia in its continental and sub-Mediterranean parts. The populations Boč and Šmarnogorska Grmada belong to associations of plants with pubescent oak in the continental part of Slovenia, while the populations Gračišče, Kozana, Petrinje, Podsabotin, Poljane - Razguri and Sveti Kvirik belong to the associations of plants with pubescent oak in the sub-Mediterranean part of Slovenia.

The research was planned in such way that within each population three to five trees were selected. From each of them we then collected short fertile shoots with leaves and, when possible, fruits – acorns. Material collecting was carried out according to previous investigations (SMOLE / BATIČ 1992, FRANJIĆ 1996, ŠKVORC, 2003), when it was established that leaves from short fertile shoots growing on the sunny side of the crown were most suitable for morphological analyses. By collecting leaves from short fertile shoots we reduce variability within each individual tree, and at the same time leaves from short fertile shoots represent the current state of the species. Selection of trees is also important, the most suitable being the trees (or bushes) growing in the open air or on the outer edge of the stand. These trees can best express their phenotype as determined by genotype, so the ascertained differences between individual trees are the consequence of genotype and habitat conditions (FRANJIĆ 1996) and any influence expected on a tree from the neighbouring trees is excluded. Besides trees selection time of sampling is important as well. Most suitable is the second half of the summer and the beginning of autumn considering that the leaves sampled for analyses have to be completely developed (FRANJIĆ 1996, ŠKVORC 2003). All the material used for the research was collected in the second half of September 2001 (Boč, Gračišče, Petrinje, Poljane – Razguri, Sveti Kvirik, Šmarnogorska Grmada) and 2005 (Kozana, Podsabotin). The collected shoots with leaves and fruits were first of all herbarised. After drying the leaves (herbarisation), we chose 60 to 100 healthy, undamaged leaves per tree. On each leaf 13 parameters were measured, calculated and eventually used for morphological analysis. Leaf parameters were:

lamina length and width (DL and ŠL), petiole length (DP), lamina width to lamina length ratio (ŠL/DL), petiole length to lamina length ratio (DP/DL), number of leaf lobes on left and right side of lamina (KL and KD), number of intercalary veins (IŽ), density of leaf pubescence on lower lamina (DSP), on leaf veins (DLŽ), on leaf edge (DLR) and on petiole (DLP), and type of hair on leaves (TD). On fruits one parameter was measured i.e. fruit petiole length (DPP). On one-year shoots the density of pubescence (DEP) was assessed. Statistical methods used for data evaluation were descriptive statistical methods, parametric and nonparametric methods and multivariate statistical methods.

For statistical evaluation of data, the following computer programmes were used: Excel XP, SPSS for Windows 8.0 and Statistica for Windows 6.0 and 7.0. Statistical methods used were descriptive statistics, parametric and nonparametric tests and multivariate statistics.

The results of analyses confirmed that all chosen trees belonged to the species pubescent oak, although some individuals indicated possible influence by other species from the genus *Quercus*. With nonparametric test and multivariate statistical methods we ascertained statistically significant differences between individual trees within populations and between populations. With the carried out analyses we could not confirm the existence of Italian oak (*Q. virgiliana* (Ten.) Ten.) in Slovenia, since all the material that seemed to belong to this taxon fell within the variation of pubescent oak (*Q. pubescens* Willd.), similarly as during the investigation carried out recently in Croatia (ŠKVORC 2003, ŠKVORC / FRANJIĆ / IDŽOJTIĆ 2005).

## 7 Viri

### 7 References

- BRUSCHI, P. / VENDRAMIN, G. G. / BUSSOTTI, F. / GROSSONI, P., 2000. Morphological and Molecular Differentiation between *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus pubescens* Willd. (Fagaceae) in Northern and Central Italy. *Annals of Botany*, 85: 325–333.
- BUSSOTTI, F., 1998. *Quercus pubescens* Willd., 1796 V: Enzyklopädie der Holzgewächse Schütt P., Schuck H. J., Aas G., Lang U. M. (Ur). 12. Erg. Lfg. 6/98 III-2: 10 str.
- DUPOUEY, J. L. / BADEAU, V., 1993. Morphological variability of oaks (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus pubescens* Willd.) in northeastern France: preliminary results. *Annales Science Forestière*, 50: 35–40.
- FRANJIĆ, J., 1996. Multivariatna analiza posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L. Fagaceae) u Hrvatskoj: doktorska disertacija. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet: 185 str.
- FRANJIĆ, J., 1994. Dužina i širina plojke lista kao pokazatelj variabilnosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. V: Simpozij Pevalek - Flora i vegetacija Hrvatske : zbornik radova sa skupa održanoga u povodu stote obljetnice rođenja hrvatskoga botaničara akademika Ive Pevaleka

- (1893–1967) u Koprivnici 20. - 22. svibnja 1993. godine. Zagreb, Koprivnica, Šumarski fakultet Sveučilišta, Javno poduzeće "Hrvatske šume", Uprava šuma: 25–34.
- KISSLING, P., 1977. Les poils des Quatre espèces de chênes du Jura (*Quercus pubescens*, *Q. petraea*, *Q. robur* et *Q. cerris*). Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft, 87: 1–18.
- LEWINGTON, R. / STREETER, D., 1993. The Natural History of an Oak Tree. London, Dorling Kindersley
- LINNAEUS, C., 1753 (Nachdruck 1959). Species Plantarum. London, Printed for the Roy Society sold by Bernard Quattrich
- MARTINČIČ, A. / WRABER, T. / JOGAN, N. / RAVNIK, V. / PODOBNIK, A. / TURK, B. / VREŠ, B., 1999. Mala flora Slovenije, 3. dopolnjena in spremenjena izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 845 str.
- MAVSAR, R., 1996. Variabilnost doba (*Quercus robur* L.) v Sloveniji, na osnovi morfologije listov in želoda: diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Ljubljana, samozal.: 112 str.
- SMOLE, I. / BATIČ, F., 1992. Pomen morfoloških znakov pri določanju hrastovih vrst. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 39: 133–172.
- SCHWARZ, O., 1993. *Quercus* L. V: *Flora Europaea* 1. 2<sup>nd</sup> ed. Tutin TG, Haywood VH, Burges NA, Valentine DH, Walters SM, Webb DA (Ur.). Cambridge, UK, Cambridge University press: 72–76.
- ŠKVORC, Ž., 2003. Morfološka i genetička varijabilnost hrastova medunca (*Quercus pubescens* Willd.) i duba (*Quercus virgiliana* (Ten.) Ten.) u Hrvatskoj: magistrski rad. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek: 132 str.
- ŠKVORC, Ž. / FRANJIĆ, J. / IDŽOJTIĆ, M., 2005. Population structure of *Quercus pubescens* Willd. (Fagaceae) in Croatia according to morphology of leaves. Acta botanica Hunarica, 47, 1/2: 193–206.
- TRAJBER, D., 1998. Ugotavljanje variabilnosti gradna (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) v Sloveniji z analizo listov: diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Ljubljana, samozal.: 98 str.
- TRAJBER, D. / BREZNIKAR, A. / SINKOVIČ, T. / BATIČ, F., 2001. Ugotavljanje križancev doba (*Quercus robur* L.) in gradna (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) z morfološko analizo listov. Hladnikia, 13: 167–175.