

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Miha JAGRIČ

**SPOLNI DIMORFIZEM IN RAZŠIRJENOST LOVOROLISTNEGA
VOLČINA (*Daphne laureola* L.) NA OBMOČJU BOHORJA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SEXUAL DIMORPHISM AND DISTRIBUTION OF *Daphne laureola* L.
IN BOHOR AREA**

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija Gozdarstvo in obnovljivi gozdni viri. Opravljeno je bilo na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Meritve so bile opravljene leta 2011 na območju Zavoda za gozdove Slovenije (območne enote Brežice, krajevne enote Senovo).

Komisija za študij 1. in 2. stopnje Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 16. 3. 2012 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Roberta Brusa in recenzenta prof. dr. Franca Batiča,

Komisija za oceno zagovora:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem besedilu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Miha Jagrič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

- ŠD Dn
- DK GDK 181.1+164Daphne laureola L.(497.4)(043.2)=163.6
- KG *Daphne laureola* L./lovorolistni volčin/spolni dimorfizem/razširjenost/Bohor/
spolna struktura/morfometrijska analiza
- AV JAGRIČ, Miha
- SA BRUS, Robert (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in
obnovljive gozdne vire
- LI 2012
- IN SPOLNI DIMORFIZEM IN RAZŠIRJENOST LOVOROLISTNEGA
VOLČINA (*Daphne laureola* L.) NA OBMOČJU BOHORJA
- TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
- OP X, 65 str., 23 pregl., 15 sl., 3 pril., 65 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Ginodiocična vrsta lovorolistni volčin (*Daphne laureola* L.) je ena izmed šestih samoniklih vrst iz rodu volčinov (*Daphne* L.) v Sloveniji. Cilji naloge so bili: ugotoviti razširjenost lovorolistnega volčina na Bohorju, ugotoviti spolno strukturo populacij na izbranih ploskvah lovorolistnega volčina na Bohorju in njeno povezavo z rastiščnimi razmerami ter ugotoviti, ali poleg razlike v cvetovih obstajajo še druge značilne morfološke razlike med obojespolnimi in ženskimi rastlinami lovorolistnega volčina. V raziskavo so bile vključene štiri ploskve na severnem delu Bohorskega pogorja, in sicer po dve v vsakem višinskem pasu. Skupno je bilo za preučevanje spolne strukture popisanih 277 osebkov, med njimi pa še 90 osebkov za preučevanje spolnega dimorfizma. Kot je bilo predpostavljajeno, je območje razširjenosti lovorolistnega volčina na Bohorju relativno majhno. Ugotovljeno je bilo, da v spodnjem delu tega območja razširjenosti tudi v kvadrant 9959/1 (kartiranje srednjeevropske flore), kjer lovorolistni volčin do sedaj še ni bil zabeležen. Delež ženskih rastlin po ploskvah se je gibal med 3,17 % in 37,17 % in je bil obratno sorazmeren z naraščanjem nadmorske višine. Pogostnost pojavljanja, deleži ženskih rastlin in morfološke lastnosti rastlin so bile odvisne od dejavnikov okolja. Grmi so imeli v višjem pasu več cvetov, listi pa so bili daljši, z bolj topim vrhom listne ploskve in ostrejšim dnom listne ploskve. Razlike med obojespolnimi in ženskimi osebki so bile majhne in večinoma niso bile statistično značilne. Značilne razlike so bile ugotovljene le pri dveh znakih, in sicer so imeli ženski osebki značilno več debel, obojespolni osebki pa značilno daljše liste.

KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

- DN Dn
- DC FDC 181.1+164Daphne laureola L.(497.4)(043.2)=163.6
- CX *Daphne laureola* L./spurge laurel/sexual dimorphism/distribution/Bohor/
morphometric analysis/sexual structure/
- AU JAGRIČ, Miha
- AA BRUS, Robert (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and
renewable forest resources
- PY 2012
- TI SEXUAL DIMORPHISM AND DISTRIBUTION OF *Daphne laureola* L.
IN BOHOR AREA
- DT Graduation Thesis (University Studies)
- NO X, 65 p., 23 tab., 15 fig., 3 ann., 65 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Gynodioecious *Daphne laureola* L. is one of six species from Genus *Daphne* L., native in Slovenia. The main goals of this research were: determine the area of distribution of species *Daphne laureola* L. in the area of Bohor, determine the sexual structure of populations and its correlation with site conditions and determine if there are any other morphological differences among females and hermaphrodites except in structure of the flowers. In this research four sites were included – two in each altitude range. Sites were located in the north side of Bohor. Altogether 277 plants were studied for sexual structure and 90 of them were additionally studied for sexual dimorphism. As it was assumed, the area of distribution of species *Daphne laureola* in the area of Bohor is relatively small. It was discovered that in lower part, area of distribution reaches in quadrant 9959/1 (Central European flora mapping), where species was not yet recorded. Sex ratio of female plants was between 3,17 % and 37,17 % and was lower in higher areas. It was concluded that the frequency of plants, proportion of female individuals and morphological traits of plants are highly related with environmental factors. The plants had more flowers in the higher areas, leaves were longer and had rounder tips and the base of leaves was sharper. The differences among females and hermaphrodites were small and were not statistically significant. Statistically significant differences appeared only in two traits: females had significantly higher number of trunks and hermaphrodites had significantly longer leaves.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI).....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD	1
1.1 PREDSTAVITEV RODU VOLČIN (<i>Daphne</i> L.)	1
1.2 LOVOROLISTNI VOLČIN (<i>Daphne laureola</i> L.)	3
1.3 SPOL CVETOV IN RASTLIN, SPOLNI DIMORFIZEM IN SPOLNA STRUKTURA POPULACIJ LOVOROLISTNEGA VOLČINA	7
1.4 PREGLED LITERATURE	12
1.5 OPREDELITEV PROBLEMA	18
1.6 NAMEN IN DELOVNE HIPOTEZE NALOGE	19
2 MATERIAL IN METODE	20
2.1 OPIS OBMOČJA RAZISKAVE	20
2.2 ZNAČILNOSTI GOZDNOGOSPODARSKE ENOTE BOHOR	20
2.3 VEGETACIJSKI ORIS GOZDOV	21
2.4 LOKACIJE RAZSKOVALNIH PLOSKEV	22
2.5 IZBOR IN OPIS PLOSKEV	24
2.6 ZBIRANJE PODATKOV	26
2.7 MORFOMETRIJSKA ANALIZA	29
2.8 STATISTIČNE METODE	31
3 REZULTATI	32
3.1 RAZŠIRJENOST LOVOROLISTNEGA VOLČINA NA BOHORJU	32
3.2 ŠTEVILO ANALIZIRANIH OSEBKOV PO PLOSKVAH	35
3.3 SPOLNA STRUKTURA POPULACIJ	35
3.4 MORFOLOŠKE LASTNOSTI	38
3.4.1 MORFOLOŠKA VARIABILNOST GRMOV	38
3.4.2 MORFOLOŠKA VARIABILNOST LISTOV	39

3.5	SPOLNI DIMORFIZEM.....	42
3.5.1	PRIMERJAVA POVPREČNIH VREDNOSTI ZNAKOV, MERJENIH NA GRMIH	42
3.5.2	PRIMERJAVA POVPREČNIH VREDNOSTI ZNAKOV, MERJENIH NA LISTIH.....	44
3.6	PRISPEVEK POSAMEZNEGA NIVOJA PREUČEVANJA K VARIABILNOST ZNAKOV, MERJENIH NA LISTIH	46
3.7	UGOTAVLJANJE VARIABILNOSTI S POMOČJO DISKRIMINANTNE ANALIZE.....	48
4	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	51
4.1	RAZPRAVA.....	51
4.1.1	MORFOLOŠKA VARIABILNOST IN VPLIV OKOLJA	51
4.1.2	SPOLNA STRUKTURA.....	52
4.1.3	SPOLNI DIMORFIZEM.....	53
4.2	SKLEPI.....	54
5	POVZETEK.....	56
6	VIRI	59
	ZAHVALA	66
	PRILOGE.....	67

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Površina in delež gozdnih združb v GGE po skupinah rastišč (GGN, 2008).....	21
Preglednica 2: Raziskovalne ploskve po višinskih pasovih.....	24
Preglednica 3: Podatki za ploskev 1	24
Preglednica 4: Podatki za ploskev 2	25
Preglednica 5: Podatki za ploskev 3	25
Preglednica 6: Podatki za ploskev 4	25
Preglednica 7: Lestvica pogostnosti pojavljanja.....	28
Preglednica 8: Okrajšave izmerjenih morfoloških znakov	29
Preglednica 9: Morfološki znaki, izmerjeni na listih.....	29
Preglednica 10: Podatki o pogostnosti pojavljanja in številu preučevanih osebkov na raziskovalnih ploskvah	35
Preglednica 11: Število osebkov različnih spolov lovorolistnega volčina (<i>Daphne laureola</i> L.) v dveh višinskih pasovih in skupno povprečje.....	37
Preglednica 12: Delež osebkov različnih spolov lovorolistnega volčina (<i>Daphne laureola</i> L.) v dveh višinskih pasovih in skupno povprečje.....	38
Preglednica 13: Povprečje, standardni odklon in koeficient variacije znakov, merjenih na grmih lovorolistnega volčina.....	39
Preglednica 14: Povprečje, standardni odklon in koeficient variacije znakov, merjenih na listih lovorolistnega volčina.....	41
Preglednica 15: Število osebkov izbranih za preučevanje spolnega dimorfizma po posameznih ploskvah.....	42
Preglednica 16: Povprečne vrednosti različnih znakov merjenih na grmih lovorolistnega volčina, ločeno po obojespolnih in ženskih rastlinah	43
Preglednica 17: Skupne povprečne vrednost različnih znakov merjenih na grmih, ločeno po obojespolnih in ženskih rastlinah	43
Preglednica 18: Povprečne vrednosti različnih znakov merjenih na listih lovorolistnega volčina, ločene po spolu	45
Preglednica 19: Skupne povprečne vrednost različnih znakov merjenih na listih, ločeno po obojespolnih in ženskih rastlinah	45

Preglednica 20: Prispevek posameznih nivojev proučevanja k variabilnosti posameznih morfoloških znakov grmov in listov lovorolistnega volčina	47
Preglednica 21: F-vrednosti gnezdasto zasnovanega poskusa za analizirane znake na listih lovorolistnega volčina	47
Preglednica 22: Standardizirane uteži diskriminantnih spremenljivk.....	48
Preglednica 23: Relativna pomembnost diskriminantnih spremenljivk	48

KAZALO SLIK

Slika 1: Vrh poganjka lovorolistnega volčina, posamezen cvet in plod ter cvet in plod v prerezu (Fitch, 1994)	4
Slika 2: Kvadranti, kjer naj bi bil lociran lovorolistni volčin v Sloveniji (Jogan, 2001).....	4
Slika 3: Razlika v velikosti med obojespolnim (daljšim) in ženskim (krajšim) cvetom (merilo: 10:1)	6
Slika 4: Značilna arhitektura grma lovorolistnega volčina (<i>Daphne laureola</i> L.). Številke označujejo različne nivoje razvejanosti v povezavi s posameznim listnim vretenom (Alonso in Herrera, 1996).....	6
Slika 5: Brsti lovorolistnega volčina (foto: M. Jagrič)	7
Slika 6: Po tradicionalnem modelu sta prikazani evlucijski poti od hermafrodizma k dieciji skoz ginodiecijo in androdiecijo.	11
Slika 7: Lokacije raziskovalnih ploskev lovorolistnega volčina na Bohorju.....	23
Slika 8: Socvetja lovorolistnega volčina (foto: J. Badia).....	26
Slika 9: Označevanje grmov, določenih za preučevanje spolnega dimorfizma (foto: M. Jagrič)	28
Slika 10: Nekateri morfološki znaki, merjeni na listih lovorolistnega volčina.....	30
Slika 11: Območje razširjenosti lovorolistnega volčina z označenimi zunanjimi osebki (rdeči kvadrati).....	34
Slika 12: Deleži rastlin različnih spolov in nedoločenih osebkov lovorolistnega volčina (<i>Daphne laureola</i> L.) po posameznih ploskvah	36
Slika 13: Deleži rastlin različnih spolov in nedoločenih osebkov lovorolistnega volčina (<i>Daphne laureola</i> L.) po dveh višinskih pasovih	37
Slika 14: Graf diskriminantnih funkcij za štiri ploskve	49
Slika 15: Lista, ki ustrežata rezultatom diskriminantne analize.	50

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: POPISNI LIST (PRVA FAZA).....	67
PRILOGA B: POPISNI LIST (DRUGA FAZA).....	68
PRILOGA C: SHRANJEVANJE POSUŠENIH IN STISNjenih LISTOV	69

1 UVOD

Vrste rodu *Daphne* so znane po dišečih in barvitih cvetovih. Kljub temu, da komaj dišeči rumenozeleni cvetovi lovorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) ne izstopajo kot pri drugih vrstah, so vendarle posebni. Od večine drugih vrst v rodu se razlikujejo po tem, da so lahko na ločenih rastlinah obojespolni ali ženski cvetovi. Ta način razporeditve cvetov se imenuje ginodiecija, ki je v teoriji vmesna faza med enodomnostjo (moškimi in ženskimi cvetovi na isti rastlini) in dvodomnostjo. Na prvi pogled se osebki obeh opisanih tipov lovorolistnega volčina med seboj ne razlikujejo, vendar so bile med njimi že odkrite nekatere razlike v lastnostih, ki niso povezane z razmnoževanjem. Prav tako je razmnoževalni sistem lovorolistnega volčina zelo raznolik. V eni populaciji lahko najdemo le hermafrodite, v drugi pa poleg obojespolnih tudi do 60 % ženskih rastlin. Ob bližjem ogledu cvetov lahko vidimo razlike v velikosti in zgradbi cvetov osebkov različnih spolov, v tem diplomskem delu pa smo preučevali, ali obstajajo še druge morfološke razlike med osebki različnih spolov in kakšna je spolna struktura populacij lovorolistnega volčina na izoliranem območju njegove razširjenosti na Bohorju.

1.1 PREDSTAVITEV RODU VOLČIN (*DAPHNE* L.)

Sistematika rodu *Daphne* (po Batič in sod., 2003):

DEBLO (*divisio*): *Spermatophyta* – semenke

PODDEBLO (*subdivisio*): *Magnoliophytina* – kritosemenke

RAZRED (*classis*): *Rosopsida* – prave dvokaličnice

PODRAZRED (*subclassis*): *Rosidae*

RED (*ordo*): *Thymelaeales* – volčinovci

DRUŽINA (*familia*): *Thymelaeaceae* – volčinovke

ROD (*genus*): *Daphne* L. – volčin

Rod *Daphne* obsega vednozeleno in listopadne grme, katerih listi so večinoma premenjalno nameščeni. Cvetovi so dvospolni, barviti, cevasto podaljšani, plodovi koščičasti in omeseneli. Vsi rastlinski deli so močno strupeni. Znanih je 50-70 vrst, v Evropi 17. V

Sloveniji je samoniklih 6 vrst. Poleg lovorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) so to še navadni volčin (*Daphne mezereum* L.), Blagajev volčin (*Daphne blagayana* Freyer), alpski volčin (*Daphne alpina* L.), dišeči volčin (*Daphne cneorum* L.) in progasti volčin (*Daphne striata* Tratt.). Mnoge vrste iz rodu so redke in ogrožene, nekatere zavarovane (Brus, 2005).

Tudi Brickell in Mathew (1976) navajata, da vsebuje rod *Daphne* 70 grmovnih vrst, ki so v glavnem razširjene po Evropi in v zmerni in subtropski Aziji. Večina vrst cveti spomladi z dišečimi cvetovi in razponom barv od bele do vijolične, nekatere z zeleno-rumenimi ali rumenimi cvetovi (Brickell and White 2000; Halda 2001). Nektar se proizvaja na dnu venčne cevi in je v glavnem dostopen le žuželkam z dolgim rilčkom, kot so metulji in vešče (Brickell and Mathew 1976). Habitus rastlin v rodu obsega razpon od pritlikavih oblik, velikih le nekaj centimetrov, do ogromnih grmov in dreves. Več vrst je bilo komercialno razširjenih zaradi zaželenih hortikulturnih lastnosti, kot so privlačni listi, značilni način rasti, barva cvetov in predvsem prijeten vonj. Še posebej dišeči volčin (*Daphne cneorum* L.) je tako postala, vsaj po mnenju nekaterih, najbolj popularna trajnica med cvetočimi grmi v vrstah gojiteljev okrasnih rastlin (Brickell and White, 2000; Halda, 2001).

Znani križanci znotraj rodu *Daphne* so: *Daphne houtteana* Lindl. & Paxton, ki je križanec med vrsto *Daphne laureola* in *Daphne mezereum*; *Daphne burkwoodii* Turill – križanec med vrsto *Daphne caucasica* in *Daphne cneorum*; *Daphne neapolitana* Lodd. – križanec med vrsto *Daphne cneorum* in *Daphne oleoides*; *Daphne reichsteinii* E. Landolt & E. Hauser – križanec med vrsto *Daphne alpina* in *Daphne petraea*. Dakskobler in sod. (2011) so odkrili še enega križanca, ki so ga poimenovali *Daphne* × *savensis*. Nastal je kot križanec med vrstama *Daphne alpina* L. subsp. *scopoliana* in *Daphne cneorum* L. subsp. *cneorum*. Našli so ga v Zasavju med krajema Zagorje in Trbovlje in je po morfoloških lastnostih podoben vrsti *Daphne alpina* subsp. *scopoliana*, le da je malo večji. Najbolj očitno se razlikujeta v cvetovih, ki so pri križancu rahlo rozasto obarvani. Hibrid je zelo redek, saj so na nahajališču v Zasavju našli le 14 grmov, zato priporočajo, da se križanec na tem območju ustrezno zaščiti.

Rod *Daphne* ni tako raznolik glede razmnoževalnih sistemov, saj je ginodiecija, ki jo najdemo pri lovorolistnem volčinu (*Daphne laureola* L.), znana le še pri vrsti *Daphne kamtchatica* (Kikuzawa, 1989). Enospolni cvetovi pa so bili občasno opaženi tudi pri vrstah *D. acutiloba*, *D. jezoensis*, *D. mezereum*, *D. odora* in *D. oleoides* (Brickell in Mathew 1976; Nieto Feliner 1997).

1.2 LOVOROLISTNI VOLČIN (*Daphne laureola* L.)

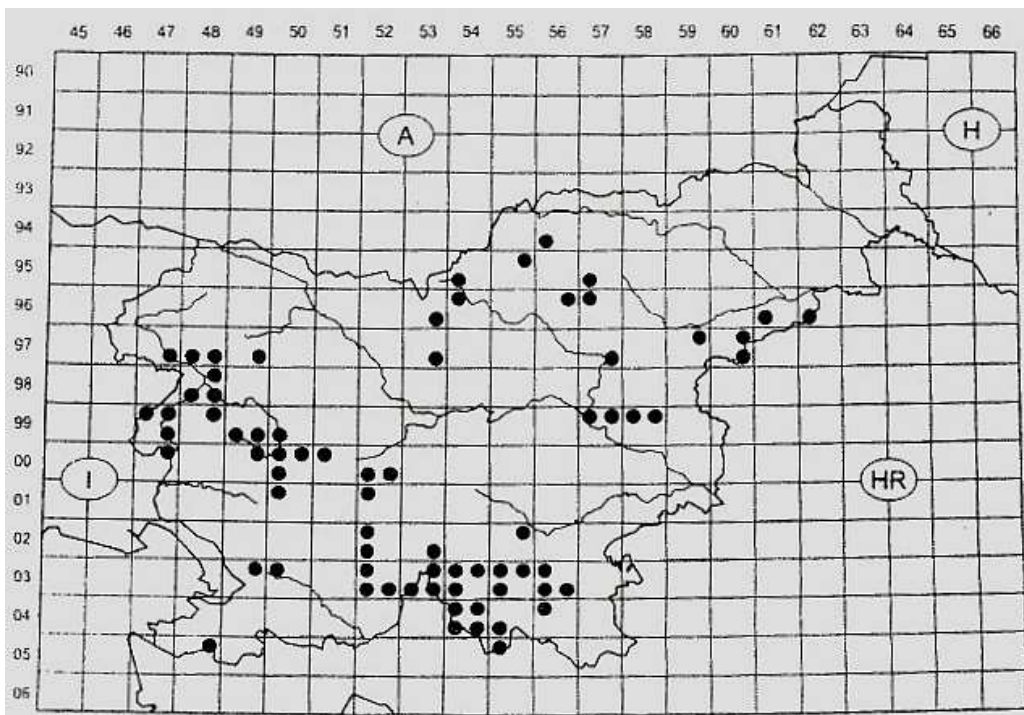
Lovorolistni volčin je vednozelen grm, ki doseže višino med 0,5 m in 1,5 m. Je slabo razvejan grm, s pokončnimi poganjki, ki pa so lahko v spodnjem delu debla ukrivljeni tako, da rastejo po tleh, pokončni pa so le vrhovi. Skorja mladih poganjkov je zelena, kasneje pa postane siva z rumenim odtenkom. Listi so enostavni, narobe jajčasti do suličasti, 3-10 cm dolgi, usnjati, temno zeleni in bleščeči. Na mladih poganjkih so razporejeni premenjalno, na starejših na koncu poganjkov vretenčasto. Cvetovi so rumenozeleni, komaj dišeči in po 5-10 v majhnih zalistnih grozdih na koncu poganjkov. Tako ženski kot obojespolni cvetovi imajo po eno plodnico, razlikujejo pa se po tem, da imajo ženski cvetovi le preostanke prašnikov, ki ne proizvajajo peloda in krajše venčne cevi kot cvetovi obojespolnih rastlin. Tako kot pri vseh vrstah rodu *Daphne* tudi pri lovorolistnem volčinu pravih venčnih listov ni oziroma so zakrneli. Njihovo vlogo opravljajo štirje v cev zarastli čašni listi, ki oblikujejo hipantij. Pestiči cvetov so majhni, s kratkimi vratovi, ki pa lahko tudi manjkajo. Koščičasti plodovi so podolgovati, do 10 mm dolgi, bleščeče črni in sočni (Brus, 2005). Vsak plod vsebuje eno seme. Je sencozdržna vrsta, ki najraje raste na apnencu. Vsi deli rastline so strupeni, vendar preučujejo nekatere toksične spojine kot potencialna zdravilna sredstva proti levkemiji (Bown, 1995).



881. *Daphne Laureola* L.
Spurge Laurel; G.

Slika 1: Vrh poganjka lovorolistnega volčina, posamezen cvet in plod ter cvet in plod v prerezu (Fitch, 1994)

Lovorolistni volčin je razširjen v zahodni, srednji in južni Evropi, v Sredozemlju, severni Afriki in zahodni Aziji. V Sloveniji raste po senčnih in vlažnih gozdovih od nižin do gorskega pasu, največkrat v gorskih bukovih, jelovo-bukovih in drugih svežih mešanih gozdovih (Brus, 2005).



Slika 2: Kvadranti, v katerih je bil zabeležen lovorolistni volčin v Sloveniji (Jogan, 2001)

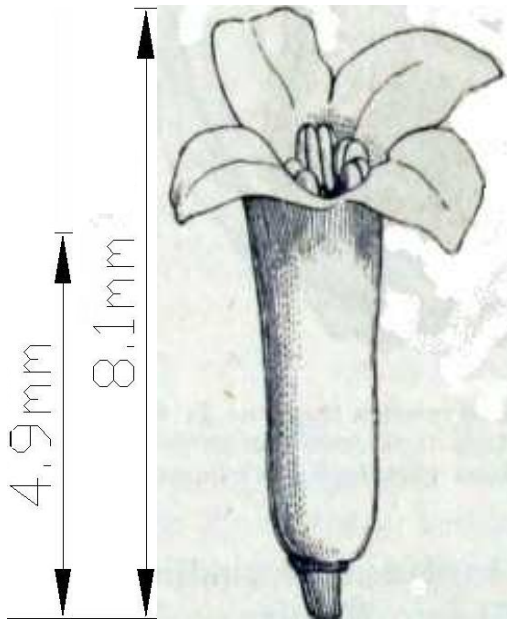
Kot opraševalci vrste so bile odkrite čebele iz družin *Andrenidae*, *Apidae* in *Megachilidae*, vendar se na cvetovih pojavljajo dosti redkeje kot hrošči vrste *Meligethes elongatus* Rosenhauer (*Nitidulidae*), ki nabirajo pelod in se na območju cvetov občasno tudi pari. Ponoči cvetove oprašujejo tudi večje iz družine *Noctuidae* kot so: *Autographa gamma* L., *Agrotis* sp., *Cerastis faceta* Treitschke in *Xylocampa areola* Esper (Alonso, 2004).

V zvezni državi Washington je bil lovorolistni volčin leta 2007 označen kot strupen plevel razreda B. Lovorolistni volčin se tu pojavlja kot invazivna vrsta, ki se hitro širi in je sposobna hitro kolonizirati območje. Pri tem lahko izpodrine avtohtono floro in celo spremeni kemijske lastnosti zemlje (Prasad, 2005). Na tem območju raste na glinasti ilovici, in sicer na nevtralnih do rahlo kislih, suhih tleh. Dobro uspeva v senčnih legah z minimalno količino svetlobe (Brown, 2006).

Hulme (1992) navaja, da v mediteranskem območju lovorolistni volčin cveti v obdobju februarja in marca, malo pred tem, ko se izoblikujejo novi listi. Plodovi dozoriijo zgodaj junija, prej kot pri večini rastlin z mesnatimi plodovi v bližini in so močno objedani od miši in ptičev. Rastlina odvrže najstarejše liste zgodaj poleti.

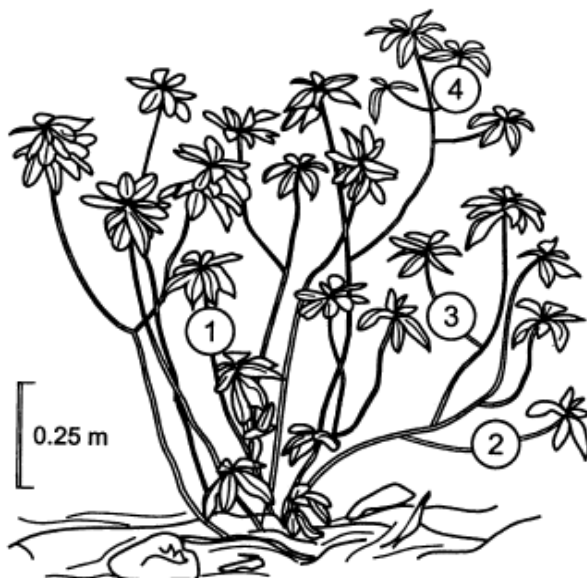
Grm lovorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) je sestavljen iz številnih pokončnih debel, ki se dvigajo od tal iz skupnega debela (slika 4). Liste najdemo le na koncu posamezne veje, kjer oblikujejo listno rozeto. Posamezna stebila lahko ostanejo nerazrastla. Različnost med grmi v številu, dolžini in stopnji razvejanosti debel ustvarja širok spekter arhitekturnih tipov te vrste (Alonso in Herrera, 1996).

Lovorolistni volčin je ginodiecicčen in se pojavlja v populacijah, katere sestavljajo tako obojespolni kot ženski posamezniki (Nieto Feliner, 1997). Alonso in Herrera (2001) sta preučevala razliko med ženskimi in obojespolnimi cvetovi. Ženskim cvetovom so ostali prašniki, ki ne proizvajajo peloda, ti cvetovi pa imajo krajše hipantije ($4,9 \pm 0,45$ mm, N= 45 cvetov) kot pa obojespolni ($8,1 \pm 0,92$ mm, N= 56). Opraševanje opravijo tako dnevne (čebele iz družine *Andrenidae*, *Megachilidae* in *Apidae*; hrošči iz družine *Nitidulidae*) kot nočne žuželke (več vrst iz družine *Noctuidae*).



Slika 3: Razlika v velikosti med obojespolnim (daljšim) in ženskim (krajšim) cvetom (merilo: 10:1) (prirejeno po Thome, 1892)

Najpogostejši rastlinojedi na lovorolistnem volčinu (*Daphne laureola* L.) so larve metuljev (*Lepidoptera*), ki se prehranjujejo z listi volčina. Sesalci se ne prehranjujejo na grmih volčina, vejetno zaradi prisotnosti različnih strupenih in repelentnih substanc v listih (Hegnauer, 1973).



Slika 4: Značilna arhitektura grma lovorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.). Številke označujejo različne nivoje razvejanosti v povezavi s posamezno listno rozeto (Alonso in Herrera, 1996)



Slika 5: Brsti lovorolistnega volčina (foto: M. Jagrič)

1.3 SPOL CVETOV IN RASTLIN, SPOLNI DIMORFIZEM IN SPOLNA STRUKTURA POPULACIJ LOVOROLISTNEGA VOLČINA

Skozi razvoj so se oblikovali cvetovi različnih vrst, ki so lahko na rastlinah razporejeni na več načinov:

Vrste cvetov (Brus, 2005):

- dvospolni (hermafroditni) imajo v istem cvetu razvite prašnike in pestič (pogosto pri kritosemenkah, npr. rožnice, metuljnice ..., nikoli pri golosemenkah);
- enospolni cvetovi imajo razvite samo prašnike (moški cvetovi) ali samo pestič ali semenske zasnove (ženski cvetovi) (vse golosemenke in mnoge kritosemenke, med njimi bukovke, brezovke ...);
- sterilni cvetovi so brez pestiča in prašnikov in imajo razvito samo cvetno odevalo.

Način raporeditve na rastlinah (Brus, 2005):

- enodomne (monoecične) rastline imajo moške in ženske cvetove na istem osebku (smreka, jelka, leska, bukev, hrast ...);
- dvodomne (diecične) rastline imajo moške in ženske cvetove na ločenih rastlinah (brini, tisa, vrbe, topoli ...);
- poligamne rastline imajo poleg enospolnih razvite tudi dvospolne cvetove na istem osebku. Znotraj teh nekateri razlikujejo še andromonoecične rastline, ki imajo na isti rastlini moške in dvospolne cvetove (bela čmerika), ginomonoecične rastline, ki imajo na isti rastlini ženske in dvospolne cvetove, in ginodiecične rastline, ki imajo na enih rastlinah dvospolne, na drugih pa samo ženske cvetove. Trimonoecična rastlina ima na isti rastlini moške, ženske ter obojespolne cvetove (divji kostanj). Triecične (tridomne) rastline pa imajo na enih rastlinah samo ženske, na drugih samo moške in na tretjih samo dvospolne cvetove (veliki jesen).

Tako diecičnost kot poligamnost omogočata preučevanje spolne strukture populacij. Spolna struktura populacij diecičnih vrst je lahko prikazana z dvema kazalnikoma (Falinski, 1980):

- z razmerjem reproduktivnih osebkov populacije v primerjavi z vsemi osebki ali posamezniki, ki niso sposobni reprodukcije in
- z razmerjem med moškimi in ženskimi osebki, oziroma razmerjem med spoloma.

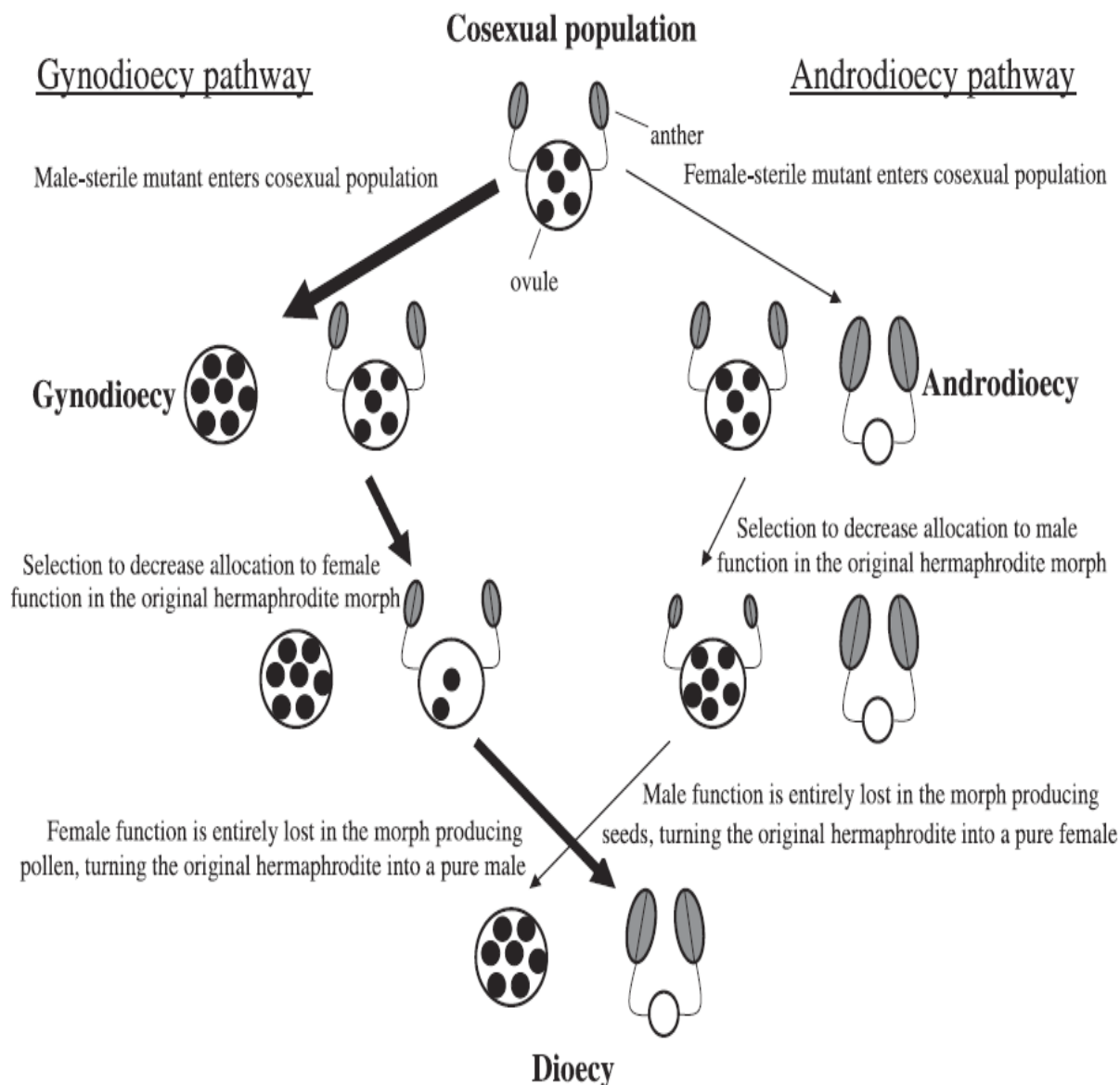
Pri genetsko dimorfnih razmnoževalnih sistemih, kot so ginodiecija (obojespolni in ženski osebki), androdiecija (obojespolni in moški osebki) ali diecija (moški in ženski osebki), je eden od osebkov funkcionalno bolj ženski, medtem ko je drug bolj moški. Pri populacijah dvodomnih vrst je pričakovano razmerje 1:1, ker vsak osebek nudi polovico genov vsakemu potomcu (vsako seme ima le enega očeta in eno mater). Odstopanja pa nastanejo predvsem zaradi sebičnih genov (selfish genetic elements) in različne smrtnosti (Delph 1999). Pri ginodiecičnih in androdiecijičnih vrstah pa je lahko spolna struktura populacij zelo raznolika. Na funkcionalni spol (functional gender) hermafroditov vpliva proizvodnja peloda in semen hermafroditov, glede na enospolne osebke in pogostnost pojavljanja enospolnih osebkov (Delph, 2003). Če so v populaciji prisotni le hermafroditi, je njihov funkcionalni spol 50 % ženski, vendar z naraščanjem števila enospolnih osebkov postanejo

hermafroditi po funkciji bolj moški pri ginodiecicnih populacijah in bolj ženski pri androdiecicnih.

Če frekvenca ženskih ali moških osebkov doseže 50 %, bo populacija dejansko zelo blizu diecije, ker bodo hermafroditi pridobili večino svoje vitalnosti od funkcije, ki je nimajo enospolni osebki. Tako je torej uravnovešeno razmerje med spoloma vodilo za ugotavljanje funkcionalnega spola hermafroditov (Delph in Wolf, 2004). Proizvodnja semen in peloda hermafroditov (alokacija spola) glede na enospolne osebke bo vplivala na funkcijo spola. Če na primer pri androdiecicnih populacijah hermafroditi proizvedejo veliko manj peloda kot moški osebki, bodo ti oplodili večino semen in le malo jih bodo oplodili hermafroditi. Tako bo funkcionalni spol hermafroditov temeljil na ženski vlogi. Če hermafroditi in moški osebki proizvedejo podobno količino peloda, bodo verjetno hermafroditi oplodili nekaj semen in bo tako imel funkcionalni spol manj žensko vlogo. Torej alokacija spola in razmerje med spoloma vzajemno vplivata na določanje funkcionalnega spola (Lloyd, 1975). Še do večje zapletenosti pride, če je alokacija spola hermafroditov plastična, kar pomeni, da lahko hermafroditi spreminjajo produkcijo semen in peloda glede na razmere v okolju (Delph in Wolf, 2004). Za moške osebke poligamnih vrst, ki se razvijejo po poti ginodiecije, tako glede nastanka obstajajo tri možnosti: prva je usmeritev k temu, da nikoli ne razvijejo cvetov v plodove (postanejo čisti moški osebki); druga je usmeritev k temu, da vedno razvijejo nek, čeprav majhen delež cvetov v plodove; tretja možnost pa je, da so plastični in razvijejo spremenljiv delež cvetov v plodove, odvisno od razpoložljivih sredstev (Delph, 1990).

Na sliki 5 sta prikazani dve evolucijski poti od hermafrodizma k dieciji skozi ginodiecijo in androdiecijo, vendar nekateri primeri kažejo tudi na to, da bi lahko bila androdiecija nazadovanje diecije, ne pa evolucijska pot k dieciji (Pannell, 2002; Wolf in Takebayashi, 2004). Za najpomembnejšo evolucijsko pot do razvoja diecije imajo v teoriji razvojno pot preko ginodiecije (Webb, 1999; Weiblen in sod., 2000). Prvi korak te razvojne poti je citoplazemska mutacija v populaciji hermafroditov, ki povzroči sterilnost moške funkcije. Ženski osebki se nato razširijo in sobivajo v populaciji s hermafroditi. Zaradi dedovanja po materi se bo taka mutacija razširila, če bo imel posamezni osebek brez prašnikov le malo večjo vitalnost semen kot pa tisti, ki vsebuje citoplazmo, v kateri mutacije ni bilo (Lewis,

1941). Ko populacija ni več zgolj hermafroditska, bodo hermafroditi pridobili več vitalnosti skozi moško kot skozi žensko funkcijo. Več kot je ženskih osebkov v populaciji, večjo vitalnost bodo dosegali hermafroditi skozi moško funkcijo. Ko so hermafroditi izbrani, da alocirajo več v razmnoževalno funkcijo in na takšen način dosežejo večjo vitalnost, so izbrani, da alocirajo več v proizvodnjo peloda kot pa semen (Charlesworth in Charlesworth, 1978; Maurice in sod., 1994; Seger in Eckhart, 1996). Če obstaja kompromis med proizvodnjo peloda in semen, se to odraža v zmanjševanju alokacije ženski funkciji in funkcionalni spol hermafroditov se vse bolj nagiba k moškosti, dokler pri nekaterih vrstah ne nastanejo morfološko in funkcionalno moški osebki. Populacija tako postane diecična in je sestavljena iz ženskih in moških osebkov, ki so navadno v razmerju ali blizu razmerja 1:1.



Slika 6: Po tradicionalnem modelu sta prikazani evolucijski poti od hermafrodizma k dieciji skozi ginodiecijo in androdiecijo. Debelina puščic prikazuje pogostnost dogodka (debelejše = bolj običajno). Evolucija diecije je v obeh primerih proces, ki se zgodi v dveh korakih. Prvi korak je invazija enospolnega mutanta, kateri sledi zmanjšanje in s časom nazadovanje funkcionalnega spola hermafoditov, ki ga po vlogi nadomešča enospolni osebek. Različne vrste zmanjšajo vlaganje v žensko ali moško funkcijo na različne načine. Na primer, zmanjšanje ženske funkcije skozi razvojno pot ginodiecije se lahko pojavi s proizvodnjo manjšega števila ženskih cvetov, s proizvodnjo manjše količine semen (prikazano na sliki) ali z razvojem manjšega števila plodov iz cvetov. Zmanjšanje moške funkcije skozi androdiecijo pa se lahko odraža s proizvodnjo manjšega števila moških cvetov, manjšega števila prašnikov na cvet ali manjšimi prašniki, ki vsebujejo manj peloda (prikazano na sliki) (Delph in Wolf, 2004). Model je splošen in ne velja le za lovorolistni volčin (*Daphne laureola* L.)

Spolni dimorfizem je pri kritosemenkah pogosto preučevan ne le s pomočjo razmnoževalnih organov, ampak se kaže tudi v lastnostih, ki niso neposredno povezane z razmnoževanjem. Razlike med spoloma so lahko v pridobivanju in alokaciji virov, v interakcijah z ostalimi člani združbe in v velikosti, barvi ter življenjski dobi vegetativnih struktur (Delph, 1999). Vendar ni vedno tako. Ashman (2005) je ugotavljal, da se spolni dimorfizem sicer kaže pri ginodiecičnih vrstah v razmnoževalnih značilnostih (npr. številu in velikosti cvetov), pri vegetativnih lastnostih pa je stopnja dimorfizma pogosto neizrazita ali celo odsotna. Torej obstaja možnost, da se spolni dimorfizem v vegetativnih lastnostih razvije po nastanku različnih spolov kot odgovor na selekcijo, ki je prisotna zaradi razlik med spoloma (Geber, 1999). Tudi pri lovorolistnem volčinu je bil spolni dimorfizem vegetativnih lastnosti dosedaj ugotovljen le v eni raziskavi, kjer so bile ženske rastline značilno večje in so imele več debel s cvetovi (Alonso in sod., 2007).

1.4 PREGLED LITERATURE

Že od časa Darwina naprej so biologi želeli razumeti kompleksne, a temeljne biološke procese spolnega razmnoževanja, nastanka različnih spolov in spolnega dimorfizma pri rastlinah. Pojavlja se vprašanje, zakaj bi se hermafroditske vrste sploh izoblikovale v dvodomne (Geber in sod., 1999).

Pri dvodomnih vrstah je bilo narejenih veliko raziskav o spolnem dimorfizmu in razmerju med spoloma znotraj rodu brinov (*Juniperus* L.) (Gauquelin in sod., 2002; Ortiz in sod., 2002; McGowan in sod., 2004; Quinn in Meiners, 2004; Massei in sod., 2006; Vasiliasuskas in Aarssen, 1992; Ward, 2007; Brus in sod., 2010). Najpogosteje se je pokazalo, da ženski osebki vlagajo več v razmnoževanje in spojine, namenjene zaščiti rastlin, moški osebki pa vlagajo več v vegetativno rast in so tako bolj izpostavljeni objedanju.

Vendar ni vedno tako. Pri kranjski kozji češnji (*Rhamnus fallax* Boiss.) so Banuelos in sod. (2004) ugotovili, da vsebujejo moške rastline značilno večjo koncentracijo antrakinonov, kar je v nasprotju s klasično hipotezo. Prav tako pri mnogih vrstah poročajo o razliki v velikosti listov med spoloma, z večjimi in/ali daljšimi listi pri ženskih rastlinah. (Wallace in Rundel 1979; Bond in Midgley 1988; Delph in sod. 2002; Iszkuło in sod. 2009). Pri

dvodomni tisi (*Taxus baccata* L.) so Iszkulo in sod. (2009) prišli do rezultatov, da so bila ženska drevesa sicer manjša, vendar so imele iglice le-teh v povprečju večjo površino in so bile daljše. Razmerje med spoloma se je spreminjalo glede na višino znotraj populacije, večji višinski razredi pa so vsebovali večji delež moških rastlin. Pozitivno povezavo pa so odkrili med deležem ženskih osebkov in količino letnih padavin, kar verjetno kaže na to, da imajo ženske rastline večje zahteve po vodi in so posledično manj odporne proti suši.

Pri bodiki (*Ilex aquifolium* L.) so Obeso in sod. (1998) ugotovili, da so imeli moški osebki v eni od dveh populacij značilno debelejša debla, na drugi pa so proizvedli več vegetativnih poganjkov klona. Razmerje med spoloma je bilo v obeh populacijah v korist moških osebkov. Prav tako je bila v korist moških rastlin hitrost rasti, ki so jo določili z letnim merjenjem prirastka s pomočjo Presslerjevega svedra. Povprečna rast je bila značilno večja v zadnjih 10., 20. in 30. letih. Značilne razlike med spoloma so bile tudi v učinkovitosti listov pri fotosintezi. Pri šibki svetlobi je bila učinkovitost listov večja pri vejah ženskih rastlin, ki so bile brez plodov, pri močni svetlobi pa pri vejah moških rastlin. Pri vejah ženskih rastlin s plodovi pa je bila fotosinteza značilno manjša kot pri vejah brez plodov. Razlike med spoloma so odkrili tudi Banuelos in sod. (2004) pri kranjski kozji češnji (*Rhamnus Fallax* L.), kjer se je pokazalo nazadovanje ženskih rastlin v rasti po prvem obrodu. Letna rast ženskih rastlin se je značilno razlikovala od moških v obdobju z malo količino letnih padavin, kar kaže na povečanje stroškov razmnoževanja.

Spolni dimorfizem in razmerje med spoloma v populacijah je največkrat predmet raziskav pri dvodomnih vrstah, kjer so moški in ženski cvetovi na ločenih rastlinah, in redkeje pri ginodiecicnih vrstah, s katerimi se je ukvarjalo manj avtorjev. Veliko raziskav o lovorolistnem volčinu so že izvedli Alonso in sod. (2001, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2011). Raziskujejo predvsem razmnoževalni sistem rastline (spolni dimorfizem, razmerja med spoloma v populaciji, evolucijski razvoj ginodiecije, uspešnost opravešvanja itd.) v povezavi z različnimi dejavniki (nadmorsko višino, lokacijo populacij, objedanjem rastlinojedov, kemično sestavo listov itd.).

Ginodiecicnost se izoblikuje, ko se mutant brez prašnikov (ženska) razširi in postane uveljavljen v sospelni rastlinski populaciji (Webb, 1999). Da se ženske rastline razširijo in

obstanejo v populaciji, morajo imeti trajne predosti v plodnosti, ki nadomeščajo njihove gametske pomanjkljivosti. Populacijski genetski modeli kažejo na to, da se obseg takšne kompenzacije, potrebne, da je ginodiecičnost stabilna, spreminja predvsem glede na mehanizem dednosti (Lewis, 1941; Gouyon and Couvet, 1987). Pričakovana pogostnost žensk v času ravnovesja je odvisna tudi od samooplodnje in razmnoževanja v sorodstvu (Lewis, 1941; Gouyon and Couvet, 1987). Znotrajvrstno spreminjanje pogostnosti ženskih rastlin je pogost pojav ginodiecičnih vrst (Webb, 1999).

Rezultat nadomešanja reproduktivne funkcije se lahko pri ženskih rastlinah kaže v večji plodnosti, vegetativnih prednostih ali manjši izroditvi (inbreeding depression). Alonso in Herrera (2001) sta primerjala vegetativne in reproduktivne parametre ženskih in moških rastlin lovorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) in ocenila vpliv izroditve. Poskus so izvajali do faze, ko se pojavijo klice, z izvajanjem kontroliranega opraševanja in poskusne setve semen. Rezultati so pokazali, da se grmi različnih spolov niso značilno razlikovali po velikosti, proizvodnji listov, velikosti listov, produkciji cvetov ter plodov in alokaciji hranil listom, ki naj bi bila teoretično večja pri ženskih rastlinah, ki imajo manjše cvetove brez peloda. Glede na to, da se rast listov začne med cvetenjem, bi bilo smotrno sklepati, da ženske rastline dodelijo več hranil za vegetativno rast kot pa obojespolne rastline, ki imajo tako prašnike kot plodnico. Razmerja pojavnosti klic, samooprašenih in križanih hermafroditov v naravnih razmerah so bila podobna, kar kaže na manjšo pomembnost izroditve do reproduktivne faze, po drugi strani pa so semena žensk proizvedla več klic kot samooprašena semena hermafroditov (Alonso in Herrera, 2001). Delež ženskih rastlin, ki so ga ugotovili v raziskavi, se je gibal med 20,6 % in 56,1 % ter je bil obratno sorazmeren z naraščanjem nadmorske višine, kar nakazuje, da je osnovanje in ohranjanje ženskih osebkov na območju, kjer je bila izvedena raziskava, odvisno od ekoloških dejavnikov.

Delph in Lloyd (1996) sta s kontroliranim križanjem ocenjevala vpliv izroditve pri ginodiečni grmovni vrsti *Hebe subalpina*. Rezultati so pokazali, da prihaja do velike izroditve zaradi samoopraševanja hermafroditov, kar je vzrok za ohranjanje velikega deleža ženskih rastlin v populaciji. Kot posledica razmnoževanja v sorodstvu proizvedejo ženski osebki te vrste do sedemkrat več semen kot hermafroditi (Delph in Lloyd, 1991).

Potomci, ki so nastali s križanjem, pa so zrasli tudi dvakrat višje kot samooprašeni (Delph in Lloyd, 1996).

Alonso (2003) je v raziskavi preučevala, ali rastlinojedi razlikujejo med spoloma lovorolistnega volčina. Rezultat interakcij med rastlinami in živalmi pri dvodomnih vrstah je pogosto odvisen od spola. Ker naj bi bila ginodiecija v razvojni teoriji najpogostejša vmesna faza med hermafrodizmom in dvodomnostjo, so predvidevali, da bi lahko te interakcije vplivale na evolucijo razmnoževalnega sistema iz hermafrodizma k dvodomnosti. Ličinke, ki so jih nabrali na terenu, so lahko izbirale med listi žensk in hermafroditov. Listi so bili tudi nabrani, in sicer tako v obdobju cvetenja kot razvoja plodov. Ugotovljeno je bilo, da ličinke niso dale prednosti nobenemu spolu, kar kaže na to, da odsotnost moške reproduktivne funkcije pri lovorolistnem volčinu ne povzroča razlik v listih, ki bi vplivale na rastlinojede.

Alonso in sod. (2001) so raziskovali spolni dimorfizem in spreminjanje koncentracij sekundarnih spojin z nadmorsko višino v listih lovorolistnega volčina. Preučevali so koncentracije kumarinov v listih ženskih in hermafroditnih rastlin in ugotovili, da se ženski osebki nagibajo k večjim koncentracijam le-teh, kar podpira idejo, da je moška funkcija za hermafrodite draga. Prav tako so odkrili, da obstaja pozitivna povezava med koncentracijami kumarinov pri ženskah in naraščajočo nadmorsko višino populacij. Razhajanja v koncentraciji kumarinov med spoloma so bila različna (Alonso in sod., 2001). S to raziskavo je bilo dokazano, da obstajajo razlike med spoloma v kemični obrambi ginodiecije vrste.

Alonso in sod. (2007) so preučevali ekološko vsebino raznolikosti razmnoževalnega sistema: spol, velikost in opraševanje pri lovorolistnem volčinu. Preučena sta bila geografska raznolikost razmnoževalnega sistema in razmerje med spoloma ter njuna povezanost z okoljskimi razmerami, velikostjo rastlin in številom odprtih cvetov na rastlino, preučeno pa je bilo tudi okolje opraševanja na širokem geografskem območju. V 38 populacijah je bilo ugotovljeno, kakšen je delež žensk in hermafroditov. Uspeh opraševanja je bil ocenjen s pomočjo zaloga peloda na brazdi pestiča, pelodnih cevi na vrat pestiča in deležem neoplojenih cvetov. Rezultati so pokazali, da je lovorolistni volčin

pretežno ginodiecična vrsta. Hermafroditne populacije so našli, kjer so bile višje temperature in manjša količina letnih padavin. Pri ginodiecičnih populacijah so bile ženske rastline večje in so imele več cvetov kot hermafroditi, ampak zaradi slabšega uspeha pri opráševanju niso proizvedle več semen kot hermafroditi, kar zavrača predpostavko o prednosti žensk v proizvodnji semena. Pri hermafroditnih populacijah na severovzhodu so bile rastline manjše in so proizvedle 9-13-krat manj cvetov kot v drugih regijah. Ugotovili so, da lahko različni mehanizmi, vključno z abiotskimi dejavniki in dejavnost opráševalcev prispevajo k raznolikosti v razmnoževalnem sistemu vrste. Pokazalo se je tudi, da lahko geitonogamija vpliva na razvoj razmnoževalnega sistema (Alonso in sod., 2007).

Populacije lovorolistnega volčina se močno razlikujejo po deležu žensk (v obsegu: 10-60 %). Razmnoževalni sistem, razmerje med spolom in ohranjanje žensk ginodiecičnega lovorolistnega volčina so raziskovali Mederano in sod. (2005). Rezultati so pokazali, da je potomstvo hermafroditov vseh populacij rezultat samoopráševanja, medtem ko je potomstvo ženskih osebkov rezultat križanja. Ta vzorec se je kazal v vseh populacijah kljub značilnim razlikam med populacijami v morfologiji cvetov, srednjih vrednostih velikosti cvetov in v uspehu opráševanja ženskih rastlin in hermafroditov. Ohranjanje žensk lovorolistnega volčina pa pojasnjuje kombinacija obsežne samooploditve hermafroditov in znatna izrojenost lovorolistnega volčina (Mederano in sod., 2005).

Alonso (2005) je ugotavljala, kakšen je uspeh opráševanja glede na nadmorsko višino in glede na razmerje med spoloma. Prvo leto je vključila v raziskavo deset populacij na različnih nadmorskih višinah, drugo leto pa osem od teh in še tri dodatne. Od vsake rastline (55-145 na populacijo) je vzela 10-12 cvetov in ugotavljala zalogo peloda. Z mikroskopom je preštela zrna na brazdi pestiča in število pelodnih cevi v vratu pestiča. Ugotovila je, da je razlika v deležu ženskih osebkov med populacijami značilna in da se je delež žensk zmanjševal z nadmorsko višino. Uspeh opráševanja je bil v povprečju večji pri hermafroditih v obeh letih ne glede na preučevani parameter. V nasprotju s pričakovanji pa so imele ženske rastline v populacijah, kjer je bil njihov delež večji, značilno večje količine peloda na brazdah in posledično večje število pelodnih cevi, delež neoplojenih cvetov pa je bil manjši. Te razlike so bile statistično značilne prvo leto raziskave, drugo leto pa ne. Z višino se je tako zaloga peloda kot število pelodnih cevi v vratu pestiča pri obeh spolih

manjšala, delež neoplojenih cvetov pa je bil z višino značilno večji. Torej so se ženske kvantitativne slabosti v uspehu opraševanja večale z višino, kar kaže, da boljša dostopnost peloda zaradi večjega deleža hermafroditov ni mogla ublažiti negativnih posledic, ki jih imajo dejavniki, povezani z nadmorsko višino na oprašitev (Alonso, 2005).

Alonso in Herrera (2011) sta raziskovala filogenetsko ozadje evolucije reproduktivnega sistema lovorolistnega volčina. V raziskavo sta vključila tudi dve populaciji iz Slovenije. Prva populacija pri Vrhniku je bila sestavljena izključno iz hermafroditov, medtem ko je bilo v drugi, pri Kočevju, 15 % ženskih rastlin. V raziskavi je bilo potrjeno, da rastlinski reproduktivni sistem ni lastnost, specifična za vrsto, ampak je lahko spremenljiva in nestabilna lastnost, kjer je potrebno upoštevati ekološke in evolucijske učinke koevolucije (Kokko in López-Sepulcre, 2007). Smer in polariteto evolucijskih prehodov določa kombinacija selekcije in stohastičnih procesov. Z izolacijo in omejitvami pretoka genov, ki sta pogosta pojava na mejah porazdelitvenega območja vrst, pa se vloga stohastičnih procesov poveča (Herrera in Bazaga, 2008). Hermafroditizem in samoopraševanje nastopita kot pozitivna selekcija, kjer je majhno pojavljanje posameznih osebkov, kar je lastnost novo koloniziranih območij, medtem ko se ginodiecija z ženskimi osebki razvije v bolj gostih populacijah, če dosežejo nekatere prednosti v plodnosti skozi kvantitativno produkcijo semena ali izogibanju oplojevanja v ožjem sorodstvu (Medrano in sod., 2005).

Beaumont in sod. (2006) so v Južni Afriki prvi opazili ginodiecijo pri grmovni vrsti *Gnidia wikstroemiana* Thunb., ki spada z lovorolistnim volčinom v isto družino *Thymelaeaceae*. V dveh populacijah so ženske rastline dosegle 35-37 % delež od vseh cvetočih rastlin. Opazili so, da so ženski cvetovi manjši, vendar so imeli značilno daljše vratove pestiča kot cvetovi hermafroditov. S pomočjo kalorimetra so v raziskavi merili energijska vlaganja v cvetove in plodove pri ženskih in moških osebkih. Ženske rastline so proizvedle večje število energijsko skromnejših cvetov kot hermafroditi in so investirale manj energije na enoto v proizvodnjo cvetov in nastanek socvetij, kot hermafroditi. V nasprotju so ženske vložile več energije na enoto v nastanek plodov in soplodij kot hermafroditi. V celoti so ženske rastline vložile 7,3 % več energije v razmnoževanje kot hermafroditi, ženski cvetovi pa so bili obvezno križani (Beaumont in sod., 2006).

Primeri iz literature kažejo, da obstajajo razlike med spoloma tudi pri lovorolistnem volčinu, vendar redko v vegetativnih lastnostih. Ženske rastline so bile v eni od raziskav značilno večje in so imele več debel s cvetovi (Alonso in sod., 2007). Razlike so bile ugotovljene tudi v uspešnosti opravevanja, ki je bila slabša pri ženskih rastlinah in se je z višino zmanjševala (Alonso, 2005), v kemični obrambi rastlin (Alonso in sod., 2004) in pa seveda v morfologiji cvetov – ženskim cvetovom so ostali prašniki, ki ne proizvajajo peloda, cvetovi pa imajo krajše hipantije (Alonso in Herrera, 2001). Nasprotno pa so rezultati pokazali, da se grmi različnih spolov ne razlikujejo značilno po velikosti, proizvodnji listov, velikosti listov, razporeditvi hranil listom in produkciji cvetov ter plodov (Alonso in Herrera, 2001). Nadomeščanje reproduktivne funkcije se pri ženskih rastlinah ni kazalo niti v produkciji semen, saj je bila količina proizvodnje podobna kot pri hermafroditih (Alonso in sod., 2007). Odsotnost moške reproduktivne funkcije pa tudi ne povzroča razlik v listih, ki bi vplivale na rastlinojede (Alonso, 2003).

Rezultati raziskav o razmerju med spoloma so pri populacijah lovorolistnega volčina pokazali, da je razlika v deležu ženskih osebkov med populacijami značilna, delež žensk pa se je zmanjševal z nadmorsko višino (Alonso, 2005). Populacije lovorolistnega volčina so se razlikovale po deležu žensk v razponu med 10 in 60 % (Mederano in sod., 2005).

1.5 OPREDELITEV PROBLEMA

Kot je razvidno iz uvodnega dela, je spolni dimorfizem pri ginodiecicnih vrstah slabše raziskan kot pri diecicnih. Kljub temu, da je spolni dimorfizem vsaj glede vegetativnih lastnosti bolj izražen pri dvodomnih vrstah, se pojavlja vprašanje, zakaj niso vegetativne lastnosti ginodiecicnih vrst bolj dimorfne? V bistvu obstaja premalo podatkov, ki se dotikajo tega vprašanja (Ashman, 2005). Ginodiecicna vrsta lovorolistni volčin je v Sloveniji precej pogosta, vendar razlik med hermafroditni in ženskimi osebki pri nas ni preučeval še nihče.

Vrsta je zanimiva tudi zato, ker je delež ženskih rastlin različen in je tako spolna struktura zelo spremenljiva. V Sloveniji je bila sicer preučevana na Vrhnikih, kjer so bili v populaciji

izključno hermafroditi, in v Kočevju, kjer je bilo 15 % ženskih rastlin (Alonso in Herrera, 2011).

Na območju Bohorja tako spolni dimorfizem kot tudi razmerje med spoloma še nista bila preučevana. Kot bomo videli v nadaljevanju, je Bohor precej izolirano in zaokroženo območje razširjenosti lovorolistnega volčina, zato se je lahko tu vrsta razvijala do določene mere neodvisno od drugih populacij. Bohor pa je bil za raziskavo primerno območje tudi zato, ker je razširjenost lovorolistnega volčina tu še zelo slabo raziskana.

1.6 NAMEN IN DELOVNE HIPOTEZE NALOGE

Cilji naloge so:

- ugotoviti razširjenost lovorolistnega volčina na Bohorju;
- ugotoviti, ali poleg razlike v cvetovih obstajajo še druge značilne morfološke razlike med obojespolnimi in ženskimi rastlinami lovorolistnega volčina;
- ugotoviti spolno strukturo populacij na izbranih ploskvah lovorolistnega volčina na Bohorju in njeno povezavo z rastiščnimi razmerami.

Delovne hipoteze naloge:

- območje razširjenosti lovorolistnega volčina na Bohorju je relativno majhno,
- razen razlik v cvetovih morfološke razlike med obojespolnimi in ženskimi rastlinami niso statistično značilne,
- obstajajo razlike v morfoloških lastnostih in razlike v spolni strukturi med populacijami različnih višinskih pasov.

2 MATERIAL IN METODE

Podatke za določanje spolnega dimorfizma in ugotavljanje deleža hermafroditov in ženskih rastlin izbranih ploskev na Bohorju smo pridobil s terenskim delom, kateremu je sledilo skeniranje herbariziranih listov in morfometrijska analiza. Obsežen del naloge pa je bil tudi pregledovanje, zbiranje in študij literature.

2.1 OPIS OBMOČJA RAZISKAVE

V diplomskem delu smo bili zaradi razširjenosti lovorolistnega volčina omejeni na severni del bohorskega pogorja, ki je del gozdnogospodarske enote Bohor. Splošni opis gozdnogospodarske enote Bohor je delno povzet in prirejen po gozdnogospodarskem načrtu enote (2008).

2.2 ZNAČILNOSTI GOZDNOGOSPODARSKE ENOTE BOHOR

Gozdnogospodarska enota Bohor leži v severovzhodnem delu brežiškega gozdnogospodarskega območja in meji z gozdnogospodarsko enoto Senovo in Sevnica na jugu in gozdnogospodarskim območjem Celje na severu. Največji delež gozdov leži v občinah Kozje in Šentjur (skupaj 2871,1 ha), del pa tudi v občinah Krško in Sevnica (skupaj 404,5 ha). Za pogorje Bohorja, kjer leži gospodarska enota Bohor, je značilen razgiban relief, kjer se prepletajo strmi grebeni in številni jarki z manjšimi vodotoki.

Hidrološke razmere so odvisne od matične podlage, ki je zelo pestra. Prevladujejo dolomiti in apnenci, ki se ponekod izmenjujejo z werfenskimi plastmi. Na skrajnem zahodnem delu prevladuje školjkasti apnenec, ki se razteza še po spodnjem južnem delu enote, v vzhodnem delu pa gozdnogospodarska enota zaključí s širokim pasom dolomita. Tla so na karbonatni matični podlagi razvila v rjava pokarbonatna tla in rjava gozdna tla ter na matični podlagi dolomitu v plitve do srednje globoke rendzine. Na peščenjakih, skrilavcih in glinencih pa so se razvila kislá rjava tla, ki so ponekod skeletna.

2.3 VEGETACIJSKI ORIS GOZDOV

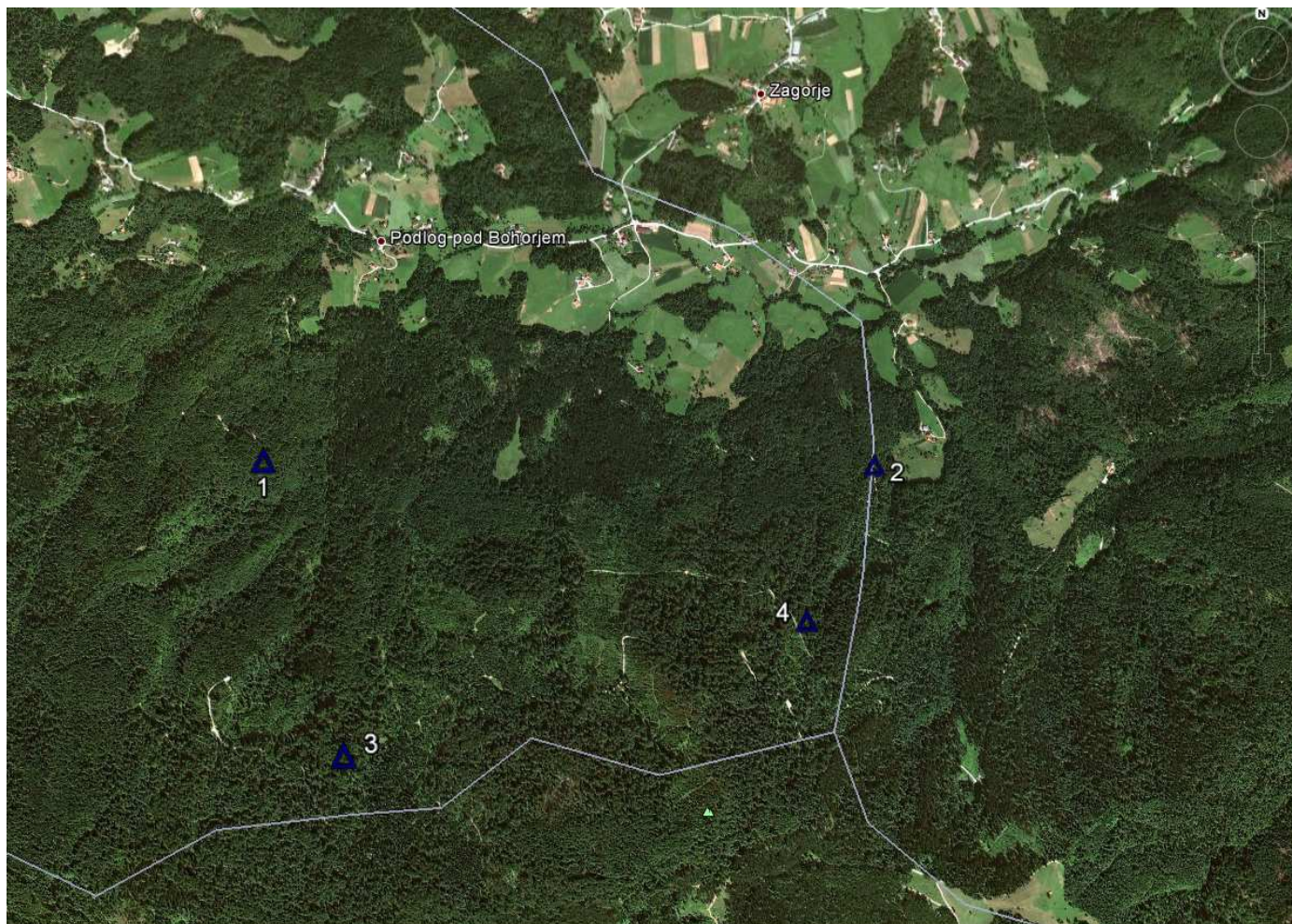
Po deležu je prevladujoča gozdna združba na Bohorju *Lamio Orvale – Fagetum var. geogr. Dentaria polyphyllos* (bukovje z deveterolistno mlajo) s 25,5 %, ki naseljuje pretežno hladna, strma plodna pobočja z rjavimi pokarbonatnimi tlemi. Prav tako je za karbonatno podlago značilna združba *Cardamini savensi – Fagetum*, bukovje z zasavsko mlajo, ki naseljuje pretežno blago nagnjena pobočja ter vrhovne enote, njen delež pa je 10,0 %. Nekoliko večji delež zajemata tudi združbi *Luzulo – Fagetum*, bukovje z belkasto bekico s 15,2 % in *Arunco – Fagetum*, bukovje z navadnim kresničevjem s 15,7 %. Bukovje z belkasto bekico naseljuje strma pobočja na bazičnih silikatih, kjer so tla srednje globoka, skeletoidna, kislja, rjava s surovim humusom in prhnino. Površina in deleži gozdnih združb so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Površina in delež gozdnih združb v GGE po skupinah rastišč (GGN, 2008)

Skupina rastišč/gozdna združba	Površina	%
Rastišča logov	161,67	4,9
<i>ULMO – ACERETUM PSEUDOPLATANI</i>	161,67	4,9
Rastišča bukovij na nekarbonatnih kameninah	785,37	24,0
<i>HEDERO – FAGETUM VAR. LUZULA ALBIDA</i>	102,08	3,1
<i>LUZULO – FAGETUM</i>	496,84	15,2
<i>BLECHNO – FAGETUM</i>	186,45	5,7
Gričevnata in podgorska rastišča bukovij na karbonatnih kamninah	214,66	6,6
<i>HACQUETIO – FAGETUM VAR. GEOGR. RUSCUS HYPOGLOSSUM</i>	214,66	6,6
Rastišča gorskih (in visokogorskih) bukovij na karbonatnih podlagah	1.163,23	35,5
<i>LAMIO ORVALE - FAGETUM VAR. GEOGR. DENTARIA POLYPHYLLOS</i>	836,29	25,5
<i>CARDAMINI SAVENSI – FAGETUM</i>	326,94	10,0
Rastišča jelke in smreke	130,94	4,0
<i>GALIO – ROTUNDIFOLII ABIETETUM</i>	128,62	3,9
<i>BAZZANIO – ABIETETUM</i>	2,32	0,1
Termofilna rastišča bukovij in bukovja na rendzinah	756,16	23,1
<i>OSTRYO – FAGETUM</i>	240,44	7,3
<i>ARUNCO – FAGETUM</i>	515,72	15,7
Rastišča termofilnih grmičavih gozdov	63,62	1,9
<i>QUERCO – OSTRYETUM CARPINIFOLIAE</i>	63,62	1,9
Skupaj	3.275,54	100

2.4 LOKACIJE RAZSKOVALNIH PLOSKEV

Izbrane raziskovalne ploskve so se nahajale na severnem delu Bohorja (Slika 7). Na tem delu severno pobočje sprva počasi, kasneje pa strmo pada proti Zagorskem potoku in dolini reke Bistrice. Letno dobiva to pobočje 1350-1400 mm padavin, le-te pa so najobilnejše v vegetacijski sezoni od aprila do oktobra. Za ta del območja je še zlasti značilno, da se triasni apnenci in dolomiti izmenjujejo z werfenskimi plastmi. Pod tanjšimi karbonatnimi plastmi se pojavljajo kompaktni in za vodo neprepustni werfenski skladi, kar je vzrok izdatne vlažnosti severnega pobočja Bohorja, bogatega tudi z večjimi in manjšimi vodotoki. Zaradi teh značilnosti je relief tudi tukaj zelo razgiban, s strmimi grebeni in jarki med njimi.



Slika 7: Lokacije raziskovalnih ploskev lovorolistnega volčina na Bohorju

2.5 IZBOR IN OPIS PLOSKEV

Ker je območje razširjenosti lovorolistnega volčina relativno majhno, gosteje pa raste le na določenih lokacijah, smo preučevali lovorolistni volčin na štirih ploskvah. Izbrali smo po dve v vsakem višinskem pasu. Določili smo dva višinska pasova, prvega med 450 in 650 m in drugega med 650 in 850 m (preglednica 2). S pregledom terena in karte smo si izbrali v vsakem višinskem pasu po dve ploskvi, ki smo ju določili glede na gostoto rastlin (slika 7). Pozorni smo bili tudi, da so si bile ploskve čim bolj oddaljene. Vsaki ploskvi smo določili GPS koordinate lokacije, nadmorsko višino in naklon, ki smo ga odčitali s pomočjo plastnic na karti.

Preglednica 2: Raziskovalne ploskve po višinskih pasovih

<i>Višinski pas</i>	<i>450-650 m</i>	<i>650-850 m</i>
	ploskev 1: LUBIJEVA HOSTA	ploskev 3: DEBELI VRH
	ploskev 2: ŠLOG	ploskev 4: ZAGRADEC

Ploskve niso bile površinsko omejene, ampak je bilo pomembno zajeti čim večje število rastlin v prisotni, kolikor toliko strnjeni populaciji. Po obsegu je odstopala ploskev 3, in sicer je bila po površini večja zaradi redkosti pojavljanja na tem območju, saj so bile rastline porazdeljene redko ali celo posamezno. Velikost posamezne ploskve smo določili le okvirno s pomočjo programa MapSource. S programom smo si pomagali tudi pri določitvi središča ploskve, za katerega smo vzeli koordinate osebka, ki je bil po naši presoji središču najbližji. Podatki o ploskvah so prikazani v preglednicah 3, 4, 5 in 6.

Preglednica 3: Podatki za ploskev 1

Ploskev 1: LUBIJEVA HOSTA

Območna enota	Brežice
Krajevna enota	Senovo
Gospodarska enota	Bohor
Nadmorska višina (razpon)	457-498 m
GPS koordinate	N46 04.822 E15 27.301
Naklon	64 %
Okvirna velikost	2,4 ha

Preglednica 4: Podatki za ploskev 2

Ploskev 2: ŠLOG

Območna enota	Brežice
Krajevna enota	Senovo
Gospodarska enota	Bohor
Nadmorska višina (razpon)	483 m
GPS koordinate	N46 04.861 E15 28.763
Naklon	18 %
Okvirna velikost	0,8 ha

Preglednica 5: Podatki za ploskev 3

Ploskev 3: ZAGRADEC

Območna enota	Brežice
Krajevna enota	Senovo
Gospodarska enota	Bohor
Nadmorska višina (razpon)	789-843 m
GPS koordinate	N46 04.302 E15 27.437
Naklon	26 %
Okvirna velikost	20 ha

Preglednica 6: Podatki za ploskev 4

Ploskev 4: DEBELI VRH

Območna enota	Brežice
Krajevna enota	Senovo
Gospodarska enota	Bohor
Nadmorska višina (razpon)	688-781 m
GPS koordinate	N46 04.547 E15 28.498
Naklon	29 %
Okvirna velikost	4,5 ha

2.6 ZBIRANJE PODATKOV

Izbiri ploskev je sledilo zbiranje podatkov. Za ugotavljanje spolne strukture populacije lovorolistnega volčina na posamezni ploskvi smo konec aprila začeli pregledovati grme lovorolistnega volčina. Na posameznem nahajališču smo potrebovali čim večje število rastlin, pri katerih smo s pregledom cvetov ugotovili, ali opravlja posamezna rastlina žensko funkcijo ali pa so cvetovi obojespolni. Kot smo že omenili, so ženskim cvetovom ostali prašniki, ki ne proizvajajo peloda in imajo krajše venčne cevi ($4,9 \pm 0,45$ mm) kot pa obojespolni ($8,1 \pm 0,92$ mm) (Alonso in Herrera, 2001).



Slika 8: Obojespolni cvetovi lovorolistnega volčina. (foto: J. Badia)

V popisni obrazec smo poleg podatkov za posamezno ploskev (naklon, nadmorska višina in pogostnost pojavljanja) zapisali tudi številko GPS točke, ki smo jo posneli z ročno GPS napravo, kjer se je nahajala rastlina. Točki smo pripisali oznako za spol in število cvetov, ki smo jih prešteli na naključno izbranem debelcu. Za določitev pogostnosti pojavljanja na določenem nahajališču smo izdelali lestvico (preglednica 7). Točke smo snemali z ročno GPS napravo Garmin GPSmap 60CSx in tako pridobili za vsako rastlino X in Y

koordinato. Poleg obojespolnih (O) in ženskih osebkov (Ž) smo zabeležili nekaj rastlin s kategorijo nedoločeno (N), saj jim zaradi odsotnosti cvetov ni bilo mogoče določiti spola. Paziti smo morali, da so bili grmi med seboj vsaj 3 m oddaljeni, s čimer smo preprečili možnost, da bi vzeli klon. Rastline, ki smo jih naključno izbrali za naknadno podrobnejše preučevanje spolnega dimorfizma, smo označili z rdečim trakom, na katerega smo zapisali tudi številko GPS točke. Označevanje je bilo potrebno, ker smo vedeli, da junija pri zbiranju preostalih podatkov ne bo več možno določiti spola, ker se bodo že razvili plodovi. V tej fazi je bilo bistveno le, da vsaki rastlini določimo spol, preden odcveti. Da se ob vrnitvi junija ne bi zmotili, smo ženske osebke označili z dvema trakovoma, obojespolne pa z enim. Za ugotavljanje spolne strukture populacij smo želeli na vsaki ploskvi pregledati 100 osebkov, izmed katerih naj bi izbrali 15 ženskih in 15 dvospolnih rastlin za preučevanje spolnega dimorfizma. V nadaljevanju je razvidno (preglednica 10), da smo tako za analizo spolne strukture, kot za preučevanje spolnega dimorfizma izbrali manjše število rastlin, saj grmi lovorolistnega volčina niso bili razporejeni enakomerno, območje razširjenosti pa je bilo manjše, kot smo sprva predvidevali. Pri številu izbranih ženskih osebkov je prišlo do odstopanj tudi zato, ker so na treh od štirih izbranih ploskvah prevladoval dvospolne rastline.



Slika 9: Označevanje grmov, določenih za preučevanje spolnega dimorfizma (foto: M. Jagrič)

Preglednica 7: Lestvica pogostnosti pojavljanja

<i>Pogostnost pojavljanja</i>	<i>stopnja</i>
Posamezno	1
Redko	2
Srednje pogosto	3
Zelo pogosto	4

Na rastlinah, določenih za preučevanje spolnega dimorfizma, smo konec junija, ko so bili listi popolnoma razviti, izbrali po en poganjek in s tega poganjka nabrali 5 največjih listov. Liste smo shranili, jim pripisali GPS oznako točke in jih herbarizirali. Pri nabiranju listov smo morali paziti, da smo list odtrgali točno na stiku z deblom in da niso bili listi preveč objedeni, s čimer bi zmanjšali natančnost morfometrijske analize. Vsakemu osebku smo

prešteli število debel, izmerili premer najdebelejšega debla pri tleh in višino, ki jo je dosegel najvišji poganjek. Vse podatke smo vpisali na predhodno izdelan popisni obrazec (prilogi A in B).

Preglednica 8: Okrajšave izmerjenih morfoloških znakov

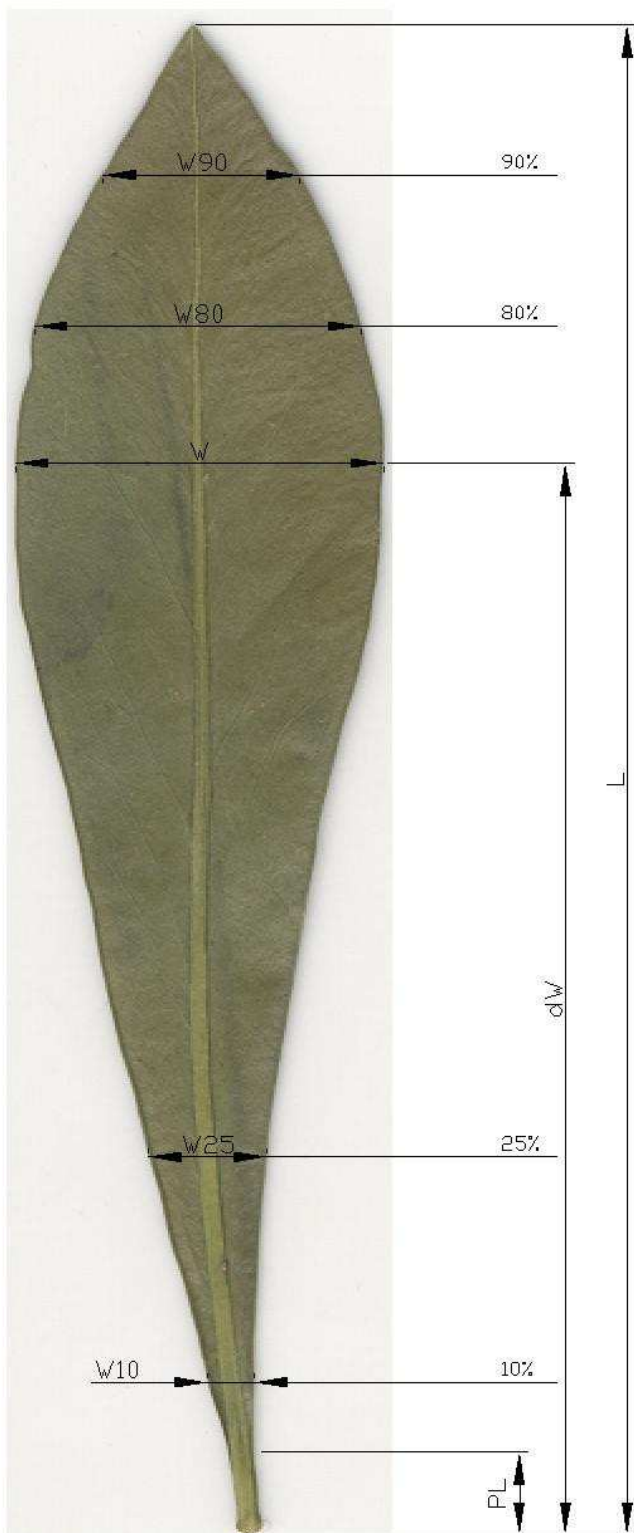
<i>Morfološki znak</i>	<i>Okrajšava</i>
Število cvetov na naključno izbranem deblu	st_cvetov
Število debel	st_debel
Premer najdebelejšega debla	premer
Višina, ki jo doseže najvišji poganjek	višina

2.7 MORFOMETRIJSKA ANALIZA

Ko so bili nabrani listi stisnjeni in dokončno posušeni, smo izvedli morfometrijsko analizo. Liste smo najprej skenirali, da smo dobili digitalno sliko vsakega lista. Digitalno obliko lista smo dobili s pomočjo optičnega čitalnika Epson Xspression 1680, digitalizirali pa smo jih v barvni tehniki z resolucijo 300 dpi. Da bi se izognili napakam pri merjenju, smo že pri nabiranju morali paziti, da so bili izbrani listi čim manj poškodovani. Če se poškodbam nismo mogli izogniti, smo površino listov korigirali s programsko opremo Adobe Photoshop CS. Tako pripravljenim listom smo s pomočjo programa WinFolia (verzija: pro 2005) proizvajalca Régent Instruments Inc. merili znake, podane v preglednici 9.

Preglednica 9: Morfološki znaki, izmerjeni na listih

<i>Morfološki znak</i>	<i>Okrajšava</i>
Površina lista	A
Dolžina lista	L
Maksimalna širina listne ploskve	W
Položaj maksimalne širine listne ploskve	dW
Širina lista pri 90 % listne plokve	W90
Širina lista pri 80 % listne plokve	W80
Širina lista pri 25 % listne plokve	W25
Širina lista pri 10 % listne plokve	W10
Dolžina peclja	PL



Slika 10: Nekateri morfološki znaki, merjeni na listih lovorolistnega volčina

2.8 STATISTIČNE METODE

Podatke, ki smo jih izvozili v Notepad (Microsoft Corporation), smo v programu Excel (Microsoft Corporation) uredili. Izračunali smo povprečje iz podatkov petih listov vsakega grma in za znake, merjene na grmih. Tako smo dobili povprečne vrednosti vseh znakov. Izračunane vrednosti smo uporabili za deskriptivno analizo, pri kateri smo izračunali tudi standardne odklone in koeficiente variacije znakov. Analizo smo izvedli za posamezno ploskev, najprej za znake, merjene na grmih, nato pa še za znake, merjene na listih teh grmov. Izračunali smo tudi skupno povprečje, skupni standardni odklon in skupni koeficient variacije vseh ploskev.

Pri preučevanju spolnega dimorfizma smo prav tako uporabili deskriptivno analizo, v katero smo vključili le povprečne vrednosti različnih spolov. Prispevek posameznega nivoja preučevanja k variabilnosti znakov, merjenih na listih, smo ugotavljali s pomočjo gnezdstega (hierarhičnega) poizkusa. Gnezdst poizkus smo izvedli po modelu:

$$Y = R + G + P(G) + S(R, G, P) + \varepsilon.$$

V model smo vključili učinek višinskega pasu R , spola G , ugnezdeni učinek ploskve znotraj spola $P(G)$ in pa ugnezdeni učinek posameznega grma znotraj pasu, spola in ploskve $S(R, G, P)$. Faktorja R in G sta fiksna, faktorja P in S pa slučajnostna. S hierarhičnim poskusom smo dobili deleže, ki nam kažejo, koliko prispeva posamezni nivo preučevanja k variabilnosti posameznega znaka, merjenega na listu. V dugem delu smo testirali F-vrednosti gnezdstega poizkusa in ugotavljali, kateri nivo preučevanja kot vir variance statistično značilno vpliva na posamezen znak.

Da bi ugotovili, kateri znaki najbolj pojasnjujejo razlike med posameznimi ploskvami, smo izvedli diskriminantno analizo. Z analizo smo ugotovili linearno kombinacijo (diskriminantna spremenljivka) osnovnih znakov, po kateri se ploskve najbolj razlikujejo in ostale kombinacije, ki ji po pomembnosti sledijo. Pomembnost posameznih znakov pri razlikovanju ploskev smo ugotovili na podlagi velikosti uteži diskriminantnih spremenljivk. Prvi dve diskriminantni spremenljivki po pomembnosti smo prikazali grafično, razlike med ploskvami pa smo razložili le z eno.

3 REZULTATI

3.1 RAZŠIRJENOST LOVOROLISTNEGA VOLČINA NA BOHORJU

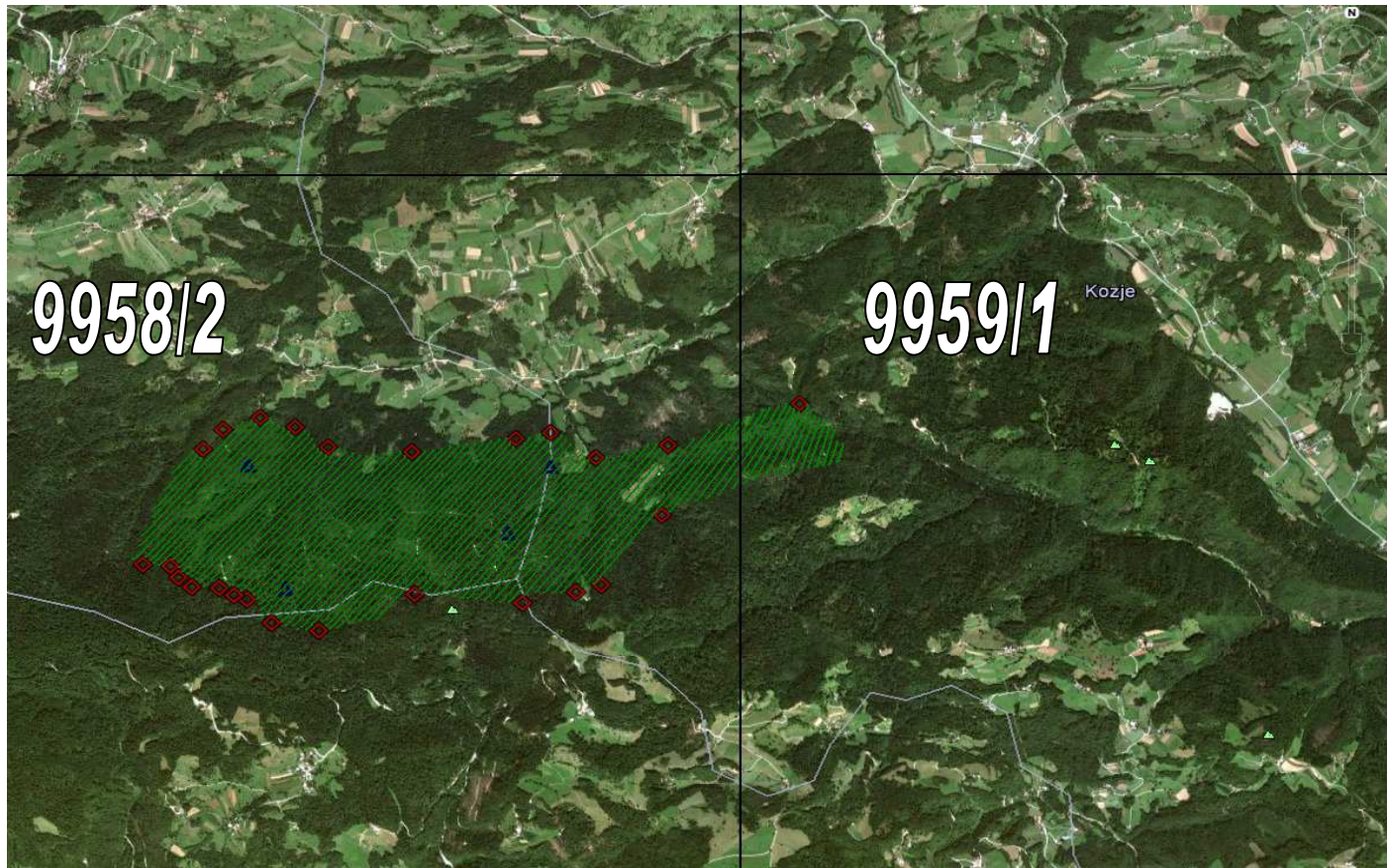
Da lovorolistni volčin najraje raste na apnencu (Brus, 2005), lahko sklepamo, da velja tudi za območje Bohorja, saj ga nismo opazili na vlažnih rastiščih, katerih znak so neprepustne nekarbonatne podlage. Večje gostote rastlin smo opazili na pobočjih grebenov, medtem ko je proti dnu jarkov rasel redkeje. Ob vznožju pobočja je območje pojavljanja nekoliko širše kot pa na zgornji meji razširjenosti, kar je verjetno posledica ugodnejših razmer za rast (slika 11).

Območje razširjenosti je omejeno na severni del Bohorja. Tukaj raste lovorolistni volčin nekoliko gosteje le na nekaterih območjih, ta pa smo po večini zajeli v raziskovalne ploskve prikazane z modrimi trikotniki (slika 7 in slika 11). Z rdečimi kvadrati so na sliki 11 označeni zunanji osebki (osebki na meji razširjenosti), ki smo jih posneli z ročno GPS napravo.

Površina gozdov gozdnogospodarske enote Bohor je 3275,54 ha (GG načrt, 2008). Tako veliko območje je nemogoče prehoditi v celoti, zato bi verjetno našli kakšen grm tudi izven določenega območja razširjenosti lovorolistnega volčina, vendar v večjih gostotah izven določenih mej na Bohorju zagotovo ne raste.

Kot vidimo na sliki 11, je območje razširjenosti relativno majhno in je na območju Bohorja lovorolistni volčin precej izoliran. Populacije so se zaradi izoliranega in zaokroženega območja razširjenosti lahko tu razvijale neodvisno od drugih populacij. Preverili smo tudi, kje so nahajališča lovorolistnega volčina po Joganu (slika 2, uvodni del) in ugotovili, da se skladajo z našim območjem razširjenosti, ki leži v kvadrantu 9958/2. V spodnjem delu tega območja razširjenosti tudi v kvadrantu 9959/1, kjer lovorolistni volčin do sedaj še ni bil zabeležen. Na sliki 11 je vrisana tudi mreža kvadrantov za kartiranje srednje evropske flore, kjer lahko vidimo, da del območja razširjenosti leži tudi v kvadrantu 9959/1. Tu rase več deset osebkov na bregovih potoka Bistri graben. Večje število osebkov smo opazili na desnem bregu potoka, a kljub temu se rastline tu pojavljajo redko oziroma posamezno. Ko

se povzpnejo višje, preide debeljak smreke in jelke s posamično primešano bukvijo v sestoj v obnovi, kjer pa lovorolistnega volčina nismo več zasledili. Po Joganu je lovorolistni volčin lociran tudi v kvadrantih 9967/1, 9957/2 in 9958/1, ki ležijo zahodno od Bohorja, proti Lisci. Na teh kvadrantih nismo imeli raziskovalnih ploskev.



Slika 11: Območje razširjenosti lovorolistnega volčina z označenimi zunanjimi osebki (rdeči kvadrati) in vrisano mrežo kvadrantov za kartiranje srednjeevropske flore

3.2 ŠTEVILO ANALIZIRANIH OSEBKOV PO PLOSKVAH

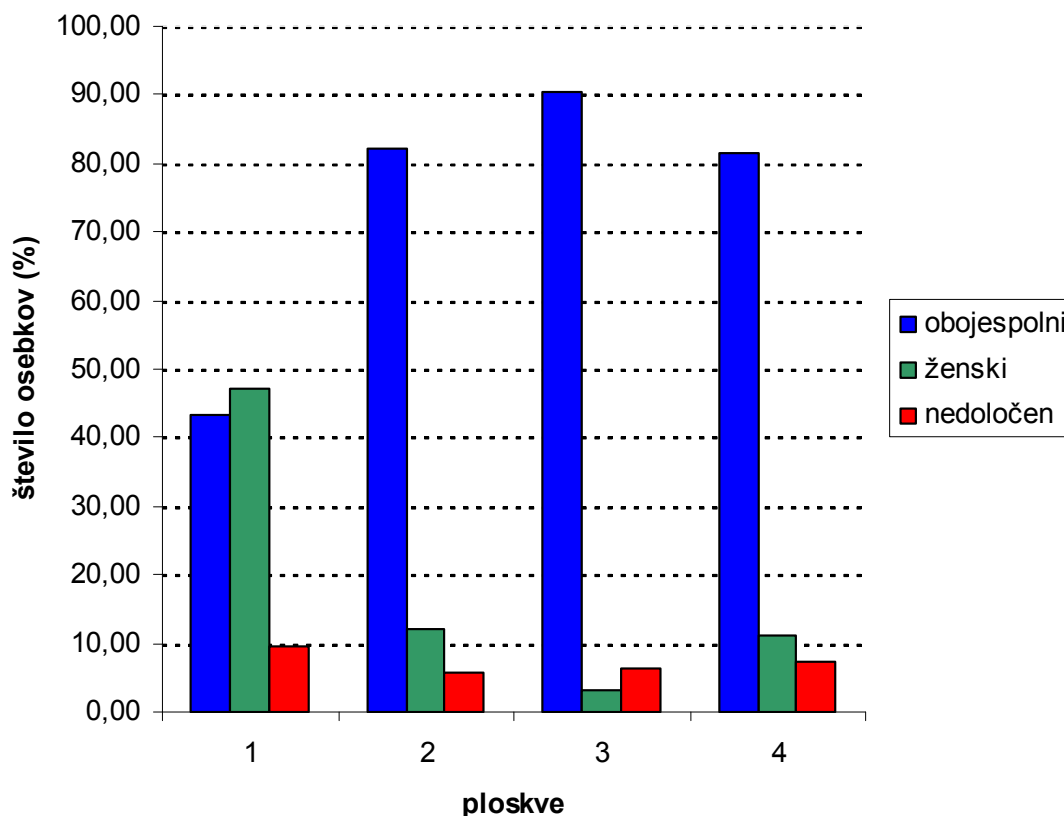
Najmanjše število popisanih osebkov za preučevanje spolnega dimorfizma je bilo 16 na ploskvi 3 (preglednica 10). Tu so bile rastline razporejene zelo redko, kot bomo videli v nadaljevanju, pa smo našli le dva ženska osebka. Zelo pogosto so se rastline pojavljale na ploskvi 2 (preglednica 10), kjer smo skupno popisali za spolni dimorfizem 26 osebkov.

Preglednica 10: Podatki o pogostnosti pojavljanja in številu preučevanih osebkov na raziskovalnih ploskvah

	<i>Ploskev 1:</i> LUBIJEVA HOSTA	<i>Ploskev 2:</i> ŠLOG	<i>Ploskev 3:</i> ZAGRADEC	<i>Ploskev 4:</i> DEBELI VRH
Pogostnost pojavljanja	3 (srednje pogosto)	4 (zelo pogosto)	1-2 (redko-posamezno)	3 (srednje pogosto)
Skupno število popisanih osebkov (spolna struktura)	53	107	63	54
Število morfometrijsko analiziranih osebkov (spolni dimorfizem)	26	26	16	22

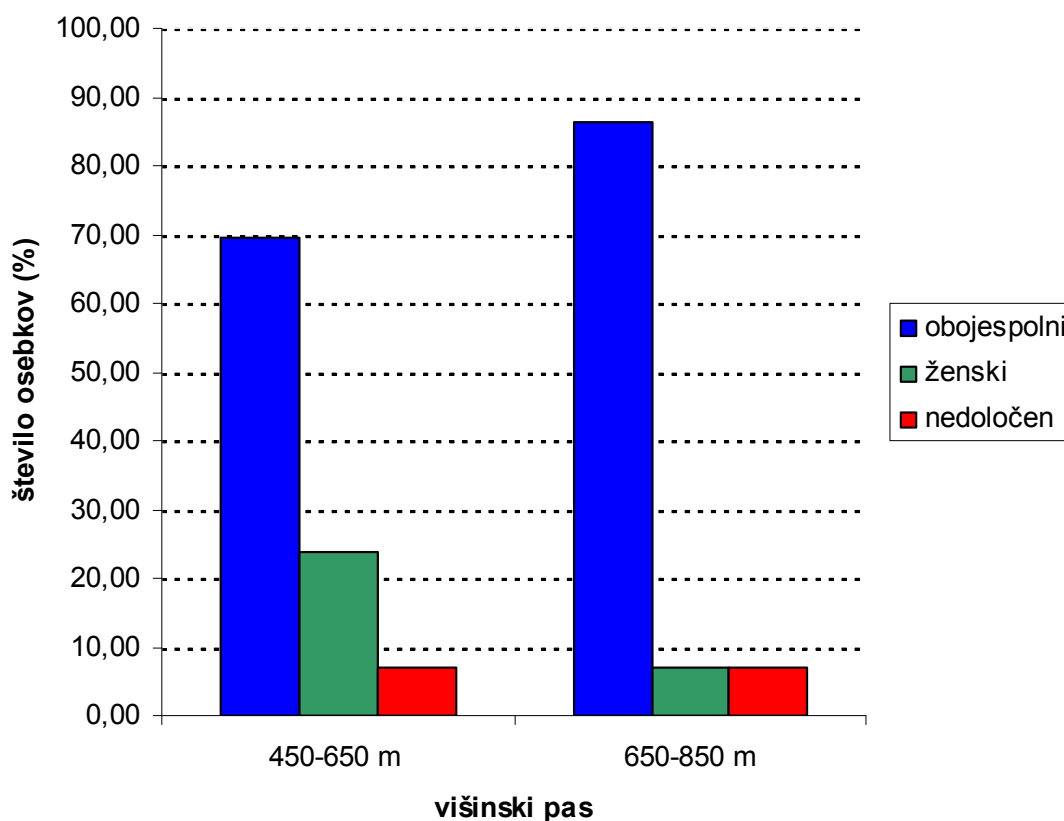
3.3 SPOLNA STRUKTURA POPULACIJ

Na treh ploskvah od štirih je bilo število obojespolnih osebkov znatno večje kot število ženskih. Ta razlika je bila najočitnejša na ploskvi 3, kjer je bilo le 3,17 % ženskih rastlin in kar 90,48 % obojespolnih. Kljub temu, da je bilo na ploskvi 2 v vzorec vzetih dosti več osebkov, kot pri ploskvi 4, sta imeli obe ploskvi podobne deleže rastlin različnih spolov. Na ploskvi 2 je bilo le za 0,76 % več obojespolnih osebkov in za 1,04 % manj ženskih osebkov. Po razmerju med rastlinami različnih spolov je izstopala ploskev 1, kjer je bilo razmerje blizu 1:1. Na tej ploskvi je bilo celo za 3,77 % več ženskih rastlin. Delež nedoločenih rastlin je bil na vseh ploskvah majhen, največjega pa je dosegel na ploskvi 1 in sicer 9,43 %.



Slika 12: Deleži rastlin različnih spolov in nedoločenih osebkov lovrorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) po posameznih ploščkah

Po višinskih pasovih lahko vidimo, da je bilo v zgornjem pasu precej manj ženskih rastlin kot pa v spodnjem. Razmerje med ženskimi in obojespolnimi rastlinami je bilo v zgornjem pasu krepko na strani obojespolnih osebkov, katerih je bilo kar 86,32 %, medtem ko je bilo ženskih le 6,84 %. V spodnjem višinskem pasu je bilo razmerje nekoliko drugačno. Delež obojespolnih rastlin se je zmanjšal na 69,83 % na račun ženskih rastlin, katerih delež se je povečal na 23,75 %. Tako vidimo, da je delež ženskih rastlin v spodnjem pasu večji kot v zgornjem. Po pasovih je bil delež nedoločenih rastlin skoraj identičen. V spodnjem pasu ni bilo mogoče določiti spola 6,88 % rastlinam, v zgornjem pa 6,84 % rastlinam.



Slika 13: Deleži rastlin različnih spolov in nedoločenih osebkov lovrorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) po dveh višinskih pasovih

Preglednica 11: Število osebkov različnih spolov lovrorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) v dveh višinskih pasovih in skupno povprečje

<i>SPOL</i>		OBOJESPOLNI	ŽENSKI	NEDOLOČEN	<i>SKUPAJ</i>
<i>PAS, ŠT. PLOSKVE</i>	450-650 m 1	23	25	5	53
	2	88	13	6	107
650-850 m	3	57	2	4	63
	4	44	6	4	54
SKUPNO POVPREČJE		53,00	11,50	4,75	277 69,25

Preglednica 12: Delež osebkov različnih spolov lovrorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) v dveh višinskih pasovih in skupno povprečje

<i>PAS, ŠT. PLOSKVE</i>		<i>SPOL</i>			<i>SKUPAJ</i>
		OBOJESPOLNI	ŽENSKI	NEDOLOČEN	
450-650 m	1	43,40	47,17	9,43	100
	2	82,24	12,15	5,61	100
650-850 m	3	90,48	3,17	6,35	100
	4	81,48	11,11	7,41	100
SKUPNO POVPREČJE (%)		74,40	18,40	7,20	100

Tudi iz preglednic, kjer je prikazano število osebkov različnih spolov (preglednica 11) in delež različnih spolov (preglednica 12) v dveh višinskih pasovih, je razvidno, da prevladujejo obojespolni osebki. Iz prve preglednice pa lahko razberemo tudi, da je bilo skupno število osebkov po ploskvah precej različno, kar na grafih ni vidno. Izstopala je predvsem ploskev 2, kjer je bilo v vzorcu 107 rastlin.

3.4 MORFOLOŠKE LASTNOSTI

3.4.1 MORFOLOŠKA VARIABILNOST GRMOV

V preglednici 13 so prikazane povprečne vrednosti, standardni odkloni in koeficienti variacije znakov, ki smo jih merili na grmih. Populacije se po višinskih pasovih razlikujejo po povprečnih vrednostih števila cvetov, in sicer so imele rastline v nižjem pasu v povprečju manj cvetov. Povprečni premeri so bile nekoliko večji od drugih na ploskvi 4. Kar precej je po povprečni vrednosti znaka višina izstopala ploskev 1, kjer je bila povprečna višina manjša kot na ostalih ploskvah. Pri primerjavi ostalih povprečnih vrednosti znakov po ploskvah ni bilo večjih odstopanj.

Skupna variabilnost je bila največja pri znaku število debel s 70,30 %. Največja je bila variabilnost števila debel na ploskvi 4, saj je koeficient variacije dosegel 82,03 %, kar je tudi največja vrednost koeficienta variacije med vsemi znaki. Število cvetov, premer in višina so imeli manjše koeficiente variacije v primerjavi s številom debel. Najmanj

variabilen znak je bila višina s skupno variacijo 28,87 % in z najmanjšim koeficientom variacije izmed vseh znakov merjenih na ploskvi 1 - 23,00 %.

Preglednica 13: Povprečje, standardni odklon in koeficient variacije znakov, merjenih na grmih lovorolistnega volčina

<i>PAS, ŠT. PLOSKVE</i>		<i>ZNAK</i>	ŠT. CVETOV	ŠT. DEBEL	PREMER	VIŠINA
					(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)
450-650 m	1	POVPREČJE	27,08	2,46	0,98	53,92
		STD. ODK	10,22	1,82	0,24	12,40
		KV (%)	37,73	73,78	24,98	23,00
	2	POVPREČJE	27,77	1,35	1,07	67,59
		STD. ODK.	12,74	0,63	0,29	22,54
		KV (%)	45,86	46,71	27,21	33,35
650-850 m	3	POVPREČJE	36,31	2,25	1,08	67,39
		STD. ODK.	13,79	1,77	0,48	21,19
		KV (%)	37,97	78,67	44,83	31,44
	4	POVPREČJE	48,27	2,18	1,23	67,00
		STD. ODK.	26,57	1,79	0,40	18,55
		KV (%)	55,05	82,03	32,32	27,69
SKUPNO POVPREČJE			34,10	2,03	1,08	63,46
SKUPNI STD. ODK.			18,71	1,59	0,35	19,50
SKUPNI KV (%)			54,88	78,18	32,68	30,73

3.4.2 MORFOLOŠKA VARIABILNOST LISTOV

Pri znakih, merjenih na listih lovorolistnega volčina, je imelo na ploskvi 4 šest znakov od devetih najmanjšo vrednost, drugo najmanjšo vrednost pa je imelo prav tako šest znakov od devetih na ploskvi 3, ki leži v istem višinskem pasu. Povprečne vrednosti so bile v višjem pasu manjše pri znakih, ki nakazujejo širino lista, z izjemo širine na 10 % listne ploskve, kjer so bile tudi razlike med povprečnimi vrednostmi manjše. Tako lahko trdimo, da so bili listi v povprečju nekoliko ožji v višjem pasu. Listi so bili v povprečju najširši na ploskvi 2, spet z izjemo širine lista na 10 % listne ploskve. Površina, dolžina lista in dolžina peclja pa so dosegli v povprečju največjo vrednost na ploskvi 3.

Koeficienti variacije so bili pri znakih, merjenih na listih, manjši kot pri tistih, merjenih na grmih volčina. Najmanj variabilen znak je bil položaj maksimalne širine lista, kjer je listna ploskev najširša. Vrednost skupne variacije tega znaka je bila 2,48 %. Najbolj variabilen znak je bila dolžina peclja, pri kateri je imela skupna variacija vrednost 27,74 %. Koeficienti variacije so bili največji na ploskvi 4, z izjemo znaka širina lista na 90 % dolžine listne ploskve. Tu je bila tudi maksimalna vrednost koeficienta variacije, in sicer pri znaku dolžina peclja z vrednostjo 33,77 %. Najmanjši koeficienti variacije so bili na poloskvi 1. Pri tem je izstopal le en znak, in sicer širina lista na 10 % dolžine listne ploskve, ki je bil najmanj variabilen na ploskvi 3.

Preglednica 14: Povprečje, standardni odklon in koeficient variacije znakov, merjenih na listih lovorolistnega volčina

<i>PAS, ŠT. PLOSKVE</i>		<i>ZNAK</i>	A	L	W	dW	W80	W90	W10	W25	PL
			(<i>cm</i> ²)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)
450-650 m	1	POVPREČJE	18,51	10,35	3,01	0,68	2,64	1,65	0,48	1,14	0,81
		STD. ODK	2,85	0,97	0,24	0,01	0,22	0,15	0,04	0,09	0,18
		KV (%)	15,39	9,37	7,93	1,59	8,27	9,20	8,73	8,20	22,28
	2	POVPREČJE	20,51	10,96	3,13	0,68	2,80	1,82	0,52	1,18	0,86
		STD. ODK.	4,42	1,39	0,39	0,02	0,40	0,31	0,06	0,12	0,24
		KV (%)	21,55	12,72	12,33	2,91	14,22	17,02	11,41	10,17	28,35
650-850 m	3	POVPREČJE	20,65	11,59	2,98	0,67	2,58	1,61	0,51	1,13	0,99
		STD. ODK.	4,53	1,55	0,34	0,02	0,34	0,23	0,03	0,09	0,26
		KV (%)	21,95	13,34	11,56	2,51	13,01	14,24	6,60	8,43	26,56
	4	POVPREČJE	18,26	10,79	2,74	0,67	2,37	1,47	0,53	1,11	0,90
		STD. ODK.	5,86	2,20	0,40	0,02	0,38	0,23	0,07	0,15	0,30
		KV (%)	32,12	20,40	14,64	2,92	15,82	16,00	13,84	13,70	33,77
SKUPNO POVPREČJE			19,41	10,85	2,97	0,68	2,61	1,65	0,51	1,14	0,88
SKUPNI STD. ODK.			4,53	1,59	0,37	0,02	0,37	0,27	0,06	0,12	0,25
SKUPEN KV (%)			23,35	14,66	12,43	2,60	14,05	16,33	11,39	10,40	28,61

3.5 SPOLNI DIMORFIZEM

Kot rezultat smo pri preučevanju spolnega dimorfizma dobili povprečne vrednosti različnih znakov, merjenih na grmih in listih lovorolistnega volčina, ločeno za obojespolne in ženske rastline. Število grmov izbranih za analizo je bilo manjše, kot smo ga predvideli v metodologiji. Vzroki za manjše število analiziranih osebkov so majhno območje razširjenosti, neenakomerna pogostnost pojavljanja in prevladovanje obojespolnih osebkov v treh populacijah.

Preglednica 15: Število osebkov, izbranih za preučevanje spolnega dimorfizma po posameznih ploskvah

	<i>Ploskev 1:</i> LUBIJEVA HOSTA	<i>Ploskev 2:</i> ŠLOG	<i>Ploskev 3:</i> ZAGRADEC	<i>Ploskev 4:</i> DEBELI VRH
Število obojespolnih rastlin	11	17	15	16
Število ženskih rastlin	15	9	1	6
Skupaj	26	26	16	22

3.5.1 PRIMERJAVA POVPREČNIH VREDNOSTI ZNAKOV, MERJENIH NA GRMIH

Skupno so bile povprečne vrednosti znakov, merjenih na grmih, večje pri ženskih osebkih, razen pri znaku višina. Razlike med ženskimi in obojespolnimi osebki so bile majhne pri skupnih povprečnih vrednostih premera in števila debel, nekoliko večje razlike pa so bile pri znakih število cvetov in število debel.

Posamezno je izstopala ploskev 3, kjer so bile kar tri povprečne vrednosti večje pri obojespolnih osebkih, vendar je treba opozoriti, da smo izbrali za analizo na tretji ploskvi le eno žensko rastlino, ki nam ne podaja realne slike o povprečnih vrednostih merjenih znakov. Pri ženskih osebkih so bile na vseh ploskvah večje povprečne vrednosti števila cvetov. Rastline so imele v povprečju več debel v višjem pasu, razlike v številu debel pa so bile najočitnejše na ploskvi 4, kjer so imele ženske rastline v povprečju dve debli in pol več kot obojespolne.

Preglednica 16: Povprečne vrednosti različnih znakov, merjenih na grmih lovorolistnega volčina, ločeno po obojespolnih in ženskih rastlinah

<i>PAS, SPOL</i>		<i>ZNAK</i>	ŠT.CVETOV	ŠT.DEBEL	PREMER	VIŠINA
					(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)
450-650 m	1	Ž	27,11	2,68	1,02	53,90
		O	26,91	2,18	0,93	54,11
	2	Ž	30,11	1,33	1,19	76,93
		O	26,53	1,35	1,01	62,64
650-850 m	3	Ž	55,00	1,00	0,80	32,80
		O	35,07	2,33	1,10	69,70
	4	Ž	58,17	4,00	1,25	70,22
		O	44,56	1,50	1,22	65,79
SKUPNO ŽENSKI			34,94	2,49	1,11	63,12
SKUPNO OBOJESPOLNI			33,66	1,80	1,07	63,70

Pri primerjavi skupnih povprečnih vrednosti znakov merjenih na grmih (*t*-test) smo odkrili statistično značilne razlike med obojespolnimi in ženskimi rastlinami le pri znaku število debel (preglednica 17). Torej imajo ženski osebki v povprečju več debel, medtem ko razlike med obojespolnimi in ženskimi osebki v številu cvetov, premeru in višini niso bile značilne.

Preglednica 17: Skupne povprečne vrednosti različnih znakov, merjenih na grmih, ločeno po obojespolnih in ženskih rastlinah

<i>ZNAK</i>	ŠT.CVETOV	ŠT.DEBEL	PREMER	VIŠINA
<i>SPOL</i>			(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)
Ž	34,94	2,49	1,11	63,12
O	33,66	1,80	1,07	63,70

Krepki tisk ponazarja statistično značilne razlike med ženskimi (Ž) in obojespolnimi (O) rastlinami (*t*-test, $P < 0,05$)

3.5.2 PRIMERJAVA POVPREČNIH VREDNOSTI ZNAKOV, MERJENIH NA LISTIH

Povprečne vrednosti znakov, merjenih na vseh listih, se med spoloma niso dosti razlikovale (preglednica 18). Listi obojespolnih osebkov so bili v povprečju nekoliko daljši in so imeli zaradi razlike v dolžini verjetno tudi nekoliko večjo površino. Skupne povprečne vrednosti znakov, ki nakazujejo širino lista, se med osebki različnih spolov niso veliko razlikovale in so bile pri določenih znakih celo enake. Prav tako so bile razlike majhne med osebki različnih spolov v dolžini peclja in v dolžini do mesta, kjer je listna ploskev najširša.

Tudi po posameznih ploskvah spolni dimorfizem ni bil izrazit. Kot pri skupnih povprečnih vrednostih so bile tudi razlike med različnima spoloma po posamezni ploskvi nekoliko večje v dolžini listov in površini listne ploskve. Iz preglednice 18 je torej razvidno, da je spolni dimorfizem izrazit le pri znakih dolžina in površina lista.

Razlike med obojespolnimi in ženskimi osebki smo preverili tudi s pomočjo *t*-testa (preglednica 19). Kot smo sklepali že iz preglednice 18, kjer so prikazane povprečne vrednosti znakov, smo tudi s *t*-testom odkrili statistično značilne razlike med osebki različnih spolov pri znaku dolžina, kar pomeni, da so v povprečju listi obojespolnih rastlin značilno daljši. Pričakovali smo, da bodo značilne razlike tudi v površini lista, vendar jih s *t*-testom nismo dokazali. Prav tako nismo odkrili značilnih razlik med osebki različnih spolov pri drugih znakih, merjenih na listih. V povprečju so bili obojespolni osebki za dobrega pol centimetra večji kot osebki ženskih rastlin.

Preglednica 18: Povprečne vrednosti različnih znakov, merjenih na listih lovorolistnega volčina, ločene po spolu

<i>PAS, SPOL</i>		<i>ZNAK</i>	<i>A</i>	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>dW</i>	<i>W80</i>	<i>W90</i>	<i>W10</i>	<i>W25</i>	<i>PL</i>
			(<i>cm</i> ²)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)
450-650 m	1	Ž	18,02	10,09	3,00	0,68	2,63	1,66	0,48	1,14	0,81
		O	19,17	10,71	3,03	0,68	2,66	1,63	0,48	1,14	0,81
	2	Ž	20,31	10,63	3,16	0,69	2,85	1,90	0,51	1,17	0,92
		O	20,61	11,13	3,11	0,68	2,76	1,78	0,52	1,18	0,83
650-850 m	3	Ž	20,11	11,09	3,00	0,68	2,64	1,66	0,52	1,16	0,89
		O	19,64	11,03	2,97	0,67	2,60	1,63	0,51	1,14	0,89
	4	Ž	17,96	10,82	2,66	0,67	2,30	1,40	0,51	1,09	0,84
		O	18,37	10,78	2,77	0,67	2,40	1,49	0,54	1,12	0,92
SKUPNO ŽENSKI			18,88	10,48	2,99	0,68	2,64	1,68	0,50	1,15	0,85
SKUPNO OBOJESPOLNI			19,68	11,05	2,97	0,67	2,60	1,63	0,52	1,14	0,89

Preglednica 19: Skupne povprečne vrednosti različnih znakov, merjenih na listih, ločeno po obojespolnih in ženskih rastlinah

<i>ZNAK</i>	<i>A</i>	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>dW</i>	<i>W80</i>	<i>W90</i>	<i>W10</i>	<i>W25</i>	<i>PL</i>
	(<i>cm</i> ²)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)	(<i>cm</i>)
Ž	18,88	10,48	2,99	0,68	2,64	1,68	0,50	1,15	0,85
O	19,68	11,05	2,97	0,67	2,60	1,63	0,52	1,14	0,89

Krepki tisk ponazarja statistično značilne razlike med ženskimi (Ž) in obojespolnimi (O) rastlinami (*t*-test, *P*<0,05)

3.6 PRISPEVEK POSAMEZNEGA NIVOJA PREUČEVANJA K VARIABILNOST ZNAKOV, MERJENIH NA LISTIH

S pomočjo gnezdstega (hierarhičnega) poskusa smo ugotavljali, kakšen je prispevek posameznega nivoja preučevanja k variabilnosti posameznih morfoloških znakov listov lovorolistnega volčina. Ugotovili smo, da ima pri večini znakov (A, L, W, W80, W10, W25), največji prispevek k skupni variabilnosti listov variabilnost med grmi. Deleži teh znakov se gibljejo v intervalu od 50,82 % (W10) do 78,76 % (L). Na variabilnost pri ostalih treh znakih (dW, W90, PL) pa najbolj vplivajo razlike znotraj samega grma.

Daleč najmanjši prispevek k variabilnosti listov ima spol, kjer je ponekod prispevek celo 0,00 % (W80, W90, W25, W10, PL). Vrednosti vpliva variabilnost med ploskvami se gibljejo v intervalu od 0,03 % do 6,28 %. Raznolikost med ploskvami še v največji meri vpliva na raznolikosti znakov W, W80, W90 in PL. Tudi razlike med pasovi prispevajo k skupni variabilnosti znakov le malo, največje pa so pri površini (A), dolžini (L), največji širini listne ploskve (W) in širini lista pri 80 % listne ploskve (W80). Vrednosti za posamezni znak se gibljejo v intervalu od 3,10 % do 4,01 %.

Iz preglednice 20 je razvidno, da je za znake, merjene na listih, največji ugnezden učinek grma, saj smo pri vseh znakih ugotovili statistično značilne razlike. Kot se je pokazalo že pri preučevanju spolnega dimorfizma, smo tudi tu ugotovili, da spol ne prispeva značilno k variabilnosti znakov, merjenih na listih. Rezultati so pokazali, da tudi posamezna ploskev le malo vpliva na variabilnost listov, saj je bil vpliv ploskve statistično značilen le pri dveh znakih (W90 in W10). Nekoliko večji vpliv pa ima na znake, merjene na listih, višinski pas, saj so se značilne razlike pokazale pri petih znakih (W, dW, W80, W90, PL), od katerih smo odkrili za znak širina lista pri 90 % listne ploskve (W90) statistično značilne razlike z najmanjšim tveganjem.

Preglednica 20: Prispevek posameznih nivojev proučevanja k variabilnosti posameznih morfoloških znakov grmov in listov lovrolistnega volčina

Vir variance	Prispevek variabilnosti med pasovi k skupni variabilnosti listov	Prispevek variabilnosti spola k skupni variabilnosti listov	Prispevek variabilnosti med ploskvami k skupni variabilnosti listov	Prispevek variabilnosti med grmi k skupni variabilnosti listov	Prispevek variabilnosti znotraj grma k skupni variabilnosti listov
A	4,01	0,13	0,03	76,33	19,50
L	3,10	0,63	1,45	78,76	16,07
W	3,56	0,01	5,35	58,93	32,15
dW	0,54	0,05	1,94	30,67	66,81
W80	3,64	0,00	6,28	53,17	36,92
W90	0,10	0,00	2,24	47,27	50,39
W10	0,04	0,00	0,02	50,82	49,11
W25	0,08	0,00	0,16	58,42	41,35
PL	0,10	0,00	2,24	47,27	50,39

Preglednica 21: F-vrednosti gnezdasto zasnovanega poskusa za analizirane znake na listih lovrolistnega volčina

vir variance	A (cm ²)	L (cm)	W (cm)	dW (cm)	W80 (cm)	W90 (cm)	W10 (cm)	W25 (cm)	PL (cm)
spol	0,15n.s.	0,67n.s.	0,02n.s.	0,1n.s.	0,01n.s.	0,32n.s.	0,66n.s.	0,01n.s.	0,03n.s.
pas	0,04n.s.	1,56n.s.	7,71**	5,4*	10,02**	11,96***	2,86n.s.	2,32n.s.	4,03*
ploskev (pas)	2,23n.s.	1,67n.s.	2,56n.s.	0,8n.s.	2,91n.s.	5,13**	3,45*	0,55n.s.	0,89n.s.
grm (ploskev, pas, spol)	16,54***	20,69***	7,74***	1,9***	6,08***	3,56***	4,37***	5,97***	3,96***

n.s. ni statistično značilnih razlik ("not significant") pri $P < 0,05$; * $0,01 < P < 0,05$; ** $0,001 < P < 0,01$; *** $P < 0,001$

3.7 UGOTAVLJANJE VARIABILNOSTI S POMOČJO DISKRIMINANTNE ANALIZE

Z diskriminantno analizo smo ugotovili, da na razlike med posameznimi ploskvami najbolj vpliva pet znakov, merjenih na listih. To so dolžina listne ploskve (L) in širina lista pri 80 %, 90 %, 10 % in 25 % listne ploskve (W80, W90, W10, W25). Standardizirane uteži diskriminantnih spremenljivk za posamezni znak so prikazane v preglednici 22. Ker funkcija 3 pojasnjuje le 3,4 % variance, je v analizo nismo vključili (preglednica 23).

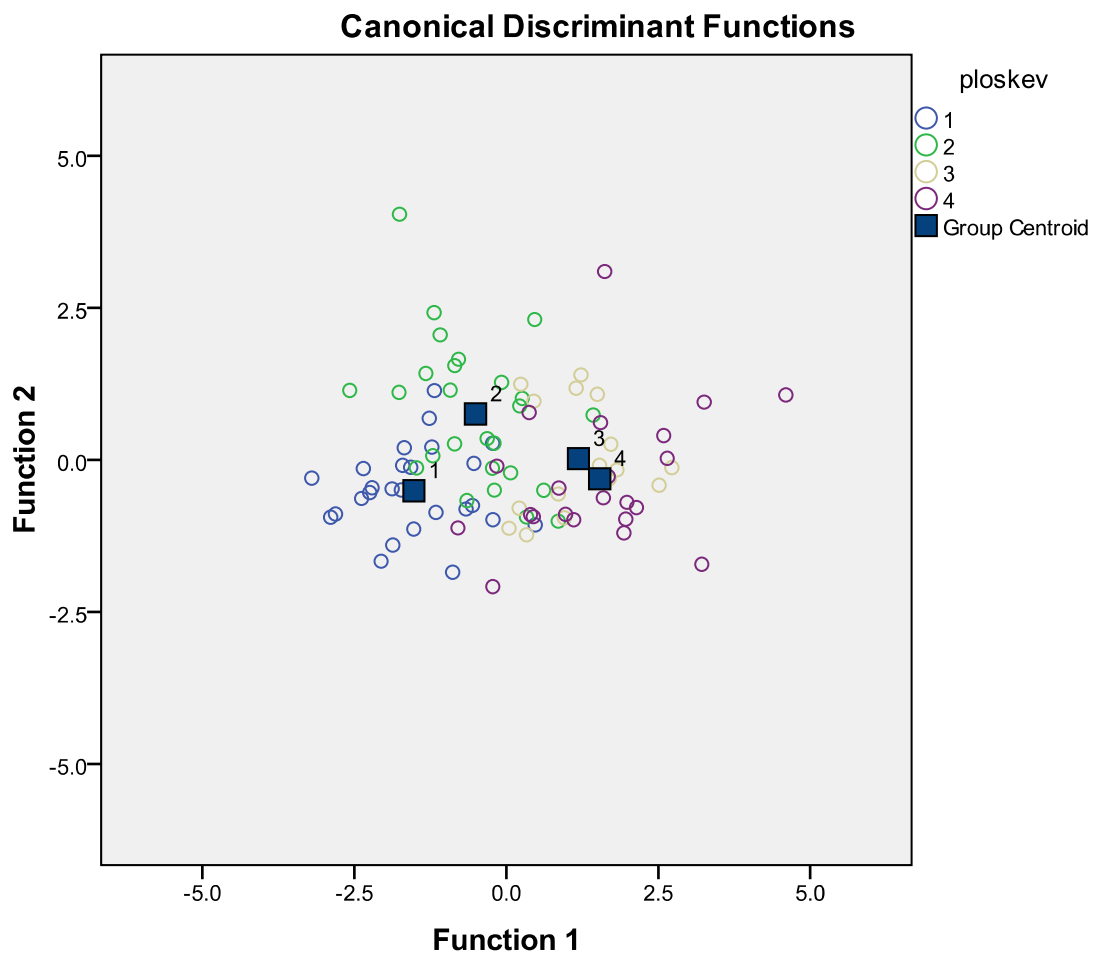
Preglednica 22: Standardizirane uteži diskriminantnih spremenljivk

<i>FUNKCIJA</i>	1	2
<i>ZNAK</i>		
L	1,870	0,492
W80	-2,710	-2,571
W90	1,494	2,914
W10	1,169	0,173
W25	-1,432	-0,055

Preglednica 23: Relativna pomembnost diskriminantnih spremenljivk

<i>FUNKCIJA</i>	<i>RELATIVNA POMEMBOST (% OF VARIANCE)</i>
1	82,7
2	13,8
3	3,4

Prva diskriminantna spremenljivka torej v mnogo večji meri razločuje populacije kot druga. Za levo stran grafa diskriminantnih funkcij (slika 14), kjer sta prva in druga ploskev, so značilni krajši listi, ki so na vrhu koničasti, kar nakazujejo znaki L, W80, W90. Dno ploskve je zaradi v povprečju krajših listov bolj klinasto, kot pa na območju grafa desno od osi, kjer ležita ploskvi tri in štiri. Tu je vrh listne ploskve bolj top, sami listi pa so daljši. Dno listne ploskve ni tako klinasto, ampak ostro. Rob listne ploskve se torej oža proti peclju pod manjšim kotom.



Slika 14: Graf diskriminantnih funkcij za štiri ploskve



Slika 15: Lista, ki ustrežata rezultatom diskriminantne analize. Desno je prikazan značilen list iz nižje ležeče populacije, ki je krajši in ožji na 90 in 10 % listne ploskve, levo pa značilen list iz populacije višjega pasu, ki pa je od prvega lista ožji na 80 in 25 % listne ploskve, in je daljši

4 RAZPRAVA IN SKLEPI

4.1 RAZPRAVA

4.1.1 MORFOLOŠKA VARIABILNOST IN VPLIV OKOLJA

Rezultati kažejo, da je povprečna vrednost premera najvišjega debla 10,9 mm, kar se ujema z rezultati raziskovanj, ki jih je opravila Alonso (1996). Pri preučevanju vpliva objedanja glede na arhitekturne lastnosti in velikost lovorolistnega volčina je ugotovila, da so povprečne vrednosti premera 11,2 mm. Podobne rezultate kot v raziskavi smo dobili tudi pri preučevanem znaku višina, kjer smo dobili povprečno vrednost 63,97 cm. Povprečna vrednost dolžine listov, ki smo jo dobili z meritvami je bila 10,85 cm in je nekoliko presejala zgornjo mejo dolžin opisanih v literaturi, po katerih naj bi listi merili 3-10 cm (Brus, 2005). To je normalno, saj smo nabirali najdaljše liste iz vsakega preučevanega grma.

V literaturi nismo nikjer zaznali, kakšno je povprečno število debel. Največje povprečno število debel je bilo pri nas na ploskvi 1 (2,46). To število bi bilo verjetno, ob gostejših populacijah in boljših razmerah za rast lovorolistnega volčina, večje. Pri znaku število debel je bil tudi največji koeficient variacije (78,18 %), kateremu je po variabilnosti sledil znak število cvetov (54,88 %). Tako velika razpršenost meritev od aritmetične sredine je najverjetneje povezana tudi z razlikami med obojespolnimi in ženskimi rastlinami. Ženske rastline so imele v našem primeru povprečno več debel (2,49), obojespolne pa manj (1,80) kot je skupna aritmetična sredina (2,03).

Proti pričakovanju smo odkrili, da so povprečne vrednosti števila cvetov v višjem višinskem pasu večje. Manjše vrednosti bi v višjem pasu pričakovali, ker je bil delež obojespolnih osebkov večji, za njih pa je značilno manjše število cvetov, kot pri ženskih osebkih (Alonso in sod., 2007). Pri spolnem dimorfizmu so imele nekoliko manj cvetov obojespolne rastline tudi pri nas, vendar so bile razlike neznačilne. Sklepamo lahko, da so rastline višjega pasu razvile večje število cvetov, ker so razmere tu slabše, rastline rastejo redkeje in se tako z večjim številom cvetov poveča potencialni uspeh opraševanja.

Okolje precej vpliva na variabilnost listov. K skupni variabilnosti listov veliko prispeva variabilnost znotraj grma. Pri nabiranju smo sicer izbrali iz vsakega grma po pet največjih listov, a kljub temu so bile opazne razlike med listi v velikosti in obliki že pri nabiranju. Velike razlike med grmi znotraj ploskve lahko pojasnimo z različnimi rastnimi razmerami, ki jih ima posamezen grm. Kljub relativno majhnem območju, so bile razlike v okoljskih razmerah med posameznimi grmi ponekod velike.

Za nekatere znake lahko potrdimo statistično značilen učinek pasu. To so znaki, ki nakazujejo širino lista in zašiljenost (W , W_{80} , W_{90}), ter dolžino peclja (PL) in položaj maksimalne širine listne ploskve (dW). Ploskev znotraj pasu pa statistično značilno vpliva na širino lista pri 90 % listne ploskve (W_{90}) in na širino lista pri 10 % listne ploskve (W_{10}). Nekateri od znakov so se izkazali za pomembne tudi pri diskriminantni analizi, kjer smo ugotovili, da so na ploskvah, ležečih v spodnjem pasu, listi krajši, dno listne ploskve bolj klinasto, vrh pa bolj zašiljen kot na ploskvah v višjem pasu (slika 15).

4.1.2 SPOLNA STRUKTURA

Pri preučevanju spolne strukture smo ugotovili kot že Alonso in sod. (2007) v raziskavi, da je lovorolistni volčin tudi na Bohorju pretežno ginodiecicna vrsta. Že na relativno majhnem območju se je pokazalo, da se lahko razmerje med spoloma precej spreminja. V naši raziskavi se je delež ženskih osebkov gibal med 3,17 % in 47,17 %, kar je znotraj meja, ki so jih odkrili v prejšnjih raziskavah, kjer je delež ženskih osebkov dosegel do 60 % (Mederano in sod., 2005), ponekod pa so bile populacije povsem hermafroditske (Alonso in Herrera, 2011). Sklepamo lahko, da je ploskev z največjim deležem ženskih rastlin blizu diecije, predvsem po funkcionalnosti spola, saj je v teoriji uravnovešeno razmerje med spoloma vodilo za ugotavljanje funkcionalnega spola hermafroditov (Delph in Wolf, 2004). Delph in Wolf (2004) sta prav tako ugotovila, da lahko do še večje zapletenosti pride, če je alokacija spola hermafroditov plastična, kar pomeni, da lahko hermafroditi spreminjajo produkcijo semen in peloda glede na razmere v okolju. To sta pri lovorolistnem volčinu v raziskavi ugotovila že Alonso in Herrera (2001), kjer je bil delež

ženskih rastlin obratno sorazmeren z naraščanjem nadmorske višine, kar nakazuje, da je osnovanje in ohranjanje ženskih osebkov na območju raziskave odvisno od ekoloških faktorjev. Tudi Alonso (2005) je ugotovila, da so se v raziskavi ženske kvantitativne slabosti v uspehu oprave večale z višino in da boljša dostopnost peloda zaradi večjega deleža hermafroditov ni mogla ublažiti negativnih posledic, ki jih imajo dejavniki, povezani z nadmorsko višino, na oprave. V naši raziskavi se je prav tako izkazalo, da so bili deleži ženskih rastlin v višjem višinskem pasu manjši. Na eni izmed ploskev v zgornjem višinskem pasu z izrazito majhno gosto rastlin je bil tudi delež ženskih rastlin najmanjši. To potrjuje tudi ugotovitev v raziskavi, da hermafroditizem in samooprave nastopita kot pozitivna selekcija, kjer so majhne frekvence posameznih osebkov, kar je lastnost novo koloniziranih območij, medtem ko se ginodiecija z ženskimi osebki razvije v bolj gostih populacijah. Ginodiecija se razvije, če dosežejo ženski osebki nekatere prednosti v plodnosti skozi kvantitativno produkcijo semena ali izogibanju oplojevanju v ožjem sorodstvu (Medrano in sod., 2005). Sklepamo, da bi lahko bile vzrok za prevladovanje obojespolnih osebkov tudi pogoste sečnje, ki bi povzročile, da nastopi hermafroditizem kot pozitivna selekcija na tem območju.

4.1.3 SPOLNI DIMORFIZEM

Že pri pregledu populacij smo opazili razlike v morfologiji cvetov med različnima spoloma. Kot je bilo že navedeno v literaturi (Alonso in Herrera, 2001), so tudi ženskim cvetovom lovorolistnega volčina na Bohorju ostali prašniki, ki ne proizvajajo peloda, imeli pa so tudi krajše hipantije, kar smo tudi uporabili pri določanju spola.

Pri ugotavljanju razlik med ženskimi in obojespolnimi osebki smo ugotovili, da so razlike majhne in po večini niso statistično značilne. Značilne razlike med različnima spoloma smo pri znakih, merjenih na grmih, odkrili le pri številu debel (*st_debel*). V povprečju so imele ženske rastline za 0,7 več debel kot obojespolni osebki, največje pa so bile na ploskvi 4, kjer so imele ženske rastline v povprečju 2,5 debela več. Manjše razlike, ki pa niso bile statistično značilne, pa so se pojavile tudi v številu cvetov (*st_cvetov*), ki je bilo na vseh ploskvah nekoliko večje pri ženskih rastlinah. Alonso in sod. (2007) so v raziskavi prav tako odkrili večje število cvetov pri ženskih rastlinah, ki pa so kljub temu proizvedle

enako število plodov, in sicer zaradi slabšega uspeha pri opráševanju. Ker je bilo v povprečju število cvetov ženskih rastlin večje, bi bilo smotno tudi na območju Bohorja preveriti, ali je število plodov večje ali enako kot pri obojespolnih osebkih. Če bi bilo večje, bi to pomenilo, da imajo ženske rastline prednost pred obojespolnimi v razmnoževanju, kar bi jim omogočalo ohranjanje v populacijah. V nadaljnje raziskave bi lahko vključili tudi znak delež debel s cvetovi pri ženskih in pri obojespolnih rastlinah, s pomočjo katerega bi ugotovili, ali obstaja in kakšna je povezanost med znakoma število debel in število cvetov. Po velikosti in premeru se ženske rastline niso značilno razlikovale od obojespolnih.

Tudi pri preučevanju znakov, merjenih na listih lovorolistnega volčina, smo odkrili značilne razlike le pri znaku dolžina listov (L), kjer so bili v povprečju listi obojespolnih osebkov daljši kot pri ženskih rastlinah, kar je v nasprotju z rezultati raziskave, ki sta jo opravila Alonso in Herrera (2001), kjer je bilo ugotovljeno, da se grmi različnih spolov ne razlikujejo značilno po velikosti, proizvodnji listov, velikosti listov, razporeditvi hranil listom in produkciji cvetov ter plodov. Nekoliko večje, a neznačilne razlike so bile tudi v ploščini, kar je verjetno povezano z dolžino listov. Zelo majhne razlike pa so se pokazale v znakih, ki nakazujejo širino lista, zato lahko trdimo, da se na območju Bohorja ženske in obojespolne rastline po širini listov ne razlikujejo, razlike pa so bile prav tako majhne v dolžini peclja.

4.2 SKLEPI

Ugotovili smo, da je območje razširjenosti lovorolistnega volčina na Bohorju relativno majhno, kot smo tudi predpostavili v hipotezi. Zaradi tega smo bili tudi delno omejeni pri izbiri ploskev in pri izbiri rastlin za preučevanje spolnega dimorfizma. Prav tako lahko potrdimo hipotezo, da obstajajo razlike v morfoloških lastnostih in razlike v spolni strukturi med populacijami različnih višinskih pasov. Sklepamo, da so na območju Bohorja značilnosti razmnoževalnega sistema lovorolistnega volčina precej odvisne od dejavnikov okolja. Od okolja je odvisna predvsem pogostnost pojavljanja rastlin. Naši rezultati se ujemajo z ugotovitvami v literaturi, da večja kot je pogostnost pojavljanja, večje so tudi frekvence ženskih rastlin. To kaže na pozitivno selekcijo obojespolnih rastlin, če so rastne

razmere slabše. Sklepamo lahko, da se ob slabših razmerah v okolju ženske rastline ne morajo razširiti in sobivati s hermafroditi, verjetno tudi zato, ker je uspešnost opravevanja pri ženskih osebkih slabša. Ker lovorolistnemu volčinu ustrezajo senčne razmere, bi lahko na manjše gostote v višjem pasu vplivala presvetljenost zaradi sečenj, pogostnost pa je verjetno povezana tudi s tlemi, saj se na Bohorju prepletajo karbonatna in nekarbonatna podlaga, lovorolistni volčin pa najraje raste na karbonatni podlagi – apnencu. Tudi drugačne klimatske razmere (krajši čas vegetacije, nižje temperature ...), ki so značilne za višje lege, bi lahko vplivale na gostoto rastlin. Kot smo že omenili, je tudi uspeh opravevanja z višino pri ženskih rastlinah slabši, kar je lahko posledica manjšega števila opravevalcev v večjih nadmorskih višinah. Ne le pogostnost in spolna struktura, tudi morfološke lastnosti rastline so odvisne od ekoloških dejavnikov. Grmi imajo v višjem pasu več cvetov, listi pa so daljši in drugačne oblike.

Spolni dimorfizem pri lovorolistnem volčinu na območju Bohorja ni izrazit, a kljub temu smo odkrili nekaj razlik med osebki različnih spolov. Torej naše hipoteze, da razen razlik v cvetovih morfološke razlike med obojespolnimi in ženskimi rastlinami niso statistično značilne, ne moremo povsem potrditi. Sklepamo lahko, da so ženske rastline pridobile prednost pred obojespolnimi rastlinami v razmnoževalnem sistemu s tem, da proizvedejo več debel in več cvetov, hermafroditi pa imajo vegetativno prednost in sicer nekoliko daljše liste – v povprečju za dobrega pol centimetra, in posledično tudi večjo površino. Tu je potrebno omeniti, da je bil vzorec preučevanih rastlin za spolni dimorfizem razmeroma majhen in obstaja možnost, da bi z večjim številom rastlin različnih spolov prišli do nekoliko drugačnih rezultatov.

5 POVZETEK

Lovorolistni volčin je ena od šestih samoniklih vrst iz rodu volčinov (*Daphne* L.) v Sloveniji. Je vednozelen grm, ki ima dobro opazne usnjate, temno zelene in bleščeče liste. Manj opazni so rumenzeleni cvetovi. Je sencozadržna vrsta, ki najraje raste na apnencu. V Sloveniji raste po senčnih in vlažnih gozdovih od nižin do gorskega pasu, največkrat v gorskih bukovih, jelovo-bukovih in drugih svežih mešanih gozdovih.

Razmnoževalni sistem, značilen za lovorolistni volčin, kjer v isti populaciji sobivajo obojespolni in ženski osebki, se imenuje ginodiecija. Ta sistem v teoriji velja kot evolucijska pot od hermafrodizma k dieciji. Deleži ženskih oz. obojespolnih osebkov se pri lovorolistnem volčinu med populacijami razlikujejo. Znano je, da se osebki različnih spolov med seboj razlikujejo v zgradbi cvetov, odkrite pa so bile tudi že nekatere druge razlike med obojespolnimi in ženskimi rastlinami.

Lovorolistni volčin je v Sloveniji precej pogosta vrsta, vendar razlik med hermafroditi in ženskimi osebki pri nas ni preučeval še nihče. Tudi spolna struktura populacij je v Sloveniji slabo raziskana. Preučevana je bila le na Vrhniku, kjer so bili le obojespolni osebki in v Kočevju, kjer je bilo 15 % ženskih rastlin. Bohor je bil za raziskavo primeren, ker je tu vrsta slabo raziskana, območje pa je primerno zaradi izoliranosti in zaokroženosti.

Cilji naloge so bili: ugotoviti razširjenost lovorolistnega volčina na Bohorju, ugotoviti, ali obstajajo še druge značilne morfološke razlike med obojespolnimi in ženskimi rastlinami lovorolistnega volčina in ugotoviti spolno strukturo populacij na izbranih ploskvah lovorolistnega volčina na Bohorju in njeno povezavo z rastiščnimi razmerami.

Pri izbiri ploskev smo se omejili na severni del bohorskega pogorja, kjer je razširjen lovorolistni volčin. Za pogorje Bohorja je značilen razgiban relief, kjer se prepletajo stmi grebeni in številni jarki z manjšimi vodotoki. Značilno pa je tudi izmenjavanje karbonatne matične podlage in dolomita, kjer so se razvile različne prsti. V raziskavo smo vključili štiri ploskve, in sicer po dve v vsakem višinskem pasu. Prvi pas smo določili med 450 in 650 m, drugega pa med 650 in 850 m. Ploskve smo izbrali, kjer so bile gostote rastlin

največje in jim določili osnovne podatke (GPS koordinate lokacije, nadmorsko višino, naklon, okvirno velikost).

Konec aprila 2011 smo začeli zbirati podatke. V prvi fazi smo pri vsakem grmu zapisali v popisni obrazec številko GPS točke, ji pripisali oznako za spol in določili število cvetov na naključno izbranem debelcu. Na vsakem nahajališču smo določili tudi pogostnost pojavljanja. V tej fazi smo rastline, ki smo jih naključno izbrali za podrobnejše preučevanje spolnega dimorfizma, označili z rdečim trakom, na katerega smo napisali tudi številko GPS točke. Na rastlinah, določenih za preučevanje spolnega dimorfizma, smo junija izbrali po en poganjek in s tega nabrali 5 največjih listov. Liste smo shranili, jim pripisali GPS oznako točke in jih herbarizirali. Vsakemu osebku smo prešteli tudi število debel, izmerili premer najdebelejšega debla pri tleh in višino, ki jo je dosegel najvišji poganjek. Za analizo spolnega dimorfizma kot za preučevanje spolne strukture smo izbrali manjše število rastlin, kot je bilo določeno v metodologiji, saj grmi lovorolistnega volčina niso bili razporejeni enakomerno, območje razširjenosti pa je bilo manjše, kot smo predvidevali. Za preučevanje spolne strukture smo skupno popisali 277 osebkov, od katerih smo popisali 90 osebkov za še dodatno preučevanje spolnega dimorfizma.

Sledila je morfometrijska analiza, s čimer smo dobili digitalno sliko vsakega lista. S programom Winfolia smo liste analizirali, nato pa smo podatke statistično obdelali. Uporabili smo deskriptivno analizo, *t*-test, diskriminantno analizo in hierarhični poizkus.

Kot smo predpostavljali, je območje razširjenosti lovorolistnega volčina na Bohorju relativno majhno. Preverili smo, kje so nahajališča lovorolistnega volčina po Joganu in ugotovili, da se skladajo z našim območjem razširjenosti, ki leži v kvadrantu 9958/2. V spodnjem delu tega območja razširjenosti tudi v kvadrant 9959/1, kjer lovorolistni volčin do sedaj še ni bil zabeležen. Po Joganu je lovorolistni volčin lociran tudi v kvadrantih 9967/1, 9957/2 in 9958/1, ki ležijo zahodno od Bohorja, proti Lisci. Na teh kvadrantih nismo imeli raziskovalnih ploskev.

Prav tako lahko potrdimo hipotezo, da obstajajo razlike v spolni strukturi med populacijami različnih višinskih pasov. Predpostavke, da razen razlik v cvetovih

morfološke razlike med obojespolnimi in ženskimi rastlinami niso statistično značilne, ne moremo potrditi, saj smo odkrili značilne razlike med obojespolnimi in ženskimi osebki v številu debel in dolžini lista.

Že na relativno majhnem območju Bohorja se je pokazalo, da se lahko razmerje med spoloma precej spreminja. V naši raziskavi se je delež ženskih rastlin gibal med 3,17 % in 37,17 %, delež ženskih rastlin pa je bil obratno sorazmeren z naraščanjem nadmorske višine. Sklepamo lahko, da sta pogostnost pojavljanja in delež ženskih rastlin odvisna od dejavnikov okolja. Od ekoloških dejavnikov pa so odvisne tudi morfološke lastnosti rastlin. Grmi imajo v višjem pasu več cvetov, listi pa so daljši, z bolj topim vrhom listne ploskve in ostrejšim dnom listne ploskve.

Razlike med obojespolnimi in ženskimi osebki so bile majhne in po večini niso bile statistično značilne. Značilne razlike so se pojavile le pri dveh znakih, in sicer so imeli ženski osebki značilno več debel, obojespolni osebki pa značilno daljše liste. Sklepamo lahko, da so ženske rastline pridobile prednost pred obojespolnimi rastlinami v razmnoževalnem sistemu s tem, da proizvedejo več debel in več cvetov (razlike sicer niso bile značilne), hermafroditi pa imajo vegetativno prednost, in sicer nekoliko daljše liste.

6 VIRI

Aarssen L. W., Vasiliauskas S. A. 1992. Sex ratio and neighbor effects in monospecific stands of *Juniperus virginiana*. *Ecology*, 73, 2: 622-632

Alonso C., Herrera C. M. 1996. Variaton in herbivory within and among plants of *Daphne laureola* (Thymelaeaceae): correlation with plant size and architecture. *Journal of Ecology*, 84, 1996: 495-502

Alonso C., Herrera C. M. 2001. Neither vegetative nor reproductive advantages account for high frequency of male-steriles in southern Spanish gynodioecious *Daphne laureola* (Thymelaeaceae). *American Journal of Botany*, 88, 6: 1016-1024

Alonso C. 2003. Herbivores do not discriminate between leaves of female and hermaphrodite individuals of gynodioecious *Daphne laureola* (Thymelaeaceae). *Oikos*, 101, 3: 505-510

Alonso C. 2004. Early Bloomin`s Challenges: Extended Flowering Season, Diverse Pollinator Assemblage and the Reproductive Success of Gynodioecious *Daphne laureola*. *Annals of Botany*, 93, 1: 61-66

Alonso C., P'erez R., Nieto P. M., Delgado J. 2004. Gender dimorphism and altitudinal variation of secondary compounds in leaves of the gynodioecious shrub *Daphne laureola*. *Journal of Chemical Ecology*, 31, 1: 139-150

Alonso C. 2005. Pollination success across an elevation and sex ratio gradient in gynodioecious *Daphne laureola*. *American Journal of Botany*, 92, 8: 1264–1269

Alonso C., Mutikainen P., Herrera C. M. 2007. Ecological Context of Breeding System Variation: Sex, Size and Pollination in a (Predominantly) Gynodioecious Shrub. *Annals of Botany*, 100, 7: 1547–1556

Alonso C., Herrera C. M. 2011. Back-and-forth hermaphroditism: phylogenetic context of reproductive system evolution in subdioecious *Daphne laureola*. *Evolution*, 65, 6: 1689-1692

Ashman T. L. 2005. The Limits on Sexual Dimorphism in Vegetative Traits in a Gynodioecious Plant. *The American Naturalist*, 166, 4: S5-S16

Badia J. El medi natural del bages.

<http://ichn.iec.cat/bages/alzinar/eDaphne%20laureola.htm> (8. mar. 2012)

Banuelos M. J., Sierra M., Obeso J. R. 2004. Sex, secondary compounds and asymmetry. Effects on plant–herbivore interaction in a dioecious shrub. *Acta Oecologica*, 25, 3: 151-157

Batič F., Wraber T., Turk B. 2003. Pregled rastlinskega sistema s seznamom rastlin in navodili za pripravo študentskega herbarija, za študente gozdarstva in krajinske arhitekture. Ljubljana. Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta v Ljubljani: 160 str.

Beaumont A. J., Edwards T. J., Smith R. F. 2006. The first record of gynodioecy in a species of *Gnidia* (*Thymelaeaceae*) from South Africa. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152, 2: 219-233

Bond W. J., Midgley J. 1988. Allometry and Sexual Differences in Leaf Size. *The American Naturalist*, 131, 6: 901-910

Bown D. 1995. *Encyclopedia of herbs and their uses*. London: Dorling Kindersley: 424 str.

Brickell C., Mathew B., Elliott R. C. 1976. *Daphne: the genus in the wild and in cultivation*. London. Alpine Garden Society: 194 str.

Brickell C. D., White R. 2000. A quartet of New *Daphnes*. *The new Plantsman*, 7, 1: 2-16

Brown B. 2006. *Daphne laureola* in coastal B.C. Invasive Plant Council of B.C. Newsletter, 4: 2-4.

<http://invasiveplantcouncilbc.ca/publications/newsletters/Newsletter004.pdf> (26. feb. 2012)

Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta: 407 str.

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 reserch, 130, 4: 657-670

Carolyn S. W., Philip W. R. 1979. Sexual dimorphism and resource allocation in male and female shrubs of *Simmondsia chinensis*. Oecologica, 44, 1: 34-39

Charlesworth B., Charlesworth D. 1978. A model for the evolution of dioecy and gynodioecy. American Naturalist 112, 988: 975–997.

Delph L. F. 1990. Sex-ratio variation in the gynodioecious shrub *Hebe strictissima* (*Scrophulariaceae*). Evolution, 44: 134–142.

Dakskobler I., Seliškar A., Vreš B. 2011. *Daphne alpina* L. subsp. *Scopoliana* Urbani x *Daphne cneorum* L. subsp. *cneorum* = *Daphne* x *savensis* nothosp. nov., a new spontaneous hybrid in the genus *Daphne* L. Wulfenia, 18: 1-14

Delph L. F., Lloyd D. G. 1991. Environmental and genetic control of gender in the dimorphic shrub *Hebe subalpina*.. Evolution, 45, 8: 1957-1964

Delph L. F., Lloyd D. G. 1996. Inbreeding depression in the gynodioecious shrub *Hebe subalpina* (*Scrophulariaceae*). New Zealand Journal of Botany, 34, 2: 241-247

Delph L. F. 1999. Sexual dimorphism in life history. V: Geber M. A., Dawson T. E., Delph L. F. (ur), Gender and Sexual Dimorphism in Flowering Plants. Berlin, Springer-Verlag: 149-173

Delph L. F., Knapczyk F. N., Taylor D. R. 2002. Among-population variation and correlations in sexually dimorphic traits of *Silene latifolia*. Journal of Evolutionary Biology, 15, 6: 1011-1020

Delph L. F. 2003. Sexual dimorphism in gender plasticity and its consequences for breeding system evolution. Evolution and development, 5, 1: 34-39

Delph L. F., Wolf D. E. 2005. Evolutionary consequences of gender plasticity in genetically dimorphic breeding systems. New Phytologist, 166, 1: 119–128.

Falinski J. B. 1980. Vegetation dynamics and sex structure of the populations of pioneer dioecious woody plants. Vegetation, 43, 1/2: 23-38

Freeman D. C. Klikoff L. G., Harper K. T. 1976. Differential resource utilization by the sexes of dioecious plants. Science 193: 597-599

Geber M. A., Dawson T. E., Delph L. F. (ur.) 1999. Gender and sexual dimorphism in flowering plants. Berlin, Springer-Verlag: 305 str.

Gouyon P. H., Couvet D. 1987. A conflict between two sexes, females and hermaphrodites. V: The evolution of sex and its consequences. Stearns S. C. (ur.), Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland: 245–261

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Bohor 2008-2017. 2008. Brežice, Zavod za gozdove Slovenije, OE Brežice

Hegnauer R. 1973. Chemotaxonomie der Pflanzen. VI. *Thymeleaeceae*. Basel, Birkhauser Verlag; 882 str.

Halda, J. J. 2001. The Genus *Daphne*. Dobro, Folio: 231 str.

Herrera C. M., Bazaga P. 2008. Adding a third dimension to the edge of a species' range: altitude and genetic structuring in mountainous landscapes. *Heredity*, 100: 275–285

Hood Fitch W. 1924. British Flora.

<http://luirig.altervista.org/generi/daphne.htm> (26. feb. 2012)

Hulme P. E. 1992. The ecology of a temperate plant in a mediterranean environment: post dispersal seed predation of *Daphne laureola*. *Plant animal interactions in Mediterranean-Type Ecosystems*, 1992: 281-286

Iszkuło G., Jasinska A. K., Giertych M. J., Boratynski A. 2009. Do secondary sexual dimorphism and female intolerance to drought influence the sex ratio and extinction risk of *Taxus baccata*? *Plant Ecology*, 200, 2: 119-240

Jogan N., Bačič T., Fraiman B., Leskovar I., Podobnik A., Rozman B., Strugulc-Krajšek S., Trčak B. 2001. Gradivo za atlas flore Slovenije. Materials for the atlas of flora of Slovenia. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo flore in favne: 443 str.

Kikuzawa K. 1989. Floral biology and evolution of gynodioecism in *Daphne kamchatica* var. *jezoensis*. *Oikos*, 56, 2: 196-202

Kokko H., López-Sepulcre E. 2007. The ecogenetic link between demography and evolution: can we bridge the gap between theory and data? *Ecology Letters*, 10: 773–782

Lewis D. 1941. Male sterility in natural populations of hermaphrodite plants. *New Phytologist*, 40, 1: 56–63.

Lloyd D. G. 1975. The maintenance of gynodioecy and androdioecy in angiosperms. *Genetica*, 45, 3: 325–339.

- Maurice S, Belhassen E, Couvet D, Gouyon P-H. 1994. Evolution of dioecy: can nuclear–cytoplasmic interactions select for maleness? *Heredity*, 73, 4: 346–354.
- McGowan G. M., Joensalo J., Naylor R. E. L. 2004. Differential grazing of female and male plants of prostrate *juniper* (*Juniperus communis* L.) *Botanical Journal of Scotland*, 56: 39-54
- Massei G., Watkins R., Hartley S. E. 2006. Sex-related growth and secondary compounds in *Juniperus oxycedrus macrocarpa*. *Acta oecologica*, 29: 135-140
- Medrano M., Alonso C., Herrera C. M. 2005. Mating system, sex ratio, and persistence of females in the gynodioecious shrub *Daphne laureola* L. (*Thymelaeaceae*). *Heredity*, 94, 1: 37-43
- Nieto Feline G. 1997. *Thymelaeaceae*. V: Castroviejo S., Aedo C., Benedi C., Lainz M., Munoz Garmendia F., Paiva J. (ur), Nieto Feline G. *Flora Iberica*, vol. VIII. Madrid. Real Jardin Botanico, CSIC: 32-69
- Noshad D., Miresmaili S., Riseman A., Ekramoddoullah A. 2009. In vitro propagation of seven *Daphne* L. Species. *Plant cell, tissue and organ culture*, 96, 2: 201-209
- Obeso J. R. 1998. Sex ratios, size distributions, and sexual dimorphism in the dioecious tree *Ilex aquifolium* (*Aquifoliaceae*). *American Journal of Botany*, 85, 11: 1602–1608.
- Ortiz P. L., Arista M., Talavera S. 2002. Sex ratio and reproductive effort in the dioecious *Juniperus communis* subsp. *alpina* (Suter) Čelak. (*Cupressaceae*) along an altitudinal gradient. *Annals of Botany*, 89: 205-211
- Pannell J. R. 2002. The evolution and maintenance of androdioecy. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 2002: 397–425.

Prasad R. 2005. Current status and management options of exotic and invasive weeds of forestry in coastal B.C., Canada. *Outlooks in Pest Management*, June 2005: 1-5

Qauquelin T., Bertaudiere-Montes V., Badri W., Montes N. 2002. Sex ratio and sexual dimorphism in mountain dioecious thuriferous juniper (*Juniperus thurifera* L., *Cupresaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 138: 237-244

Quinn J. A., Meiners S. J. 2004. Growth rate, survivorship and sex ratios of *Juniperus virginiana* on the New Jersey Piedmont from 1963 to 2000. *Journal of Torrey botanical society*, 131, 3: 187-194

Seger J., Eckhart V. M. 1996. Evolution of sexual systems and sex allocation in plants when growth and reproduction overlap. *Proceedings of the Royal Society of London*, 263, 1372: 833–841.

Ward L. K. 2007. Lifetime sexual dimorphism in *Juniperus communis* var. *communis*. *Plant species biology*, 22: 11-21

Webb C. J. 1999. Empirical studies: evolution and maintenance of dimorphic breeding systems. V: *Gender and Sexual Dimorphism in Flowering Plants*. Geber M. A., Dawson T. E., Delph L. F. (ur.). Berlin, Springer-Verlag: 61–95.

Weiblen G. D., Oyama R. K., Donoghue M. J. 2000. Phylogenetic analysis of dioecy in monocotyledons. *American Naturalist*, 155, 1: 46–58.

Thomé O. W. 1872. *Lehrbuch der Botanik für Gymnasien, Realschulen, forst – und landwirtschaftliche Lehranstalten, pharmaceutische Institute etc. sowie zum Selbstunterrichte*. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn.: 420 str.

Wolf D. E., Takebayashi N. 2004. Pollen limitation and the evolution of androdioecy from dioecy. *American Naturalist*, 163, 1: 122–137.

ZAHVALA

Hvala mentorju prof. dr. Robertu Brusu za vzpodbudo, usmerjanje, potrpežljivost pri popravljanju in predvsem za zelo hitre odgovore, kljub veliki zaposlenosti.

Prav tako se iskreno zahvaljujem asist. mag. Kristjanu Jarniju, ki mi je bil v veliko pomoč pri skeniranju, obdelavi podatkov in analizah, čeprav sem si za delo ponavadi izbiral petke.

Zahvala gre tudi prof. dr. Francu Batiču za hitro recenzijo.

Hvala KE Senovo za vse podatke o lovorolistnem volčinu in območju Bohor, predvsem Toniju Hostniku, ki mi je s svojim odličnim poznavanjem območja pomagal že pri iskanju rastlin.

Hvala tudi lektorici Alji Bratuša za izredno hitro lektoriranje, ko se je že malo mudilo.

Hvala sošolcem, ki ste mi z svojim znanjem o pisanju diplomskih nalog pomagali pri vprašanjih in za večkratno moralno podporo v času študija. Hvala Andreju za družbo in pomoč na terenu.

Hvala tudi vsem domačim za podporo skozi celotni študij in tudi za pomoč pri diplomi: za strokovno kotiranje, za sodelovanje pri printanju in ker me niste preveč motili med pisanjem. Hvala Tadeji za popestritev terenskega dela, za pomoč pri urejanju podatkov, fotografiranju in za poslušanje zgodb o lovorolistnem volčinu.

Prav tako se zahvaljujem vsem ostalim, ki jih nisem omenil, a ste vseeno sodelovali pri pisanju tega diplomskega dela.

PRILOGE

Priloga A: Popisni list (prva faza)

PLOSKEV ŠT.: _____

DATUM: _____

POGOSTNOST POJAVLJANJA: _____

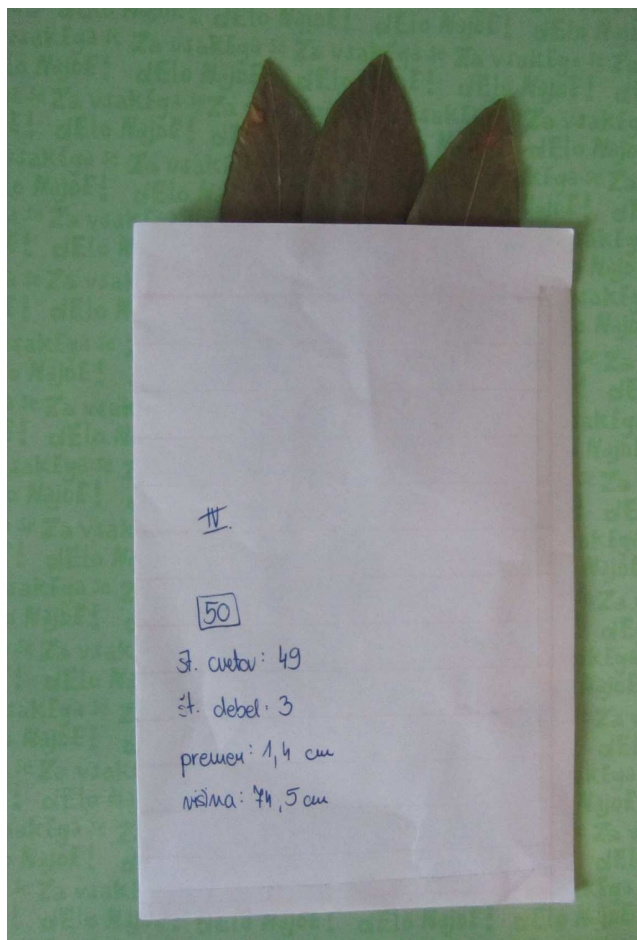
NAKLON: _____

GPS KOORDINATE PLOSKVE: _____

ŠTEVILKA GPS TOČKE IN ŠT. CVETOV PRI IZBRANIH OSEBKIH					
Obojespolni		Ženski		Neznano	

POGOSTNOST POJAVLJANJA: 1 – posamezno; 2 – redko; 3 – srednje pogosto; 4 – zelo pogosto

Priloga C: Shranjevanje posušenih in stisnjenih listov



IV.

50

Š. cvetov: 49

št. debel: 3

premer: 1,4 cm

višina: 44,5 cm

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Miha JAGRIČ

**SPOLNI DIMORFIZEM IN RAZŠIRJENOST
LOVOROLISTNEGA VOLČINA
(*Daphne laureola* L.) NA OBMOČJU BOHORJA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2012