

Varijabilnost populacija klečice (*Junaperus communis* var. *saxatilis* Pall.) u Hrvatskoj na temelju morfoloških karakteristika iglica

Faruolo, Francesca

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:594201>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ
URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA**

FRANCESCA FARUOLO

**VARIJABILNOST POPULACIJA KLEČICE (*Juniperus communis* var.
saxatilis Pall.) U HRVATSKOJ NA TEMELJU MORFOLOŠKIH
KARAKTERISTIKA IGLICA**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2024.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku
Predmet:	Dendrologija
Mentor:	Izv. prof. dr. sc. Igor Poljak
Asistent – znanstveni novak:	Antonio Vidaković, mag. ing. silv.
Studentica:	Francesca Faruolo
JMBAG:	0068237630
Akad. godina:	2023./2024.
Mjesto, datum obrane:	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, 20. rujna 2024. godine
Sadržaj rada:	Slika: 4 Tablica: 4 Navoda literature: 48 Stranica: 22
Sažetak:	<p>Završni rad analizirao je morfološku varijabilnost iglica klečice (<i>Juniperus communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall., Cupressaceae) u pet prirodnih populacija u alpsko-dinarskom području Hrvatske. U istraživanje je uključeno po 20 jedinki sa svakog lokaliteta, od kojih je deset muških i deset ženskih biljaka. Svaka jedinka predstavljena je s 20 iglica, a na svakoj iglici izmjereno je šest svojstava: površina, dužina i širina iglice; dužina iglice mjerena od osnove do mjesta najveće širine; te dva kuta koja opisuju oblik osnove iglice. Dobiveni rezultati statistički su obrađeni koristeći deskriptivne i multivarijatne statističke metode. Prosječna površina iglica iznosila je 0,10 cm², dok su iglice bile prosječno duge 8,5 mm i široke 1,5 mm. Najduže iglice imala je populacija Mali Alan (9,2 mm), a najkraće Zavižan (8,0 mm). Najšire iglice zabilježene su u populaciji Kiza (1,6 mm), dok su najuže bile u populaciji Biokovo (1,2 mm). Unutarpopulacijska varijabilnost bila je veća od međupopulacijske, a muške biljke imale su kraće iglice s većim kutovima osnove u usporedbi sa ženskim biljkama. Istraživanje je pokazalo značajnu morfološku raznolikost i eko-geografsku strukturiranost populacija. Razlike između populacija pripisane su fenotipskoj plastičnosti i genetičkim razlikama između populacija kao posljedica različitih ekoloških uvjeta u kojima populacije rastu, kao i konfiguracije terena koja onemogućuje protok gena između pojedinih populacija.</p>

	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI	OB FŠDT 05 07
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 20. rujna 2024. godine.

vlastoručni potpis

Francesca Faruolo

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Rod <i>Juniperus</i> L.....	1
1.2. Morfologija, biologija i prirodna rasprostranjenost klečice.....	3
1.3. Dosadašnja istraživanja.....	5
2. CILJ RADA	7
3. MATERIJAL I METODE	8
3.1. Materijal.....	8
3.2. Morfometrijska analiza iglica	8
3.3. Statistička obrada podataka.....	9
4. REZULTATI.....	10
4.1. Deskriptivna statistika.....	10
4.2. Analiza varijance – ANOVA	13
4.3. Analiza glavnih sastavnica (PCA)	14
5. RASPRAVA	16
6. ZAKLJUČCI.....	18
7. LITERATURA	19

1. UVOD

1.1. Rod *Juniperus* L.

Rod *Juniperus* L., borovice, obuhvaća vazdazelene grmove i drveće iz porodice čempresa (Cupressaceae), poznate po aromatičnim listovima te malim bobuljastim češerima nalik bobama. Ovaj rod obuhvaća 68 vrsta (Hantemirova i dr. 2012; Adams i dr. 2003, 2014). Na mladim biljkama lišće je uvijek igličasto, a na starijim biljkama ili sve igličasto ili sve ljuskasto, ili pak oba tipa lišća zajedno (Herman 1971). Cvjetovi su jednodomni ili dvodomni (Vidaković 1993). Muški cvjetovi su jajasti ili elipsoidni, smješteni na vrhovima ili u pazušcima kratkih izbojak. Ženski cvjetovi su grupirani u cvatove, a sastavljeni su od 3-6 pršljenasto raspoređenih ljusaka, od kojih svaka nosi po jedan ili dva sjemena zametka. Plodne ljuske su potpuno srasle s pokrovnim ljuskama. Zreli češeri su mesnati, a mogu biti kuglasti ili elipsoidni. Dozrijevaju prve ili druge godine, a u nekih vrsta i treće. Nikada se ne otvaraju i ostaju trajno zatvoreni. Sjemenke nisu okriljene, često su smeđe, brazdaste i imaju tvrdu ljusku. Ekološki gledano, ove biljke pružaju stanište i hranu za mnoge vrste ptica i kukaca, a njihovi češeri su posebno važni za ptice koje ih jedu i šire sjemenke. Ovaj rod možemo podijeliti u tri sekcije: *Caryocedrus*, *Oxycedrus* i *Sabina*.

Najrasprostranjenija vrsta iz roda *Juniperus* je obična borovica (Vidaković 1993), *Juniperus communis* L. (Slika 1). To je dvodomna vrsta sa širokom, holarktičkom distribucijom. Raste na različitim supstratima, na nadmorskim visinama od razine mora pa sve do 2400 m n.v. (Farjon i Filer 2013; Enescu i dr. 2016) diljem Sjeverne Amerike i Euroazije. Tako široka geografska i edafska distribucija moguća je zbog vrlo visoke genetičke i fenotipske plastičnosti. Drugi dio njenog uspjeha leži u mesnatim češerima (Adams i dr. 2003). S obzirom na veliki areal i varijabilnost ove vrste ona danas ima osam priznatih varijeteta (WFO 2024): var. *charlottensis* R.P.Adams, var. *communis*, var. *depressa* Pursh, var. *hemisphaerica* (C.Presl) Parl., var. *kelleyi* R.P.Adams, var. *megistocarpa* Fernald et H.St.John, var. *nipponica* (Maxim.) E.H.Wilson i var. *saxatilis* Pall. Od navedenih varijeteta u Hrvatskoj prirodno rastu dva: tipski var. *communis* i var. *saxatilis*, koji u Hrvatskoj zovemo klečica ili klekuša.



Slika 1. 1 - Grančica obične borovice s pupovima iz kojih će potjerati izbojci (a, b, c); 2 - Grančica obične borovice s muškim cvjetovima na kratkim izbojcima (d, e, f); 3 - Grančica obične borovice sa ženskim cvatovima (u pazušcu velikih, donjih iglica); 4 - Grančica obične borovice s nezrelim (m, n, p, o) i zrelim bobuljastim češerima (q, r); 5 - Sjemenke obične borovice s punim uljnim vrećicama; 6 - Sjemenke obične borovice s ispražnjenim uljnim vrećicama; 7 - Grančica klečice s muškim cvjetovima (a, b); 8 - Grančica klečice s nedozrelim (c) i sa zrelim bobuljastim češerima (d, e); 9 - Sjemenka klečice sa strane (a) i odozgo (b); 10 - Grančica planinske somine s ljuskastim lišćem, s nedozrelim (s) i zrelim bobuljastim češerima (t, u); 11 - Grančica planinske somine s igličastim lišćem; 12 - Sjemenka planinske somine s različitih strana. (Hempel i Wilhelm, 1889-1899).

1.2. Morfologija, biologija i prirodna rasprostranjenost klečice

Klečicu ili klekušu, *Juniperus communis* var. *saxatilis*, u starijoj znanstvenoj i botaničkoj literaturi možemo pronaći pod različitim imenima. Točnije, ova biljka ima ukupno 31 sinonim (WFO 2024), od kojih izdvajamo najčešće: *J. communis* subsp. *saxatilis* (Pall.) A.E.Murray, *J. alpina* Hill, *J. communis* var. *alpina* Suter, *J. communis* var. *montana* Ait., *J. communis* var. *nana* Loud., *J. communis* var. *alpina* Gaud., *J. nana* Willd. i *J. sibirica* Burgsd.

Herman (1971) i Vidaković (1993) opisuju klečicu, kao polegli, 20-50 cm visoki grm, gusto raspoređenih grana (Slika 2). Kora u klečice je ljuskava, a grane su kratke, debele, trobridne i često povijene.

Iglice su izrazito gusto raspoređene u pršljenovima po tri zajedno (Vidaković 1993). Usmjerene su prema vrhu izbojka (Slika 3). Gornja strana iglice je plitko udubljena, s jednom širokom bijelom linijom puči i uskim zelenim rubom. Donja strana iglice je zelena i sjajna. Dužina iglica se kreće u rasponu od 4-8 mm, a njihova širina od 1-3 mm. Pri vrhu su iglice kratko ušiljene.

Klečica je dvodomna svojta (Idžojić 2013), pa tako razlikujemo muške i ženske biljke. Muške biljke na sebi nose muške valjkaste i žute cvjetove sastavljene od većeg broja prašničkih listova koji su raspoređeni u pršljenovima. Ženske biljke na sebi nose ženske cvatove koji se nakon oprašivanja pretvaraju u bobuljaste češere. Ženski cvatovi su žućkastozeleni, oko 2 mm veliki, građeni od 9-12 plodnih listova od kojih svaki nosi po jedan sjemeni zametak. Plodni listovi srasli su s pokrovnim listovima.



Slika 2. Habitus klečice.

https://species.wikimedia.org/wiki/Juniperus_communis_var._saxatilis

Bobuljasti češeri sadrže 3-6 ljusta, svaka s 1-2 sjemenke. Češeri dozrijevaju druge ili treće godine. Bobuljasti češer je jajast do kuglast (Slika 3), promjera 7-10 mm, plavičastocrne boje (Vidaković 1993). Općenito gledano, važna evolucijska prilagodba ove svojte je specifičan mesnati oblik češera (bobuljasti češer) koji sadrži sjeme koje se širi pticama i malim sisavcima, što je omogućilo brzo koloniziranje novih područja u interglacijalnim razdobljima (Hantemirova i dr. 2017; Knyazeva i Hantemirova 2020).



Slika 3. Bobuljasti češeri klečice.

<http://science.halleyhosting.com/nature/basin/treeshrub/tree/conifer/juniper/communis.htm>

Klečica raste u planinskim područjima južne Europe, Azije i Sjeverne Amerike. Prema tome, pripada arкто-alpskom flornom elementu (Herman 1971). Prema Vidakoviću (1993), klečica je na prostoru Hrvatske rasprostranjena na Dinaridima. Prisutna je isključivo na višim nadmorskim visinama i rascjepkano je rasprostranjena na Balkanskom poluotoku. Prema McGowan i dr. (1998), klečica je, za razliku od obične borovice, ograničena na izdanke stijena i suha područja. U sjeverozapadnom dijelu Škotske, općenito se nalazi na kiselim tlima s površinskim mozaikom stijena, golog zemljišta i vegetacije. Klečica uspijeva na tlu s pH vrijednosti između 3,7 i 4,9. Obje svojte (var. *communis* i var. *saxatilis*) tolerantne su prema tlima siromašnim hranjivima i, poput breze, imaju reputaciju poboljšavača tla (Phillips 1910; Miles i Kinnaird 1979).

1.3. Dosadašnja istraživanja

Dosadašnja istraživanja na klečici obuhvaćaju kemijsku karakterizaciju (Miceli i dr. 2009; Vasiljević i dr. 2018) te genetičku (Adams i dr. 2003, 2020; Adams 2008; Khantemirova i Semerikov 2010) i morfološku (Guvenc i dr. 2011) varijabilnost populacija. U nekim istraživanjima kombinirane su različite metode pa su tako Rajčević i dr. (2022) istraživali kemijsku i genetičku raznolikost, a Knyazeva i Hantemirova (2020) genetičku i morfo-anatomsku varijabilnost.

U istraživanju koje su proveli Miceli i dr. (2009), uspoređivan je flavonoidni profil, antioksidativna i antimikrobna aktivnost bobuljastih češera *Juniperus communis* var. *communis* i *J. communis* var. *saxatilis* iz Turske. Rezultati su pokazali da var. *saxatilis* ima viši sadržaj flavonoida te jaču antioksidativnu i antimikrobnu aktivnost u usporedbi s var. *communis*, što sugerira potencijalnu veću medicinsku vrijednost ovog varijeteta.

Vasiljević i dr. (2018) proveli su kemijsku karakterizaciju te procjenu antioksidativne, genotoksične i *in vitro* citotoksične aktivnosti klečice. Njihovi rezultati su pokazali da ekstrakti ove vrste imaju značajnu antioksidativnu aktivnost, dok su genotoksični testovi pokazali nisku razinu genotoksičnosti. *In vitro* citotoksični testovi ukazali su na potencijalnu upotrebu u liječenju određenih vrsta malignih bolesti.

Khantemirova i Semerikov (2010) analizirali su genetičku varijabilnost različitih varijeteta *Juniperus communis* koristeći analizu aloenzima. Studija je otkrila značajnu genetičku raznolikost unutar i između populacija, što ukazuje na visoku razinu genske diferencijacije i prilagodljivost ove vrste različitim staništima.

Rajčević i dr. (2022) istraživali su utjecaj okolišnih i genetičkih faktora na distribuciju kemotipova eteričnih ulja populacija *Juniperus communis* var. *saxatilis* na Balkanskom poluotoku. U tom istraživanju korištena je metoda AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) za analizu genetičke varijabilnosti. Istraživanje je obuhvatilo 18 populacija s ukupno 376 uzoraka prikupljenih s različitih nadmorskih visina i tipova tla. AFLP analiza omogućila je identifikaciju genskih markera koji su povezani s različitim kemotipovima eteričnih ulja. Rezultati su pokazali da okolišni faktori, poput nadmorske visine, tipa tla i klimatskih uvjeta, značajno utječu na genetičku strukturu i kemijski sastav eteričnih ulja. Studija je također otkrila visoku razinu genetičke raznolikosti unutar i između populacija.

Adams i dr. (2003) koristili su DNA *fingerprinting* za analizu taksonomije *Juniperus communis* i njenih varijeteta. Rezultati su u pojedinim slučajevima otkrili jasne genetičke razlike između varijeteta, što je omogućilo precizniju klasifikaciju i bolje razumijevanje evolucijskih odnosa unutar vrste. Ipak između nekih varijeteta i populacija nisu otkrivene razlike. Konkretno u svom istraživanju autori su koristili RAPD metodu (*Random Amplified Polymorphic DNA*), a istraživanjem su obuhvatili uzorke sedam varijeteta: var. *communis*, var. *depressa*, var. *hemisphaerica*, var. *megistocarpa*, var. *nipponica*, var. *oblonga* Loudon i var. *saxatilis*. Ukupno je analizirano 191 RAPD bendova iz različitih populacija. Rezultati su pokazali da postoji mala genska razlika između varijeteta var. *communis*, var. *hemisphaerica*, var. *oblonga* i var. *nipponica*. Nadalje, varijeteti *communis* (iz Švedske) i *hemisphaerica* (iz Sicilije) bili su vrlo slični. Također, var. *saxatilis* pokazao je sličnost s var. *hemisphaerica* (iz Sicilije). S druge strane, var. *depressa* iz zapadnog dijela hemisfere formirao je zasebnu grupu, dok je var. *megistocarpa*, endemičan za istočnu Kanadu, bio

najrazličitiji varijetet. Studija je zaključila da RAPD podaci ne podržavaju prepoznavanje varijeteta *hemisphaerica* i *saxatilis* kao zasebnih varijeteta. Autori na kraju rada navode da su potrebne i druge genetičke metode i markeri kako bi se do kraja riješila taksonomska problematika ove vrste.

U istraživanju iz 2008. godine, Adams (2008) je proučavao varijacije u nrDNA SNP-ovima kako bi bolje razumio taksonomiju *Juniperus communis* u Sjevernoj Americi. Studija je pokazala značajne genetičke razlike među populacijama, što je doprinijelo boljem razumijevanju genetičke strukture i evolucijske povijesti ove vrste.

Adams i dr. (2020) istraživali su hibridizaciju i introgresiju između *Juniperus communis* var. *saxatilis* i var. *hemisphaerica* u jugoistočnoj Španjolskoj. Studija je otkrila prisutnost hibridnih jedinki u prirodi, što sugerira da se hibridizacija događa prirodno i može imati važnu ulogu u evoluciji ovih varijeteta.

U istraživanju koje su proveli Knyazeva i Hantemirova (2020), provedena je sveobuhvatna analiza biološke raznolikosti obične borovice (*Juniperus communis*) koristeći genske, anatomske i morfološke metode. Istraživanje je obuhvatilo 27 prirodnih populacija koje su prikupljene diljem glavnog geografskog raspona ove vrste. Analizirane su populacije iz različitih dijelova Europe, Azije i Sjeverne Amerike. Genetska analiza uključivala je upotrebu aloenzima i analizu varijabilnosti kloroplastne DNA (cpDNA). Morfološka i anatomska analiza obuhvatila je mjerenje različitih parametara iglica, uključujući njihovu duljinu, širinu, debljinu, te anatomske karakteristike poput debljine epiderme i hipoderme, broja i veličine puči itd. Rezultati su pokazali da varijeteti *communis* i *saxatilis*, koji rastu u Europi i Aziji, ne pokazuju genske razlike, ali demonstriraju statistički značajne razlike u morfološkim i anatomskim parametrima iglica te u prevladavajućim životnim oblicima. Također, potvrđen je taksonomski status kavkaskog var. *oblonga*, čije su populacije na Kavkazu podijeljene na zapadni i istočni dio. Studija je otkrila da se sjevernoamerički var. *depressa* i dalekoistočni var. *saxatilis* ne razlikuju u morfološkim, anatomskim i aloenzimskim markerima, ali se razlikuju u kloroplastnim. Ovi varijeteti mogu se razlikovati samo korištenjem molekularno-bioloških metoda.

Guvenc i dr. (2011) proučavali su anatomiju iglica prirodno rasprostranjenih vrsta iz roda *Juniperus* u Turskoj. Rezultati su pružili detaljan uvid u anatomske karakteristike iglica različitih svojti, što može pomoći u njihovoj identifikaciji i razumijevanju ekoloških prilagodbi. Ukupno je u istraživanje bilo uključeno pet različitih svojti: *Juniperus drupacea* Labill., *J. communis* var. *communis*, *J. communis* var. *saxatilis*, *Juniperus deltoides* R.P.Adams i *J. macrocarpa* Sm. Mikroskopski su pregledani poprečni i površinski presjeci iglica svake svojte. Glavni rezultati pokazali su razlike u rasporedu palisadnog parenhima i položaju sekretornih kanala, što je omogućilo diferencijaciju između istraživanih svojti. Općenito gledano, ova istraživanja doprinose boljem razumijevanju anatomske raznolikosti unutar roda *Juniperus* i mogu imati implikacije za taksonomiju i ekologiju ovih vrsta.

2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada bio je ispitati varijabilnost populacija klečice u Hrvatskoj na temelju morfoloških karakteristika iglica. Istraživanje populacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi šest morfoloških svojstava iglica, sakupljenih u pet prirodnih populacija na području Hrvatske. Pri analizi podataka korištene su deskriptivne i multivarijatne statističke metode.

Na temelju postavljenog cilja provedene su sljedeće aktivnosti:

1. prikupljena je literatura o relevantnim istraživanjima;
2. prikupljeni su podaci o istraživanoj svojti i području istraživanja;
3. napravljen je plan uzorkovanja;
4. sakupljeni su uzorci biljnoga materijal za morfometrijska istraživanja;
5. izvršene su analize uzoraka u laboratoriju;
6. statistički su obrađeni i analizirani dobiveni rezultati te su interpretirani u skladu s ciljevima istraživanja;
7. izvedeni su zaključci na temelju dobivenih rezultata.

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Materijal

U istraživanje je uključeno pet populacija klečice iz Hrvatske (Tablica 1). Terenska istraživanja provedena su tijekom 2021. godine. Terenski rad je obuhvaćao sakupljanje uzoraka iglica za morfometrijsku analizu. Na svakom lokalitetu sakupljeno je po 20 iglica s kratkih, osunčanih izbojaka sa po 10 ženskih i 10 muških grmova. Sakupljeni materijal je herbariziran i pohranjen u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu.

Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija.

Oznaka populacije	Populacija	Geografska dužina (°)	Geografska širina (°)	Nadmorska visina (m)
P1	Zavižan	44,811461	14,973303	1578
P2	Veliki Alan	44,712861	15,011722	1357
P3	Kiza	44,545464	15,159640	1098
P4	Mali Alan	44,287978	15,652472	1044
P5	Biokovo	43,324333	17,058250	1410

3.2. Morfometrijska analiza iglica

Nakon što su listovi herbarizirani, skenirani su sa skenerom MICROTEK ScanMaker 4800, pomoću računalnog programa WinFOLIA (WinFolia TM 2001), dizajniranog posebno za vršenje preciznih morfoloških mjerenja listova. Podaci koji su nastali u programu WinFOLIA pohranjeni su u standardnim ASCII tekstualnim datotekama, koje se lako otvaraju programima za statistiku ili proračunskim tablicama kao što je Microsoft Office Excel.

Na svakoj iglici mjerene su sljedeće morfološke značajke: površina iglice (NA); dužina iglice (NL); maksimalna širina iglice (MNW); duljina iglice mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (PMNW); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice (NA10); i kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice (NA25).

3.3. Statistička obrada podataka

Za statističku obradu korištene su standardne formule deskriptivne i multivarijatnih statističkih metoda (Sokal i Rohlf 1989; McGarigal i dr. 2000). Kod statističke obrade podataka korišten je programski paket Statistica for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

Za svaku istraživanu značajku određeni su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije ($CV\%$). Analiza varijance je korištena kako bi se utvrdile razlike između populacija i između grmova unutar populacija. Faktor grm bio je fiksiran unutar faktora populacija.

Analiza glavnih sastavnica (*principal component analysis*; PCA) korištena je za utvrđivanje strukturiranosti populacija. Broj glavnih sastavnica određen je na temelju svojstvenih vrijednosti (*eigenvalues*) glavnih sastavnica, korištenjem Kaiserovog kriterija koji zadržava sastavnice u kojih su svojstvene vrijednosti veće od 1 i Catellovog dijagrama (*scree plot*; Cattell 1966), kao i kumulativnog postotka objašnjene varijance. U konačnici je izrađen dijagram u kojem je u koordinatnom sustavu točkama prikazan položaj analiziranih populacija, a vektorima su prikazane morfološke značajke iglica. Analiza glavnih sastavnica provedena je pomoću skripti "MorphoTools" u R-u, programskom okruženju za analizu podataka i grafički prikaz, verzija 3.2.2 (R Core Team, 2016.), slijedeći priručnik Koutecký (2015).

4. REZULTATI

4.1. Deskriptivna statistika

U Tablici 2 prikazani su rezultati deskriptivne statističke analize za mjerene morfološke značajke iglica klečice po populacijama, spolovima (muške i ženske biljke) te ukupno za sve jedinice zajedno. Maksimalne vrijednosti označene su crvenom bojom, a minimalne zelenom, dok su plavom bojom označene vrijednosti koji se nisu razlikovale u aritmetičkim sredinama za pojedina istraživana morfološka svojstva.

Kada promatramo ukupne rezultate za sve istraživane jedinice u ovom istraživanju onda možemo vidjeti da je prosječna površina iglica (NA) za populacije klečice duž Dinarida iznosila $0,10 \text{ cm}^2$. Iglice su u prosjeku bile dugačke (NL) i široke (MNW) $0,85 \text{ cm}$ i $0,15 \text{ cm}$. Prosječna vrijednost za svojstvo dužina iglica mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice iznosila je $0,24 \text{ cm}$. Kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice iznosio je $34,7^\circ$, a kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice $18,0^\circ$.

Za populacije Kiza i Mali Alan zabilježene su najveće prosječne vrijednosti za površinu iglice (NA = $0,11 \text{ cm}^2$). Populacija Kiza imala je i najveće prosječene vrijednosti za sljedeće značajke: maksimalna širina iglice (MNW = $0,16 \text{ cm}$); dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (PMNW = $0,28 \text{ cm}$); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice (NA10 = $37,2^\circ$); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice (NA25 = $19,6^\circ$). Populacija Mali Alana, osim najveće prosječne površine iglice (NA) imala je i najduže iglice (NL = $0,92 \text{ cm}$) te najmanji kut koji zatvaraju glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice (NA25 = $16,0^\circ$). Nadalje, populacija Biokovo se je isticala kao populacija s najmanjom prosječnom površinom iglica (NA = $0,09 \text{ cm}^2$), najužim iglicama (MNW = $0,14 \text{ cm}$) i najmanjim kutom koji zatvaraju glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice (NA10 = $31,7^\circ$). Najveća prosječna vrijednost za svojstvo dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (PMNW = $0,21 \text{ cm}$) zabilježena je u populacije Veliki Alan. Populaciju Zavižan karakterizirale su prosječno najkraće iglice (NL = $0,80 \text{ cm}$).

Populacija Biokovo imala je najviši koeficijent varijabilnosti za dužinu iglice ($19,0\%$) te za kutove koji opisuju oblik osnove iglice (NA10, CV = $22,8\%$; NA25, CV = $25,6\%$). S druge strane populacija Veliki Alan imala je najniži koeficijent varijabilnosti za dužinu iglice ($16,3\%$), populacija Kiza za kut NA10 (CV = $16,0\%$), a populacija Mali Alan za kut NA25 (CV = $9,0\%$). Nadalje, populacija Mali Alan imala je najviši koeficijent varijabilnosti za površinu (CV = $31,8\%$) i širinu iglice (CV = $17,6\%$). Najmanje varijabilne iglice s obzirom na svojstva površina iglice (NA) i širina iglice (MNW) bile su svojstvene populaciji Kiza, CV = $22,9\%$ i CV = $14,3\%$. Dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice najmanje je bila varijabilna u populacije Kiza (CV = $36,3\%$), a najviše u populacije Veliki Alan (CV = $66,0\%$). Općenito gledano, kao

najvarijabilnija populacija se izdvaja populacija Biokovo, a kao najmanje varijabilna populacija Kiza. Za razliku od ostalih istraživanih populacija, populacija Zavižan se nije isticala, niti najvišim, niti najnižim koeficijentima varijabilnosti.

Kad usporedimo prosječne vrijednosti, između muških i ženskih biljaka, za površinu iglice i maksimalnu širinu iglice, možemo vidjeti da imaju iste vrijednosti, $NA = 0,10 \text{ cm}^2$ i $MNW = 0,15 \text{ cm}$. Općenito gledano muške biljke karakterizirale su u prosjeku kraće iglice s manjom udaljenošću od osnove iglice do najšireg dijela iglice te veći kutovi koji se odnose na izgled baze iglice, dok su ženske biljke karakterizirale duže iglice s većom udaljenošću od osnove iglice do najšireg dijela iglice te manje zaobljene baze iglica.

Tablica 2. Rezultati deskriptivne statističke analize morfoloških svojstava iglica, prikazani po istraživanim populacijama, spolovima i ukupno. Morfološke značajke: NA-površina iglice; NL-dužina iglice; MNW-maksimalna širina iglice; PMNW-dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice; NA10-kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice; NA25-kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice. Deskriptivni statistički pokazatelji: M-aritmetička sredina; SD-standardna devijacija; CV(%)-koeficijent varijabilnosti.

Populacija	Deskript. pokazatelj	NA (cm ²)	NL (cm)	MNW (cm)	PMNW (cm)	NA10 (°)	NA25 (°)
Biokovo	M	0,09	0,82	0,14	0,23	31,7	16,7
	SD	0,02	0,15	0,02	0,13	7,2	4,3
	CV(%)	23,2	19,0	14,6	54,6	22,8	25,6
Kiza	M	0,11	0,85	0,16	0,28	37,2	19,6
	SD	0,02	0,14	0,02	0,10	6,0	3,4
	CV(%)	22,9	16,6	14,3	36,3	16,0	20,3
Mali Alan	M	0,11	0,92	0,15	0,25	32,1	16,0
	SD	0,03	0,17	0,03	0,15	5,8	3,0
	CV(%)	31,8	18,9	17,7	61,9	18,0	19,0
Veliki Alan	M	0,10	0,85	0,15	0,21	35,8	18,3
	SD	0,02	0,14	0,02	0,14	7,2	3,9
	CV(%)	23,8	16,3	14,8	66,0	20,0	21,1
Zavižan	M	0,10	0,80	0,15	0,25	36,7	19,4
	SD	0,02	0,15	0,02	0,11	6,6	4,4
	CV(%)	25,0	18,2	15,6	44,0	17,9	22,9
Muške biljke	M	0,10	0,83	0,15	0,24	34,9	18,1
	SD	0,02	0,14	0,02	0,13	6,7	4,0
	CV(%)	24,9	16,5	15,9	53,0	19,3	22,2
Ženske biljke	M	0,10	0,87	0,15	0,25	34,4	18,0
	SD	0,03	0,17	0,02	0,13	7,1	4,4
	CV(%)	27,8	19,8	16,1	52,5	20,7	24,4
Ukupno	M	0,10	0,85	0,15	0,24	34,7	18,0
	SD	0,03	0,16	0,02	0,13	6,9	4,2
	CV(%)	27,0	18,5	16,1	52,8	20,0	23,4

4.2. Analiza varijance – ANOVA

U analizi varijance (ANOVA) testirane su razlike na razini populacija i grmova unutar populacija. Analizom su utvrđene statistički značajne razlike na međupopulacijskoj i unutarpopulacijskoj razini prema svim mjerenim značajkama iglica (Tablica 3). Iz rezultata je vidljivo da postotak varijabilnosti za većinu značajki (MNW, PMNW, NA10, NA25) otpada na komponentu ostatak, dok je za značajke površina iglice (NA) i dužina iglice (NL) najveći udio ukupne varijabilnosti otpao na unutarpopulacijsku varijabilnost.

Također, testirane su i razlike između muških i ženskih biljaka na cjelokupnom uzorku. Statistički značajne razlike između ove dvije skupine biljaka utvrđene su za četiri od šest istraživanih svojstava: dužina iglice (NL); maksimalna širina iglice (MNW); dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (PMNW); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice (NA10); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice (NA25).

Tablica 3. Rezultati hijerarhijske analize varijance za morfološke značajke iglica klečice. Morfološke značajke: NA-površina iglice; NL-dužina iglice; MNW-maksimalna širina iglice; PMNW-dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice; NA10-kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice; NA25-kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice.

Značajka	Efekt	% varijabilnosti	F	<i>p</i>
NA	Populacija	6,71	3,24	0,0155
	Grm (populacija)	56,22	31,32	<0.0001
	Ostatak	37,08		
NL	Populacija	5,47	2,78	0,0312
	Grm (populacija)	58,35	33,27	<0.0001
	Ostatak	36,18		
MNW	Populacija	8,81	6,09	0,0002
	Grm (populacija)	30,64	11,12	<0.0001
	Ostatak	60,55		
PMNW	Populacija	2,87	4,31	0,0030
	Grm (populacija)	12,32	3,90	<0.0001
	Ostatak	84,81		
NA10	Populacija	12,21	9,50	<0.0001
	Grm (populacija)	24,96	8,94	<0.0001
	Ostatak	62,83		
NA25	Populacija	12,77	8,82	<0.0001
	Grm (populacija)	29,37	11,16	<0.0001
	Ostatak	57,85		

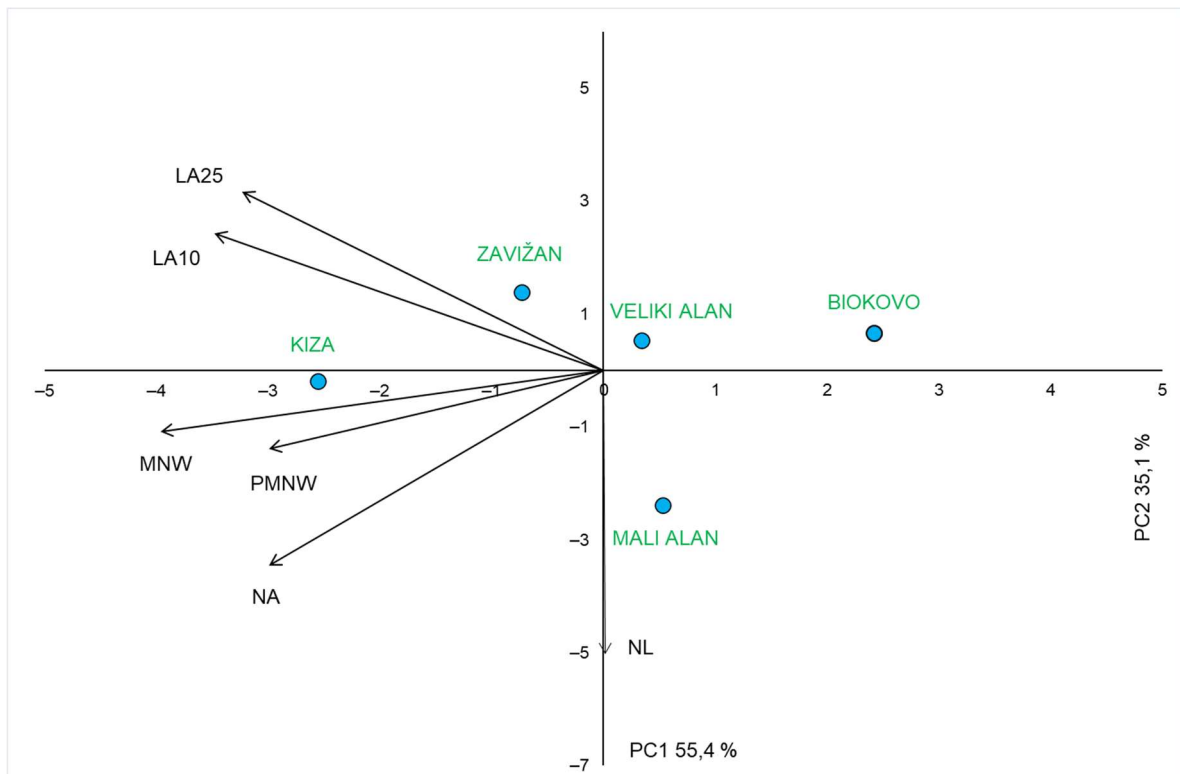
4.3. Analiza glavnih sastavnica (PCA)

U Tablici 4 i na Slici 4 prikazani su rezultati analize glavnih sastavnica (PCA). Četiri glavne sastavnice (PC1, PC2, PC3 i PC4) objasnile su ukupnu varijabilnost, odnosno 100 % varijabilnosti. Prva glavna sastavnica (PC1) objasnila je 55,4 %, druga (PC2) 35,1 %, treća (PC3) 9,1 %, a četvrta (PC4) 0,4 %. Svojstvena vrijednost veća od 1 dobivena je za prve dvije sastavnice, pri čemu je za PC1 iznosila 3,33, a za PC2 2,11.

Prva glavna sastavnica (PC1) bila je u visoko negativnoj korelaciji s NA (-0,728), MNW (-0,964), PMNW (-0,729), LA10 (-0,846) i LA25 (-0,787). Druga glavna sastavnica (PC2) bila je u visoko negativnoj korelaciji sa značajkom NL (-0,973). Treća (PC3) i četvrta (PC4) glavna sastavnica nisu značajnije korelirale s niti jednom od analiziranih značajki. Promatrajući Sliku 4, jasno možemo vidjeti da se na desnoj strani dijagrama izdvaja najjužnija populacija Biokovo, a na lijevoj strani velebitska populacija Kiza.

Tablica 4. Pearsonov korelacijski koeficijent između morfoloških svojstava iglica i prve četiri glavne sastavnice. Morfološke značajke: NA-površina iglice; NL-dužina iglice; MNW-maksimalna širina iglice; PMNW-dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice; NA10-kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice; NA25-kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice.

Značajka	PC1	PC2	PC3	PC4
NA	-0,728	-0,669	-0,108	-0,102
NL	0,003	-0,973	-0,230	0,035
MNW	-0,964	-0,209	-0,128	0,102
PMNW	-0,729	-0,268	0,630	0,002
LA10	-0,846	0,470	-0,248	-0,038
LA25	-0,787	0,614	-0,061	0,009
Svojstvena vrijednost	3,33	2,11	0,54	0,02
% Ukupno	55,4	35,1	9,1	0,4
% Kumulativno	55,4	90,6	99,6	100,0



Slika 4. Grafički prikaz analize glavnih sastavnica (PCA), na temelju šest morfoloških značajki iglica klečice iz pet prirodnih populacija u Hrvatskoj. Morfološke značajke: NA-površina iglice; NL-dužina iglice; MNW-maksimalna širina iglice; PMNW-dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice; NA10-kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % dužine iglice; NA25-kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 25 % dužine iglice.

5. RASPRAVA

U istraživanju varijabilnosti populacija klečice (*Juniperus communis* var. *saxatilis*) u pet prirodnih populacija u Hrvatskoj, dobiveni rezultati pokazali su određene razlike u odnosu na opisane karakteristike u botaničkoj literaturi. Prema Vidakoviću (1993), dužina iglica kreće se u rasponu od 4-8 mm, dok je njihova širina između 1-3 mm. Uspoređujući navedene podatke s rezultatima ovog istraživanja, možemo vidjeti da je prosječna dužina iglica u ovom istraživanju, 8,5 mm, nešto viša od navedenog raspona (Vidaković 1993). S druge strane, prosječna širina iglica u ovom istraživanju iznosi 1,5 mm, što se nalazi unutar literaturnih vrijednosti. Općenito gledano, dužina iglica varijeteta *Juniperus communis* var. *saxatilis* značajno je kraća u usporedbi s dužinom iglica tipskog varijeteta var. *communis* (Herman 1971; Vidaković 1993).

Rezultati ovog istraživanja uspoređeni su i s rezultatima 27 prirodnih populacija *Juniperus communis* koje rastu u Europi, Aziji i Sjevernoj Americi, prema istraživanju Knyazeva i Hantemirova (2020). Dužina i širina iglica u ovom istraživanju za populacije iz Hrvatske (Zavižan, Mali Alan, Velebit, Dinara, Biokovo) kretala se u rasponu od 8,0 do 9,2 mm za dužinu i od 1,4 do 1,6 mm za širinu. Usporedba s var. *saxatilis* iz Europe i Sibira pokazuje širi raspon vrijednosti: dužina iglica od 5,4 do 9,9 mm i širina iglica od 1,1 do 1,5 mm. Populacije var. *saxatilis* iz Dalekog istoka imaju nešto veće vrijednosti: dužina iglica od 7,8 do 12,7 mm i širina iglica od 1,2 do 1,4 mm. Općenito gledano, varijeteti *oblonga* i *communis* pokazuju veće vrijednosti dužine i širine iglica u usporedbi s var. *saxatilis*. Varijetet *oblonga* ima dužinu iglica od 9,6 mm do 15 mm i širinu od 1,6 do 1,85 mm, dok var. *communis* ima dužinu iglica od 11,7 do 13,7 mm i širinu od 1,2 do 1,3 mm.

Koeficijenti varijabilnosti (CV) za istraživane značajke iglica interpretirani su prema Depypere i dr. (2007): $CV < 10\%$, mala varijabilnost; $10\% < CV < 20\%$, normalna varijabilnost; i $CV > 25\%$, visoka varijabilnost. Analizom koeficijenta varijabilnosti za različite morfološke značajke iglica klečice možemo zaključiti sljedeće: površina iglice (NA) pokazuje visoku varijabilnost u ukupnim rezultatima i u nekim populacijama (Mali Alan, Zavižan). Dužina iglica (NL) i maksimalna širina iglica (MNW) pokazuju normalnu varijabilnost u svim populacijama. Dužina iglice do mjesta najveće širine (PMNW) pokazuje visoku varijabilnost u svim populacijama. Kut na 10 % dužine iglice (NA10) i kut na 25 % dužine iglice (NA25) pokazuju normalnu varijabilnost, osim u populaciji Biokovo za NA25 koja pokazuje visoku varijabilnost. Ovi rezultati ukazuju na to da su određene morfološke značajke iglica relativno konzistentne unutar populacija, dok druge pokazuju značajnu varijabilnost, što može biti posljedica različitih okolišnih uvjeta ili genetičke raznolikosti.

Kada promatramo koeficijente varijabilnosti za mjerene morfološke značajke iglica *Juniperus oxycedrus* L. i *J. deltoides* R.P.Adams (Vidaković i dr. 2024), vidimo da su vrlo slični našima. U oba istraživanja kao najvarijabilnije svojstvo pokazala se značajka udaljenost od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine (PMNW), a kao najmanje varijabilna svojstva istaknule su se širina (MNW) i dužina (NL) iglica. Mandić (2024) u svom završnom radu dolazi do sličnih rezultata za tipski var. *communis*. Najmanje varijabilna svojstva u tom radu bila su širina (MNW) i dužina (NL) iglica. Ipak, navedeni autor ne analizira značajku PMNW, pa je u njegovom radu najvarijabilnija značajka površina iglica (NA), koja je u našem istraživanju bila druga najvarijabilnija značajka.

Značajne razlike utvrđene su na unutarpopulacijskoj i na međupopulacijskoj razini za sve istraživane morfološke značajke iglica. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je veća od međupopulacijske varijabilnosti. Općenito gledano, takav je raspored varijabilnosti prisutan u vrsta iz roda *Juniperus* (Brus i dr. 2011, 2014; Boratyński i dr. 2013; Vidaković i dr. 2024; Mandić 2024) te u mnogih drugih golosjemenjača, kao što su *Pinus heldreichii* H.Christ (Ballian i dr. 2005), *P. pinaster* Aiton (Wahid i dr. 2006), *P. sylvestris* L. (Jasińska i dr. 2014; Poljak i dr. 2020) i *Taxus baccata* L. (Tumpa i dr. 2022).

Rezultati su također pokazali da su iglice ženskih jedinki u prosjeku duže od iglica muških jedinki. Općenito gledano, veća varijabilnost bila je svojstvena ženskim jedinkama. Slični su rezultati dobiveni i za druge vrste unutar roda *Juniperus* (Vidaković i dr. 2024; Mandić 2024), a isti obrazac variranja prethodno je potvrđen i u druge dvodomne vrste četinjača, *Taxus baccata* (Iszkuło i dr. 2009; Nowak-Dyjeta i dr. 2017; Stefanović i dr. 2017). Veće iglice u ženskih biljaka obično se smatraju rezultatom njihove potrebe za većom asimilacijskom površinom, potrebnom za podršku reproduktivnim naporima ženskih biljaka (Nowak-Dyjeta i dr. 2017), jer je poznato da je za uspješno sazrijevanje češera potrebno više resursa nego za proizvodnju peludi (Ashman 2005). Osim toga, Garbarino i dr. (2015) predložili su da rast ženskih biljaka može biti favoriziran njihovim zauzimanjem produktivnijih mikro-staništa, za razliku od manje zahtjevnih muških jedinki. To bi moglo biti dodatno naglašeno poboljšanim svojstvima tla ispod ženskih biljaka, zbog unosa organske tvari iz češera koji svake godine otpadaju s biljaka, a koji su dva do tri puta bogatiji dušikom i kalijem od iglica i grančica (Gauquelin i dr. 2002). Nadalje, kao anemofilne biljke, muški grmovi borovica vjerojatno ulažu više resursa u reprodukciju, zbog veće količine i kvalitete reproduktivnog materijala potrebnog za uspješno oprašivanje ženskih biljaka (Popp i Reinartz 1988; Gauquelin i dr. 2002), što ostavlja manje hranjivih tvari i energije za rast iglica i na kraju rezultira manjim iglicama (Harris i Pannell 2008).

Kada promatramo grupiranje populacija, primjećujemo da se najjužnija populacija Biokovo izdvaja od ostalih istraživanih populacija s Velebita. Također, od četiri istraživane populacije klečice na Velebitu (Zavižan, Kiza, Veliki Alan i Mali Alan), najjužnija populacija s južnog Velebita, Mali Alan, se posebno ističe. Ove razlike mogu biti rezultat genetičkih varijacija, prilagodbe biljaka planinskim područjima i izoliranosti nepovoljnim staništima. S druge strane, fenotipska plastičnost također igra važnu ulogu, omogućujući biljkama da se prilagode različitim mikroklimatskim uvjetima.

6. ZAKLJUČCI

Završni rad obuhvaćao je pet prirodnih populacija klečice u alpsko-dinarskom području Hrvatske. U radu je analizirana morfološka varijabilnost iglica ovog varijeteta obične borovice, kao i razlike u morfologiji iglica između muških i ženskih biljka, i to na temelju šest morfoloških svojstava.

Kada promatramo ukupne rezultate za sve istraživane jedinice u ovom istraživanju, možemo vidjeti da je prosječna površina iglica (NA) za populacije klečice duž Dinarida iznosila 0,10 cm². Iglice su u prosjeku bile dugačke (NL) 0,85 cm i široke (MNW) 0,15 cm. Prosječna vrijednost za svojstvo dužina iglica mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (PMNW) iznosila je 0,24 cm. Kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % (NA10) i 25 % (NA25) dužine iglice iznosio je 34,7°, odnosno 18,0°. Najvarijabilnija značajka bila je dužina iglice mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (PMNW), dok su najmanje varijabilne značajke bile širina (MNW) i dužina (NL) iglice.

Populacija Mali Alan imala je najduže iglice (NL = 0,92 cm), dok je populacija Zavižan imala najkraće iglice (NL = 0,80 cm). Najšire iglice zabilježene su u populaciji Kiza (MNW = 0,16 cm), dok su najuže iglice bile u populaciji Biokovo (MNW = 0,12 cm). Kao najvarijabilnija populacija izdvaja se populacija Biokovo, dok se populacija Kiza ističe kao najmanje varijabilna.

Istraživane populacije klečice razlikovala su se po svim mjerenim morfološkim svojstvima iglica na unutarpopulacijskoj i na međupopulacijskoj razini. Unutarpopulacijska varijabilnost bila je veća od međupopulacijske varijabilnosti.

Usporedba muških i ženskih biljaka pokazala je statistički značajne razlike za četiri od šest istraživanih svojstava: dužinu iglica (NL), maksimalnu širinu iglica (MNW), dužinu iglica do mjesta najveće širine (PMNW) i kutove baze iglica (NA10 i NA25). Muške biljke imale su kraće iglice s većim kutovima baze, dok su ženske biljke imale duže iglice s manjim kutovima baze. Površina iglica (NA) i maksimalna širina iglica (MNW) bile su jednake za oba spola (0,10 cm² i 0,15 cm).

Istraživanjem je utvrđena značajna morfološka raznolikost iglica klečice u Hrvatskoj, kao i određena eko-geografska strukturiranost populacija. Ovako velika morfološka varijabilnost vjerojatno je popraćena i značajnom genetičkom raznolikošću populacija, što je veoma važno za opstanak i prilagodbu ove vrste u uvjetima sve izraženijih klimatskih promjena, pogotovo planinskim područjima koja su posebice osjetljiva na te promjene.

7. LITERATURA

- Adams, R. P., 2008: Taxonomy of *Juniperus communis* in North America: insight from variation in nrDNA SNPs. *Phytologia* 90 (2): 181–197.
- Adams, R. P., Johnson, S. T., Salazar-Mendias, C., Altarejos, J., 2020: Hybridization and introgression between *Juniperus communis* var. *saxatilis* and var. *hemisphaerica* in southeastern Spain. *Phytologia* 102 (1): 83–87.
- Adams, R. P., Tashev, A. N., Schwarzbach, A. E., 2014: Variation in *Juniperus communis* trees and shrubs from Bulgaria: analyses of nrDNA and cpDNA regions plus leaf essential oil. *Phytologia* 96 (2): 124–129.
- Adams, R.P., Padnes, R.N., Leverenz, L.W., Dignar, N., Hoegh, K., Thorfinnsson, T., 2003: Pan-Arctic variation in *Juniperus communis*: historical biogeography based on DNA fingerprinting. *Biochemical Systematics and Ecology* 31: 181–192.
- Ashman, T.-L., 2005: The limits on sexual dimorphism in vegetative traits in a gynodioecious plant. *The American Naturalist* 166: 5–16. <https://doi.org/10.1086/444598>
- Ballian, D., Škvorc, Ž., Franjić, J., Kajba, D., Bogdan, S., Bogunić, F., 2005: Procjena nekih morfoloških značajki munjike (*Pinus heldreichii* Christ.) u dijelu areala. *Šumarski List* 129 (9-10): 475–480.
- Boratyński, A., Jasińska, A.K., Marcysiak, K., Mazur, M., Romo, A. M., Boratyńska, K., Sobierajska, K., Iszkuło, G., 2013: Morphological differentiation supports the genetic pattern of the geographic structure of *Juniperus thurifera* (Cupressaceae). *Plant Systematics and Evolution* 299: 773–784. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0760-7>
- Brus, R., Ballian, D., Zhelev, P., Pandža, M., Bobinac, M., Acevski, J., Raftoyannis, Y., Jarni, K., 2011: Absence of geographical structure of morphological variation in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* in the Balkan Peninsula. *European Journal of Forest Research* 130: 657–670. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0457-1>
- Brus, R., Idžojtić, M., Jarni, K., 2013: 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*. 150 (2): 274–284. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.984790>
- Cattell, R.B., 1966: The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research* 1 (2): 245–276.
- Depypere, L., Chaerle, P., Mijnsbrugge, K. V., Goetghebeur, P., 2007: Stony endocarp dimension and shape variation in *Prunus* section *Prunus*. *Annals of Botany* 100 (7): 1585–1597. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm260>
- Enescu, C. M., Houston Durrant, T., Caudullo, G., de Rigo, D., 2016. *Juniperus communis* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e01d2de+
- Farjon, A., Filer, D., 2013: *An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of their Distribution, Biogeography, Diversity and Conservation Status*. Leiden: Brill, 512 str.

- Garbarino, M., Weisberg, P.J., Bagnara, L., Urbinati, C., 2015: Sex-related spatial segregation along environmental gradients in the dioecious conifer, *Taxus baccata*. *Forest Ecology and Management* 358: 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.09.009>
- Gauquelin, T., Bertaudière-Montès, V., Badri, W., Montès, N., 2002: Sex ratio and sexual dimorphism in mountain dioecious thuriferous juniper (*Juniperus thurifera* L., Cupressaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 138: 237–244. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8339.2002.138002237.x>
- Güvenç, A., Hürkul, M. M., Erdem, A., 2011: The leaf anatomy of naturally distributed *Juniperus* L. (Cupressaceae) species in Turkey. *Turkish Journal of Botany* 35 (3): 251–260. <https://doi.org/10.3906/bot-0904-1>
- Hantemirova, E. V., Berkutenko, A. N., Semerikov, V. L., 2012: Systematics and gene geography of *Juniperus communis* L. inferred from isoenzyme data. *Russian Journal of Genetics* 48: 920–926.
- Hantemirova, E.V., Heinze, B., Knyazeva, S. G., Musaev, A. M., Lascoux, M., Semerikov, V. L., 2017: A new Eurasian phylogeographical paradigm? Limited contribution of southern populations to the recolonization of high latitude populations in *Juniperus communis* L. (Cupressaceae). *Journal of Biogeography* 44: 271–282.
- Harris, M. S., Pannell, J. R., 2008: Roots, shoots and reproduction: sexual dimorphism in size and costs of reproductive allocation in an annual herb. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275: 2595–2602. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0585>
- Hempel, G., Wilhelm, K., 1889-1899: Die Bäume und Sträucher des Waldes (Vol. I-III). Wien: Verlag.
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija, Stanbiro, Zagreb, 470 str.
- Idžojić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, Zagreb, 671 str.
- Iszkuło, G., Jasińska, A. K., Giertych M. J., Boratyński, A., 2009: Do secondary sexual dimorphism and female intolerance to drought influence the sex ratio and extinction risk of *Taxus baccata*? *Plant Ecology* 200: 229–240. <https://doi.org/10.1007/s11258-008-9447-5>
- Jasińska, A. K., Boratyńska, K., Dering, M., Sobierajska, K. I., Ok, T., Romo, A., Boratyński, A., 2014: Distance between south-European and south-west Asiatic refugial areas involved morphological differentiation: *Pinus sylvestris* case study. *Plant Systematics and Evolution* 300: 1487–1502.
- Khantemirova, E. V., Semerikov, V. L., 2010: Genetic variation of some varieties of common juniper *Juniperus communis* L. inferred from analysis of allozyme loci. *Russian Journal of Genetics* 46: 546–554. <https://doi.org/10.1134/S1022795410050066>
- Knyazeva, S. G., Hantemirova, E. V., 2020: Comparative analysis of genetic and morpho-anatomical variability of common juniper (*Juniperus communis* L.). *Russian Journal of Genetics* 56: 48–58.
- Koutecký, P., 2015: MorphoTools: A set of R functions for morphometric analysis. *Plant Systematics and Evolution* 301: 1115–1121.

- Mandić, E., 2024: Varijabilnost obične borovice (*Juniperus communis* L.) u Hrvatskoj na temelju morfoloških karakteristika iglica. Završni rad, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije.
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research, Springer Verlag, 283 str., New York.
- McGowan, G. M., Bayfield, N. G., Olmo, A., 1998: The status of *Juniperus communis* spp. *nana* (dwarf juniper) communities at six sites in north and north-west Scotland. *Botanical Journal of Scotland*, 50: 21–28.
<https://doi.org/10.1080/03746608608685405>
- Miceli, N., Trovato, A., Dugo, P., Cacciola, F., Donato, P., Marino, A., Bellinghieri, V., La Barbera, T. M., Güvenç, A., Taviano, M. F., 2009: Comparative analysis of flavonoid profile, antioxidant and antimicrobial activity of the berries of *Juniperus communis* L. var. *communis* and *Juniperus communis* L. var. *saxatilis* Pall. from Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (15): 6570-7.
<https://doi.org/10.1021/jf9012295>.
- Miles, J., Kinnaird, J. W., 1979: The establishment and regeneration of birch, juniper and Scots pine in the Scottish Highlands. *Scottish Forestry* 33: 102–119.
- Nowak-Dyjeta, K., Giertych, M. J., Thomas, P., Iszkuło, G., 2017: Males and females of *Juniperus communis* L. and *Taxus baccata* L. show different seasonal patterns of nitrogen and carbon content in needles. *Acta Physiologiae Plantarum* 39: 191.
<https://doi.org/10.1007/s11738-017-2489-3>
- Phillips, F. J., 1910: The dissemination of junipers by birds. *Forest Quarterly* 8: 60–73.
- Poljak, I., Vukelić, J., Vidaković, A., Vuković, M., Idžojtić, M., 2020: Varijabilnost populacija običnoga bora (*Pinus sylvestris* L.) na području sjeverozapadnoga dijela Male Kapele prema morfološkim obilježjima iglica i češera. *Šumarski list* 144 (11-12): 539–548.
- Popp, J. W., Reinartz, J. A., 1988: Sexual dimorphism in biomass allocation and clonal growth of *Xanthoxylum americanum*. *American Journal of Botany* 75: 1732–1741.
<https://doi.org/10.2307/2444688>
- R Core Team, 2016: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna. <http://www.R-project.org/> (Pristupljeno 15.5.2024.)
- Rajčević, N., Dodoš, T., Novaković, J., Kuzmanović, N., Janačković, P., Marin, P. 2022: Are environmental factors responsible for essential oil chemotype distribution of Balkan *Juniperus communis* var. *saxatilis* populations? *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology* 157 (1): 102–111.
<https://doi.org/10.1080/11263504.2022.2089764>
- Sokal, R. R., Rohlf, F. J., 1989: *Biometry*, Freeman and CO, San Francisco.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Stefanović, M., Nikolić, B., Matić, R., Popović, Z., Vidaković, V., Bojović, S., 2017: Exploration of sexual dimorphism of *Taxus baccata* L. needles in natural populations. *Trees* 31: 1697–1710. <https://doi.org/10.1007/s00468-017-1579-6>

- Tumpa, K., Liber, Z., Šatović, Z., Medak, J., Idžojić, M., Vidaković, A., Vukelić, J., Šapić, I., Nikl, P., Poljak, I., 2022: High level of phenotypic differentiation of common yew (*Taxus baccata* L.) populations in the north-western part of the Balkan Peninsula. *Forests*, 13: 78.
- Vasiljević, B., Knežević-Vukčević, J., Mitić-Ćulafić, D., Orčić, D., Francišković, M., Srdić-Rajić, T., Jovanović, M., Nikolić, B., 2018: Chemical characterization, antioxidant, genotoxic and in vitro cytotoxic activity assessment of *Juniperus communis* var. *saxatilis*. *Food and Chemical Toxicology* 112: 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.12.044>.
- Vidaković, A., Šatović, Z., Tumpa, K., Idžojić, M., Barišić, A., Poljak, I., 2024: Secondary sexual dimorphism and morphological diversity in two allopatric juniper species: *Juniperus oxycedrus* and *J. deltoides*. *Acta Botanica Croatica* 83 (1): 14–25.
- Vidaković, M., 1993: Četinjače – Morfologija i varijabilnost. Hrvatske šume, Zagreb, 741 str.
- Wahid, N., González-Martínez, S. C., El Hadrami, I., Boulli, A., 2006: Variation of morphological traits in natural populations of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Morocco. *Annals of Forest Science* 63: 83–91.
- WFO 2024: World Flora Online. <https://www.worldfloraonline.org/> (Pristupljeno 1.9.2024.)
- WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.