

# Utjecaj značajki tla na morfološka svojstva iglica i bobuljastih češera obične borovice (*Juniperus communis* L.)

---

Kurjega, Miljana

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:108:970877>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-10**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE  
ŠUMARSKI ODSJEK  
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVO**

**MILJANA KURJEGA**

**UTJECAJ ZNAČAJKI TLA NA MORFOLOŠKA  
SVOJSTVA IGLICA I BOBULJASTIH ČEŠERA  
OBIČNE BOROVICE (*Juniperus communis* L.)**

**DIPLOMSKI RAD**

**ZAGREB, 2021.**

**FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE  
ŠUMARSKI ODSJEK**

**UTJECAJ ZNAČAJKI TLA NA MORFOLOŠKA  
SVOJSTVA IGLICA I BOBULJASTIH ČEŠERA OBIČNE  
BOROVICE (*Juniperus communis* L.)**

**DIPLOMSKI RAD**

Diplomski studij: Šumarstvo – Smjer uzgajanje i uređivanje šuma s lovničkim  
gospodarenjem

Predmet: Gospodarenje i zaštita šumskih tala

Ispitno povjerenstvo: 1. doc. dr. sc. Ivan Perković  
2. doc. dr. sc. Igor Poljak  
3. izv. prof. dr. sc. Vibor Roje

Studentica: Miljana Kurjega

JMBAG: 0068228783

Datum odobrenja teme: 04. svibnja 2021.

Datum predaje rada: 22. rujna 2021.

Datum obrane rada: 24. rujna 2021.

**ZAGREB, RUJAN, 2021.**

## DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov	Utjecaj značajki tla na morfološka svojstva iglica i bobuljastih češera obične borovice ( <i>Juniperus communis</i> L.)
Autorica	Miljana Kurjega
Adresa autorice	Žrtava fašizma 20, 51325 Moravice
Mjesto izrade	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentori	Doc. dr. sc. Ivan Perković Doc. dr. sc. Igor Poljak
Asistent	Antonio Vidaković, mag. ing. silv.
Godina objave	2021.
Obujam	broj stranica: 44 broj slika: 9 broj tablica: 19 broj navoda literature: 72
Ključne riječi	obična borovica, značajke tla, morfometrijska analiza
Sažetak	<p>Cilj rada bio je utvrditi utjecaj tla na morfološka svojstva iglica i bobuljastih češera obične borovice (<i>Juniperus communis</i> L.) i klečice (<i>J. communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall.). Materijal za istraživanja sakupljen je u 15 prirodnih populacija u Hrvatskoj. Unutar svake populacije sakupljeno je po pet kompozitnih uzoraka tla za pedološka istraživanja te biljni materijal, iglice i bobuljasti češeri, s po deset grmova i stabala za morfometrijska istraživanja. Istraživanjima je utvrđeno da se istraživane populacije borovice na osnovi pedoloških i morfoloških značajki statistički značajno razlikuju. Osim toga, hijerarhijskom analizom varijance je utvrđeno da se istraživane svojte, obična borovica i klečica, statistički značajno razlikuju po dimenzijama i obliku iglica te po prosječnom broj sjemenki po bobuljastom češerom. Unutar skupine populacija obične borovice nazirao se je trend grupiranja populacija po ekološkom principu. Submediteranske populacije karakterizirale su duže iglice i osrednje do slabo kisela tla, a kontinentalne populacije kraće iglice i slabo do osrednje alkalna tla. Korelacijskom analizom utvrđene su statistički značajne pozitivne korelacije između udjela gline i veličine iglica, kao i statistički značajne negativne korelacije između pH-vrijednosti tla i veličine iglica.</p>

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Title	Influence of soil properties on the morphological characteristics of the common juniper needles and cones ( <i>Juniperus communis</i> L.)
Author	Miljana Kurjega
Address of Author	Žrtava fašizma 20, 51325 Moravice
Thesis performed at	The Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb
Publication Type	Master thesis
Supervisor	Assistant Professor Ivan Perković, PhD Assistant Professor Igor Poljak, PhD
Publication year	2021
Assistent	Antonio Vidaković, MEng
Volume	Number of pages: 44 Number of figures: 9 Number of tables: 19 Number of references: 72
Key words	common juniper, soil characteristics, morphometric analysis
Abstract	<p>This study aimed to analysed the influence of soil properties on the morphological traits of the needles and cones of common juniper (<i>Juniperus communis</i> L.) and variety of common juniper (<i>J. communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall.). The study encompassed 15 populations from Croatia. In each population, five composite soil samples were collected for the pedological analysis and plant material, needles and cones, from ten shrubs and trees for the morphometric analysis. Significant differences between the studied populations were found in all of the studied morphometric and pedological characteristics. In addition, we revealed that the studied taxa, common juniper and variety of common juniper, can be clearly distinguished based on the needle traits and average seed number per cone. Furthermore, common juniper populations tend to group according to the eco-geographical principal. The submediterranean populations were characterized with the larger needles and moderately to slightly acidic soils and the continental populations with the smaller needles and weakly to moderately alkaline soils. The correlation analysis revealed statically significant positive correlations between soil clay content and needle size, as well as statistically significant negative correlations between soil pH values and needle size.</p>

	<b>IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI</b>	<b>OB FŠDT 05 07</b>
		Revizija: 2
		Datum: 29.04.2021.

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

U Zagrebu, 24. rujna 2021. godine.

---

*vlastoručni potpis*

Miljana Kurjega

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Rod <i>Juniperus</i> L. ....	1
1.2. Taksonomija <i>Juniperus communis</i> L. ....	1
1.3. Morfologija i biologija istraživane vrste .....	2
1.4. Rasprostranjenost i ekologija istraživane vrste.....	4
1.5. Dosadašnja istraživanja.....	5
1.5.1. Tloznanstvena.....	5
1.5.2. Morfološka, genetička i kemijska.....	6
2. CILJ RADA.....	8
3. MATERIJALI I METODE .....	9
3.1. Područje istraživanja .....	9
3.2. Terenska istraživanja .....	9
3.3.1. Pedološke analize tla.....	10
3.3.2. Morfometrijska analiza iglica.....	11
3.4. Statistička obrada podataka .....	12
4. REZULTATI .....	13
4.1. Pedološka istraživanja.....	13
4.1.1. Granulometrijski sastav tla.....	13
4.1.2. Kemijske analize tla .....	13
4.2. Morfometrijska istraživanja .....	18
4.2.1. Deskriptivna statistika .....	18
4.2.2. Korelacijska analiza .....	28
4.2.3. Hijerarhijska analiza varijance.....	29
4.2.4. Klusterska analiza .....	31
4.3. Utjecaj tla na morfološke značajke iglica i bobuljastih češera .....	33
5. RASPRAVA .....	34
5.1. Pedološka istraživanja.....	34
5.2. Morfološka istraživanja.....	35
5.3. Utjecaj pedoloških značajki na morfološke značajke iglica i bobuljastih češera .....	37
6. ZAKLJUČCI .....	38
7. LITERATURA.....	40

## POPIS SLIKA

Slika 1. <i>Juniperus communis</i> L. – habitus (autor fotografije: Igor Poljak).....	2
Slika 2. <i>Juniperus communis</i> L. – iglice (autor fotografije: Igor Poljak).....	3
Slika 3. <i>Juniperus communis</i> L. – bobuljasti češeri (autor fotografije: Igor Poljak). ....	3
Slika 4. <i>Juniperus communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall. – iglice (autor fotografije: Igor Poljak). .....	4
Slika 5. Prirodna rasprostranjenost obične borovice.....	4
Slika 6. Geografski raspored istraživanih populacija. ....	10
Slika 7. CHNS/O Flash 112 tvrtke Thermo-scientific. ....	11
Slika 8. Horizontalno hijerarhijsko stablo 15 populacija obične borovice ( <i>J. communis</i> L. var. <i>communis</i> ) i klečice ( <i>J. communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall.) u Hrvatskoj, temeljeno na morfometrijskoj analizi iglica, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost. ....	32
Slika 9. Horizontalno hijerarhijsko stablo 15 populacija obične borovice ( <i>J. communis</i> L. var. <i>communis</i> ) i klečice ( <i>J. communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall.) u Hrvatskoj, temeljeno na morfometrijskoj analizi bobuljastih češera, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.....	32

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija. ....	9
Tablica 2. Granulometrijski sastav istraživanih populacija. K.P. – krupni pijesak (2-0,2 mm); S.P. – sitni pijesak (0,2-0,063 mm); K.Pr. – krupni prah (0,063-0,020 mm); S.P. – sitni prah (0,020-0,002 mm); G – glina (>0,002 mm). ....	13
Tablica 3. Deskriptivna statistika analiziranih pedoloških parametara za populacije obične borovice - <i>Juniperus communis</i> L. var. <i>communis</i> . ....	15
Tablica 4. Deskriptivna statistika analiziranih pedoloških parametara za populacije klečice - <i>Juniperus communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall. ....	16
Tablica 5. Levenov Test homogenosti varijance, ANOVA za varijable s homogenom varijancom i Kruskal-Wallis test za varijable s nehomogenom varijancom. ....	16
Tablica 6. Tukey HSD test ANOVA za varijable s homogenom varijancom i Kruskal- Wallis test za varijable s nehomogenom varijancom za populacije obične borovice <i>Juniperus communis</i> L. var. <i>communis</i> .....	17
Tablica 7. Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki iglica za populacije obične borovice - <i>Juniperus communis</i> L. var. <i>communis</i> . ....	23
Tablica 8. Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki iglica za populacije obične borovice - <i>Juniperus communis</i> L. var. <i>communis</i> . ....	24
Tablica 9. Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki bobuljastih češera za populacije obične borovice - <i>Juniperus communis</i> L. var. <i>communis</i> .....	25
Tablica 10. Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki bobuljastih češera za populacije obične borovice - <i>Juniperus communis</i> L. var. <i>communis</i> .....	26



Tablica 11. Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki iglica za populacije klečice - <i>Juniperus communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall. ....	27
Tablica 12. Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki bobuljastih češera za populacije klečice - <i>Juniperus communis</i> var. <i>saxatilis</i> Pall. ....	27
Tablica 13. Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki iglica.....	28
Tablica 14. Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki bobuljastih češera.	29
Tablica 15. Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki iglica i bobuljastih češera.....	29
Tablica 16. Hijerarhijska analiza varijance - morfometrijska analiza iglica.....	30
Tablica 17. Hijerarhijska analiza varijance - morfometrijska analiza bobuljastih češera.....	31
Tablica 18. Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki iglica i pedoloških značajki.....	33
Tablica 19. Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki bobuljastih češera i pedološki značajki. ....	33

## **PREDGOVOR**

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku te u Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvaljujem se svojim mentorima doc. dr. sc. Ivanu Perkoviću i doc. dr. sc. Igoru Poljaku na požrtvovnosti, strpljenju, izdvojenom vremenu i što ste omogućili izradu ovog diplomskog rada. Također, veliko hvala asistentu Antoniju Vidakoviću, mag. ing. silv. na pomoći oko izrade rada.

Zahvaljujem se svim profesorima na prenesenom znanju i svim ostalim zaposlenicima Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije. Hvala kolegama i dosadašnjim životnim prijateljima na podršci i suosjećanju tokom vremena studiranja.

Također, hvala mojoj široj obitelji što su vjerovali u moj konačni ishod studiranja. Posebno Hvala mojim roditeljima Marti i Čedi i bratu Dušku koji su omogućili bezbrižno studiranje i bili uz mene. Hvala Tata koji si bio uz mene u najtežim trenucima u kojima si me bodrio korisnim savjetima i davao mi vjetar u leđa za daljnje borbe. Danas sam to što jesam zahvaljujući njima i moj uspjeh je oličenje njihove ljubavi i podrške i zato Hvala Vam!

Veliko hvala svima.

U Zagrebu, 24. rujna 2021. godine.

Miljana Kurjega

# 1. UVOD

## 1.1. Rod *Juniperus* L.

Rod *Juniperus* L. (borovice), pripada potporodici *Juniperoidea* te predstavlja najveći rod u porodici Cupressaceae, a obuhvaća oko 68 vrsta (Herman 1971; Hantemirova i dr. 2012; Adams i dr. 2003).

Vrste ovoga roda rastu kao grmovi ili stabla, a nalazimo ih na cijeloj sjevernoj polutki i to od polarne zone do planina tropa (Herman 1971; Trinajstić 1978; Vidaković 1993; Nikolić 2013). Kora se ljušti uglavnom u uzdužnim ljuskama, dok razgranjenje nije pršljenasto. Listovi borovica mogu biti igličavi ili ljuskavi, ovisno o vrsti. Cvjetovi su jednodomni ili dvodomni, muški pojedinačni, a ženski u cvatovima. Bobuljasti češeri su mesnati, kuglasti do elipsoidni, ne otvaraju se i sazrijevaju u 1. ili 2. godini. U nekih vrsta, kao što je obična borovica, bobuljasti češeri dozrijevaju i u trećoj godini. Plodne ljuske su srasle s pokrovnim ljuskama, a češeri se sastoje od tri do šest pršljenasto poredanih ljusaka od kojih svaka nosi po jednu do dvije sjemenke. Bobuljasti češeri se nikad ne otvaraju, nego ostaju trajno zatvoreni, a u njim se nalazi 1 – 10 sjemenki. Sjemenke su beskrilne, jajaste, često brazdaste, smeđe, imaju tvrdi ljusku i na osnovi izbočinu. Prema Hermanu (1971) borovice možemo podijeliti u tri sekcije: *Caryocedrus*, *Oxycedrus* i *Sabina*.

Sekcija *Caryocedrus* Endl. sadrži sjemenke koje su srasle u jednogradnu do trogradnu "košticu", a obuhvaća samo jednu vrstu, *Juniperus drupacea* Labill.

Sekcija *Oxycedrus* Endl. ima iglice koje su usko suličaste, poredane su u tročlane pršljenove. Smolne žlijezde ne postoje, a baza iglica im nije prilegla uz izbojak. Cvjetovi su dvodomni, a bobuljasti češeri, u kojima sjemenke nisu međusobno srasle, gotovo sjede. Ova sekcija obuhvaća oko deset vrsta od koji su najznačajnije obična borovica (*Juniperus communis* L.) i šmrike (*J. oxycedrus* L. i *J. deltoides* R.P. Adams).

Unutar sekcije *Sabina* L. listovi su sitni, poredani po dva nasuprotno ili po tri pršljenasto. Na hrptu imaju smolnu žlijezdu, a baza im je prilegla uz izbojak. Cvjetovi su jednodomni ili dvodomni, muški cvjetovi i češeri na stapkama. U češerima sjemenke slobodne. Sadrži oko 20 vrsta od kojih su najvažnije planinska somina (*Juniperus sabina* L.) i primorska somina (*J. phoenicea* L.).

## 1.2. Taksonomija *Juniperus communis* L.

*Juniperus communis* pripada sekciji *Oxycedrus*. Zoller (1981) na području cijelog areala opisuje šest različitih podvrsta od kojih tri od prirode rastu i na području Europe: subsp. *communis* (Europa, južni Sibir); subsp. *alpina* (Neilr.) Celak (visoke planine i subarktička područja Europe, Mala Azija, Himalaja, sjeverni Sibir, Japan, Grenland); subsp. *hemisphaerica* (J. et C. Presl.) Nyman (Mediteran, osobito na Pirinejskom poluotoku); subsp. *pressa* (Pursh) Franco (Sjeverna Amerika); subsp.

*rigida* Sieb. et Zucc. (južni i središnji Japan); i subsp. *nipponica* (Maxim) Franco (planine sjevernog Japana).

Prema bazi The Plant List (2021) danas je za vrstu *J. communis* važeća podjela na pet varijeteta: var. *communis*, var. *depressa* Pursh, var. *megistocarpa* Fernald et H.St. John, var. *nipponica* (Maxim.) E.H. Wilson i var. *saxatilis* Pall.

### 1.3. Morfologija i biologija istraživane vrste

*Juniperus communis* L., obična borovica ili kleka, raste većinom kao srednje visoki grm, a rjeđe kao niže stablo (Herman 1971; Šilić 2005). Ima žljebasto deblo s raznoliko formiranom krošnjom od nepravilne do stupolike, a grane mogu biti uzdignute ili viseće te nisu u pršljenima (slika 1). Kora je u početku glatka, a kasnije postaje izbrazdana i odvaja se u obliku ljusaka i traka. Obična borovica ima veoma razgranat korijenov sustav sa žilom srčanicom te razvijenom endotrofnom mikorizom (Šilić 2005). Herman (1971) opisuje drvo obične borovice kao mekano, elastično, trajno i jedričavo, s uskom žućkastom bijeli i svijetlosmeđom srži, bez smolnih kanala.



**Slika 1.** *Juniperus communis* L. – habitus (autor fotografije: Igor Poljak).

Obična borovica ima vazdazelene igličaste listove koji ostaju na izbojku tri do četiri godine, a otpadaju pojedinačno ili katkad zajedno s izbojkom (Idžojtić 2009). Igllice rastu po tri u pršljenu, dugačke su od 5 do 20 mm i široke 1 do 2 mm, uspravne, najšire u osnovi te se postupno sužavaju u šiljati vrh (slika 2). S donje strane su zelene, gole i sjajne, a s gornje strane s bijelom uzdužnom prugom (Šilić 2005; Idžojtić 2009).

Obična borovica je dvodomna i anemofilna vrsta čije cvjetanje traje od travnja do lipnja ovisno o nadmorskoj visini. Muški cvjetovi su jajoliki, svijetložuti, građeni od pet do šest pršljena prašničkih listova, a u pršljenu se nalaze po tri prašnička lista koji nose tri do četiri peludnice. Smješteni su u pazušcima iglica prošlogodišnjih izbojaka.

Ženski cvjetovi su neuočljivi, žućkasto-zeleni, u oko 2 mm dugačkim cvatovima. Imaju tri do četiri pršljena plodnih listova, a u pršljenu se nalaze tri duguljasta, šiljasta plodna lista od kojih su tri vršna konkavno savijena i svaki nosi po jedan sjemeni zametak. Cvatovi se nalaze u pazušcima prošlogodišnjih izbojaka (Idžojić 2009).

Razvoj obične borovice od oprašivanja do oplodnje obično traje jednu godinu. Formiranje počinje kada tri gornje ljuske potpuno obaviju sjemenku koja dozrijeva (Mägdefrau i Ehrendorfer 1988). Bobuljasti češer obične borovice je ispočetka svijetloželen, a potom u doba zrenja postaje debeo, mesnat, kuglasto-jajast, plavkastocrn i nahukan (slika 3). Veličina češera u ove vrste kreće se u rasponu od 4 – 9 mm (Šilić 2005). Na njihovom vrhu jasno se uočavaju brazdice što ih ostavljaju šavovi češernih ljusaka (Herman 1971; Mägdefrau i Ehrendorfer 1988). Dozrijevaju ujesen i zimi slijedeće godine ili tek u proljeće treće godine (Idžojić 2009). Nalazimo ih na kratkoj stapci, a obično su sastavljeni od tri do šest ljusaka. Unutar češera nalazimo većinom po tri tvrde, čunjasto-trokutaste i smeđe sjemenke (Šilić 2005). Prema Idžojić (2009) 1000 sjemenki teži 10 g. Razmnožavanje vrste obavlja se sjemenom ili vegetativno reznicama. Klijanci imaju po dvije supke (Šilić 2005).



**Slika 2.** *Juniperus communis* L. – iglice (autor fotografije: Igor Poljak).



**Slika 3.** *Juniperus communis* L. – bobuljasti češeri (autor fotografije: Igor Poljak).

Osim tipične vrste, obične borovice, na području Hrvatske u planinskim područjima raste i klečica – *Juniperus communis* L. var. *saxatilis*. Klečicu u literaturi nalazimo i pod sljedećim nazivima: *J. sibirica* Burgsd., *J. communis* var. *montana* Aiton, *J. communis* subsp. *nana* Willd., *J. nana* Willd., *J. alpina* S.F. Gray, *J. communis* var. *alpina* Suter te *J. communis* subsp. *alpina* (Suter) Celak. Klečica je poplegli grm visine od 20 do 50 cm, čije su grane gusto smještene, a grančice kratke, debele, trobridne i nepravilno povinute. Iglice su usmjerene prema vrhu izbojka, 4 – 8 mm dugačke, 1 – 2 mm široke, vrlo naglo ušiljene (slika 4). Bobuljasti češer je jajast do kuglast, promjera 7 – 10 mm, plavičastocrne boje (Vidaković 1993).

Klečicu često nalazimo na tresetištima u sjevernoj Aziji i Sjevernoj Americi. U Hrvatskoj je rasprostranjena na Dinaridima (Vidaković 1993). Prema Gonny i dr. (2005), klečica obično pridolazi od 1700 do 2500 m nadmorske visine.



**Slika 4.** *Juniperus communis* var. *saxatilis* Pall. – iglice (autor fotografije: Igor Poljak).

#### **1.4. Rasprostranjenost i ekologija istraživane vrste**

Obična borovica ima vrlo široku ekološku valenciju i najrasprostranjenija je vrsta od svih golosjemenjača (slika 5). Prirodno se rasprostire u Europi i Maloj Aziji, na Kavkazu, zatim u Iranu i Afganistanu te na Himalaji u Aziji. Osim toga, od prirode raste i u Sjevernoj Americi, a rijetko i u planinama sjeverne Afrike. U Sjevernoj Americi širi se od Aljaske na istok do Labradora i Grenlanda, na jug do New Yorka i zapadno do Minesote i Woyminga također na jug ide i u sjeverozapadnu Južnu Karolinu i središnju Arizonu (Little 1989; Vidaković 1993; Roloff i dr. 2014).



**Slika 5.** Prirodna rasprostranjenost obične borovice.

Prema Hermanu (1971) obična borovica podnosi vrlo niske zimske temperature i ljetnu sušu te je skromna u svojim zahtjevima prema bonitetu tla. Podjednako dobro raste na ilovastim i pjeskovitim tlima te suhim ili poluvlažnim. Njezina velika zastupljenost očituje se na izrazito acidofilnim tlima u degradiranim zajednicama hrasta kitnjaka i obične breze te u vrištinama i bujadnicama brdskih i nižih planinskih predjela (Vidaković 1993; Vukelić 2012). Prema Vidakoviću (1993) obična borovica je pionirska vrsta koja dobro veže tlo na devastiranim terenima kakve možemo naći na otvorenim položajima na planinskim pašnjacima, goletima i šumskih sječinama. S obzirom na to da je heliofilna vrsta ima velike zahtjeve za osunčanim, svijetlim i otvorenim staništima (Dapper 1985, 1992; Dierßen 1996; Šilić 2005; Roloff i dr. 2014).

## 1.5. Dosadašnja istraživanja

Budući da se radi o vrsti s vrlo velikim arealom, koji se prostire preko čak četiri kontinenta, do sada su provedena brojna ekološka, morfološka, kemijska i genetička istraživanja obične borovice.

### 1.5.1. Tloznanstvena

Obična borovica raste na različitim tipovima tala. U južnim (sušnim) dijelovima Europe ova vrsta uspijeva na vapnencima te na strmim i izloženim padinama koje karakteriziraju plitka tla sklona suši (Ward 1973). S druge strane u sjevernim dijelovima Europe gdje se pojavljuju veće količine padalina raste na sjevernim ekspozicijama (Thomas i dr. 2007). Dobro i neometano uspijeva na svim tlima koja se slobodno dreniraju, a osobito na vapnencima, škriljevcima i kvarcitu. Ipak, vrsta je koja izbjegava pretjerano vlažna (zamočvarena) i pretjerano isušena tla.

Clifton i dr. (1997) na području sjevernog dijela Engleske (Northumbria) utvrdili su uglavnom populacije borovice na karbonatnim stijenama na području gorja Pennines do sporadično na kiselim tlima andezitskih lava.

Za razliku od obične borovice (*J. communis* var. *communis*) klečica (*J. communis* var. *saxatilis*) je ograničena na izdanke stijena i suša područja. U sjeverozapadnoj Škotskoj općenito se nalazi na kiselim matičnim supstratima s površinskim mozaikom od stijena, golog tla i vegetacije (McGowan i dr. 1998). Na dubljim tlima javlja se uglavnom na slobodnom drenirajućem tresetu dubine < 30 cm, često s određenim udjelom mineralne komponente. U Škotskoj, var. *communis* uspijeva na tlu u kojem se pH kreće u rasponu od 4,1 do 5,7 (Forbes i Proctor 1986), a var. *saxatilis* na tlu u kojem se pH kreće u rasponu od 3,7 do 4,9 (Sullivan 2001). 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).

### 1.5.2. Morfološka, genetička i kemijska

Vanden-Broeck i dr. (2011) istražuju genetičku raznolikost i strukturiranost populacija obične borovice na području sjeverozapadne Europe, koristeći pritom AFLP biljege. Njihov cilj bio je kvantificirati uspješno širenje sjemenom ove dvodomne vrste u fragmentiranom krajoliku sjeverozapadne Europe. Procijenjene stope širenja sjemenom bile su između 3 % i 14 %. Iako na lokalnoj razini na području Belgije nije ustanovljena populacijska diferenciranost ni prostorna strukturiranost, značajna niska do srednja diferenciranost populacija utvrđena je na regionalnoj razini na području sjeverozapadne Europe. Općenito, geografski bliže populacije bile su i genetički sličnije. Ova je studija utvrdila visoku unutarpopulacijsku raznolikost, ali nije utvrđena njena povezanost s veličinom populacija ili zdravljem sjemena.

Vaičiulytė i Ložienė (2013) istražuju varijabilnost sadržaja eteričnog ulja i morfoloških karakteristika iglica obične borovice na području Litve. Istraživanje je obuhvaćalo 110 jedinki obične borovice s 11 različitih staništa. Kapilarnom plinskom kromatografijom provedena je analiza eteričnih ulja. Na temelju rezultata istraživanja utvrđeno je da dolazi do intenzivnijeg nakupljanja eteričnih ulja i veće intraspecifične varijacije u količini eteričnog ulja u nezrelim češerima nego u lišću. Osim toga, uočene su značajne razlike između količina  $\alpha$ - i  $\beta$ -pinena.  $\beta$ -pinen je otkriven u mnogo većim količinama od  $\alpha$ -pinena. Utvrđena je pozitivna korelacija između izomera pinena u češerima i iglicama iste biljke. Značajne razlike između populacija obične borovice utvrđene su za dužinu iglica, masu nezrelih češera i prinosu esencijalnog ulja u iglicama. Međutim, utvrđena je i značajna povezanost između prinosa eteričnog ulja i insolacije staništa ( $r = -0,67$ ,  $p < 0,05$ ) i kiselosti tla ( $r = -0,80$ ,  $p < 0,05$ ).

Reim i dr. (2016) istražuju genetičku raznolikost i strukturiranost u sedam fragmentiranih populacija obične borovice u Njemačkoj pokrajini Saskoj, pomoću nuklearnih mikrosatelita (nSSR) i polimorfizma s jednim nukleotidom kloroplasta (cpSNP). Primjenom Bayesove analize i analize molekularne varijance (AMOVA) utvrđena je velika genetička raznolikost, no nijedna metoda nije mogla otkriti populacijsku diferencijaciju. Isto je vrijedilo i za tri uzorka izvan grupe *J. communis* podrijetlom iz Italije, Slovačke i Norveške, koje su također pokazale veliku genetičku raznolikost i male genetičke razlike. Niska genetička diferencijacija između populacija upućuje na visok stupanj protoka gena putem peludi, ali i putem sjemena.

Opsežnu studiju o genetičkoj i morfološko-anatomske varijabilnosti populacija obične borovice objavljuju Knyazeva i Hantemirova (2020). Studija je obuhvaćala 27 populacija iz Europe, Azije i Sjeverne Amerike. Morfološko-anatomske analize iglica ukazale su na visok stupanj plastičnosti. Osim toga, populacije obične borovice s Kavkaza, ponajviše one iz Gunib regije (Rusija), pokazale su se značajno različitim od ostalih populacija. Istovremeno, ova je grupa populacija pokazala i visoku heterogenost i međupopulacijsku varijabilnost. Ostale populacije su se grupirale u tri klastera: euro-sibirsk, dalekoistočne i sjeverno-američke. Genetička istraživanja pokazala su odsutnost značajnih razlika između *J. communis* var. *communis* i var.



*saxatilis* te nisku međupopulacijsku diferenciranost u cijelom arealu, što upućuje na značajan protok gena između populacija i njihovo zajedničko porijeklo.

Merwe i dr. (2000) istražuju genetičku raznolikost u dva glavna središta rasprostranjena obične borovice u Velikoj Britaniji. U planinskoj zoni na sjeveru i zapadu rasprostiru se velike populacije koje su i dalje reproduktivne, dok su u južnom dijelu otoka prisutne male i fragmentirane populacije u kojih je prisutan pad reproduktivnosti. Iako su autori na temelju navedenih opservacija očekivali da će velike i spolno održive populacije imati visoku razinu unutarpopulacijske varijabilnosti, te da će manje južne populacije biti genski siromašnije, to nije bio slučaj. Svoju hipotezu su testirali koristeći AFLP biljege, koji su pokazali iznenađujuće rezultate. Naime sve istraživane populacije su pokazale visoku genetičku varijabilnost, ali i izraženu strukturiranost. Na temelju dobivene geografske strukturiranosti autori postavljaju novu hipotezu da je obična borovica naselila otočje Velike Britanije preko tri odvojena koridora.

Rajčević i dr. (2020) istražuju varijabilnost eteričnih ulja obične borovice na području sjeverozapadnog Balkana (Slovenija i Hrvatska). Eterična ulja su složene mješavine terpenoidnih spojeva te alifatskih i aromatičnih ugljikovodika. Cilj istraživanja bio je utvrditi raznolikost klasa terpena tipičnog za *J. communis* koji raste pod različitim klimatskim uvjetima, na različitim podlogama i na različitim nadmorskim visinama. Geografska distribucija analiziranih populacija obuhvaćala je pet lokaliteta: Vršič, Divača, Hreljin, Slunj i Lika. Na temelju provedene analize utvrđeno je da terpenoidi u iglicama proučavanih jedinki obične borovice imaju veliku varijabilnost, s prisutnošću nekoliko kemotipova. U većini analiziranih uzoraka dominantni spoj je  $\alpha$ -pinenom i terpinen-4-olom, što je u skladu s ranije dobivenim rezultatima. Multivarijatna statistička analiza pokazala je razdvajanje gotovo svih proučavanih populacija na temelju sadržaja terpenoida. Dvije populacije, Hreljin i Divača, pokazale su potpuno preklapanje. Klima, geološki supstrat, tip tla, inklinacija i ekspozicija nisu pokazali značajnu povezanost sa sastavom eteričnih ulja, sugerirajući snažniji utjecaj genetičkih čimbenika u odnosu na ekološke.

## 2. CILJ RADA

Cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost obične borovice (*Juniperus communis*) i klečice (*J. communis* var. *saxatilis*) na temelju morfoloških karakteristika iglica i bobuljastih češera iz 15 populacija iz gorskog i primorskog dijela Hrvatske. Osim toga, cilj je bio i utvrditi pedološka svojstva tla i njihovu povezanost s morfološkim karakteristikama iglica i bobuljastih češera.

Na temelju postavljenog cilja provedene su sljedeće aktivnosti:

1. prikupljena je literatura o relevantnim istraživanjima;
2. prikupljeni su podaci o području istraživanja;
3. napravljen je plan uzorkovanja;
4. sakupljeni su uzorci tla i 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. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Područje istraživanja

U istraživanje je uključeno 15 populacija. Ukupno je analizirano 12 populacija obične borovice (*Juniperus communis* var. *communis*) i tri populacije klečice (*J. communis* var. *saxatilis*). S ekološkog stajališta populacije obične borovice možemo razvrstati u dvije skupine: kontinentalnu i submediteransku. Kontinentalna skupina je predstavljena sa sedam populacija (Brinje, Brod Moravice, Klek, Krasno, Otočac, Sošice, Soviljica), a submediteranska sa pet populacija (Poreč, Senj, Škorpeti, Vela Draga, Žminj). Opće značajke istraživanih populacija prikazane su u tablici 1, a njihov geografski raspored na slici 6.

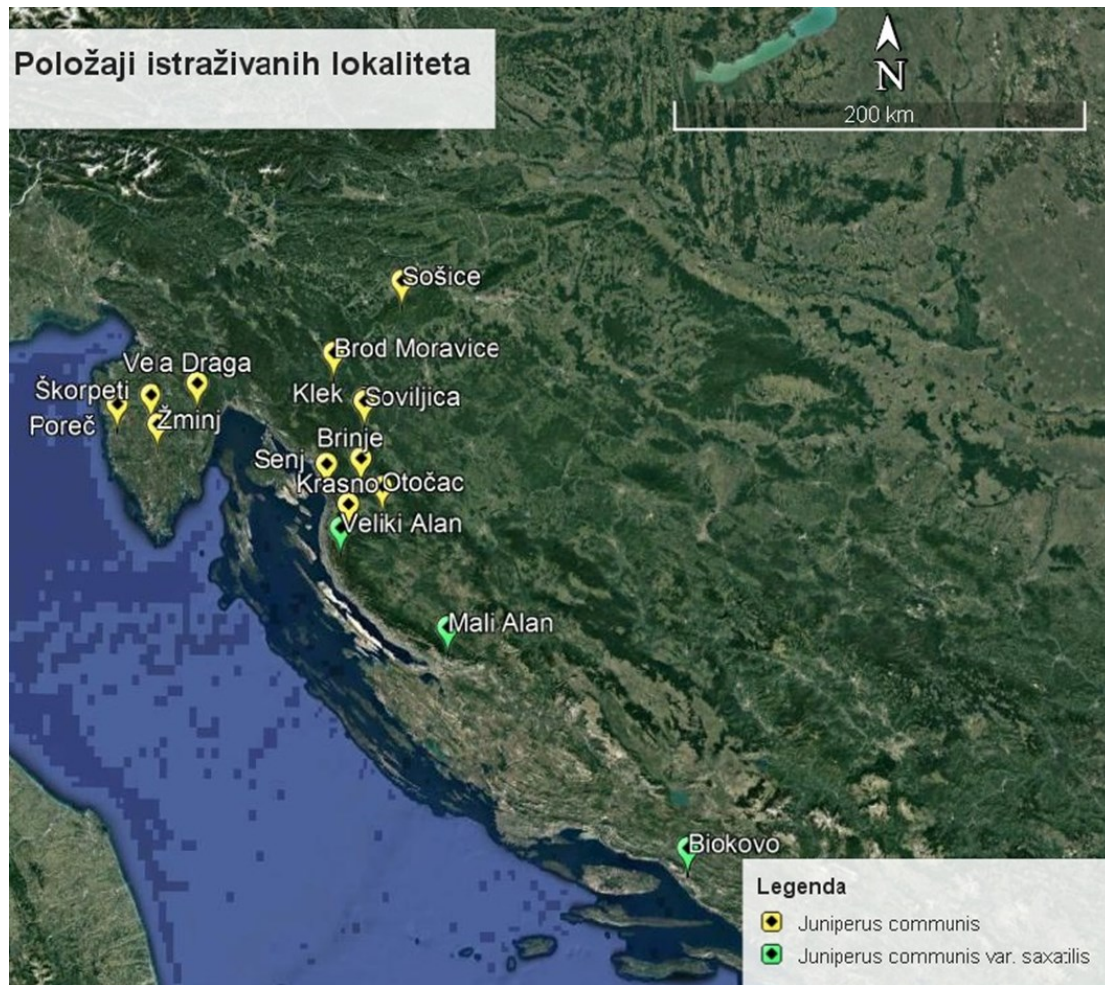
Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija.

Populacija	Varijetet	Područje	Geografska dužina	Geografska širina	Nadmorska visina (m)
Brinje	<i>communis</i>	kontinentalno	45°0'26,2"	15°8'5,9"	465-481
Brod Moravice	<i>communis</i>	kontinentalno	45°27'19,2'	14°58'27,6"	555-560
Klek	<i>communis</i>	kontinentalno	45°15'47,8"	15°9'39,3"	1110-1125
Krasno	<i>communis</i>	kontinentalno	44°48'48,7"	15°3'27,8"	795-810
Otočac	<i>communis</i>	kontinentalno	44°53'10,0'	15°15'53,1"	430-448
Poreč	<i>communis</i>	submediteransko	45°14'1,9"	13°38'57,1"	10-15
Senj	<i>communis</i>	submediteransko	44°59'4,0"	14°55'41,8"	20-30
Škorpeti	<i>communis</i>	submediteransko	45°16'27,4"	13°51'12,9"	320-335
Sošice	<i>communis</i>	kontinentalno	45°45'33,1"	15°23'49,3"	565-575
Soviljica	<i>communis</i>	kontinentalno	45°14'57,6"	15°9'24,6"	810-822
Vela Draga	<i>communis</i>	submediteransko	45°19'33,5"	14°8'24,6"	530-540
Žminj	<i>communis</i>	submediteransko	45°8'59,6"	13°53'50,7"	360-375
Biokovo	<i>saxatilis</i>	planinsko	43°19'27,6"	17°3'29,7"	1452-1540
Mali Alan	<i>saxatilis</i>	planinsko	44°17'16,8"	15°39'8,9"	1355-1380
Veliki Alan	<i>saxatilis</i>	planinsko	44°42'46,3"	15°0'42,2"	1325-1340

#### 3.2. Terenska istraživanja

Sakupljanje uzoraka za pedološka i morfometrijska istraživanja provedeno je tijekom jeseni i zime 2020. i 2021. godine. Unutar svake istraživane populacije uzeti su kompozitni uzorci tla s dubine 0-10 cm (pet uzoraka po lokalitetu) te je sakupljen biljni materijal za morfometrijska istraživanja. Svaka populacija je bila predstavljena s po 10 grmova/stabala, a u analizu su uključene isključivo ženske biljke. Na svakoj biljci sakupljeni su izbojci dužine 20-30 cm s osunčanog dijela krošnje. Birani su oni izbojci koji su imali veliki broj zrelih bobuljastih češera. Nakon što je završen terenski dio istraživanja, uzorci tla dopremljeni su u Pedološko ekološki laboratorij u Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma, a biljni materijal u Molekularno-biološki laboratorij u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvne

tehnologije u Zagrebu. Odmah po povratku s terena biljni materijal je pohranjen u hladnjak na 5 °C do daljnje manipulacije.



Slika 6. Geografski raspored istraživanih populacija.

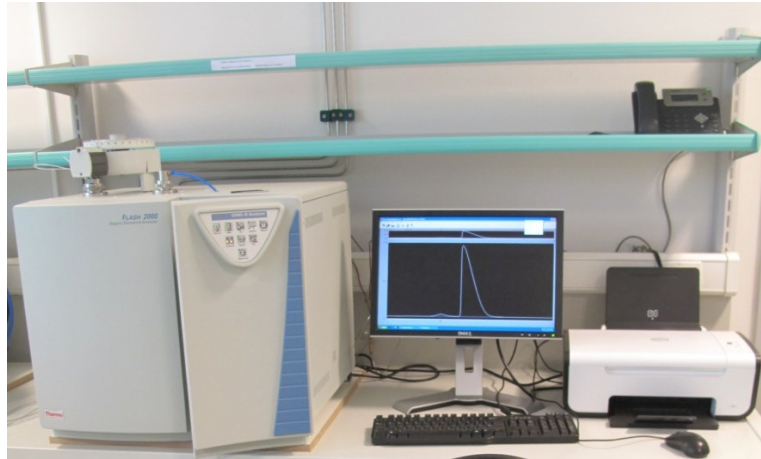
### 3.3. Laboratorijske analize

#### 3.3.1. Pedološke analize tla

Priprema uzoraka tla za analize obuhvaćala je sušenje uzoraka, potom drobljenje u tarioniku te prosijavanje kroz dva sita gustoće pletiva 2 mm × 2 mm te 0,2 mm × 0,2 mm. Nakon što su uzorci prosijani, pohranjeni su u plastične posudice s odgovarajućim oznakama (u skladu s ISO 11464, 1994) (Pernar i dr. 2013).

Analize provedene u ekološko-pedološkom laboratoriju su slijedeće: određivanje reakcije tla odnosno pH-vrijednosti (u skladu s ISO 10390, 1994). Na uzorcima čija je pH-vrijednost u CaCl<sub>2</sub> bila veća od 5,5 određen je i udjel karbonata u tlu (u skladu s ISO 10693, 1995). Za potrebe preračunavanja udjela karbonata, organskog ugljika i totalnog dušika na apsolutno suho tlo određen je udjela vode u uzorcima tla fizički izmijenjenog stanja (u skladu s ISO 11465, 1993).

Granulometrijski sastav tla, odnosno određivanje raspodjele veličina čestica u mineralnom dijelu tla na temelju kojeg je određena tekstura tla napravljena je u skladu s ISO standardima (ISO 11277, 2009). Određivanje udjela organskog i ukupnog ugljika (ISO 10694, 1995) te ukupnog dušika (ISO 13878, 1998) napravljeno je metodom suhog spaljivanja u uređaju CHNSO/O Flash 112 tvrtke Thermo-scientific (slika 7).



**Slika 7.** CHNS/O Flash 112 tvrtke Thermo-scientific.

### 3.3.2. Morfometrijska analiza iglica

Priprema materijala za morfometrijsku analizu obuhvaćala je odvajanje bobuljastih češera od izbojaka te herbariziranje izbojaka s iglicama. Nakon što su uzorci herbarizirani sa svakog izbojaka odvojeno je po 20 u potpunosti razvijenih i neoštećenih iglica. Igljice su potom učvršćene na herbarijski papir izrađen od 100 % pamuka koji trajno zadržava svoje karakteristike i time jamči očuvanost i dobar izgled naših uzoraka. Nakon što su iglice herbarizirane, skenirane su pomoću MICROTEK ScanMaker 4800 skenera te izmjerene pomoću računalnog programa WinFOLIA (2001), dizajniranog 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 značajke: površina iglice (NA); opseg iglice (P); koeficijent oblika (FC); 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 (NA1); 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 (NA2).

Bobuljastim češerima je pomoću digitalne pomične mjerke (AlphaTools®) izmjerena širina (W) i dužina (H) te je vizualno određen broj češernih ljusaka (CSN). Iz svakog češera su zatim ručno izvađene i prebrojane sjemenke (SN) te je pomoću digitalne pomične mjerke izmjerena i njihova debljina (ST).

Biljni materijal korišten u ovom istraživanju trajno je pohranjen u Herbariju (DEND) Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku.

### 3.4. Statistička obrada podataka

Deskriptivna statistička analiza korištena je kako bi se utvrdio trend variranja izmjerenih morfoloških značajki iglica i bobuljastih češera obične borovice, kao i analizirana pedološka svojstva tala, pri čijem su izračunu korišteni standardni algoritmi deskriptivne statističke analize (Sokal i Rohlf 1989): aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV%).

Razlike između istraživanih skupina populacija obične borovice za istraživana svojstva tla testirane su jednosmjernom analizom varijance (ANOVA) za one varijable koje su imale homogene varijance (Leavenov test homogenosti varijance). Za varijable koje nisu imale homogene varijance razlike između populacija ispitane su neparametrijskom analizom varijance – Kruskal-Wallis ANOVA. Razlike su ispitane i između svih parova populacija *post-hoc* testom (Tukey HSD test) i Kruskal-Wallis testom. Razina značajnosti od 5 % smatrala se statistički značajnom.

Hijerarhijska analiza varijance je korištena kako bi se ukupna varijanica raščlanila na sljedeće sastavnice: između istraživanih varijeteta, populacija te grmova/stabala unutar populacija. Efekt populacija bio je fiksiran unutar efekta varijetet, a efekt grm/stablo unutar efekta populacija.

Kako bi se ispitala ovisnost između morfoloških značajka iglica, bobuljastih češera i pedoloških svojstava provedena je korelacijska analiza.

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti između istraživanih populacija korištena je *cluster* analiza (Zebec 2010; Poljak 2014). U ovom radu je korištena hijerarhijska metoda udruživanja objekata (*joining*), odnosno algoritam izrade stabla (*tree clustering algorithm*). Svrha navedenog algoritma udruživanje je neklasificiranih objekata u *cluster*e, pomoću nekih mjera sličnosti ili različitosti objekata, a kao krajnji rezultata dobivamo horizontalno hijerarhijsko stablo, odnosno dendrogram. Na takvom dendrogramu os x označava udaljenost povezivanja koja se može izračunati na više različitih načina, a za potrebe ovog rada izračunata je Euklidova udaljenost. Za udruživanje klastera korištene su sljedeće metode: (1) metoda centroida (*Unweighted Pair-Group Centroid* (UPGMC) i *Weighted Pair-Group Centroid* (WPGMC)); (2) pojedinačna vezanost ili metoda najbližeg susjeda (*Single Linkage, Nearest Neighbor Method*); (3) potpuna vezanost ili metoda najdaljeg susjeda (*Complete Linkage, Farthest Neighbor Method*); (4) prosječna vezanost (*Average Linkage - Unweighted Pair-Group Average* (UPGMA) i *Weighted Pair-Group Average* (WPGMA)); (5) Wardova metoda (*Ward's Method*). Provedene su dvije analize od kojih je prva obuhvaćala aritmetičke sredine populacija za izmjerene morfološke značajke iglica, a druga bobuljastih češera. Podaci dobiveni morfometrijskom analizom prije same analize standardizirani su *z-score* metodom.

Prilikom statističke obrade podataka korišten je programski paket Statistica for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Pedološka istraživanja

#### 4.1.1. Granulometrijski sastav tla

Rezultati deskriptivne statističke analize za granulometrijski sastava tla prikazani su u tablici 2. Istarske populacije imaju najveći udjel gline (oko 50 %) gdje se teksturna oznaka tla kreće u rasponu od praškaste gline (Poreč, Žminj i Škorpeti) do gline (Vela Draga). U ostalih populacija tekstura tla kreće se u rasponu od praškaste ilovače do glinaste ilovače. U populacijama *Juniperus communis* var. *saxatilis* na sva tri lokaliteta utvrđena je teksturna oznaka praškasta ilovača s udjelom gline od oko 21 %.

**Tablica 2.** Granulometrijski sastav istraživanih populacija. K.P. – krupni pijesak (2-0,2 mm); S.P. – sitni pijesak (0,2-0,063 mm); K.Pr. – krupni prah (0,063-0,020 mm); S.P. – sitni prah (0,020-0,002 mm); G – glina (>0,002 mm).

Populacija	K.P.	S.P.	K.Pr.	S.Pr.	G.	Teksturna oznaka
Brinje	8,29	2,65	10,13	42,08	36,85	Praškasto glinasta ilovača
Brod Moravice	14,55	8,33	11,71	29,00	36,41	Glinasta ilovača
Klek	11,86	10,40	25,22	36,96	15,56	Praškasta ilovača
Krasno	0,45	0,54	16,11	56,40	26,50	Praškasta ilovača
Otočac	8,06	3,98	18,26	46,66	23,03	Praškasta ilovača
Poreč	0,85	1,99	18,13	20,66	58,36	Praškasta glina
Senj	14,08	5,82	15,72	38,55	25,84	Praškasta ilovača
Škorpeti	1,15	1,14	18,44	33,56	45,71	Praškasta glina
Sošice	23,62	11,45	20,61	18,32	25,99	Ilovača
Soviljica	31,72	9,82	13,62	25,43	19,41	Ilovača
Vela Draga	21,03	3,53	8,20	25,01	42,24	Glina
Žminj	0,61	1,15	20,20	28,45	49,59	Praškasta glina
Biokovo	2,46	3,72	31,76	41,07	20,99	Praškasta ilovača
Mali Alan	5,29	10,57	22,56	40,49	21,09	Praškasta ilovača
Veliki Alan	13,51	0,61	15,92	48,06	21,89	Praškasta ilovača

#### 4.1.2. Kemijske analize tla

Za pedološke značajke prikazani su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD), koeficijent varijabilnosti (CV%) (tablice 3 i 4), Levenov Test homogenosti varijanci, ANOVA za varijable s homogenom varijancom i Kruskal-Wallis test za varijable s nehomogenom varijancom (tablica 5). Također, proveden je Tukey HSD test ANOVA za varijable s homogenom varijancom i Kruskal-Wallis test za varijable s nehomogenom varijancom (tablica 6).

Najmanje vrijednosti reakcije tla odnosno pH-vrijednosti u vodi i CaCl<sub>2</sub> na istraživanim populacijama za *Juniperus communis* var. *communis* zabilježene su u

populacije Žminj ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  5,89;  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  5,22), a najveće vrijednosti u populacije Soviljica ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  8,38;  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  7,25). U ostalih populacija prema Gračaninu i Ilijanič (1977) dominira vrlo slabo do slabo alkalna reakcija tla izuzev u istarskim populacijama Poreč i Škorpeti gdje je reakcija tla vrlo slabo kisela. U populacijama *Juniperus communis* var. *saxatilis* prevladava vrlo slabo do slabo alkalna reakcija. Statistički značajne razlike pH-vrijednosti u vodi utvrđene su između populacija Žminj, Poreč i Škorpeti gdje su vrijednosti najmanje u odnosu na ostale populacije. pH-vrijednost u  $\text{CaCl}_2$  između pojedinih populacija se odnosi kao i između pH-vrijednost u vodi.  $\Delta\text{pH}$  u istraživanim populacijama se kreće u rasponu od 0,25 do 1,18 (razlika između  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  i  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ ).

U istraživanim populacijama prema ICP Forest Monitoring (Cools i De Vos 2010) protokolu određivan je udjel karbonata u tlu na uzorcima čija je pH-vrijednost u  $\text{CaCl}_2$  veća od 5,5. Udjel karbonata nije određivan u populaciji Žminj, dok je u populaciji Poreč samo na jednom uzorku određen udjel karbonata. Iz udjela karbonata odredili smo mineralni ugljik ( $C_{\text{min}}$ ) koji smo oduzeli od ukupnog ugljika ( $C_{\text{uk}}$ ) da bi dobili organski ugljik ( $C_{\text{org}}$ ) s kojim su dalje interpretirani rezultati. Prema Vanmechelenu i dr. (1997) ocjena udjela karbonata se kreće u rasponu od nizak (Poreč i Krasno) do vrlo visok (Soviljica) gdje je udjel karbonata u tlu preko 90 %. Za populacije *Juniperus communis* var. *saxatilis* ocjena udjela karbonata je od srednje (Biokovo i Veliki Alan) do visoke (Mali Alan).

Prosječni udjeli organskog ugljika u površinskom sloju tla u populacijama tipične borovice, *Juniperus communis* var. *communis* kretao se u rasponu od 1,66 % (Soviljica) do 11,48 % (Senj). Najveće vrijednosti zabilježene su u populaciji klečice, *Juniperus communis* var. *saxatilis* na Biokovu, 14,42 %. Provedenom analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između populacije Soviljica s nižim udjelom organskog ugljika i populacija Senj, Sošice i Biokovo i Veliki Alan. Razlog nižeg udjela organskog ugljika u populaciji Soviljica je u činjenici da ima najveći udjel karbonata, a posljedično s time i najveći udjel mineralnog ugljika. Prosječni udjeli dušika kretali su se u rasponu od 0,22 % (Soviljica) do 1,02 % (Sošice). Populacije Sošice i Biokovo s najvećim udjelom dušika statistički su se značajno razlikovale od većine ostalih istraživanih populacija, izuzev populacija Klek i Veliki Alan. C/N odnos površinskog sloja tla u istraživanim populacijama kretao se od 6,74 (Soviljica) do 17,92 (Mali Alan).



**Tablica 3.** Deskriptivna statistika analiziranih pedoloških parametara za populacije obične borovice - *Juniperus communis* L. var. *communis*.

Značajka	Deskriptivni pokazatelji	Brinje	Brod Moravice	Klek	Krasno	Otočac	Poreč	Senj	Škorpeti	Sošice	Soviljica	Vela Draga	Žminj
pH H <sub>2</sub> O	M	7,59	7,93	7,67	7,14	7,36	6,60	7,07	6,45	7,93	8,38	7,82	5,89
	SD	0,18	0,40	0,30	0,44	0,11	0,32	0,73	0,51	0,14	0,37	0,25	0,18
	CV (%)	2,38	4,99	3,97	6,10	1,47	4,91	10,25	7,92	1,79	4,38	3,16	2,38
pH CaCl <sub>2</sub>	M	7,05	7,18	7,01	6,50	7,12	6,15	6,51	5,88	7,17	7,25	7,12	5,22
	SD	0,07	0,14	0,24	0,45	0,09	0,32	0,70	0,52	0,22	0,09	0,14	0,57
	CV (%)	1,01	2,01	3,47	6,87	1,29	5,18	10,80	8,78	3,12	1,29	1,96	10,88
w CaCO <sub>3</sub>	M	2,81	21,90	34,65	0,55	14,61	0,12	15,95	4,20	47,50	91,34	26,60	-
	SD	1,22	21,33	34,45	0,84	12,55	0,12	25,38	-	28,23	11,29	29,76	-
	CV (%)	43,53	97,42	99,43	154,21	85,88	98,73	159,18	-	59,43	12,36	111,88	-
Corg	M	6,26	6,71	8,51	9,39	5,40	5,65	11,48	6,12	12,38	1,66	5,28	5,97
	SD	0,57	1,66	2,33	2,91	0,81	1,14	1,75	-	5,54	1,61	1,80	0,04
	CV (%)	9,03	24,78	27,41	31,01	14,91	20,13	15,27	-	44,79	97,14	34,01	8,48
Ntot	M	0,51	0,42	0,64	0,69	0,54	0,39	0,93	0,51	1,02	0,22	0,44	0,43
	SD	0,03	0,10	0,12	0,13	0,05	0,07	0,16	0,08	0,37	0,12	0,10	0,04
	CV (%)	6,91	22,93	18,66	19,54	9,90	18,97	16,83	14,98	35,84	57,17	23,51	8,48
C/N	M	12,35	15,96	13,80	13,37	9,93	14,12	12,43	12,67	11,90	6,74	12,08	13,97
	SD	0,47	1,43	5,20	1,46	1,13	0,92	0,61	0,98	2,53	2,96	3,23	0,69
	CV (%)	3,81	8,93	37,67	10,92	11,41	6,49	4,87	7,77	21,24	43,95	26,78	4,91

**Tablica 4.** Deskriptivna statistika analiziranih pedoloških parametara za populacije klečice - *Juniperus communis* var. *saxatilis* Pall.

Značajka	Deskriptivni pokazatelji	Biokovo	Mali Alan	Veliki Alan
pH H <sub>2</sub> O	M	7,60	7,97	7,32
	SD	0,25	0,40	0,37
	CV	3,24	5,01	5,12
pH CaCl <sub>2</sub>	M	6,99	7,22	6,68
	SD	0,26	0,19	0,36
	CV	3,69	2,59	5,32
w CaCO <sub>3</sub>	M	15,59	28,75	9,21
	SD	25,31	27,67	15,89
	CV	162,32	96,24	172,55
Corg	M	14,42	5,55	9,83
	SD	9,76	1,85	5,99
	CV	67,67	33,38	60,93
Ntot	M	1,13	0,44	0,75
	SD	0,57	0,22	0,26
	CV	50,42	48,98	35,06
C/N	M	12,13	17,92	12,44
	SD	1,60	14,42	3,28
	CV	13,23	80,48	26,33

**Tablica 5.** Levenov Test homogenosti varijance, ANOVA za varijable s homogenom varijancom i Kruskal-Wallis test za varijable s nehomogenom varijancom.

Značajka	Levenov test homogenosti varijance				ANOVA i Kruskal-Wallis test			
	MS	MS	F	p	MS	MS	F	p
pH H <sub>2</sub> O	0,0354	0,0361	0,9798	0,4846	2908,7	2908,7	27771,6	> 0,0001
pH CaCl <sub>2</sub>	0,0327	0,0147	2,2218	0,0232	H ( 14, N= 74) =51,84398 p > 0,001			
w CaCO <sub>3</sub>	371,686	111,892	3,3218	0,0012	H ( 14, N= 61) =0,000000 p =1,000			
Corg	16,4817	5,4099	3,0466	0,0025	H ( 14, N= 74) =46,42195 p > 0,001			
C/N	31,5064	7,8698	4,0035	0,0002	H ( 14, N= 71) =31,06440 p =,0054			
Ntot	0,0557	0,0180	3,1048	0,0022	H ( 14, N= 74) =59,82216 p > 0,001			

**Tablica 6.** Tukey HSD test ANOVA za varijable s homogenom varijancom i Kruskal-Wallis test za varijable s nehomogenom varijancom za populacije obične borovice *Juniperus communis* L. var. *communis*.

	Brinje	Brod Moravice	Klek	Krasno	Otočac	Poreč	Senj	Škorpeti	Sošice	Soviljica	Vela Draga	Žminj
Brinje						pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	Ntot			pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>
Brod Moravice						pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, Ntot	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	Ntot			pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>
Klek						pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>				pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>
Krasno										pH H <sub>2</sub> O		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>
Otočac						pH CaCl <sub>2</sub>		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>		pH H <sub>2</sub> O		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> ,
Poreč	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>				Ntot		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> , Ntot	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	
Senj		pH H <sub>2</sub> O, Ntot				Ntot			pH H <sub>2</sub> O	pH H <sub>2</sub> O, Ntot, Corg		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> , Ntot
Škorpeti	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>				pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> , Ntot	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	
Sošice	Ntot	Ntot				pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> , Ntot	pH H <sub>2</sub> O, Ntot	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>		Ntot, Corg	Ntot	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> , Ntot
Soviljica				pH H <sub>2</sub> O	pH H <sub>2</sub> O	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, Ntot, Corg	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	Ntot, Corg			pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>
Vela Draga						pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	Ntot			pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>
Žminj	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> , Ntot		pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> , Ntot	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub>	

## 4.2. Morfometrijska istraživanja

### 4.2.1. Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne statističke analize za populacije obične borovice, *Juniperus communis* var. *communis*, prikazani su u tablicama 7 i 8 za iglice te 9 i 10 za bobuljaste češere, a za populacije klečice, *J. communis* var. *saxatilis*, u tablici 11 za iglice i 12 za bobuljaste češere. Za svaku mjerenu morfološku značajku prikazani su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV). Maksimalne vrijednosti označene su crvenom, a minimalne zelenom bojom. Rezultati su prikazani po varijablama.

#### Površina plojke (NA)

Promatrajući rezultate za običnu borovicu, najveće iglice imale su istarske populacije, među kojima se populacija Poreč ističe s prosječno najvećim iglicama (0,19 cm<sup>2</sup>). Iglice najmanje površine imala je populacija Klek (0,10 cm<sup>2</sup>), nakon koje slijedi populacija Brinje (0,12 cm<sup>2</sup>) te populacije Sošice i Soviljica (0,13 cm<sup>2</sup>). Koeficijent varijacije za ovu značajku kretao se od 20,60 % za populaciju Brod Moravice do 32,25 % za populaciju Vela Draga.

U klečice, najveća površina iglice zabilježena je u populaciji Veliki Alan (0,11 cm<sup>2</sup>), koja ujedno ima i najmanji koeficijent varijacije (24,88 %). Najmanje iglice bile su svojstvene populaciji Biokovo (0,08 cm<sup>2</sup>), a najvarijabilnije populaciji Mali Alan (31,75 %). Općenito gledano, populacijama klečice bile su svojstvene manje prosječne vrijednosti za površinu plojke u odnosu na vrijednosti zabilježene za populacije obične borovice.

#### Opseg (P)

Populacija s najmanjim opsegom iglica bila je Klek (2,60 cm) iza koje slijede populacije Brinje i Brod Moravice (2,62 cm) te Senj (2,65 cm). S druge strane, najveći opseg iglica imala je populacija Poreč (3,47 mm) koju prate i druge istarske populacije: Vela Draga (3,11 cm), Škropeti (3,06 cm) i Žminj (2,96 cm). Opseg iglica je bio najmanje varijabilan u populacijama Brod Moravice (12,83 %) i Krasno (13,98 %), a najvarijabilniji u populacijama Sošice (21,96 %) i Vela Draga (21,60 %).

Najveći prosječni opseg i koeficijent varijacije za ovu značajku u klečice zabilježen je u populaciji Mali Alan (P = 1,95 cm; CV = 20,05 %). Najmanji opseg svojstven je populaciji Biokovo (1,74 mm), a najniži koeficijent varijacije populaciji Veliki Alan (18,50 %). Kao i u prethodne značajke, manje vrijednosti opsega iglice bili su svojstvene populacijama klečice.

## Koeficijent oblika (FC)

Najveći koeficijent oblika svojstven je populacijama Brod Moravice i Otočac (0,26) te Senj i Žminj (0,25). Najmanja vrijednost ove značajke zabilježena je u populaciji Klek (0,18), iza koje slijedi Vela Draga (0,19). Promatrajući koeficijent varijabilnosti, ova je značajka najmanje varijabilna u populaciji Žminj (18,91 %), a najvarijabilnija u populaciji Otočac (25,45 %).

Najmanji i najmanje varijabilan koeficijent oblika u klečice zabilježen je u populaciji Mali Alan (FC = 0,31; CV = 22,39 %). Populaciju Veliki Alan odlikuje najveći koeficijent oblika (0,41), dok je njegova najveća varijabilnost utvrđena u populaciji Biokovo (27,84 %). Običnu borovicu u odnosu na klečicu karakteriziraju značajno niže vrijednosti analiziranog koeficijenta oblika iglice što upućuje na to da su iglice obične borovice izduženije i igličastije u odnosu na iglice klečice.

## Dužina iglice (NL)

Populacijama obične borovice bile su svojstvene veće vrijednosti analiziranog svojstva u odnosu na populacije klečice.

Što se tiče dužine iglice za populacije obične borovice, i ovdje se svojim dimenzijama ističu istarske populacije. Najduže iglice imala je populacija Poreč (1,49 cm), iza koje slijede populacije Vela Draga (1,36 cm), Škropeti (1,32 cm) i Žminj (1,28 cm). S druge strane, najkraće iglice zabilježene su u populacijama Brinje, Brod Moravice i Senj (1,14 cm). Dužina iglice najvarijabilnija je bila u populacijama Sošice (21,90 %), Vela Draga (21,54 %) i Otočac (21,43 %), dok je najmanje varijabilna u populacijama Brod Moravice (12,86 %) i Krasno (13,20 %).

Promatrajući dužinu iglica klečice, vidljivo je da su u populaciji Mali Alan one najduže (0,85 cm) ali i najvarijabilnije (19,72 %). Najkraće iglice zabilježene su u populaciji Biokovo (0,76 cm), dok je najmanja varijabilnost dužine iglice utvrđena za populaciju Veliki Alan (18,35 %).

## Maksimalna širina iglice (MNW)

Najšire iglice zabilježene su u populacijama Otočac, Poreč i Žminj (0,17 cm). Iglice su bile najuže u populaciji Klek (0,11 cm). Koeficijent varijabilnosti bio je najmanji u populaciji Škropeti (15,09 %), a najveći u populaciji Klek (20,76 %).

U klečice, najšire iglice imala je populacija Veliki Alan (0,18 cm), dok su one bile jednako široke u populacijama Biokovo i Mali Alan (0,14 cm). Najmanji koeficijent varijacije zabilježen je u populaciji Biokovo (17,09 %), a najveći u populaciji Mali Alan (19,41 %).

## Dužina iglice, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine iglice (PMNW)

Najveća vrijednost za ovu značajku zabilježena je u populaciji Poreč (0,42 cm), a najmanja u populaciji Klek (0,19 cm). U ostalih populacija ova se značajka kreće u

rasponu od 0,24 do 0,33 cm. Najveću varijabilnost ove značajke ima populacija Klek, čak 98,02 %, što je i najveći ukupno zabilježen koeficijent varijabilnosti u svim populacijama za sve značajke. Najmanju varijabilnost pokazala je populacija Soviljica (61,82 %).

Rezultati za klečicu pokazali su da ova značajka ima najmanju vrijednost u populacijama Biokovo i Mali Alan (0,18 cm), a najveću u populaciji Veliki Alan (0,20 cm). Ova je značajka pokazala najmanju varijabilnost u populaciji Biokovo (68,32 %), a najveću u populaciji Mali Alan (77,50 %).

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 (NA1).

Navedeni kut bio je najveći u populaciji Otočac (13,93 °), a najmanji u populacijama Klek (21,36 °) i Vela Draga (21,71 °). Ova je značajka bila najvarijabilnija u populaciji Sošice (25,63 %), a najmanje varijabilna u populaciji Žminj (17,47 %).

U klečice, navedeni kut bio je najmanji te ujedno i najmanje varijabilan u populaciji Mali Alan (NA1 = 32,31°; CV = 20,68 %). Najveći kut zabilježen je u populaciji Veliki Alan (41,75 °), dok je najvarijabilniji kut svojstven populaciji Biokovo (24,60 %).

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 (NA2)

Najveća i najmanja vrijednost ove značajke zabilježena je u istim populacijama kao i za prethodnu značajku NA1. Populaciju Otočac karakterizirao je kut od 13,93 °, a populaciju Klek od 8,83 °. Osim toga, u populaciji Klek zabilježen je i najviši koeficijent varijacije za navedenu značajku (29,49 %), dok je najniži zabilježen u populaciji Žminj (20,88 %).

Rezultati za klečicu pokazuju da je navedeni kut bio najmanji i najmanje varijabilan u populaciji Mali Alan (NA2 = 15,49°; CV = 23,58 %), a najveći i najvarijabilniji u populaciji Veliki Alan (NA2 = 22,07°; CV = 26,58 %).

Općenito gledano, na osnovi igličnih kutova NA1 i NA2 jasno se mogu razlikovati istraživane svojte borovice. Populacijama klečice svojstvene su veće vrijednosti za naveden kutove, a populacijama obične borovice manje.

#### Širina bobuljastog češera (W)

Bobuljasti češeri bili su najuži u populaciji Brod Moravice (5,03 mm), a najširi u populaciji Poreč (7,30 mm). U ostalim populacijama prosječne vrijednosti širine bobuljastog češera kreću se u rasponu od 5,21 do 6,74 mm. Najmanja varijabilnost za ovu značajku zabilježena je u populaciji Brinje (7,85 %), a najveća u populaciji Vela Draga (20,09 %).

Promatrajući rezultate za klečicu, bobuljasti češeri su bili najširi u populaciji Biokovo (6,66 mm), a najuži u populaciji Mali Alan (5,52 %). Najveća varijabilnost širine češera bila je prisutna u populaciji Mali Alan (16,44 %), a najmanja u populaciji Veliki Alan (11,55 %). Na osnovi ovog svojstva nije bilo moguće jasno razlikovati običnu borovicu od klečice.

#### Dužina bobuljastog češera (H)

Osim po najužim bobuljastim češerima, populacija Brinje istaknula se i po najkraćim bobuljastim češerima (5,31 mm). S druge strane, najduži češeri zabilježeni su u populaciji Otočac (7,09 mm). U drugim populacija ova se značajka kreće u rasponu od 5,48 do 6,88 mm. Dužina češera bila je najvarijabilnija u populaciji Soviljica (16,15 %), a najmanje varijabilna u populaciji Žminj (8,94 %).

U klečice, najduži češeri s najvećim koeficijentom varijacije bili su svojstveni populaciji Biokovo ( $H = 6,51$  mm;  $CV = 18,00$  %). Najkraći češeri zabilježeni su u populaciji Mali Alan (5,80 mm), a najmanje varijabilni u populaciji Veliki Alan (14,72 %). Isto kao i u prethodne značajke na osnovi dužine bobuljastog češera nije bilo moguće razlikovati istraživane varijetete.

#### Broj češernih ljustaka (CSN)

Bobuljasti češeri s prosječno najvećim brojem češernih ljustaka zabilježeni su u populaciji Brinje (3,72), koja je ujedno i najvarijabilnija populacija (34,70 %) s obzirom na ovo svojstvo. Bobuljaste češere s prosječno najmanje češernih ljustaka imala je populacija Vela Draga (3,00), s najmanjim koeficijentom varijacije od 0,00 %, što znači da su svi mjereni češeri iz ove populacije imali točno tri češerne ljustke.

Rezultati za klečicu pokazuju da populacije Mali Alan i Veliki Alan imaju iste vrijednosti za broj češernih ljustaka (3,02) i pripadajući koeficijent varijabilnosti (4,65 %). S druge strane, populacija Biokovo ima tek neznatno veći broj češernih ljustaka (3,07) s koeficijentom varijabilnosti od 14,81 %.

#### Broj sjemenki (SN)

Prosječno najmanji broj sjemenki po bobuljastom češeru zabilježen je u populaciji Klek (2,71), u kojoj je zabilježena i najveća varijabilnost (21,12 %). S druge strane, prosječno najveći broj sjemenki po bobuljastom češeru zabilježen je u populaciji Krasno (3,02). Najmanja varijabilnost za broj sjemenki po bobuljastom češeru bila je svojstvena populaciji Vela Draga (9,93 %).

U klečice, najviše sjemenki po bobuljastom češeru zabilježeno je u populaciji Biokovo (2,58), koja je ujedno i najmanje varijabilna populacija (23,36 %). S druge strane, najvarijabilnija populacija je Veliki Alan (38,29 %), s prosječno najmanjim brojem sjemenki po bobuljastom češeru (1,88).

Bobuljasti češeri populacija klečice imali su u prosjeku manji broj sjemenki u odnosu na bobuljaste češera populacija obične borovice.

## Debljina sjemenki (ST)

Najtanje sjemenke svojstvene su populaciji Senj (1,89 mm), a najdeblje populaciji Žminj (2,50 mm). Daleko najvarijabilnija debljina sjemenki zabilježena je u populaciji Škropeti (59,41 %), dok populaciju Sošice karakterizira najmanja varijabilnost debljine sjemenki (10,36 %).

Debljina sjemenki u klečice bila je najmanja u populaciji Biokovo (1,91 mm), a najveća u populaciji Veliki Alan (2,39 mm). Najmanji i najveći koeficijent varijabilnosti za ovu značajku zabilježen je u populacijama Mali Alan (17,94 %) i Biokovo (33,29 %).

## Omjer širine i dužine bobuljastih češera (W/H)

Navedeni je omjer najmanji u populaciji Vela Draga (0,88), što znači da su u njoj češeri širi u odnosu na njihovu dužinu, odnosno "spljošteniji". Slične rezultati, s omjerom širine i dužine manjim od 1,00, imaju i sljedeće populacije: Brod Moravice (0,95), Klek (0,96), Otočac (0,90), Škropeti (0,94) i Soviljica (0,98). S druge strane, omjer širine i dužine bio je najveći u populaciji Žminj (1,11), što znači da su u toj populaciji češeri najizduženiji, odnosno da im je širina manja od dužine. Takav je rezultat prisutan i u sljedećim populacijama: Brinje (1,02), Krasno (1,07), Poreč (1,06), Senj (1,05) i Sošice (1,06).

Od tri populacije klečice, dvije imaju omjer širine i dužine manji od jedan: Mali Alan (0,95) i Veliki Alan (0,99), dok je u najjužnije populacije Biokovo on 1,04. Navedeni je omjer imao najmanji koeficijent varijabilnosti u populaciji Mali Alan (10,25 %), a najveći u populaciji Veliki Alan (15,76 %).



**Tablica 7.** Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki iglica za populacije obične borovice - *Juniperus communis* L. var. *communis*.

Značajka	Deskriptivni pokazatelj	Brinje	Brod Moravice	Klek	Krasno	Otočac	Poreč
NA (cm <sup>2</sup> )	M	0,12	0,14	0,10	0,15	0,15	0,19
	SD	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05
	CV (%)	20,82	20,60	28,40	23,52	26,49	25,43
P (cm)	M	2,62	2,62	2,60	2,88	2,72	3,47
	SD	0,40	0,34	0,45	0,40	0,59	0,57
	CV (%)	15,17	12,82	17,42	13,98	21,53	16,47
FC	M	0,24	0,26	0,18	0,23	0,26	0,20
	SD	0,06	0,05	0,04	0,05	0,07	0,04
	CV (%)	23,73	18,55	23,55	21,00	25,45	17,44
NL (cm)	M	1,14	1,14	1,15	1,22	1,16	1,49
	SD	0,17	0,15	0,20	0,16	0,25	0,24
	CV (%)	15,09	12,86	17,34	13,20	21,43	16,27
MNW (cm)	M	0,14	0,15	0,11	0,16	0,17	0,17
	SD	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
	CV (%)	18,02	16,24	20,76	18,36	17,45	17,08
PMNW (cm)	M	0,25	0,24	0,19	0,27	0,28	0,42
	SD	0,18	0,16	0,18	0,20	0,25	0,32
	CV (%)	70,37	65,78	98,02	76,12	87,05	74,86
NA1 (°)	M	27,53	29,11	21,36	28,17	30,56	23,91
	SD	5,78	5,39	5,36	6,00	7,54	4,86
	CV (%)	20,99	18,50	25,11	21,32	24,69	20,34
NA2 (°)	M	12,25	13,34	8,83	12,62	13,93	10,39
	SD	3,16	2,86	2,61	3,21	3,94	2,31
	CV (%)	25,79	21,45	29,49	25,47	28,28	22,22

**Tablica 8.** Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki iglica za populacije obične borovice - *Juniperus communis* L. var. *communis*.

Značajka	Deskriptivni pokazatelj	Senj	Škropeti	Sošice	Soviljica	Vela Draga	Žminj
NA (cm <sup>2</sup> )	M	0,14	0,17	0,13	0,13	0,14	0,17
	SD	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04
	CV (%)	24,90	26,18	27,18	26,36	32,25	24,15
P (cm)	M	2,65	3,06	2,80	2,68	3,11	2,96
	SD	0,47	0,57	0,61	0,47	0,67	0,50
	CV (%)	17,71	18,68	21,96	17,56	21,60	16,94
FC	M	0,25	0,23	0,21	0,24	0,19	0,25
	SD	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05
	CV (%)	19,58	21,59	24,66	25,25	23,55	18,91
NL (cm)	M	1,14	1,32	1,23	1,16	1,36	1,28
	SD	0,20	0,24	0,27	0,20	0,29	0,21
	CV (%)	17,42	18,47	21,90	17,16	21,54	16,54
MNW (cm)	M	0,16	0,16	0,13	0,15	0,13	0,17
	SD	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
	CV (%)	15,86	15,09	16,70	19,46	17,49	15,35
PMNW (cm)	M	0,24	0,27	0,27	0,31	0,28	0,33
	SD	0,19	0,22	0,24	0,19	0,22	0,22
	CV (%)	78,52	79,05	87,55	61,82	80,66	65,37
NA1 (°)	M	29,90	27,00	24,14	26,47	21,71	28,41
	SD	5,61	5,68	6,19	6,05	5,42	4,96
	CV (%)	18,75	21,04	25,63	22,84	24,96	17,47
NA2 (°)	M	13,43	11,96	10,52	12,26	9,25	13,14
	SD	2,91	2,81	3,01	3,26	2,56	2,74
	CV (%)	21,64	23,53	28,63	26,58	27,69	20,88

**Tablica 9.** Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki bobuljastih češera za populacije obične borovice - *Juniperus communis* L. var. *communis*.

Značajka	Deskriptivni pokazatelj	Brinje	Brod Moravice	Klek	Krasno	Otočac	Poreč
W (mm)	M	6,28	5,03	5,79	5,82	6,33	7,30
	SD	0,49	0,86	0,54	0,71	0,68	1,16
	CV (%)	7,85	17,19	9,33	12,14	10,70	15,94
H (mm)	M	6,18	5,31	6,11	5,48	7,09	6,88
	SD	0,58	0,65	0,81	0,73	0,89	0,75
	CV (%)	9,43	12,30	13,21	13,32	12,61	10,92
CSN	M	3,72	3,01	3,03	3,02	3,03	3,02
	SD	1,29	0,10	0,30	0,12	0,30	0,14
	CV (%)	34,70	3,31	9,88	4,04	9,88	4,65
SN	M	2,80	2,79	2,71	3,02	2,80	2,89
	SD	0,48	0,43	0,57	0,62	0,49	0,40
	CV (%)	17,17	15,49	21,12	20,63	17,54	13,98
ST (mm)	M	2,02	2,05	2,01	2,08	2,16	2,27
	SD	0,25	0,46	0,24	0,34	0,27	0,34
	CV (%)	12,27	22,44	12,07	16,21	12,59	14,91
W/H	M	1,02	0,95	0,96	1,07	0,90	1,06
	SD	0,09	0,12	0,12	0,14	0,08	0,13
	CV (%)	9,03	12,80	12,28	12,63	8,87	11,82

**Tablica 10.** Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki bobuljastih češera za populacije obične borovice - *Juniperus communis* L. var. *communis*.

Značajka	Deskriptivni pokazatelj	Senj	Škropeti	Sošice	Soviljica	Vela Draga	Žminj
W (mm)	M	6,00	6,41	6,72	6,01	5,21	6,74
	SD	0,90	0,59	0,80	0,57	1,05	0,79
	CV (%)	15,06	9,27	11,94	9,43	20,09	11,72
H (mm)	M	5,74	6,84	6,37	6,27	5,91	6,07
	SD	0,73	0,72	0,72	1,01	0,78	0,54
	CV (%)	12,70	10,45	11,29	16,15	13,20	8,94
CSN	M	3,03	3,03	3,01	3,32	3,00	3,04
	SD	0,17	0,16	0,10	0,92	0,00	0,19
	CV (%)	5,64	5,17	3,31	27,81	0,00	6,40
SN	M	2,93	2,91	2,87	2,73	2,92	2,83
	SD	0,37	0,38	0,49	0,56	0,29	0,42
	CV (%)	12,80	13,19	17,03	20,57	9,93	14,75
ST (mm)	M	1,89	2,35	2,40	2,06	2,00	2,50
	SD	0,29	1,40	0,25	0,27	0,39	0,35
	CV (%)	15,14	59,41	10,36	13,25	19,46	14,09
W/H	M	1,05	0,94	1,06	0,98	0,88	1,11
	SD	0,10	0,09	0,09	0,15	0,15	0,10
	CV (%)	9,96	9,25	8,87	15,09	17,00	8,95

**Tablica 11.** Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki iglica za populacije klečice - *Juniperus communis* var. *saxatilis* Pall.

Značajka	Deskriptivni pokazatelj	Biokovo	Mali Alan	Veliki Alan
NA (cm <sup>2</sup> )	M	0,08	0,09	0,11
	SD	0,02	0,03	0,03
	CV (%)	25,75	31,75	24,88
P (cm)	M	1,74	1,95	1,86
	SD	0,34	0,39	0,34
	CV (%)	19,52	20,05	18,50
FC	M	0,35	0,31	0,41
	SD	0,10	0,07	0,11
	CV (%)	27,84	22,39	25,52
NL (cm)	M	0,76	0,85	0,77
	SD	0,15	0,17	0,14
	CV (%)	19,57	19,72	18,35
MNW (cm)	M	0,14	0,14	0,18
	SD	0,02	0,03	0,03
	CV (%)	17,09	19,41	17,25
PMNW (cm)	M	0,18	0,18	0,20
	SD	0,12	0,14	0,14
	CV (%)	68,32	77,50	69,86
NA1 (°)	M	33,48	32,31	41,75
	SD	8,24	6,68	8,85
	CV (%)	24,60	20,68	21,18
NA2 (°)	M	17,24	15,49	22,07
	SD	4,58	3,65	5,87
	CV (%)	26,56	23,58	26,58

**Tablica 12.** Deskriptivni statistički pokazatelji morfoloških značajki bobuljastih češera za populacije klečice - *Juniperus communis* var. *saxatilis* Pall.

Značajka	Deskriptivni pokazatelj	Biokovo	Mali Alan	Veliki Alan
W	M	6,66	5,52	5,65
	SD	0,87	0,91	0,65
	CV (%)	13,01	16,44	11,55
H	M	6,51	5,80	5,82
	SD	1,17	0,88	0,86
	CV (%)	18,00	15,17	14,72
CSN	M	3,07	3,02	3,02
	SD	0,45	0,14	0,14
	CV (%)	14,81	4,65	4,65
SN	M	2,58	2,25	1,88
	SD	0,60	0,79	0,72
	CV (%)	23,36	35,30	38,29
ST	M	1,91	2,32	2,39
	SD	0,64	0,42	0,44
	CV (%)	33,29	17,94	18,37
W/H	M	1,04	0,95	0,99
	SD	0,15	0,10	0,16
	CV (%)	14,55	10,25	15,76

## 4.2.2. Korelacijska analiza

Rezultati provedene korelacijske analize prikazani su u tablicama 13 do 15. Signifikantne vrijednosti u tablicama označene su crvenom bojom.

Iz tablice 13 je vidljivo da su utvrđene visoke i statistički značajne pozitivne korelacije između površine iglice (NA) i sljedećih morfoloških svojstava: opseg iglice (P), dužina iglice (NL), maksimalna širina iglice (MNW) i udaljenost od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (PMNW). Isto tako, visoka i statistički značajna pozitivna korelacija utvrđena je između značajki NA1 i NA2 koje pobliže opisuju oblik osnove iglice te između navedenih značajki i koeficijenta oblika (FC). Značajke opseg iglice (P) i dužina iglice (NL) bile su u statistički značajnoj negativnoj korelaciji sa značajkama koje se odnose na iglične kutove NA1 i NA2.

Za mjerene značajke bobuljastih češera utvrđene su samo dvije pozitivne korelacije i to između širine i dužine bobuljastog češera te između širine bobuljastog češera i odnosa širine i dužine bobuljastog češera (tablica 14).

Prosječni broj sjemenki po bobuljastom češeru bio je u statistički pozitivnoj korelaciji s tri značajke iglica koje se odnose na njihove dimenzije (NA – površina iglice, P – opseg iglice, NL – dužina iglice) te u negativnoj korelaciji s tri značajke koje se odnose na njihov oblik (FC – koeficijent oblika, NA1 - kut koji zatvara glavna lisna žila i pravac definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice koja se nalazi na 10 % dužine iglice, NA2 - kut koji zatvara glavna lisna žila i pravac definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice koja se nalazi na 25 % dužine iglice). Isto tako utvrđena je statistički značajna pozitivna korelacija između debljine sjemena (ST) i maksimalne širine iglice (MNW) (tablica 15).

**Tablica 13.** Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki iglica.

	NA	P	FC	NL	MNW	PMNW	NA1	NA2
NA	1.000	0.886	-0.493	0.863	0.555	0.928	-0.442	-0.447
P	0.886	1.000	-0.827	0.997	0.129	0.831	-0.795	-0.796
FC	-0.493	-0.827	1.000	-0.847	0.387	-0.476	0.979	0.991
NL	0.863	0.997	-0.847	1.000	0.076	0.807	-0.826	-0.824
MNW	0.555	0.129	0.387	0.076	1.000	0.532	0.474	0.463
PMNW	0.928	0.831	-0.476	0.807	0.532	1.000	-0.432	-0.424
NA1	-0.442	-0.795	0.979	-0.826	0.474	-0.432	1.000	0.993
NA2	-0.447	-0.796	0.991	-0.824	0.463	-0.424	0.993	1.000

**Tablica 14.** Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki bobuljastih češera.

	w	h	csn	sn	st	w/h
W	1.000	0.735	0.100	0.257	0.336	0.595
H	0.735	1.000	0.066	0.165	0.221	-0.101
CSN	0.100	0.066	1.000	0.058	-0.255	0.084
SN	0.257	0.165	0.058	1.000	-0.293	0.162
ST	0.336	0.221	-0.255	-0.293	1.000	0.203
W/H	0.595	-0.101	0.084	0.162	0.203	1.000

**Tablica 15.** Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki iglica i bobuljastih češera.

	NA	P	FC	NL	MNW	PMNW	NA1	NA2
W	0.348	0.231	-0.058	0.223	0.288	0.508	-0.086	-0.058
H	0.337	0.285	-0.131	0.284	0.107	0.427	-0.183	-0.168
CSN	-0.228	-0.100	-0.129	-0.086	-0.273	-0.208	-0.092	-0.121
SN	0.546	0.753	-0.822	0.765	-0.165	0.490	-0.801	-0.812
ST	0.328	0.105	0.179	0.088	0.533	0.415	0.197	0.221
W/H	0.048	-0.061	0.109	-0.075	0.288	0.187	0.138	0.158

#### 4.2.3. Hijerarhijska analiza varijance

Rezultati hijerarhijske analize varijance za iglice prikazani su u tablici 16, a za bobuljaste češere u tablici 17. Crvenom bojom označene su statistički značajne p vrijednosti. Analizirani faktori varijabilnosti bili su svojta, populacija (svojta) i grm/stablo (populacija\*svojta). Provedenom analizom varijance utvrđeno je da se var. *communis* i var. *saxatilis* za većinu mjerenih morfoloških značajki iglica statistički značajno razlikuju. Iznimku čini značajka MNW, maksimalna širina iglice, na osnovi koje nije bilo moguće razlikovati istraživane svojte. Statistički značajne razlike potvrđene su i na međupopulacijskoj i unutarpopulacijskoj razini. Metodom najveće vjerodostojnosti (REML) dobiven je uvid u zastupljenost pojedinih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci za sve istraživane varijable. Iz navedenih rezultata u tablici 13 vidljivo je da prosječno najveći udio u ukupnoj varijabilnosti za šest od osam istraživanih značajki zauzima komponenta "svojta". Za značajke MNW (maksimalna širina iglice) i PMNW (udaljenost od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine) je utvrđeno da komponenta ostatka, koja se odnosi na varijabilnost iglica unutar grma/stabala zauzima najveći udio u ukupnoj varijabilnosti.

Iz rezultata analize varijance za bobuljaste češere vidljivo je da se sve njihove morfološke karakteristike statistički značajno razlikuju na među- i unutarpopulacijskoj razini. Međutim, na osnovi morfoloških značajki bobuljastih češera nije bilo moguće razlikovati istraživane svojte, osim prema broju sjemenki. Metodom najveće vjerodostojnosti (REML) utvrđeno je da najveći udio u ukupnoj varijabilnosti zauzima komponenta ostatka. Kao izuzetak javljaju se značajke W i H, odnosno širina i dužina bobuljastog češera, gdje je najveći udio u ukupnoj varijabilnosti otpada na komponentu koja se odnosi na unutarpopulacijsku varijabilnost.

**Tablica 16.** Hijerarhijska analiza varijance - morfometrijska analiza iglica.

Značajka	Sastavnice varijance	df	F	Postotak varijabilnosti	p-vrijednost
NA	Svojta	1	7,46	33,02	0,02
	Populacija (Svojta)	13	13,41	22,71	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	135	13,38	16,93	< 0,01
	Ostatak			27,34	
P	Svojta	1	25,92	59,56	< 0,01
	Populacija (Svojta)	13	6,48	9,70	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	135	25,85	17,03	< 0,01
	Ostatak			13,71	
FC	Svojta	1	49,78	63,96	< 0,01
	Populacija (Svojta)	13	4,25	4,81	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	135	17,15	13,95	< 0,01
	Ostatak			17,28	
NL	Svojta	1	26,88	60,55	< 0,01
	Populacija (Svojta)	13	6,47	9,49	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	135	26,17	16,69	< 0,01
	Ostatak			13,27	
MNW	Svojta	1	0,14	0	0,72
	Populacija (Svojta)	13	20,44	33,96	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	135	7,50	16,19	< 0,01
	Ostatak			49,85	
PMNW	Svojta	1	5,90	10,35	< 0,05
	Populacija (Svojta)	13	7,45	8,77	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	135	3,84	10,07	< 0,01
	Ostatak			70,81	
NA1	Svojta	1	26,27	49,36	< 0,01
	Populacija (Svojta)	13	5,52	7,68	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	135	12,42	15,61	< 0,01
	Ostatak			27,35	
NA2	Svojta	1	34,72	58,69	< 0,01
	Populacija (Svojta)	13	5,65	6,88	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	135	14,31	13,76	< 0,01
	Ostatak			20,67	



**Tablica 17.** Hijerarhijska analiza varijance - morfometrijska analiza bobuljastih češera.

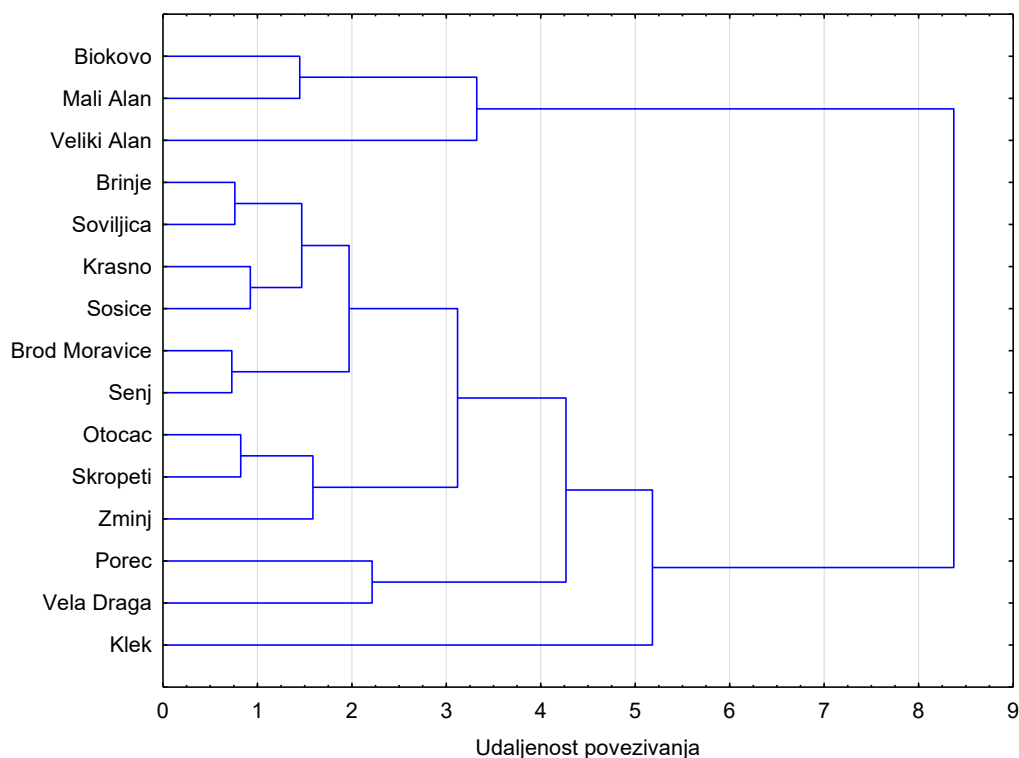
Značajka	Sastavnice varijance	df	F	Postotak varijabilnosti	p-vrijednost
W	Svojta	1	0,71		0,42
	Populacija (Svojta)	12	10,15	32,88	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	130	25,80	37,42	< 0,01
	Ostatak			29,70	
H	Svojta	1	0,29		0,60
	Populacija (Svojta)	12	7,31	25,91	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	130	29,31	43,75	< 0,01
	Ostatak			30,34	
CSN	Svojta	1	0,34		0,57
	Populacija (Svojta)	12	9,23	13,19	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	130	4,69	13,87	< 0,01
	Ostatak			72,94	
SN	Svojta	1	36,22	38,12	< 0,01
	Populacija (Svojta)	12	3,41	3,18	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	130	6,50	13,06	< 0,01
	Ostatak			45,64	
ST	Svojta	1	0,11		0,74
	Populacija (Svojta)	12	8,39	11,54	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	130	4,78	14,37	< 0,01
	Ostatak			74,09	
W/H	Svojta	1	0,23		0,64
	Populacija (Svojta)	12	6,52	18,61	< 0,01
	Stablo (Populacija*Svojta)	130	17,47	36,87	< 0,01
	Ostatak			44,52	

#### 4.2.4. Klusterska analiza

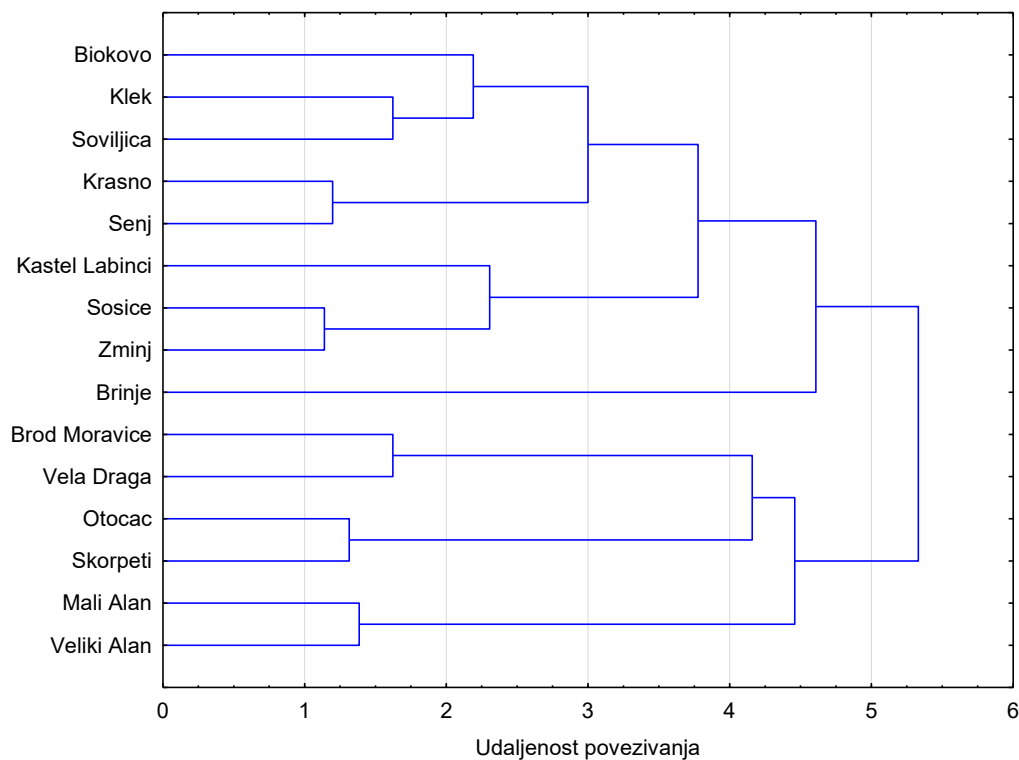
Kako bi se dobio bolji uvid u odnose između istraživanih populacija korištena je klusterska analiza. Klusterska analiza provedena je primjenom različitih metoda (*Single Linkage*, *Complete Linkage*, *UPGMA*, *WPGMA*, *Ward's Method*), a kako su sve metode pokazale sličan raspored *clustera*, za interpretaciju je odabran *UPGMA* dendrogram.

Na dendrogramu koji je prikazan na slici 8 jasno su uočljive dvije skupine populacija koje se razdvajaju na vrlo visokoj razini. Prvu skupinu formiraju populacije klečice, a drugu populacije obične borovice. Na osnovi morfologije iglica međusobno najbližnje populacije su Senj i Brod Moravice, zatim Brinje i Soviljica te Otočac i Škropeti. Kao najudaljenija populacija unutar skupine populacija obične borovice javlja se populacija Klek. Osim toga, na istom dendrogramu se nazire i grupiranje submediteranskih populacija obične borovice.

Na slici 9 prikazano je horizontalno hijerarhijsko stablo koje se temelji na morfologiji bobuljastih češera. Na osnovi navedenog prikaza jasno je vidljivo da se populacije ne grupiraju prema taksonomskoj podijeli na var. *communis* i na var. *saxatilis*. Iako se pojedini parovi geografski međusobno bliskih populacija grupiraju zajedno nije uočena jasna geografska niti ekološka strukturiranost populacija.



**Slika 8.** Horizontalno hijerarhijsko stablo 15 populacija obične borovice (*J. communis* L. var. *communis*) i klečice (*J. communis* var. *saxatilis* Pall.) u Hrvatskoj, temeljeno na morfometrijskoj analizi iglica, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.



**Slika 9.** Horizontalno hijerarhijsko stablo 15 populacija obične borovice (*J. communis* L. var. *communis*) i klečice (*J. communis* var. *saxatilis* Pall.) u Hrvatskoj, temeljeno na morfometrijskoj analizi bobuljastih češera, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.

### 4.3. Utjecaj tla na morfološke značajke iglica i bobuljastih češera

Korelacijskom analizom utvrđena je pozitivna korelacija između udjela gline i sljedećih morfoloških značajki iglica: površina iglice (NA), opseg iglice (P), dužina iglice (NL) i udaljenost od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine (PMNW). S druge strane, utvrđene su statistički značajne negativne korelacije između pH tla (pH\_H2O i pH\_CaCl2) i površine iglice (NA), maksimalne širine iglice (MNW) i udaljenosti od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine (PMNW). Statistički značajna negativna korelacija utvrđena je i između ukupnog ugljika i površine iglice (NA) i udaljenosti od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine (PMNW).

**Tablica 18.** Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki iglica i pedoloških značajki.

	NA	P	FC	NL	MNW	PMNW	NA1	NA2
pH_H2O	-0.616	-0.381	0.040	-0.346	-0.698	-0.598	-0.014	-0.026
pH_CaCl2	-0.565	-0.339	0.031	-0.309	-0.670	-0.538	-0.018	-0.038
delta_pH	-0.399	-0.278	0.043	-0.251	-0.361	-0.419	0.007	0.026
Ntot	-0.361	-0.387	0.369	-0.383	-0.086	-0.327	0.323	0.340
Cuk	-0.598	-0.484	0.255	-0.457	-0.454	-0.533	0.177	0.196
C/N	-0.015	-0.094	0.124	-0.087	0.071	-0.080	0.107	0.118
K_pjesak	-0.196	-0.016	-0.150	0.011	-0.391	-0.202	-0.168	-0.179
S_pijesak	-0.433	-0.225	-0.136	-0.178	-0.644	-0.378	-0.200	-0.210
K_prah	-0.416	-0.479	0.392	-0.467	-0.127	-0.272	0.286	0.333
S_prah	-0.418	-0.474	0.386	-0.511	0.089	-0.388	0.477	0.436
Glina	0.831	0.710	-0.358	0.702	0.475	0.725	-0.352	-0.328

**Tablica 19.** Korelacijski koeficijenti između morfoloških značajki bobuljastih češera i pedološki značajki.

	W	H	CSN	SN	ST	W/H
pH_H2O	-0.530	-0.263	0.228	-0.227	-0.455	-0.456
pH_CaCl2	-0.486	-0.154	0.217	-0.212	-0.503	-0.523
?_pH	-0.344	-0.442	0.121	-0.135	-0.029	0.028
Ntot	0.208	-0.013	-0.228	-0.094	-0.184	0.356
Cuk	-0.020	-0.135	-0.141	-0.140	-0.275	0.170
C/N	-0.219	-0.417	-0.322	-0.197	0.222	0.101
K_pjesak	-0.366	-0.182	0.151	-0.033	-0.215	-0.321
S_pijesak	-0.262	-0.159	-0.039	-0.056	-0.154	-0.218
K_prah	0.429	0.320	-0.346	-0.233	0.103	0.284
S_prah	-0.261	-0.218	0.082	-0.316	-0.217	-0.037
Glina	0.374	0.219	-0.007	0.419	0.344	0.205

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Pedološka istraživanja

Ovim istraživanjem obuhvaćeno je 12 populacija obične borovice iz kontinentalnog i submediteranskog područja te tri populacije klečice iz planinskog područja. Na svim uzorcima tla određeno je pet kemijskih značajki ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ,  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ , C, N, C/N) i granulometrijski sastav na temelju kojeg je određena tekstura tla.

Rezultati analize tla pokazuju da se reakcija tla u vodi kreće u rasponu od 5,89 do 8,38 i u  $\text{CaCl}_2$  od 5,22 do 7,25, odnosno u rasponu od slabo kiselo do osrednje alkalno (Gračanin i Ilijanić 1977). Istarske populacije (Žminj, Poreč i Škorpeti) imaju kiselu reakciju tla (pH-vrijednost manja od 7), dok je u ostalih 12 populacija reakcija tla alkalna (vrlo slabo do osrednje alkalno tlo). U populacijama *Juniperus communis* var. *saxatilis* pH-vrijednosti tla u vodi kreću se u rasponu od 7,32 – 7,97, te u  $\text{CaCl}_2$  u rasponu od 6,68 – 7,22, odnosno reakcija tla je vrlo slabo do slabo alkalna. Kako je obična borovica jedna od najraširenijih vrsta golosjemenjača koja je prirodno rasprostranjena na području cijele sjeverne hemisfere (Thomas i dr. 2007), za očekivati je da raste u različitim ekološkim uvjetima. Shodno tome običnu borovicu nalazimo na različitim vrstama matičnih supstrata (vapnenci, dolomiti, škriljevci, kvarciti), odnosno na tlima u kojih je perkolacija vode neometana. Vidaković (1993) i Vukelić (2012) navode veliku zastupljenost obične borovice na izrazito acidofilnim tlima u degradiranim zajednicama hrasta kitnjaka i obične breze te u vrištinama i bujadnicama brdskih i nižih planinskih predjela. McPherson i dr. (1991) istražujući vegetaciju i zoniranje tla vrste *Juniperus pinchotii* Sudw utvrđuju da navedena vrsta borovice uspijeva na slabo do osrednje alkalnim tlima. U Škotskoj *Juniperus communis* var. *communis* uspijeva na tlima gdje se reakcija tla kreće u rasponu od 4,1 do 5,7 (Forbes i Proctor 1986), a var. *saxatilis* u rasponu od 3,7 do 4,9 (Sullivan 2001). Thomas i dr. (2007) navode da je var. *saxatilis* ograničen na vršne dijelove i bolje drenirana tla, a prema McGowan i dr. (1998) na području sjeverozapadne Škotske var. *saxatilis* raste na istrošenim kiselim oblucima i krhotinama s površinskim mozaikom stijena, golog tla vegetacije. Na karbonatnim supstratima u Irskoj, kao što je i većina u ovom istraživanju. Cooper i dr. (2012) su utvrdili osrednje kiselo do vrlo slabo alkalno tlo (pH-vrijednost od 5,6 do 7,4).

Rezultati deskriptivne statističke analize za granulometrijski sastav tla pokazuju da istarske populacije imaju najveći udjel gline (oko 50 %) gdje se teksturna oznaka tla kreće u rasponu od praškaste gline (Poreč, Žminj i Škorpeti) do gline (Vela Draga), dok se u ostalih kontinentalnih i planinskih populacija obične borovice i klečice udjel gline kreće u rasponu od 20 do 35 %, a prevladava teksturna oznaka u rasponu od praškaste do glinaste ilovače. Razlog većeg udjela gline u istarskim populacijama leži u činjenici da grmovi i stabla obične borovice na tim područjima rastu na crvenicama, odnosno tlima koja su pretežito glinaste teksture s udjelom gline od 30 do 60 % (Pernar 2017). Općenito gledajući, obična borovica je vrsta koja neometano uspijeva na svim tipovima tala koja se slobodno dreniraju, a osobito na

vapnencima, škriljercima i kvarcitu. S druge strane izbjegava pretjerano vlažna (zamočvarena) i pretjerano isušena tla (Thomas i dr. 2007).

Prosječni udjeli organskoga ugljika u populacijama obične borovice kreću se u rasponu od 0,66 % za populaciju Soviljica do 11,48 % za populaciju Senj, a prosječni udjeli dušika u rasponu od 0,22 % za populaciju Soviljica do 1,02 % za populaciju Sošice. U populacijama klečice udjeli organskoga ugljika kreće se u rasponu od 1,85 % za populaciju Mali Alan do 9,76 % za populaciju Biokovo, a prosječni udjeli dušika od 0,22 % za populaciju Mali Alan do 0,57 % za populaciju Biokovo. Vrste roda *Juniperus* obično rastu na tlima s niskim udjelom dušika te ih prema Hill i dr. (1999) svrstavamo u vrste biljaka s niskim zahtjevima prema dušiku (vrijednost pokazatelja 3 na skali od 1 do 9). Udjel dušika i C/N odnos u tlu je vrlo važan pokazatelj utjecaja različitih vrsta drveća na funkcioniranje ekosustava (Vesterdal i dr. 2008). C/N odnos je vrlo dobar pokazatelj kvalitete organske tvari tla (Baties 1996), a odnos veći od 25 ukazuje na usporene dekompozicijske procese (Swift i dr. 1979). Kada je C/N odnos manji od 30, dekompozicija organske tvari traje otprilike godinu dana. Kada se taj odnos kreće u rasponu od 50 do 70, dekompozicija traje tri do 40 godina, a dušik potreban za nesmetani razvoj biljke nadoknađuju iz tla (Pernar 2017). Kako se C/N odnos kreće u rasponu od 6,74 (Soviljica) do 17,4 (Mali Alan) dekompozicija organske tvari se odvija neometano i ne dolazi do nagomilavanja sirovog humusa.

U konačnici za obje istraživane svojte, var. *communis* i var. *saxatilis*, možemo reći da su svojte koje su tolerantne na tla siromašna hranjivima, kao što su staništa breza, te imaju reputaciju biljaka koje poboljšava kvalitetu tla (Phillips 1910; Miles i Kinnaird 1979).

## 5.2. Morfološka istraživanja

Prosječne vrijednosti morfoloških karakteristika iglica i bobuljastih češera *J. communis* var. *communis* i *J. communis* var. *saxatilis* dobivene u ovom istraživanju odgovaraju vrijednostima ranije zabilježenim u literaturi (Thomas i dr. 2007; Idžojtić 2013; Vaičiulytė i Ložienė 2013; Koroğlu i dr. 2018). Prosječna dužina iglica obične borovice iznosila je 12,9 mm, a klečice 8,5 mm. Vaičiulytė i Ložienė (2013) za borovicu navode prosječnu dužinu iglica od 12,3 mm sa standardnom devijacijom od 1,55, dok Thomas i dr. (2007) navode raspon od 5 do 12 (15) mm. Prema Idžojtić (2013), iglice obične borovice su dugačke od 10 do 15 (20) mm, te široke od 1 do 2 mm, dok za klečicu navodi dužinu od 4 do 8 mm te širinu od 1 do 3 mm. Koroğlu i dr. (2018) za dužinu i širinu iglica obične borovice navode prosjek od 10,7 mm i 1,2 mm, a za klečicu 6,6 mm i 1,25 mm. Prosječna širina bobuljastih češera obične borovice u ovome istraživanju iznosi 6,25 mm, dok je njihova prosječna dužina 6,32 mm. Rezultati za klečicu upućuju na bobuljaste češere nešto malo manjih dimenzija, širine 5,94 mm i dužine 5,98 mm. Ovakav rezultat nije u skladu s rezultatima Koroğlu i dr. (2018) koji bilježe nešto veće bobuljaste češere obične borovice (6,3 i 8,15 mm) i klečice (5,83 i 7,67 mm) na području Turske. Broj češernih ljusaka prosječno je iznosio 3,1 za običnu borovicu i 3,03 za klečicu. Idžojtić (2013) navodi da obje svojte karakteriziraju tri češerne ljuske po jednom češeru. U bobuljastom češeru obične

borovice zabilježeno je da se u prosjeku nalaze po tri sjemenke, a u bobuljastom češeru klečice dvije. Navedeno je u skladu s rasponom od jedne do tri sjemenke koji navode Idžojić (2013) i Koroğlu i dr. (2018)

Najvarijabilnija morfološka značajka iglica obične borovice i klečice bila je dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (CV = 77,10 % i 71,89 %), a najmanje varijabilna maksimalna širina iglice (CV = 17,32 % i 17,91 %). Najvarijabilnija morfološka značajka bobuljastih češera obične borovice bila je debljina sjemenki (CV = 18,52 %), a klečice broj sjemenki (CV = 32,32 %). Najmanje varijabilna značajka bila je širina bobuljastog češera (CV = 9,57 %) za običnu borovicu te broj češernih ljusaka za klečicu (CV = 8,04 %). Do sličnih rezultata dolaze i Douaihy i dr. (2012) istražujući populacije *J. excelsa* subsp. *excelsa* M.-Bieb. Navedeni autori ističu da su najmanje varijabilne značajke broj češernih ljusaka i dužina češera, a najvarijabilnija značajka broj sjemenki po češeru. Koeficijenti varijabilnosti dobiveni u ovom istraživanju nešto su veći u odnosu na one koje dobivaju Sobierajska i dr. (2016) za *J. drupacea* Labill. i Brus i dr. (2011, 2014) za *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* L.

Provedenom analizom varijance utvrđeno je da se obična borovica i klečica statistički značajno razlikuju prema morfološkim karakteristikama iglica, dok razlike prema bobuljastim češerima nisu utvrđene. Statistički značajne razlike na među- i unutar-populacijskoj razini utvrđene su za sve mjerene morfološke značajke iglica i bobuljastih češera. Prema Hantemirova i dr. (2012), između obične borovice i klečice na području Rusije ne postoje genetičke razlike. Dakle, populacije obuhvaćene njihovim istraživanjem pokazale su genetičku uniformnost s istom učestalošću dominantnih alela, što može upućivati na relativno nedavno nastanjivanje ove vrste s područja središnjeg i istočnog područja Europe. Međutim, sjeveroistočna populacija klečice, geografski odvojena od ostalih planinskim masivom, pokazala je značajnu diferenciranost alela. Osim toga, navedeni autori utvrđuju i visoke razine unutarpopulacijske varijabilnosti, poglavito u sjeveroistočnim i dalekoistočnim populacijama. Slične rezultate dobivaju i u Danskoj (Oostermeijer i dr. 2004), Poljskoj (Filipowicz i dr. 2006), Irskoj (Provan i dr. 2008) i Velikoj Britaniji (Van der Merwe i dr. 2000). U prilog genetičkoj homogenosti obične borovice i klečice idu i druga istraživanja o velikoj plastičnosti obične borovice u različitim okolišnim uvjetima (Poveda i dr. 2002). Poznato je da borovice mogu prilagoditi svoj habitus lošijim vremenskim i okolišnim uvjetima, gdje iz uspravnih formi prelaze u puzajuće i prilagode forme, zbog čega i imaju tako široko područje rasprostranjenja i rastu i iznad zone šumske vegetacije (Hantemirova i dr. 2012).

Klasterska analiza morfoloških karakteristika iglica jasno je izdvojila populacije klečice od populacija obične borovice, dok to nije bio slučaj s bobuljastim češerima. Osim toga, populacija Klek pokazala je značajno odstupanje u morfološkim značajkama iglica u odnosu na ostale populacije obične borovice. Naime, populacija Klek imala je najmanje vrijednosti za sve morfološke značajke iglica osim njihove dužine. Tako velike razlike u morfologiji iglica ove populacije mogu ukazivati na mogući genetički drift zbog smanjenog protoka gena između populacija te fenotipsku prilagodbu specifičnim mikro-stanišnim uvjetima u kojima se navedena populacija

razvija (Brus i dr. 2011). Specifičnost ove populacije je nadmorska visina od 1181 m. Prema Bresson i dr. (2011), s promjenom nadmorske visine mijenja se temperatura zraka, vlaga zraka i količina oborina, što dovodi do promjene stanišnih uvjeta koji mogu utjecati na veličinu iglica i bobuljastih češera. Morfometrijsko istraživanje Vasića i dr. (2014) potvrđuje da biljke na višim nadmorskim visinama imaju manje iglice u odnosu na one na nižim nadmorskim visinama. Takva prilagodba uzrokuje efikasnije korištenje dostupnih resursa u okolišu, što pomaže jedinkama da održe kompetitivnost s drugim vrstama iz okruženja. Sobierajska i dr. (2016) također ukazuju na dva moguća uzroka koji utječu na unutarpopulacijsku varijabilnost u populacija *J. drupacea*. Kao prvi razlog navode različito podrijetlo populacija i nedostatak protoka gena, a kao drugi različite evolucijske smjerove.

### **5.3. Utjecaj pedoloških značajki na morfološke značajke iglica i bobuljastih češera**

Korelacijskom analizom između analiziranih pedoloških značajki i morfoloških značajki iglica utvrđena je pozitivna korelacija ( $r > 0,7$ ) i to između udjela gline i sljedećih morfoloških značajki iglica: površina iglice, opseg iglice, dužina iglice i udaljenost od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine. Kako se u istarskim populacijama koje imaju najveći udjel gline radi o crvenicama, u odnosu na ostala područja gdje dominiraju kalkokambisoli, crnice i rendzine možemo pretpostaviti da su to ujedno i najdublja tla koja pozitivno utječu na veličinu iglica. Osim pozitivne korelacije između udjela gline i veličine iglica utvrđena je i statistički značajna negativna korelacija ( $r > -0,6$ ) između pH tla (pH\_H2O i pH\_CaCl2) i površine iglica, maksimalne širine iglica i udaljenosti od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine. Ovi podaci slažu se Botić (2020) koja navodi da acidofilnija tla pogoduju rastu borovice. Nisu utvrđene statistički značajne korelacije između pedoloških značajki i morfoloških značajki bobuljastih češera.

## 6. ZAKLJUČCI

Temeljem pedoloških i morfometrijskih istraživanja 12 populacija obične borovice, *Juniperus communis* var. *communis*, te tri populacije klečice, *J. communis* var. *saxatilis*, na području primorske i gorske Hrvatske utvrđena je značajna varijabilnost, kako pedoloških tako i morfoloških značajki istraživanih svojti.

Za običnu borovicu na temelju pedoloških analiza utvrđena je tekstura tla praškaste gline do gline u istarskim populacijama, a u ostalim populacijama u rasponima od praškaste ilovače do glinaste ilovače.

Najniže pH-vrijednosti tla u vodi i  $\text{CaCl}_2$  imale su, također, istarske populacije od kojih se ističe populacija Žminj (5,89; 5,22), dok je populacija Soviljica imala najviše pH-vrijednosti (8,38; 7,25). Nadalje, prema udjelu organskog ugljika, totalnog dušika te odnosa ugljika i dušika najniže prosječne vrijednosti nalazimo unutar populacije Soviljica. Najviša prosječna vrijednost odnosa ugljika i dušika zabilježena je u populaciji Brod Moravice.

Deskriptivnom statističkom analizom morfoloških značajki iglica obične borovice utvrđeno je da najveću prosječnu površinu, dužinu i maksimalnu širinu iglice te dužinu iglice, mjerenu od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice ima populacija Poreč. S druge strane, populaciji Klek bile su svojstvene najmanje vrijednosti za površinu i opseg iglice, koeficijent oblika, dužinu iglice, mjerenu od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice i iglične kutove NA1 i NA2.

Populacija klečice Veliki Alan ima najveću prosječnu površinu iglice, najveći koeficijent oblika, dužinu iglice, mjerenu od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice i kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % i 25% dužine iglice.

Populacije klečice općenito karakteriziraju manje prosječne vrijednosti dužine i opsega iglice te veće vrijednosti za koeficijent oblika u odnosu na populaciju obične borovice.

S obzirom na bobuljaste češer populacija Brinje se ističe po prosječno najmanjim češerima s prosječno najvećim brojem češernih ljustica. Prosječno najmanji broj sjemenki po bobuljastom češeru ima populacija Klek, a populacija Vela Draga ima najmanji omjer širine i dužine bobuljastih češera. S prosječno najizduženijim češerima odlikovala se je populacija Žminj.

U klečice, populacija Biokovo se ističe s prosječno najvećim češerima s najvećim brojem najtanjih sjemenki. Na temelju dobivenih prosječnih vrijednosti za širinu i dužinu bobuljastih češera nije bilo moguće razlikovati običnu borovicu od klečice. Istraživane svojte statistički značajno su se razlikovale za broj sjemenki po bobuljastom češeru. Običnu borovicu karakterizira prosječno veći broj sjemenki u odnosu na klečicu.

Hijerarhijskom analizom varijance je utvrđeno da se istraživane svojte, obična borovica i klečica, statistički značajno razlikuju za sve mjerene značajke iglica osim za maksimalnu širinu iglice. S druge strane nisu utvrđene statički značajne razlike za dimenzije bobuljastih češera. Za sva istraživana svojstva potvrđene su statistički značajne razlike na međupopulacijskom i unutarpopulacijskom nivou.



Klusterskom analizom koja se temelji na morfološkim značajkama iglica jasno se uočava trend odvajanja populacija klečice i obične borovice na vrlo visokoj razini. Osim toga, unutar skupine populacija obične borovice prati se odvajanje populacije Klek te djelomično grupiranje submediteranskih populacija. Provedenom klusterskom analizom koja se je temeljila na morfologiji bobuljastih češera utvrđeno je da se populacije obične borovice i klečice ne grupiraju prema taksonomskoj podijeli, niti prema njihovom geografskom porijeklu.

Korelacijskom analizom utvrđene su statistički značajne pozitivne korelacije između udjela gline i površine iglice, opsega iglice, dužine iglice i udaljenosti od osnove iglice do mjesta njihove najveće širine, kao i statistički značajne negativne korelacije između pH tla i površine iglice, maksimalne širine iglice i udaljenosti od osnove iglice do mjesta njihove najveće širine.

## 7. LITERATURA

- Adams, R.P., Pandey, R.N., Leverenz, J.W., Dignard, N., Hoegh, K., Thorfinnsson, T., 2003: Pan-Arctic variation in *Juniperus communis*: historical biogeography based on DNA fingerprinting. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31: 182–183. [PII: S0305-1978\(02\)00031-1](#)
- Baties, N.H., 1996: Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47: 151–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386>.
- Botić, V. 2020: Utjecaj različitih metoda i parametara ekstrakcije na fenolni profil i antioksidacijsku aktivnost borovice (*Juniperus communis* L.). Diplomski rad 2020. Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet.
- Bresson, C., Vitasse, C.Y., Kremer, A., Delzon, S., 2011: To what extent is altitudinal variation of functional traits driven by genetic adaptation in European oak and beech? *Tree Physiology*, 31 (11): 1164–1174. [doi: 10.1093/treephys/tpr084](#)
- 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 Forest Research*, 130: 657–670. [doi 10.1007/s10342-010-0457-1](#)
- Brus, R., Idžojtić, M., Jarni, K., 2014: Morphological variation in northern marginal *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* populations in Istria. *Plant Biosystems*, 150 (2): 274–284. [doi.org/10.1080/11263504.2014.984790](#)
- Clifton, S.J., Ward, L.K., Ranner, D.S., 1997: The status of juniper *Juniperus communis* L. in north-east England. *Biological Conservation*, 79: 67–77.
- Cools, N., De Vos, B., 2010: Sampling and Analysis of Soil. Manual Part X, In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, UNECE, ICP Forests, Hamburg.
- Cooper, F., Stone, R.E., McEvoy, P., Wilkins, T., Reid, N., 2012: The conservation status of juniper formations in Ireland. *Irish Wildlife Manuals* No. 63. ISSN 1393 – 6670. 1–218 p.
- Dapper, H., 1985: Heckenpflanzen sind Nutzpflanzen. *Modernes Leben - natürliches Heilen* 110, 14–15. *Enzyklopädie der Holzgewächse* - 26. Erg.Lfg. 12/01.
- Dapper, H., 1992: Heckengehölze: Handbuch für Biologie, Kultur und Verwendung. Patzer Verlag, Berlin. *Enzyklopädie der Holzgewächse* - 26. Erg.Lfg. 12/01.
- Dierßen, K., 1996: Vegetation Nordeuropas. Ulmer Verlag, Stuttgart. *Enzyklopädie der Holzgewächse* - 26. Erg.Lfg.
- Douaihy, B., Sobierajska, K., Katarzyna Jasinska, A., Boratynska, K., Ok, T., Romo, A., Machon, N., Didukh, Y., Bou Dagher-Kharrat, M. and Boratynski, A., 2012: Morphological versus molecular markers to describe variability in *Juniperus excelsa* subsp. *excelsa* (Cupressaceae). *AoB PLANTS*: 1–14.
- Filipowicz, N., Piotrowski, A., Ochocka, J.R., Asztemborska, M., 2006: The phytochemical and genetic survey of common and dwarf juniper (*Juniperus*

- communis* and *Juniperus nana*) identifies chemical races and close taxonomic identity of the species. *Planta Med* 72: 850–853. [doi:10.1055/s-2006-941543](https://doi.org/10.1055/s-2006-941543)
- Forbes, A.R.D., Proctor, J., 1986: The Glen Artney juniper wood. *Transactions of the Botanical Society of Edinburgh*, 45: 63–72. [doi:10.1080/03746608608685405](https://doi.org/10.1080/03746608608685405)
- Gonny, M., Cavaleiro, C., Salgueiro, L., Casanova, J., 2005: Analysis of *Juniperus communis* subsp. *alpina* needle, berry, wood and root oils by combination of GC, GC/MS and <sup>13</sup>C-NMR. *Flavour and fragrance journal*, 21: 99–106. [doi: 10.1002/ffj.1527](https://doi.org/10.1002/ffj.1527)
- Gračanin M., Ilijanić Lj., 1977: Uvod u ekologiju bilja, Školska knjiga, Zagreb, 318 str.
- Hantemirova, E.V., Berkutenkob, A.N., Semerikov, V.L., 2012: Systematics and gene geography of *Juniperus communis* L. inferred from isoenzyme data. *Russian Journal of Genetics*, 48 (9): 920–926.
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija, Stanbiro, Zagreb, 470 str.
- Hill, M.O., Mountford, J.O., Roy, D.B., Bunce, R.G.H., 1999: Ellenberg's indicator values for British plants,. ECOFACT Volume 2 Technical Annex. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon.
- Idžojtić, M., 2009: Dendrologija list, Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 904 str.
- Idžojtić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme, Šumarski Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 672 str.
- ISO 10390, 1994: Soil quality – Determination of pH. ISO, Genève.
- ISO 10693, 1995: Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method, ISO, Genève.
- ISO 10694, 1995: Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). ISO, Genève.
- ISO 11277, 2009: Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. ISO, Genève.
- ISO 11464, 1994: Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analyses. ISO, Genève.
- ISO 11465, 1993: Soil quality – Determination of dry mater and water content on mass basis – Gravimetric method, ISO, Genève.
- ISO 13878, 1998: Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). ISO, Genève.
- Knyazeva, S.G., Hantemirova, E.V., 2020: Comparative analysis of genetic and morphoanatomical variability of common juniper (*Juniperus communis* L.). *Russian Journal of Genetics*, 56 (1): 48–58. <https://doi.org/10.1134/S102279542001007X>
- Köroğlu, A., Kendir, G., Simsek, D., Miceli, N., Pinar, N.M., 2018: The morphological properties of leaves, cones, seeds of some *Juniperus* species native to Turkey. *Commun. Fac. Sci. Univ. Auk. Series C* 27 (1): 61–84.
- Little, E.L., 1979: Checklist of United States trees (native and naturalized). *Agric-Handb.* 541. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, 375 str.

- Mägdefrau, K., Ehrendorfer, F., 1988: Sistematika, evolucija i geobotanika, III dopunjeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 253. str.
- 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. [doi:10.1080/03746608608685405](https://doi.org/10.1080/03746608608685405)
- McPherson, G.R., Rasmussen, G.A., Wester, D.B., 1991: Vegetation and soil zonation associated with *Juniperus pinchotii* Sudw. *Trees. Great Basin Naturalist* 51 (4): 316–324.
- 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.
- Nikolić, T., 2013: Sistematska botanika – Raznolikost i evolucija biljnog svijeta, Alfa d.d., Zagreb, 882 str.
- Oostermeijer, J.G.B., Knecht, B., 2004: Genetic population structure of the wind-pollinated, dioecious shrub *Juniperus communis* in fragmented Dutch heathlands. *Plant Species Biology*, 19: 175–184. [doi: 10.1111/j.1442-1984.2004.0013.x](https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2004.0013.x)
- Pernar, N., 2017: Tlo nastanak, značajke, gospodarenje, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 799 str.
- Pernar, N., Bakšić, D., Perković, I., 2013: Terenska i laboratorijska istraživanja tla – priručnik za uzorkovanje i analizu, Zagreb, 191 str.
- Phillips, F.J., 1910: The dissemination of junipers by birds. *Forest Quarterly*, 8: 60–73.
- Poljak, I., 2014: Morfološka i genetska raznolikost populacija i kemijski sastav plodova europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Poveda, M.M., Sauqual, M.C., Fauvel, M.T., Gamisans, J., Gauquelin, T., 2002: Alkane composition diversity among populations of dwarf forms of *Juniperus communis* L.: comparison between western Europe and northern American population. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 140 (2): 165–168. [doi: 10.1046/j.1095-8339.2002.00090.x](https://doi.org/10.1046/j.1095-8339.2002.00090.x)
- Provan, J., Beatty, G.E., Hunter, A.M., McDonald, R.A., McLaughlin, E., Preston, S.J., Wilson, S., 2008: Restricted gene flow in fragmented populations of a wind-pollinated tree. *Conserv Genet*, 9: 1521–1532. [doi: 10.1007/s10592-007-9484-y](https://doi.org/10.1007/s10592-007-9484-y)
- Rajčević, N., Dodoš, T., Novaković, J., Boršić, I., Janačković, P., Marin, P.D., 2020: Differentiation of North-Western Balkan *Juniperus communis* L. (Cupressaceae) populations – ecological and chemophenetic implications. *Journal of Essential Oil*, 32: 562-570. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1805038>
- Reim, S., Lochschmidt, F., Proft, A., Tröber, U., Wolf, H., 2016: Genetic structure and diversity in *Juniperus communis* populations in Saxony, Germany. *Biodiversity: Research and Conservation*, 42: 9–18. <https://doi.org/10.1515/biorc-2016-0008>
- Roloff, A., Pietzarka, U., Schmidt, C., 2014: *Juniperus communis*. In *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie* (ur., Stimm, B., Roloff, A., Lang, U.M., Weisgerber, H.). <https://doi.org/10.1002/9783527678518.ehg2001049>

- Sobierajska, K. , Boratynska, K.; Jasinska, A., Dering, M., Ok, T, Douaihy, B. , Dagher-Kharrat, M.D., Romo, A., Boratynski, A., 2016: Effect of the Aegean Sea barrier between Europe and Asia on differentiation in *Juniperus drupacea* (Cupressaceae). Botanical Journal of the Linnean Society, 180: 365–385. [DOI: 10.1111/boj.12377](https://doi.org/10.1111/boj.12377)
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1989: Biometry, Freeman and Co., San Francisco., 887 str.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Sullivan, G., 2001: Prostrate juniper heath in north-west Scotland: historical, ecological, and taxonomic issues., PhD Thesis, University of Aberdeen, UK.
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., 1979: Decomposition in terrestrial ecosystems, Studies in ecology volume 5, Blackwell Scientific publications, Oxford.
- Šilić, Č., 2005: Atlas dendroflora (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine, Čitluk, Bosna i Hercegovina, Čitluk: Matica Hrvatska: Franjevačka kuća Masna Luka, pp. 46–47.
- The Plant List (2021). Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (pristupljeno 22. rujna 2021.)
- Thomas, P.A., Barghathi, M., Polwart, A., 2007: Biological Flora of the British Isles: *Juniperus communis* L. Journal of Ecology, 95: 1404–1440. [doi: 10.1111/j.1365-2745.2007.01308.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01308.x)
- Trinajstić, I., 1978: Sistematika bilja (Embriobyonta), (interna skripta), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 117 str.
- Vaičiulytė, V., Ložienė, K., 2013: Variation of chemical and morphological characters of leaves and unripe cones in *Juniperus communis*. Botanica Lithuanica, 19 (1): 37–47. [doi: 10.2478/botlit-2013-0005](https://doi.org/10.2478/botlit-2013-0005)
- Van der Merwe, M., Winfield, M.O., Arnold, G.M., Parker, J.S., 2000: Spatial and temporal aspects of the genetic structure of *Juniperus communis* populations, Molecular Ecology, 9: 379–386. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.2000.00868.x>
- Vanden-Broeck, A., Gruwez, R., Cox, K., Adriaenssens, S., Michalczyk, I.M., Verheyen, K., 2011: Genetic structure and seed-mediated dispersal rates of an endangered shrub in a fragmented landscape: a case study for *Juniperus communis* in northwestern Europe. BMC Genetics, 12 (1): 1–16. <http://www.biomedcentral.com/1471-2156/12/73>
- Vanmechelen, L., Groenmans, E., Van Rast, E., 1997: Forest soil condition in Europe, Results of a Large – Scale Soil Survey. Forest Soil Coordinating Centre, Brussel, Geneva, pp 252.
- Vasić, P., Krivošej, Z., Topuzović, M., Dubak, D., Prodanović, D., 2014: Morphological – anatomical characteristics of two common junipers (*Juniperus communis* and *Juniperus oxycedrus*) from the area od mountain Kopaonik in Serbia. Agriculture & Forestry, 60: 91–104.
- Vesterdal, L., Schmidt, I.K., Callesen, I., Nilsson, L.O., Gundersen, P., 2008. Carbon and nitrogen in forest floor and mineral soil under six common European tree species. Forest Ecology and Management, 255: 35–48.

- Vidaković, M., 1993: Četinjače – Morfologija i varijabilnost, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 741 str.
- Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 212 str.
- Ward, L.K., 1973: The conservation of juniper. I. Present status of juniper in southern England. *Journal of Applied Ecology*, 10: 165–188. [doi:10.2307/2404724](https://doi.org/10.2307/2404724)
- WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
- Zebec, M., 2010: Morfologija i varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo) u Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Zoller, H., 1981: *Juniperus communis*. U: Hegi G.: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. 3. Auflage. Paul Parey Verlag, Berlin/Hamburg, Enzyklopedie der Holzgewächse - 26. Erg.Lfg 12/01.