

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

Jan ČUGALJ

**SPOLNI DIMORFIZEM KRANJSKE KOZJE ČEŠNJE
(*Rhamnus fallax* Boiss.) NA OBMOČJU KAMNIŠKO-
SAVINJSKIH ALP**

Diplomsko delo
Univerzitetni študij

Ljubljana, 2015

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

Jan ČUGALJ

**SPOLNI DIMORFIZEM KRANJSKE KOZJE ČEŠNJE (*Rhamnus fallax* Boiss.) NA
OBMOČJU KAMNIŠKO-SAVINJSKIH ALP**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SEXUAL DIMORPHISM OF *Rhamnus fallax* Boiss. IN THE REGION OF
KAMNIK-SAVINJA ALPS**

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2015

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov. Opravljeno je bilo na Katedri za gojenje gozdov Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Roberta Brusa, za somentorja asist. dr. Kristjana Jarnija ter za recenzenta prof. dr. Franca Batiča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Jan ČUGALJ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dd
DK GDK 181.52:176.1(*Rhamnus fallax* Boiss.)(043.2)=163.6
KG *Rhamnus fallax* Boiss./kranjska kozja češnja/spolni dimorfizem/Kamniško-Savinjske Alpe/morfometrijska analiza
KK
AV ČUGALJ, Jan
SA BRUS, Robert (mentor)/JARNI, Kristjan (somentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire.
LI 2015
IN SPOLNI DIMORFIZEM KRANJSKE KOZJE ČEŠNJE (*Rhamnus fallax* Boiss.)
NA OBMOČJU KAMNIŠKO-SAVINJSKIH ALP
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP IX, 66 str., 19 pregl., 14 sl., 2 pril., 49 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Kranjska kozja češnja (*Rhamnus fallax* Boiss.) je značilna kalcifilna in pionirska grmovna vrsta. Razširjena je od jugovzhodnega obrobja Alp po Balkanskem polotoku vse do Grčije in Bolgarije. Cilji raziskave so bili ugotoviti razmerje med spoloma v populacijah, obstoj morfološke variabilnosti, vpliv okoljskih dejavnikov na variabilnost vrste ter obstoj morebitnega spolnega dimorfizma. Na območju Kamniško-Savinjskih Alp smo izbrali 6 vzorčnih ploskev. Za ugotovitev spolne strukture populacij smo v analizo zajeli 547 grmov. Za podrobnejšo morfometrijsko analizo smo od teh izbrali 180 grmov s katerih smo nabrali 1620 listov. Ugotovili smo, da je na vseh raziskovalnih ploskvah delež moških osebkov večji od deleža ženskih. V povprečju je moških rastlin skoraj dvakrat več (49,31 %) od ženskih (27,33 %), preostalih grmov (23,36 %) pa spola ni bilo možno določiti. Hierarhični poskus smo izvedli z namenom, da bi prikazali vpliv posameznih dejavnikov (višinskih pasov, ploskev, spolov, grmov) na variabilnost proučevanih znakov. Na skupno variabilnost listov je imel največji vpliv položaj znotraj grma, na skupno variabilnost grmov pa razlike med grmi. Vpliv spola na variabilnost grmov in listov je bil najmanjši. Z metodo glavnih komponent smo analizirali povprečne vrednosti znakov za moške in ženske osebkke. Moški grmi so imeli v primerjavi z ženskimi na večini ploskev nekoliko večje liste. Velikost listov je bila pri vseh ploskvah podobna, pri tem je izrazito izstopala le ploskev III, ki se je nahajala na bolj suhem rastišču s kamnitimi tlemi ter vetru izpostavljeni legi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Gt
DC FDC 181.52:176.1(*Rhamnus fallax* Boiss.)(043.2)=163.6
CX *Rhamnus fallax* Boiss./Carniolan buckthorn/sexual dimorphism/Kamnik-Savinja
Alps/morphometric analysis
CC
AU ČUGALJ, Jan
AA BRUS, Robert (supervisor)/JARNI, Kristjan (co-supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and
Renewable Forest Resources
PY 2015
TI SEXUAL DIMORPHISM OF *Rhamnus fallax* Boiss. IN THE REGION OF
KAMNIK-SAVINJA ALPS
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 66 p., 19 tab., 14 fig., 2 ann., 49 ref.
LA sl
AL sl/en

AB *Rhamnus fallax* Boiss. is a distinctive calciphyte and pioneer species. It ranges from southeastern outskirts of Alps throughout the Balkan Peninsula to Greece and Bulgaria. The goals of this study were identification of the sex ratio of the sampled populations, existence of morphologic variability, influence of environmental factors on variability and occurrence of eventual sexual dimorphism in this species. We selected 6 populations in the region of Kamnik-Savinja Alps. To determine the sex ratio of the populations we analyzed 547 shrubs. Out of those we selected 180 specimens from which we gathered 1620 leaves for detailed morphometric analysis. We have found that the sex ratio was male biased in all populations. On average there were approximately twice as many males (49,31 %) as females (27,33 %), however the sex determination was not possible on the remaining share of the shrubs (23,36 %). We performed a hierarchical test with intention to show the influence of individual factors (altitudinal belt, population, sex, specimen) on the variability of the measured characteristics. The greatest influence on the overall variability of leaves came from the intra-specimen level and the greatest influence on the overall variability of shrubs came from the specimen level. The sex status of shrubs had the weakest influence on variability of leaves and shrubs. We performed principal component analysis on the average values for all characteristics on male and female plants. In most populations male shrubs had somewhat larger leaves than females. Average leaf size was relatively similar among analyzed populations, with the exception of population III, which was located in dryer wind exposed habitat with rocky soil.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
1.1 PREDSTAVITEV VRSTE KRANJSKA KOZJA ČEŠNJA (<i>Rhamnus fallax</i> Boiss.).....	1
1.2 OPREDELITEV PROBLEMA	5
1.3 CILJI NALOGE IN RAZISKOVALNE HIPOTEZE	6
2 EVOLUCIJA IN TEORIJA RAZVOJA SPOLNEGA DIMORFIZMA.....	7
2.1 VLOGA IN EVOLUCIJA SPOLNEGA DIMORFIZMA PRI CVETNICAH	9
2.2 EVOLUCIJA IN VZDRŽEVANJE RAZMNOŽEVALNIH SISTEMOV	11
2.2.1 Pet teorij razvoja spolnega dimorfizma	13
2.2.2 Spolni dimorfizem v fiziologiji in morfologiji	16
2.3 PREGLED DRUGIH RAZISKAV	18
2.3.1 Sekundarni znaki spolov pri rastlinah	21
2.4 RAZVOJ SPOLNEGA DIMORFIZMA PRI KRANJSKI KOZJI ČEŠNJI (<i>Rhamnus fallax</i> Boiss.).....	22
3 MATERIALI IN METODE	23
3.1 IZBOR IN OPIS PLOSKEV	23
3.3 MORFOMETRIJSKA ANALIZA	30
3.4 STATISTIČNE METODE	32
4 REZULTATI.....	33
4.1 RAZMERJE MED SPOLOMA.....	33
4.2 DESKRIPTIVNA STATISTIKA	36
4.2.1 Variabilnost znakov, merjenih na grmih ter njihova primerjava med ploskvami in višinskimi pasovi	36

4.2.2	Variabilnost znakov, merjenih na listih ter njihova primerjava med ploskvami in višinskimi pasovi.....	39
4.2.3	Primerjava znakov med spoloma, merjenih na grmih	46
4.2.4	Primerjava znakov med spoloma, merjenih na listih.....	47
4.3	HIERARHIČNI (GNEZDASTI) POSKUS.....	49
4.4	METODA GLAVNIH KOMPONENT	51
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	54
5.1	RAZMERJE MED SPOLOMA NA IZBRANIH PLOSKVAH	54
5.2	MORFOLOŠKA VARIABILNOST VRSTE NA IZBRANEM OBMOČJU.....	55
5.3	VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA VARIABILNOST	56
	POVZETEK	59
	VIRI	61
	ZAHVALA	67
	PRILOGE.....	68

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Najpogostejše porazdelitve spolov po osebkih (prirejeno po Geber in sod., 1999: 3–5, Batič in sod., 2011).....	7
Preglednica 2: Deleži vrst v poddeblu kritosemenk (Magnoliophytina) glede na kombinacije spolov (prirejeno po Andersson, 1994: 399)	10
Preglednica 3: Pregled petih razvojnih poti v spolni dimorfizem ter primeri rodov in vrst (Geber in sod., 1999: 64)	14
Preglednica 4: Raziskovalne ploskve po višinskih pasovih.....	23
Preglednica 5: Podatki o ploskvi I in II (višinski pas do 700 m n.m.).....	24
Preglednica 6: Podatki o ploskvi III in IV (višinski pas od 701 m do 900 m n.m.).....	25
Preglednica 7: Podatki o ploskvi V in VI (višinski pas nad 900 m n.m.).....	25
Preglednica 8: Merjeni znaki na grmih	29
Preglednica 9: Morfološki znaki listov, na katerih je temeljila analiza	30
Preglednica 10: Število osebkov ter njihovi deleži po ploskvah in višinskih pasovih	34
Preglednica 11: Povprečne vrednosti znakov po ploskvah in višinskih pasovih (grmi)....	38
Preglednica 12: Povprečne vrednosti znakov po ploskvah in višinskih pasovih (listi)	45
Preglednica 13: Povprečne vrednosti znakov glede na spol po ploskvah in višinskih pasovih (grmi)	47
Preglednica 14: Povprečne vrednosti znakov glede na spol po ploskvah in višinskih pasovih (listi)	48
Preglednica 15: F- vrednosti hierarhičnega poskusa za zanke grmov vrste <i>R. fallax</i> ($P > 0,05$... n.s.; $0,05 > P > 0,01$... *; $0,01 > P > 0,001$... **; $0,001 > P$... ***)	50
Preglednica 16: F- vrednosti hierarhičnega poskusa za zanke listov vrste <i>R. fallax</i> ($P > 0,05$... n.s.; $0,05 > P > 0,01$... *; $0,01 > P > 0,001$... **; $0,001 > P$... ***)	50
Preglednica 17: Prispevek posameznih dejavnikov proučevanja k skupni variabilnosti znakov na grmih in listih vrste <i>R. fallax</i>	51
Preglednica 18: Vrednost in delež pojasnjene variance po posameznih komponentah pri analizi ploskev	52
Preglednica 19: Rotirana matrika komponent in korelacija med znaki pri analizi ploskev... ..	53

KAZALO SLIK

Slika 1: Razširjenost kranjske kozje češnje (<i>Rhamnus fallax</i> Boiss.) po Sloveniji (Dakskobler in sod., 2013: 103)	3
Slika 2: Pregled najpogostejših razmnoževalnih sistemov pri cvetnicah (prirejeno po ClipArt ETC, 2014).	8
Slika 3: Pregled možnih poti, po katerih bi se lahko razvila dvodomnost (*mutacije na hermafroditih) (prirejeno po Geber in sod., 1999: 37).	13
Slika 4: Razporeditev ploskev na terenu (izdelal: J. Čugalj s pomočjo spletnega portala PISO - Prostorski informacijski sistem občin)	24
Slika 5: Vejica z moškimi cvetovi (foto: J. Čugalj).....	27
Slika 6: Vejica z ženskimi cvetovi (foto: J. Čugalj)	27
Slika 7: Metoda označevanja izbranih osebkov – št. ploskve, št. osebka, spol (fotografija: J. Čugalj).....	28
Slika 8: Shema merjenih morfoloških znakov	31
Slika 9: Analiza listov s programsko opremo WinFOLIA	31
Slika 10: Dvospolne in moške cvetove na eni rastlini je fotografirala tudi Alenka Mihorič	35
Slika 11: Prerez dvospolnega cveta, nabranega na terenu (fotografija: Jan Čugalj)	35
Slika 12: Prikaz povprečnih vrednosti znakov po posameznih ploskvah.....	37
Slika 13: Prikaz vrednosti znakov po višinskih pasovih.....	37
Slika 14: Razpršenost ploskev glede na prvo in drugo komponento	52

KAZALO PRILOG

Priloga A: Popisni obrazec za prvo fazo terenskega dela

Priloga B: Popisni obrazec za drugo fazo terenskega dela

1 UVOD

V Kamniško-Savinjskih Alpah se predvsem na meliščih pod skalnimi stenami razrašča kranjska kozja češnja (*Rhamnus fallax* Boiss.). Znana je tudi pod imenom kranjska krhlika in ima nekaj zdravilnih lastnosti. V maju se začnejo na dnu novih poganjkov odpirati majhni cvetovi brez venčnih listov. Debla in veje so zlasti pri starejših grmih precej zveržena, kar daje rastlinam zelo značilno obliko. Plazeče se kamenje grme na meliščih pogosto poleže ali delno zasuje; tako je lahko na prvi pogled skupinica 3 ali 4 manjših grmov le en večji zasut osebek.

1.1 PREDSTAVITEV VRSTE KRANJSKA KOZJA ČEŠNJA (*Rhamnus fallax* Boiss.)

Sistematika (Batič in sod., 2003):

Deblo: Spermatophyta – semenke

Poddeblo: Magnoliophytina (=Angiospermae) – kritosemenke

Razred: Rosopsida (= Dicotyledoneae) – dvokaličnice s trižlebnatim pelodom

Podrazred: Rosidae

Nadred: Rhamnanae

Red: Rhamnales – krhlikovci

Družina: Rhamnaceae – krhlikovke

Rod: *Rhamnus* – kozje češnje

Sinonimi: *Oreoherzogia fallax* (Boiss.) W. Vent (Šilić, 1973), *Rhamnus alpinus* L. subsp. *fallax* (Boiss.) Maire & Petitm. (Perić in sod., 2012), *Rhamnus alpina* L. sensu Pančić (Perić in sod., 2012).

V rodu kozjih češenj najdemo od 100 do 160 manjših, predvsem listopadnih dreves in grmov. Pogosto so trnati in imajo strupene plodove. Večina vrst raste na severni polobli v zmerno toplem pasu, nekaj pa tudi na južni polobli. Najdemo jih v gozdnatih predelih, grmiščih in na skalovitih območjih na bazičnih tleh, nekatere v mokriščih in močvirjih

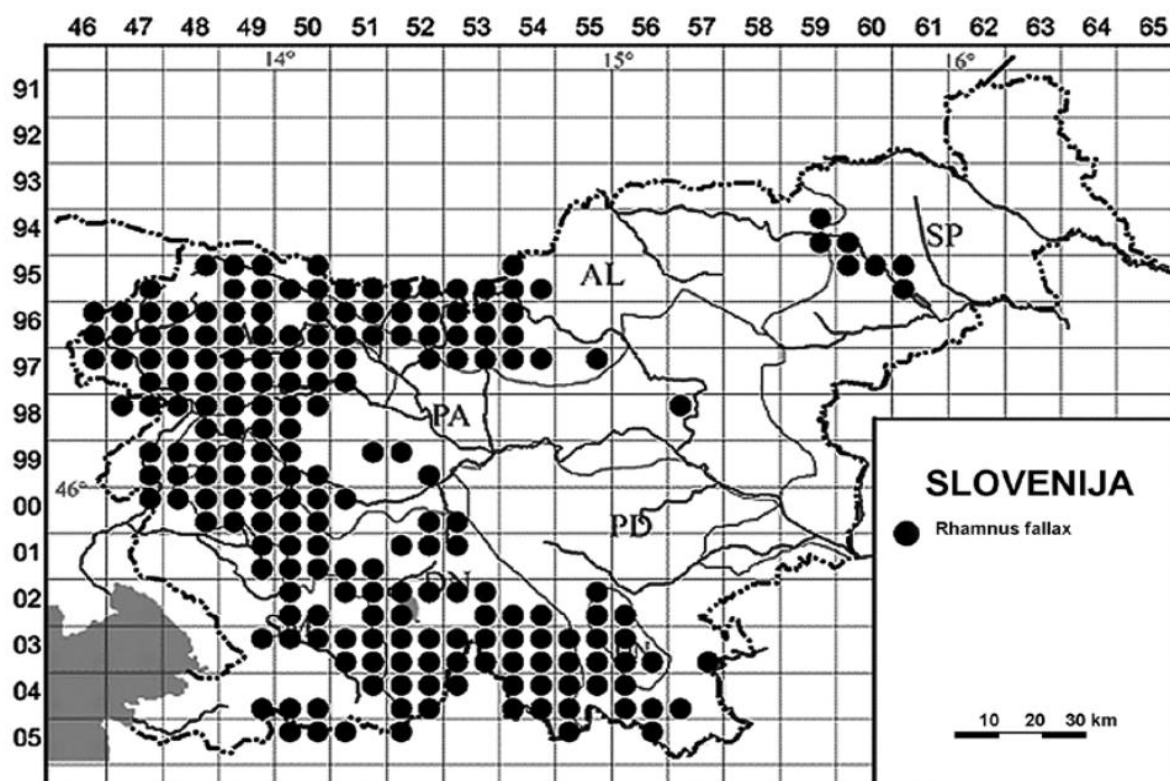
(Brickell, 2008; Brus, 2005). Nekaj vrst je zunaj svojega areala tudi invazivnih (npr. *R. alaternus*, *R. cathartica*) (GISD, 2015). Vrste v tem rodu imajo enostavne liste, dolge od 2 do 30 cm, razporejene premenjalno ali nasprotno. Koščičasti plodovi (drupe) so večinoma črni in temno modri (Brickell, 2008). Z listi grmov se hranijo ličinke nekaterih vrst metuljev (red: Lepidoptera) na primer: *Stigmella rhamnella*, *S. catharticella*, *S. rhamnophila*, *Bucculatrix frangutella*, *B. pseudosylvella* (Robinson in sod., 2010).

V Sloveniji so poleg kranjske kozje češnje (*R. fallax* Boiss.) avtohtone še 4 vrste. To so: čistilna kozja češnja (*R. catharticus* L.), razkrečena kozja češnja (*R. saxatilis* Jacq.), nizka kozja češnja (*R. pumilus* Turra) in primorska kozja češnja (*R. intermedius* Steud. et Hochst.). Vrste se med sabo včasih križajo, prvega križanca med kranjsko in nizko kozjo češnjo pa so odkrili ravno v Sloveniji, natančneje pri Postojni (Brus, 2008).

Kranjska kozja češnja je vrsta gorskega grma, avtohtono razširjenega od jugovzhodnega obrobja Alp po Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alpah, Karavankah, Balkanskem polotoku preko Dinarskega in Balkanskega gorovja vse do Grčije in Bolgarije ter po Apeninskem polotoku (Brus, 2008; Dakskobler in sod., 2013). Pri nas jo najdemo v vseh fitogeografskih regijah, v večjem številu pa predvsem na zahodu države v Alpskem, Predalpskem in Dinarskem svetu. Na Pohorju in v jugovzhodnem delu Slovenije ni znana (Dakskobler in sod., 2013). Zaradi svoje široke ekološke amplitude uspeva tudi v bolj sušnem submediteranskem podnebju, v katerem raste predvsem na višjih pobočjih. Le redkeje jo zasledimo na Krasu, v obalnem delu Istre pa se ne pojavlja (Brus, 2008; Dakskobler in sod., 2013).

Razprostira se od nižin do subalpskega pasu, kjer raste do 1650 m visoko, ponekod pa seže tudi do 1890 m (Dakskobler in sod., 2013). Šilić (1973) navaja, da raste v pasu od 300 m do 2000 m nadmorske višine. Uspeva na skalnatih pobočjih, meliščih, soteskah in vrtačah. Značilna kalcifilna vrsta ima najraje tla, ki so nastala na apnenčasti in dolomitni matični kamnini (skeletna tla, rendzine) (Brus, 2008; Šilić, 1973). Tla, na katerih raste, so pogosto plitva (npr. litosoli, redzine, redkeje kromični kambisoli). Na globino tal in okoljske temperature ni posebno občutljiva, vendar ima raje bolj vlažna tla in ozračje (Dakskobler in sod., 2013).

Največkrat jo najdemo v gorskih jelovo-bukovih in bukovih gozdovih ter včasih v submediteranskih hrastovih gozdovih (Brus, 2008). Raste v jelovih združbah (*Calamagrostio-Abietetum* Horvat (1950) 1962) (Šilić, 1973). Pogosta je v bukovih (*Arunco-Fagetum* Košir 1962, *Ostryo-Fagetum* M. Wraber ex Trinajstić 1972, *Seslerio autumnalis-Fagetum* (Ht.) M. Wraber ex Borhidi 1963, *Rhododendro hirsuti-Fagetum* Accetto ex Dakskobler 1998) in smrekovih združbah (*Rhamno fallacis-Piceetum* Zupančič 1999, *Adenostylo glabrae-Piceetum* M. Wraber ex Zukrigl 1973 corr. Zupančič 1993, *Laburno alpini-Piceetum* Zupančič 1999). Raste tudi z macesnom (*Rhodothamno-Laricetum* Zukrigl 1973) Willner in Zukrigl 1999) in v borovjih (*Fraxino orni-Pinetum nigrae* Martin-Bosse 1967, *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugi* Br.-Bl. in sod. 1939, *Amelanchiero ovalis-Pinetum mugi* Minghetti in Pedrotti 1994). Včasih jo najdemo še v združbah z jerebiko in zeleno jelšo (*Alno viridis-Sorbetum aucupariae* Dakskobler in sod. 2013) ter s črnim gabrom, malim jesenom in puhastim hrastom (*Fraxinio orni-Ostryetum* Aichinger 1933 corr. Franz 2002, *Rhododendro hirsuti-Ostryetum* Franz (1991) 2002, *Cytisantho-Ostryetum* M. Wraber 1961) (Dakskobler in sod., 2013).



Slika 1: Razširjenost kranjske kozje češnje (*Rhamnus fallax* Boiss.) po Sloveniji (Dakskobler in sod., 2013: 103)

Kranjske kozje češnje so močno razvejani, do 4 m visoki ovalni grmi, katerih debela v prsnem premeru dosežejo do 10 cm. Običajno so nižje rasti zaradi vpliva naravnih dejavnikov (npr. snežnih in kamnitih plazov) (Brus, 2008; Dakskobler in sod., 2013). S prosto rastočimi in lahko dostopnimi grmi se pogosto hranijo gamsi (*Rupicapra rupicapra*) in alpski kozorogi (*Capra ibex*) (Dakskobler in sod., 2013).

Na strmih pobočjih in meliščih, kjer so razmere za rast gozdov težke, so pionirske faze zelo dolge (Dakskobler in sod., 2013). Grmi se z močnimi razraslimi koreninskimi sistemi pogosto vraščajo v matično podlago ter dobro vežejo in utrjujejo nestabilna skeletna tla (Brus, 2008), preprečujejo ali zavirajo erozijo in spiranje prsti, zadržujejo humus, izboljšujejo razmere v tleh in posledično omogočajo nadaljnji sukcesijski razvoj gozda (Dakskobler in sod., 2013).

Mlade vejice so rdečkasto rjave in posute s številnimi svetlimi lenticelami. Zašiljeni brsti so temno rjavi, dolgi do 12 mm in jajčasto podolgovati (Brus, 2008). Enostavni eliptični listi, dolgi od 7 do 15 cm, so na poganjkih nameščeni premenjalno. Listni rob je nažagan. Na zgornji strani so svetlo zeleni in bleščeči. Od 12 do 20 parov stranskih žil je močno vtisnjenih v listno ploskev, pecelj pa je dolg do 2 cm. Vrsta je entomofilna (žužkocvetna). Štirištevni moški in ženski enospolni cvetovi so si zelo podobni, rumenkasti in običajno združeni v skupinice od 3 do 7. Cveti v maju in juniju, lahko tudi v juliju. Plodovi so črni, koščičasti, veliki od 5,5 do 6 mm (Brus, 2008; Šilić, 1973). Vrsta je dvodomna, vendar rastline v zelo redkih primerih tvorijo tudi nekaj dvospolnih cvetov.

Za vrsto so znana številna »domača« imena: divji oreh, divji orh, garjevec, kranjska krhlika, latrovec, latrovje, ruševce, smrdeka in še nekatera druga (Petauer, 1993). Ima podobne zdravilne lastnosti kot čistilna kozja češnja (*R. catharticus* L.), vendar deluje močnejše. Skorja vsebuje 4,5–6,4 % antrakinonskih snovi (frangulin, emodini), sluz, čreslovine in sledove eteričnega olja; deluje kot purgativ, holeretik in šibek diuretik. V ljudski medicini se skorja uporablja tudi pri kožnih boleznih (Petauer, 1993).

1.2 OPREDELITEV PROBLEMA

Kranjska kozja češnja je relativno slabo proučena vrsta. Le malo raziskav obravnava teme, kot so spolni dimorfizem, variabilnosti grmov in populacij, odvisnosti morfoloških znakov od rastišč ter fiziološke odzive na vplive okolja. Večina obstoječih raziskav posveča večjo pozornost drugim področjem, na primer vsebnosti in proučevanju antrakinonov (Kosalec in sod., 2013; Rosić in sod., 2006; Genovese in sod., 2012), glukofrangulinov in fenolov (Maleš in sod., 2011). Spolni dimorfizem vrste je v svojem diplomskem delu obravnavala Černigoj (2011); njeno delo je bilo uporabljeno kot smernica naše raziskave.

Spolni dimorfizem se pojavlja v nekaterih vrstah rodu *Rhamnus*. Guitihn (1995) navaja, da je pri vrsti *R. alaternus* število cvetov na moških osebkih 2,6-krat večje kot na ženskih. Ti začnejo cveteti nekoliko pred ženskimi. Največja razlika med spoloma je ravno v razmnoževalnem vložku, ki je veliko večji pri ženskih osebkih (od 5 do 9-krat). Bañuelos in Obeso (2004) sta pri vrsti *R. alpinus* ugotovila, da je razmerje med spoloma v prid moškemu. To je verjetno posledica večje umrljivosti ženskih rastlin zaradi razmnoževanja. Po raziskavi Wanga in sod. (2013) je razmerje med spoloma pri vrsti *R. davurica* v prid ženskim osebkom, vendar imajo te kljub temu večjo umrljivost kot moški. Iz ugotovitev teh raziskav domnevamo, da se lahko spolni dimorfizem razvije tudi pri kranjski kozji češnji.

1.3 CILJI NALOGE IN RAZISKOVALNE HIPOTEZE

S tem diplomskim delom želimo prispevati k večji raziskanosti te zanimive vrste in širšemu splošnemu razumevanju spolov in spolnega dimorfizma pri rastlinah, ki je samo po sebi zelo obsežno področje.

Z raziskavo smo želeli doseči štiri cilje:

- I)** ugotoviti razmerje med spoloma v vzorčenih populacijah,
- II)** raziskati vzorce obstoječe morfološke variabilnosti,
- III)** ugotoviti vpliv okoljskih dejavnikov (predvsem nadmorske višine) na variabilnost znotraj populacij ali med populacijami,
- IV)** ugotoviti morebiten obstoj spolnega dimorfizma med listi in/ali habitusi grmov.

Na podlagi pregledane literature in terenskega dela smo oblikovali naslednje hipoteze :

- H-I:** Razmerje med spoloma v populacijah ni enako; pričakujemo večji delež moških osebkov.
- H-II:** Ne pričakujemo značilnih razlik v variabilnosti merjenih znakov na listih in grmih (morfološka odstopanja so relativno majhna).
- H-III/a:** Vpliv nadmorske višine na velikost listov in grmov je značilen.
- H-III/b:** Osebki v ostrejših okoljskih razmerah so po rasti manjši.
- H-IV:** Ne pričakujemo značilnih razlik med moškimi in ženskimi osebki v izmerjenih znakih na listih in grmih.

2 EVOLUCIJA IN TEORIJA RAZVOJA SPOLNEGA DIMORFIZMA

Pri rastlinah so se razvile številne, morfološko pestre oblike spolnega razmnoževanja, zato cvetovi igrajo veliko vlogo tako v taksonomiji kot pri prepoznavanju vrst. Cvetovi kritosemenk spadajo med najbolj raznolike strukture v razmnoževanju. Rastline lahko razvrstimo v več skupin glede na različne kombinacije cvetov (moških, ženskih, dvospolnih), ki se pojavljajo na osebkih v populaciji.

Preglednica 1: Najpogostejše porazdelitve spolov po osebkih (prirejeno po Geber in sod., 1999: 3–5, Batič in sod., 2011)

Hermafroditi (dvospolniki) – na osebkih se razvijejo dvospolni cvetovi (vsak cvet ima hkrati moško in žensko vlogo).

Monoecične (enodomne) – na vsaki rastlini se razvijeta dve vrsti enospolnih cvetov: moški in ženski cvetovi (vsak cvet opravlja funkcijo le enega spola).

Ginomonoecične (ženska enodomnost) – rastline tvorijo ženske in dvospolne cvetove.

Andromonoecične (moška enodomnost) – rastline tvorijo moške in dvospolne cvetove.

Diecične (dvodomne) – rastline ločeno tvorijo moške in ženske cvetove (na enih le moški in na drugih le ženski).

Ginodiecične (ženska dvodomnost) – rastline ločeno tvorijo ženske in dvospolne cvetove (na enih le ženski na drugih le dvospolni).

Androdiecične (moška dvodomnost) – rastline ločeno tvorijo moške in dvospolne cvetove (na enih le moški in na drugih le dvospolni).

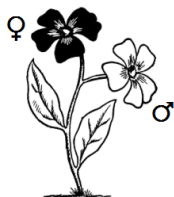
Triecične (tridomne) – v populacijah so prisotne vse tri oblike cvetov, vendar so vedno ločene na posamezne rastline (posamezni osebki imajo samo dvospolne ali samo moške ali samo ženske cvetove).

Trimonoecične – na vsaki rastlini se pojavljajo vse tri oblike cvetov: moški, ženski in dvospolni.

Subdiecične – skoraj diecične vrste, pri katerih občasno prihaja do anomalij; pri enem izmed spolov se lahko pojavijo posamezni cvetovi drugih dveh oblik (običajno se na manjšem deležu moških rastlin pojavijo ženski ali dvospolni cvetovi).



HERMAFRODIT



MONOEČNA (ENODOMNA)



GINOMONEČNA



ANDROMONEČNA



DIEČNA (DVODOMNA)



GINODIEČNA



ANDRODIEČNA



TRIEČNA (TRIDOMNA)



TRIMONEČNA



SUBDIEČNA

Slika 2: Pregled najpogostejših razmnoževalnih sistemov pri cvetnicah (prirejeno po ClipArt ETC, 2014).

2.1 VLOGA IN EVOLUCIJA SPOLNEGA DIMORFIZMA PRI CVETNICAH

Spolno razmnoževanje rastlin in njihov dimorfizem vse od časa Charlesa Darwina in njegovega dela *The different forms of flowers on plants of the same species* (1877) vzbuja veliko zanimanje. Dvodomnost in podobni razmnoževalni sistemi, pri katerih se izraža spolni dimorfizem, so se v mnogih družinah debela kritosemenk razvili samostojno. Pojavljajo se v številnih rastlinskih združbah po vsem svetu (Geber in sod., 1999).

Skoraj 85 % vseh cvetnic je hermafroditov. Pri večini od teh prihaja do samooprašitev¹. Ta pojav pospešuje izroditev² in zožuje genetsko bazo populacije. S tem je omejena prilagodljivost določene vrste in posledično njen evlucijski potencial. Gensko heterogenost oziroma pestrost pospešuje navzkrižno opraševanje³. To je lahko povezano z razvojem različnih spolov pri rastlinah (poglavje 2). Rastline dvodomnih vrst (diecične, ginodiecične, androdiecične) se od enodomnih (hermafroditne, monoecične, ginomonoecične, andromonoecične) razlikujejo v tem, da imajo prve zaradi navzkrižnega opraševanja evlucijsko prednost. Medtem ko je ginodiecičnost pogosta, je androdiecičnost precej redek pojav (Kaul, 1988).

Kaul (1988) in Andersson (1994) ocenjujeta, da je od 3,5 do 4 % vseh cvetnic ginodiecičnih. Renner in Ricklefs (1995) sta z raziskavo 959 rodov odkrila, da 7,6 % rodov kritosemenk vsebuje dvodomne vrste. Glede na celotno število vrst kritosemenk pa sta ocenila delež diecičnih na 6 %. Charlesworth (2002) navaja, da je hermafroditnih vrst 90 %, monoecičnih 5 % in diecičnih 5 % (ostali tipi so v manjšini, npr. ginomonoecične, andromonoecične, ginodiecične, androdiecične vrste ...). Podobno razvrstitev je v svojem delu objavil Andersson (1994) (preglednica 2).

¹ Samooprašitev – uspešna oprašitev cveta z lastnim pelodom ali pelodom cvetov istega osebka (Batič in sod., 2011).

² Izroditev – izguba vitalnosti zaradi križanja med sorodnimi genotipi, pri čemer je število heterozigotov majhno, zato se v homozigotnem stanju izrazijo škodljivi geni (Batič in sod., 2011).

³ Navzkrižno opraševanje (ksenogamija) – opraševanje, pri katerem se pelod enega osebka prenese na brazdo pestiča drugega osebka (Batič in sod., 2011).

Preglednica 2: Deleži vrst v poddeblu kritosemenk (Magnoliophytina) glede na kombinacije spolov (prirejeno po Andersson, 1994: 399)

Diecične vrste	4 %
Dvospolne ⁴ vrste	96 %
Hermafroditi	72 %
Monoecične	5 %
Druge (vmesne) oblike*	19 %

* Na rastlinah v tej kategoriji se pojavljajo različne kombinacije dvospolnih, moških in ženskih cvetov (npr. ginomonoecične, andromonoecične).

Klasična razlaga za evolucijski razvoj dvodonnosti je, da ta vzpodbuja raznolikost genskega materiala in zmanjšuje oziroma preprečuje samooplojevanje. Če je količina proizvedenega semena v populaciji pri ženskih rastlinah in hermafroditih enaka, se zaradi samooplojevanja pri potomcih hermafroditov pojavi genska homogenost. Naravna selekcija zato favorizira vnos ženskih osebkov v to populacijo. Druga razlaga obravnava razlike, do katerih privede razporejanje hranil (znotraj ali med rastlinami). Osebk, ki več energije namenijo funkciji le enega spola, so lahko konkurenčnejši od hermafroditov, zato sčasoma prevladajo v populaciji. Dejavnike, ki vplivajo na razporejanje hranil, obravnavajo predvsem teoretični modeli zaradi težavne opredelitve merskih enot (Geber in sod., 1999). Kadar samooplojevanje v populaciji ni prisotno, lahko izbor favorizira ženske osebk, če ti proizvedejo vsaj dvakrat več semen kot hermafroditi. Takšna količina semen je potrebna za to, da prevlada prispevek genov hermafroditov (preko semen in peloda) k novi generaciji. Razmerje med proizvodnjo semen ženskih rastlin in hermafroditov obravnavajo številne raziskave (Ashman, 1994; Kohn, 1989; Klinkhamer in sod., 1990).

Obe razlagi sta tesno vezani na ekološke razmere. V populaciji je lahko delež samooplojevanja relativno velik, vendar ne pride do izraza, če vanjo priteka zadostna količina »svežega« genskega materiala (npr. iz sosednjih populacij). Sprememba v okolju ali v ekološki niši, na primer preskok na drug medij opraševanja (z vetra na žuželke), lahko povečata samooplojevanje. Posledica tega je manjša genska raznolikost ter naklonjenost

⁴ Dvospolen – osebek (rastlina), ki ima tako moško kot žensko vlogo (npr. pri monoecičnih in hermafroditnih vrstah).

izbora dvodomnosti (Geber in sod., 1999). Povezave med biogeografskimi značilnostmi in ekološkimi razmerami ter dvodomnostjo so bile odkrite v številnih raziskavah (Weller in sod., 1990; Sakai in sod., 1995; Wolfe in Shmida, 1997; Hodgins in Barrett, 2008; Bowker in sod., 2000; Kohorn, 1995).

2.2 EVOLUCIJA IN VZDRŽEVANJE RAZMNOŽEVALNIH SISTEMOV

V tem poglavju bomo predstavili osnovne teoretične modele razvoja dvodomnosti. Pri raziskovanju moramo poleg ekološkega konteksta upoštevati tudi genetsko plat razmnoževalnih sistemov (Geber in sod., 1999).

Ločeni spoli pri rastlinah v znanstvenih krogih niso bili široko sprejeto dejstvo, vse dokler ni Carl Linne leta 1735 objavil klasifikacije rastlinskih razmnoževalnih sistemov. Naslednji večji korak je sledil šele, ko je Charles Darwin objavil delo *The different forms of flowers on plants of the same species* (1877). Obstoj spolov je bil sicer znan že mnogo prej v zgodovini. Okrog 9. stoletja pr. n. št. so kmetovalci nad datljevimi palmami z ženskimi cvetovi stresali moška socvetja, da so povečali proizvodnjo plodov (Geber in sod., 1999).

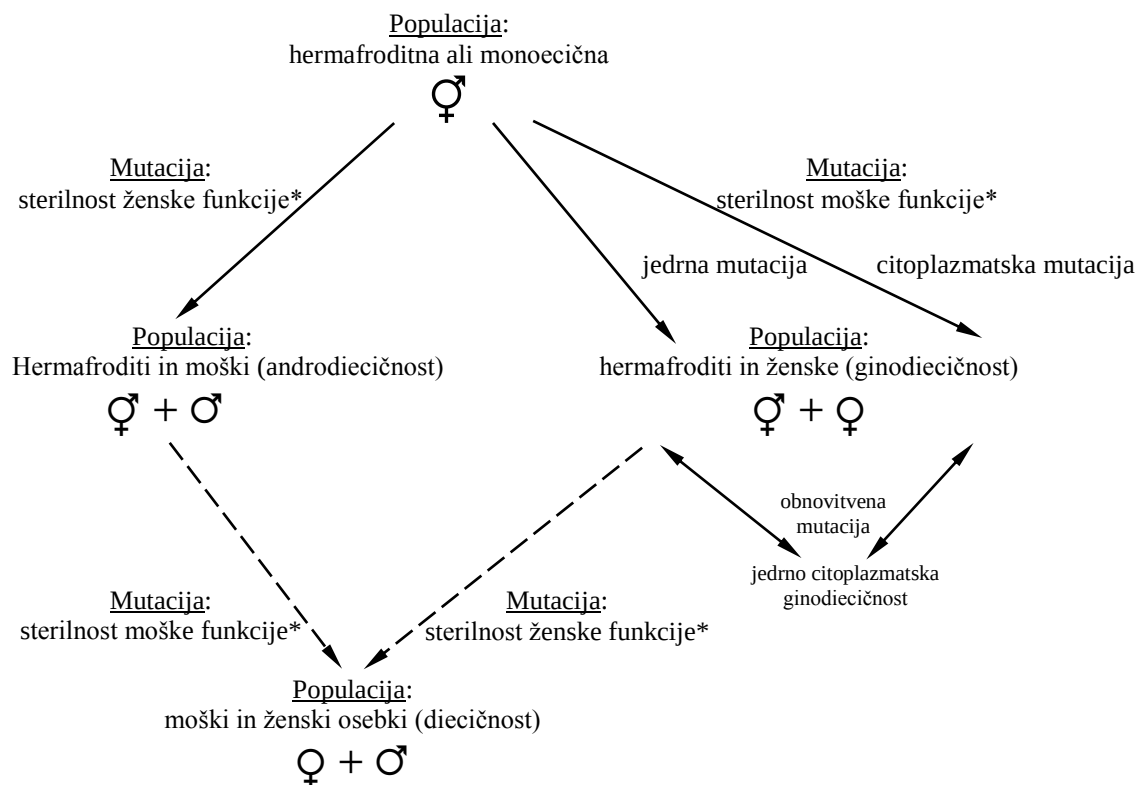
David Loyd je v svojih delih (Loyd 1980a; 1980b) predstavil metode, s katerimi je objektivno opredelil spole pri rastlinah. Njegov pristop temelji predvsem na spoznanju, da se rastline v splošnem temeljno razlikujejo od živali pri izražanju spolov. Rastline so stalno v tako imenovani zarodni fazi (tj. vsako sezono proizvedejo nove spolne organe) in imajo hkrati večjo paleto spolnih struktur. To pomeni, da lahko izraz spola pri cvetovih rastline konstantno rahlo variira bodi si pri posameznih osebkih znotraj populacije, med populacijami v vrsti ali iz sezone v sezono. Pravi tudi, da lahko uspeh razmnoževanja posameznega osebka realno ocenimo le v kontekstu celotne populacije, saj je prispevek peloda ali semen odvisen tudi od ostalih rastlin, s katerimi se le-ta razmnožuje ali tekmuje (Geber in sod., 1999).

Namen teoretičnih modelov je, da omogočajo boljše osredotočenje na dejavnike evolucije. Tako je konstrukcija in izvedba empiričnih raziskav enostavnejša in preglednejša. Z modeli lahko do določene mere tudi predvidevamo, kako se bodo različni sistemi odzvali v specifičnih situacijah (Geber in sod., 1999).

Prvi korak v razvoju dvodomnosti predstavlja pojav moških ali ženskih osebkov v hermafroditni ali monoecični populaciji. Takšna sprememba lahko nastane zaradi mutacije, ki povzroči sterilnost plodnic ali prašnikov v dvospolnih cvetovih. Razvije se moška oziroma ženska dvodomnost. V drugem koraku ponovno nastopi mutacija na preostalih hermafroditih, tokrat na drugem delu dvospolnih cvetov. Postopoma se pojavlja vedno več rastlin z ločenima spoloma, zato populacija sčasoma postane dvodomna (Geber in sod., 1999). Razvoj diecičnosti in ginodiecičnosti preko tovrstnih mutacij podpira število raziskav (Kohn 1989; Mayer in Charlesworth 1992; Webb 1979; Weller in sod., 1990).

Diecičnost se domnevno lahko razvije tudi iz distilije⁵. V tem primeru se ena oblika cvetov postopoma specializira v moške in druga v ženske cvetove. Vedno več je dokazov, da imajo močnejšo tendenco za razvoj dvodomnosti rastline v sušnih ali drugih manj ugodnih razmerah. Posamezne rastline v okolju z omejenimi viri namreč težje vzdržujejo funkcijo obeh spolov hkrati (Geber in sod., 1999).

⁵ Distilija – (dimorfna heterostilija) je heterostilija, pri kateri imajo različni osebki iste vrste cvetove z dolgim vratom pestiča in nizko nameščenimi prašniki ali cvetove s kratkim vratom pestiča in visoko nameščenimi prašniki, npr. pri jegliču (*Primula*) (Batič in sod., 2011).



Slika 3: Pregled možnih poti, po katerih bi se lahko razvila dvodomnost (*mutacije na hermafroditih) (prirejeno po Geber in sod., 1999: 37).

2.2.1 Pet teorij razvoja spolnega dimorfizma

Do razvoja spolnega dimorfizma vodi pet poti (preglednica 3). Razdelimo jih lahko v dve skupini: na tiste, pri katerih mutacije povzročijo sterilnost moške ali ženske funkcije cvetov, in tiste, pri katerih selekcija vpliva na že prisoten dimorfizem (npr. vrste s heterostilijo⁶ in dihogamijo⁷). V zadnjem primeru ima lahko na razvoj večji vpliv razporejanje hranil med moško in žensko vlogo cvetov. Zaradi različnih fizioloških potreb med morfološkima oblikama (ali oblikami) se lahko preko generacij ena specializira le za moško in druga le za žensko vlogo (Geber in sod., 1999).

⁶ Heterostilija – pojav, da imajo cvetovi pri različnih osebkih iste vrste različno dolg vrat pestiča in so prašniki nameščeni v različni višini, s čimer se onemogoča samooprašitev (Batič in sod., 2011).

⁷ Dihogamija – nesočasno dozorevanje prašnikov in brazd v istem cvetu, s čimer se onemogoča samooprašitev (Batič in sod., 2011).

Preglednica 3: Pregled petih razvojnih poti v spolni dimorfizem ter primeri rodov in vrst (Geber in sod., 1999: 64)

Vpliv mutacij na sterilnost cvetov	Vpliv selekcije na že prisoten dimorfizem
1. <u>Iz dvospolnosti v ginodiecčnost (pogosto do diecčnosti):</u> <u>Iz hermafroditov:</u> <i>Fuchsia</i> (Onagraceae) <i>Hebe</i> (Scrophulariaceae) <i>Thalictrum</i> (Ranunculaceae) <u>Iz monoecčnosti:</u> <i>Cucurbita</i> (Cucurbitaceae) <i>Ficus</i> (Moraceae) <u>Iz ginomonoecčnosti:</u> <i>Cirsium</i> (Asteraceae) 2. <u>Iz monoecčnosti preko delne diecčnosti⁸ v diecčnost:</u> <i>Cannabis</i> in <i>Humulus</i> (Cannabaceae) <i>Ecballium</i> (Cucurbitaceae) <i>Leptinella</i> (Asteraceae) <i>Mercurialis</i> (Euphorbiaceae) <i>Myrica</i> (Myricaceae) 3. <u>Iz dvospolnosti preko androdiecčnosti v diecčnost:</u> <i>Datisca glomerata</i>	4. <u>Iz heterostilije v diecčnost</u> <i>Cordia</i> (Boraginaceae) <i>Mussaenda</i> (Rubiaceae) <i>Nymphoides</i> (Menyanthaceae) <i>Sarcotheca</i> (Oxalidaceae) 5. <u>Iz duodihogamije ali heterodihogamije v diecčnost</u> <i>Acer</i> (Aceraceae)

Iz dvospolnosti preko ginodiecčnosti v diecčnost

Razvoj dvodomnosti se po tej poti začne s pojavom ženskih osebkov v populaciji. Te so posledica mutacij dvospolnih osebkov (sterilizacija – zakrnitev prašnikov). Vzpostavi se ginodiecčnost. Množičnejši pojav ženskih osebkov v populaciji povzroči dodatne spremembe v naravni selekciji glede na spolno segregacijo⁹. Dvospolnim rastlinam v primerjavi z ženskimi postopoma pade razmnoževalna kapaciteta semen. V drugem koraku se v populaciji pojavijo moški osebki, ki nastanejo zaradi ponovnih mutacij na dvospolnih rastlinah (sterilizacija – zakrnitev plodnic). Dvospolni osebki se zaradi močne konkurence ločenih spolov postopoma prenehajo pojavljati (Geber in sod., 1999).

⁸ Delna diecčnost – opisuje spolno dimorfne populacije, pri katerih se pri obeh spolih pojavljajo večja ali manjša odstopanja (nekonstantna prisotnost ženskih in moških cvetov na moških in ženskih osebkih sicer diecčnih vrst). Za razliko od teh subdiecčna populacija deluje skoraj kot diecčna, odstopanja pa se pojavljajo le na enem spolu, navadno na moškem (Geber in sod., 1999).

⁹ Spolna segregacija – (pri rastlinah) ločitev oz. pojav ločenih spolov.

Iz monoecičnosti preko delne diecičnosti v diecičnost

Pri tej poti so mutacije, ki povzročajo delno sterilnost, že prisotne v populaciji. Ločena spola se razvijeta zaradi specializacije osebkov. Na osebkih, pri katerih prevladuje število ženskih cvetov, se kaljivost semen povečuje, količina proizvedenega peloda pa se zmanjšuje. Iz teh se postopoma razvijejo ženske rastline. Razlog je večja preusmeritev hranil k ženski vlogi. Na ta način se tudi zmanjša samooplojevanje. Podoben mehanizem privede do specializacije moških osebkov (Geber in sod., 1999).

Iz dvospolnosti preko androdiecičnosti v diecičnost

Za uspešno menjavo opraševalcev ali načina opraševanja (npr. iz žužkocvetnega v vetrocvetnega) so potrebne velike količine peloda. Pri deležu osebkov v dvospolni populaciji se zaradi povečane proizvodnje cvetnega prahu zmanjša in kasneje izloči njihova ženska funkcija. Razlog je večja razporeditev hranil k moški vlogi rastlin. Takšni osebki so zaradi velike produkcije peloda v razmnoževanju konkurenčnejši od ostalih. Populacija postopoma postane androdiecična. V drugem koraku razvoja so za pojav ženskih rastlin odgovorne spremembe na hermafroditih. To so lahko mutacije cvetov (sterilnost prašnikov) ali preusmeritev hranil na žensko vlogo rastlin (Geber in sod., 1999).

Iz heterostilije v diecičnost

Vrste rastlin, pri katerih se pojavlja heterostilija, imajo dokaj dobro izhodišče za razvoj dvodomnosti. Do tega privede postopna specializacija morfoloških oblik v ločena spola – na primer pri vrsti z dvema morfološkima oblikama, ki v populacijah nastopata z enakovrednima deležema. Sprememba v dejavnikih, ki vzdržujejo to distilijo, lahko povzroči propad moške funkcije cvetov pri eni in ženske funkcije pri drugi pojavnosti obliki. Rezultat te prilagoditve je dvodomnost (Geber in sod., 1999).

Iz duodihogamije¹⁰ ali heterodihogamije¹¹ v diecičnost

Iz obeh variacij dihogamije se lahko razvije spolni dimorfizem, vendar so v to vpleteni mehanizmi manj raziskani. Predpostavljajo, da lahko pod določenimi pogoji s strani ene genske različice (pri heterodihogamiji) pride do razlik v proizvedeni količini peloda. To povzroči večjo očetovsko vlogo pri eni ter večjo materinsko vlogo pri drugi različici. Dokončna vzpostavitev dvodomnosti je najverjetneje odvisna od mutacij (običajno moške funkcije) cvetov, podobno kot v nekaterih prej obravnavanih primerih (Geber in sod., 1999).

2.2.2 Spolni dimorfizem v fiziologiji in morfologiji

Fiziološki in morfološki odzivi na ekološke razmere

Fiziološke in morfološke prilagoditve, ki uravnavajo absorpcijo hranil, so odvisne od količine razpoložljivih snovi v okolju. Kadar je pri razmnoževanju potreba po hranilih večja za ženske kot za moške osebke, so ženske rastline podvržene močnejši selekciji in se morajo prilagoditi na večjo porabo energije. Na primer v okolju, v katerem fiksacijo ogljika omejuje suša, so ženski osebki pod večjim stresom. Ob pomanjkanju vode za uravnavanje in vzdrževanje potrebne količine ogljika zato potrebujejo višje prilagoditve. V tem primeru so moški osebki konkurenčnejši in pričakujemo lahko, da bodo v obravnavani populaciji številčnejši od ženskih. Tovrsten stres lahko povzroči spremembe v delovanju fotosinteze in drugih fizioloških procesov, odnosu med vodo in lastnostmi rastlinskih tkiv, intenzivnejšo rast ali absorpcijsko moč korenin ter spremembe v obliki krošnje. Rastline se na okolje s pomanjkanjem svetlobe prilagajajo z zmanjševanjem samozastrtosti, anatomskimi spremembami v listih ali delovanjem fotosinteze, ki izboljša svetlobni izkoristek (Geber in sod., 1999).

¹⁰ Duodihogamija je oblika usklajene dihogamije, pri kateri je sezona cvetenja sestavljena iz enega cikla in pol. Deli cvetov (prašniki, pestiči) na posameznih rastlinah običajno dozorevajo v zaporedju moški – ženski – moški. Čas cvetenja se med osebki nekoliko razlikuje (npr. ko dozorijo pestiči pri enih, pričnejo zoreti prašniki pri drugih) (Lloyd in Webb, 1986).

¹¹ Heterodihogamija je oblika usklajene dihogamije, pri kateri se populacija deli na dve genetski različici osebkov. Ob istem času na eni dozorijo prašniki in na drugi pestiči, nato se vlogi zamenjata (Lloyd in Webb, 1986).

Fiziološki in morfološki odzivi na spolno selekcijo

Razmnoževalni uspeh moških osebkov je odvisen od števila oploditev. Naravni izbor je zato bolj naklonjen prilagoditvam, ki to število povečujejo. Te prilagoditve pogosto vplivajo na številčnost cvetov oziroma socvetij na rastlini ali pa na njihove lastnosti. Cvetovi z večjimi ali številčnejšimi prašniki na primer proizvedejo več peloda, kar vodi do večjega števila oploditev. Tovrstne spremembe imajo tudi neposreden ali posreden vpliv na fiziologijo rastlin. Rastline moškega spola imajo zato lahko v času cvetenja povečan metabolizem in s tem večjo potrebo po hranilih kot ženske. Razlike v selekciji med moškimi in ženskimi rastlinami se lahko pojavijo pri količini vložene energije (relativno ali absolutno) v razmnoževalne procese ali zaradi potreb po različnih hranilnih snoveh. Cvetni prah ima pogosto veliko vsebnost dušika, semena in sadeži pa so navadno bogati s škrobom, sladkorji ali lipidi. Na vitalnost moških osebkov zato vpliva učinkovitost porabe oziroma večji privzem dušika, na vitalnost ženskih pa boljša vezava ogljika. Med spoloma se lahko pojavijo tudi razlike v fenoloških fazah¹² (npr. če moški osebki začnejo cveteti prej, pri manjši starosti ali cvetijo pogostejše) (Geber in sod., 1999).

Pri anemofilnih (vetrocvetnih) vrstah se lahko moški osebki fiziološko in morfološko prilagodijo na bolj suhe habitate ali rastišča, ker so na takšnih lokacijah ugodnejše razmere za disperzijo peloda. Razširjanje peloda je pri tem učinkovitejše, če so cvetovi nameščeni na višjih delih rastlin. Pri entomofilnih (žužkocvetnih) vrstah pa je učinkovitejše, če cvetovi ali socvetja dobro izstopajo (barva, oblika, vonj) in izraščajo na vidnih ali lahko dostopnih mestih rastlin. Razporeditev in postavitev cvetov v krošnjah rastlin lahko neposredno vodi do spolnega dimorfizma z različnimi strukturami krošenj. Lastnosti cvetov ali plodov dodatno vplivajo na zgradbo rastlin zaradi povezav med njihovo velikostjo, debelino poganjkov in vej ter drugih vegetativnih organov (na primer večja debelina ali prožnost vej ženskih osebkov pri vrstah s težkimi plodovi) (Geber in sod., 1999).

¹² Fenološka faza – vsaka od faz v razvoju določene rastlinske vrste, ki se kaže z vidnimi spremembami, npr. kalitev, brstenje, cvetenje, odpadanje listov (Batič in sod., 2011).

2.3 PREGLED DRUGIH RAZISKAV

Weller in sod. (1990) so s proučevanjem rodov *Schiedea* in *Alsinidendron* (družina: Caryophyllaceae) raziskovali, kako se je diecičnost teh vrst razvijala na havajskih otokih. Avtorji predpostavljajo, da je prilagoditev vrst iz rodu *Schiedea* na bolj sušne habitate povzročila razvoj diklinije¹³. Do tega sta verjetno vodili izguba oziroma menjava opraševalcev in s tem večje samoopraševanje. Takšne razmere zaradi večje genske raznolikosti pospešujejo razvoj dvodomnosti.

Izražanje spolov sta pri vrsti puščavskega grma *Ochradenus baccatus* Del. proučevala Wolfe in Shmida (1997). V raziskavo sta zajela 24 populacij, ki so bile geografsko razporejene po padavinskem gradientu. Ugotovila sta, da je izražanje spolov na grmih precej variabilno. Ženski osebki so bili konstantni (le proizvodnja semen), pri moških osebkih pa so se pojavljala odstopanja od konstantnih (le proizvodnja peloda) do nekonstantnih (poleg proizvodnje peloda tudi nekaj semen). Rezultati so pokazali, da ženski osebki proizvedejo od 9 do 20-krat več semen kot nekonstantni moški osebki. V laboratorijskem poskusu sta odkrila, da ima seme ženskih grmov boljšo kaljivost in rast kot seme nekonstantnih moških. Konstantni moški grmi so s prašniki proizvedli več biomase kot nekonstantni. S temi ugotovitvami sta potrdila hipotezo, da mora pri dvospolnih osebkih izguba ene funkcije (npr. proizvodnja peloda) nadomestiti večja korist pri drugi (npr. večja proizvodnja semen).

Prisotnost in stopnjo dimorfizma jojobe (*Simmondsia chinensis* (Link) C. K. Schneid.) je raziskovala Kohornova (1995). Omenjena vrsta je dieična. Morfološke razlike med spoloma so bile značilne pri treh populacijah v sušnem okolju in neznačilne pri petih populacijah v zmernem okolju. Ženski grmi so imeli v dveh populacijah večje liste od moških in v treh populacijah daljše internodije od moških. Stopnja dimorfizma velikosti listov med spoloma je bila v obratnem sorazmerju s količino padavin (manj padavin, večje razlike med moškimi in ženskimi grmi). Dimorfizem dolžine internodijev pa je med spoloma variiral v skladu z letnimi temperaturnimi nihanji (večja nihanja, večje razlike

¹³ Diklinija – lastnost rastline, da imajo posamezni osebki v populaciji različne kombinacije cvetov glede na spol (Batič in sod., 2011).

med spoloma). Avtorica predpostavlja, da je velikost vegetativnih delov ženskih rastlin povezana z velikostjo semen, saj večja dimenzija semen prinaša prednost v sušnih ekoloških razmerah. Pri ženskih grmih je bila variabilnost merjenih znakov večja kot pri moških. To lahko dodatno prispeva k razvoju dimorfizma v tej vrsti.

Hemborg in Bond (2005) predpostavljata, da lahko različne nagrade za opraševalce s strani moških in ženskih cvetov pri rastlinah vodijo do razvoja spolnega dimorfizma. To utemeljujeta z raziskavo vrste *Leucadendron xanthoconus* (Kuntze) K.Schum.. Spolni dimorfizem te vrste je rezultat tesne povezanosti z deževnim podnebjem in njenimi opraševalci, hrošči vrste *Pria cinerascens* Erichson (Nitidulidae). Veliki moški cvetovi predstavljajo zanesljiv vir hrane za odrasle hrošče in njihove ličinke. V času pogostih padavin pa se opraševalci zatečejo v zavetje ženskih cvetov. Takšen način opraševanja pospešuje razvoj spolnega dimorfizma v obliki cvetov ali socvetij. Vsak tip cvetov služi drugim potrebam njihovih opraševalcev.

Ekološke razloge za spolni dimorfizem je na vrbi vrste *Salix glauca* L. (Salicaceae) proučevala Dudleyeva (2006). Raziskovane populacije so se nahajale na sušnih in zmernih območjih Skalnega gorovja v Koloradu (ZDA). Opazovanja so potekala 4 zaporedna leta. Avtorica predpostavlja, da je razlog za dimorfizem potreba po različnih hranilih. Seme te vrste namreč vsebuje dvakrat več dušika in fosforja kot pelod. Predvideva tudi, da je vitalnost grmov glede na spol različna zaradi razlik v vplivu okolja ali dostopnosti vode in mineralov. Skladno s to predpostavko so ženski osebki težje tolerirali sušna obdobja kot moški. Rast desetletnih poganjkov je bila pri ženskih grmih v zmerno vlažnem okolju večja od tistih v sušnem okolju. Moški grmi so med tem rasli enakomerno, ne glede na dostopnost vode v okolju. Rast poganjkov je bila povezana tudi s produkcijo mačic in vitalnostjo rastlin. Z raziskavo so potrdili, da imajo ekološke razmere lahko velik vpliv na razvoj dimorfizma pri rastlinah.

Bañuelos in Obeso (2004) sta analizirala spolni dimorfizem in razmnoževalni vložek dvodomne vrste *Rhamnus alpina* L. na različnih hierarhičnih nivojih (poganjki, veje, osebki, populacije). Razlike med spoloma sta avtorja odkrila pri razmnoževalnih vložkih na ravni osebkov in populacij. Dendrološka analiza je pokazala postopno zmanjševanje

rasti od starosti prvega cvetenja in obroditve naprej. Letna velikost branik pri ženskih rastlinah je bila v obdobjih manjše količine letnih padavin znatno manjša kot pri moških. Avtorja predpostavljata, da lahko pomanjkanje vode poveča ceno razmnoževanja pri ženskih osebkih. V populacijah starejših grmov je razmerje med spoloma v prid moškemu. Vzrok temu je večja mortaliteta ženskih rastlin zaradi skupnih učinkov cene razmnoževanja.

Ginodiecično vrsto lovorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) je na območju Bohorja proučeval Jagrič (2012). Delež ženskih rastlin je bil obratno sorazmeren z naraščanjem nadmorske višine. V višjem pasu so imeli grmi več cvetov in daljše liste z bolj topimi vrhovi ter ostrejšim dnom. Razlike med ženskimi in obojespolnimi grmi so bile odkrite le pri dveh znakih. Ženske rastline so imele v povprečju večje število debel, hermafroditi pa daljše liste.

Predpostavlja se, da so robne populacije glede na območje razširjenosti bolj diferencirane, vendar manj variabilne od centralnih. Morfološko variabilnost rdečeplovnega brina (*Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*) so proučevali v 16 istrskih populacijah na severni meji areala. Spolni dimorfizem v morfologiji listov je bil odkrit, vendar z raziskavo ni bil pojasnjen vzorec njegove razporeditve. Odkrita je bila presenetljivo velika diferenciacija znakov znotraj populacij. Med proučevanimi morfološkimi znaki iz obrobni in centralnih populacij, ki so bile analizirane v tej raziskavi (Brus in sod., 2010), ni bilo odkritih značilnih razlik (Brus in sod., 2014).

Razlike med spoloma in vpliv podnebja na širino branik pri navadni tisi (*Taxus baccata* L.) sta analizirala Cedro in Iszkuło (2011). V raziskavo je bilo vključenih 5 populacij na zahodu Poljske. Povprečna širina branik pri moških osebkih je bila v primerjavi z ženskimi znatno večja. Te razlike so se predvidoma pojavile po nastopu spolne zrelosti rastlin in so najverjetneje posledice večjega razmnoževalnega vložka žensk v primerjavi z moškimi. Razlog za odsotnost teh razlik v najmlajši proučevani populaciji je lahko kratko obdobje spolne zrelosti ali pa vpliv milejšega podnebja na tem območju. Avtorja menita, da različne reakcije spolov na podnebje vplivajo na razširjenost in stabilnost populacij ob robu areala te vrste.

Gao in sod. (2010) so pri mandžurskem jesenu (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) analizirali branike in vzorec rasti med spoloma za obdobje od leta 1931 do 2007. Njihov namen je bil proučiti odziv rasti moških in ženskih osebkov glede na podnebne spremenljivke. Ugotovili so, da je bila rast ženskih dreves občutljiva na količino padavin v novembru preteklega leta. Rast moških osebkov pa se je odzivala na povprečne temperature v novembru preteklega leta. Rezultati potrjujejo, da je občutljivost na vremenske razmere prisotna in se po spolih razlikuje, vendar je neenakomerna, saj se v daljšem časovnem obdobju spreminja.

2.3.1 Sekundarni znaki spolov pri rastlinah

Rastlinske vrste, pri katerih prihaja do spolnega dimorfizma, imajo običajno ločeno proizvodnjo peloda in semen na posamezne osebke v populaciji (npr. moški, ženski). Sekundarni spolni znaki so morfološke in strukturne razlike, ki se pojavijo med spoloma poleg razlik med cvetovi. Pri številnih trajnicah moški osebki dosegajo večjo vitalnost, hitrost rasti in intenzivnost vegetativnega razmnoževanja kot ženski. Pri nekaterih monokarpnih¹⁴ in kratkoživih polikarpnih¹⁵ vrstah (npr. *Spinacia oleracea* L., vrste rodov *Cannabis* in *Silene*) ženski osebki dosežejo večje dimenzije. Pri vrstah rodu *Asparagus* je rast moških rastlin večja kot pri ženskih, vendar so pri ženskih lahko posamezni poganjki daljši kot pri moških. Pri nekaterih dolgoživih vrstah je stopnja preživetja večja pri moških osebkih, kar posledično vpliva na njihov večji delež in razširjenost v populaciji. Večjo mortaliteto moških v primerjavi z ženskami pa lahko opazimo pri navadni kislici (*Rumex acetosa* L.) ter vrstah iz rodu *Silene*. Moški in ženski osebki imajo v nekaterih primerih različno razširjenost znotraj rastišča. To je opazno pri trpežnem golšcu (*Mercurialis perennis* L.) in mali kislici (*Rumex acetosella* L.), pri katerih razširjenost spolov na rastišču variira zaradi razlik v mikroklimi. Moški osebki pri številnih vrstah pričnejo cveteti prej kot ženski. Razlog je lahko, da ženske rastline proporcionalno porabijo več energije za spolno razmnoževanje kot moške. Pojav številnih sekundarnih spolnih znakov je mogoče pojasniti z razlikami v razmnoževalnih vložkih med moškimi in ženskimi rastlinami. Ta

¹⁴ Monokarpna rastlina (hapaksantna rastlina) – rastlina, ki cveti in plodi le enkrat v življenju, npr. agava (*Agave*) (Batič in sod., 2011).

¹⁵ Polikarpna rastlina (polakantna rastlina) – rastlina, ki cveti in plodi navadno vsako leto, npr. zelnote trajnice, lesnate rastline (Batič in sod., 2011).

vložek je v večini primerov večji pri ženskih rastlinah. S sekundarnimi spolnimi znaki se navadno izraža optimalna strategija prilagoditve vsakega spola. Večina teh prilagoditev ima specifično vlogo pri spolnem razmnoževanju. Včasih pa se te razlike pojavijo kot slučajne posledice genskih sprememb in nimajo nujno prilagoditvene funkcije (Lloyd, Webb, 1997).

2.4 RAZVOJ SPOLNEGA DIMORFIZMA PRI KRANJSKI KOZJI ČEŠNJI (*Rhamnus fallax* Boiss.)

Vrsta ima pionirske lastnosti in se pogosto nahaja na meliščih, kjer se sooča z ostrejšimi ekološkimi razmerami. Tovrstne lege so pogosto izpostavljene vetru. Na težjo dostopnost vode pogosto vplivajo še nerazvita in pretežno skeletna tla. Predpostavljamo, da je izbira takšnih rastišč pripomogla k razvoju dvodomnosti kranjske kozje češnje. Hermafroditi so bili zaradi težjih razmer (manjša dostopnost vode in hranil) manj konkurenčni od enospolnih osebkov in se niso obdržali v populaciji. Čeprav je vrsta dieciečna, lahko v zelo redkih primerih moški osebki proizvedejo nekaj dvospolnih cvetov. To so najverjetneje ostanki razvoja iz dvospolnosti preko ginodiecičnosti v dvodomnost (poglavje 2.2.1). Rastline, na katerih se pojavljajo dvospolni cvetovi, predstavljajo zadnji ostanek na razvojni poti popolne dvodomnosti. Populacije v fazi ginodiecičnosti sestavljajo ženski osebki in hermafroditi. V zadnjem koraku razvoja se zaradi mutacij na hermafroditih začnejo pojavljati moški cvetovi. Na teh hermafroditih se iz generacije v generacijo tvori vedno več moških in vedno manj dvospolnih cvetov. Tako se postopoma specializirajo v moške osebe. Nastali moški osebki so pri razširjanju peloda konkurenčnejši od preostanka hermafroditov in jih sčasoma izpodrinejo iz populacije. S tem nastopi popolna dvodomnost. Delež ženskih osebkov se v času te tranzicije ne spreminja.

Na strukturo dvodomne populacije in spolni dimorfizem lahko vplivajo potrebe po različnih hranilih ali mikroklimi med spoloma. Ženske rastline za razmnoževanje običajno porabijo več energije v primerjavi z moškimi. Slednje zato v okviru posameznega rastišča pogosto najdemo na bolj izpostavljenih legah. Te razlike lahko privedejo do razvoja sekundarnih spolnih znakov (npr. večji listi pri moških osebkih).

3 MATERIALI IN METODE

Raziskava spolnega dimorfizma kranjske kozje češnje (*Rhamnus fallax* Boiss.) je potekala v dveh sklopih. Prvi je obsegal pregled literature in teoretične osnove, drugi pa zbiranje podatkov na terenu in njihovo analizo (izbira raziskovalnih ploskev, vzorčenje in popis populacij, morfometrična analiza listov).

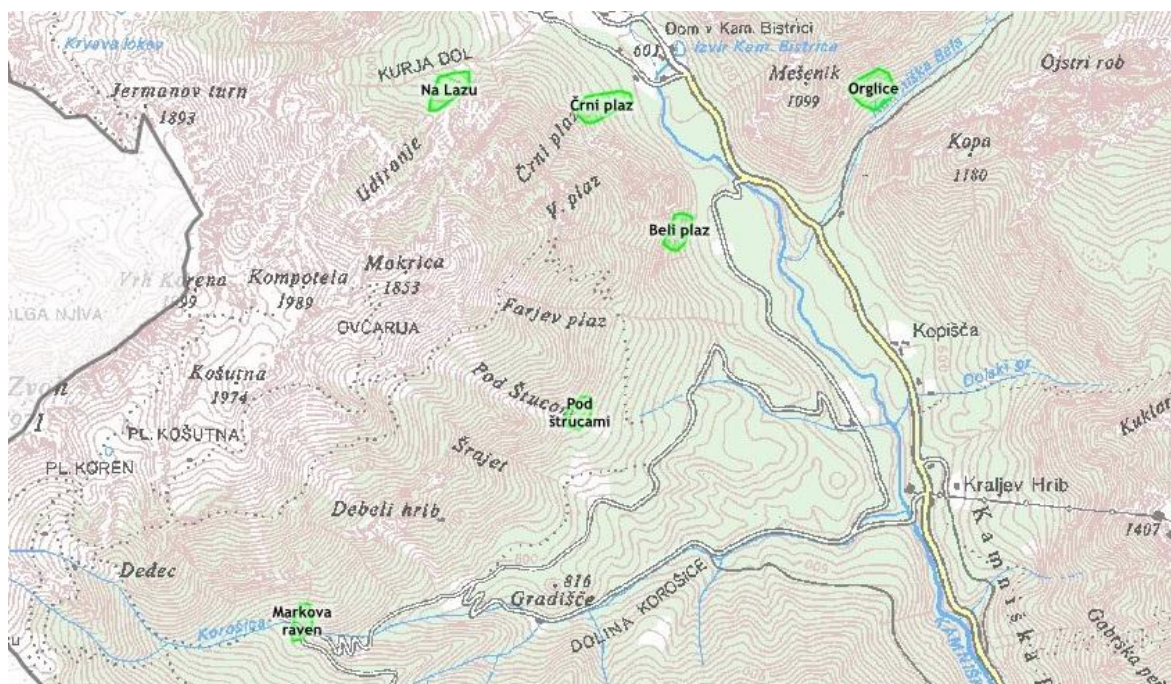
3.1 IZBOR IN OPIS PLOSKEV

Raziskovalne ploskve smo izbrali v Kamniško-Savinjskih Alpah, na območju Kamniške Bistrice, ki ga sestavljajo glavna in številne stranske doline. Določili smo tri višinske pasove: prvega do 700 m n.m., drugega od 701 m n.m. do 900 m n.m. in tretjega nad 900 m n.m. (preglednica 4). V vsakem pasu smo izbrali po dve ploskvi. Lokacije so prikazane na sliki 4.

Preglednica 4: Raziskovalne ploskve po višinskih pasovih

Višinski pas	do 700 m n.m.	od 701 m do 900 m n.m.	nad 900 m n.m.
Ploskev	I: Črni plaz	III: Na Lazu	V: Pod štrucami
	II: Beli plaz	IV: Orglice	VI: Markova raven

Popis in pregled populacij smo izvajali v času cvetenja, da smo lahko rastlinam na podlagi cvetov določili spol. Na vsaki ploskvi smo pregledali vsaj 80 osebkov (zaradi takšnega načina dela ploskvam nismo določali površin). Medsebojna razdalja med osebki je bila vsaj 4 metre, med ploskvami pa večinoma večja od enega kilometra.



Slika 4: Razporeditev ploskev na terenu (izdelal: J. Čugalj s pomočjo spletnega portala PISO - Prostorski informacijski sistem občin)

Podrobnejši podatki o popisnih ploskvah so navedeni v preglednicah od 5 do 7.

Preglednica 5: Podatki o ploskvi I in II (višinski pas do 700 m n.m.)

Ploskev	I: Črni plaz	II: Beli plaz
Območna enota	Ljubljana	Ljubljana
Krajevna enota	Kamnik	Kamnik
Gospodarska enota	Kamniška Bistrica	Kamniška Bistrica
Prevladujoča gozdna združba	predalpsko smrekovje na morenah in pobočnih gruščih, alpsko bukovje s črnim telohom	predalpsko gradnovo belogabrovje, preddinarsko-dinarsko toploljubno bukovje
GPS-koordinate (D48/GK)	Y: 468376 X: 131245	Y: 468842 X: 130542
Nadmorska višina	~ 685 m	~ 670 m
Naklon	40°–45°	50°
Skalovitost/Kamnitost	15 %/65 %	10 %–15 %/80 %
Ekspozicija	severovzhod (SV)	vzhod (V)
Število popisanih osebkov	84	81

Preglednica 6: Podatki o ploskvi III in IV (višinski pas od 701 m do 900 m n.m.)

Ploskev	III: Na Lazu	IV: Orglice
Območna enota	Ljubljana	Ljubljana
Krajevna enota	Kamnik	Kamnik
Gospodarska enota	Kamniška Bistrica	Kamniška Bistrica
Prevladujoča gozdna združba	alpsko ruševje, alpsko bukovje s črnim telohom	predalpsko smrekovje na morenah in pobočnih gruščih, predinarsko-dinarsko toploljubno bukovje
GPS-koordinate (D48/GK)	Y: 467509 X: 131368	Y: 469970 X: 131352
Nadmorska višina	~ 800 m	~ 740 m
Naklon	25°–30°	35°–45°
Skalovitost/Kamnitost	20 %–40 %/90%	15 %/35 %
Ekspozicija	sever (S), severovzhod (SV)	jugovzhod (JV)
Število popisanih osebkov	93	93

Preglednica 7: Podatki o ploskvi V in VI (višinski pas nad 900 m n.m.)

Ploskev	V: Pod štrucami	VI: Markova raven
Območna enota	Ljubljana	Ljubljana
Krajevna enota	Kamnik	Kamnik
Gospodarska enota	Kamniška Bistrica	Kamniška Bistrica
Prevladujoča gozdna združba	alpsko bukovje s črnim telohom, predinarsko-dinarsko toploljubno bukovje	alpsko bukovje s črnim telohom, predinarsko-dinarsko toploljubno bukovje
GPS-koordinate (D48/GK)	Y: 468270 X: 129498	Y: 466659 X: 128276
Nadmorska višina	~ 970 m	~ 980 m
Naklon	45°	50°–55°
Skalovitost/Kamnitost	10 %/60 %–70 %	10 %/80 %
Ekspozicija	jugovzhod (JV)	Jug (J)
Število popisanih osebkov	114	82

3.2 IZBOR IN NABIRANJE POGANJKOV

Ker je določitev spola rastlin možna le v času cvetenja je bilo treba delo na terenu izvesti v dveh fazah. Listi v tem obdobju še niso popolnoma razviti. V prvi fazi smo zato grme označili z rumenim lepilnim trakom (slika 7) ter z njih v drugi fazi nabrali popolnoma razvite liste. Na čas cvetenja do določene mere vpliva nadmorska višina, zato rastline v nižjih legah zacvetijo nekoliko prej. Zaradi tega smo s popisovanjem ploskev začeli po vrsti od najnižjega višinskega pasu (do 700 m n.m.) do najvišjega (nad 900 m n.m.). V popisne obrazce smo, poleg podatkov, ki so predstavljeni v preglednicah od 5 do 7, beležili število moških, ženskih in nedoločenih osebkov ter GPS-koordinate analiziranih osebkov.

Rastline smo glede na spol razdelili v tri skupine: moške, ženske in nedoločene (necvetoči grmi). Med njimi smo na vsaki ploskvi izbrali po 15 moških in 15 ženskih osebkov. Pri moških cvetovih iz čaše med čašnimi listi izraščajo štirje prašniki (slika 5), pri ženskih pa se v sredini cveta nahaja plodnica s tremi vratovi (slika 6). Pri obeh vrstah cvetov so vidni zakrneli ostanki nasprotnega spola.

PRVA FAZA:

Čas poteka: prva polovica maja 2012
Namen: popis populacij, določanje spola osebkov, izbor in označevanje grmov za drugo fazo

DRUGA FAZA:

Čas poteka: julij in začetek avgusta 2012
Namen: meritve izbranih 15 ženskih in 15 moških grmov, nabiranje poganjkov z listi za morfometrijsko analizo



Slika 5: Vejica z moškimi cvetovi (foto: J. Čugalj)



Slika 6: Vejica z ženskimi cvetovi (foto: J. Čugalj)



Slika 7: Metoda označevanja izbranih osebkov – št. ploskve, št. osebka, spol (fotografija: J. Čugalj)

Med izbranimi in popisanimi osebki smo vzdrževali minimalno medsebojno razdaljo približno 4 m. S tem smo se izognili nenamernemu popisu istega grma ali njegovega klona. Koordinate smo določali z napravo Garmin GPSmap 60csx. Za označevanje izbranih rastlin smo uporabljali označevalni samolepilni trak rumene barve, na katerega smo zabeležili št. ploskve, zaporedno št. osebka in njegov spol. S tem smo omogočili natančno prepoznavnost grmov v drugi fazi terenskega dela.

V drugi fazi dela smo pozornost s populacij preusmerili na 30 izbranih grmov (15 moških in 15 ženskih) ter jih natančneje popisali. Na popisne liste smo beležili št. debel izbranega osebka, debelino najdebelejšega debla (D_{MAX}), zgornjo višino grma (H_{MAX}) ter njegovo največjo širino (A) ter širino, ki je nanjo pravokotna (B).

Preglednica 8: Merjeni znaki na grmih

Oznaka (enota)	Merjen znak	Tip znaka
Št. debel	Število debel posameznega osebka	Izmerjen
D_{MAX} [cm]	Debelin najdebelejšega debla	Izmerjen
H_{MAX} [m]	Maksimalna višina osebka	Izmerjen
A [cm]	Maksimalna širina osebka	Izmerjen
B [cm]	Širina, ki je pravokotna na A	Izmerjen
V [m ³]	Volumen, ki ga osebek zaseda (izračun iz H_{MAX} , A, B)*	Izpeljan

*izračunan kot volumen kvadra ($A \times B \times H_{MAX}$)

Na vsakem grmu smo izbrali po 3 poganjke s čim manj poškodovanimi listi, s katerih smo nabrali skupno 9 listov (po 3 srednje velike liste z vsakega poganjka). Kadar ta kriterij ni bil izpolnjen, smo po potrebi izbrali dodatne poganjke. Za pomoč pri nabiranju smo iz pisarniškega papirja izdelali enostavne mape. V vsako smo shranili liste le enega osebka, nanjo zabeležili št. ploskve, zaporedno št. osebka ter njegov spol. S tem postopkom smo se izognili napakam, ki bi lahko nastale med nabiranjem. Vsak list smo s poganjka previdno odtrgali in s tem ohranili pravo dolžino peclja. Pri površnem ali hitrem trganju lahko del peclja ostane na poganjku ali pa se poleg tega odtrga še del skorje poganjka. Peclji so v prvem primeru prekratki, v drugem pa navidezno daljši, kar lahko vpliva na točnost meritev. Nabrane liste smo herbarizirali.

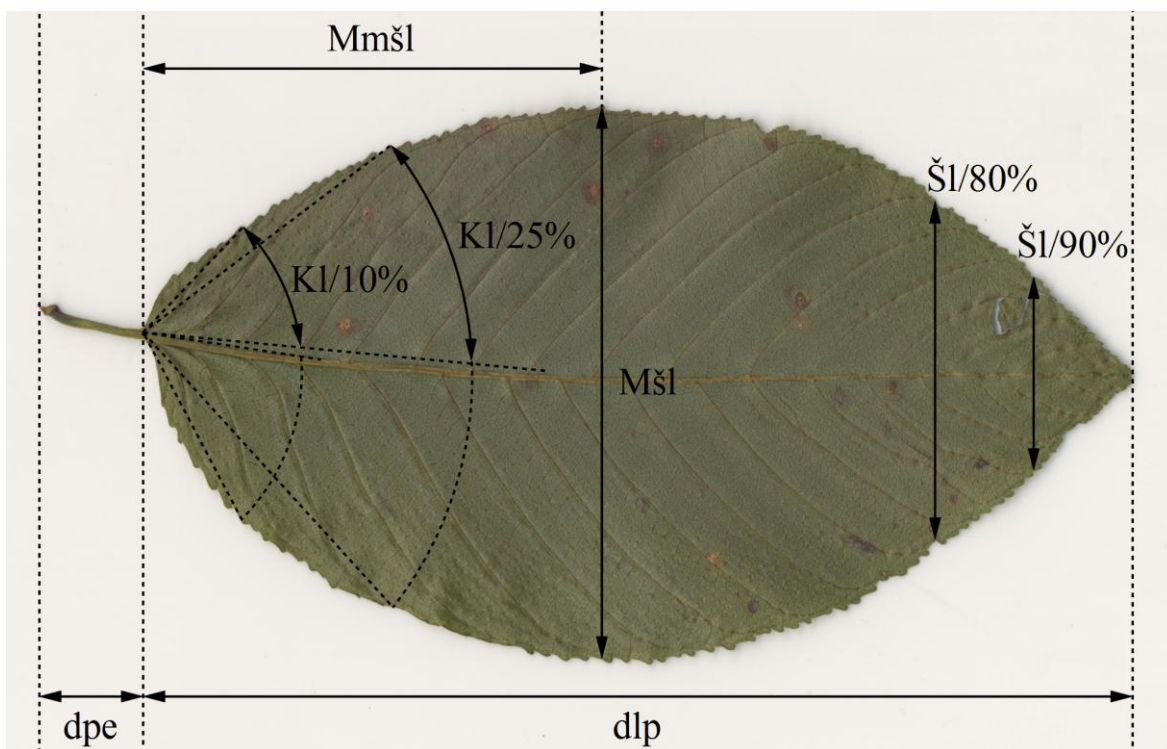
3.3 MORFOMETRIJSKA ANALIZA

Suhe in pripravljene liste smo digitalizirali z optičnim čitalnikom znamke Epson (Expression 1680) pri nastavitvi resolucije 300 dpi. Kljub skrbnemu nabiranju vsi listi niso bili popolnoma nepoškodovani. Pred nadaljevanjem analize je bilo zato treba rekonstruirati robove listnih ploskev pri obžrtih ali drugače poškodovanih listih. Za tovrstno grafično obdelavo smo uporabili programsko opremo Adobe Photoshop CS3. Rekonstrukcija je vidna na sliki 9 (s črno barvo narisani predvideni robovi listne ploskve na mestih poškodb). Popravljenе slike listov smo analizirali s programsko opremo WinFOLIA (proizvajalec: Regent Instruments Inc., izdaja: Pro 2005). Morfološki znaki, ki smo jih merili, so predstavljeni v preglednici 12 in na sliki 8. V celotno analizo je bilo vključenih 1620 listov (9 z vsakega grma).

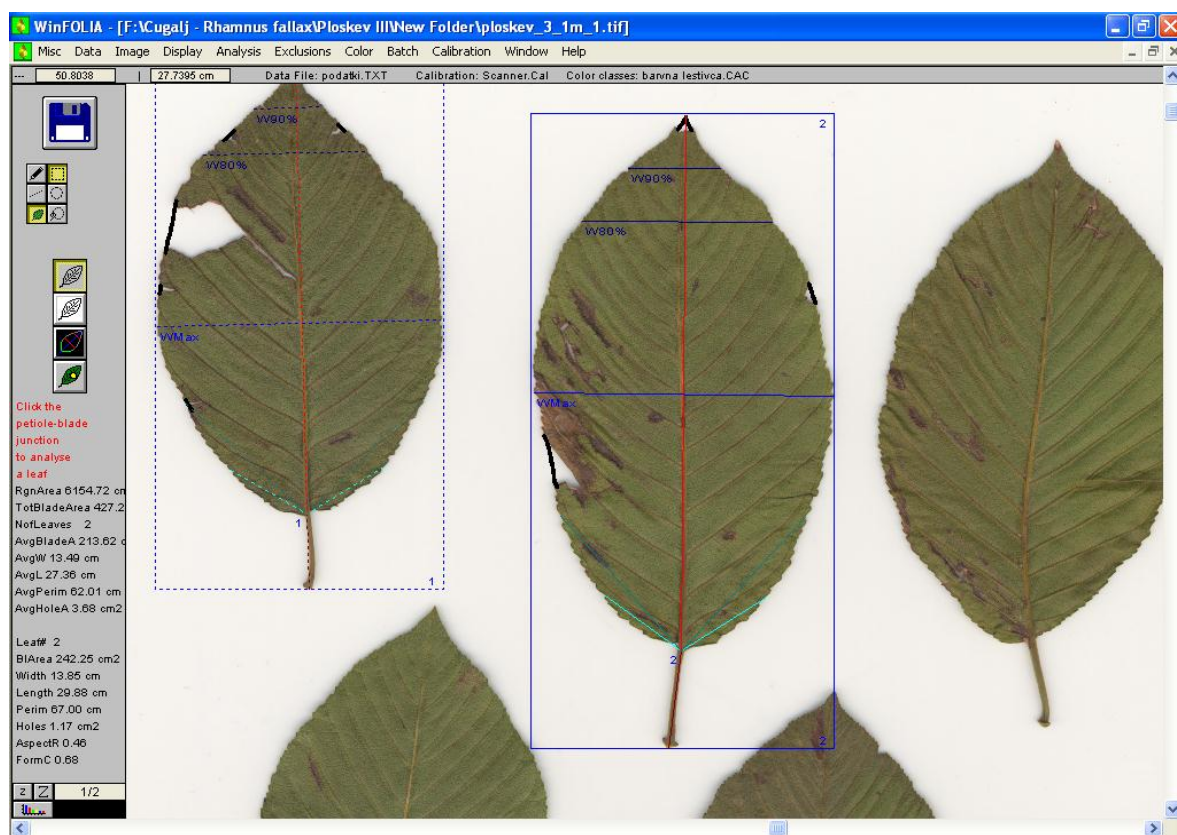
Preglednica 9: Morfološki znaki listov, na katerih je temeljila analiza

Morfološki znak	Okrajšava (enota)	Tip znaka
Površina lista	Pl (cm ²)	izmerjen
Obseg lista*	Ol (cm)	izmerjen
Dolžina listne ploskve	dlp (cm)	izmerjen
Maksimalna širina listne ploskve	Mšl (cm)	izmerjen
Položaj maksimalne širine listne ploskve	Mmšl (%)	izmerjen
Širina lista na 80 % dolžine listne ploskve	Šl/80% (cm)	izmerjen
Širina lista na 90 % dolžine listne ploskve	Šl/90% (cm)	izmerjen
Polovični kot med listnim dnem in robovoma na 10 % dolžine listne ploskve	Kl/10% (°)	izmerjen
Polovični kot med listnim dnem in robovoma na 25 % dolžine listne ploskve	Kl/25% (°)	izmerjen
Dolžina peclja	dpe (cm)	izmerjen
Koeficient oblike ($KO = 4 \times \Pi \times Pl \div Ol^2$)	KO	izpeljan
Razmerje med maksimalno širino in dolžino listne ploskve	Mšl/dlp	izpeljan

*pri merjenju tega znaka so bila ugotovljena večja odstopanja, zato so te meritve manj zanesljive



Slika 8: Shema merjenih morfoloških znakov



Slika 9: Analiza listov s programsko opremo WinFOLIA

3.4 STATISTIČNE METODE

Za osnovno deskriptivno statistično analizo smo uporabili program Microsoft Office Excel 2003. Pri vsakem grmu smo iz meritev listov izračunali povprečne vrednosti proučevanih znakov. Iz teh vrednosti smo nato izračunali povprečja, standardne odklone in koeficiente variacije za posamezni spol, višinske pasove, ploskve ter skupno za vse grme.

Hierarhični (gnezdist) poskus smo izvedli s programsko opremo STATISTICA 10 (StatSoft Inc.). Uporabili smo naslednji model:

$$Y = B + G + P(B) + T(BGP) + \varepsilon$$

$$B - Pas \quad G - Spol \quad P - Ploskev \quad T - Grm$$

Fiksna faktorja sta bila B (pas) in G (spol) ter naključna faktorja P (ploskev) in T (gram). V modelu je bila ploskev ugnježdena znotraj pasu, gram pa ugnježden znotraj spola, pasu in ploskve.

Porazdelitev ploskev glede na velikost in obliko listov smo izračunali s pomočjo metode glavnih komponent (PCA – Principal Component Analysis) s programsko opremo IBM SPSS Statistics 21. Pri izračunu smo uporabili rotacijo Varimax. Rezultate smo grafično prikazali s programom Microsoft Office Excel 2003.

4 REZULTATI

4.1 RAZMERJE MED SPOLOMA

S primerjavo podatkov med ploskvami smo prišli do sledečih rezultatov (preglednica 13). Na večini ploskev so največji delež zastopali moški, nato ženske in najmanjši delež osebki z nedoločenim spolom. Izjemi sta bili ploskev IV, na kateri so prevladovali nedoločeni grmi, nato moški ter na koncu ženski, in ploskev V, na kateri so z največjim deležem nastopali moški nato nedoločeni in za njimi ženski osebki. Ugotovili smo, da je na vseh raziskovalnih ploskvah delež moških osebkov večji od deleža ženskih. V povprečju je moških rastlin skoraj dvakrat več (49,31 %) od ženskih (27,33 %), preostalim grmom (23,36 %) pa spola nismo mogli določiti. Največje razmerje med moškimi, ženskimi in nedoločenimi osebki je bilo na ploskvi VI (62,20 % : 24,39 % : 13,41 %) ter najmanjše na ploskvi IV (25,81 % : 22,58 % : 51,61 %). Odstotek moških je bil največji na ploskvi VI (62,20 %) in najmanjši na ploskvi IV (25,81 %). Odstotek ženskih osebkov je bil največji na ploskvi III (33,33 %) in najmanjši na ploskvi IV (22,58 %).

Medsebojna primerjava podatkov po višinskih pasovih je pokazala podobne rezultate (preglednica 13). V vseh višinskih pasovih je delež moških večji od deleža ženskih grmov. Moških osebkov je bilo v povprečju dvakrat več od ženskih. Razmerje med moškimi, ženskimi in nedoločenimi osebki je bilo nekoliko manjše le v pasu od 701 m in 900 m n.m. (41,40 % : 27,96 % : 30,64 %).

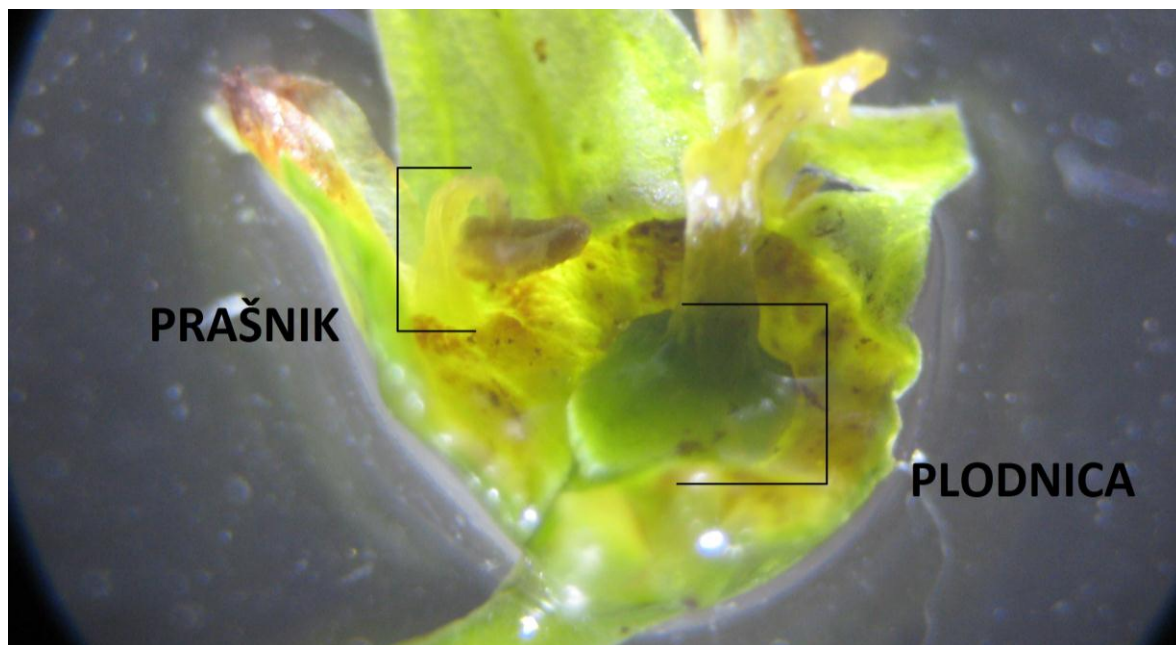
Preglednica 10: Število osebkov ter njihovi deleži po ploskvah in višinskih pasovih

Višinski pas	Ploskev	Moški	Ženski	Nedoločeni	Skupaj
		Število osebkov			
		Delež osebkov (%)			
Do 700 m n.m.	I	45	23	16	84
		53,57	27,38	19,05	100
	II	44	25	12	81
		54,32	30,86	14,82	100
	Povprečje Povprečje (%)	44,5	24	14	
		53,95	29,12	16,93	100
Od 701 m do 900 m n.m.	III	53	31	9	93
		56,99	33,33	9,68	100
	IV	24	21	48	93
		25,81	22,58	51,61	100
	Povprečje Povprečje (%)	38,5	26	28,5	
		41,40	27,96	30,64	100
Nad 900 m n.m.	V	49	29	36	114
		42,98	25,44	31,58	100
	VI	51	20	11	82
		62,20	24,39	13,41	100
	Povprečje Povprečje (%)	50	24,5	23,5	
		52,59	24,91	22,50	100
Skupno povprečje		44,33	24,83	22,00	
Skupno povprečje (%)		49,31	27,33	23,36	100

Pri popisu populacij na terenu smo odkrili moški osebek, na katerem je bilo nekaj dvospolnih cvetov. Vrsto bi zato lahko označili kot subdiecično. Dvospolni cvetovi vrste kranjske kozje češnje so prikazani na sliki 10. Vzorec dvospolnega cveta, ki je bil pridobljen na terenu, je povečan prikazan na sliki 11.



Slika 10: Dvospolne in moške cvetove na eni rastlini je fotografirala tudi Alenka Mihorič



Slika 11: Prerez dvospolnega cveta, nabranega na terenu (fotografija: Jan Čugalj)

4.2 DESKRIPTIVNA STATISTIKA

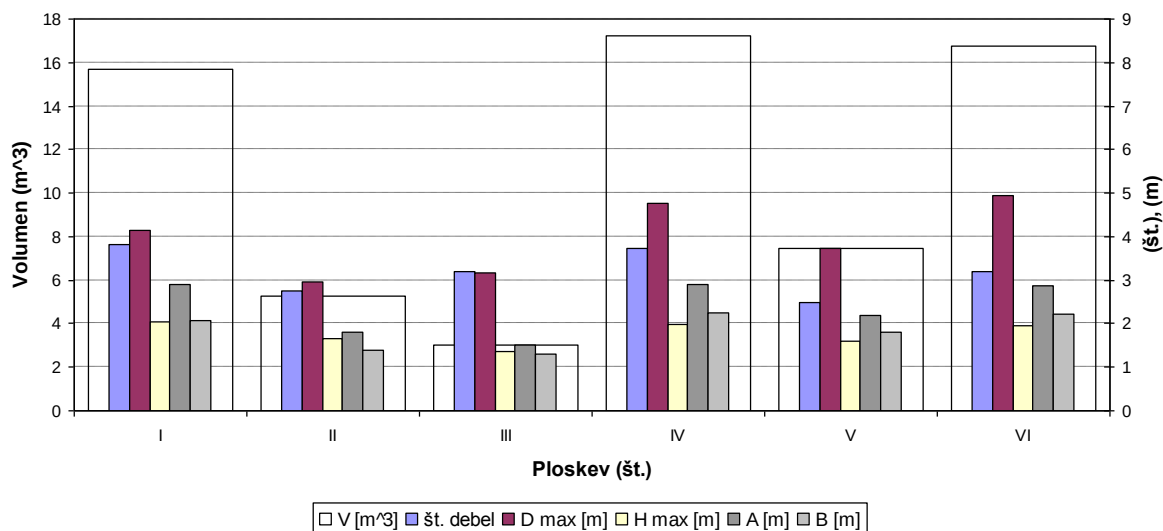
4.2.1 Variabilnost znakov, merjenih na grmih ter njihova primerjava med ploskvami in višinskimi pasovi

Vzporedno z nabiranjem listov smo na izbranih grmih merili znake, predstavljene v preglednici 8. Te podatke smo zbirali z namenom, da bi ugotovili morebitne razlike med ploskvami ali višinskimi pasovi, razlike med spoloma in odstopanja glede na celotno populacijo. Rezultati so prikazani v preglednici 11.

Skupna variabilnost vseh proučevanih znakov je bila relativno velika. Koeficient variacije (KV) se je glede na vse znake gibal med 21,72 % in 147,05 %. Najmanjšo variabilnost smo odkrili pri maksimalni višini (H_{MAX}), pri kateri je KV variiral v intervalu od 21,72 % do 40,40 % in največjo variabilnost pri volumnu grmov (V) z intervalom KV med 70,29 % in 147,05 %.

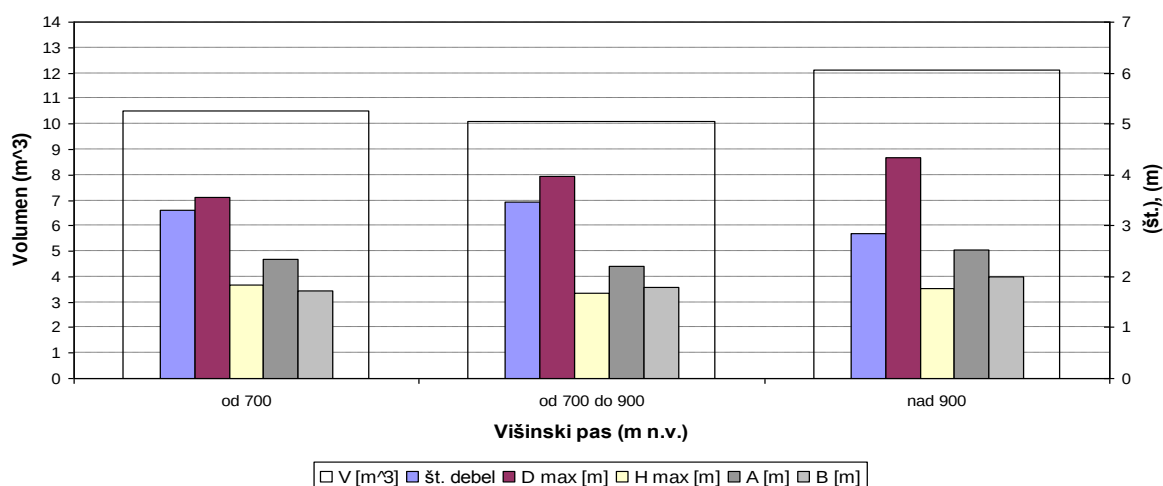
Za primerjavo variabilnosti znakov med ploskvami smo izračunali vsoto KV vseh znakov po ploskvah. Največjo skupno variabilnost smo ugotovili na ploskvi IV ($\sum KV = 360,41$ %) in najmanjšo na ploskvi III ($\sum KV = 242,83$ %). Razlike v variabilnosti med ploskvami so relativno majhne. Močnejše izstopata le ploskev III in ploskev IV. Podobno smo ugotovili ob primerjavi variabilnosti med višinskimi pasovi. Največja skupna variabilnost je bila v višinskem pasu do 700 m n.m. ($\sum KV = 333,13$ %). Odstopanja v skupnem KV med višinskimi pasovi so bila relativno majhna.

Primerjava povprečnih vrednosti znakov grmov za celotne ploskve je prikazana na sliki 12. Največjo razliko opazimo pri povprečnem volumnu grmov (V), ki ima najmanjšo vrednost na ploskvi III (2,99 m³) in največjo vrednost na ploskvi IV (17,22 m³).



Slika 12: Prikaz povprečnih vrednosti znakov po posameznih ploskvah

Primerjavo povprečnih vrednosti vseh znakov za višinske pasove smo prikazali na sliki 13. Ugotovili smo, da se povprečna debelina najdebelejših debel (D_{MAX}) med višinskimi pasovi z nadmorsko višino večja. Odstopanja pri tem znaku so med ploskvami relativno velika, zato je rezultat lahko naključne narave. Največji volumen (V) so imeli grmi v zgornjem višinskem pasu, vendar je od upoštevanju izredne variabilnosti tega znaka razlika verjetno slučajna. Odstopanja ostalih znakov so med višinskimi pasovi relativno majhna.



Slika 13: Prikaz vrednosti znakov po višinskih pasovih

Preglednica 11: Povprečne vrednosti znakov po ploskvah in višinskih pasovih (grmi)

Višinski pas	Ploskev (št.)	Št. debel (št.)	D _{MAX} (cm)	H _{MAX} (m)	A (m)	B (m)	V (m³)	
Do 700 m n.m.	I	Povprečje	3,83	4,15	2,03	2,89	2,06	15,70
		Standardni odklon	2,70	1,84	0,60	1,12	0,86	17,23
		Koeficient variacije (%)	70,56	44,43	29,73	38,59	41,70	109,70
	II	Povprečje	2,77	2,95	1,65	1,80	1,40	5,28
		Standardni odklon	1,77	1,35	0,57	0,79	0,61	5,27
		Koeficient variacije (%)	64,16	45,69	34,78	43,75	43,51	99,66
		Povprečje	3,30	3,55	1,84	2,35	1,73	10,49
		Standardni odklon	2,24	1,60	0,59	0,95	0,73	11,25
		Koeficient variacije (%)	67,36	45,06	32,25	41,17	42,61	104,68
Od 701 m do 900 m n.m.	III	Povprečje	3,20	3,17	1,36	1,51	1,30	2,99
		Standardni odklon	1,92	1,21	0,31	0,36	0,36	2,10
		Koeficient variacije	59,97	38,08	22,65	23,84	27,99	70,29
	IV	Povprečje	3,73	4,77	1,97	2,89	2,26	17,22
		Standardni odklon	2,03	2,16	0,73	1,12	0,85	25,32
		Koeficient variacije (%)	54,46	45,33	37,17	38,80	37,61	147,05
		Povprečje	3,47	3,97	1,67	2,20	1,78	10,10
		Standardni odklon	1,98	1,68	0,52	0,74	0,61	13,71
		Koeficient variacije (%)	57,21	41,70	29,91	31,32	32,80	108,67
Nad 900 m n.m.	V	Povprečje	2,50	3,73	1,61	2,18	1,81	7,49
		Standardni odklon	1,17	1,95	0,35	0,62	0,58	5,71
		Koeficient variacije (%)	46,68	52,14	21,72	28,26	31,88	76,20
	VI	Povprečje	3,20	4,93	1,94	2,87	2,21	16,74
		Standardni odklon	2,01	2,65	0,78	1,02	1,05	19,64
		Koeficient variacije (%)	62,72	53,74	40,40	35,74	47,68	117,33
		Povprečje	2,85	4,33	1,78	2,52	2,01	12,12
		Standardni odklon	1,59	2,30	0,57	0,82	0,81	12,67
		Koeficient variacije (%)	54,70	52,94	31,06	32,00	39,78	96,77
Skupno povprečje		3,21	3,95	1,76	2,36	1,84	10,90	
Skupno standardni odklon		1,93	1,86	0,56	0,84	0,72	12,54	
Skupno koeficient variacije (%)		59,76	46,57	31,07	34,83	38,39	103,37	

4.2.2 Variabilnost znakov, merjenih na listih ter njihova primerjava med ploskvami in višinskimi pasovi

Variabilnost znakov, ki smo jih merili na listih, je bila precej manjša od znakov, ki smo jih merili na grmih. Vse povprečne vrednosti znakov, standardni odkloni in koeficienti variacije so prikazani v preglednici 12. Najbolj variabilna znaka sta bila dolžina peclja (dpe: KV od 24,53 % do 32,86 %) in površina lista (Pl: KV od 22,55 % do 34,08 %). Znaka z najmanjšo variabilnostjo sta bila kot pri 25 % dolžine listne ploskve (Kl/25%: KV od 6,99 % do 9,70 %) ter razmerje med maksimalno širino in dolžino listne ploskve (Mšl/dlp: KV od 8,39 % do 11,43 %).

Za primerjavo variabilnosti znakov med ploskvami smo izračunali vsoto KV vseh znakov po ploskvah. Največjo skupno variabilnost smo ugotovili na ploskvi III ($\sum KV = 216,73$ %) in najmanjšo na ploskvi I ($\sum KV = 166,94$ %). Razlike v variabilnosti med ploskvami so relativno majhne; pri tem močnejše izstopa le ploskev III.

Ob primerjavi variabilnosti znakov med višinskimi pasovi smo prišli do podobnih ugotovitev. Razlika v skupnem KV med najnižjim in najvišjim pasom je bila relativno majhna. Največja skupna variabilnost je bila v višinskem pasu od 701 m do 900 m n.m. ($\sum KV = 258,62$ %). Razlog za večje odstopanje je ploskev III, ki se je nahajala na bolj izpostavljeni legi (večja kamnitost tal, težja dostopnost vode, vpliv vetra). Zanimivo je, da je bila variabilnost znakov, merjenih na grmih, na tej ploskvi najmanjša, variabilnost znakov, merjenih na listih, pa največja.

S primerjavo znakov, ki smo jih merili na listih, smo odkrili predvsem manjša naključna odstopanja med ploskvami in višinskimi pasovi. Manjše povprečne vrednosti zavzemajo le podatki s ploskve III in posledično tudi vrednosti v višinskem pasu od 701 m do 900 m n.m.. Ta razlika je najbolj opazna pri znakih Pl, Ol, dlp, Šl/80% in Šl/90%. Rezultati meritev listov so prikazani v preglednici 12.

Preglednica 12: Povprečne vrednosti znakov po ploskvah in višinskih pasovih (listi)

Višinski pas	Ploskev (št.)		PI (cm³)	OI (cm)	KO	dlp (cm)	Mšl (cm)	Mšl/dlp	Mmšl (%)	Šl/80% (cm)	Šl/90% (cm)	Kl/10% (°)	Kl/25% (°)	dpe (cm)
Do 700 m n.m.	I	Povprečje	49,42	30,33	0,67	11,19	6,19	0,56	47,52	4,08	2,30	53,68	41,69	1,82
		Standardni odklon	11,24	3,77	0,05	1,47	0,72	0,05	4,43	0,59	0,50	5,62	3,02	0,50
		Koeficient variacije	22,75	12,43	7,58	13,12	11,60	8,85	9,33	14,52	21,61	10,47	7,24	27,46
	II	Povprečje	51,18	30,44	0,69	11,53	6,24	0,55	45,61	3,96	2,20	53,54	41,58	1,84
		Standardni odklon	13,95	4,45	0,06	1,78	0,82	0,05	4,61	0,61	0,49	6,17	3,64	0,53
		Koeficient variacije	27,25	14,60	9,14	15,42	13,19	9,54	10,11	15,37	22,53	11,52	8,74	28,95
		Povprečje	50,28	30,38	0,68	11,36	6,22	0,55	46,58	4,02	2,25	53,61	41,64	1,83
		Standardni odklon	12,67	4,11	0,06	1,64	0,77	0,05	4,62	0,60	0,50	5,89	3,33	0,52
		Koeficient variacije	25,19	13,54	8,50	14,40	12,41	9,23	9,91	15,00	22,15	10,99	8,01	28,18
Od 701 m do 900 m n.m.	III	Povprečje	25,06	20,96	0,70	7,93	4,37	0,56	47,10	2,83	1,54	54,49	41,85	1,51
		Standardni odklon	8,54	3,62	0,06	1,46	0,72	0,06	5,03	0,54	0,42	5,72	4,02	0,50
		Koeficient variacije	34,08	17,26	9,13	18,37	16,52	11,43	10,68	19,20	27,14	10,49	9,60	32,86
	IV	Povprečje	52,47	31,04	0,68	11,55	6,32	0,55	46,23	4,05	2,24	55,77	42,06	1,95
		Standardni odklon	12,63	4,11	0,07	1,57	0,83	0,06	4,65	0,71	0,61	5,57	3,58	0,55
		Koeficient variacije	24,08	13,26	9,95	13,60	13,13	10,57	10,05	17,42	27,38	9,99	8,51	28,45
		Povprečje	38,34	25,85	0,69	9,68	5,31	0,55	46,52	3,42	1,88	55,22	41,98	1,73
		Standardni odklon	17,33	6,33	0,07	2,35	1,24	0,06	4,86	0,87	0,62	5,62	3,76	0,56
		Koeficient variacije	45,20	24,49	9,57	24,31	23,42	10,93	10,46	25,56	33,08	10,18	8,95	32,47
Nad 900 m n.m.	V	Povprečje	48,69	29,77	0,69	10,75	6,19	0,58	45,58	4,07	2,36	58,09	44,18	1,90
		Standardni odklon	10,98	3,61	0,07	1,39	0,74	0,05	5,06	0,62	0,54	5,55	3,09	0,58
		Koeficient variacije	22,55	12,14	10,18	12,90	11,97	8,39	11,10	15,14	22,67	9,56	6,99	30,61
	VI	Povprečje	46,91	30,51	0,63	11,20	5,89	0,53	47,82	3,86	2,18	52,40	40,17	1,73
		Standardni odklon	11,18	4,00	0,07	1,57	0,78	0,05	4,62	0,54	0,42	6,57	3,90	0,42
		Koeficient variacije	23,83	13,12	10,69	14,05	13,24	9,50	9,66	14,03	19,12	12,53	9,70	24,53
		Povprečje	48,01	30,17	0,66	11,00	6,06	0,55	46,71	3,97	2,28	55,20	42,17	1,82
		Standardni odklon	11,14	3,79	0,07	1,49	0,78	0,06	4,97	0,59	0,49	6,70	4,02	0,53
		Koeficient variacije	23,20	12,57	11,28	13,57	12,87	9,93	10,63	14,75	21,31	12,14	9,54	28,86
	Skupno povprečje	45,50	28,80	0,68	10,67	5,86	0,55	46,6	3,80	2,13	54,69	41,93	1,79	
	Skupno standardni odklon	14,89	5,31	0,07	2,00	1,04	0,06	4,82	0,75	0,57	6,14	3,72	0,54	
	Skupno koeficient variacije	32,73	18,40	10,02	18,74	17,69	10,06	10,34	19,79	26,64	11,22	8,88	29,91	

4.2.3 Primerjava znakov med spoloma, merjenih na grmih

Pri analizi znakov smo odkrili nekaj razlik med spoloma, ki jih bomo opisali v tem in naslednjem poglavju. Razlike so v večini primerov majhne in slabo izrazite.

Obravnavane vrednosti znakov, merjenih na grmih, so prikazane v preglednici 16. Variabilnost volumnov (V) in višin (H_{MAX}) med spoloma je po ploskvah relativno velika. Najmanjše vrednosti smo zasledili na ploskvi III. Volumen (V) in višina (H_{MAX}) se med moškimi in ženskimi osebki tu najmanj razlikujeta. S primerjavo števila debel smo za večino ploskev ugotovili nekoliko večje vrednosti pri moških kot pri ženskih grmih. Povprečno večje število debel pri moških smo odkrili tudi za višinske pasove, vendar se ta razlika med spoloma z nadmorsko višino manjša. Pri debelinah najdebelejših debel (D_{MAX}) med spoloma nismo odkrili povezav med ploskvami. Do večjih odstopanj med spoloma je pri tem znaku prišlo le na ploskvi V in VI, za katera domnevamo, da so naključne.

V višinskem pasu do 700 m sta povprečen volumen (V) in maksimalna višina (H_{MAX}) pri ženskih osebkih večja kot pri moških. Za druga dva višinska pasova velja ravno obratno; oba opazovana znaka sta večja pri moških osebkih. To lahko pomeni, da so ženski grmi v najnižjem višinskem pasu v povprečju vitalnejši od moških. V najnižjem pasu (do 700 m) je bila povprečna debelina najdebelejših debel (D_{MAX}) pri ženskih grmih večja kot pri moških. V ostalih dveh pasovih pa so največjo debelino dosegali grmi moškega spola. Povprečna debelina najširših debel (D_{MAX}) pri moških osebkih nekoliko naraste z nadmorsko višino, pri ženskih osebkih pa se skoraj ne spreminja. Pri večini ploskev in v vseh višinskih pasovih imajo moški grmi v povprečju večje število debel od ženskih, vendar se ta razlika med spoloma z nadmorsko višino zmanjša.

Preglednica 13: Povprečne vrednosti znakov glede na spol po ploskvah in višinskih pasovih (grmi)

Višinski pas	Ploskev	Spol	Št. debel (št.)	D _{MAX} (cm)	H _{MAX} (m)	A (m)	B (m)	V (m ³)
Do 700 m n.m.	I	M	4,20	3,77	2,00	2,74	2,01	13,52
		Ž	3,47	4,53	2,06	3,05	2,11	17,89
	II	M	2,80	2,50	1,43	1,63	1,21	3,77
		Ž	2,73	3,40	1,87	1,97	1,59	6,80
		M	3,50	3,13	1,71	2,19	1,61	8,64
		Ž	3,10	3,97	1,96	2,51	1,85	12,35
Od 701 m do 900 m n.m.	III	M	3,20	3,33	1,39	1,50	1,35	3,18
		Ž	3,20	3,00	1,33	1,52	1,25	2,81
	IV	M	4,00	4,80	2,13	2,99	2,28	21,59
		Ž	3,47	4,73	1,81	2,79	2,24	12,84
		M	3,60	4,07	1,76	2,24	1,81	12,39
		Ž	3,33	3,87	1,57	2,15	1,75	7,82
Nad 900 m n.m.	V	M	2,47	2,67	1,43	1,95	1,51	4,82
		Ž	2,53	4,80	1,79	2,41	2,10	10,16
	VI	M	3,27	6,27	2,29	3,21	2,54	24,00
		Ž	3,13	3,60	1,59	2,53	1,87	9,48
		M	2,87	4,47	1,86	2,58	2,03	14,41
		Ž	2,83	4,20	1,69	2,47	1,99	9,82
	Skupno	M	3,32	3,89	1,78	2,34	1,82	11,81
		Ž	3,09	4,01	1,74	2,38	1,86	10,00

4.2.4 Primerjava znakov med spoloma, merjenih na listih

Rezultate meritev listov smo zbrali v preglednici 17. Ugotovili smo, da so v večini primerov vrednosti znakov pri moških osebkih nekoliko večje kot pri ženskih osebkih. Pri znakih, ki neposredno izražajo dimenzijo listov (Pl, Ol, dlp, Mšl, dpe, Šl/80% in Šl/90 %), so na vseh ploskvah vrednosti moških grmov večje od ženskih, razen na ploskvi VI, pri kateri velja ravno obratno. Pri ostalih znakih (Mmšl, KO, Mšl/dlp, Kl/10% ter Kl/25%) so vrednosti večje enkrat pri moških, drugič pri ženskih osebkih. Do enakih ugotovitev smo prišli tudi pri primerjavi višinskih pasov. V večini primerov so večje vrednosti dosegali znaki pri moških osebkih. Do odstopanj je prišlo le pri Kl/10%, Kl/25% in dolžini peclja (dpe). Pri koeficientu oblike (KO) in razmerju med širino in dolžino lista (Mšl/dlp) so vrednosti moških večje ali enake vrednostim ženskih rastlin.

Preglednica 14: Povprečne vrednosti znakov glede na spol po ploskvah in višinskih pasovih (listi)

Višinski pas	Ploskev	Spol	Pl (cm³)	OI (cm)	KO	dlp (cm)	Mšl (cm)	Mšl/dlp	Mmšl (%)	Šl/80% (cm)	Šl/90% (cm)	Kl/10% (°)	Kl/25% (°)	dpe (cm)		
Do 700 m n.m.	I	M	Povprečje	50,87	30,74	0,67	11,32	6,31	0,56	47,39	4,12	2,29	53,67	42,12	1,84	
			KV	22,19	12,15	7,27	12,56	11,12	8,30	9,56	13,91	19,73	11,01	7,04	27,39	
		Ž	Povprečje	47,91	29,90	0,67	11,06	6,06	0,55	47,66	4,04	2,31	53,69	41,24	1,80	
			KV	23,04	12,62	7,91	13,64	11,79	9,36	9,11	15,14	23,46	9,92	7,32	27,59	
	II	M	Povprečje	53,22	30,99	0,69	11,84	6,33	0,54	45,88	4,01	2,20	52,68	41,00	1,89	
			KV	29,56	16,16	9,49	16,62	14,17	9,34	10,28	15,81	22,22	10,72	8,74	30,92	
		Ž	Povprečje	49,17	29,90	0,69	11,22	6,16	0,55	45,34	3,91	2,19	54,38	42,15	1,79	
			KV	23,70	12,56	8,81	13,49	11,99	9,60	9,94	14,85	22,92	12,05	8,56	26,42	
	Skupno povprečje			M	52,01	30,86	0,68	11,58	6,32	0,55	46,66	4,07	2,25	53,19	41,58	1,86
	Skupno KV				26,25	14,23	8,53	14,91	12,68	9,01	10,02	14,87	20,99	10,89	7,99	29,18
	Skupno povprečje			Ž	48,54	29,90	0,68	11,14	6,11	0,55	46,50	3,98	2,25	54,03	41,70	1,79
	Skupno KV				23,37	12,57	8,47	13,56	11,89	9,47	9,82	15,06	23,30	11,05	8,04	26,97
Od 701 m do 900 m n.m.	III	M	Povprečje	26,59	21,42	0,72	7,99	4,58	0,58	46,59	2,95	1,61	56,21	43,37	1,64	
			KV	33,06	17,25	8,73	18,13	15,88	10,52	11,39	19,85	28,97	9,53	8,81	31,41	
		Ž	Povprečje	23,59	20,52	0,69	7,86	4,15	0,53	47,09	2,69	1,48	53,20	40,52	1,40	
			KV	34,34	17,10	8,95	18,66	15,98	10,52	10,09	17,09	22,93	10,52	8,82	30,64	
	IV	M	Povprečje	54,02	31,24	0,69	11,60	6,41	0,55	46,47	4,18	2,36	56,69	42,41	2,00	
			KV	25,66	13,80	9,39	14,20	14,23	10,11	10,25	18,43	26,49	9,29	7,88	27,21	
		Ž	Povprečje	50,40	30,70	0,67	11,46	6,19	0,54	45,89	3,89	2,10	54,86	41,66	1,89	
			KV	21,97	12,78	10,24	13,01	11,94	10,91	9,98	15,41	27,04	10,29	8,93	29,35	
	Skupno povprečje			M	40,14	26,27	0,70	9,77	5,48	0,57	46,53	3,56	1,98	56,44	42,90	1,82
	Skupno KV				44,72	24,14	9,24	24,34	22,40	10,54	10,82	25,84	33,69	9,41	8,44	30,73
	Skupno povprečje			Ž	36,53	25,43	0,68	9,59	5,14	0,54	46,51	3,27	1,78	54,00	41,07	1,64
	Skupno KV				45,22	24,78	9,67	24,29	24,06	10,73	10,10	24,42	31,27	10,50	8,96	33,61
Nad 900 m n.m.	V	M	Povprečje	51,23	30,46	0,69	10,94	6,41	0,59	46,40	4,30	2,55	57,81	44,36	1,93	
			KV	20,18	11,23	10,74	12,00	10,45	7,72	11,59	12,90	19,83	10,57	6,50	29,55	
		Ž	Povprečje	46,79	29,21	0,68	10,62	6,03	0,57	44,90	3,88	2,20	58,32	43,99	1,90	
			KV	23,91	12,47	9,48	13,57	12,76	8,74	10,36	15,49	22,84	8,42	7,44	32,97	
	VI	M	Povprečje	45,80	30,18	0,63	11,11	5,82	0,53	48,15	3,84	2,17	51,86	39,95	1,66	
			KV	21,57	11,90	9,39	12,97	11,97	9,18	9,89	12,70	18,74	10,13	7,94	22,67	
		Ž	Povprečje	48,24	30,81	0,63	11,31	5,98	0,53	47,40	3,88	2,20	52,85	40,41	1,80	
			KV	25,58	13,95	12,07	14,83	14,28	9,49	9,47	14,93	19,06	14,43	10,97	25,22	
	Skupno povprečje			M	48,50	30,32	0,66	11,03	6,11	0,56	47,27	4,07	2,36	54,83	42,14	1,79
	Skupno KV				21,55	11,56	11,20	12,51	12,16	10,07	10,88	13,97	21,04	11,71	8,89	27,91
	Skupno povprečje			Ž	47,52	30,02	0,66	10,97	6,00	0,55	46,15	3,88	2,20	55,57	42,20	1,85
	Skupno KV				24,79	13,52	11,37	14,59	13,51	9,77	10,25	15,19	20,98	12,53	10,15	29,67
Skupno povprečje			M	46,85	29,14	0,68	10,79	5,97	0,56	46,82	3,90	2,19	54,83	42,21	1,82	
Skupno KV				32,40	18,20	10,00	18,72	16,98	9,99	10,60	19,36	26,18	10,94	8,54	29,32	
Skupno povprečje			Ž	44,15	28,44	0,67	10,56	5,75	0,55	46,39	3,71	2,07	54,54	41,65	1,76	
Skupno KV				32,80	18,63	10,00	18,71	18,22	10,05	10,05	19,93	26,83	11,49	9,17	30,45	

4.3 HIERARHIČNI (GNEZDASTI) POSKUS

Hierarhični poskus smo izvedli z namenom, da bi prikazali, kolikšen vpliv imajo posamezni dejavniki proučevanja (pas, ploskev, spol, grm) na variabilnost znakov na listih.

S pomočjo F-testa smo potrdili, kateri dejavniki značilno vplivajo na skupno variabilnost grmov in listov. Pri znakih, merjenih na grmih, smo odkrili značilen vpliv na variabilnost le pri dejavniku ploskev za znake D_{MAX} , H_{MAX} , A, B in V (preglednica 15).

Pri znakih, merjenih na listih, smo odkrili več značilnih vplivov (preglednica 16). Na variabilnost ploskev in grmov so značilno vplivali vsi izmerjeni znaki. Na variabilnost med spoloma pa so značilno vplivali le znaki Mšl, Šl/80% in Šl/90%. Noben od merjenih znakov ni značilno vplival na variabilnost višinskih pasov.

Pri znakih, merjenih na listih (preglednica 17), se je prispevek pasov k skupni variabilnosti gibal med 0,01 % (Mmšl) in 13,27 % (Mšl). Prispevek ploskev k variabilnosti listov je bil nekoliko večji, gibal se je med 2,60 % (Mmšl) in 30,17 % (Mšl). Vpliv spola na variabilnost je bil najmanjši, gibal se je v intervalu od 0,13 % (Ol) do 1,13 % (Šl/80%). Prispevek grmov k skupni variabilnosti je bil med 17,93 % (Ol) in 41,18 % (Mšl/dlp). Velik del variabilnosti je ostal nepojasnen (variabilnost znotraj grma); vrednosti so se gibale med 32,98 % (Mšl) in 75,64 % (Mmšl).

Pri znakih, merjenih na grmih (preglednica 17), se je prispevek pasov k skupni variabilnosti gibal med 0,29 % (V) in 2,48 % (D_{MAX}). Vpliv ploskev na variabilnost grmov je bil med 3,94 % (Št. debel) in 27,77 % (A). Vpliv spola na variabilnost je bil tudi tokrat najmanjši, gibal se je v intervalu od 0,04 % (A) do 0,34 % (Št. debel). Zopet je ostal nepojasnen velik del variabilnosti (variabilnost med grmi), kjer so se vrednosti gibale med 70,52 % (B) in 94,04 % (Št. debel).

Preglednica 15: F- vrednosti hierarhičnega poskusa za zanke grmov vrste *R. fallax* ($P > 0,05$... n.s.; $0,05 > P > 0,01$... *; $0,01 > P > 0,001$... **; $0,001 > P$... *)**

Vir Variance	Št. debel	D _{MAX}	H _{MAX}	A	B	V
Pas	0,64 n.s.	0,34 n.s.	0,14 n.s.	0,09 n.s.	0,17 n.s.	0,03 n.s.
Ploskev	2,42 n.s.	7,33 ***	9,14 ***	22,71 ***	13,39 ***	8,55 ***
Spol	0,62 n.s.	0,18 n.s.	0,15 n.s.	0,09 n.s.	0,16 n.s.	0,64 n.s.

Preglednica 16: F- vrednosti hierarhičnega poskusa za zanke listov vrste *R. fallax* ($P > 0,05$... n.s.; $0,05 > P > 0,01$... *; $0,01 > P > 0,001$... **; $0,001 > P$... *)**

Vir Variance	Pl (cm ³)	Ol (cm)	KO	dlp (cm)	Mšl (cm)	Mšl/dlp	Mmšl (%)	Šl/80 % (cm)	Šl/90 % (cm)	Kl/10 % (°)	Kl/25 % (°)	dpe (cm)
Pas	0,57 n.s.	0,71 n.s.	0,67 n.s.	0,61 n.s.	0,66 n.s.	0,01 n.s.	0,00 n.s.	0,86 n.s.	1,21 n.s.	0,35 n.s.	0,08 n.s.	0,16 n.s.
Ploskev	83,92 ***	91,58 ***	15,41 ***	94,86 ***	84,92 ***	9,95 ***	7,61 ***	52,50 ***	26,07 ***	13,11 ***	13,44 ***	19,58 ***
Spol	3,78 n.s.	1,36 n.s.	2,53 n.s.	1,26 n.s.	5,44 **	3,61 n.s.	2,68 n.s.	7,95 **	6,08 *	0,04 n.s.	1,83 n.s.	1,29 n.s.
Grm	4,44 ***	3,27 ***	3,58 ***	3,68 ***	5,59 ***	6,40 ***	2,28 ***	6,16 ***	5,42 ***	3,89 ***	5,68 ***	2,42 ***

Preglednica 17: Prispevek posameznih dejavnikov proučevanja k skupni variabilnosti znakov na grmih in listih vrste *R. fallax*

Znak	Prispevek faktorja k skupni variabilnosti listov				
	Pas (%)	Ploskev (%)	Spol (%)	Grm (%)	Znotraj grma (%)
Št. debel	1,68	3,94	0,34	94,04	/
D_{MAX}	2,48	10,99	0,09	86,44	/
H_{MAX}	1,29	13,50	0,07	85,13	/
A	1,66	27,77	0,04	70,52	/
B	2,10	18,43	0,07	79,39	/
V	0,29	12,83	0,32	86,55	/
Pl	10,76	28,20	0,42	21,57	39,05
Ol	12,12	25,80	0,13	17,93	44,02
KO	2,97	6,70	0,37	27,73	62,24
dlp	11,39	28,16	0,12	18,96	41,36
Mšl	13,27	30,17	0,64	22,93	32,98
Mšl/dlp	0,03	6,33	0,77	41,18	51,69
Mmšl	0,01	2,60	0,31	21,45	75,64
Šl/80 %	12,82	22,42	1,13	27,62	36,00
Šl/90 %	10,02	12,46	0,97	30,83	45,72
Kl/10 %	1,43	6,17	0,01	30,13	62,27
Kl/25 %	0,40	7,88	0,36	37,86	53,51
dpe	0,73	6,66	0,15	21,38	71,09

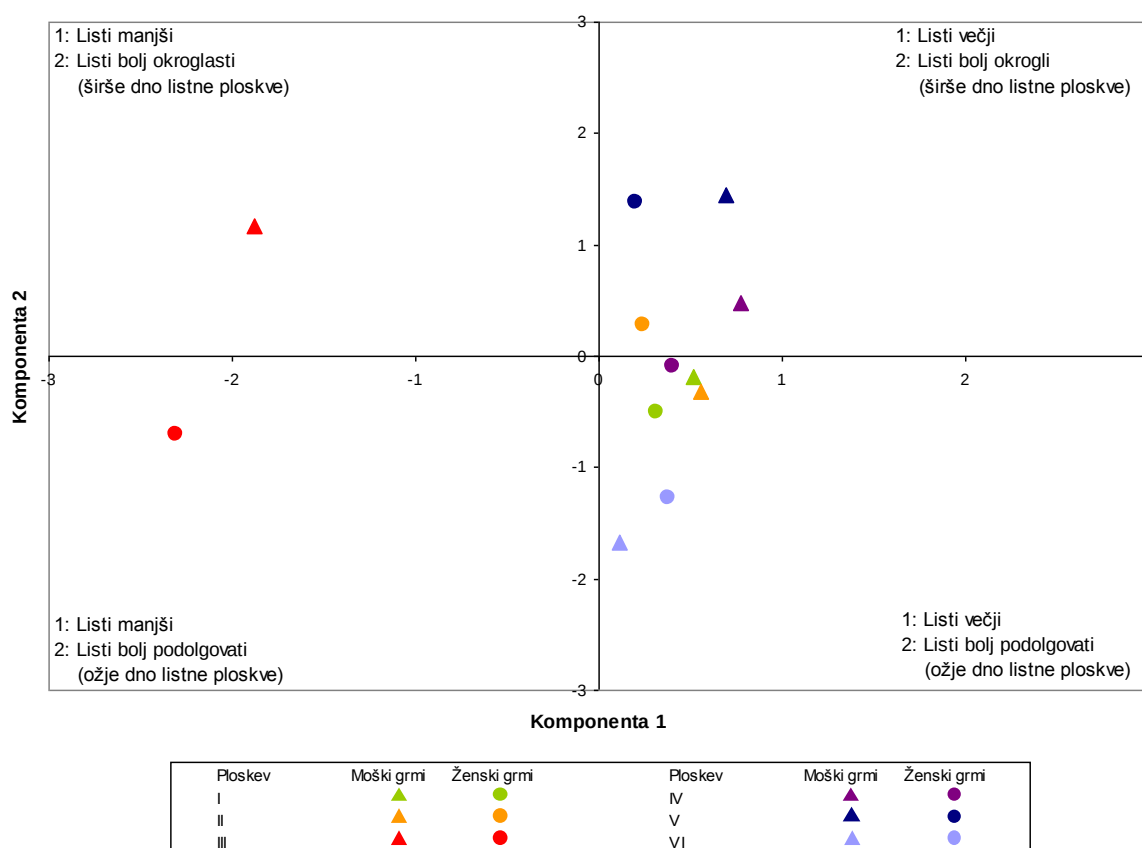
4.4 METODA GLAVNIH KOMPONENT

Z metodo glavnih komponent smo analizirali povprečne vrednosti znakov za moške in ženske osebke po posameznih ploskvah. Zajeli smo vseh 12 znakov, izmerjenih na listih. V analizi je bilo že s prvima dvema komponentama pojasnjenih 88,74 % variance, s prvo komponento 56,64 % in z drugo komponento 32,10 % (preglednica 18).

Znaki, ki so pri PCA analizi najbolj vplivali na prvo komponento, so Pl, Ol, dlp, Mšl, Šl/80%, Šl/90% in dpe ter predstavljajo velikost listov. Na drugo komponento so najbolj vplivali KO, Mšl/dlp, Mmšl, Kl/10% in Kl/25% ter predstavljajo obliko (podolgovatost) listov. Pri izračunu sta bili izvlečeni 2 komponenti, rotacija pa je konvergirala v treh iteracijah.

Preglednica 18: Vrednost in delež pojasnjene variance po posameznih komponentah pri analizi ploskev

	Lastna vrednost	Delež variance (%)	Kumulativno (%)
Komponenta 1	6,80	56,64	56,64
Komponenta 2	3,85	32,10	88,74



Slika 14: Razpršenost ploskev glede na prvo in drugo komponento

Povprečno največji listi se nahajajo na ploskvi IV, najmanjši pa na ploskvi III. Velikost listov je pri vseh ploskvah bolj ali manj podobna, pri tem izrazito izstopa le ploskev III, ki se je nahajala na bolj izpostavljeni legi (večja kamnitost tal, težja dostopnost vode, vpliv vetra). V povprečju so si po obliki listov zelo podobne ploskve I, II, III in IV. Od teh odstopata ploskev V, na kateri so listi bolj okrogle oblike in ploskev VI, na kateri so listi bolj podolgovati.

Ugotovili smo, da imajo moški grmi v primerjavi z ženskimi na vseh ploskvah večje liste razen na ploskvi VI. Listi moških grmov so bolj okroglasti od ženskih na ploskvah I, III in IV; obratno velja na ploskvah II in VI. Razlika v obliki listov med spoloma je na ploskvi V zelo majhna.

Največje razlike med spoloma v velikosti listov smo zasledili na ploskvi V. Največje razlike med spoloma v obliki listov pa na ploskvi III.

Preglednica 19: Rotirana matrika komponent in korelacija med znaki pri analizi ploskev

Znak	Komponenta 1	Komponenta 2
PI	0,994	-0,006
OI	0,991	-0,123
KO	-0,398	0,758
dlp	0,973	-0,174
Mšl	0,993	0,078
Mšl/dlp	0,033	0,893
Mmšl	-0,136	-0,688
Šl/80 %	0,987	0,076
Šl/90 %	0,955	0,115
Kl/10 %	0,088	0,931
Kl/25 %	0,098	0,974
dpe	0,882	0,394

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZMERJE MED SPOLOMA NA IZBRANIH PLOSKVAH

Za ugotovitev spolne strukture populacij smo v terenskem delu raziskave pregledali 547 grmov na šestih raziskovalnih ploskvah na območju Kamniško-Savinjskih Alp v okolici Kamniške Bistrice. Pri popisu smo poleg moških in ženskih osebkov beležili tudi tiste, ki jim spola ni bilo možno določiti (mladi grmi brez cvetov ali v času popisa že odcveteli grmi).

Ugotovili smo, da je delež moških osebkov na vseh ploskvah skoraj dvakrat večji od deleža ženskih. Povprečno relativno razmerje med spoloma za vse ploskve je bilo $M : \check{Z} : \text{Ned.} = 49,31 \% : 27,33 \% : 23,36 \%$. S tem rezultatom smo potrdili hipotezo H-I (razmerje med spoloma v populacijah ni enako; pričakujemo večji delež moških osebkov). Predpostavljamo, da je razlog za tako razmerje večji razmnoževalni vložek in stres ženskih rastlin. S tem povezana večja mortaliteta posledično privede do manjše številčnosti v populaciji. Do podobne ugotovitve, da v razmerju med spoloma prevladujejo moški osebki, so v svojih raziskavah prišli tudi Černigojeva (2011) ter Bañuelos in Obeso (2004) pri močno sorodni vrsti *Rhamnus alpinus*.

Na ploskvi IV je razmerje med spoloma najmanjše ($M : \check{Z} = 25,81 \% : 22,58 \%$), medtem ko je delež nedoločenih osebkov tu največji (51,61 %). Upoštevati moramo, da se lahko zaradi števila nedoločenih grmov realno razmerje med spoloma na ploskvah spremeni. Temu vplivu bi se izognili, če bi osebke in ploskve spremljali v daljšem časovnem obdobju ter s tem določili spol trenutno neopredeljenim grmom. S takšnimi podatki bi lahko natančneje proučili spolno strukturo na ploskvah in njeno povezavo z nadmorsko višino. Ploskev III se nahaja na bolj izpostavljeni legi (večja kamnitost tal, težja dostopnost vode, vpliv vetra), zato je zanimivo, da je tu relativen delež ženskih osebkov večji kot na ostalih ploskvah. Predpostavljamo, da na razmerje vplivajo rastiščne razmere. Običajno so potrebe po hranilih med spoloma različne, zato lahko na primer manjša dostopnost dušika vpliva na konkurenčnost moških rastlin (poglavje 2.2.2). S primerjavo spolne strukture med ploskvami in višinskimi pasovi nismo odkrili drugih razlik.

5.2 MORFOLOŠKA VARIABILNOST VRSTE NA IZBRANEM OBMOČJU

Izbor ploskev, grmov in nabiranje listov smo izvedli naključno, vendar v čim bolj enakih razmerah (predvsem svetlobnih). S tem smo izločili nekaj variabilnosti in dobili natančnejše rezultate.

Za določitev splošne variabilnosti vrste na raziskovanem območju smo pridobljene podatke primerjali s podatki v pregledani literaturi (poglavje 1.1), pri čemer nismo ugotovili večjih odstopanj. Povprečne dimenzije merjenih znakov (dlp: 10,67 cm; Mšl: 5,86 cm; dpe: 1,79 cm; H_{MAX}: 1,76 m; D_{MAX}: 3,95 cm; Št. debel: 3,21) so se skladale z navedenimi v literaturi. Pri enem grmu je višina presegala 4 m (H_{MAX}: 5 m). Pri treh grmih je debelina najdebelejšega debla presegala 10 cm (D_{MAX}: od 11 do 12 cm). Nekaj odstopanj se je pojavilo še pri dolžini pecljev (dpe), pri čemer so posamezne vrednosti rahlo presegale 3 cm. Nekoliko manjše vrednosti so dosegli znaki na ploskvi III, kar je verjetno posledica bolj izpostavljenosti lege (večja kamnitost tal, težja dostopnost vode, vpliv vetra). Rastiščnih dejavnikov na ploskvah nismo natančno merili, ocenili smo jih le na podlagi opazovanj.

Z izvedbo gnezdastega poskusa (poglavje 4.3) smo ugotovili prispevek posameznih dejavnikov proučevanja k skupni variabilnosti. Na variabilnost znakov, merjenih na grmih, najbolj vplivajo razlike med grmi (70,52 %–94,04 %). Na variabilnost znakov, merjenih na listih, pa najbolj vplivajo razlike znotraj samih grmov (32,98 %–75,64 %). Razlog za takšno raznolikost je lahko velika prilagodljivost vrste oziroma njen pionirski značaj. Hipotezo H-II (ne pričakujemo značilnih razlik v variabilnosti merjenih znakov na listih in grmih; morfološka odstopanja so relativno majhna) smo zavrnil, saj smo odkrili veliko variabilnost merjenih znakov med grmi in znotraj grmov. Tudi tokrat se naše ugotovitve skladajo z ugotovitvami Mance Černigoj (2011) z območja Javornikov.

5.3 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA VARIABILNOST

V raziskavi nas je zanimal vpliv okoljskih dejavnikov na kranjsko kozjo češnjo. Osredotočili smo se predvsem na povezanost merjenih znakov z nadmorsko višino. Z analizo nismo odkrili značilnih razlik med znaki in višinskimi pasovi, zato smo hipotezo H-III/a (vpliv nadmorske višine na velikost listov in grmov je značilen) zavrnil. Neznačilen vpliv nadmorske višine je v svojem delu prav tako potrdila tudi Černigoj (2011).

Opazna odstopanja so se pojavila le na ploskvi III, na kateri so bili grmi izpostavljeni ostrejšim razmeram (večja kamnitost tal, težja dostopnost vode, vpliv vetra). Večina znakov velikosti listov in grmov je tu dosegla manjše povprečne vrednosti (znaki listov: Pl, Ol, dlp Mšl; znaki grmov: H_{MAX}, A, B, V). Statistično smo testirali le vpliv nadmorske višine, zato sklepamo, da je na velikost znakov na ploskvi III vplivalo večje število dejavnikov. Hipotezo H-III/b (osebki v ostrejših okoljskih razmerah so po rasti manjši) smo potrdili na podlagi ugotovitev s ploskve III.

Z metodo glavnih komponent (poglavje 4.4) smo ugotovili povprečno razpršenost moških in ženskih grmov po ploskvah glede na velikost ter obliko listov. Prva komponenta predstavlja velikostni gradient listov, ki narašča od leve proti desni. Druga komponenta predstavlja oblikovni gradient, pri kateri manjše vrednosti predstavljajo bolj podolgovate ter večje vrednosti bolj okrogle liste. V analizi je bilo s prvima dvema komponentama pojasnjenih že 89 % variance; s prvo komponento 57 % in z drugo komponento 32 %. Velikost listov je bila med ploskvami relativno podobna, od tega povprečja je odstopala le ploskev III, na kateri so bili listi manjši. Primerjava oblike listov je pokazala veliko podobnost med ploskvami I, II in IV. Najbolj okrogli listi so bili na ploskvi V, najbolj podolgovati pa na ploskvi VI. Značilnih razlik med velikostjo ali obliko listov in nadmorsko višino s to metodo nismo odkrili.

5.4 SPOLNI DIMORFIZEM

V raziskavi smo odkrili le nekaj manjših razlik med spoloma, zato smo hipotezo H-IV (ne pričakujemo značilnih razlik med moškimi in ženskimi osebki v izmerjenih znakih na listih in grmih) potrdili. Černigojeva je v svojem diplomskem delu (2011) z nekaterimi manjšimi razlikami prišla do podobne ugotovitve.

S primerjavo vrednosti znakov, merjenih na grmih, smo odkrili, da imajo na večini ploskev moški osebki v povprečju večje število debel kot ženski (poglavje 4.2.3). Opazili smo, da se razlika v številu debel med spoloma z nadmorsko višino zmanjša. Pri ostalih znakih grmov med spoloma nismo odkrili značilnih razlik. Černigojeva (2011) je v svoji raziskavi pri ženskih osebkih odkrila večje število debel ter pri moških večje zgornje višine grmov (H_{MAX}) in debelejša debela (D_{MAX}). Majhne razlike med spoloma so se pojavile tudi pri znakih, merjenih na listih (poglavje 4.2.4). Ugotovili smo, da so povprečne vrednosti (na ploskvah in v pasovih) v večini primerov pri moških grmih nekoliko večje kot pri ženskih. Na ploskvi III je razlika v povprečnem volumnu (V) in višini (H_{MAX}) med moškimi in ženskimi osebki, v primerjavi z ostalimi ploskvami, zelo majhna. Predpostavljamo, da je majhna variabilnost teh znakov med spoloma posledica ostrejših razmer na tej ploskvi (večja kamnitost tal, težja dostopnost vode, vpliv vetra).

Na razlike med spoloma smo naleteli tudi pri metodi glavnih komponent (poglavje 4.4). Rezultati kažejo, da so listi moških grmov na ploskvah I, II, III, IV in V večji od ženskih. Večji listi so lahko posledica manjše porabe energije, potrebne za razmnoževanje. Za razliko od naše ugotovitve je Černigojeva (2011) v svojem delu odkrila, da imajo ženski osebki na območju Javornikov v povprečju nekoliko večje liste od moških.

V primerjavi z ostalimi ploskvami je bila posebnost ploskev VI, na kateri so imeli ženski grmi večje liste od moških. Razlika v številu med moškimi in ženskimi grmi je na ploskvi VI največja; prevladujejo moške rastline (poglavje 4.1). Na tej ploskvi prihaja do največjih razlik med spoloma tudi v zgornji višini (H_{MAX}), volumnu grmov (V) in debelini najdebelejših debel (D_{MAX}); večje vrednosti so pri moških osebkih (poglavje 4.2.3). Ti so na tej ploskvi v primerjavi z ženskimi veliko bolj konkurenčni kot drugod.

Predpostavljamo, da so na tej ploskvi večje dimenzije listov ženskih grmov posledica neizmerjenih okoljskih dejavnikov. Relativno večja površina listov lahko v zahtevnejših razmerah povečuje stres na rastline, kar negativno vpliva na njihovo vitalnost. Zato se zaradi večje mortalitete ženski osebki v populaciji pojavljajo v manjšem številu. Bañuelos in Obeso (2004) pri vrsti *Rhamnus alpinus* predpostavljata, da pomanjkanje vode poveča ceno razmnoževanja ter vpliva na manjšo rast branik in manjšo številčnost ženskih osebkov v primerjavi z moškimi.

Glede na obliko so listi moških grmov bolj okrogli od ženskih na ploskvah I, III in IV (razlika je na ploskvi V zelo majhna, vendar v prid moškim). Na ploskvah II in VI pa imajo bolj okrogle liste ženski grmi.

Ugotovili smo, da je razlika v obliki listov med spoloma največja na ploskvi III. Predpostavljamo, da je izrazitost teh razlik povezana z zahtevnejšimi razmerami na rastišču (večja kamnitost tal, težja dostopnost vode, vpliv vetra). Ženske rastline so zaradi cene razmnoževanja pogosto pod večjim stresom kot moške. Bolj podolgovati listi imajo manjše razmerje med površino in prostornino kot okrogli. To je lahko dodatna prilagoditev ženskih rastlin, ki zmanjšuje transpiracijo (npr. v sušnem ali vetrovnem okolju). Manjšo rast ženskih rastlin v primerjavi z moškimi je v sušnem okolju pri vrsti vrbe *Salix glauca* odkrila tudi Dudleyeva (2006).

6 POVZETEK

Kranjska kozja češnja (*Rhamnus fallax* Boiss.) se avtohtono razširja od Alp in vse do juga Balkanskega polotoka. Grmi te pionirske, dvodomne vrste so močno razvejani in ovalni. V Sloveniji v tem rodu najdemo še 4 vrste: čistilna kozja češnja (*R. catharticus* L.), razkrečena kozja češnja (*R. saxatilis* Jacq.), nizka kozja češnja (*R. pumilus* Turra) in primorska kozja češnja (*R. intermedius* Steud. et Hochst.). Vseh 5 vrst se lahko včasih med sabo križa.

Vrsto smo raziskovali na območju Kamiško-Savijskih Alp v okolici Kamniške Bistrice. Podatke in vzorce smo zbirali na šestih raziskovalnih ploskvah, razporejenih v 3 višinske pasove.

Delo na terenu smo izvedli v dveh sklopih. Prvi sklop je potekal v času cvetenja vrste. Na podlagi cvetov smo na vsaki ploskvi analizirali spolno strukturo populacije ter določili 15 moških in 15 ženskih osebkov. Tem 30 izbranim grmom smo določili koordinate in jih primerno označili. Na vseh ploskvah je bilo moških osebkov skoraj dvakrat več kot ženskih. Na označenih grmih smo merili število debel, premer najdebelejšega debla, zgornjo višino grma, največjo širino krošnje ter širino, ki je nanjo pravokotna. Drugi sklop terenskega dela smo izvedli kasneje, ko so bili listi na grmih dokončno razviti. Z vsakega označenega grma smo nabrali 9 listov, jih herbarizirali in nato digitalizirali. Liste smo analizirali s programsko opremo WinFolia. V morfometrijski analizi je bilo zajetih 180 grmov in 1620 listov. Vseh proučevanih znakov je bilo 18 od teh 6 merjenih na grmih in 12 merjenih na listih.

Zbrane podatke smo analizirali z deskriptivno statistiko, z izvedbo hierarhičnega (gnezdastega) poskusa ter z metodo glavnih komponent. V deskriptivni statistiki smo izračunali povprečne vrednosti, standardne odklone in koeficiente variacije merjenih znakov za ploskve, višinske pasove, spola in skupno za vse grme. S hierarhičnim poskusom smo proučili prispevek posameznih dejavnikov k skupni variabilnosti listov in grmov. Na variabilnost znakov, merjenih na listih, najbolj vplivajo odstopanja znotraj grmov, na variabilnost znakov, merjenih na grmih, pa imajo največji vpliv razlike med

grmi. Vpliv spola na variabilnost je bil značilen le pri znakih, ki se nanašajo na širino listov (Mšl, Šl/80 % in Šl/90 %). Vpliv višinskih pasov na variabilnost listov ni bil značilen. Razpršenost osebkov smo ugotovili z metodo glavnih komponent. Raztros ploskev glede na velikost ter obliko listov po višinskih pasovih ni pokazal značilnih vzorcev grupiranja. Glede na velikost listov od večine odstopa le ploskev III.

Večjega spolnega dimorfizma in morfoloških razlik v povezavi z nadmorsko višino nismo odkrili. Zasledili smo nekaj manjših razlik oziroma tendenc, ki bi jih lahko z nadaljnjim raziskovanjem podrobneje proučili. Več pozornosti bi lahko v prihodnjih raziskavah namenili tudi razlikam v času cvetenja med spoloma, razlikam v številčnosti cvetov na moških in ženskih rastlinah ter vplivu drugih okoljskih dejavnikov (npr. tip tal, temperaturna nihanja, povprečna temperatura, dostopnost vode).

7 VIRI

Andersson M. B. 1994. Sexual Selection. Princeton, Princeton University Press: 599 str.

Ashman T-L. 1994. Reproductive Allocation in Hermaphrodite and Female Plants of *Sidalcea oregana* ssp. *Spicata* (Malvaceae) Using Four Currencies. American Journal of Botany, 81, 4: 433–438

Batič F., Wraber T., Turk B. 2003. Pregled rastlinskega sistema s seznamom rastlin in navodili za pripravo študentskega herbarija. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za agronomijo: 160. str.

Batič F., Košmrlj-Levačič B., Martinčič A., Cimerman A., Turk B., Gogala N., Seliškar A., Šercelj A., Kosi G. 2011. Botanični terminološki slovar. Ljubljana, Založba ZRC, ZRC SAZU: 650. str.

Bañuelos M.-J., Obeso J.-R., 2004. Resource allocation in the dioecious shrub *Rhamnus alpinus*: the hidden costs of reproduction. Evolutionary Ecology Research, 6: 397–413

Bothamley J. 2002. Dictionary of Theories. Michigan, ZDA, Visible Ink: 637. str.

Bowker M. A., Stark L. R., McLetchie D. N., Mishler B. D. 2000. Sex expression, skewed sex ratios, and microhabitat distribution in the dioecious desert moss *Syntrichia caninervis* (Pottiaceae). American Journal of Botany, 87, 4: 517–526

Brickell C. 2008. A-Z Encyclopedia of garden plants. London, The Royal Horticultural Society, Dorling Kindersly Limited: 1128. str.

Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408. str.

Brus R. 2008. Sto grmovnih vrst na Slovenskem. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 215. 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 Research, 130, 4: 657–670

Brus R., Idžojtić M., Jarni K. 2014. Morphologic variation in northern marginal *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* populations in Istria. Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology (v tisku)

<http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2014.984790> (18. dec. 2014)

Cedro A., Iszkuło G. 2011. Do females differ from males of European Yew (*Taxus baccata* L.) in dendrochronological analysis?. Tree-Ring Research, 67, 1: 3–11

ClipArt ETC. 2014.

http://etc.usf.edu/clipart/63300/63334/63334_flower.htm (17. mar. 2014)

Charlesworth D. 2002. Plant sex determination and sex chromosomes. Heredity 88: 94–101

Černigoj M. 2011. Spolni dimorfizem kranjske kozje češnje (*Rhamnus fallax* Boiss.) na območju Javornikov. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 62. str.

Dakskobler I., Franz W. R., Rozman A. 2013. Phytosociology and ecology of *Rhamnus fallax* in the Southeastern Alps and in the northwestern part of the Dinaric Alps. Wulfenia, 20: 101–144

Dudley L. S. 2006. Ecological correlates of secondary sexual dimorphism in *Salix glauca* (Salicaceae). American Journal of Botany, 93, 12: 1775–1783

Gao L., Zhang C., Zhao X., Gadow K. V. 2010. Gender-related climate response of radial growth in dioecious *Fraxinus mandshurica* trees. *Tree-Ring Research*, 66, 2: 105–112

Geber M. A., Dawson T. E., Delph L.F. 1999. Gender and Sexual Dimorphism in Flowering Plants. Heidelberg, Springer-Verlag Berlin: 305. str.

Genovese S., Epifano F., Curini M., Kremer D., Carlucci G., Locatelli M. 2012. Screening for oxyprenylated anthraquinones in Mediterranean *Rhamnus* species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 43: 125–127

Guitiñ J. 1995. Sex ratio, reproductive investment and flowering phenology in dioecious *Rhamnus alaternus* (*Rhamnaceae*). *Nordic Journal of Botany*, 15, 2: 139–143

Hemborg Å. M., Bond W. J. 2005 Different rewards in female and male flowers can explain the evolution of sexual dimorphism in plants. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85, 1: 97–109

Hodgins K. A., Barrett S. C. H. 2008. Geographic variation in floral morphology and style-morph ratios in a sexually polymorphic daffodil. *American Journal of Botany*, 95, 2: 185–195

Global Invasive Species Database (GISD). 2015. *Rhamnus*. <http://www.issg.org/database/species/search.asp?sts=sss&st=sss&fr=1&x=0&y=0&sn=rhamnus&rn=&hci=-1&ei=-1&lang=EN> (26. mar. 2015)

Jagrič M. 2012. Spolni dimorfizem in razširjenost lovorolistnega volčina (*Daphne laureola* L.) na območju Bohorja: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 65. str.

Kaul M. L. H. 1988. Gynodioecy V: Male Sterility in Higher Plants (Monographs on Theoretical and Applied Genetics, Vol. 10). Frankel R., Grossman M., Linskens H. F., Maliga P., Riley R. (ur.). Berlin Heidelberg, Springer: 268–277

Klinkhamer P. G. L., De Jong T. J., Wesselingh R. A. 1990. Implications of differences between hermaphrodite and female flowers for attractiveness to pollinators and seed production. *Netherlands Journal of Zoology*, 41, 2–3: 130–143

Kohn J. R. 1989. Sex Ratio, Seed Production, Biomass Allocation, and the Cost of Male Function in *Cucurbita foetidissima* HBK (*Cucurbitaceae*). *Evolution*, 43, 7: 1424–1434

Kohorn L. U., 1995. Geographic variation in the occurrence and extent of sexual dimorphism in a dioecious shrub *Simmondsia chinensis*. *Oikos*, 74, 1: 137–145

Kosalec I., Kremer D., Locatelli M., Epifano F., Genovese S., Carlucci G., Randić M., Zovko Končić M. 2013. Anthraquinone profile, antioxidant and antimicrobial activity of bark extracts of *Rhamnus alaternus*, *R. fallax*, *R. intermedia* and *R. pumila*. *Food Chemistry*, 136, 2: 335–341

Lloyd D. G., Webb C. J. 1977. Secondary sex characters in plants. *The Botanical Review*, 43, 2: 177–216

Lloyd D. G. 1980a. The distributions of gender in four angiosperm species illustrating two evolutionary pathways to dioecy. *Evolution*, 34, 1: 123–134

Lloyd D. G. 1980b. Sexual strategies in plants III. A quantitative method for describing the gender of plants. *New Zealand Journal of Botany*, 18, 1: 103–108

Lloyd D. G., Webb C. J. 1986. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms I. Dichogamy. *New Zealand Journal of Botany*, 24, 1: 135–162

Maleš Ž., Kremer D., Randić Z., Randić M., Pilepić K., Bojić M. 2011. Quantitative analysis of glucofrangulins and phenolic compounds in Croatian *Rhamnus* and *Frangula* species. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 52, 2: 108–113

Mayer S. S., Charlesworth D. 1992. Genetic Evidence for Multiple Origins of Dioecy in the Hawaiian Shrub *Wikstroemia* (*Thymelaeaceae*). *Evolution*, 46, 1: 207–215

Mihorič A. 2008. Flora Kamniški vrh.

<http://kamniski-vrh.net/kli.html#rf> (2. jun. 2012)

Petauer T. 1993. Leksikon Rastlinskih Bogastev. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 684. str.

Perić R., Jakovljević K., Stojšić V., Vukojičić S. 2012. Pančić's specimens in the herbarium collection of Andreas Rafael Wolny. *Bulletin of the Natural History Museum*, 5: 37–71

Renner S. S., Ricklefs R. E. 1995. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany*, 82, 5: 596–606

Robinson G. S., Ackery P. R., Kitching I. J., Beccaloni G. W., Hernández L. M., 2010. HOSTS - A Database of the World's Lepidopteran Hostplants. Natural History Museum, London.

<http://www.nhm.ac.uk/hosts> (5. jan. 2015)

Rosić N., Momčilović I., Kovačević N., Grubišić D. 2006. Genetic transformation of *Rhamnus fallax* and hairy roots as a source of anthraquinones. *Biologia Plantarum*, 50, 4: 514–518

Sakai A. K., Wagner W. L., Ferguson D. M., Herbst D. R. 1995. Biogeographical and ecological correlates of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology*, 76, 8: 2530–2543

Šilić Č. 1973. Atlas drveća i grmlja. Sarajevo, Zavod za izdavanje udžbenika: 217. str.

Wang J., Zhang C., Zhao X., Gadow K. V. 2013. Limitations to reproductive success in the dioecious tree *Rhamnus davurica*. PLoS ONE, 8, 12: e81140.

doi:10.1371/journal.pone.0081140

Webb C. J. 1979. Breeding Systems and the Evolution of Dioecy in New Zealand Apioid *Umbelliferae*. Evolution, 33, 2: 662–672

Weller S. G., Sakai A. K., Wagner W. L., Herbst R. D. 1990. Evolution of Dioecy in *Schiedea* (*Caryophyllaceae: Alsinoideae*) in the Hawaiian Islands: Biogeographical and Ecological Factors. Systematic Botany, 15, 2: 266–276

Wolfe L. M., Shmida A. 1997. The ecology of sex expression in a gynodioecious Israeli desert shrub (*Ochradenus baccatus*). Ecology, 78: 101–110

ZAHVALA

Mentorju prof. dr. Robertu Brusu se zahvaljujem za usmerjanje, vodenje in vzpodbudo pri pisanju naloge, hitro odzivnost in pregled diplome ter za svetovanje in pomoč pri drugih študijskih zadevah.

Somentorju asist. dr. Kristjanu Jarniju se zahvaljujem za vso pomoč pri digitalizaciji listov, obdelavi in interpretaciji podatkov, hitro odzivnost in pregled diplome.

Prof. dr. Francu Batiču se zahvaljujem za recenzijo.

Zahvaljujem se tudi vodju KE Kamnik Mihu Zabretu in sodelavcem za informacije o nahajališčih kranjske kozje češnje.

Za lektoriranje diplome se zahvaljujem Tanji Lenart.

Martini se zahvaljujem za vso moralno podporo, tehnično pomoč in nasvete.

Boštjanu se zahvaljujem za pomoč in družbo na terenu.

Hvala staršem za vso pomoč in podporo pri študiju.

Hvala tudi vsem sorodnikom, prijateljem in ostalim, ki ste na kakršen koli način pripomogli k nastanku diplome in me vzpodbujali.

PRILOGE

Priloga A:

Popisni obrazec za prvo fazo terenskega dela

PODATKI O PLOSKVI

Ploskev št.: _____

Datum: _____

GPS koordinate:

X: _____

Y: _____

Nadmorska višina: _____

Združba: _____

Naklon: _____

Opombe:

Skalovitost: _____

Ekspozicija: _____

SPOLNA STRUKTURA POPULACIJE

Moški	Ženski	Nedoločen	Razmerje

IZBRANI OSEBKI

Št.:	Moški		Ženske	
	GPS koordinate		GPS koordinate	
	X	Y	X	Y
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Priloga B:

Popisni obrazec za drugo fazo terenskega dela

MERITVE IZBRANIH OSEBKOV

Ploskev št.: _____

Datum: _____

Št.:	Moški osebki				
	Št. debel	$D_{\max}$ [cm]	$H_{\max}$ [cm]	Širina [cm]	
				A	B
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Št.:	Ženski osebki				
	Št. debel	$D_{\max}$ [cm]	$H_{\max}$ [cm]	Širina [cm]	
				A	B
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

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

Jan ČUGALJ

**SPOLNI DIMORFIZEM KRANJSKE KOZJE ČEŠNJE (*Rhamnus fallax* Boiss.) NA
OBMOČJU KAMNIŠKO-SAVINJSKIH ALP**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**SEXUAL DIMORPHISM OF *Rhamnus fallax* Boiss. IN THE REGION OF
KAMNIK-SAVINJA ALPS**

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2015