

MORFOLOŠKA VARIABILNOST ČRNIKE (*Quercus ilex* L.) V SLOVENIJI

MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF HOLM OAK (*Quercus ilex* L.) IN SLOVENIA

Martin JEŽ¹, Robert BRUS², Kristjan JARNI³

(1) Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko, martin.jez@gozdis.si

(2) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, robert.brus@bf.uni-lj.si

(3) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, kristjan.jarni@bf.uni-lj.si

IZVLEČEK

V članku je predstavljena črnika (*Quercus ilex* L.), ena glavnih drevesnih vrst evmediteranske flore na območju Slovenije, kjer raste na razpršenih nahajališčih na severni meji svojega naravnega areala. Glavni namen raziskave je bil preučiti morfološko variabilnost njenih listov. V raziskavo je bilo vključenih sedem naravnih populacij črnike v Sloveniji. Morfometrijska analiza je pokazala veliko variabilnost listov in značilne razlike med populacijami, ki smo jih potrdili pri skoraj vseh preučevanih morfoloških znakih. Na podlagi ugotovljenih morfoloških razlik lahko slovenske populacije razdelimo v tri geografsko-morfološke skupine: i) populacije na Goriškem (Sabotin, Sv. Gora in Lijak), ii) Nanos - Osp in iii) populaciji v dolini reke Dragonje. Morfološka variabilnost kot odsev genetske variabilnosti je posledica prilagoditve na lokalne okoljske razmere. Črnika v Sloveniji za zdaj ni ogrožena vrsta, vendar bi bilo pri morebitnih aktivnih varstvenih ukrepih za njeno ohranjanje smiselno čimbolj upoštevati ugotovljene tri geografsko-morfološke skupine.

Ključne besede: črnika, *Quercus ilex*, morfološka variabilnost, Slovenija, drevesni listi

ABSTRACT

This article introduces the holm oak (*Quercus ilex* L.), one of the most important tree species of the Mediterranean flora in Slovenia. In Slovenia, it grows in scattered locations at the northern limit of its natural range. The main aim of the study was to investigate the morphological variability of its leaves. Seven natural populations of holm oak in Slovenia were included in the study. The morphometric analysis showed high leaf variability and significant differences between populations, which were confirmed for almost all morphological traits analysed. Based on the observed morphological differences, the Slovenian populations can be divided into three geographical-morphological groups: i) the populations in the Goriška region (Sabotin, Sv. Gora and Lijak), ii) those in the Nanos – Osp region and iii) those in the Dragonja river valley. Morphological variability, as an expression of genetic variability, is the result of adaptation to specific local environmental conditions. The holm oak is currently not a threatened species in Slovenia, but it would be advisable to consider the three identified geographical-morphological groups as much as possible in any active conservation measures.

Key words: holm oak, *Quercus ilex*, morphological variability, Slovenia, tree leaves

GDK 164.5+176.1*Quercus ilex* L.(497.4)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.134.1

Prispelo / Received: 18. 03. 2024

Sprejeto / Accepted: 28. 04. 2024



1 UVOD

1 INTRODUCTION

Slovenija je glede na svojo velikost po številu različnih drevesnih vrst razmeroma bogata država. Poleg rastiščne heterogenosti je to tudi posledica stičišča štirih različnih fitogeografskih regij na ozemlju Slovenije, zaradi česar se tu pojavljajo vrste, ki rastejo v obrobni populacijah na robu svojih naravnih arealov (Brus, 2012). V primorskem delu Slovenije je ena takšnih vrst hrast črnika (*Quercus ilex* L.).

O nahajališčih in razširjenosti črnike v Sloveniji pišejo številni avtorji (npr. Mikuletič, 1963; Petauer, 1979; Kaligarič, 1990; Dakskobler, 1997; Dakskobler in sod., 2001; Dakskobler, 2004; Brus, 2011). Posamezna naha-

jališča se pojavljajo v primorskem delu Slovenije, njihove glavne skupne značilnosti pa so apnenčasta geološka podlaga, prisojna lega, strma pobočja ali skalnate stene, velika skalnatost in vsaj nekaj zavetja pred severnimi vetrovi (Petauer, 1979). Gre za najtoplejša apnenčasta rastišča pri nas, na katerih poleg črnike lahko najdemo tudi nekatere druge vednozelenne vrste sredozemske vegetacije, kot npr. rdečepodni brin (*Juniperus oxycedrus* L.) in širokolistno zeleniko (*Phyllirea latifolia* L.) (Brus, 2011). V manjših populacijah ali v obliki posameznih osebkov jo lahko razpršeno dobimo na pobočjih Sabotina nad dolino reke Soče skoraj do naselja Plave (Babji zob nad Sabotinarjem pri Plavah), kjer je tudi njeno najsevernejše nahajališče pri nas. Poleg tega

jo najdemo še na južnih pobočjih Trnovskega gozda in Nanosa v Vipavski dolini in na južnem Kraškem robu (Dakskobler in sod., 2014). Najbolj znana nahajališča črnike so na pobočjih Sabotina in pod Sv. Goro, nad izvirov potoka Lijak pri Ajševici, nad cerkvijo sv. Nikolaja pod Nanosom in v steni nad Ospom (Dakskobler, 1998), najjužneje se pojavljajo v dolini reke Dragonje, kjer črnika raste na dveh apnenčastih otočkih z imenoma Stena in Sveti Štefan (Kaligarič, 1990).

Črnika, včasih imenovana tudi črni hrast (Brus, 2011), je ena izmed vednozelenih vrst hrastov. Znana je predvsem po svoji dobri prilagodljivosti na sušne razmere (de Rigo in Cadullo, 2016). Med drugim ji pri prilagajanju na sušne razmere pomagajo njeni vednozeleni listi, po katerih se razlikuje od drugih vrst hrastov pri nas. Liste menja na nekaj let, lahko jih odvrže že v enem letu, lahko pa jih obdrži tudi do štiri leta. To je predvsem odvisno od razmer, v katerih drevo raste (de Rigo in Cadullo, 2016). Listi so enostavni, v dolžino merijo med 3 in 8 cm, v širino pa med 2 in 4 cm (Brus, 2011). Njihov pecelj meri med 5 in 10 mm, v nekaterih primerih tudi do 15 mm. Mladi listi so svetlo zeleni, mehki in po obeh straneh dlakavi. Kasneje se zgornja stran obarva temno zeleno ter postane usnjata in bleščeča, medtem ko je spodnja stran sivkasta in dlakava. Pecelj je ravno tako dlakav in podobne barve kot spodnja stran listne ploskve (Idžojtič, 2009).

Za liste črnike je značilna heterofilija, iz česar izhaja njihova velika variabilnost. To lahko še posebej dobro opazimo pri listih mlajših rastlin, pri katerih se praviloma pojavljajo listi bolj okroglaste oblike z nazobčanim listnim robom (Brus, 2011). Razlike med listi se pojavljajo tudi znotraj posameznega drevesa, senčni listi so normalno veliko večji in bolj nazobčani v primerjavi s sončnimi (Barbero in sod., 1992). Variabilnost

listov je opazna tudi med drevesi, ki rastejo v različnih rastnih razmerah. Listi dreves na zelo sušnih rastiščih, na primer na Iberskem polotoku, imajo krajše, okrogle in nazobčane liste. Drevesa, ki rastejo v bolj vlažnih območjih, kot je večji del Apeninskega polotoka, pa imajo daljše, bolj suličaste in celorobe liste (Peguero-Pina in sod., 2014).

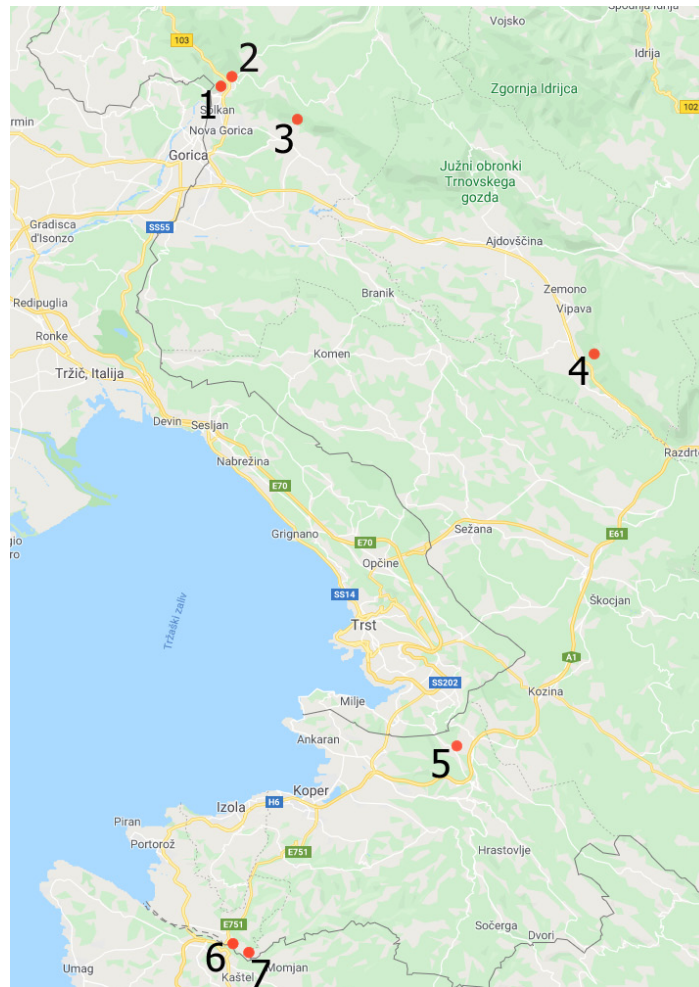
Peguero-Pina in sod. (2014) navajajo, da naj bi bila črnika na evropski ravni variabilna do te mere, da se pojavljata dva glavna morfotipa: '*ilex*' in '*rotundifolia*' ter vmesni morfotip. López-Tirado in Hidalgo (2018) in Cadullo in sod. (2017) jih omenjajo kot dve različni podvrsti: (*Q. ilex* subsp. *ilex* in *Q. ilex* subsp. *rotundifolia* (Lam.) O. Schwarz ex Tab. Morris oziroma *Q. ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp.), nekateri pa celo kot dve različni samostojni vrsti (Barbero in sod., 1992). Peguero-Pina in sod. (2014) omenjajo, da naj bi se morfotip '*ilex*' pojavljal predvsem v bolj vlažnih delih mediteranske Evrope, kot so Grčija, Italija in Francija, ter na območjih med omenjenimi državami, kar vključuje tudi Slovenijo. Morfotip '*rotundifolia*' se pojavlja predvsem na Iberskem polotoku in v severni Afriki, kjer vladajo sušne ekološke razmere.

Iz omenjenih raziskav je mogoče sklepati, da se lahko črnika med različnimi geografskimi območji morfološko zelo razlikuje. Na območju primorske Slovenije tako izrazite morfološke razlike med populacijami niso pričakovane. Raziskave, ki bi celostno obravnavale morfološko variabilnost črnike, kar da tudi dobro ocenijo njeni genetski variabilnosti in morebitni ogroženosti, do sedaj v Sloveniji še ni bilo. Glavni namen naše raziskave je bil na podlagi analize sedmih populacij ugotoviti morfološko variabilnost pri črniki in preveriti, ali pri njej obstajajo značilni geografsko temelječi vzorci.

Preglednica 1: Glavne značilnosti preučevanih populacij

Table 1: Main characteristics of the study populations

Št. pop. Pop. num.	Ime nahajališča Location name	Št. dreves v analizi Num. of trees in the analysis	Koordinate Coordinates	Nadm. višina (m) Altitude (m)
1	Sabotin	10	45°58'52.0"N 13°39'01.9"E	150-450
2	Sv. Gora	6	45°58'56.3"N 13°39'36.3"E	180-200
3	Lijak	10	45°57'34.9"N 13°43'16.8"E	150-400
4	Nanos	10	45°49'14.3"N 13°58'58.0"E	430-650
5	Osp	9	45°34'17.5"N 13°51'47.5"E	170-250
6	Stena	4	45°27'10.4"N 13°39'34.0"E	15-35
7	Sv. Štefan	7	45°26'48.3"N 13°40'25.9"E	25-30



Slika 1: Raziskovalni objekti: Sabotin (1), Sv. Gora (2), Lijak (3), Nanos (4), Osp (5), Stena (6) in Sv. Štefan (7)

Fig. 1: Research plots: Sabotin (1), Sv. Gora (2), Lijak (3), Nanos (4), Osp (5), Stena (6) and Sv. Štefan (7)

2 METODE

2 METHODS

2.1 Raziskovalni objekti

2.1 Study areas

Na podlagi podatkov iz literature (Petauer, 1979; Kaligarič, 1990; Dakskobler, 1997; Dakskobler in sod., 2001) smo izbrali sedem različnih naravnih nahajališč črnike v Sloveniji. Poleg sedmih izbranih obstaja v Sloveniji še nekaj drugih nahajališč črnike, vendar jih bodisi zaradi majhnosti bodisi zaradi težje dostopnosti v našo analizo nismo vključili. Informacije o izbranih lokacijah prikazujemo v preglednici 1 ter na slikah 1 in 2.

2.2 Izbor dreves in nabiranje listov za morfolometrijsko analizo

2.2 Tree selection and leaf collection for morphometric analysis

Za morfolometrijsko analizo listov smo na vsaki raziskovalni ploskvi iz populacije dreves črnike naključno izbrali po 10 osebkov, medsebojno oddaljenih vsaj 25 metrov. V primerih, ko tega zaradi majhnosti populacije ni bilo mogoče doseči, so bile razdalje med dreve-

si nekoliko manjše. Kjer kljub manjšim medsebojnim razdaljam izbranega števila dreves nismo mogli zagotoviti (Sv. Gora, Osp, Stena, Sv. Štefan), smo v analizo vključili manjše število dreves. Na vsakem drevesu smo nabrali po 5–10 vejic z listi. Le-te smo odvezli iz dobro osvetljenega dela krošnje (J, JV ali JZ del krošnje). V laboratoriju smo nato liste odstranili z vejic in jih herbarizirali. V analizo smo vključili le enoletne in večletne liste, saj listi iz tekočega leta v času nabiranja še niso bili popolnoma razviti. Iz vsakega drevesa smo analizirali po ca. 20 listov. V analizo je bilo skupno zajetih 56 dreves oziroma skupno 1171 listov.

2.3 Laboratorijsko delo

2.3 Laboratory work

Analiza listov je bila opravljena na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani. Vse liste smo digitalizirali s pomočjo optičnega čitalnika Epson 1680 pri resoluciji 300 dpi. Sledila je morfolometrijska analiza s pomočjo programa WinFOLIA pro 2014 proizvajalca Régent Instruments Inc. V analizi smo skupno obravnavali 10 znakov (pre-

Preglednica 2: Preučevani morfološki znaki na listih

Table 2: List of morphological traits examined

Morfološki znak / Morphological trait	Okrajšava / Abbr.
Površina listne ploskve / Leaf surface area	A (cm ²)
Dolžina listne ploskve/ Leaf surface length	L (cm)
Širina listne ploskve / Leaf surface width	W (cm)
Delež dolžine na mestu maksimalne širine listne ploskve / Porportion of length at the point of maximum width of the leaf surface	WMax (%)
Širina listne ploskve na 80 % dolžine ploskve / Width of leaf surface at the 80 % of leaf surface length	W80 (cm)
Širina listne ploskve na 90 % dolžine ploskve / Width of leaf surface at the 90 % of leaf surface length	W90 (cm)
Kot listnega roba pri 10 % dolžine listne ploskve / Leaf margin angle at 10 % of leaf surface length	LA10 (°)
Kot listnega roba pri 25 % dolžine listne ploskve / Leaf margin angle at 25 % of leaf surface length	LA25 (°)
Dolžina peclja / Petiole length	PL (cm)
Razmerje med širino in dolžino listne ploskve* / The ratio between the width and the length of the leaf surface	W/L

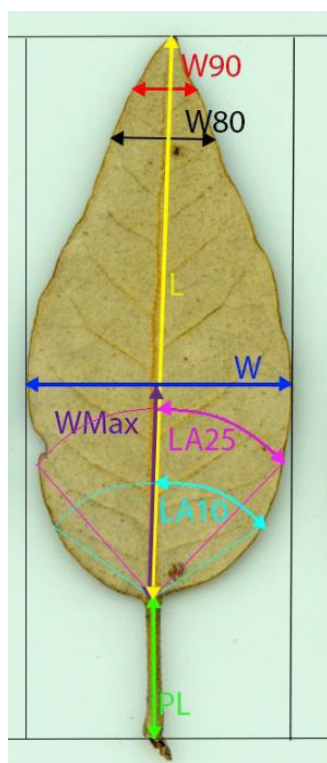
Izpeljan morfološki znak *

glednica 2, slika 2), od katerih je bilo 9 neposredno izmerjenih in 1 izpeljan.

Iz posameznih vrednosti listov smo izračunali aritmetične sredine znakov. Te vrednosti so ponazarjale osnovne vhodne podatke pri vseh analizah. Poleg sredin smo v programskem okolju Microsoft Excel izračunali tudi deskriptivna kazalnika, kot sta standardni odklon in koeficient variance (KV).

Razlike med populacijami smo testirali z neparametričnim Kruskal-Wallisovim testom. Pri morfolo-

ških znakih, pri katerih smo potrdili razlike med populacijami, smo napravili še posteriorni Mann-Whitney U test. Zaradi multiplih simultanih primerjav smo naredili Bonferronijev popravek kritične vrednosti *P* (Rice, 1989). Od multivariatnih statističnih tehnik smo za razlikovanje med posameznimi populacijami črnike uporabili diskriminativno analizo, in sicer metodo, kjer neodvisne spremenljivke hkrati vstopijo v model. Vse statistične analize so bile narejene s pomočjo programa IBM SPSS Statistics 22.



Slika 2: Preučevani morfološki znaki na listu (za razlago glej preglednico 2)

Fig. 2: Measured leaf morphological traits (for description see Table 2)

3 REZULTATI

3 RESULTS

Morfometrijska analiza je pokazala, da imajo med preučevanimi populacijami največje liste drevesa iz populacij Sabotin, Sv. Gora in Lijak. Slednja ima med njimi največje liste po površini ($A = 7,78 \text{ cm}^2$) in dolžini listne ploskve ($L = 5,38 \text{ cm}$), medtem ko imajo najširše liste v populaciji Sv. Gora ($W = 2,16 \text{ cm}$). Na drugi strani najdemo povprečno najmanjše liste v populaciji Nanos in Sv. Štefan ($A = 5,95$ in $5,94 \text{ cm}^2$), najkrajšo listno ploskev imajo drevesa iz populacije Sv. Štefan ($L = 4,24 \text{ cm}$), najožji pa pripadajo populacijam Osp in Stena ($W = 1,80$ in $1,76 \text{ cm}$). Tudi dolžina pecelja kaže podoben vzorec variabilnosti, in sicer imata najdaljši pecelj populaciji Lijak in Sabotin ($PL = 1,21$ in $1,17 \text{ cm}$) ter najkrajši populacija Sv. Štefan ($PL = 0,81 \text{ cm}$).

Največje razmerje med širino in dolžino listne ploskve (W/L) in s tem relativno najširše liste ima populacija Sv. Štefan ($W/L = 0,46$), relativno najožje pa najdemo v populaciji Osp ($W/L = 0,36$). Mesto maksimalne širine lista (W_{Max}) pri vseh populacijah leži nekoliko

pod sredino dolžine listne ploskve, in sicer je to mesto najvišje pri populacijah Nanos (44,79 %) in Sv. Štefan (43,80 %), medtem ko pri populaciji Osp to mesto leži najnižje, in sicer na 39,97 % dolžine listne ploskve.

Dva znaka, ki kažeta podobne vzorce variabilnosti, sta širina listov pri 80 % in 90 % dolžine listne ploskve (W_{80} in W_{90}). Najširše liste na 80 % in 90 % dolžine listne ploskve imata populaciji Sabotin in Sv. Štefan ($W_{80} = 1,14 \text{ cm}$, $W_{90} = 0,61 \text{ cm}$), pri vrhu najožji pa so v populaciji Osp ($W_{80} = 0,99 \text{ cm}$, $W_{90} = 0,56 \text{ cm}$). Tudi znaka, ki se nanašata na oblikovanost dna listne ploskve (LA_{10} in LA_{25}), kažeta, da ima relativno najširše dno listne ploskve populacija Sv. Štefan ($LA_{10} = 53,08^\circ$, $LA_{25} = 37,74^\circ$), medtem ko je relativno najožje pri populaciji Stena ($LA_{10} = 42,76^\circ$, $LA_{25} = 31,47^\circ$).

S pomočjo Kruskal-Wallisovega testa smo ugotovili, da se pri večini morfoloških znakov med populacijami pojavljajo statistično značilne razlike (preglednica 4). Razlikam ni uspelo potrditi le pri znakih, ki se nanašajo na oblikovanost vrha listne ploskve, to sta znaka W_{80} in W_{90} .

Preglednica 3: Povprečja in koeficienti variacije (KV %) za posamezne morfološke znake na listih, ločeno po populacijah. Okrajšave so razložene v preglednici 2.

Št. pop. Pop. num.	Ime populacije Population name	Parameter Parameter	A (cm ²)	W/L	L (cm)	W (cm)	Wmax (%)	W80 (cm)	W90 (cm)	LA10 (°)	LA25 (°)	PL (cm)
1	Sabotin	Povprečje	7,63	0,42	5,13	2,11	42,88	1,14	0,61	48,41	35,13	1,17
		KV (%)	14,3	11,0	9,8	8,5	9,3	11,6	11,8	7,6	8,2	8,8
2	Sv. Gora	Povprečje	7,64	0,41	5,23	2,16	40,95	1,11	0,56	45,06	34,76	0,97
		KV (%)	19,7	12,2	8,4	15,0	8,9	20,8	18,7	11,9	7,5	18,7
3	Lijak	Povprečje	7,78	0,39	5,38	2,06	40,64	1,08	0,61	47,22	33,80	1,21
		KV (%)	14,6	8,3	7,7	7,9	7,0	18,7	18,9	8,1	6,9	9,9
4	Nanos	Povprečje	5,95	0,42	4,52	1,89	44,79	1,08	0,60	46,34	34,13	0,99
		KV (%)	12,7	11,2	7,6	9,5	8,4	23,1	29,4	12,0	8,6	15,5
5	Osp	Povprečje	6,40	0,36	5,01	1,80	39,97	0,99	0,56	46,14	32,17	1,03
		KV (%)	20,8	8,4	13,1	9,4	7,5	12,0	13,7	8,8	8,2	10,1
6	Stena	Povprečje	5,89	0,37	4,79	1,76	43,19	1,00	0,58	42,76	31,47	1,01
		KV (%)	25,8	13,3	13,1	16,0	4,9	27,2	33,5	9,2	11,1	31,5
7	Sv. Štefan	Povprečje	5,94	0,46	4,24	1,94	43,80	1,14	0,61	53,08	37,74	0,81
		KV (%)	14,2	7,4	7,6	7,7	6,2	10,5	16,8	4,2	4,8	10,6
	Skupno	Povprečje	6,82	0,40	4,92	1,97	42,28	1,08	0,59	47,29	34,26	1,04
		KV (%)	20,7	12,5	12,4	12,3	8,9	18,4	20,9	10,5	9,3	18,5

Table 3: Average values and coefficients of variation (KV%) for morphological traits on leaves, for each population. Abbreviations are explained in Table 2.

Preglednica 4: Vrednosti Kruskal-Wallisovega testa

Table 4: Kruskal-Wallis test

Znaki populacij Population parameters	A	W/L	L	W	Wmax	W80	W90	LA10	LA25	PL
Vrednost H	19,374	18,721	21,622	17,118	13,484	7,126	2,221	15,364	15,750	23,929
Vrednosti tveganja (p)	0,004	0,005	0,001	0,009	0,036	0,309	0,898	0,018	0,015	0,001

Posteriorna analiza je pokazala, da se populaciji Sabotin in Lijak z dolgo listno ploskvijo (preglednica 3) statistično razlikujeta od populacij Nanos in Sv. Štefan, katerih listna ploskev je značilno krajša (preglednica 5). Slednja ima v primerjavi s Sabotinom in Lijakom tudi značilno krajši listni pecelj, medtem ko je površina listne ploskve dreves z Nanosa značilno manjša od dreves s Sabotina in iz Lijaka. Razmerje med širino in dolžino listne ploskve kaže, da so listi populacije Sv. Štefan relativno širši kot v populaciji Osp, razlike pa so statistično značilne (preglednica 5).

3.1 Diskriminativna analiza listov

3.1 Discriminant analysis of leaves

V analizi je bilo skupno uporabljenih šest diskriminativnih funkcij, med njimi smo za prve tri potrdili značilni vpliv na razlikovanje med populacijami. S prvo funkcijo, ki v modelu pojasnjuje 59,1 % celotne variabilnosti (preglednica 6), najmočnejše korelirajo znaki, ki se nanašajo na velikost lista (površina, dolžina in širina listne ploskve). Prva funkcija povzroča raztros, ki razlikuje predvsem populacijo Sv. Gora (2) od drugih populacij (slika 3). Na podlagi prve funkcije vidi-

mo tudi veliko podobnost med populacijama Sabotin (1) in Lijak (3), medtem ko so si druge štiri populacije nekoliko bolj podobne. Z najmanjšimi listi se nekoliko razlikuje le populacija Sv. Štefan (7). Druga funkcija pojasnjuje dodatnih 17,8 % variabilnosti in je predvsem v korelaciji z dolžino listnega peclja. Z njo tako kot s prvo funkcijo nekoliko močnejše korelirata tudi dolžina in površina listne ploskve. Razpršenost in ostrina razlikovanja, ki jo povzroča druga funkcija, je med populacijami manj jasna. Do določene mere se od drugih ločita populaciji Lijak (3) in Sabotin (1) z najdaljšimi listnimi peclji in največjimi listi.

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Izolirane populacije rastlinskih vrst, ki uspevajo na obrobju območij svojih naravnih arealov razširjenosti, običajno kažejo manjšo genetsko variabilnost, posledica česar je tudi zmanjšana morfološka variabilnost v primerjavi s populacijami v osrednjih delih območja razširjenosti. Ta zmanjšana variabilnost povečuje tveganje za vrste in populacije (Sexton in sod., 2009). Pri neugodnih klimatskih in drugih okoljskih spremembah

Preglednica 5: Parne primerjave populacij z Mann-Whitney U-testom ('p' vrednosti)

Par populacij Population pairs	A	W/L	L	W	Wmax	W80	W90	LA10	LA25	PL
Sabotin-Sv. Gora	1,000	,745	,745	,828	,193	,515	,278	,352	,703	,065
Sabotin-Lijak	,821	,131	,199	,326	,199	,256	1,000	,649	,224	,520
Sabotin-Nanos	,002	,821	,008	,041	,226	,173	,406	,404	,303	,019
Sabotin-Osp	,060	,010	,683	,009	,086	,022	,513	,189	,059	,018
Sabotin-Stena	,066	,258	,572	,066	1,000	,203	,322	,054	,135	,203
Sabotin-Sv. Štefan	,008	,040	,002	,040	,558	,379	,770	,014	,075	,001
Sv. Gora-Lijak	,745	,386	,588	,914	,914	,828	,448	,382	,511	,030
Sv. Gora-Nanos	,065	1,000	,030	,051	,065	1,000	,664	,479	,826	,664
Sv. Gora-Osp	,157	,045	,409	,025	1,000	,346	,906	,516	,105	,409
Sv. Gora-Stena	,088	,286	,286	,055	,201	,286	,831	,449	,124	,831
Sv. Gora-Sv. Štefan	,063	,116	,007	,199	,086	,475	,253	,026	,060	,116
Lijak-Nanos	,002	,049	,001	,034	,019	,940	,571	,909	,621	,007
Lijak-Osp	,034	,327	,191	,014	,744	,462	,624	,712	,343	,011
Lijak-Stena	,066	,888	,137	,157	,157	,322	,396	,136	,391	,203
Lijak-Sv. Štefan	,003	,003	,001	,143	,051	,379	,845	,008	,009	,001
Nanos-Osp	,683	,022	,165	,142	,011	,369	,806	,837	,174	,514
Nanos-Stena	,777	,258	,480	,203	,357	,396	,777	,202	,225	,777
Nanos-Sv. Štefan	,845	,143	,143	,329	,283	,329	,845	,008	,011	,025
Osp-Stena	,440	,280	,643	,537	,123	,537	,440	,215	,812	,537
Osp-Sv. Štefan	,596	,001	,023	,064	,017	,050	,711	,004	,002	,004
Stena-Sv. Štefan	1,000	,014	,257	,131	,705	,186	,450	,008	,013	,571

Table 5: Matrix of pair comparisons of provenances with the Mann-Whitney U-test ('p' values)

Stopnja značilnosti je z uporabo sekvenčnega Bonferronijevega popravka prilagajena za multiple primerjave in znaša $p < 0,00238$. Značilne razlike v preglednici so sivo označene.

Preglednica 6: Korelacije med morfološkimi znaki in posameznimi diskriminativnimi funkcijami

	1	2	3
A	-,300	,338*	,264
W	-,259	,067	,423*
PL	-,182	,705*	-,075
W/L	,073	-,390	,522*
L	-,319	,469*	-,069
W80	-,035	-,046	,242*
LA10	,135	-,050	,614*
LA25	,033	-,240	,628*
Wmax	,133	-,204	,034
W90	,031	,070	,099
Lastna vrednost	3,63	1,09	0,81
Delež pojasnjene variance (%)	59,1	17,8	13,2

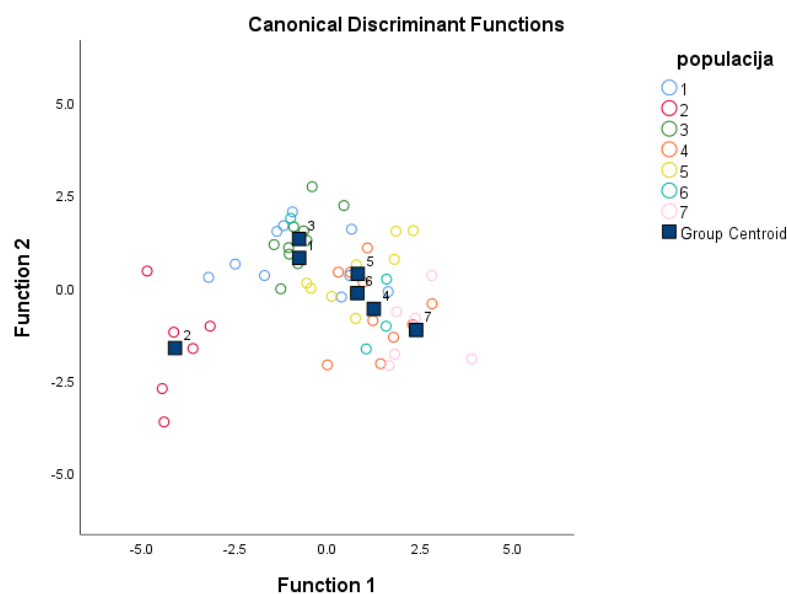
Table 6: Correlations between morphological traits and the first three discriminant functions

* Absolutno največja korelacija med posameznim znakom in eno izmed funkcij

lahko takšne populacije propadejo in izginejo, medtem ko se lahko ob ugodnih spremembah takšne populacije uspešno razmnožujejo. Vrsta se lahko iz teh ključnih jeder širi na nova območja, s tem pa povečuje svojo razširjenost, kar je podobno procesu v ledenodobnih zatočiščih. V tem kontekstu lahko obravnavamo tudi populacije črnike (*Quercus ilex* L.) v Sloveniji. Črnika, ki je razširjena v večjem delu sredozemskega območja, v Sloveniji uspeva na robu svojega naravnega območja. Majhne populacije črnike so omejene na najtoplejše apnenčaste lokacije v državi. Z uporabo morfometrijske analize smo preučili variabilnost njenih izoliranih populacij in ugotovili, da je med njimi opazna variabilnost, primerljiva z nekaterimi drugimi podobnimi vr-

stami v Sloveniji, kot je na primer rdečeplojni brin (*Juniperus oxycedrus* L.) (Brus in sod., 2016; Škrlič, 2016).

Variabilnost med različnimi morfološkimi znaki črnike je različna. Med najbolj variabilne znake spadajo površina lista (A), širina lista pri 80 in 90 % dolžine (W80 in W90) in dolžina peclja (PL). Podobne vzorce morfološke variabilnosti kažejo raziskave tudi pri drugih rastlinskih vrstah, kot so na primer *Rhamnus fallax* Boiss. (Černigoj, 2011; Čugalj, 2015; Kolman, 2016), *Daphne laureola* L. (Jagrič in sod., 2013), *Malus sylvestris* (L.) Mill. (Kišek in sod., 2015), *Arbutus unedo* L. (Žnidaršič, 2014), *Quercus pubescens* Wild. (Jerše in Batič, 2007) in na ravni zahodnega Balkana vrsta *Quercus robur* L. (Ballian in sod., 2010). Pri primerjavi

**Slika 3:** Vzorec razpršenosti populacij črnike, ki ga povzročata prvi dve diskriminativni funkciji**Fig. 3:** Distribution of populations of holm oak along the first and second discriminant functions

povprečnih vrednosti morfoloških značilnosti z literaturnimi podatki (Idžojtić, 2009; Brus, 2012; de Rigo in Cadullo, 2016) ugotavljamo, da je povprečna dolžina listov (4,92 cm) podobna tistim, ki so navedeni v literaturi (Brus, 2012 navaja 3–8 cm), medtem ko je povprečna širina izmerjenih listov (1,97 cm) manjša od literaturne (2–4 cm, Brus, 2012). Idžojtić (2009) navaja dolžino peclja med 0,5 in 1 cm (izjemoma do 1,5 cm), medtem ko je v naši analizi povprečna dolžina peclja 1,04 cm. Glede na to, da so povprečne vrednosti nekaterih znakov, kot je na primer širina listov, na meji podatkov iz literature, lahko sklepamo, da bi lahko majhne populacije ali pa njihov robni položaj v arealu ter izoliranost vplivali na manjšo variabilnost oz. manjše vrednosti parametrov.

Yilmaz in sodelavci (2017) so v svoji raziskavi v Turčiji ugotovili, da se morfološke razlike med populacijami črničke povečujejo z njihovo medsebojno geografsko oddaljenostjo. Podobne ugotovitve smo opazili tudi v naši študiji. Med prostorsko bližnjimi populacijami Sabotin, Sv. Gora in Lijak statističnih razlik med morfološkimi znaki nismo potrdili, pri čemer so vse tri populacije imele velike liste. Podobno razlik nismo potrdili tudi pri geografsko bližnjih populacijah Sv. Štefan in Stena, za katere so značilni nekoliko manjši, a bolj variabilni listi. Pomembne razlike pa smo potrdili med populacijami, ki so geografsko bolj oddaljene, kot na primer med populacijo Osp in Sv. Štefan. Podobne vzorce variabilnosti je pokazala tudi raziskava na rdečeploдном brinu (*Juniperus oxycedrus* L.), ki uspeva na podobnih rastiščih kot črnička (Brus in sod., 2016; Škrlič, 2016). Med vsemi populacijami v raziskavi se je najbolj razlikovala populacija brina iz Lijaka, ki je bila hkrati tudi najbolj izolirana in oddaljena od drugih populacij iz Istre in Dragonje. Kljub populacijskim razlikam pa jasne kinalne geografsko določene strukture v raziskavi niso zaznali. Tudi razširjena raziskava rdečeplodnega brina po celotnem Balkanskem polotoku ni potrdila jasne geografske strukturiranosti (Brus in sod., 2010). Podoben izostanek geografske strukture so zaznali tudi pri makedonskem hrastu (*Quercus trojana* Webb.) v populacijah Bosne in Hercegovine ter Črne gore (Ballian in sod., 2014), kjer je vzorec razširjenosti makedonskega hrasta podoben kot pri črnički v Sloveniji, t. j. obe vrsti rasteta v raztresenih populacijah na robu svojega areala.

Poleg geografske lokacije bi lahko na variabilnost listov pri črnički vplivala tudi količina letnih padavin. Barbero in sod. (1992) ugotavljajo, da so za drevesa na sušnih rastiščih pogosteje značilni bolj okrogli, manjši in nazobčani listi, medtem ko se na bolj vlažnih obmo-

čjih pojavljajo drevesa z bolj podolgovatimi listi z gladkim robom. Večje količine padavin v spomladanskih mesecih so povezane z večjimi listi, medtem ko manjše količine padavin in višje temperature delujejo na velikost negativno (Navarro-Cerrillo in sod., 2018). Količina evapotranspiracije prav tako lahko vpliva na velikost listov, saj imajo drevesa na bolj vetrovnih območjih pogosto manjše površine listov. Podobno pozitivno korelacijo med količino padavin in velikostjo določenih parametrov listov pri hrastih so ugotovili tudi Stephan in sod. (2018), ki so poleg tega potrdili še korelacijo z nadmorsko višino, oddaljenostjo lokacije od morja in globino tal.

Na podlagi podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje smo za vsako populacijo črničke izbrali najbližjo merilno postajo, kjer potekajo meritve količine padavin. Za populacije Sabotin, Sv. Gora in Lijak smo uporabili podatke postaje Šempas, kjer je povprečna letna količina padavin za obdobje 2010–2019 znašala 1693 mm. Populacijo Nanos smo povezali z merilno postajo Podraga, kjer je bilo letno povprečje padavin 1432 mm, za populacijo Osp smo uporabili podatke postaje Kozina, kjer je bila količina padavin 1410 mm, medtem ko smo za populacijo Stena in Sv. Štefan uporabili podatke postaje Portorož - Letališče, kjer je bilo letno povprečje padavin 994 mm. Opazili smo, da se populacije Sabotin, Sveta Gora in Lijak razlikujejo po večji količini padavin, kar se kaže tudi v njihovih večjih dimenzijah listov. Nasprotno populaciji Stena in Sv. Štefan kažeta manjše dimenzije listov, kar bi lahko bila posledica manjše količine padavin. Kljub nakazani povezavi med količino padavin in morfologijo listov pa bi za natančnejše in zanesljivejše sklepanje potrebovali dodatne raziskave.

Naša morfometrijska analiza listov črničke je pokazala, da med populacijami ni izrazitih razlik, ki bi nakazovale obstoj dveh ločenih morfotipov črničke. Izsledki kažejo, da obstaja le morfotip »*ilex*«, ki se odlikuje po podolgovatih, velikih in enostavnih listih (Barbero in sod., 1992). Če bi obstajal tudi morfotip »*rotundifolia*«, bi opazili drevesa z manjšimi listi, ki imajo bolj okroglo obliko in nazobčan rob. Čeprav se takšni listi občasno pojavljajo na mladih rastlinah ali v senčnih delih drevesa, nikoli niso obstajali na vsej odrasli rastlini.

Naša raziskava nakazuje možnost obstoja treh geografsko-morfološko ločenih skupin črničke v Sloveniji: i) Goriška, ii) Nanos-Osp in iii) dolina Dragonje. Medtem ko populacija Nanos še vedno uspeva v Vipavski dolini, je od najbližje populacije Lijak oddaljena približno 25 km. Kljub manjši geografski oddaljenosti je populacija Nanos bolj podobna populaciji Osp in dvema populacijama v dolini reke Dragonje (brez statistično značilnih razlik med

morfološkimi znaki) kot populacijam iz goriškega območja (preglednica 5, slika 3). Med populacijama Osp in Sv. Štefan so opazne statistično značilne razlike, zaradi česar se zdi smiselno, da populacijo Osp združimo s populacijo Nanos, saj obe uspevata v skalnatih apnenčastih stenah blizu ali na robu Krasa. Poleg tega sta si populaciji podobni tudi glede letne količine padavin.

Populaciji Stena in Sv. Štefan sta si geografsko zelo blizu in ju najdemo na apnenčastih otočkih v sicer flišnati dolini reke Dragonje (Wraber, 2002). Čeprav obstajajo nekatere razlike v srednjih vrednostih, statističnih razlik v morfoloških značilnostih listov med njima nismo potrdili, kar je verjetno posledica večje variabilnosti listov v populaciji Stena (vrednosti KV so največje med vsemi preučeni populacijami, preglednica 3). Treba je omeniti tudi, da sta bili populaciji v naši analizi obravnavani z relativno majhnim vzorcem dreves, kar bi lahko vplivalo na rezultate raziskave.

Populacije črnike v Sloveniji predstavljajo robne populacije te verjetno najizrazitejše in v celotnem Sredozemlju razširjene vrste. Robne populacije so pogosto izpostavljene genetskemu zdrsu in selekcijskim pritiskom, ki spodbujajo evolucijske prilagoditve. To lahko vodi do nastanka novih fenotipskih (in genetskih) lastnosti, ki so posledica prilagoditve na konkretne okoljske razmere. Na drugi strani lahko robne populacije rabijo kot izvori za širjenje vrst v nove habitate, ki na novo nastajajo oz. se premikajo kot posledica podnebnih sprememb. Te populacije pogosto predstavljajo tudi edinstvene habitate, ki gostijo specializirane vrste rastlin in živali. Prav zaradi tega je ustrezno varovanje takšnih populacij ključno za zagotavljanje odpornosti ekosistemov proti podnebnim spremembam in zaščito biotske raznovrstnosti ter ekosistemskih storitev, ki jih vrste zagotavljajo. Črnika je pri nas uvrščena na rdeči seznam kot redka vrsta. Njena razširjenost je sicer raztresena, vendar stabilna. Njena nahajališča veljajo za reliktna (Petauer, 1979; Dakskobler, 1998), kar pomeni, da tam obstajajo že dolgo obdobje. Tudi danes najverjetneje niso v resnejši nevarnosti, čeprav je nahajališči v dolini Dragonje nekoč ogrožal človek (Wraber, 2002). Večina populacij raste na nedostopnih območjih, kjer jih človek ne ogroža. Poleg tega je vrsta toploljubna in prilagojena na sušo, kar bi ji lahko pomagalo pri samostojni širitvi ob podnebnih spremembah, saj na današnjih nahajališčih nima veliko konkurence (Dakskobler, 1998) in se tudi uspešno pomlajuje (Jež, 2019). V primeru aktivnih varstvenih ukrepov za ohranjanje vrste bi bilo vsekakor smiselno čimbolj upoštevati ugotovljene tri geografsko-morfološke ločene skupine.

5 POVZETEK

5 SUMMARY

Isolated populations of plant species at the edge of their natural range show lower genetic and morphological variability, which increases their vulnerability, especially in the face of adverse climate change. This phenomenon can lead to the extinction of populations in unfavourable conditions, while in favourable conditions they can spread, as has happened with some species since the ice age. In Slovenia, small populations of *Quercus ilex* L. are an example of such isolation, where the species thrives in warm limestone sites at the edge of its natural range. Morphometric analysis revealed differences in several morphological traits, the most variable of which are leaf area, leaf width and petiole length. The geographical distance between populations influences these morphological differences, with closer populations being more similar. Geographical location and climatic conditions, such as rainfall, can play an important role in shaping the morphological characteristics of plants. The analysis of rainfall data from different gauging stations has to some extent confirmed that higher rainfall promotes the development of larger leaves, while drought conditions lead to the growth of smaller and rounder leaves. The survey revealed the existence of three morphologically and geographically distinct groups of holm oak in Slovenia, indicating adaptive variability of the species according to local environmental conditions. Understanding the morphological and genetic variability of marginal populations is key to designing strategies to conserve biodiversity and ensure sustainable ecosystem management in the face of global change.

VIRI

REFERENCES

- Ballian D., Memišević M., Bogunić F., Bašić N., Marković M., Kajba D. 2010. Morphological variability of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the region of Croatia and Western Balkans. *Šumarski list*, 134, 7–8: 371–386. <https://hrcak.srce.hr/en/clanak/87829>
- Ballian D., Hajrudinović A., Franjić J., Bogunić F. 2014. Morfološka varijabilnost lista makedonskega hrasta (*Quercus trojana* Webb.) u Bosni i Hercegovini i Crnoj Gori. *Šumarski list*, 138, 3–4: 135–144. <https://hrcak.srce.hr/en/clanak/180038>
- Barbero M., Loisel R., Quezel P. 1992. Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio*, 99–100: 19–34.
- Brus R., Ballian D., Zhelev P., Pandža M., Bobinac M., Acevski J., Raftoyannis Y., Jarni K. 2010. Absence of geographical structure of morphological variation in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* in the Balkan peninsula. *European Journal of Forest Research*, 130: 657–670. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0457-1>
- Brus R. 2011. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. <https://repositorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=147577&lang=eng>

- Brus R. 2012. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga.
- Brus R., Idžojtič M., Jarni K. 2016. Morphologic variation in northern marginal *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* populations in Istria. *Plant Biosystems*, 150, 2: 274–284. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.984790>
- Cadullo G., Welk E., San-Miguel-Ayanz J. 2017. Chronological maps of the main European woody species. *Data in Brief*, 12: 662–666. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007>
- Černigoj M. 2011. Spolni dimorfizem kranjske kozje češnje (*Rhamnus fallax* Boiss.) na območju Javornikov: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=15969>
- Čugalj J. 2015. Spolni dimorfizem kranjske kozje češnje (*Rhamnus fallax* Boiss.) na območju Kamniško-Savinjskih Alp: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=115160>
- Dakskobler I. 1997. Fitocenološka oznaka sestojev črnega hrasta *Quercus ilex* L. na Sabotinu in nad izvirom Lijaka (zahodna Slovenija). *Acta Biologica Slovenica*, 41, 2–3: 19–42.
- Dakskobler I. 1998. Rastlina meseca februarja: Črnika (*Quercus ilex*). *Proteus*, 60, 6: 278–280.
- Dakskobler I. 2004. Združbe črnega gabra (*Ostrya carpinifolia*) v Srednjem Posočju (zahodna Slovenija). *Razprave 4. razreda SAZU* (Ljubljana), 45–2: 37–146.
- Dakskobler I., Papež J. 2001. *Quercus ilex* L. *Hladnikia*, 11: 28–31.
- Dakskobler I., Kutnar L., Zupančič M. 2014. Toploljubni listnati gozdovi v Sloveniji. Ljubljana, Gozdarska založba.
- Idžojtič M. 2009. Dendrologija: list. Zagreb, Akademija šumarskih znanosti.
- Jagrič M., Jarni K., Brus R. 2013. Sexual dimorphism and distribution of *Daphne laureola* L. in the Bohor area. *Acta Silvae et Ligni*, 101: 23–32. <https://doi.org/10.20315/ASetL.101.3>
- Jerše M., Batič F. 2007. Morfološka analiza puhastega hrasta (*Quercus pubescens* Willd.) v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 83: 35–45. <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=7681&lang=eng>
- Jež M. 2019. Razširjenost, variabilnost in ogroženost črnik (*Quercus ilex* L.) v Sloveniji: diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=111049>
- Kaligarič M. 1990. Botanična podlaga za naravovarstveno vrednotenje slovenske Istre. *Varstvo narave*, 16: 17–44.
- Kišek M., Jarni K., Brus R. 2015. Morfološka variabilnost lesnike (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) v Sloveniji in smernice za njeno dolgoročno ohranitev. *Gozdarski vestnik*, 73, 9: 355–368. <https://zgds.si/wp-content/uploads/2017/01/gozdarskiVestnik2015.pdf>
- Kolman M. 2016. Spolni dimorfizem kranjske kozje češnje (*Rhamnus fallax* Boiss.) v Julijskih Alpah: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=115155>
- Mikuletič V. 1963. Novo nahajališče črnega hrasta. *Gozdarski vestnik*, 21, 5–6: 171. <https://zgds.si/wp-content/uploads/2017/01/gozdarskiVestnik1963.pdf>
- Navarro-Cerrillo R.M., Ruiz Gomez F.J., Cabrera-Puerto R.J., Sánchez-Cuesta R., Palacios Rodriguez G., Quero Pérez J.L. 2018. Growth and physiological sapling responses of eleven *Quercus ilex* ecotypes under identical environmental conditions. *Forest Ecology and Management*, 415–416: 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.01.004>
- Peguero-Pina J.J., Sancho-Knapik D., Barron E., Camarero J.J., Vilagrosa A., Gil-Pelegrin E. 2014. Morphological and physiological divergences within *Quercus ilex* support the existence of different ecotypes depending on climatic dryness. *Annals of Botany*, 114: 301–313. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu108>
- Petauer T. 1979. Sestoje črničevja (*Quercus ilex* L.) pod Nanosom. *Varstvo narave*, 12: 75–83.
- de Rigo D., Cadullo G. 2016. *Quercus ilex* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. V: *European Atlas of Forest Tree Species*. Luxembourg, Publication Office of the European Union: 152–153.
- Rice W.R. 1989. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, 43: 223–225.
- Sexton J.P., McIntyre P.J., Angert A.L., Rice K.J. 2009. Evolution of ecology of species range limits. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 40: 415–436. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120317>
- Stephan J.M., Teeny P.W., Vessella F., Schirone B. 2018. Oak morphological traits: Between taxa and environmental variability. *Flora*, 243: 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2018.04.001>
- Škrlj M. 2016. Rdečeplojni brin (*Juniperus oxycedrus* L.) v Sloveniji: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=115158>
- Ylmaz A., Uslu E., Babaç T.M. 2017. Morphological variability of evergreen oaks (*Quercus*) in Turkey. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*, 24, 1: 39–47. <https://doi.org/10.3329/bjpt.v24i1.33004>
- Wraber T. 2002. Rastlinski svet doline Dragonje v naravovarstvenem pogledu. *Varstvo narave*, 19: 43–58.
- Žnidaršič A. 2014. Razširjenost in ogroženost navadne jagodičnice (*Arbutus unedo* L.) v Sloveniji: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=115174>