

# Populacijska varijabilnost šmrike (*Juniperus deltoides* R.P. Adams) u Istri i Kvarneru prema morfološkim obilježjima iglica i bobuljastih češera

---

Barišić, Andrija

Undergraduate thesis / Završni 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:108:699016>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-20**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
ŠUMARSKI FAKULTET  
ŠUMARSKI ODSJEK**

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

**ANDRIJA BARIŠIĆ**

**POPULACIJSKA VARIJABILNOST ŠMRIKE  
(*Juniperus deltoides* R.P. Adams) U ISTRI I KVARNERU PREMA  
MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA IGLICA I BOBULJASTIH ČEŠERA**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB (RUJAN, 2021.)**

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>Zavod:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku              |
| <b>Predmet:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Dendrologija                                                     |
| <b>Mentor:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Doc. dr. sc. Igor Poljak                                         |
| <b>Asistent – znanstveni novak:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Antonio Vidaković, mag. ing. silv.                               |
| <b>Student:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Andrija Barišić                                                  |
| <b>JMBAG:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0268034453                                                       |
| <b>Akad. godina:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2020./2021.                                                      |
| <b>Mjesto, datum obrane:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Zagreb, 3. rujna 2021. godine                                    |
| <b>Sadržaj rada:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Slika: 2<br>Tablica: 27<br>Navoda literature: 32<br>Stranica: 27 |
| <b>Sažetak:</b> <p>Cilj ovoga rada bio je utvrditi morfološku varijabilnost iglica i bobuljastih češera šmrike (<i>Juniperus deltoides</i> R.P. Adams, Cupressaceae) na materijalu iz pet prirodnih populacija. Uzorci iglica za morfometrijska istraživanja sakupljeni su na području Istre i Kvarnera. Ispitivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi 14 morfoloških karakteristika iglica i bobuljastih češera, pri čemu su u analizi podataka korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode.</p> <p>Utvrđena je visoka varijabilnost istraživanih morfoloških svojstava. Koeficijent varijabilnosti na razini svih populacija kretao se od 12,17 % za širinu bobuljastog češera do 70,89 % za dužinu iglice mjerenu od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice. Kruskal-Wallis analizom varijance potvrđene su razlike na razini populacija i između grmova/stabala unutar populacija za većinu istraživanih svojstava. Rezultati provedene klusterske analize na temelju morfoloških karakteristika iglica ukazuju na to da su populacije šmrike geografski strukturirane. S druge strane, geografska strukturiranost populacija nije uočena promatrajući karakteristike bobuljastih češera. Nedostatak geografske strukturiranosti populacija posljedica je ograničenog geografskog prostora proučavanih populacija, kao i specifične evolucijske povijesti istraživane vrste.</p> |                                                                  |

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

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

U Zagrebu, 3. rujna 2021. godine.

---

*vlastoručni potpis*

Andrija Barišić

## **PREDGOVOR**

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

Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Igoru Poljaku i asistentu Antoniju Vidakoviću, mag. ing. silv. na prikupljenim materijalima te pomoći i sugestijama prilikom pisanja završnog rada. Zahvaljujem se i svim ostalim kolegama koji su mi pomogli u laboratorijskom dijelu istraživanja i prikupljanju uzoraka.

## SADRŽAJ

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD.....                                                                        | 1  |
| 1.1. Rod <i>Juniperus</i> L.....                                                    | 1  |
| 1.2. <i>Juniperus deltoides</i> i <i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i> ..... | 2  |
| 1.3. Morfologija i biologija istraživane vrste.....                                 | 3  |
| 1.4. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste.....          | 4  |
| 2. CILJ RADA .....                                                                  | 5  |
| 3. MATERIJAL I METODE .....                                                         | 6  |
| 3.1. Materijal.....                                                                 | 6  |
| 3.2. Morfometrijska analiza iglica i bobuljastih češera .....                       | 6  |
| 3.3. Statistička obrada podataka.....                                               | 7  |
| 4. REZULTATI.....                                                                   | 8  |
| 4.1. Deskriptivna statistika.....                                                   | 8  |
| 4.2. Korelacijska analiza .....                                                     | 13 |
| 4.3. Kruskal-Wallis analiza varijance .....                                         | 15 |
| 4.4. Klusterska analiza .....                                                       | 20 |
| 5. RASPRAVA .....                                                                   | 22 |
| 6. ZAKLJUČCI.....                                                                   | 24 |
| 7. LITERATURA .....                                                                 | 26 |

# 1. UVOD

## 1.1. Rod *Juniperus* L.

Rod *Juniperus* L. pripada porodici Cupressaceae. Obuhvaća oko 60 vrsta koje rastu kao grmovi ili niža stabla, a rasprostranjeni su na čitavoj sjevernoj polutci, od polarne zone do planina tropa što ih svrstava u jedan od najrasprostranjenijih rodova iz porodice čempresa (Herman 1971). S obzirom na stupanj filogenetskog razvoja unutar toga roda možemo razlikovati tri razvojne sekcije. Jednu primitivniju i filogenetski stariju s igličastim listovima (sekcija *Oxycedrus*) kojoj pripada oko 10 vrsta, drugu filogenetski mlađu, s ljuskastim listovima (sekcija *Sabina*) kojoj pripada oko 20 vrsta te treću kalifornijsku (sekcija *Caryocedrus*) u kojoj nalazimo samo jednu vrstu (Trinajstić 1978).

Vrste iz roda *Juniperus* su vazdazeleno, dvodomno, rjeđe jednodomno grmlje ili manje drveće monopodijalnog rasta. Kora se ljušti uglavnom u uzdužnim ljuskama, dok razgranjenje nije pršljenasto. Lišće je jednostavno, zelene boje s jednom ili dvije pruge puči, ljuskasto i nasuprotno ili igličasto i po tri u pršljenu. Na mladim (juvenilnim) biljkama lišće je uvijek igličasto, dok je na starim (adultnim) biljkama ili potpuno igličasto ili ljuskasto ili pak kombinacija oba tipa lišća. Lišće je dugotrajno, a ostaje na biljkama tri do pet (12) godina. Muški cvjetovi su pojedinačni i obično tvore jajaste ili duguljaste tvorevine nalik resama u kritosjemenjača. Ženski cvjetovi sastoje se od tri do šest ljusaka, od kojih neke, ili sve nose po jedan ili dva sjemena zametka (Vidaković 1993). Smješteni su na vrhovima kratkih izbojaka ili u pazušcima listova. Oprašivanje se provodi tijekom duljeg razdoblja, od kasnog ljeta do rane zime, odnosno jednu sezonu, a vrši se vjetrom (anemofilija). Češeri su sočni i mesnati, što ih razlikuje od većine drugih golosjemenjača u kojih su suhi i drvenasti. Izgledom nalikuju na bobu pa ih nazivamo bobuljastim češerom. Nakon dozrijevanja se ne otvaraju, a sazrijevaju prve ili druge godine (iznimno treće). Sastoje se od tri do šest čvrsto sraslih, više ili manje mesnatih ljusaka. Sjemenke su bez krilca, često brazdaste s tvrdom ljuskom i izbočinom na osnovi. Sočnim bobuljastim češerima se hrane ptice koje raznose sjeme na velike udaljenosti (Herman 1971; Vidaković 1993; Nikolić 2013).

U Hrvatskoj od igličastih borovica u acidofilnim šumama ili šikarama kontinentalnih krajeva raste *Juniperus communis* L. (obična borovica, kleka), a u primorskim krajevima *J. deltoides* R.P. Adams (šmrika). Razlika između obične borovice i šmrike je u tome što su bobuljasti češeri u obične borovice modri i maleni, a u šmrike smeđe-crveni i veći. Osim toga, od igličastih borovica u visokim planinskim područjima raste i klečica *J. communis* var. *saxatilis* Pall. Od ljuskastih borovica u garizima primorskih krajeva ističe se vrsta *J. phoenicea* var. *turbinata* (Guss.) Parl. (primorska somina), a u brdskim krajevima *J. sabina* L. (planinska somina) (Trinajstić 1978). U ovom radu mi ćemo se baviti šmrikom (*J. deltoides*) koja pripada sekciji *Oxycedrus*.

## 1.2. *Juniperus deltoides* i *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus*

Tijekom pleistocena, mediteranska regija služila je kao refugij za sjevernoeuropsku floru. U biogeografskim i evolucijskim značajkama mediteranska flora je za to vrijeme doživjela velike promjene. Klimatske promjene za vrijeme pleistocena imale su značajnu ulogu u podjeli i formiranju genske raznolikosti različitih biljnih i životinjskih vrsta (Boratyński i dr. 2014). *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* smatrala se tipičnom podvrstom vrste *J. oxycedrus* koja je rasprostranjena u velikom dijelu Sredozemlja (Farjon 2005). Veliko područje rasprostiranja ove svojte, od istoka do zapada, te značajne razlike na biokemijskoj i genskoj razini sugerirale su na njezino porijeklo iz različitih refugija.

Morfološkim, molekularnim i kemijskim istraživanjima, Adams i dr. (2005) potvrdili su postojanje dvije kriptične, morfološki vrlo slične vrste unutar svojte *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* za koje se vjeruje da su široko alopatrične. Svojta *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* rasprostire se samo u područjima zapadno od Italije, dok je nedavno prepoznata nova vrsta *J. deltoides* R.P. Adams, prisutna samo od Italije prema istoku, preko Balkanskog poluotoka do Turske (Adams 2004; Adams i dr. 2005; Brus i dr. 2011; Boratyński i dr. 2014). Iako je na početku navedene taksone bilo teško razlikovati, ključne morfološke karakteristike prema kojima razdvajamo ove dvije svojte na osnovi iglica i bobuljastih češera navodi nekoliko autora: Adams (2004), Adams i dr. (2005), Klimko i dr. (2006), Boratyński i dr. (2014).

Za *J. deltoides* karakteristično je da su stranice iglica paralelne ili tupe pri bazi, što im daje trokutasti ili deltoidni izgled. Većina iglica ima puči koje nisu utonule, dajući im izgled ravne površine. S druge strane iglice *J. oxycedrus* sužavaju se na mjestu gdje se lisna ploča spaja s bazom, a pruge puči su utonule, dajući srednjem dijelu izdignut izgled. Iglice *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* imaju tendenciju biti duže i uže u odnosu na iglice vrste *J. deltoides*. Pored toga, pronađene su razlike i u hlapljivim uljima. Ulje iglica *J. deltoides* sadrži manje  $\alpha$ -pinena, dok ima više spojeva limonena u usporedbi s *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus*. Ulje *J. deltoides* sadrži nekoliko spojeva koji nisu prisutni u *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* kao što su: trans-p-mentha-2,8-dien-1-ol, cis-p-mentha-2,8-dien-1-ol, cis-karveol, karvon, (2E) -decenal, ar-kurkumen,  $\alpha$ -kopaen-11-ol,  $\alpha$ -kalakoren,  $\beta$ -kalakoren i kadadalen (Adams i dr. 2005). Nadalje, ljuske češera vidljive su u *J. deltoides*, a vrhovi ljuskica češera u pravilu strše te su obično prekriveni voštanom prevlakom. Suprotno tome, u *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus*, bobuljasti češeri su glatki sa slabom naznakom od tri međusobno srasle ljuske na distalnom kraju. Također je vidljiva linija na distalnom kraju gdje se spajaju ljuske koju ne nalazimo u *J. deltoides*. Ove dvije vrste mogu se razlikovati i po habitusu. Oblik krošnje *J. oxycedrus* uglavnom je zaobljen, dok je u *J. deltoides* stožastijeg oblika (Adams 2004; Adams i dr. 2005; Boratyński i dr. 2014).



### 1.3. Morfologija i biologija istraživane vrste

*Juniperus deltoides* (šmrika, smrič) je vazdazeleni oveći grm ili manje razgranjeno stabalce, obično visoko do 12 m i preko 50 cm u promjeru. Krošnja je stožastog oblika, a grane duge i prilično debele (Adams 2004; Šilić 2005). Kora je sivkastosmeđa, u mladosti glatka, a kasnije se ljušti u trakama. Grančice su bridaste (Vidaković 1993; Šilić 2005).

Listovi igličasti, vazdazeleni, sjedeći i otklonjeni, veoma oštra i bodljikava vrha, dugi 9 – 17 mm, široki 1,5 – 2,4 mm. Na dnu je iglica široka gotovo koliko i oštrica. Stranice iglica su paralelne do baze, što im daje trokutast odnosno deltoidan oblik. Iglice na gornjoj strani imaju dvije bijele pruge puči, koje u pravilu nisu utonule te daju iglici izgled ravne površine. Stražnja je strana iglice s uzdužnim grebenom u sredini. Nalazimo po tri iglice u pršljenu (Vidaković 1993; Šilić 2005; Adams 2004).

Šmrika je dvodomna biljka, jednospolnih cvjetova. Muški su cvjetovi 3,5 – 5 mm dugački i žućkasti češeri građeni od pet ili šest pršljena prašničkih listova. U pršljenu se nalaze po tri prašnička lista koja nose tri do četiri peludnice. Rastu pojedinačno u pazušcima iglica prošlogodišnjih izbojaka. Ženski su cvjetovi u neuočljivim oko 2 mm dugačkim žućkasto zelenim cvatovima, a građeni su od tri do četiri pršljena plodnih listova. U pršljenu se nalaze tri duguljasta, šiljasta plodna lista, od kojih su tri vršna konkavno savijena i svaki nosi po jedan sjemeni zametak. Pokrovni listovi srasli su s plodnima. Cvatovi se nalaze u pazušcima iglica prošlogodišnjih izbojaka. Vrijeme cvjetanja traje od veljače do travnja (Idžojić 2013). Oplodnja se obično vrši od siječnja do travnja (Vidaković 1993), dok prema nekim autorima oplodnja započinje već u studenom (Matković 1970).

Bobuljasti češer je gotovo sjedeći, kuglast do obrnuto jajast, debljine od 6 – 10 (15) mm. Sastoji se od tri do šest međusobno sraslih mesnatih i smolavih ljusaka. Ljuskice na vrhu češera obično strše prema gore i prekrivene su voštanom prevlakom. U početku, češer je žuto-smeđe boje s jako izraženim vrhovima ljuskica, dok je nakon dozrijevanja crvenkastosmeđe boje. Dozrijevaju u kolovozu i rujnu sljedeće godine. Ornitohorni su, što znači da ih raznose ptice (Vidaković 1993; Adams 2004; Šilić 2005; Idžojić 2013). U češerima nalazimo dvije do tri sjemenke. Sjemenke su crvenkastosmeđe, bridaste i tvrde, oko 6 mm dugačke i 3 mm široke s dvije smolne žlijezde na osnovi. Sjeme posjeduje dobru, ali sporu klijavost (Vidaković 1993; Šilić 2005).

Uspješno se razmnožava sjemenom. Dobra prilagodba na anemohoriju i zoohoriju omogućavaju joj široku rasprostranjenost. Vegetativno se razmnožava pomoću odrvenjelih reznica i povaljenicama. Može se još razmnožavati i cijepljenjem (Vidaković 1993).

Napomenimo još kako je šmrika domaćin poluparazitu *Archeutobium oxycedrii* (DC.) M. Bieb. (imelica) na obalnim područjima.

## 1.4. Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke istraživane vrste

Smatralo se kako je *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* tipična podvrsta za *J. oxycedrus* sve do nedavno, kad su studije Adamsa i dr. (2005.) potvrdile da je na istočnom Mediteranu otkrivena nova vrsta, *J. deltoides*. Stoga je areal *J. oxycedrus* podijeljen na zapadni i istočni Mediteran, odnosno zapadno i istočno od Italije. U zapadnom dijelu od Portugala i Andaluzije do Alpa u Francuskoj i Italiji, na otocima Korzika i Sardinija pa sve od Maroka do Tunisa uobičajenom vrstom smatra se *J. oxycedrus*. S arealom istočno od Italije preko Balkanskog poluotoka, Grčke i Turske, a od tamo prema Armeniji, Iranu i Iraku utvrđeno je kako raste *J. deltoides* (Adams 2004; Adams i dr. 2005; Klimko i dr. 2007; Boratyński i dr. 2014). Vrijeme divergencije između *J. oxycedrus* i *J. deltoides* procijenjeno je na približno osam do deset milijuna godina (Mao i dr. 2010).

Areal šmrike uglavnom je ograničen na regije s mediteranskom klimom, ali može se javiti i u unutrašnjosti Balkanskog poluotoka. U regiji sjevernog Jadrana je uglavnom rasprostranjena u uskom pojasu duž obale. Dalje prema sjeverozapadu, područje areala prekida nizina rijeke Po i planinski masiv Alpe (Brus i dr. 2014). Karakteristična je za lokacije sa sušnim ljetima mediteranske klime i za suha suptropska (pustinjska) mjesta. Penje se dosta visoko, do 2300 m nadmorske visine u Europi, 2000 – 2100 m u Aziji i čak do 2500 m u sjevernoj Africi (Adams 2004; Klimko i dr. 2006; Vidaković 1993). Šmrika je tipična heliofilna i kserotermna vrsta. Podnosi najveće žege i suše, a gotovo isto tako i velike hladnoće, što joj omogućava rasprostranjenost i u submediteranskom području gdje mogu vladati niske temperature, čak ispod -25 °C. Dobro podnosi i posolicu (Matković 1970).

Raste na suhim i plitkim tlima i na svim vrstama stijena, od vapnenačkih do silikatnih i dolomitnih, često i na pijescima (Vilar i dr. 2016). Zbog svojstva izrazite otpornosti na sušu smatra se potencijalno važnom vrstom u kontekstu klimatskih promjena (Brus i dr. 2014). U vegetaciji je uglavnom povezana s primorskim travama i grmljem te s vegetacijom šuma mediteranskih borova: alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), brucijski bor (*P. brutia* Ten.), pinija (*P. pinea* L.) i primorski bor (*P. pinaster* Aiton) (Klimko i dr. 2006).

Šmrika je vrlo česta u našim primorskim šumama kao i u toplijem pojasu submediteranskih šuma te se smatra autohtonom vrstom. Najčešće se pojavljuje u niskom vazdazelenom raslinju ili u mješovitim listopadno-vazdazelenim šikarama, makiji i garigu. Javlja se često i u čistim sastojinama na degradiranim tlima. Karakteristična je vrsta u zajednicama bijeloga graba (*Carpinus orientalis* Mill.). Uz šmriku na našim područjima obitava i *J. oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (Sibth. et Sm.) Ball (pukinja, ljuskavac), koja se od šmrike razlikuje po nešto većim bobuljastim češerima te većom osjetljivošću na niske temperature. U kontinentalnom području ima je i u nekim hrastovim, borovim i bukovim fitocenoza (Vidaković 1993; Klimko i dr. 2006).

Prema Vilar i dr. (2016) u kopnenim područjima raste na višim nadmorskim visinama u makiji i garigu ili u otvorenim heliofilnim šumama kojima dominiraju hrast crnika (*Quercus ilex* L.), tršlja (*Pistacia lentiscus* L.) i obični grab (*Carpinus betulus* L.) te u planinama s libanonskim cedrom (*Cedrus libani* A. Rich.), crnim borom (*Pinus nigra* J.F. Arnold) i ostalim borovicama (*J. foetidissima* Willd. i *J. excelsa* M. Bieb.).

## 2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada bio je ispitati varijabilnost populacija vrste *Juniperus deltoides* na materijalu iz pet prirodnih populacija iz Istre i Kvarnera. Morfometrijsko istraživanje unutar- i među-populacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi 14 morfoloških svojstava iglica i bobuljastih češera, pri čemu su korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode. Osim toga, ispitane su i razlike u morfologiji iglica između muških i ženskih biljaka te korelacije između svih istraživanih morfoloških svojstava.

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Materijal

U istraživanje je uključeno pet populacija šmrike iz Istre i Kvarnera (tablica 1). Terenska istraživanja provedena su u listopadu 2020. godine. Terenski rad je obuhvaćao sakupljanje iglica i bobuljastih češera za morfometrijsku analizu. Unutar svake populacije je izabrano po 20 grmova/stabla (10 ženskih biljaka i 10 muških biljaka) sa kojih je sakupljen materijal za morfometrijsku analizu. Na svakoj biljci sakupljeno je po 20 iglica s kratkih i osunčanih izbojaka, dok je sa svake ženske jedinice sakupljeno po 20 potpuno razvijenih i zrelih bobuljastih češera. Sakupljeni materijal je herbariziran i pohranjen u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Fakulteta šumarstva i drvene tehnologije u Zagrebu.

**Tablica 1.** Opće značajke istraživanih populacija.

| Populacija | Geografska dužina | Geografska širina | Nadmorska visina (m) |
|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Cres       | 14,36315          | 45,05983          | 357                  |
| Krk        | 14,53893          | 45,09356          | 154                  |
| Pula       | 13,90052          | 44,03041          | 64                   |
| Savudrija  | 13,50984          | 45,49903          | 12                   |
| Vela Draga | 14,16808          | 45,31762          | 436                  |

#### 3.2. Morfometrijska analiza iglica i bobuljastih češera

Nakon što su iglice herbarizirane, skenirane su pomoću MICROTEK ScanMaker 4800 skenera te izmjerene pomoću računalnog programa WinFOLIA, dizajniranog posebno za vršenje preciznih morfoloških mjerenja listova. Podaci koji su nastali u programu WinFolia pohranjeni su u standardnim ASCII tekstualnim datotekama, koje se lako otvaraju programima za statistiku ili proračunskim tablicama kao što je Microsoft Office Excel.

Na svakoj iglici mjerene su sljedeće značajke: površina iglice (NA); dužina iglice (NL); maksimalna širina iglice (MNW); dužina iglice, mjerena od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine (PMNW); širina iglice na 50 % njezine dužine (NW1); širina iglice na 90 % njezine dužine (NW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom iglice i točkom na rubu iglice, koja se nalazi na 10 % njezine dužine (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 % njezine dužine (NA2).

Bobuljastim češerima je prvo određena masa (m). Zatim je pomoću digitalne pomične mjerke (AlphaTools®) izmjerena širina (CW) i dužina (CL) bobuljastog češera 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).

### 3.3. Statistička obrada podataka

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

Za svaku istraživanu značajku određeni su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji: aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV%). Testirana je i normalnost distribucije podataka (Kolmogorov-Smirnov test) i homogenost varijanci (Leveneov test).

S obzirom na to da mjerene varijable nisu imale homogene varijance i normalne distribucije za daljnja testiranja statističke značajnosti između mjerenih varijabla korištena je neparametrijska Kruskal-Wallis analiza varijance. Razlike su utvrđene između populacija, zatim između grmova/stabala unutar populacija, te u konačnici između muških i ženskih biljaka.

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti između istraživanih populacija korištena je *cluster* analiza (Poljak i dr. 2018). Analiza je rađena hijerarhijskom metodom udruživanja objekata pri čemu je izrađeno vertikalno hijerarhijsko stablo. Za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata korištene su Euklidove udaljenosti, a za udruživanje UPGMA metoda.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne statističke analize prikazani su u tablicama 2 do 4 za iglice te u tablici 5 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.

Ukupna prosječna dužina iglice (NL) iznosi 1,17 cm, dok je prosječna maksimalna širina iglice (MNW) 0,15 cm. Prosječan koeficijent varijacije kretao se od 18,92 % za maksimalnu širinu iglice (MNW) do 70,87 % za udaljenost od osnove iglice do mjesta najveće širine iglice (PMNW). Sljedeća najvarijabilnija značajka, s prosječnim koeficijentom varijacije od 43,54 %, je širina iglice na 90 % njezine dužine (NW2). Zatim slijedi 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) s koeficijentom varijacije od 31,02 %. Sve ostale morfološke značajke iglica imaju koeficijente varijacije niže od 30 %.

Populaciju Savudrija karakteriziraju najveće prosječne vrijednosti za sedam od osam mjerenih morfoloških značajki iglica (NA, MNW, PMNW, NW1, NW2, NA1, NA2). Osim toga, istu populaciju odlikuju i najmanji koeficijent varijacije za sve značajke osim za širinu iglice mjerenu na 50 % njezine dužine (NW1). Drugim riječima, populacija Savudrija najmanje je varijabilna populacija u ovom istraživanju. S druge strane, populacija s najvećim brojem najmanjih prosječnih vrijednosti (NA, MNW, PMNW, NW1, NW2, NA1) je Krk, koja je ujedno i najvarijabilnija populacija.

Promatrajući razlike između muških i ženskih biljaka, zabilježeno je da ženske biljke imaju nešto duže i šire iglice od muških biljaka te da su u prosjeku manje varijabilne. Situacija je obrnuta za značajke koje se odnose na lisne kutove NA1 i NA2. Veći kutovi bili su svojstveni muškim biljkama. Populacija Krk je najvarijabilnija među muškim i ženskim biljkama, dok je populacija Savudrija najmanje varijabilna u oba slučaja.

Prosječna masa bobuljastog češera iznosi 0,41 g s koeficijentom varijacije od 39,08 %, što ju čini najvarijabilnijom značajkom (tablica 5). Sve druge značajke imaju znatno niži koeficijent varijacije, od 12,17 % za širinu bobuljastog češera (CW) do 17,68 % za broj sjemenki (SN). Prosječna dužina češera iznosila je 8,41 mm, dok je prosječna širina 9,47 mm. Njihovi koeficijenti varijacije su najniži i iznose 12,30 % i 12,17 %, što ih čini najmanje varijabilnim značajkama među istraživanim populacijama.

S obzirom na mjerene značajke bobuljastih češera, populacija Savudrija ističe se s najvećim prosječnim vrijednostima za tri od šest značajki (m, CL, CW). Populacija Pula ističe se najmanjim vrijednostima za četiri značajke: masa (m) i dužina češera (CL), broj češernih ljsaka (CSN) i debljina sjemenki (ST). Osim toga, istu populaciju karakteriziraju i najveći koeficijenti varijacije za tri od šest značajki (m, CL, CW), što ju čini najvarijabilnijom populacijom. Najveći broj ljsaka zabilježen je u populaciji Vela Draga (3,22). Promatrajući značajke koje se odnose na sjemenke, najveći broj sjemenki nalazimo u populaciji Pula (3,18), dok su one najdeblje u populaciji Cres (3,05 mm).

**Tablica 2.** Deskriptivni statistički pokazatelji - ženske biljke.

| Populacija | Deskriptivni pokazatelj | Značajke              |         |          |           |          |          |         |         |
|------------|-------------------------|-----------------------|---------|----------|-----------|----------|----------|---------|---------|
|            |                         | NA (cm <sup>2</sup> ) | NL (cm) | MNW (cm) | PMNW (cm) | NW1 (cm) | NW2 (cm) | NA1 (°) | NA2 (°) |
| Cres       | M                       | 0,13                  | 1,26    | 0,14     | 0,24      | 0,12     | 0,03     | 25,91   | 11,07   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,20    | 0,02     | 0,17      | 0,02     | 0,01     | 5,84    | 2,80    |
|            | CV (%)                  | 22,19                 | 15,94   | 17,26    | 72,54     | 18,62    | 43,00    | 22,52   | 25,25   |
| Krk        | M                       | 0,13                  | 1,31    | 0,14     | 0,21      | 0,11     | 0,03     | 25,62   | 10,97   |
|            | SD                      | 0,04                  | 0,28    | 0,03     | 0,17      | 0,02     | 0,02     | 7,07    | 3,77    |
|            | CV (%)                  | 27,36                 | 21,50   | 20,25    | 80,79     | 19,31    | 54,89    | 27,59   | 34,40   |
| Pula       | M                       | 0,13                  | 1,23    | 0,15     | 0,25      | 0,12     | 0,04     | 27,73   | 12,36   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,24    | 0,02     | 0,15      | 0,02     | 0,01     | 7,31    | 3,87    |
|            | CV (%)                  | 24,62                 | 19,61   | 16,65    | 61,30     | 15,59    | 35,86    | 26,35   | 31,30   |
| Savudrija  | M                       | 0,15                  | 1,12    | 0,18     | 0,29      | 0,15     | 0,05     | 33,18   | 16,04   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,20    | 0,02     | 0,14      | 0,02     | 0,01     | 5,77    | 3,29    |
|            | CV (%)                  | 22,40                 | 17,41   | 13,63    | 46,87     | 13,53    | 27,88    | 17,38   | 20,50   |
| Vela Draga | M                       | 0,13                  | 1,28    | 0,14     | 0,20      | 0,12     | 0,04     | 26,04   | 11,21   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,24    | 0,02     | 0,16      | 0,02     | 0,01     | 6,61    | 3,59    |
|            | CV (%)                  | 25,31                 | 18,83   | 17,40    | 78,15     | 18,87    | 37,99    | 25,39   | 32,00   |
| Ukupno     | M                       | 0,14                  | 1,24    | 0,15     | 0,24      | 0,12     | 0,04     | 27,74   | 12,36   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,24    | 0,03     | 0,16      | 0,03     | 0,02     | 7,12    | 3,97    |
|            | CV (%)                  | 24,77                 | 19,49   | 19,24    | 67,44     | 20,35    | 42,36    | 25,67   | 32,14   |

**Tablica 3.** Deskriptivni statistički pokazatelji - muške biljke.

| Populacija | Deskriptivni pokazatelj | Značajke              |         |          |           |          |          |         |         |
|------------|-------------------------|-----------------------|---------|----------|-----------|----------|----------|---------|---------|
|            |                         | NA (cm <sup>2</sup> ) | NL (cm) | MNW (cm) | PMNW (cm) | NW1 (cm) | NW2 (cm) | NA1 (°) | NA2 (°) |
| Cres       | M                       | 0,12                  | 1,14    | 0,15     | 0,17      | 0,12     | 0,03     | 29,80   | 12,94   |
|            | SD                      | 0,04                  | 0,23    | 0,03     | 0,13      | 0,02     | 0,01     | 6,82    | 3,25    |
|            | CV (%)                  | 31,25                 | 20,57   | 20,89    | 74,60     | 19,03    | 41,35    | 22,90   | 25,11   |
| Krk        | M                       | 0,11                  | 1,14    | 0,14     | 0,17      | 0,11     | 0,03     | 29,14   | 12,64   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,27    | 0,03     | 0,14      | 0,02     | 0,01     | 8,85    | 4,71    |
|            | CV (%)                  | 28,82                 | 23,33   | 20,74    | 80,09     | 18,52    | 47,28    | 30,36   | 37,24   |
| Pula       | M                       | 0,10                  | 0,95    | 0,15     | 0,14      | 0,11     | 0,03     | 34,87   | 15,88   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,21    | 0,03     | 0,09      | 0,02     | 0,01     | 7,00    | 3,96    |
|            | CV (%)                  | 28,93                 | 21,68   | 17,51    | 64,42     | 14,66    | 39,41    | 20,07   | 24,93   |
| Savudrija  | M                       | 0,14                  | 1,17    | 0,17     | 0,23      | 0,14     | 0,04     | 32,21   | 14,68   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,21    | 0,02     | 0,13      | 0,02     | 0,01     | 6,22    | 3,50    |
|            | CV (%)                  | 21,90                 | 17,77   | 14,93    | 54,18     | 16,65    | 28,97    | 19,31   | 23,86   |
| Vela Draga | M                       | 0,12                  | 1,12    | 0,15     | 0,17      | 0,12     | 0,03     | 31,17   | 13,80   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,22    | 0,02     | 0,12      | 0,02     | 0,01     | 6,79    | 3,71    |
|            | CV (%)                  | 23,58                 | 19,28   | 13,88    | 68,70     | 15,09    | 44,79    | 21,79   | 26,92   |
| Ukupno     | M                       | 0,12                  | 1,10    | 0,15     | 0,18      | 0,12     | 0,03     | 31,42   | 13,97   |
|            | SD                      | 0,04                  | 0,24    | 0,03     | 0,13      | 0,02     | 0,01     | 7,48    | 4,04    |
|            | CV (%)                  | 29,14                 | 21,77   | 18,60    | 70,74     | 18,60    | 42,22    | 23,80   | 28,89   |



**Tablica 4.** Deskriptivni statistički pokazatelji - ukupno.

| Populacija | Deskriptivni pokazatelj | Značajke              |         |          |           |          |          |         |         |
|------------|-------------------------|-----------------------|---------|----------|-----------|----------|----------|---------|---------|
|            |                         | NA (cm <sup>2</sup> ) | NL (cm) | MNW (cm) | PMNW (cm) | NW1 (cm) | NW2 (cm) | NA1 (°) | NA2 (°) |
| Cres       | M                       | 0,12                  | 1,20    | 0,14     | 0,21      | 0,12     | 0,03     | 27,85   | 12,01   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,23    | 0,03     | 0,16      | 0,02     | 0,01     | 6,63    | 3,17    |
|            | CV (%)                  | 27,00                 | 18,81   | 19,37    | 75,62     | 18,82    | 42,97    | 23,81   | 26,39   |
| Krk        | M                       | 0,12                  | 1,22    | 0,14     | 0,19      | 0,11     | 0,03     | 27,47   | 11,85   |
|            | SD                      | 0,04                  | 0,29    | 0,03     | 0,15      | 0,02     | 0,01     | 8,23    | 4,37    |
|            | CV (%)                  | 29,29                 | 23,49   | 20,48    | 81,16     | 18,93    | 51,10    | 29,97   | 36,85   |
| Pula       | M                       | 0,12                  | 1,09    | 0,15     | 0,19      | 0,12     | 0,04     | 31,30   | 14,12   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,26    | 0,03     | 0,14      | 0,02     | 0,01     | 7,99    | 4,29    |
|            | CV (%)                  | 30,02                 | 24,17   | 17,08    | 70,77     | 15,42    | 40,39    | 25,52   | 30,36   |
| Savudrija  | M                       | 0,14                  | 1,14    | 0,17     | 0,26      | 0,15     | 0,05     | 32,72   | 15,39   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,20    | 0,02     | 0,13      | 0,02     | 0,01     | 6,00    | 18,33   |
|            | CV (%)                  | 22,26                 | 17,67   | 14,44    | 50,97     | 15,60    | 30,48    | 18,33   | 22,43   |
| Vela Draga | M                       | 0,13                  | 1,20    | 0,14     | 0,19      | 0,12     | 0,04     | 28,60   | 12,50   |
|            | SD                      | 0,03                  | 0,24    | 0,02     | 0,14      | 0,02     | 0,01     | 7,17    | 3,87    |
|            | CV (%)                  | 25,06                 | 20,15   | 15,94    | 74,98     | 17,06    | 41,85    | 25,06   | 30,95   |
| Ukupno     | M                       | 0,13                  | 1,17    | 0,15     | 0,21      | 0,12     | 0,04     | 29,58   | 13,17   |
|            | SD                      | 0,04                  | 0,25    | 0,03     | 0,15      | 0,02     | 0,02     | 7,53    | 4,08    |
|            | CV (%)                  | 27,60                 | 21,37   | 18,92    | 70,87     | 19,61    | 43,54    | 25,45   | 31,02   |

**Tablica 5.** Deskriptivni statistički pokazatelji – bobuljasti češeri.

| Populacija | Deskriptivni pokazatelj | Značajke |         |         |       |       |         |
|------------|-------------------------|----------|---------|---------|-------|-------|---------|
|            |                         | m (g)    | CL (mm) | CW (mm) | CSN   | SN    | ST (mm) |
| Cres       | M                       | 0,39     | 8,38    | 9,49    | 3,06  | 2,80  | 3,05    |
|            | SD                      | 0,11     | 1,14    | 1,10    | 0,34  | 0,48  | 0,43    |
|            | CV (%)                  | 28,85    | 13,66   | 11,59   | 11,18 | 17,17 | 14,25   |
| Krk        | M                       | 0,40     | 8,33    | 9,16    | 3,00  | 2,62  | 2,95    |
|            | SD                      | 0,16     | 0,89    | 1,22    | 0,00  | 0,60  | 0,60    |
|            | CV (%)                  | 39,58    | 10,70   | 13,36   | 0,00  | 22,86 | 20,36   |
| Pula       | M                       | 0,38     | 8,09    | 9,23    | 2,75  | 3,18  | 2,66    |
|            | SD                      | 0,21     | 1,42    | 1,44    | 0,67  | 0,58  | 0,51    |
|            | CV (%)                  | 55,61    | 17,62   | 15,63   | 21,09 | 21,06 | 19,13   |
| Savudrija  | M                       | 0,54     | 8,82    | 9,99    | 3,00  | 2,89  | 2,78    |
|            | SD                      | 0,13     | 0,74    | 1,05    | 0,00  | 0,41  | 0,44    |
|            | CV (%)                  | 23,26    | 8,37    | 10,53   | 0,00  | 14,12 | 15,73   |
| Vela Draga | M                       | 0,43     | 8,29    | 9,63    | 3,22  | 2,82  | 2,88    |
|            | SD                      | 0,14     | 0,79    | 0,88    | 0,51  | 0,41  | 0,41    |
|            | CV (%)                  | 31,78    | 9,48    | 9,18    | 15,86 | 14,55 | 14,30   |
| Ukupno     | M                       | 0,41     | 8,41    | 9,47    | 3,08  | 2,80  | 2,86    |
|            | SD                      | 0,16     | 1,03    | 1,15    | 0,38  | 0,50  | 0,48    |
|            | CV (%)                  | 39,08    | 12,30   | 12,17   | 12,42 | 17,68 | 16,93   |

## 4.2. Korelacijska analiza

Provedenom korelacijskom analizom između morfoloških značajki iglica i bobuljastih češera (tablica 6) utvrđeno je da postoje statistički značajne pozitivne korelacije između mase češera (m) i površine iglice (NA) te između mase češera (m) i širine iglice (MNW, NW1, NW2). Pozitivne korelacije utvrđene su i između dužine češera i prve tri prethodno navedene značajke iglica. Širina češera je u pozitivnoj korelaciji s maksimalnom širinom (MNW) i širinom iglice na 90 % njezine dužine (NW2). Osim toga, utvrđeno je da je broj sjemenki po češeru također u pozitivnoj korelaciji sa širinom iglice na 90 % njezine dužine (NW2).

Promatrajući korelacije između morfoloških značajki iglica međusobno (tablice 7 i 8), većina značajki je i u muških i u ženskih biljaka u statistički značajnoj korelaciji, što pozitivnoj što negativnoj. Uočljivo je da su statistički značajne korelacije brojnije u muških biljaka, gdje je primjerice površina iglice (NA) u značajnoj korelaciji sa svim ostalim mjerenim značajkama, dok to nije bio slučaj u ženskih biljaka. Osim toga, po brojnosti značajnih korelacija u biljaka oba spola ističu se značajke koje se odnose na širinu iglice (MNW, NW1 i NW2) i iglične kutove (NA1 i NA2), a u korelaciji su s minimalno pet značajki.

Iz rezultata korelacijske analize između mjerenih značajki bobuljastih češera (tablica 9), vidljivo je da broj češernih ljsaka (CSN) ne korelira niti s jednom drugom značajkom. S druge strane, masa češera (m) je u značajnoj pozitivnoj korelaciji s četiri značajke te dužina (CL) i širina (CW) češera i debljina sjemenke (ST) s tri značajke. Broj sjemenki (SN) pozitivno korelira samo s masom češera (m).

**Tablica 6.** Korelacijska analiza između mjerenih značajki iglica i bobuljastih češera.

| Značajka | m            | CL           | CW           | ST     | CSN    | SN           |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|
| NA       | <b>0,318</b> | <b>0,368</b> | 0,276        | 0,184  | -0,031 | 0,163        |
| NL       | 0,014        | 0,114        | 0,058        | 0,221  | 0,062  | -0,004       |
| MNW      | <b>0,433</b> | <b>0,419</b> | <b>0,298</b> | 0,015  | -0,113 | 0,191        |
| PMNW     | 0,117        | 0,037        | 0,141        | -0,177 | -0,004 | 0,236        |
| NW1      | <b>0,388</b> | <b>0,292</b> | 0,272        | -0,142 | -0,025 | 0,184        |
| NW2      | <b>0,400</b> | 0,259        | <b>0,341</b> | 0,011  | 0,131  | <b>0,305</b> |
| NA1      | 0,195        | 0,111        | 0,095        | -0,184 | -0,060 | 0,074        |
| NA2      | 0,227        | 0,116        | 0,122        | -0,224 | -0,054 | 0,119        |

**Tablica 7.** Korelacijska analiza između mjerenih značajki iglica – ženske biljke.

| Značajke | NA     | NL     | MNW    | PMNW   | NW1    | NW2    | NA1    | NA2    |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| NA       | 1,000  | 0,674  | 0,638  | 0,476  | 0,457  | 0,262  | -0,169 | -0,093 |
| NL       | 0,674  | 1,000  | -0,017 | 0,232  | -0,226 | -0,292 | -0,795 | -0,748 |
| MNW      | 0,638  | -0,017 | 1,000  | 0,277  | 0,857  | 0,546  | 0,558  | 0,609  |
| PMNW     | 0,476  | 0,232  | 0,277  | 1,000  | 0,476  | 0,276  | -0,079 | 0,061  |
| NW1      | 0,457  | -0,226 | 0,857  | 0,476  | 1,000  | 0,710  | 0,653  | 0,751  |
| NW2      | 0,262  | -0,292 | 0,546  | 0,276  | 0,710  | 1,000  | 0,579  | 0,642  |
| NA1      | -0,169 | -0,795 | 0,558  | -0,079 | 0,653  | 0,579  | 1,000  | 0,974  |
| NA2      | -0,093 | -0,748 | 0,609  | 0,061  | 0,751  | 0,642  | 0,974  | 1,000  |

**Tablica 8.** Korelacijska analiza između mjerenih značajki iglica – muške biljke.

| Značajke | NA     | NL     | MNW    | PMNW   | NW1   | NW2   | NA1    | NA2    |
|----------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| NA       | 1,000  | 0,840  | 0,599  | 0,519  | 0,643 | 0,429 | -0,350 | -0,336 |
| NL       | 0,840  | 1,000  | 0,161  | 0,623  | 0,220 | 0,164 | -0,749 | -0,757 |
| MNW      | 0,599  | 0,161  | 1,000  | -0,029 | 0,810 | 0,348 | 0,431  | 0,420  |
| PMNW     | 0,519  | 0,623  | -0,029 | 1,000  | 0,308 | 0,237 | -0,646 | -0,528 |
| NW1      | 0,643  | 0,220  | 0,810  | 0,308  | 1,000 | 0,630 | 0,254  | 0,349  |
| NW2      | 0,429  | 0,164  | 0,348  | 0,237  | 0,630 | 1,000 | 0,047  | 0,140  |
| NA1      | -0,350 | -0,749 | 0,431  | -0,646 | 0,254 | 0,047 | 1,000  | 0,966  |
| NA2      | -0,336 | -0,757 | 0,420  | -0,528 | 0,349 | 0,140 | 0,966  | 1,000  |

**Tablica 9.** Korelacijska analiza između mjerenih značajki bobuljastih češera.

| značajka | m     | CL    | CW    | ST     | CSN    | SN     |
|----------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| m        | 1,000 | 0,873 | 0,874 | 0,371  | 0,032  | 0,314  |
| CL       | 0,873 | 1,000 | 0,826 | 0,454  | 0,089  | 0,135  |
| CW       | 0,874 | 0,826 | 1,000 | 0,479  | 0,118  | 0,218  |
| ST       | 0,371 | 0,454 | 0,479 | 1,000  | 0,067  | -0,142 |
| CSN      | 0,032 | 0,089 | 0,118 | 0,067  | 1,000  | -0,088 |
| SN       | 0,314 | 0,135 | 0,218 | -0,142 | -0,088 | 1,000  |

### 4.3. Kruskal-Wallis analiza varijance

Rezultati Kruskal-Wallis analize varijance prikazani su u tablicama 10 do 27. Prema analizi varijance za sve populacije zajedno, utvrđeno je da se one značajno razlikuju prema svim mjerenim značajkama iglica ( $p < 0,01$ ) (tablica 10) te prema svim značajkama bobuljastih češera osim prema broju sjemenki po češeru ( $p = 0,1958$ ) (tablica 11). Što se tiče razlika između muških i ženskih biljaka za sve populacije zajedno (tablica 12), utvrđeno je da se one statistički značajno razlikuju za sve značajke osim za maksimalnu širinu iglice (Kruskal-Wallis test,  $p = 0,1827$ ; Median test,  $p = 0,0467$ ).

Promatrajući rezultate Kruskal-Wallis analize varijance za svaku istraživanu populaciju posebno, vidljivo je da se grmovi/stabla unutar svih pet populacija značajno razlikuju prema svim morfološkim značajkama iglica (tablice 13-17). Isto je potvrđeno i za većinu morfoloških značajki češera (tablice 18-22). Statistički značajne razlike nisu potvrđene za broj sjemenki po češeru za sve istraživane populacije te za broj češernih ljusaka za populacije Krk i Savudrija.

Muške i ženske biljke otočnih populacija Cres i Krk nisu se statistički značajno razlikovale za maksimalnu širinu iglice i širinu iglice na 50 % i 90 % njezine dužine, u populaciji Pula za maksimalnu širinu iglice, populaciji Savudrija za dužinu 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 % njezine dužine i populaciju Vela Draga za maksimalnu širinu iglice i širinu iglice na 50 % njezine dužine te za udaljenost od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine (tablice 23-27).

**Tablica 10.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica (ukupno).

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 4  | 153,51         | 0,0001 | 109,72      | 0,0001 |
| NL       | 4  | 64,56          | 0,0001 | 33,39       | 0,0001 |
| MNW      | 4  | 309,96         | 0,0001 | 225,94      | 0,0001 |
| PMNW     | 4  | 100,13         | 0,0001 | 77,46       | 0,0001 |
| NW1      | 4  | 427,97         | 0,0001 | 310,79      | 0,0001 |
| NW2      | 4  | 296,68         | 0,0001 | 244,33      | 0,0001 |
| NA1      | 4  | 169,64         | 0,0001 | 149,03      | 0,0001 |
| NA2      | 4  | 270,40         | 0,0001 | 233,74      | 0,0001 |

**Tablica 11** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke bobuljastih češera (ukupno).

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| m        | 4  | 212,47         | 0,0001 | 176,91      | 0,0001 |
| CL       | 4  | 89,67          | 0,0001 | 71,78       | 0,0001 |
| CW       | 4  | 103,12         | 0,0001 | 90,55       | 0,0001 |
| ST       | 4  | 107,01         | 0,0001 | 82,97       | 0,0001 |
| CSN      | 4  | 80,99          | 0,0001 | 82,47       | 0,0001 |
| SN       | 4  | 33,22          | 0,0001 | 6,04        | 0,1958 |

**Tablica 12.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – ukupno muške/ženske biljke.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 1  | 114,84         | 0,0001 | 103,32      | 0,0001 |
| NL       | 1  | 147,97         | 0,0001 | 125,52      | 0,0001 |
| MNW      | 1  | 1,77           | 0,1827 | 3,96        | 0,0467 |
| PMNW     | 1  | 71,06          | 0,0001 | 48,40       | 0,0001 |
| NW1      | 1  | 13,68          | 0,0002 | 7,59        | 0,0059 |
| NW2      | 1  | 76,42          | 0,0001 | 41,55       | 0,0001 |
| NA1      | 1  | 122,55         | 0,0001 | 56,76       | 0,0001 |
| NA2      | 1  | 97,36          | 0,0001 | 53,25       | 0,0001 |

**Tablica 13.** - Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Cres.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 19 | 175,35         | 0,0001 | 122,80      | 0,0001 |
| NL       | 19 | 202,98         | 0,0001 | 158,40      | 0,0001 |
| MNW      | 19 | 104,90         | 0,0001 | 69,57       | 0,0001 |
| PMNW     | 19 | 69,38          | 0,0001 | 60,19       | 0,0001 |
| NW1      | 19 | 119,69         | 0,0001 | 95,48       | 0,0001 |
| NW2      | 19 | 81,97          | 0,0001 | 53,89       | 0,0001 |
| NA1      | 19 | 153,38         | 0,0001 | 112,82      | 0,0001 |
| NA2      | 19 | 151,47         | 0,0001 | 129,60      | 0,0001 |

**Tablica 14.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Krk.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 19 | 188,58         | 0,0001 | 172,99      | 0,0001 |
| NL       | 19 | 224,31         | 0,0001 | 189,20      | 0,0001 |
| MNW      | 19 | 133,22         | 0,0001 | 110,23      | 0,0001 |
| PMNW     | 19 | 82,67          | 0,0001 | 51,60       | 0,0001 |
| NW1      | 19 | 102,78         | 0,0001 | 88,00       | 0,0001 |
| NW2      | 19 | 140,98         | 0,0001 | 116,73      | 0,0001 |
| NA1      | 19 | 145,59         | 0,0001 | 110,23      | 0,0001 |
| NA2      | 19 | 157,08         | 0,0001 | 114,22      | 0,0001 |

**Tablica 15.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Pula.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 19 | 198,71         | 0,0001 | 139,60      | 0,0001 |
| NL       | 19 | 231,94         | 0,0001 | 196,00      | 0,0001 |
| MNW      | 19 | 59,55          | 0,0001 | 53,22       | 0,0001 |
| PMNW     | 19 | 104,21         | 0,0001 | 71,60       | 0,0001 |
| NW1      | 19 | 68,98          | 0,0001 | 45,98       | 0,0005 |
| NW2      | 19 | 166,87         | 0,0001 | 126,64      | 0,0001 |
| NA1      | 19 | 163,08         | 0,0001 | 135,60      | 0,0001 |
| NA2      | 19 | 173,28         | 0,0001 | 120,69      | 0,0001 |

**Tablica 16.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Savudrija.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 19 | 196,51         | 0,0001 | 162,42      | 0,0001 |
| NL       | 19 | 213,52         | 0,0001 | 168,80      | 0,0001 |
| MNW      | 19 | 90,65          | 0,0001 | 74,99       | 0,0001 |
| PMNW     | 19 | 94,59          | 0,0001 | 71,60       | 0,0001 |
| NW1      | 19 | 112,19         | 0,0001 | 80,76       | 0,0001 |
| NW2      | 19 | 148,59         | 0,0001 | 107,50      | 0,0001 |
| NA1      | 19 | 100,87         | 0,0001 | 62,72       | 0,0001 |
| NA2      | 19 | 121,42         | 0,0001 | 76,02       | 0,0001 |

**Tablica 17.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Vela Draga.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 19 | 125,80         | 0,0001 | 103,60      | 0,0001 |
| NL       | 19 | 148,63         | 0,0001 | 111,39      | 0,0001 |
| MNW      | 19 | 67,24          | 0,0001 | 43,47       | 0,0011 |
| PMNW     | 19 | 82,09          | 0,0001 | 64,00       | 0,0001 |
| NW1      | 19 | 62,13          | 0,0001 | 41,50       | 0,0021 |
| NW2      | 19 | 136,91         | 0,0001 | 94,84       | 0,0001 |
| NA1      | 19 | 124,09         | 0,0001 | 97,32       | 0,0001 |
| NA2      | 19 | 117,29         | 0,0001 | 86,81       | 0,0001 |

**Tablica 18.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke bobuljastih češera – populacija Cres.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| m        | 9  | 109,90         | 0,0001 | 77,60       | 0,0001 |
| CL       | 9  | 134,92         | 0,0001 | 119,39      | 0,0001 |
| CW       | 9  | 136,76         | 0,0001 | 93,38       | 0,0001 |
| ST       | 9  | 92,74          | 0,0001 | 60,00       | 0,0001 |
| CSN      | 9  | 22,59          | 0,0072 | 22,92       | 0,0064 |
| SN       | 9  | 34,34          | 0,0001 | 13,87       | 0,1269 |

**Tablica 19.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke bobuljastih češera – populacija Krk.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| m        | 9  | 92,55          | 0,0001 | 60,80       | 0,0001 |
| CL       | 9  | 83,21          | 0,0001 | 73,60       | 0,0001 |
| CW       | 9  | 100,04         | 0,0001 | 71,38       | 0,0001 |
| ST       | 9  | 97,27          | 0,0001 | 73,38       | 0,0001 |
| CSN      | 9  | 0,00           | 1,0000 | 0,00        | 1,0000 |
| SN       | 9  | 39,04          | 0,0001 | 7,08        | 0,5282 |

**Tablica 20.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke bobuljastih češera – populacija Pula.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| m        | 9  | 151,30         | 0,0001 | 131,20      | 0,0001 |
| CL       | 9  | 142,53         | 0,0001 | 125,39      | 0,0001 |
| CW       | 9  | 155,00         | 0,0001 | 110,80      | 0,0001 |
| ST       | 9  | 92,64          | 0,0001 | 73,79       | 0,0001 |
| CSN      | 9  | 27,61          | 0,0011 | 22,44       | 0,0012 |
| SN       | 9  | 12,77          | 0,1731 | 65,28       | 0,0001 |

**Tablica 21.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke bobuljastih češera – populacija Savudrija.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| m        | 9  | 118,86         | 0,0001 | 103,20      | 0,0001 |
| CL       | 9  | 77,94          | 0,0001 | 60,70       | 0,0001 |
| CW       | 9  | 135,05         | 0,0001 | 114,80      | 0,0001 |
| ST       | 9  | 109,59         | 0,0001 | 88,00       | 0,0001 |
| CSN      | 9  | 0,00           | 1,0000 | 0,00        | 1,0000 |
| SN       | 9  | 17,51          | 0,0637 | 33,15       | 0,0003 |

**Tablica 22.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke bobuljastih češera – populacija Vela Draga.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| m        | 9  | 99,32          | 0,0001 | 80,40       | 0,0001 |
| CL       | 9  | 64,89          | 0,0001 | 54,34       | 0,0001 |
| CW       | 9  | 106,49         | 0,0001 | 71,60       | 0,0001 |
| ST       | 9  | 88,74          | 0,0001 | 53,94       | 0,0001 |
| CSN      | 9  | 75,39          | 0,0001 | 76,31       | 0,0001 |
| SN       | 9  | 19,26          | 0,0231 | 9,04        | 0,4331 |

**Tablica 23.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Cres muške/ženske biljke.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 1  | 9,83           | 0,0170 | 7,84        | 0,0051 |
| NL       | 1  | 28,21          | 0,0001 | 23,04       | 0,0001 |
| MNW      | 1  | 5,56           | 0,0184 | 5,76        | 0,1640 |
| PMNW     | 1  | 13,03          | 0,0030 | 9,61        | 0,0019 |
| NW1      | 1  | 0,33           | 0,5656 | 0,01        | 0,9203 |
| NW2      | 1  | 5,31           | 0,0211 | 1,69        | 0,1932 |
| NA1      | 1  | 33,75          | 0,0001 | 22,11       | 0,0001 |
| NA2      | 1  | 34,99          | 0,0000 | 25,00       | 0,0001 |



**Tablica 24.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Krk muške/ženske biljke.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 1  | 29             | 0,0001 | 29,54       | 0,0001 |
| NL       | 1  | 32,61          | 0,0001 | 30,78       | 0,0001 |
| MNW      | 1  | 0,44           | 0,9832 | 0,46        | 0,4954 |
| PMNW     | 1  | 2,51           | 0,1126 | 1,05        | 0,3042 |
| NW1      | 1  | 1,59           | 0,2073 | 2,07        | 0,1503 |
| NW2      | 1  | 0,02           | 0,8786 | 0,002       | 0,9655 |
| NA1      | 1  | 18,98          | 0,0001 | 21,75       | 0,0001 |
| NA2      | 1  | 17,64          | 0,0001 | 16,81       | 0,0001 |

**Tablica 25.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Pula muške/ženske biljke.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 1  | 94,73          | 0,0001 | 67,24       | 0,0001 |
| NL       | 1  | 110,30         | 0,0001 | 77,44       | 0,0001 |
| MNW      | 1  | 0,38           | 0,5350 | 0,09        | 0,7642 |
| PMNW     | 1  | 62,38          | 0,0001 | 43,56       | 0,0001 |
| NW1      | 1  | 11,23          | 0,0008 | 7,29        | 0,0069 |
| NW2      | 1  | 50,21          | 0,0001 | 34,31       | 0,0001 |
| NA1      | 1  | 84,41          | 0,0001 | 67,24       | 0,0001 |
| NA2      | 1  | 81,47          | 0,0001 | 57,78       | 0,0001 |

**Tablica 26.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Savudrija muške/ženske biljke.

| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 1  | 3,53           | 0,0602 | 7,13        | 0,0076 |
| NL       | 1  | 2,53           | 0,1115 | 1,06        | 0,3042 |
| MNW      | 1  | 15,26          | 0,0010 | 11,53       | 0,0070 |
| PMNW     | 1  | 16,23          | 0,0001 | 13,68       | 0,0002 |
| NW1      | 1  | 38,12          | 0,0001 | 28,66       | 0,0001 |
| NW2      | 1  | 46,81          | 0,0001 | 32,06       | 0,0001 |
| NA1      | 1  | 2,99           | 0,0833 | 2,13        | 0,1448 |
| NA2      | 1  | 17,52          | 0,0001 | 8,23        | 0,0041 |

**Tablica 27.** Kruskal-Wallis ANOVA – morfološke značajke iglica – populacija Vela Draga muške/ženske biljke.

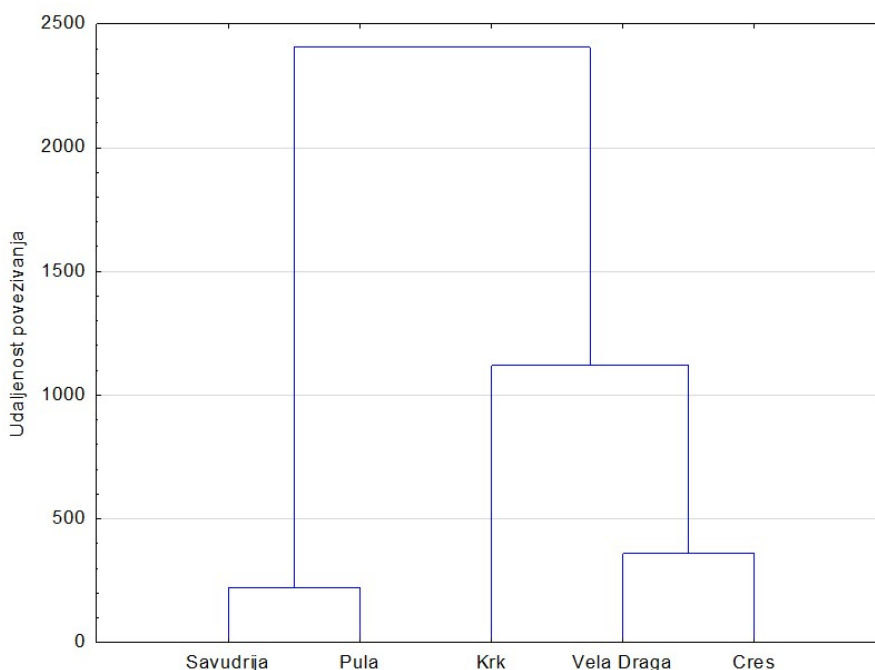
| Značajka | df | Kruskal-Wallis | p      | Median Test | p      |
|----------|----|----------------|--------|-------------|--------|
| NA       | 1  | 17,80          | 0,0001 | 17,64       | 0,0001 |
| NL       | 1  | 45,94          | 0,0001 | 39,39       | 0,0001 |
| MNW      | 1  | 13,78          | 0,0002 | 4,41        | 0,0355 |
| PMNW     | 1  | 1,97           | 0,1605 | 1,44        | 0,2901 |
| NW1      | 1  | 0,81           | 0,3688 | 0,16        | 0,6888 |
| NW2      | 1  | 15,00          | 0,0001 | 11,59       | 0,0007 |
| NA1      | 1  | 55,49          | 0,0001 | 38,47       | 0,0001 |
| NA2      | 1  | 63,07          | 0,0001 | 43,16       | 0,0001 |

## 4.4. Klasterska analiza

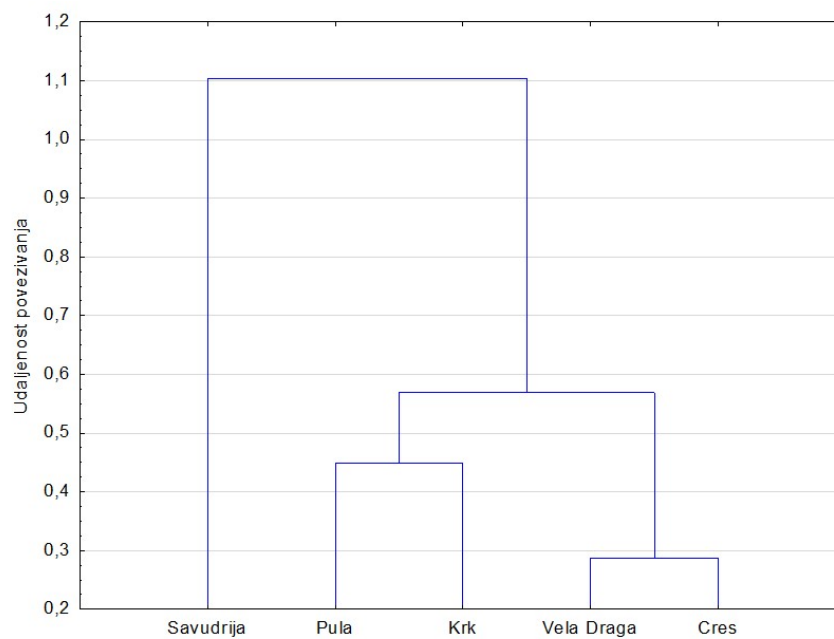
Rezultati provedene klasterske analize za pet istraživanih populacija šmrike iz Istre i Kvarnera prikazani su na slikama 1 (iglice) i 2 (češeri).

Na prvom dendrogramu, koji prikazuje odnose između populacija na temelju morfoloških karakteristika iglica, jasno su uočljive dvije skupine populacija. Prvu skupinu formiraju istarske populacije Savudrija i Pula, koje su ujedno i međusobno najslićnije, a drugu skupinu populacije s Kvarnera: Krk, Vela Draga i Cres. Unutar druge skupine populacija najviše se izdvaja populacija Krk.

Situacija je znatno drugačija promatrajući odnose između populacija na temelju morfoloških karakteristika bobuljastih češera (slika 2). Prvu skupinu populacija čine Pula i Krk, a drugu Vela Draga i Cres, dok je populacija Savudrija izdvojena i s ostalim se povezuje na udaljenosti povezivanja od 1,1. Prema morfologiji češera najslićnije populacije su Vela Draga i Cres.



**Slika 1.** Vertikalno hijerarhijsko stablo temeljeno na morfologiji iglica iz pet populacija šmrike s područja Istre i Kvarnera, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.



**Slika 2.** Vertikalno hijerarhijsko stablo temeljeno na morfologiji bobuljastih češera iz pet populacija šmrike s područja Istre i Kvarnera, pri čemu je za udruživanje klastera korištena UPGMA metoda, a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost.

## 5. RASPRAVA

Prosječne vrijednosti morfoloških karakteristika iglica i bobuljastih češera dobivene u ovom istraživanju u skladu s ranije zabilježenim vrijednostima (Lebreton i dr. 1998; Farjon 2005; Klimko i dr. 2007; Brus i dr. 2011, 2014). Prilikom opisivanja iglica šmrike Christensen (1997) na temelju populacija iz Grčke definira najširi dio plojke u sredini iglice ili čak iznad sredine. S druge strane, rezultati istraživanja koja provode Brus i dr. (2011, 2014) upućuju na znatno niže pozicioniranu najširu točku, u prosjeku na 21,49 % na području cijelog Balkanskog poluotoka te na 17,31 % dužine iglice za područje Istre.

Adams (2004) i Adams i dr. (2005) prilikom definiranja vrste *J. deltoides* tvrde da ona može biti morfološki izdvojena po tome što je baza njezine iglice gotovo široka kao vrh, dok je u *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* uočeno sužavanje baze iglice. Klimko i dr. (2007) na osnovi morfologije iglica, bobuljastih češera i sjemenki potvrđuju razdvajanje populacija šmrike iz istočnog i zapadnog Mediterana. Brus i dr. (2011, 2014) ističu da je karakterističan oblik iglica za Balkanski poluotok bliži "delta obliku", čime su potvrdili opis definiran prema Adamsu (2004). Naša istraživanja također potvrđuju postojanje vrste *J. deltoides* na području Istre i Kvarnera. Istraživana vrsta se odlikuje kraćim i širim iglicama u odnosu na iglice *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus*.

Koeficijenti varijacije dobiveni u ovom istraživanju nešto su veći u odnosu na one koje dobivaju Brus i dr. (2014). Populacije šmrike obuhvaćene ovim istraživanjem nalaze se na rubnom dijelu areala vrste, gdje je za očekivati manju varijabilnost u odnosu na populacije iz središnjeg dijela areala. Do sličnih rezultata dolaze i drugi autori (Rusanen i dr. 2003) koji navode da rubne populacije u nekih drugih vrsta pokazuju više varijabilnosti u odnosu na središnje populacije. To može biti posljedica protoka gena iz središnjih u rubne populacije te nedovoljan vremenski interval za učinkovit genetički drift. Ovi čimbenici vjerojatno su bili važan faktor i u formiranju raznolikosti populacija šmrike u Istri i na Kvarneru. Relativno visoka razina varijabilnost šmrike na unutarpopulacijskom nivou pronađena je i na Balkanskom poluotoku (Brus i dr. 2011).

Provedenim istraživanjem utvrđeno je da se populacije šmrike na području Istre i Kvarnera statistički značajno razlikuju prema svim istraživanim značajkama, osim prema broju sjemenki. Osim toga, utvrđena je i značajna unutarpopulacijska varijabilnost. Raznolikost utvrđena u ovom istraživanju može se objasniti kao rezultat fenotipske prilagodbe različitim mikro-okolišnim uvjetima koji se odražavaju na svaku jedinku, ali i kao rezultat genskih razlika među pojedinim jedinkama. Genetička varijabilnost za vrstu *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* još nije dovoljno proučena, ali u španjolskim populacijama vrste *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* otkriven je jasan nedostatak strukturiranost populacija (Juan i dr. 2012). Za srodnu vrstu *J. communis* većina genetičke raznolikosti je pronađena unutar, a ne među populacijama (Oostermeijer i de Knecht 2004). U našem istraživanju uzorci unutar svake populacije sakupljeni su na relativno uskom području te mikro-okolišni uvjeti unutar određene populacije nisu bili pretjerano raznoliki. Budući da morfološke osobine vjerojatno nisu bile izložene velikim ekološkim promjenama, zaključujemo da je visoka razina fenotipske varijacije u velikoj mjeri rezultat genetičke raznolikosti između grmova i stabala unutar populacija.

Spolni dimorfizam ustanovljen je za sve analizirane morfološke osobine iglica osim za maksimalnu širinu iglice (MNW). Utvrđeni spolni dimorfizam karakterističan je za pojedine populacija i ne potvrđuje postojanje jedinstvene distribucije spolnog dimorfizma u morfologiji iglica *J. deltoides*. Različite razine spolnog dimorfizma utvrđene su i u drugih vrsta roda *Juniperus* (npr. Gauquelin i dr. 2002; Verdú i dr. 2004; Ward 2007).

Geografska strukturiranost utvrđena je za morfološke karakteristike iglica, ali nije prisutna promatrajući značajke bobuljastih češera. Brus i dr. (2011, 2014) također ukazuju na odsutnost jasne geografske diferencijacije populacija šmrike s cijelog Balkanskog poluotoka (2011), kao i onih iz Istre (2014). Isto je potvrđeno i za druge vrste roda *Juniperus* (Oostermeijer i de Knecht 2004; Sultangaziev i dr. 2010). Nedostatak geografske strukturiranosti može biti i rezultat ograničenog geografskog prostora proučavanih populacija, kao i specifične evolucijske povijesti vrste. Evolucijska povijest *J. deltoides* u Istri je čvrsto povezana s glacijalnim refugijima i post-glacijalnim razvojem u cijelom mediteranskom bazenu, osobito u sjeveroistočnom dijelu Balkanskog poluotoka. Studije prikazuju lokacije s više glacijalnih refugija različitih stabala u južnim i sjevernim dijelovima Mediterana (Médail i Diadema 2009). Moguću prisutnost refugija *J. deltoides* na Balkanskom poluotoku i u jadranskoj regiji detaljnije su razmotrili Brus i dr. (2011). Gore navedeni autori sugeriraju da nedostatak geografske diferencijacije, odsutnost bilo kakve distribucije morfoloških osobina te brza pojava u kasnom glacijalnom razdoblju govore u prilog hipotezi o postojanju većeg broja malih refugijalnih populacija ili skupina raspoređenih na velikom području, nasuprot slabije prihvaćenoj teoriji o postojanju jedinstvene južne populacije iz koje potječe *J. deltoides* i od kuda se proširila u postglacijalnom razdoblju.

## 6. ZAKLJUČCI

*Juniperus deltoides* je vazdazeleni grm ili manje stablo visine do 12 m, stožastog habitusa. Pripada sekciji *Oxycedrus* unutar roda *Juniperus*, koju odlikuju igličasti listovi. Karakteristična je za staništa sa sušnim ljetima mediteranske klime, stoga ju u Hrvatskoj nalazimo duž Jadranske obale.

Morfološki je vrlo slična vrsti *J. oxycedrus* te se donedavno smatralo da je to sve ista vrsta. Potvrdu da se radi o potpuno novoj vrsti, koja je karakteristična za istočni Mediteran, dala su istraživanja Adamsa i dr. (2005). Osim prema morfološkim karakteristikama, ove dvije vrste razlikuju se i po kemijskom sastavu (hlapljiva ulja).

Završni rad obuhvatio je pet prirodnih populacija šmrike iz Istre i Kvarnera. Kruskal-Wallis analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike u svih mjenjenih morfoloških značajka iglica i bobuljastih češera, osim za broj sjemenki.

Najvarijabilnijim morfološkim značajkama iglica pokazale su varijable koje se odnose na udaljenost od osnove iglice do mjesta njezine najveće širine (PMNW) i širinu iglice na 90 % njezine dužine (NW2). Nasuprot tomu, najmanja varijabilnost zabilježena je za maksimalnu širinu iglice (MNW). Promatrajući mjerene značajke bobuljastih češera, masa češera (m) je daleko najvarijabilnija značajka, dok su se najmanje varijabilnima pokazale značajke koje se odnose na dužinu (CL) i širinu (CW) bobuljastog češera.

Prosječno najveće iglice imala je populacija Savudrija, koja uz to ima i najveće prosječne vrijednosti za sve druge značajke iglica osim za njihovu dužinu, koja je svojstvena populaciji Krk. Osim toga, populaciju Krk karakterizirale su i najniže prosječne vrijednosti za širinu iglice i iglične kutove, kao i najveća varijabilnost.

Promatrajući razlike između muških i ženskih biljaka, uočljivo je da ženske biljke imaju nešto duže i šire iglice od muških biljaka te da su u prosjeku manje varijabilne. Populacija Krk je najvarijabilnija među muškim i ženskim biljkama, dok je populacija Savudrija najmanje varijabilna u oba slučaja.

Prosječna masa bobuljastog češera iznosila je 0,41 g. Populacija Savudrija ističe se po najvećim prosječnim vrijednostima za masu, dužinu i širinu bobuljastog češera. Populacija Pula imala je najmanje vrijednosti za četiri značajke: masa i dužina češera, broj ljusaka i debljina sjemenki. Osim toga, istu populaciju karakteriziraju i najveći koeficijenti varijacije za tri od šest značajki, što ju čini najvarijabilnijom populacijom. Najveći broj ljusaka zabilježen je u populacije Vela Draga, najviše sjemenki nalazimo u populacije Pula, dok su one najdeblje u populacije Cres.

Provedenom korelacijskom analizom između morfoloških značajki iglica i bobuljastih češera utvrđena je statistički značajna pozitivna korelacija između mase češera (m) i površine (NA) i širine (MNW, NW1 i NW2) iglice. Osim toga, slične korelacije utvrđene su i između dužine češera (CL) i prve tri prethodno navedene značajke iglica (NA, MNW, NW1). Širina češera je u pozitivnoj korelaciji s maksimalnom širinom (MNW) i širinom iglice na 90 % njezine dužine (NW2), dok je broj sjemenki također u pozitivnoj korelaciji sa širinom iglice na 90 % njezine dužine (NW2).

Promatrajući korelacije između morfoloških značajki iglica međusobno, većina značajki je i u muških i u ženskih biljaka u statistički značajnoj korelaciji, što pozitivnoj što negativnoj. Uočljivo je da su statistički značajne korelacije brojnije u muških biljaka.

Iz rezultata korelacijske analize između mjerenih značajki bobuljastih češera, možemo zaključiti da broj češernih ljustaka ne korelira niti s jednom drugom značajkom, dok je masa češera u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa svim drugim značajkama osim s brojem češernih ljustaka. Broj sjemenki pozitivno korelira samo s masom češera.

Rezultati provedene klusterske analize na temelju morfoloških karakteristika iglica, ukazuju na dvije skupine populacija. Prvu skupinu formiraju istarske populacije Savudrija i Pula, a drugu skupinu populacije s Kvarnera: Krk, Vela Draga i Cres. Takva geografska strukturiranost nije uočena promatrajući karakteristike bobuljastih češera. Prema morfologiji češera najdivergentnija populacija je Savudrija.

Ovim istraživanjem dobiven je uvid u raznolikost i strukturiranost populacija šmrike na području sjevernog Jadrana. Ovaj rad može poslužiti kao osnova za daljnja morfometrijska i molekularno-biološka istraživanja ove vrste u Hrvatskoj, ali i u ostatku njenog areala.

## 7. LITERATURA

- Adams, R.P., 2004: *Juniperus deltoides*, a new species, and nomenclatural notes on *Juniperus polycarpus* and *J. turcomanica* (Cupressaceae), *Phytologia*, 86: 49–53.
- Adams, R.P., Morris, J.A., Padney, R.N., Schwarzbach, A.E., 2005: Cryptic speciation between *Juniperus deltoides* and *Juniperus oxycedrus* (Cupressaceae) in the Mediterranean, *Biochemical Systematics and Ecology*, 33: 771–787. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2005.01.001>
- Boratyński, A., Wachowiak, W., Dering, M., Boratynska, K., Sekiewicz, K., Sobierajska, K., Jasinska, A.K., Klimko, M., Montserrat, J.M., Romo, A., Ok, T., Didukh, Y., 2014: The biogeography and genetic relationships of *Juniperus oxycedrus* and related taxa from the Mediterranean and Macaronesian regions, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 174: 637–653.
- Brus, R., Ballian, D., Zhelev, P., Pandža, M., Bobinac, M., Acevski, J., Raftoyannis, Y., Jarni, K., 2011: Absence of geographical structure of morphological variation in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* in the Balkan Peninsula, *European Journal of Forest Research*, 130 (4): 657–670. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0457-1>
- Brus, R., Idžojić, M., Jarni, K., 2014: Morphological variation in northern marginal *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus* populations in Istria, *Plant Biosystems*, 150 (2): 274–284, <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2014.984790>
- Christensen, K.I., 1997. *Juniperus* L. In: A. Strid, K. Tan (Ed.): *Flora Hellenica*. Vol. 1. Koenigstein, Njemačka, Koeltz Scientific Books, pp. 10–14.
- Farjon, A., 2005: A monograph of Cupressaceae and *Sciadopitys*, Royal Botanic Gardens Press, Kew.
- Gauquelin, T., Bertaudière-Montès, A., Badri, W., Montès, N., 2002: Sex ratio and sexual dimorphism in mountain dioecious thuriferous juniper (*Juniperus thurifera* L., Cupressaceae), *Botanical Journal of the Linnean Society*, 138: 237–244. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8339.2002.138002237.x>
- Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija, Stanbiro, 470 str., Zagreb.
- Idžojić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, 671 str., Zagreb.
- Juan, A., Fay, M.F., Pastor, J., Juan, R., Fernández, I., Crespo, M.B., 2012: Genetic structure and phylogeography in *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* around the Mediterranean and Atlantic coasts of Iberian Peninsula, based on AFLP and plastid markers, *European Journal of Forest Research*, 131: 845–856. <https://doi.org/10.1007/s10342-011-0558-5>
- Klimko, M., Boratyńska, K., Montserrat, J.M., Didukh, Y., Romo, A., Gómez, D., Kluza-Wieloch, M., Marcysiak, K., Boratyński, A., 2007: Morphological variation of *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* (Cupressaceae) in the Mediterranean region, *Flora* 202: 133–147. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2006.03.006>
- Lebreton, P.H., Perez de Paz, P.L., Barbero, M., 1998: Etude systématique du sous-genre *Oxycedrus* (section *Oxycedroides*) du genre *Juniperus* (Cupressaceae), *Ecologia Mediterranea*, 24: 53–61.



- Mao, K., Hao, G., Liu, J., Adams, R.P., Milne, R.I., 2010: Diversification and biogeography of *Juniperus* (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals, *New Phytologist* 188: 254–272.
- McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S., 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research, Springer Verlag, 283 str., New York.
- Matković, P., 1970: Biljka, čovjek i prostor, Matica Hrvatska, 333 str., Split.
- Médail, F., Diadema, K., 2009: Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin, *Journal of Biogeography*, 36: 1333–1345. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.02051.x>
- Nikolić, T., 2013: Sistematska botanika – Raznolikost i evolucija biljnog svijeta, Alfa d.d., 882 str., Zagreb.
- Oostermeijer, J.G.B., de Knegt, B., 2004: Genetic population structure of the wind-pollinated, dioecious shrub *Juniperus communis* in fragmented Dutch heathlands, *Plant Species Biology*, 19: 175–184. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2004.00113.x>
- Poljak, I., Idžojić, M., Šapić, I., Korijan, P., Vukelić, J. (2018): Diversity and structure of croatian continental and alpine-dinaric populations of grey alder (*Alnus incana* /L./ Moench subsp. *incana*); Isolation by distance and environment explains phenotypic divergence, *Šumarski list*, 142 (1–2): 19–31. <https://doi.org/10.31298/sl.142.1-2.2>
- Rusanen, M., Vakkari, P., Blom, A., 2003: Genetic structure of *Acer platanoides* and *Betula pendula* in northern Europe, *Canadian Journal of Forest Research*, 33: 1110–1115.
- Sokal, R.R., Rohlf, F.J., 1989: Biometry, Freeman and CO, San Francisco.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Sultangaziev, O., Schueler, S., Geburek, T., 2010: Morphometric traits and sexual dimorphisms do not strongly differentiate populations of Zeravshan juniper (*Juniperus seravschanica* Kom.) in Kyrgyzstan, *Flora - Morphology Distribution Functional Ecology of Plants* 205 (8): 532–539 <https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.12.019>
- Šilić, Č., 2005: Atlas dendroflora (drveće i grmlje) Bosne i Hercegovine, Čitluk, Bosna i Hercegovina, Čitluk: Matica Hrvatska: Franjevačka kuća Masna Luka.
- Trinajstić, I., 1978: Sistematika bilja (Embriobyonta), (interna skripta), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 117 str., Zagreb.
- Verdú, M., Villar-Salvador, P., García-Fayos, P., 2004: Gender effects on the post-facilitation performance of two dioecious *Juniperus* species, *Functional Ecology*, 18: 87–93. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2004.00816.x>
- Vidaković, M., 1993: Četinjače – Morfologija i varijabilnost, Zagreb, Hrvatska, Grafički zavod Hrvatske.
- Vilar, L., Caudullo, G., de Rigo, D., 2016: *Juniperus oxycedrus* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. [https://forest.jrc.ec.europa.eu/media/atlas/Juniperus\\_oxycedrus.pdf](https://forest.jrc.ec.europa.eu/media/atlas/Juniperus_oxycedrus.pdf)
- Ward, L.K., 2007: Lifetime sexual dimorphism in *Juniperus communis* var. *communis*, *Plant Species Biology*, 22: 11–21. <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/2243>
- WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.