

# ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630\*  
ISSN 0373-1332



5-6

GODINA CXLVIII  
Zagreb  
2024



## HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

178. godina djelovanja  
19 ogranaka diljem Hrvatske  
oko 2700 članova



[www.sumari.hr](http://www.sumari.hr)

## IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

14057 osoba  
22431 biografskih činjenica  
14836 bibliografskih jedinica

## ŠUMARSKI LIST

148. godina neprekidnog izlaženja  
1118 svezaka na 85860 stranica  
16389 članaka od 3407 autora

## DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

4492 naslova knjiga, časopisa i medija  
na 26 jezika od 3185 autora  
izdanja od 1732. do danas



### Naslovna stranica – Front page:

„Pletenica“ – fotografija Bjelovarskog salona fotografija „Šuma okom šumara“ (Foto: Marijan Barulek)

“A Braid” – a photograph of the Bjelovar Photography Salon “The Forest Through the Eyes of a Forester” (Photo: Marijan Barulek)

### Uredništvo ŠUMARSKOGA LISTA

HR-10000 Zagreb  
Trg Mažuranića 11

Telefon: +385(1)48 28 359,  
Fax: +385(1)48 28 477

e-mail: [urednistvo@sumari.hr](mailto:urednistvo@sumari.hr)

Šumarski list online – Journal of forestry Online  
Prijava radova – Manuscript submission

<https://www.sumari.hr/sumlist>

Izdavač:  
HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

Publisher:  
CROATIAN FORESTRY SOCIETY

Suizdavač:  
Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije  
Financijska pomoć Ministarstva znanosti i obrazovanja

Grafička priprema: LASERplus d.o.o. – Zagreb

Tisak: CBprint – Samobor

Naklada 1660 primjeraka

# ŠUMARSKI LIST

Znanstveno-stručno i staleško glasilo Hrvatskoga šumarskog društva  
Journal of the Forestry Society of Croatia – Zeitschrift des Kroatischen Forstvereins  
– Revue de la Societe forestiere Croate

## Uređivački savjet – Editorial Council:

- |  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| 1. Akademik Igor Anić                  | 13. Prof. dr. sc. Boris Hrašovec        | 25. Krešimir Pavić, dipl. ing. šum.  |
| 2. Emil Balint, dipl. ing. šum.        | 14. Krešimir Jakupak, dipl. ing. šum.   | 26. Martina Pavičić, dipl. ing. šum. |
| 3. Mr. sc. Boris Belamarić             | 15. Prof. dr. sc. Vladimir Jambrečković | 27. Doc. dr. sc. Sanja Perić         |
| 4. Daniela Cetinjanin, dipl. ing. šum. | 16. Marina Juratović, dipl. ing. šum.   | 28. Darko Posarić, dipl. ing. šum.   |
| 5. David Crnić, dipl. ing. šum.        | 17. Josip Kovačić, dipl. ing. šum.      | 29. Ante Šimić, dipl. ing. šum.      |
| 6. Mr. sp. Mandica Dasović             | 18. Ivan Krajačić, dipl. ing. šum.      | 30. Prof. dr. sc. Ivica Tikvić       |
| 7. Mr. sc. Damir Delač                 | 19. Valentina Kulaš, dipl. ing. šum.    | 31. Mr. sc. Dalibor Tonc             |
| 8. Damir Dramalija, dipl. ing. šum.    | 20. Prof. dr. sc. Josip Margaletić      | 32. Davor Topolnjak, dipl. ing. šum. |
| 9. Anto Glavaš, dipl. ing. šum.        | 21. Dorica Matešić, dipl. ing. šum.     | 33. Doc. dr. sc. Dinko Vusić         |
| 10. Goran Gobac, dipl. ing. šum.       | 22. Izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac    | 34. Silvija Zec, dipl. ing. šum.     |
| 11. Mr. sc. Goran Gregurović           | 23. Darko Mikičić, dipl. ing. šum.      | 35. Dražen Zvirotić, dipl. ing. šum. |
| 12. Prof. dr. sc. Marijan Grubešić     | 24. Damir Miškulin, dipl. ing. šum.     |                                      |

## Urednički odbor po znanstveno-stručnim područjima – Editorial Board by scientific and professional fields

### 1. Šumski ekosustavi – Forest Ecosystems

- Prof. dr. sc. Joso Vukelić,**  
urednik područja – *Field Editor*  
Šumarska fitocenologija – *Forest Phytocoenology*
- Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*
- Prof. dr. sc. Željko Škvorc,**  
Šumarska botanika – *Forest Botany*
- Doc. dr. sc. Krunoslav Sever,**  
Fiziologija šumskoga drveća – *Physiology of Forest Trees*
- Doc. dr. sc. Igor Poljak,**  
Dendrologija – *Dendrology*
- Prof. dr. sc. Davorin Kajba,**  
Genetika i oplemenjivanje šumskoga drveća –  
*Genetics and Forest Tree Breeding*
- Prof. dr. sc. Darko Bakšić,**  
Šumarska pedologija i ishrana šumskoga drveća –  
*Forest Pedology and Forest Tree Nutrition*
- Prof. dr. sc. Marijan Grubešić,**  
Lovstvo – *Hunting Management*

### 2. Uzgajanje šuma i hortikultura – Silviculture and Horticulture

- Akademik Igor Anić,**  
urednik područja – *Field Editor*  
Silvikultura – *Silviculture*
- Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*
- Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković,**  
Ekologija i biologija šuma, bioklimatologija –  
*Forest Ecology and Biology, Bioclimatology*

- Doc. dr. sc. Sanja Perić,**  
Šumske kulture – *Forest Cultures*
- Dr. sc. Vlado Topić,**  
Melioracije krša, šume na kršu –  
*Karst Amelioration, Forests on Karst*
- Izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac,**  
Uzgajanje šuma – *Forest Silviculture*
- Doc. dr. sc. Vinko Paulić,**  
Urbane šume – *Urban Forests*
- Prof. dr. sc. Ivica Tikvić,**  
Opća i krajobrazna ekologija, općekorisne funkcije šuma –  
*General and landscape ecology, Non-Wood Forest Functions*
- Izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić,**  
Sjemenarstvo i rasadničarstvo –  
*Seed Production and Nursery Production*
- Prof. dr. sc. Damir Barčić,**  
Zaštićeni objekti prirode, Hortikultura –  
*Protected Nature Sites, Horticulture*

### 3. Iskorištavanje šuma – Forest Harvesting

- Prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky,**  
urednik područja – *Field Editor*
- Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*
- Prof. dr. sc. Tibor Pentek,**  
Šumske prometnice – *Forest Roads*
- Prof. dr. sc. Dubravko Horvat,**  
Mehanizacija u šumarstvu – *Mechanization in Forestry*
- Prof. dr. sc. Tomislav Sinković,**  
Nauka o drvu, Tehnologija drva –  
*WoodScience, Wood Technology*

#### 4. Zaštita šuma – Forest Protection

**Prof. dr. sc. Boris Hrašovec,**  
urednik područja – *Field Editor*  
Fitofarmacija u zaštiti šuma –  
*Plant protection products in forestry*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

**Prof. dr. sc. Milan Glavaš,**  
Integralna zaštita šuma – *Integral Forest Protection*

**Prof. dr. sc. Danko Diminić,**  
Šumarska fitopatologija – *Forest Phytopathology*

**Dr. sc. Milan Pernek,**  
Šumarska entomologija – *Forest Entomology*

**Prof. dr. sc. Josip Margaletić,**  
Zaštita od sisavaca (mammalia) –  
*Protection Against Mammals (mammalia)*

**Mr. sc. Petar Jurjević,**  
Šumski požari – *Forest Fires*

#### 5. Izmjera i kartiranje šuma – Forest Mensuration and Mapping

**Prof. dr. sc. Ante Seletković,**  
urednik područja – *Field Editor*  
Daljinska istraživanja i GIS u šumarstvu  
*Remote Sensing and GIS in Forestry*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

**Prof. dr. sc. Mario Božić,**  
Izmjera šuma – *Forest Mensuration*

**Doc. dr. sc. Mario Ančić,**  
Izmjera terena s kartografijom –  
*Terrain Mensuration with Cartography*

**Prof. dr. sc. Anamarija Jazbec,**  
Biometrika u šumarstvu – *Biometrics in Forestry*

#### 6. Uređivanje šuma i šumarska politika – Forest Management and Forest Policy

**Izv. prof. dr. sc. Krunoslav Teslak,**  
urednik područja – *Field Editor*  
Uređivanje šuma – *Theory of Forest Management*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

**Prof. dr. sc. Stjepan Posavec,**  
Šumarska ekonomika i marketing u šumarstvu –  
*Forest Economics and Marketing in Forestry*

**Prof. dr. sc. Ivan Martinić,**  
Šumarska politika i management – *Forest policy and management*

**Branko Meštrić, dipl. ing. šum.,**  
Informatika u šumarstvu – *Informatics in Forestry*

**Hranislav Jakovac, dipl. ing. šum.,**  
Staleške vijesti, bibliografija, šumarsko zakonodavstvo,  
povijest šumarstva – *Forest-Related News, Bibliography,*  
*Forest Legislation, History of Forestry*

### Članovi Uređivačkog odbora iz inozemstva – Members of the Editorial Board from Abroad

Prof. dr. sc. Vladimir Beus, Bosna i Hercegovina –  
*Bosnia and Herzegovina*

Doc. dr. sc. Boštjan Košir, Slovenija – *Slovenia*

Prof. dr. sc. Milan Saniga, Slovačka – *Slovakia*

Doc. dr. sc. Radek Pokorný, Češka – *Czechia*

Prof. dr. sc. Maja Jurc, Slovenija – *Slovenia*

### Glavni i odgovorni urednik – Editor in Chief

Prof. dr. sc. Josip Margaletić

### Lektori – Lectors

Dijana Sekulić-Blažina, Nina Bađun

### Tehnički urednik i korektor – Technical Editor and Proofreader

Branko Meštrić

Znanstveni članci podliježu međunarodnoj recenziji. Recenzenti su doktori šumarskih znanosti u Hrvatskoj, Slovačkoj i Sloveniji, a prema potrebi i u drugim zemljama zavisno o odluci uredništva.

Na osnovi mišljenja Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske, „Šumarski list” smatra se znanstvenim časopisom.

Časopis referiraju: Science Citation Index Expanded, CAB Abstracts, Forestry Abstracts, Agricola, Pascal, Geobase, SCOPUS, Portal znanstvenih časopisa Republike Hrvatske (Hrčak) i dr.

Scientific articles are subject to international reviews. The reviewers are doctors of forestry sciences in Croatia, Slovakia and Slovenia, as well as in other countries, if deemed necessary by the Editorial board.

Based on the opinion of the Ministry of Science, Education and Sport of the Republic of Croatia, „Forestry Journal” is classified as a scientific magazine.

Articles are abstracted by or indexed in: Science Citation Index Expanded, CAB Abstracts, Forestry Abstracts, Agricola, Pascal, Geobase, SCOPUS, Portal of scientific journal of Croatia (Hrčak) et al.

# SADRŽAJ

## CONTENTS

### Riječ uredništva – Editorial

Znanstveni i stručni karakter Šumarskog lista – The scientific and professional character of Forestry Journal. . . . . 217

### Izvorni znanstveni članci – Original scientific papers

<https://doi.org/10.31298/sl.148.5-6.1>

Igor Poljak, Zlatko Šatović, Antonio Vidaković, Katarina Tumpa, Marilena Idžojtić

**Population variability of rosemary willow (*Salix eleagnos* Scop.) based on leaf morphometry: evidence of small and large-leaf morphotypes** – Populacijska varijabilnost sivkaste vrbe (*Salix eleagnos* Scop.) temeljena na morfologiji listova: dokaz o postojanju malolisnih i velelisnih morfotipova . . . . . 219

<https://doi.org/10.31298/sl.148.5-6.2>

Ivan Perković, David Počekal, Vibor Roje, Darko Bakšić, Nikola Pernar

**Utjecaj matičnog supstrata na značajke kalkokambisola na području NP Plitvička jezera** – Influence of the parent material on calcocambisol in the area of the Plitvice lakes national park. . . . . 237

<https://doi.org/10.31298/sl.148.5-6.3>

Mirzeta Memišević Hodžić, Dalibor Ballian

**Fenološka svojstva listanja i zadržavanja listova crnih topola (*Populus nigra* L.) u klonskom arhivu u Žepču** – Phenological traits of leafing and leaf retention of black poplar (*Populus nigra* L.) in the clonal archive in Žepče, Bosnia and Herzegovina. . . . . 249

<https://doi.org/10.31298/sl.148.5-6.4>

Ahmet Acarer

**Brown bear (*Ursus Arctos* L.) distribution model in Europe: Current situation and the potential role of climate change** – Rasprostranjenost smeđeg medvjeda (*Ursus arctos* L.) u Europi: trenutno stanje i utjecaj klimatskih promjena. . . . . 261

<https://doi.org/10.31298/sl.148.5-6.5>

Mevlüt Zenbilci, Serkan Özdemir, Alican Çivğa, Yasin Ünal, İdris Oğurlu

**Habitat suitability modeling of wild goat (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777) in different periods** – Modeliranje prikladnosti staništa divljih koza (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777) u različitim razdobljima. . . . . 273

<https://doi.org/10.31298/sl.148.5-6.6>

Gizem Misirlioğlu, Selçuk Gümüş

**Time-dependent change of natural vegetation on forest road fill slopes and its effects on erosion decrease** – Promjena prirodne vegetacije u vremenskom razdoblju na kosinama nasipa šumskih cesta i njeni učinci na smanjenje erozije. . . . . 285

### Ne samo o šumama – Not only about forests

Oliver Vlainić

**Kako je zgrada šumskog ravnateljstva u Gospiću postala zgrada gradske uprave** . . . . . 293

### Znanstveni i stručni skupovi – Scientific and professional meetings

Igor Anić

**Znanstveni skup Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti.** . . . . . 299

Silvija Krajter Ostoić, Damir Dramalija, Martina Kičić

**U Zagrebu održan 26. Europski forum o urbanom šumarstvu.** . . . . . 301

## **Knjige i časopisi – Books and journals**

Damir Ugarković

**Monografija Tlo i šumska vegetacija Nacionalnog parka Risnjak** ..... 309

Branko Meštrić

**Šumarskim stazama Vladoja Köröskenyia** ..... 310

## **IZ HŠD-a – From the Croatian Forestry Association**

**Zapisnik 1. sjednice Upravnog odbora HŠD 2024. godine** ..... 312

## **In memoriam**

Ivica Tomić

**Joco Maletić, dipl. ing. šum. (1945. – 2024.)** ..... 320

# RIJEČ UREDNIŠTVA

## ZNANSTVENI I STRUČNI KARAKTER ŠUMARSKOG LISTA

Prilikom reorganizacije Jugoslavenskoga šumarskog udruženja, na konstituirajućoj skupštini Hrvatskoga šumarskog društva održanoj u Zagrebu 17. ožujka 1940., između nekoliko prijedloga akcijskog odbora HŠD jedan je glasilo: „Upravni odbor je dužan brinuti se da List donosi što više članaka iz dnevne šumarske prakse i da List što više približi dnevnim događajima i stvarnim potrebama šumara i šumarske službe na terenu.“ (*Šumarski list broj 3-4/1940*)

Urednik Šumarskog lista dr. sc. Milan Androić u izvještaju o časopisu na 76. redovitoj Skupštini Šumarskog društva Hrvatske 13. veljače 1955. se osvrnuo na poteškoće u odabiru članaka: „...Nije dakle teško razumjeti što naš list uzima često takav visoko naučni karakter. U pomanjkanju materijala sa terena štampamo članke naših drugova sa fakulteta, kojima je zapravo i dužnost da pišu. Što je zbog toga više puta list obilan tim člancima, ne bismo to mogli uzeti za zlo. Ti članci su po sadržaju stručni i ne bi se moglo reći da su oni uvijek bez praktične vrijednosti. Smatramo, da naši ljudi nauke zahvaćaju probleme koji i te kako tište praksu. Ne bi se dakle moglo predbaciti Šumarskom listu da je visoko naučan, jer ako bi takav i bio, to može samo da mu podigne ugled kod nas i u svijetu... U listu treba da se nauka i praksa nadopunjuju, jer bi to bilo na obostranu korist. Nažalost mi nismo naišli na odaziv stručnjaka iz prakse za suradnju u listu. Moguće će 1955. god. u tome biti preokret, a to bi sigurno bila velika želja budućeg urednika.“ (*Šumarski list broj 3-4/1955*)

Na 17. sjednici Upravnog odbora Saveza inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske održanoj 11. studenoga 1975. u Zagrebu izvješteno je o održanom sastanku užeg i terenskog Redakcijskog odbora Šumarskog lista. Pod iznesenim konstatacijama i prijedlozima na sastanku navedeno je i sljedeće: „1. Šumarski list ne objavljuje u dovoljnoj mjeri događaje i promjene organizacijske i stručne prirode, koji su se zbivali i zbivaju u šumarstvu i drvnoj industriji od 1945. g. na ovamo. Sadašnja tematika i fizionomija lista ne zadovoljava stručnjake terenske operative., 2. Kroz selekciju pristiglih članaka i usmjerenije pisanje, Šumarski list mora biti prikladniji, korisniji i atraktivniji po svojem sadržaju i više usmjeren potrebama terena., 3. Aktualne znanstvene članke i dalje objavljivati, ali u sažetom i prihvatljivijem obliku i kratkim uputstvima autora na koji način i kako da stručnjaci na terenu pristupe primjeni ovako objavljenih znanstvenih zaključaka., 4. Članci iz povijesti našega šumarstva i drv. industrije trebaju biti bogatije zastupani na stranicama Šumarskog lista...“ (*Šumarski list 11-12/1975*)

Tehnički urednik Šumarskog lista Oskar Piškorić, dipl. ing. šum., u izvješću o Šumarskom listu na 90. redovitoj Skupštini Saveza inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske održanoj 27. veljače 1985. u Zagrebu završno je naveo:

„Na kraju je podvukao, da još uvijek malo priloga – članaka dobivamo sa terena. Naglašava da su u ranijim razdobljima (prije 50 i više godina) glavni suradnici Šumarskog lista bili stručni ljudi sa terena iz prakse.“ (*Šumarski list 5-6/1985*)

Glavni urednik Šumarskog lista prof. dr. sc. Boris Hrašovec na 1. sjednici Upravnog odbora HŠD 20. veljače 2015. u Zagrebu konstatira sljedeće: „Glede znanstvenog vrednovanja Šumarskog lista on danas ima visoki faktor indeksiranosti. Upitno je da li i koliko on još može rasti zbog karaktera lista koji nije samo znanstveni, već i stručni i staleški časopis s formom koja je kroz dugu povijest utemeljena. Danas ako želite visoki faktor indeksiranosti časopis mora imati isključivo znanstveni karakter s člancima većinom objavljenim na engleskom jeziku. No ipak, raduje da sve više referentnih časopisa prati Šumarski list i mnoge svjetski poznate knjižnice uvrštavaju ga u svoji fondus...“ (*Šumarski list 1-2/2015*)

Na 3. sjednici Upravnog odbora HŠD-a 17. listopada 2015. u Krasnu glavni urednik Šumarskog lista prof. dr. sc. Josip Margaletić u svom izvještaju iznio je: „Činjenica je da preko 70 % znanstvenih radova objavljenih u Šumarskom listu dolazi iz okruženja, tj. iz susjednih država, pa se s pravom možemo pitati što je s našim znanstvenicima, no to je današnja realnost.“ Na to se nadovezuje i sljedeća zabilješka: „Mr. sc. Josip Dundović izrazio je potrebu poticanja naših kolega s terena za objavljivanjem stručnih radova, čiji nedostatak je evidentan. Predložio je da se i danas s ove sjednice uputi poziv kolegama s terena za većim angažmanom u tom smislu.“ (*Šumarski list 11-12/2015*)

Pročitavši sve prethodno navedeno i prikupljeno iz razdoblja od 1940. do 2015. godine izgleda da je kritičan odnos prema sadržaju i nedostatku stručnih članaka autora iz prakse u Šumarskom listu jedna konstanta. Toga su uvijek bili svjesni urednici časopisa, ali i šumari koji su pomnije čitali Šumarski list. Postoje i oni koji sami kažu da ne čitaju Šumarski list jer se u njemu nema što pročitati, a u posljednje vrijeme zamjeraju i nedostatak domaćih autora. Može li se po tom pitanju nešto promijeniti? Čim se o nečemu piše i priča znači da se to i prati. Konstruktivna kritika je korisna i može voditi poboljšanju, ali za objektivne kritike potrebno je sveobuhvatno sagledavanje uvjeta i prilika za stvaranje časopisa koji se kroz vrijeme mijenjao i prilagođavao baš u cilju opstanka.

Usprkos svemu Šumarski list od svoga prvog broja objavljenog 1. siječnja 1877. neprekidno izlazi pa i u kriznim i ratnim vremenima. To ga je svrstalo u najstariji hrvatski znanstveni časopis s neprekinutim izlaženjem, a u svjetskim razmjerima je na diobi 5. i 6. mjesta. Za manje od dvije godine krenut će izdavanje 150. volumena lista. Sve to govori o opstojnosti stručnog glasila unatoč svim izazovima kroz koje je prolazilo.

# EDITORIAL

## THE SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL CHARACTER OF FORESTRY JOURNAL

In the reorganization of the Yugoslavian Forestry Association, at the first assembly of the Croatian Forestry Society (CFS) held in Zagreb on 17 March 1940, one of the proposals of CFS's action committee was as follows: "The Management Board has to make sure that Forestry Journal publishes as many articles as possible from the daily forestry practice and that it conveys the daily events and real needs of foresters and forestry practice in the field." (Forestry Journal 3-4/1940)

Milan Androić, PhD, the editor of Forestry Journal, reporting on the publication of the Journal at the 76th regular Assembly of the Croatian Forestry Society held on 13 February 1995 pointed out the difficulties in choosing the articles: "...It is easy to understand why our journal often chooses articles of very scientific character. When there is less material from the field, we print articles by our colleagues from the Faculty of Forestry, whose duty is to write. It is not a bad thing that the journal publishes so many of these articles. The articles provide expert content, and it cannot be said that they are always without a practical value. We believe that our colleagues deal with issues that are very much present in practice. Therefore, Forestry Journal could not be criticized for being too scientific, because even if that was the case, this would only help it gain its reputation in Croatia and abroad... In the Journal, practice and science should complement each other, and both sides should benefit from it. Unfortunately, forestry professionals from practice have not offered their contribution to the Journal. We hope that in 1995 this could change, which would undoubtedly be approved by the future editor." (Forestry Journal 3-4/1940)

At the 17th meeting of the Management Board of the Association of Engineers and Technicians of Forestry and Wood Industry of Croatia held on 11 November 1975 in Zagreb it was reported about the meeting of the main and field Editorial Board of Forestry Journal. As part of the findings and proposals presented at the meeting, the following was also stated: "1) Forestry Journal does not sufficiently publish events and changes of organizational and professional nature that have taken place in forestry and wood industry since 1945. The current subject matter and structure of the Journal does not satisfy forestry professionals from practice; 2) Through the selection of the received articles and more targeted writing, Forestry Journal must become more suitable, more useful and attractive in terms of its content, as well as more focused on the needs of the forestry practice; 3) It should continue publishing relevant scientific articles, but in a condensed and more acceptable form with brief instructions by the authors on how experts from the field practice should approach the scientific conclusions published in the article; 4) Forestry Journal should include more articles on the history of Croatian forestry and wood industry..." (Forestry Journal 11-12/1975)

Technical editor of Forestry Journal, Oskar Piškorić, MSc, in a report on the publication of Forestry Journal at the 90th regular Assembly of the Association of Engineers and Technicians of Forestry and Wood Industry of Croatia held on 27 February 1985 in Zagreb concluded the following: "In the end, it can be stressed that we still receive few contributions in the form of articles from

the field practice. It should be emphasized that in earlier periods (50 and more years ago) the main contributors to Forestry Journal were experts from the field practice." (Forestry Journal 5-6/1985)

Editor-in-chief of Forestry Journal, prof. Boris Hrašovec, PhD, stated on the 1st meeting of the Management Board of the Croatian Forestry Society on 20 February 2015 in Zagreb: "Regarding the scientific evaluation of Forestry Journal, today it has a high impact factor. It is questionable whether and how much its factor can further increase due to the character of the journal, being not only a scientific, but also a professional and expert journal with a form that has been established throughout its long history. Nowadays, to achieve a high impact factor, a journal must have an exclusively scientific character with articles mostly published in English. Nevertheless, it is a pleasant thought that more and more reference journals follow the publication of Forestry Journal, and many world-famous libraries include it in their holdings..." (Forestry Journal 1-2/2015)

At the 3rd meeting of the Management Board of the Croatian Forestry Society on 17 October 2015 in Krasno, the editor-in-chief of Forestry Journal, prof. Josip Margaletić, PhD, stated in his report: "It is a fact that over 70% of scientific papers published in Forestry Journal come from the region, i.e. from the neighboring countries, so we can rightly ask what has happened to Croatian scientists, but that is today's reality." He continued with the following note: "Josip Dundović, MSc, expressed the need to encourage our colleagues from the field to publish professional papers, whose lack is evident. He suggested that even today, on this meeting, our colleagues from the field should be encouraged for more engagement in publication." (Forestry Journal 11-12/2015)

After reading all the aforementioned statements collected from 1940 to 2015, it seems that the critical attitude towards the content and the lack of professional papers by authors from forestry practice are a constant issue for Forestry Journal. The editors of the Journal have always been aware of this, as well as the foresters who read Forestry Journal more closely. There are also some who claim that they do not read Forestry Journal because there is nothing to read in it, and lately some have been complaining about the lack of Croatian authors. Can anything be changed in this regard? If something is written and talked about, it means that its work is followed. Constructive criticism is useful and can lead to improvement, but objective criticism requires a comprehensive overview of the conditions and opportunities for creating a journal that has changed and adapted over time precisely in order to persist.

Despite everything, Forestry Journal has been published continuously since its first issue of 1 January 1877, including in times of crisis and war. This makes it the oldest continuously published Croatian scientific journal, and it holds between the 5th and 6th place in the world. In less than two years, the 150th volume of the journal will be published. All of this shows the persistence of this expert journal despite all the challenges it has been through.

Editorial Board



# POPULATION VARIABILITY OF ROSEMARY WILLOW (*Salix eleagnos* Scop.) BASED ON LEAF MORPHOMETRY: EVIDENCE OF SMALL AND LARGE-LEAF MORPHOTYPES

## POPULACIJSKA VARIJABILNOST SIVKASTE VRBE (*Salix eleagnos* Scop.) TEMELJENA NA MORFOLOGIJI LISTOVA: DOKAZ O POSTOJANJU MALOLISNIH I VELELISNIH MORFOTIPOVA

Igor POLJAK<sup>1\*</sup>, Zlatko ŠATOVIĆ<sup>2,3</sup>, Antonio VIDAKOVIĆ<sup>1</sup>, Katarina TUMPA<sup>1</sup>, Marilena IDŽOJTIĆ<sup>1</sup>

### SUMMARY

Phenotypic differentiation is often the result of the ecological diversity of a species with a wide natural range. It is favoured by natural selection, as well as factors such as gene flow, genetic drift, or founder events. This is especially true for species of the riparian habitats and for species with light seeds that are easily dispersed by both water and wind. One such species is rosemary willow (*Salix eleagnos* Scop.), which occurs in both humid riparian habitats and arid karstic sites in central and southern Europe. The species was used as a model species in this research to determine the potential morphotypes suitable for different habitat conditions. In addition, the extent of the influence of environmental conditions on leaf morphometrics was analysed and the structuring of populations was investigated. We analysed three populations of *S. eleagnos* from karstic habitats and five populations found in riparian habitats. Leaf samples were collected from ten individuals per population, and nine leaf traits were analysed. Leaf phenotypic traits showed a clear bimodal distribution across populations, with samples from dry karstic habitats having smaller leaves than those from riparian habitats. In addition, habitat conditions showed to have a strong influence on morphology, consistent with a pattern of isolation by environment (IBE). These results were also substantiated by the AMOVA analysis, with 34.53% of the overall variability assigned to the variability of individuals between the two habitats (karstic vs. riparian). Furthermore, karstic populations exhibited homogeneous and low multivariate diversity index (MDI) values, as well as lower variability between the populations when compared to the riparian populations, thus reflecting phenotypic adaptability to uniform environmental conditions. In contrast, riparian populations exhibited both high and low levels of diversity, as well as greater interpopulation variability than that of karstic populations, which may be attributed to different origins of the populations and different environmental conditions. Overall, our results suggest that plant-habitat interactions are a complex process and that these two clearly distinct groups of populations of rosemary willow may represent two ecotypes.

**KEY WORDS:** phenotypic plasticity, adaptability, ecotypic differentiation, isolation-by-environment, leaf morphometrics, phenotype, multivariate diversity index

<sup>1</sup> Assoc. Prof. Igor Poljak, PhD, Antonio Vidaković, M.Eng., Katarina Tumpa, PhD, Prof. Marilena Idžojić, PhD, Department of Forest Genetics, Dendrology and Botany, Faculty of Forestry and Wood Technology, University of Zagreb, Croatia

<sup>2</sup> Prof. Zlatko Šatović, PhD, Department of Seed Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Zagreb, Croatia / <sup>3</sup>Centre of Excellence for Biodiversity and Molecular Plant Breeding, Croatia

\*Corresponding author: Igor Poljak, email: ipoljak@sumfak.unizg.hr

## INTRODUCTION

### UVOD

Phenotypic differentiation of plants is directly influenced by various processes, such as the natural selection and the introduction of new alleles into a population through the gene flow (Antonovics 1968), as well as the appearance of newly formed characteristics through mutation (DeWoody et al. 2015) and the genetic drift (Eckert et al. 1996). The latter is notably pronounced when the effective population size is small, and the gene flow is limited (Tremblay and Ackerman 2001). Nevertheless, plant morphology is generally considered adaptive (Coleman et al. 1994; Westoby and Wright 2006) and plays an important role in populations' persistence (Cavender-Bares 2019).

As sessile organisms, plants are constantly exposed to ever-changing environmental conditions that can cause differentiation in morphological and functional traits of plants (Bakhtiari et al. 2019). One of the most common strategies in combating environmental heterogeneity in plants is phenotypic differentiation via local adaptation, i.e., developing advantageous traits in local conditions (Kawecki and Ebert 2004; Gimeno et al. 2009). Another important aspect of phenotypic variation is phenotypic plasticity (Schlichting 1986), i.e., the ability of individual genotypes to produce different phenotypes when exposed to different environmental conditions. It is generally considered that plasticity and adaptive evolution are not mutually exclusive (Nicotra et al. 2010; Wright et al. 2016). Some traits or populations may respond through plasticity, others through evolution, and others through some combination of the two (Franks et al. 2014).

The presence of distinct morphotypes in woody species has been found to represent different adaptive and plastic responses to water stress (Ramírez-Valiente et al. 2010; Míguez-Soto et al. 2019; Bachofen et al. 2021), flooding (Silva et al. 2010), shading conditions (Abrams et al. 1992; Goulart et al. 2011), photoperiodism (Vaartaja 1961; Howe et al. 1995) and metabolism (Bertić et al. 2021). One of the most common outcomes of adaptation and plasticity is the great variation in leaf shape and size. Generally smaller leaves are advantageous in hot and dry habitats and at high intensities of solar radiation, while large leaves with less efficient energy exchange capacity are advantageous in cooler, moister and lower-irradiance habitats (Meier and Leuschner 2008; Tozer et al. 2015; Wang et al. 2019).

Species with vast distribution areas are usually characterized by being functionally and phenotypically diverse on the intraspecific level (Bakhtiari et al. 2019). One such species, covering diverse habitats and environmental conditions of Central and Southern Europe, is rosemary willow, *Salix eleagnos* Scop. These wide shrubs, or small trees, that reach up to 15 (20) m in height, are pioneers that stabilize the soil and have an outstanding ability to survive flooding and overburden-

ing (Schütt and Lang 2014). Even though its distribution is scattered, the species covers a variety of habitats, ranging from alluvial, coarse-gravelled riverbeds near the mountains, to very dry, calcareous soils and sandy or stony steep slopes, at higher elevations (Hegi 1981; Dickmann and Kuzovkina 2014). Descriptions of the species are very scarce and include only few reports on the morphological characteristics (Krüssmann 1962; Hegi 1981). Leaves are usually described as lanceolate to narrow linear, up to 12 cm long, and 2 cm wide. Young leaves are pubescent on both sides, almost or completely glabrous on the upper side, dark green and slightly shiny. Petiole is up to 0.5 cm long, sparsely pubescent (Hegi 1981). The species is both wind- and insect-pollinated, dioecious, characterised by rapid growth rate, easy vegetative propagation and easy hybridization. Its small seeds are adapted to long-distance transport by air and water (Argus 1997; Dickmann and Kuzovkina 2014).

Due to broad ecological valence, rosemary willow is an excellent model species for providing insight into the influence of habitat and environment on morphological differentiation between morphotypes. Phenotypic responses to the environmental conditions have been previously reported for other willow species, such as *S. alba* L. (Özden Keles 2021), *S. herbacea* L. (Marcysiak 2012), *S. viminalis* L. (Drzewiecka et al. 2012; Gąsecka et al. 2012) and *S. triandra* (Tumpa et al. 2022). In this research, we examined leaf morphology of eight rosemary willow populations growing under diverse habitat and environmental conditions, in order to determine: (1) the extent to which leaf morphometric characteristics are influenced by environmental conditions; (2) the presence of various morphotypes of rosemary willow; (3) to get the first insight into the intra- and inter-population variability and population structuring of rosemary willow. The main hypothesis were: (1) leaf phenotypic variability is in a positive correlation with favourable environmental conditions; (2) diverse habitat conditions caused the emergence of different morphotypes of rosemary willow; (3) there is a significant intra- and inter-population variability based on leaf morphology.

## MATERIAL AND METHODS

### MATERIJALI I METODE

#### Plant Material – Biljni materijal

Materials used in the analysis of morphological traits were collected during the summer of 2020. In total, eight populations were included in the study (Table 1; Figure 1A): three populations from the karstic sites (P1–Vela Draga; P2–Grobnik; P3–Crni Lug), and five populations from the riparian sites (P4–Kupica; P5–Bregana; P6–Ormož; P7–Legrad; P8–Krka). In each population, leaf samples for morphometric analysis were collected from 10 adult trees/shrubs, at least 20 m apart from each other, to minimize the

**Table 1.** Sampling sites, habitats, geographic coordinates, and multivariate diversity index (MDI) for eight studied *Salix eleagnos* populations.  
**Tablica 1.** Istraživane populacije, tip staništa, geografske koordinate i multivarijantni indeks raznolikosti (MDI) za osam istraženih populacija sivkaste vrbe.

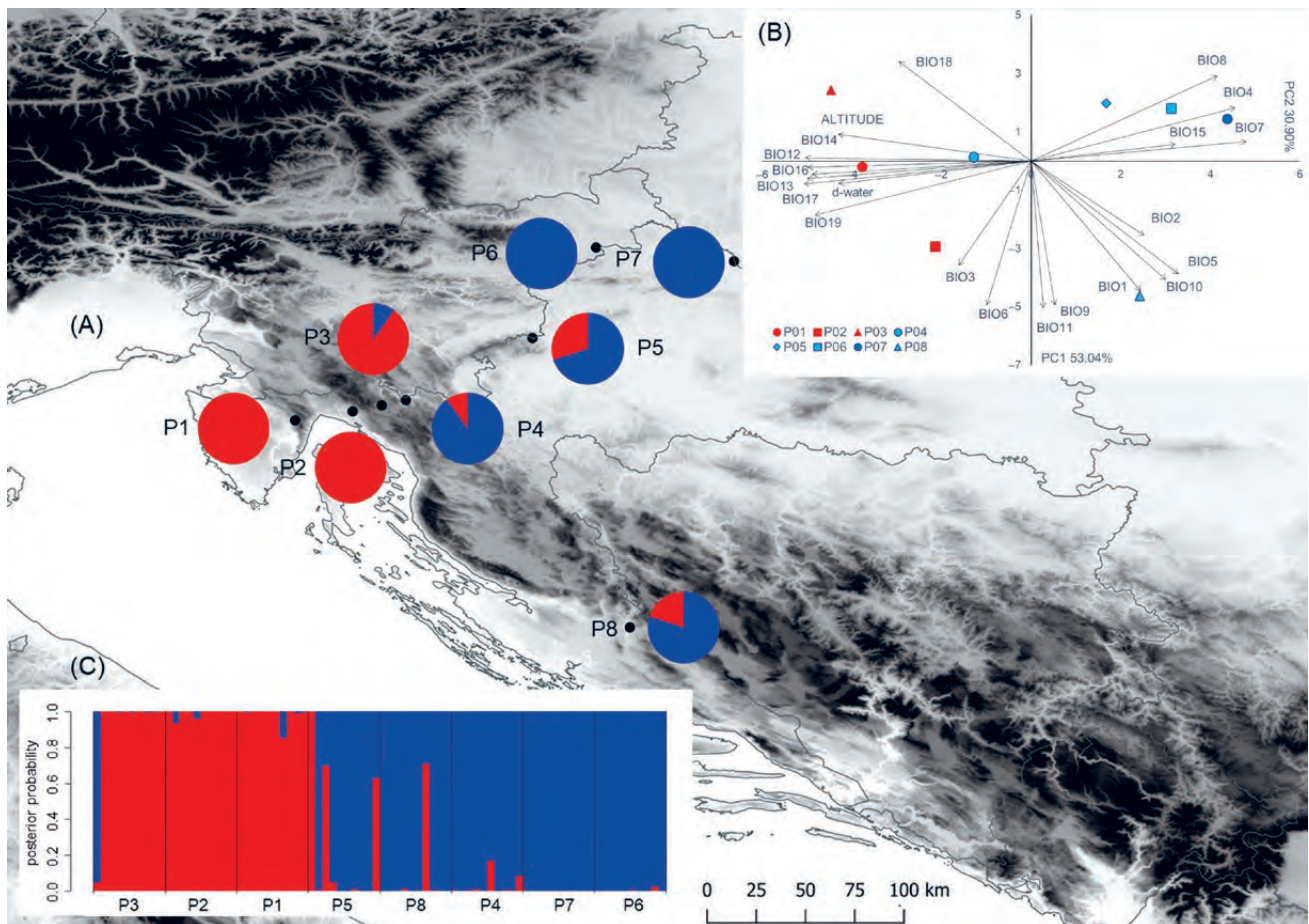
Population Populacija	Sampling site Područje uzorkovanja	Habitat Stanište	Longitude (E) Zemljopisna dužina	Latitude (N) Zemljopisna širina	Multivariate diversity index (MDI)* Multivarijantni indeks raznolikosti (MDI)*
P1	Vela Draga	karstic – krško	13.89053	45.37717	2.059 <sup>bc</sup>
P2	Grobnik	karstic – krško	15.11166	45.34141	2.151 <sup>bc</sup>
P3	Crni Lug	karstic – krško	15.17695	45.31181	1.711 <sup>cd</sup>
P4	Kupica	riparian – riječno	15.15708	45.28980	3.030 <sup>ab</sup>
P5	Bregana	riparian – riječno	15.19702	45.26899	3.480 <sup>a</sup>
P6	Ormož	riparian – riječno	15.22006	45.21881	1.154 <sup>d</sup>
P7	Legrad	riparian – riječno	15.23078	45.23537	1.818 <sup>cd</sup>
P8	Krka	riparian – riječno	15.22550	45.19699	2.576 <sup>abc</sup>
		karstic – krško			2.109
		riparian – riječno			3.094
		$p$			< 0.001

\* Values followed by the same letters are not significantly different at  $p > 0.05$  according to Wilcoxon rank sum test.

\* Vrijednosti nakon kojih slijede ista slova ne razlikuju se značajno pri  $p > 0,05$  prema Wilcoxonovom testu sume rangova.

$p$  – the significance level of differences in the average values of MDI between groups according to Kruskal-Wallis test.

$p$  – razina značajnosti razlika u prosječnim MDI vrijednostima između skupina prema Kruskal-Wallis testu.



**Figure 1.** Results of the multivariate statistical methods and locations of the eight sampled *Salix eleagnos* populations. (A) Geographical distribution of the two groups of populations detected from K-means clustering method based on nine leaf phenotypic traits (the proportions of the membership of each population in each of the defined clusters are colour-coded: cluster A – red, cluster B – blue); (B) Biplot of the principal component analysis based on environmental variables; (C) Barplot with posterior probabilities of classification of each individual into each group from the results of the classification discriminant analysis. Populations: P1–Vela Draga; P2–Grobnik; P3–Crni Lug; P4–Kupica; P5–Bregana; P6–Ormož; P7–Legrad; P8–Krka.

**Slika 1.** Rezultati multivarijantnih statističkih metoda i lokacije osam istraženih populacija sivkaste vrbe. (A) Geografska distribucija dviju skupina populacija dobivena metodom klasteriranja K-means na temelju devet morfoloških značajki listova (udjeli zastupljenosti svake populacije u svakom od definiranih klastera označeni su bojama: klaster A – crveno, klaster B – plavo); (B) Dijagram analize glavnih sastavnica na temelju značajki okoliša; (C) Barplot s posteriornim vjerojatnostima klasifikacije svake jedinke u svaku skupinu iz rezultata klasifikacijske diskriminantne analize. Populacije: P1–Vela Draga; P2–Grobnik; P3–Crni Lug; P4–Kupica; P5–Bregana; P6–Ormož; P7–Legrad; P8–Krka.

**Table 2.** Population habitats, distance to water, altitudes, and bioclimatic variables for the eight studied *Salix eleagnos* populations. Bioclimatic variables: BIO1 – BIO19 described in the text. Populations: P1–P8 as in Table 1.

**Tablica 2.** Udajenost od vode (d-water), nadmorske visine i bioklimatske varijable istraživanih populacija. Bioklimatske varijable: BIO1 – BIO19 opisane u tekstu. Populacije: P1 – P8 kao u Tablici 1.

Population ID Oznaka populacije	d-water (m) Udaljenost od vode (m)	Altitude (m) Nadmorska visina (m)	Bioclimatic variables—BIO Bioklimatske varijable—BIO																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
P1	5522	447	9.6	8.5	33.4	640.9	21.6	-3.8	25.4	6.4	2.6	17.7	2.3	1385	167	80	22.0	456	297	303	328
P2	5958	303	11.7	8.9	32.7	682.3	25.2	-2.0	27.2	7.7	18.6	20.5	3.8	1465	177	81	25.1	497	302	306	348
P3	4641	730	7.6	8.9	33.1	679.5	20.6	-6.3	26.9	8.4	0.3	16.0	-0.6	1502	177	94	20.9	480	302	350	322
P4	0	238	9.8	9.9	34.6	696.4	23.2	-5.4	28.6	10.0	2.6	18.4	1.2	1403	165	84	23.2	469	269	327	293
P5	0	200	9.8	8.8	29.8	722.0	23.6	-6.0	29.6	18.6	2.3	18.6	0.8	1079	121	54	23.1	329	185	329	190
P6	0	203	9.9	9.7	31.9	751.8	23.9	-6.4	30.3	18.9	2.1	18.9	0.4	965	112	43	26.7	315	156	315	156
P7	0	134	10.4	9.2	30.6	752.2	24.1	-5.9	30.0	19.4	2.5	19.4	0.9	748	85	36	25.7	239	120	239	128
P8	0	253	12.6	10.6	36.2	697.2	27.1	-2.3	29.4	8.6	21.5	21.5	4.4	950	115	51	22.0	308	181	181	239

probability of sampling of related individuals. A total of 10 short shoots with no signs of the presence of insects or diseases were collected from each individual shrub/tree. For the analysis, only the shoots within the outer, sunlit crown perimeter were considered. After the collection, the shoot samples were stored in the labelled plastic zip-lock bags. Zip-lock bags were then placed into a cooler bag to protect them from wilting and deforming. Afterwards, the plant material was taken to the herbarium, dried between newspapers and herbarized. Finally, a subsample of the shoots was taken for analysis, in form of randomly selected two leaves from the central part of the shoot, for a total of 20 leaves per tree/shrub. The plant material was stored and deposited in the herbarium at the Faculty of Forestry and Wood Technology of the University of Zagreb (DEND).

### Studied morphological traits – Istraživane morfološke značajke

An MICROTEK ScanMaker 9800XL (MICROTEK, Hsinchu, Taiwan, TW) was used to scan the samples, along with a metric reference for subsequent measurement calibrations. The leaves were placed directly onto the scanner, adaxial side down, and scanned in greyscale at a resolution of 600 dpi. After scanning, the leaves were measured using WinFOLIA software (Winfolia™ 2005), designed particularly for accurate measurements of leaf morphology. Data created by WinFOLIA analysis were stored in standard ASCII text files. A total of nine phenotypic traits were analysed, with six of them discerning leaf size: leaf area (LA); leaf length (LL); maximum leaf width (MLW); leaf length, measured from the leaf base to the point of maximum leaf width (PMLW); leaf blade width at 90% of leaf blade length (LWT); and petiole length (PL). The remaining three traits were used to describe the leaf shape: form coefficient (FC) and leaf angles LA1 and LA2. FC is a coefficient calculated as  $FC = 4\pi A/P^2$ , where A=leaf area and P=leaf perimeter. The resulting value is a number between 0 (filiform object) and 1 (perfect circle). LA1 and LA2 are traits describing the base of the leaf blade by expressing the angles closed by the main leaf vein (the centre of the leaf blade) and the line connecting the leaf blade base to a set point on the leaf margin, at 10% (LA1) and 25% (LA2) of total leaf blade length.

### Environmental data – Okolišne značajke

Data of the average climatic conditions for the period from 1970 to 2000, in the area of the studied populations, were obtained from the WorldClim 2 database with a spatial resolution close to a square kilometer (Fick and Hijmans 2017). The bioclimatic variables represent annual trends, seasonality and extreme or limiting environmental factors, useful when quantifying the effects of environmental conditions and climate changes on species distributions and phenotypic variability (O'Donnell and Ignizio 2012). All 19 bioclimatic

variables were included in the analysis (Table 2): BIO1 (annual mean temperature); BIO2 (mean diurnal range (mean of monthly max temp–min temp)); BIO3 (isothermality (BIO2/BIO7) ( $\times 100$ )); BIO4 (temperature seasonality (standard deviation  $\times 100$ )); BIO5 (max temperature of the warmest month); BIO6 (min temperature of the coldest month); BIO7 (temperature annual range (BIO5-BIO6)); BIO8 (mean temperature of the wettest quarter); BIO9 (mean temperature of the driest quarter); BIO10 (mean temperature of the warmest quarter); BIO11 (mean temperature of the coldest quarter); BIO12 (annual precipitation); BIO13 (precipitation of the wettest month); BIO14 (precipitation of the driest month); BIO15 (precipitation seasonality (coefficient of variation)); BIO16 (precipitation of the wettest quarter); BIO17 (precipitation of the driest quarter); BIO18 (precipitation of the warmest quarter); BIO19 (precipitation of the coldest quarter). In addition, two environmental variables were included in the study: distance-to-water and altitude. All variables were used to describe the environmental characteristics of the studied populations and to calculate the environmental distance matrix.

#### **Leaf trait and population diversity – *Varijabilnost svojstava listova i populacija***

Descriptive statistics were calculated for each individual trait and for each population, with the goal of revealing the overall range of their variability (Sokal and Rohlf 2012). In addition, arithmetic means and coefficient of variations were calculated for the already defined groups, the karstic and riparian groups, and for the overall population sample. Hierarchical analysis of variance was used to determine the variability among the studied groups, between the populations, as well as between shrubs/trees within the populations. The populations' factor was nested within the groups' factor, whereas the shrub/tree's factor was nested within the populations' factor. In addition, differences of statistical significance, for all population pairs, were identified using the Fisher's LSD multiple comparison test, at  $p \leq 0.05$ . Descriptive statistics and hierarchical analysis of variance were performed using the STATISTICA software package Version 13 (STATISTICA Version 13, 2018).

#### **Population structure – *Strukturiranost populacija***

To identify the divergence and structure of the studied populations, multivariate statistical methods were used (McGarigal et al. 2000). Using K-means clustering method, based on nine leaf phenotypic traits, we revealed the number of clusters, which could present the differentiation between the studied populations most accurately (Douaihy et al. 2012). Populations were assigned to one cluster or were of mixed origin based on whether a specific population proportion was greater than or equal to 0.7 (one cluster) or less than 0.7 (mixed origin), respectively (Poljak et al. 2018).

Afterwards, the principal component analysis was conducted in order to reveal the interactions between the analysed variables, and to reduce all of the components to a lower number of factors. The biplot was constructed by two principal components showing analysed individuals and traits. In the conducted analysis, individuals were assigned to their populations, and groups "karstic" and "river" were marked by colour: karstic habitats in red and river in blue. In the same manner, groups were marked in all other multivariate analyses.

Discriminant analysis was performed to evaluate the utility and significance of the analysed leaf traits, revealing traits with greatest discriminatory power between the populations. The proportion of individuals correctly classified into the two studied groups of populations, the riparian and the karstic, was determined using classificatory discriminant analysis. Posterior probabilities of classification of each individual into studied groups from the results of the classification discriminant analysis were presented with a barplot.

The abovementioned multivariate statistical analyses were conducted using the "MorphoTools" R scripts in R v.3.2.2 (R Core Team, 2016) according to the manual by Koutecký (2015).

#### **Morphological differentiation – *Morfološka diferencijacija***

Morphological differentiation was assessed by calculating the Euclidean distances between all pairs of individuals based on the scores of the first two principal components (PCs) considering nine leaf traits. The average Euclidean distances were calculated for each population and used as a multivariate diversity index (MDI) of a population. The Kruskal-Wallis test (among all populations) and the Wilcoxon rank sum test (between all possible population pairs) were performed using the STATISTICA software package Version 13 (STATISTICA Version 13, 2018), as was the Kruskal-Wallis test between karstic and riparian populations. In addition, an analysis of molecular variance (AMOVA; Excoffier et al. 1992) was performed using the Euclidean distance matrix (Karlović et al. 2009). Two-way AMOVA was used to partition total morphological variance between habitats (karstic vs. riparian), among populations within habitats, and within populations. Additional one-way AMOVAs were conducted to partition total morphological variance among and within populations of each habitat. Variance components were tested with 10,000 permutations in Arlequin ver. 3.5.2.2 (Excoffier and Lischer 2010).

#### **Correlation between environmental, geographic, and morphometric data – *Korelacije između okolišnih, geografskih i morfoloških značajki***

Mantel test was used to evaluate the correlations between the multitrait differences between the populations. This test

**Table 3.** Pearson's correlation coefficients between environmental variables and scores of the first four principal components. Bioclimatic variables BIO1–BIO19 as in Table 2.

**Tablica 3.** Pearsonovi koeficijenti korelacije između okolišnih značajki i vrijednosti prve četiri glavne sastavnice. Bioklimatske varijable BIO1 – BIO19 kao u Tablici 2.

Variable Varijabla	PC – Principal Component PC – glavna sastavnica			
	PC1	PC2	PC3	PC4
BIO1	0.470	-0.858	0.194	-0.022
BIO2	0.485	-0.490	-0.625	-0.347
BIO3	-0.310	-0.689	-0.592	-0.137
BIO4	0.877	0.353	0.045	-0.234
BIO5	0.632	-0.743	0.073	-0.144
BIO6	-0.190	-0.949	0.224	0.110
BIO7	0.924	0.128	-0.148	-0.279
BIO8	0.800	0.563	0.171	-0.056
BIO9	0.101	-0.949	0.104	-0.029
BIO10	0.578	-0.783	0.200	-0.095
BIO11	0.054	-0.969	0.180	0.088
BIO12	-0.957	-0.042	0.065	-0.269
BIO13	-0.959	-0.114	0.067	-0.247
BIO14	-0.968	-0.040	-0.076	-0.197
BIO15	0.619	0.112	0.568	-0.363
BIO16	-0.939	-0.109	0.098	-0.310
BIO17	-0.975	-0.151	0.075	-0.139
BIO18	-0.568	0.657	0.218	-0.394
BIO19	-0.928	-0.356	0.037	-0.099
Altitude Nadmorska visina	-0.828	0.178	-0.264	0.244
d–water Udaljenost od vode	-0.827	-0.148	0.417	0.234
Eigenvalue Svojevstvena vrijednost	11.14	6.49	1.62	1.02
Variance (%) Varijanca (%)	53.04	30.90	7.70	4.88
Cumulative Variance (%) Kumulativna varijanca (%)	53.04	83.94	91.64	96.52

is regarded as the universal method for testing the relationship between multivariate data sets, expressed as dissimilarity matrices in biological problems, commonly used to quantify the degree of difference between individuals, populations, or species (Sokal and Rohlf 2012). In this study, three dissimilarity matrices were calculated in order to describe differences between the analysed populations: (1) morphometric differences as squared Mahalanobis distances between the pairs of populations; (2) environmental distances as the Euclidian distances between the population means for the first three PCs of the principal component analysis; and (3) geographic distance from the latitude and

longitude of the sampling site. The significance level was assessed after 10,000 permutations as implemented in NT-SYS-pc Ver. 2.21L (Rohlf 2009).

## RESULTS REZULTATI

### Environmental differences among sampling sites – *Okolišne razlike između područja uzorkovanja*

In general, environmental variables included in this study were highly correlated (Table 3, Figure 1B). Principal component (PC) analysis, based on the correlation matrix, showed that the first four principal components had eigenvalues greater than 1 and together explained 96.52% of the variance (Table 3). The first principal component explained 53.04% of the total variance. A strong negative correlation with the first principal component (PC1) was found for eight environmental variables: BIO17 (precipitation of the driest quarter); BIO14 (precipitation of the driest month); BIO13 (precipitation of the wettest month); BIO12 (annual precipitation); BIO16 (precipitation of the wettest quarter); BIO19 (precipitation of the coldest quarter); altitude; and d–water. In addition, the same principal component was in a strong positive correlation with three bioclimatic variables: BIO7 (temperature annual range (BIO5–BIO6)); BIO4 (temperature seasonality (standard deviation  $\times 100$ )); and BIO8 (mean temperature of the wettest quarter). The second principal component explained 30.90% of the total variance and was negatively correlated with six temperature-related variables: BIO11 (mean temperature of the coldest quarter); BIO6 (min temperature of the coldest month); BIO9 (mean temperature of the driest quarter); BIO1 (annual mean temperature); BIO10 (mean temperature of the warmest quarter); and BIO5 (max temperature of the warmest month). The first principal component separated the populations P1–P3 from higher elevations and karstic habitats characterized by higher precipitation, from other populations (P4–P8) from larger rivers, where lower precipitations were recorded. The second principal component revealed a notable bioclimatic sub-structure within the karstic and riparian populations. Of those, the northernmost sub-Mediterranean population P8 from the riparian group was characterized by high temperatures, whereas population P3 from the karstic group was characterized by the lowest temperatures.

### Leaf traits analysed and population diversity – *Istraživana svojstva listova i raznolikost populacija*

Overall, correlations between measured traits were positively or negatively correlated with each other at a statistically significant level ( $p < 0.01$ ). In general, leaf size-related variables were positively correlated in almost all pairs examined (Table 4). A strong positive correlation ( $r > 0.70$ ) was found

**Table 4.** The results of correlation analysis between leaf traits. The results are presented as correlations on all 80 individuals. Morphometric traits analysed: LA—leaf area; FC—form coefficient; LL—leaf blade length; MLW—maximum leaf width; PMLW—leaf blade length measured from the leaf base to the point of maximum leaf width; LWT—leaf blade width at 90% of the leaf blade length; LA1—angle closed by the main leaf vein and the line defined by the leaf blade base and the point on the leaf margin, at 10%; LA2—angle closed by the main leaf vein and the line defined by the leaf blade base and the point on the leaf margin, at 25%; PL—petiole length.

**Tablica 4.** Rezultati korelacijske analize između istraživanih svojstava listova. Rezultati su prikazani kao korelacije između svih 80 jedinki. Istraživane morfološke značajke: LA – površina plojke; FC – koeficijent oblika; LL – duljina plojke; MLW – maksimalna širina plojke; PMLW – duljina plojke mjerena od baze lista do točke najveće širine plojke; LWT – širina plojke na 90 % duljine plojke; LA1 – kut zatvoren glavnom lisnom žilom i linijom definiranom bazom plojke i točkom na rubu plojke, na 10 %; LA2 – kut zatvoren glavnom žilom lista i linijom definiranom bazom plojke i točkom na rubu plojke, na 25 %; PL – duljina peteljke.

Trait Svojstvo	LA	FC	LL	MLW	PMLW	LWT	LA1	LA2	PL
LA		ns	***	***	***	***	**	*	**
FC	0.211		**	***	**	***	***	***	**
LL	0.832	-0.333		***	***	***	ns	*	***
MLW	0.867	0.511	0.573		***	***	***	***	ns
PMLW	0.744	-0.361	0.931	0.507		***	*	**	***
LWT	0.851	0.467	0.555	0.906	0.559		***	***	ns
LA1	0.350	0.867	-0.133	0.607	-0.253	0.494		***	**
LA2	0.228	0.931	-0.275	0.578	-0.358	0.465	0.953		***
PL	0.301	-0.353	0.478	0.044	0.519	0.058	-0.330	-0.426	

\*\*\* significant at  $p < 0.001$ , \*\* significant at  $0.001 < p < 0.01$ , \* significant at  $0.01 < p < 0.05$ , ns depicts non-significant values ( $p > 0.05$ )

in nine out of 36 pairs examined. Furthermore, weak negative relationship between leaf size and shape was statistically significant in only several cases: FC demonstrated a negative correlation with three traits (LL, PMLW, PL); LA2 with three traits (LL, PMLW, PL); and LA1 with two (PMLW, PL). In addition, the results showed that there were no significant correlations between the four trait pairs.

Basic data, i.e., mean values and coefficient of variations of each trait, are given in Table 5 for populations, habitats and the overall populations' sample. Coefficients of variations for the overall sample were high for all of the analysed traits, with all traits having CV above 20%. Extremely high variability, with CV above 30%, was noted for LA (CV=39.24%), PL (CV=37.19%), and LWT (CV=30.83%).

**Table 5.** Results of the descriptive statistical analysis for the studied populations and morphometric traits. Morphometric traits' acronyms as in Table 4. Descriptive parameters: M—arithmetic mean and CV—coefficient of variation (%). Populations: P1-P8 as in Table 1.

**Tablica 5.** Rezultati deskriptivne statističke analize za istraživane populacije i morfološka svojstva. Akronimi istraživanih morfoloških svojstava kao u Tablici 4. Deskriptivni pokazatelji: M – aritmetička sredina; CV – koeficijent varijabilnosti (%). Populacije P1 – P8 kao u Tablici 1.

Trait Svojstvo	Descriptive parameters Deskriptivni parametar	Population Populacija								Habitat Stanište		Total Ukupno
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Karst Krško	Riparian Riječno	
LA (cm <sup>2</sup> )	M	2.27	2.02	2.42	4.02	4.29	3.91	3.53	3.74	2.24	3.90	3.27
	CV	27.43	27.27	22.59	29.19	36.19	23.57	31.60	23.63	26.65	30.28	39.24
LL (cm)	M	6.33	5.26	5.79	7.49	7.43	6.89	5.79	6.89	5.79	6.90	6.48
	CV	20.51	18.50	12.89	16.55	18.90	16.32	18.74	17.85	19.31	19.76	21.34
MLW (cm)	M	0.60	0.54	0.60	0.75	0.79	0.80	0.85	0.75	0.58	0.79	0.71
	CV	24.65	17.86	15.20	16.61	22.56	15.29	13.60	16.44	20.19	17.66	23.34
PMLW (cm)	M	3.41	2.79	2.86	3.85	3.79	3.43	2.97	3.43	3.02	3.49	3.31
	CV	30.76	24.06	17.78	24.68	23.49	20.78	18.97	22.11	27.26	24.22	26.18
LWT (cm)	M	0.27	0.25	0.25	0.35	0.38	0.37	0.38	0.36	0.26	0.37	0.33
	CV	32.23	31.26	24.82	27.85	28.82	23.98	18.75	21.63	30.10	24.63	30.83
PL (cm)	M	0.35	0.35	0.42	0.43	0.40	0.34	0.32	0.31	0.37	0.36	0.37
	CV	50.82	44.31	24.81	27.52	36.22	39.42	30.75	21.89	40.81	34.67	37.19
FC	M	0.13	0.17	0.17	0.17	0.18	0.20	0.25	0.19	0.16	0.20	0.18
	CV	26.70	23.81	16.92	17.07	19.51	21.01	14.43	24.00	25.32	23.62	26.38
LA1 (°)	M	11.40	12.85	14.15	13.75	15.05	15.77	18.64	15.45	12.80	15.73	14.63
	CV	19.70	21.53	22.29	16.61	20.96	14.22	14.87	22.44	23.16	20.63	23.56
LA2 (°)	M	7.26	8.13	8.59	8.36	8.87	9.68	11.95	9.40	7.99	9.65	9.03
	CV	27.18	20.23	18.24	16.66	18.95	17.63	12.31	23.52	22.78	21.88	23.94

**Table 6.** Hierarchical analysis of variance. Morphometric traits' acronyms as in Table 4.

Tablica 6. Rezultati hijerarhijske analize varijance. Akronimi istraživanih morfoloških svojstava kao u Tablici 4.

Trait Svojstvo	Variance component Komponenta varijance	% Variation % Varijabilnosti	F	p
LA	Between groups – <i>Između grupa</i>	57.22	76.21	***
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	0.73	1.36	ns
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	19.89	18.89	***
	Error – <i>Greška</i>	22.17		
LL	Between groups – <i>Između grupa</i>	22.51	5.66	*
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	14.94	5.54	***
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	31.05	20.67	***
	Error – <i>Greška</i>	31.50		
MLW	Between groups – <i>Između grupa</i>	54.87	59.66	***
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	1.96	2.25	*
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	14.20	10.78	***
	Error – <i>Greška</i>	28.98		
PMLW	Between groups – <i>Između grupa</i>	9.81	3.46	ns
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	12.27	5.41	***
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	24.98	10.42	***
	Error – <i>Greška</i>	52.95		
LWT	Between groups – <i>Između grupa</i>	43.83	122.55	***
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	0.00	0.82	ns
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	14.24	7.89	***
	Error – <i>Greška</i>	41.93		
PL	Between groups – <i>Između grupa</i>	0.00	0.08	ns
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	9.56	7.14	***
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	14.57	4.82	***
	Error – <i>Greška</i>	75.87		
FC	Between groups – <i>Između grupa</i>	20.47	3.63	ns
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	27.80	15.73	***
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	16.96	10.76	***
	Error – <i>Greška</i>	34.77		
LA1	Between groups – <i>Između grupa</i>	24.95	5.78	*
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	17.20	7.42	***
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	24.94	16.19	***
	Error – <i>Greška</i>	32.91		
LA2	Between groups – <i>Između grupa</i>	18.40	3.63	ns
	Among populations within groups – <i>Između populacija unutar grupa</i>	24.61	13.27	***
	Within populations – <i>Unutar populacija</i>	17.96	10.21	***
	Error – <i>Greška</i>	39.04		

\*\*\* significant at  $p < 0.001$ , \*\* significant at  $0.001 < p < 0.01$ , \* significant at  $0.01 < p < 0.05$ , ns depicts non-significant values ( $p > 0.05$ )\*\*\* značajno pri  $p < 0,001$ , \*\* značajno pri  $0,001 < p < 0,01$ , \* značajno pri  $0,01 < p < 0,05$ , ns prikazuje neznačajne vrijednosti ( $p > 0,05$ )

For most traits, mean values of karstic populations were smaller than those of riparian populations. In other words, karstic populations were characterized by smaller, more elongated leaves with more acute leaf blade base. Regarding individual populations, in the karstic group populations P1 and P2 stood out. Population P1 was characterized by the longest leaves and the most acute leaf blade base, whereas population P2 stood out by having the smallest leaves. In the riparian populations' group, P7 stood out by having the roundest leaves, and largest leaves characterized populations P4 and P5.

The results of the analysis of variance are summarized in Table 6. Statistically significant differences between the analysed groups, karstic and riparian, were confirmed for five out of nine measured traits: LA, LL, MLW, LWT and LA1. Populations within the groups differed in seven out

of nine traits, with no differences found for LA and LWT. Individuals within the populations were statistically different for all measured traits. As expected, intrapopulation variability was higher than the interpopulation variability, for most traits. However, for six out of nine traits, the highest percentage of the total variability was represented by residue component, i.e., leaf variability on the individual shrub/tree. The exception to this rule were three traits (LA, MLW, LWT), which demonstrated the highest percentage of the overall variability for differences among the two groups, i.e., the two morphotypes.

Since the variance analysis revealed significant differences between the populations for most of the researched traits, a post-hoc testing by Fisher's multiple tests (LSD) was conducted for all population pairs, in order to determine the exact number of populations differing significantly for each



**Table 7.** Results of Fisher's LSD test. Morphometric traits' acronyms as in Table 4. Populations as in Table 1.  
**Tablica 7.** Rezultati Fisherovog LSD testa. Akronimi morfoloških svojstava kao u Tablici 4. Populacije kao u Tablici 1.

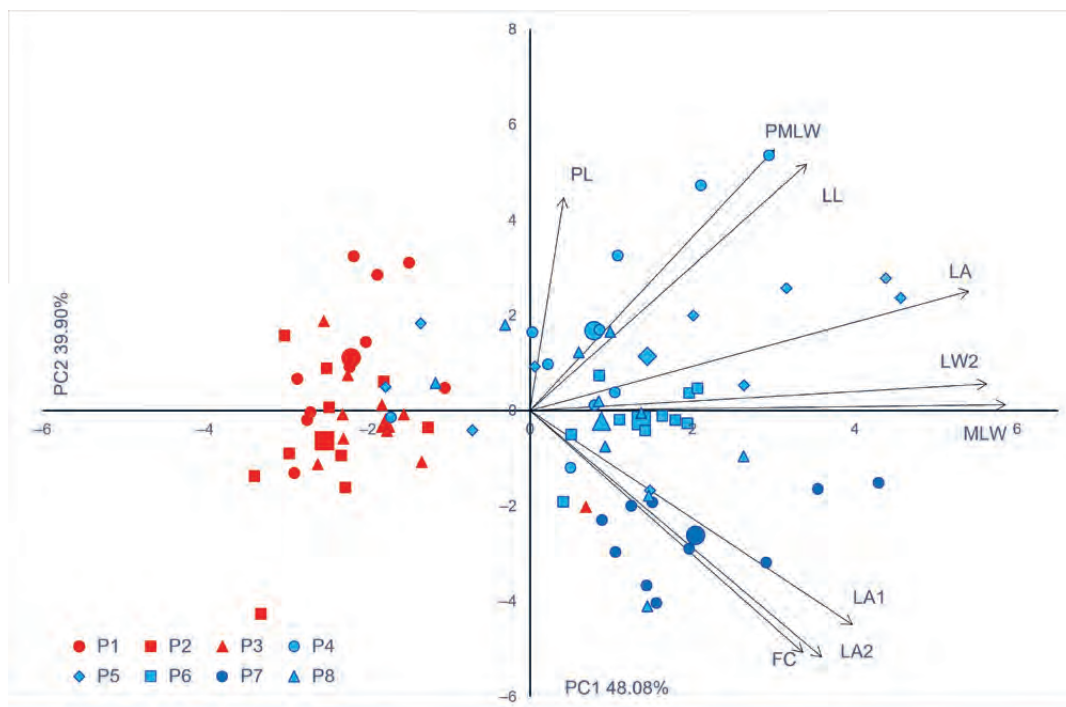
Population	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
P2	LL, PMLW, FC							
P3	PMLW, PL, FC, LA1, LA2	PL						
P4	LA, LL, MLW, PMLW, LWT, PL, FC, LA1, LA2	LA, LL, MLW, PMLW, LWT, PL	LA, LL, MLW, PMLW, LWT					
P5	LA, LL, MLW, LWT, PL, FC, LA1, LA2	LA, LL, MLW, PMLW, LWT, LA1	LA, LL, MLW, PMLW, LWT					
P6	LA, MLW, LWT, FC, LA1, LA2	LA, LL, MLW, PMLW, LWT, FC, LA1, LA2	LA, LL, MLW, PMLW, LWT, PL, FC, LA2	PMLW, PL, FC, LA1, LA2	PL			
P7	LA, MLW, PMLW, LWT, FC, LA1, LA2	LA, MLW, LWT, FC, LA1, LA2	LA, MLW, LWT, PL, FC, LA1, LA2	LL, MLW, PMLW, PL, FC, LA1, LA2	LA, LL, PMLW, PL, FC, LA1, LA2	LL, PMLW, FC, LA1, LA2		
P8	LA, MLW, LWT, FC, LA1, LA2	LA, LL, MLW, PMLW, LWT, FC, LA1, LA2	LA, LL, MLW, PMLW, LWT, PL	PMLW, PL, LA2	PL			LL, MLW, PMLW, FC, LA1, LA2

individual trait (Table 7). Significant differences were found between almost all population pairs. The most pronounced differences were found between the karstic and the riparian populations, as well as between the population P7 and all other populations. Populations P4 and P5, and P6 and P8 did not demonstrate a single significant difference, and a single statistically significant difference was noted for the following population pairs: P2 and P3; P5 and P6; P5 and

P8. The majority of population pairs demonstrated differences for six or more traits.

#### Population structure – *Strukturiranost populacija*

As previously indicated, significant variations between different populations, according to their environmental origin, have been confirmed by the multivariate statistical analysis as well. As a result, the researched populations



**Figure 2.** Biplot of the principal component (PC) analysis based on nine leaf phenotypic traits in the studied *Salix eleagnos* populations. Each individual tree is indicated by a small sign, while the population barycenters are represented by larger ones. The colour of the signs is related to the two groups of populations detected from K-means clustering method (cluster A–red, cluster B–blue). Morphometric traits' acronyms as in Table 4.. Populations as in Table 1.

**Slika 2.** Dijagram analize glavnih sastavnica (PC) na temelju devet morfoloških značajki listova u istraživanim populacijama sivkaste vrbe. Svaki pojedini grm označen je malom oznakom, dok su populacijski baricentri predstavljeni većim oznakama. Boja oznaka povezana je s dvije skupine populacija dobivenih metodom klasteriranja K-means (grupa A – crvena, skupina B – plava). Akronimi morfoloških svojstava kao u Tablici 4. Populacije kao u Tablici 1.

were divided optimally into two clusters, by K-means analysis (Figure 1A), with clusters corresponding to the predefined population groups, in karstic and riparian habitats. From the total of 80 individuals, 35 were assigned to Cluster A, and the remaining 45 to Cluster B. Cluster A encompassed individuals from populations P1–P3, found on the karstic sites, and Cluster B encompassed the riparian populations of P4–P8. All of the P1 and P2 individuals were assigned to Cluster A, whereas all individuals from P6 and P7 were assigned to Cluster B. None of the populations demonstrated mixed origin, i.e., all tested populations demonstrated proportion of membership above 0.7. A similar environmental gradient was also visible from the PCA and CDA results.

In PCA, the first principal component axis indicated differentiation of samples from karstic and riparian sites (Figure 2). Only one individual from the karstic populations grouped with the riparian population group, whereas only five individuals from riparian populations grouped with the karstic population group. The first two components had the eigenvalues above 1 and explained 87.98% of the total variability (Table 8). The first principal component was highly positively correlated to three traits, whereas the second principal component correlated highly positively with two, and highly negatively with two traits.

In CDA, all morphological traits except LA2, which was redundant with LA1, were used in the analysis to determine which ones allow to separate the willow shrubs/trees according to their population and habitat origin. The variables that differentiated from the researched populations the most were as follows (from highest to lowest discriminant power according to the F statistic values): LA, FC, LL, MLW, PMLW, LWT, LA1 and PL (Table 9).

Figure 3 presents projections of canonical variables for discriminant functions 1 and 2. Individuals from the karstic populations are marked in red and those from riparian populations in blue. The first two functions had eigenvalues above 1 and explained 83.38% of the total variability. Discriminant function 1 has proven to be the most discriminative in separating populations of the karstic (P1–Vela Draga; P2–Grobnik; P3–Crni Lug) and the riparian habitats (P4–Kupica; P5–Bregana; P6–Ormož; P7–Legrad; P8–Krka). In addition, along the second axis a clear separation can be observed, for shrubs/trees in P7, from the riparian populations, as well as for shrubs/trees in P1, from the individuals found in karstic populations.

The overall classification rate on the group level was 93.7%. Individuals from karstic populations were correctly classified in 96.7% of cases, whereas the riparian individuals did so for 92.0% of cases. The lowest percent of correctly classified individuals was observed in the P5 population (70.0%). Individuals from P1, P2, P4, P6 and P7 populations were correctly classified in 100% of cases. Figure 1C shows the barplot with posterior probabilities of classification

**Table 8.** Pearson's correlation coefficients between morphometric traits and scores of the first three principal components. Morphometric traits' acronyms as in Table 4.

**Tablica 8.** Pearsonovi koeficijenti korelacije između morfoloških svojstava i prve tri glavne sastavnice. Akronimi istraživanih morfoloških svojstava kao u Tablici 4.

Trait Svojstvo	PC – Principal Component PC – glavna sastavnica		
	PC1	PC2	PC3
LA	0.900	0.381	-0.016
LL	0.568	0.786	-0.122
MLW	0.975	0.018	-0.055
PMLW	0.502	0.831	-0.109
LWT	0.937	0.085	-0.101
PL	0.069	0.678	0.730
FC	0.560	-0.769	0.182
LA1	0.662	-0.681	0.126
LA2	0.598	-0.784	0.086
Eigenvalue Svojstvena vrijednost	4.33	3.59	0.63
Variance (%) Varijanca (%)	48.08	39.90	6.99
Cumulative Variance (%) Kumulativna varijanca (%)	48.08	87.98	94.97

**Table 9.** Results of the stepwise discriminant analysis for studied morphometric traits. Morphometric traits' acronyms as in Table 4.

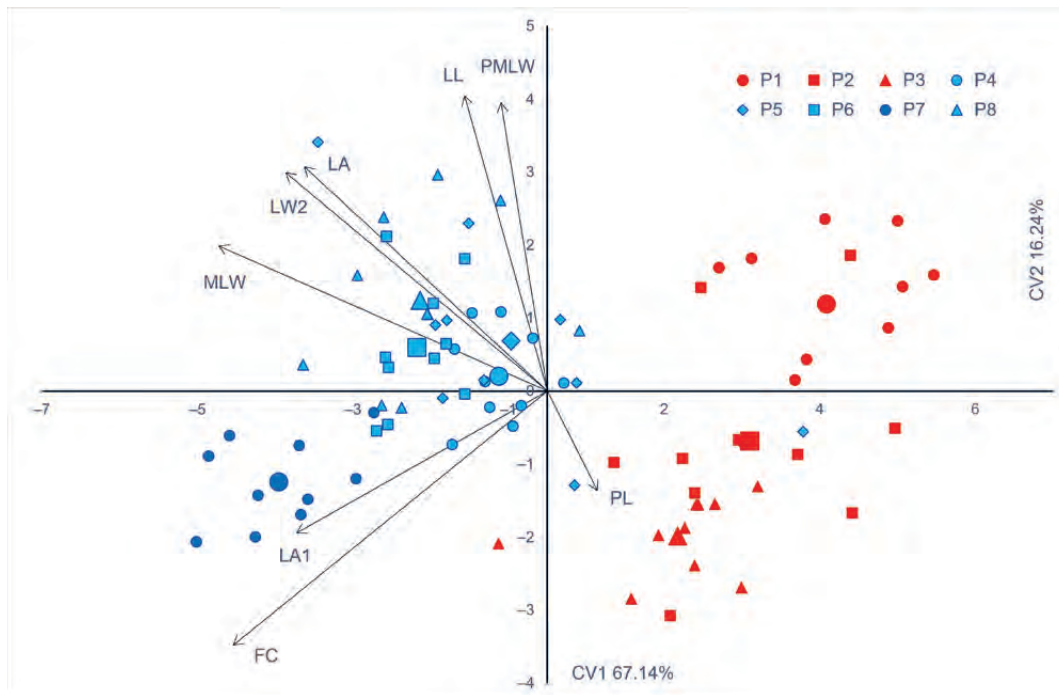
**Tablica 9.** Rezultati stepwise diskriminantne analize za istraživana morfološka svojstva. Akronimi istraživanih morfoloških svojstava kao u Tablici 4.

Trait Svojstvo	Wilks' lambda Wilksova lambda	Partial Wilks' lambda Parcijalna Wilksova lambda	F-value F-vrijednost	p-value p-vrijednost
LA	0.044	0.469	10.494	0.0000
FC	0.036	0.578	6.788	0.0000
LL	0.032	0.649	5.024	0.0001
MLW	0.026	0.787	2.515	0.0237
PMLW	0.026	0.808	2.203	0.0452
LWT	0.024	0.864	1.464	0.1957
LA1	0.024	0.869	1.399	0.2208
PL	0.023	0.882	1.238	0.2953

of each individual into each group from the results of the classification analysis of discrimination.

#### Multivariate diversity index (MDI) and morphological differentiation – *Multivarijatni indeks raznolikosti (MDI) i morfološka diferencijacija*

The multivariate diversity index values (MDI), based on nine leaf traits, ranged from 1.154 (P6) to 3.480 (P5), both belonging to the riparian group (Table 1). Kruskal-Wallis test confirmed the differences in the MDI values, by testing



**Figure 3.** The first two canonical varieties of the canonical discriminant analysis (CV1 and CV2) of eight *Salix eleagnos* populations based on eight morphological traits. Each individual tree is indicated by a small sign, while the population barycenters are represented by larger ones. The colour of the signs is related to the two groups of populations detected from K-means clustering method (cluster A–red, cluster B–blue). Morphometric traits' acronyms as in Table 4. Populations as in Table 1.

**Slika 3.** Prve dvije diskriminantne funkcije kanoničke diskriminantne analize (CV1 i CV2) osam populacija sivkaste vrbe na temelju istraživanih morfoloških svojstava lista. Svaki pojedinačni grm označen je malom oznakom, dok su populacijski baricentri predstavljeni većim. Boja oznaka povezana je s dvije skupine populacija dobivene metodom klasteriranja K-means (grupa A – crvena, skupina B – plava). Akronimi morfoloških svojstava kao u Tablici 4. Populacije kao u Tablici 1.

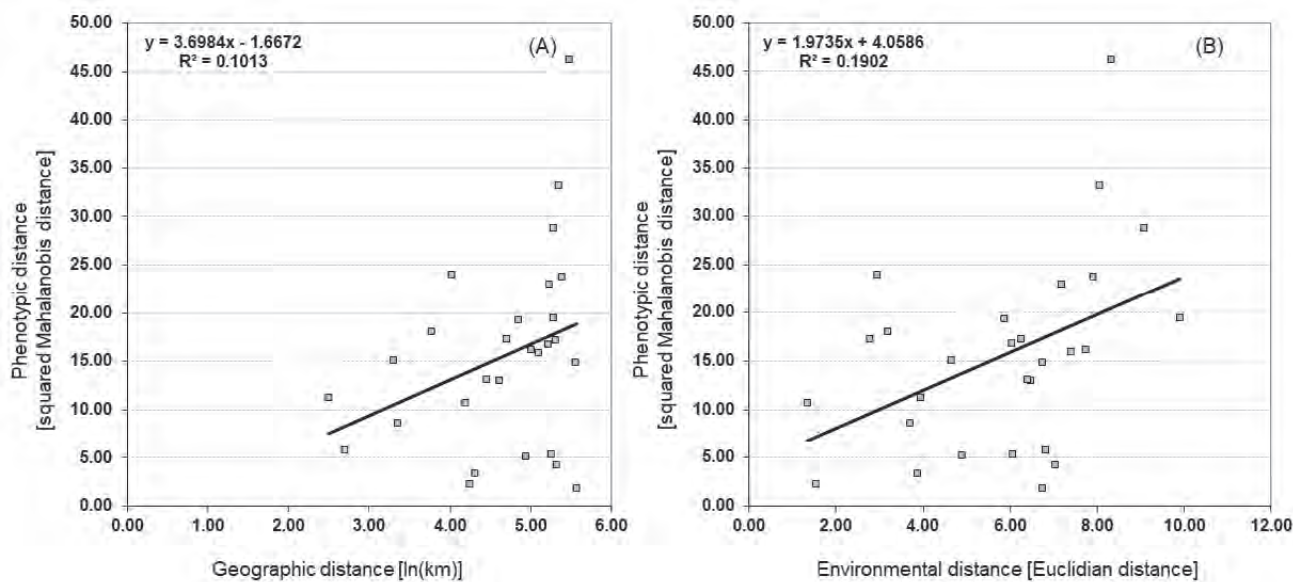
among all populations. According to the Wilcoxon rank sum test, the highest MDI values were found in populations that had the lowest percentage of correctly classified

individuals in CDA (P5 and P4). In addition, Kruskal-Wallis test proved to be significant when differences between karstic and riparian populations were tested.

**Table 10.** AMOVA analysis for partitioning of total morphological variance of *Salix eleagnos* populations between habitats (karstic vs. riparian), among populations within habitats and within populations, as well as among and within populations of each habitat.

**Tablica 10.** Rezultati AMOVA analize za raspodjelu ukupne morfološke varijabilnosti populacija sivkaste vrbe između tipova staništa (krških naspram riječnih), između populacija unutar tipa staništa i unutar populacija, kao i između i unutar populacija svakog tipa staništa.

Analysis Analiza	Source of variation Izvor varijabilnosti	df	Variance components Komponente varijance	% Variation % Varijabilnosti	f	P(f)
All populations Sve populacije	Between habitats (karstic vs. riparian) Između staništa (krško vs. riječno)	1	0.757	34.53	0.345	< 0.0001
	Among populations within habitats Između populacija unutar staništa	6	0.312	14.23	0.217	< 0.0001
	Within populations Unutar populacija	72	1.124	51.24	0.488	< 0.0001
Karstic habitat Krško stanište	Among populations Između populacija	2	0.098	9.01	0.090	0.033
	Within populations Unutar populacija	27	0.987	90.99		
Riparian habitat Riječno stanište	Among populations Između populacija	4	0.418	25.74	0.257	< 0.0001
	Within populations Unutar populacija	45	1.206	74.26		



**Figure 4.** Isolation-by-distance (IBD) and isolation-by-environmental-distance (IBE) in rosemary willow populations. Scatter plots of simple Mantel tests showing the relationships between: (A) geographic and morphological distances ( $r=0.318$ ,  $p=0.0966$ ); and (B) environmental and morphological distances ( $r=0.436$ ,  $p=0.0220$ ).

**Slika 4.** Izolacija uslijed geografskih (IBD) i ekoloških udaljenosti (IBE) u istraživanih populacija sivkaste vrbe. Dijagrami jednostavnih Mantelovih testova koji pokazuju odnose između: (A) geografskih i morfoloških udaljenosti ( $r=0,318$ ,  $p=0,0966$ ); i (B) okolišnih i morfoloških udaljenosti ( $r=0,436$ ,  $p=0,0220$ ).

Using the AMOVA analysis, significant variability on the intra- and interpopulation levels was confirmed (Table 10). Furthermore, individuals from karstic vs. riparian habitats were clearly distinguished. The highest percentage of the overall variability addressed the diversity within populations, the second highest percentage addressed variability between the habitats (karstic vs. riparian), whereas the lowest percentage was assigned to the variability of populations within the same habitat. AMOVA analysis had additionally showed that riparian populations were significantly more diverse than those found within the karstic habitats.

#### Isolation by distance (IBD) and environment (IBE) – Izolacija uslijed geografske (IBD) i ekološke udaljenosti (IBE)

A simple Mantel test (Figure 4) identified significant correlations ( $r=0.436$ ,  $p=0.0220$ ) between morphological and environmental distances, proving an influence of isolation by environment (IBE) on leaf morphology of rosemary willow populations. Isolation by distance (IBD), however, did not contribute to leaf morphological variability, as proven by the lack of significant correlation between morphological and geographic distances ( $r=0.318$ ,  $p=0.0966$ ).

## DISCUSSION RASPRAVA

Rosemary or bitter willow (*Salix eleagnos*) is an economically mostly insignificant species (Herman 1971; Schütt

1997), with limited uses for wood, basketry, and biomass, and as such has not been the subject of genetic or morphological research. Therefore, our results could only be compared to older published data in botanical literature. In various flora and textbooks (Herman 1971; Krüssmann 1962; Schütt 1997; Idžojtić 2009), leaves of the species are described as extremely elongated, as confirmed by our research. The size of the leaves, however, has not been extensively reported, and the size ranges from 6–15 cm (Krüssmann 1962; Idžojtić 2009). Mean values revealed by our research are significantly lower, within the 2–3 cm range for karstic populations, and 4–5 cm for riparian populations. The great discrepancy in data is most likely due to the small sample size of the leaves represented in botanical literature. This is a common occurrence, since authors would use a small sample from nature or vouchers from herbariums when writing botanical textbooks or flora, thus being unable to encompass the complete area of research, i.e., the variability of the species.

It is well-known that the levels of genetic and phenotypic diversities and their spatial distribution on population and among-population level, are the result of a mosaic of interactions between intrinsic and extrinsic factors, including phenology, dispersal, topography, and flood regime (Corenblit et al. 2014; Rodríguez-González et al. 2019). In general, our research revealed that karstic populations all had homogeneously low diversity, i.e., they were characterized by similar multivariate diversity index (MDI) low values. This homogeneity is likely the result of smaller populations'

area, as well as the homogeneous habitat conditions in them. In contrast, the riparian populations boasted heterogeneous values of MDI, with some populations being highly diverse, and others having very low MDI values. When riparian populations with low MDI values are considered, they are likely to have experienced a form of genetic drift, i.e., the “founder” effect (Wright 1937; Eckert et al. 1996; Star and Spencer 2013), through which newly formed populations are formed by very small number of individuals and thus boast low diversity levels. This case has been known to happen for willow species (Brunsfeld et al. 1991; Alsos et al. 2015; Tumpa et al. 2022), as well as other pioneer species (Haase 1993; Lowe et al. 2018; Woellner et al. 2021). In theory, a new population of rosemary willow could have grown from seeds of a single individual, which floated downstream. This could have happened in P6 and P7, whose MDI values were lower even than those noted for karstic populations. On the other hand, populations P4 and P5 were found to be highly diverse. These populations are located close to the karstic populations, thus enabling the influx of genes which, when intermixed with the riparian genes, mark them as inherently more diverse. In addition, the heterogeneity of the habitat in these two populations, with numerous plants growing both in the flood zone of the rivers (permanently humid conditions) and on the river terraces (seasonally flooded/above floods), could contribute to the notably higher phenotypic diversity. This is supported by the lowest levels of classification found for P4 and P5 in which, although riparian, some individuals were classified close to karstic populations.

Our analyses indicate that the majority of significant phenotypic variation among individuals occurs within rather than among populations. However, the ANOVA and AMOVA analyses showed that a large part of the total variation could be assigned to the differences between the studied groups of populations, i.e., karstic and riparian. In addition, in the different multivariate analyses carried out under the morphometric material from eight studied populations, we observed two well-differed groups of populations, which coincide with the above-mentioned habitats. Accordingly, small-leaf morphotypes of rosemary willow were found in higher altitude sites, farther away from waterways, and were characterised by higher levels of rainfall, whereas the large-leaf morphotypes were found in riparian sites with lower levels of rainfall. Due to the fact that this species requires a certain level of underground water to thrive (Herman 1971; Schütt 1997), xeromorphic small-leaf morphotypes developed only in sites where ample rainfall could counter the lack of water in soil. Finally, if we assume that the gene flow among populations from those ecologically divergent habitats, karstic and riparian, is reduced because of lower rates of successful establishment of immigrant organisms, which originated in various habitats, as a result of local genetic

adaptation (Nosil and Crespi 2004; Noisil et al. 2005, 2008, 2009; Orsini et al. 2013; DeWoody et al. 2015), these two clearly separated groups of populations of rosemary willow could potentially represent two ecotypes – the small-leaf ecotype found in the drier habitats and the large-leaf found in the water habitats. This hypothesis is well-substantiated by the results of the Mantel test and the isolation by environment (IBE) pattern. In other words, we revealed that the ecological distances correlated with morphological distances, i.e., populations from ecologically more similar habitats are also morphologically more similar.

Although all populations significantly followed the environmental gradient, populations within each habitat demonstrated significant differences, i.e., narrow vs. oblong elliptical leaves. According to the AMOVA analysis, these differences are particularly pronounced between populations within riparian habitats. From the riparian populations, P7 stood out by having less elongated leaves when compared to other riparian populations, including population P5, which was located only 20 km away. As previously mentioned, waterways enable movement of plants or genes across the landscape (Rodríguez-González et al. 2019) and are generally known to serve as corridors for riparian plants (Nilsson et al. 2002, 2010; Bothwell et al. 2017). That movement can decrease the genetic difference on one side (Murray et al. 2019), and may influence the spatial distribution of genetic diversity on the other side (Macaya-Sanz et al. 2012), as well as lead to distinctiveness between plant populations. Although most seeds disperse very close to the mother plant, in some cases they can travel farther downstream from the mother plant (de Jager et al. 2019). If the number of individuals that are forming the new populations is small, these populations can phenotypically differ significantly (Nei et al. 1975; Scheepens and Stöcklin 2011). This in particular case, the reason is the weak geographic structure of the populations, as well as the lack of clear isolation by distance (IBD) pattern, in which geographically closer populations would also demonstrate morphological similarities. It has been previously reported that, due to the various factors of influence, drivers of genetic diversity and population structure in riparian plants are not easily discernible (Rodríguez-González et al. 2019). Furthermore, within the arid, karstic population group, P1 stood out by having the most elongated leaves. This population is surrounded by mountain ranges on the western and northern population's edge, and sea on the southern edge, thus isolating it from other populations. When the effective size of the population is that small, as it is the case in P1, and the population is so isolated, morphological differences are expected (Lesica and Allendorf 1995). The limited gene flow as a result of such isolation usually leads to the creation of specific morphotypes, which has previously been confirmed for a number of plant species (Baker and Dalby

1980; Tremblay 2005; Boratyńska et al. 2005; Galván-Hernández et al. 2020).

Although the southernmost population P8 might have been expected to exhibit extreme differences in leaf morphology, due to its location in Krka canyon and the dual influence of the sub-Mediterranean and continental climate extremes (Perica et al. 2005), this was not the case. Moreover, this population was very similar to the northern populations in river valleys, located 200 km or more away. Our theory is that the specific microclimate in the canyon of this southernmost population managed to mellow down the climate extremes and great oscillations of the daily and annual temperatures so much that the conditions in which the willow grows here are similar to those in the populations farther up north. In this case, we can assume the natural selection and phenotypic plasticity worked in the same direction, i.e., in similar habitats it favoured similar phenotypes (Westoby and Wright 2006; Kimball et al. 2013; Mallet et al. 2014). In addition, it is highly likely that the northern and southern populations in this research belong to the same Last Glacial Maximum (LGM) refugium. Although the northwestern Balkans is considered to be the intermixing zone of different refugia's lines (Hewitt 1999; Petit et al. 2003), resulting often in differences between the northern and southern populations, for willows this is most likely not the case. In several instances, it has been reported that *Salix* species, together with other cold tolerant species, i.e., birches, pines, spruces, or larches, were evidently capable of withstanding the LGM at higher latitudes (Willis et al. 2000). We assume that rosemary willow, along with other willow species, was not present in the southern Balkan peninsula during the last glacial period (Huntley and Birks 1983), and that both the northern and the southern populations stem from refugium most likely located in the middle latitudes (Palmé et al. 2003). Palmé et al. (2003) highlight that the light seeds of willows, spread by the wind, had a significant influence on the rapid dispersal of these species during the deglaciations of the Earth. The high dispersal ability of willows could continue to exert influence over its genetic structure, since seed dispersal between populations should prevent population differentiation and cause a wider distribution of the haplotypes. Alternatively, this species is often used as an ornamental plant and the influence of humans on the dispersal of plant material cannot be fully excluded.

## CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

Our results clearly demonstrate a substantial divergence in phenotypes of rosemary willow when leaves are considered. Leaf phenotypic features displayed a clear bimodal distribution across the populations, with samples from dry

karstic habitats having smaller leaves than those from riparian habitats. As expected, the strong phenotypic structure between these two groups of populations was largely explained by the environmental conditions and fits to an IBE pattern. In addition, statistically significant differences were found on both intra- and interpopulation levels. Karstic populations were homogeneously less diverse than the riparian populations, which boasted both the highest and the lowest MDI values noted in the research. This heterogeneity of diversity is the result of specific conditions in which each of the riparian populations is situated, as well as the specific history of inception of the populations ("founder" effect). Overall, our results indicate that the distribution of the phenotypic diversity across rosemary willow populations is strongly related to the environmentally specific factors, probably due to the natural selection and phenotypic plasticity, and stochastic factors such as gene flow, genetic drift and founder events.

## ACKNOWLEDGEMENTS ZAHVALE

This research was funded by University of Zagreb financial support.

## CONTRIBUTIONS DOPRINOSI

Conceptualization and study design: I. P. and Z. Š. Sampling: I. P. and A. V. Morphometric analysis: A. V. and K. T. Data analysis: I. P. and Z. Š. Writing – original draft preparation: I. P. Review and editing: Z. Š., A. V., K. T. and M. I.

## REFERENCES REFERENCJE

- Abrams, M.D., B.D. Kloeppel, M.E. Kubiske, 1992: Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*, *Tree Physiol*, 10: 343–355. <https://doi.org/10.1093/treephys/10.4.343>
- Alsos, I.G., D. Ehrlich, P.B. Eidesen, H. Solstad, K.B. Westergaard, P. Schönswetter, A. Tribsch, S. Birkeland, R. Elven, C. Brochmann, 2015: Long-distance plant dispersal to North Atlantic islands: colonization routes and founder effect, *AoB Plants*, 7: plv036. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv036>
- Antonovics, J., 1968: Evolution in closely adjacent plant populations. VI. Manifold effects of gene flow, *Heredity*, 23: 507–524. <https://doi.org/10.1038/hdy.1968.70>
- Argus, G.W., 1997: Infrageneric classification of *Salix* (Salicaceae) in the New world, *American Society of Plant Taxonomists*, 121 pp., Wyoming.
- Bachofen, C., A. Perret-Gentil, T. Wohlgemuth, P. Vollenweider, B. Moser, 2021: Phenotypic plasticity versus ecotypic differentiation under recurrent summer drought in two drought-tolerant pine species, *J Ecol*, 109: 3861–3876. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13762>

- Baker, A.J.M., D.H. Dalby, 1980: Morphological variation between some isolated populations of *Silene maritima* With. in the British Isles with particular reference to inland populations on metalliferous soils, *New Phytol*, 84 (1): 123–138. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb00755.x>
- Bakhtiari, M., L. Formenti, V. Caggia, G. Glauser, S. Rasmann, 2019: Variable effects on growth and defence traits for plant ecotypic differentiation and phenotypic plasticity along elevation gradients, *Ecol Evol*, 9: 3740–3755. <https://doi.org/10.1002/ece3.4999>
- Bertić, M., H. Schroeder, B. Kersten, M. Fladung, F. Orgel, F. Buegger, J.-P. Schnitzler, A. Ghirardo, 2021: European oak chemical diversity – from ecotypes to herbivore resistance, *New Phytol*, 232 (2): 818–834. <https://doi.org/10.1111/nph.17608>
- Boratyńska, K., K. Marcysiak, A. Boratyński, 2005: *Pinus mugo* (Pinaceae) in the Abruzzi Mountains: high morphological variation in isolated populations, *Bot J Linn Soc*, 147 (3): 309–316. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2005.00374.x>
- Bothwell, H.M., S.A. Cushman, S.A. Woolbright, E.I. Hersch-Green, L.M. Evans, T.G. Whitham, G.J. Allan, 2017: Conserving threatened riparian ecosystems in the American West: Precipitation gradients and river networks drive genetic connectivity and diversity in a foundation riparian tree (*Populus angustifolia*), *Mol Ecol*, 26: 5114–5132. <https://doi.org/10.1111/mec.14281>
- Brunsfeld, S.J., D.E. Soltis, P.S. Soltis, 1991: Patterns of genetic variation in *Salix* section Longifoliae (Salicaceae), *AJB*, 78 (6): 855–869. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1991.tb14488.x>
- Cavender-Bares, J., 2019: Diversification, adaptation, and community assembly of the American oaks (*Quercus*), a model clade for integrating ecology and evolution, *New Phytol*, 221: 669–692. <https://doi.org/10.1111/nph.15450>
- Coleman, J.S., K.D.M. McConnaughay, D.D. Ackerly, 1994: Interpreting phenotypic variation in plants, *TREE*, 9 (5): 187–191. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90087-6](https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90087-6)
- Corenblit, D., J. Steiger, E. González, A.M. Gurnell, G. Charrier, J. Darrozes, J. Dousseau, F. Julien, L. Lambs, S. Larrue, E. Rousset, F. Vautier, O. Voldoire, 2014: The biogeomorphological life cycle of poplars during the fluvial biogeomorphological succession: a special focus on *Populus nigra* L., *Earth Surf Process Landf*, 39: 546–563. <https://doi.org/10.1002/esp.3515>
- de Jager, M., B. Kaphingst, E.L. Janse, R. Buisman, S.G.T. Rinzema, M.B. Soons, 2019: Seed size regulates plant dispersal distances in flowing water, *J Ecol*, 107: 307–317. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13054>
- DeWoody, J., H. Trewin, G. Taylor, 2015: Genetic and morphological differentiation in *Populus nigra* L.: isolation by colonization or isolation by adaptation? *Mol Ecol*, 24: 2641–2655. <https://doi.org/10.1111/mec.13192>
- Dickmann, D.I., J. Kuzovkina, 2014: Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species, U: J.G. Isebrands, J. Richardson (ur.), *Poplars and willows*, FAO and CABI, 8–91, Rome.
- Douaihy, B., K. Sobierajska, A.K. Jasińska, K. Boratyńska, T. Ok, A. Romo, N. Machon, Y. Didukh, M.B. Dagher-Kharrat, A. Boratyński, 2012: Morphological versus molecular markers to describe variability in *Juniperus excelsa* subsp. *excelsa* (Cupressaceae), *AoB Plants*, 2012: pls013. <https://doi.org/10.1093/aob-pla/pls013>
- Drzewiecka, K., M. Mleczek, M. Gąsecka, Z. Magdziak, P. Goliński, 2012: Changes in *Salix viminalis* L. cv. 'Cannabina' morphology and physiology in response to nickel ions – Hydroponic investigations, *J Hazard Mater*, 217–218: 429–438. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.03.056>
- Eckert, C.G., D. Manicacci, S.C.H. Barret, 1996: Genetic drift and founder effect in native versus introduced populations of an invading plant, *Lythrum salicaria* (Lythraceae), *Evolution*, 50 (4): 1512–1519. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1996.tb03924.x>
- Excoffier, L., H.E.L. Lischer, 2010: Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows, *Mol Ecol Resour*, 10: 564–567. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02847.x>
- Excoffier, L., P.E. Smouse, J.M. Quattro, 1992: Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction sites, *Genetics*, 131: 479–491. <https://doi.org/10.1093/genetics/131.2.479>
- Fick, S.E., R.J. Hijmans, 2017: WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas, *Int J Climatol*, 37: 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Franks, S.J., J.J. Weber, S.N. Aitken, 2014: Evolutionary and plastic responses to climate change in terrestrial plant populations, *Evol Appl*, 7: 123–139. <https://doi.org/10.1111/eva.12112>
- Galván-Hernández, D.M., P. Octavio-Aguilar, L. Lazcano-Cruz, A. Sánchez-González, 2020: Morphological and genetic differentiation in isolated populations of Mexican beech *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, *J For Res*, 32: 2169–2179. <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01247-y>
- Gąsecka, M., M. Mleczek, K. Drzewiecka, Z. Magdziak, I. Rissmann, T. Chadzinikolau, P. Golinski, 2012: Physiological and morphological changes in *Salix viminalis* L. as a result of plant exposure to copper, *J Environ Sci Health*, 47: 548–557. <https://doi.org/10.1080/10934529.2012.650557>
- Gimeno, T.E., B. Pías, J.P. Lemos-Filho, F. Valladares, 2009: Plasticity and stress tolerance override local adaptation in the responses of Mediterranean holm oak seedlings to drought and cold, *Tree Physiol*, 29: 87–98. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpn007>
- Goulart, M.F., M.B. Lovato, F. de Vesconcellos Barros, F. Valladares, J.P. Lemos-Filho, 2011: Which extent is plasticity to light involved in the ecotypic differentiation of a tree species from savanna and forest? *Biotropica*, 43 (6): 695–703. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00760.x>
- Haase, P., 1993: Genetic variation, gene flow, and the 'Founder effect' in pioneer populations of *Nothofagus menziesii* (Fagaceae), South Island, New Zealand, *J Biogeogr*, 20 (1): 79–85. <https://doi.org/10.2307/2845741>
- Hegi, G., 1981: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Pteridophyta, Spermatophyta, Paul Parey, Berlin.
- Herman, J., 1971: *Šumarska dendrologija*, Stanbiro, 470 pp., Zagreb.
- Hewitt, G.M., 1999: Post-glacial re-colonization of European biota, *Biol J Linn Soc*, 68: 87–112. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1999.tb01160.x>
- Howe, G.T., W.P. Hackett, G.R. Furnier, R.E. Klevorn, 1995: Photoperiodic responses of a northern and southern ecotype of black cottonwood, *Physiol Plant*, 93: 695–708. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1995.930417.x>

- Huntley, B., H.J.B. Birks, 1983: An Atlas of past and present pollen maps for Europe: 0–13 000 years ago, Cambridge University Press, 688 pp., Cambridge.
- Idžjotić, M., 2009: Dendrologija list, University of Zagreb, Faculty of Forestry, 903 pp., Zagreb.
- Karlović, K., D. Kremer, Z. Liber, Z. Šatović, I. Vršek, 2009: Intra- and interpopulation variability and taxonomic status of *Berberis croatica* Horvat, Plant Biosyst, 143 (1): 40–46. <https://doi.org/10.1080/11263500802633279>
- Kawecki, T.J., D. Ebert, 2004: Conceptual issues in local adaptation, Ecol Lett, 7: 1225–1241. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00684.x>
- Kimball, S., J.R. Gremer, T.E. Huxman, D.L. Venable, A.L. Angert, 2013: Phenotypic selection favors missing trait combinations in coexisting annual plants, Am Nat, 182 (2): 191–207. <https://doi.org/10.1086/671058>
- Koutecký, P., 2015: MorphoTools: A set of R functions for morphometric analysis, Plant Syst Evol, 301: 1115–1121. <https://doi.org/10.1007/s00606-014-1153-2>
- Kremer, A., O. Ronce, J.J. Robledo-Arnuncio, F. Guillaume, G. Bohrer, R. Nathan, J.R. Bridle, R. Gomulkiewicz, E.K. Klein, K. Ritland, A. Kuparinen, S. Gerber, S. Schueler, 2012: Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change, Ecol Lett, 15 (4): 378–392. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01746.x>
- Krüssmann, G., 1962: Handbuch der Laubgehölze, Paul Parey, 608 pp. Berlin.
- Lesica, P., F.W. Allendorf, 1995: When are peripheral populations valuable for conservation? Conserv Biol, 9 (4): 753–760. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.09040753.x>
- Lowe, A.J., M.F. Breed, H. Caron, N. Colpaert, C. Dick, B. Finegan, M. Gardner, G. Gheysen, R. Gribel, J.B.C. Harris, A. Kremer, M.R. Lemes, R. Margis, C.M. Navarro, F. Salgueiro, H.M. Villalobos-Barrantes, S. Cavers, 2018: Standardized genetic diversity-life history correlates for improved genetic resource management of Neotropical trees, Divers Distrib, 24: 730–741. <https://doi.org/10.1111/ddi.12716>
- Macaya-Sanz, D., M. Heuertz, U. López-de-Heredia, A.I. DeLucas, E. Hidalgo, C. Maestro, A. Prada, R. Alía, S.C. González-Martínez, 2012: The Atlantic–Mediterranean watershed, river basins and glacial history shape the genetic structure of Iberian poplars, Mol Ecol, 21: 3593–3609. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05619.x>
- Mallet, B., F. Martos, L. Blambert, T. Pailler, L. Humeau, 2014: Evidence for isolation-by-habitat among populations of an epiphytic orchid species on a small Oceanic island, PLoS ONE, 9 (2): e87469. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087469>
- Marcysiak, K., 2012: Variation of leaf shape of *Salix herbacea* in Europe, Plant Syst Evol, 298: 1597–1607. <https://doi.org/10.1007/s00606-012-0662-0>
- McGarigal, K., S. Cushman, S. Stafford, 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research, Springer, 283 str., New York.
- Meier, I.C., C. Leuschner, 2008: Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forests: competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability, Ecosystems, 11: 655–669. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9135-2>
- Míguez-Soto, B., J. Fernández-Cruz, J. Fernández-López, 2019: Mediterranean and Northern Iberian gene pools of wild *Castanea sativa* Mill. are two differentiated ecotypes originated under natural divergent selection, PLoS ONE, 14 (2): e0211315. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211315>
- Murray, B., M. Reid, S. Capon, S.B. Wu, 2019: Genetic analysis suggests extensive gene flow within and between catchments in a common and ecologically significant dryland river shrub species; *Duma florulenta* (Polygonaceae). Ecol Evol, 9 (13): 7613–7627. <https://doi.org/10.1002/ece3.5310>
- Nei, M., T. Maruyama, R. Chakraborty, 1975: The bottleneck effect and genetic variability in populations, Evolution, 29 (1): 1–10. <https://doi.org/10.2307/2407137>
- Nicotra, A.B., O.K. Atkin, S.P. Bonser, A.M. Davidson, E.J. Finnegan, U. Mathesius, P. Poot, M.D. Purugganan, C.L. Richards, F. Valladares, M. van Kleunen, 2010: Plant phenotypic plasticity in a changing climate, Trends Plant Sci, 15: 684–692.
- Nilsson, C., E. Andersson, D.M. Merritt, M.E. Johansson, 2002: Differences in riparian flora between riverbanks and river lake-shores explained by dispersal traits, Ecology, 83: 2878–2887. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2878:DIRFBR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2878:DIRFBR]2.0.CO;2)
- Nilsson, C., R.L. Brown, R. Jansson, D.M. Merritt, 2010: The role of hydrochory in structuring riparian and wetland vegetation, Biol Rev, 85: 837–858. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00129.x>
- Nosil, P., B.J. Crespi, 2004: Does gene flow constrain adaptive divergence or vice versa? A test using ecomorphology and sexual isolation in *Timema cristinae* walking-sticks, Evolution, 58: 102–112. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2004.tb01577.x>
- Nosil, P., S.P. Egan, D.J. Funk, 2008: Heterogeneous genomic differentiation between walking-stick ecotypes: 'isolation by adaptation' and multiple roles for divergent selection, Evolution, 62: 316–336. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00299.x>
- Nosil, P., T.H. Vines, D.J. Funk, 2005: Perspective: reproductive isolation caused by natural selection against immigrants from divergent habitats, Evolution, 59: 705–719. <https://doi.org/10.1554/04-428>
- O'Donnell, M.S., D.A. Ignizio, 2012: Bioclimatic predictors for supporting ecological applications in the conterminous United States, United States Geological Survey Data Series 691, 10 pp., Reston.
- Orsini, L., J. Vanoverbeke, I. Swillen, J. Mergeay, L. De Meester, 2013: Drivers of population genetic differentiation in the wild: isolation by dispersal limitation, isolation by adaptation and isolation by colonization, Mol Ecol, 22: 5983–5999. <https://doi.org/10.1111/mec.12561>
- Özden Keleş, S., 2021: Variation in morphological and wood cell traits in coppice stems of *Populus nigra* L. and *Salix alba* L., J For Sci, 67 (8): 396–407. <https://doi.org/10.17221/208/2020-JFS>
- Palmé, A.E., V. Semerikov, M. Lascoux, 2003: Absence of geographical structure of chloroplast DNA variation in willow, *Salix caprea* L., Heredity, 91: 465–474. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800307>
- Perica, D., D. Orešić, S. Trajbar, 2005: Geomorphologic features of the Krka valley and its river basin, with respect to the section from Knin to Bilušić Buk, Geoadria, 10 (2): 131–156. <https://doi.org/10.15291/geoadria.55>
- Petit, R.J., I. Aguinalalde, J-L. de Beaulieu, C. Bittkau, S. Brewer, R. Cheddadi, R. Ennos, S. Fineschi, D. Grivet, M. Lascoux, A. Mohanty, G. Müller-Starck, B. Demesure-Musch, A. Palmé, J.P. Martín, S. Rendell, G.G. Vendramin, 2003: Glacial refugia: Hot-



- spots but not melting pots of genetic diversity, *Science*, 300: 1563–1565. <https://doi.org/10.1126/science.1083264>
- Poljak, I., M. Idžojić, I. Šapić, P. Korijan, J. Vukelić, 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, *Šumar List*, 142: 19–31.
  - R Core Team, 2016: R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, <http://www.R-project.org/> (Accessed 25 October 2022).
  - Ramírez-Valiente, J.A., D. Sánchez-Gómez, I. Aranda, F. Valladares, 2010: Phenotypic plasticity and local adaptation in leaf ecophysiological traits of 13 contrasting cork oak populations under different water availabilities, *Tree Physiol*, 30: 618–627. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq013>
  - Rodríguez-González, P.M., C. García, A. Albuquerque, T. Monteiro-Henriques, C. Faria, J.B. Guimarães, D. Mendonça, F. Simões, M.T. Ferreira, A. Mendes, J. Matos, M.H. Almeida, 2019: A spatial stream-network approach assists in managing the remnant genetic diversity of riparian forests, *Sci Rep*, 9: 6741. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43132-7>
  - Rohlf, F.J., 2009: NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system, version 2.2., Applied Biostatistics Inc., 44 pp., New York.
  - Scheepens, J.F., J. Stöcklin, 2011: Glacial history and local adaptation explain differentiation in phenotypic traits in the Alpine grassland herb *Campanula barbata*, *Plant Ecol Divers*, 4 (4): 403–413, <https://doi.org/10.1080/17550874.2011.636077>
  - Schlichting, C.D., 1986: The evolution of phenotypic plasticity in plants, *Annu Rev Ecol Syst*, 17: 667–693. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.003315>
  - Schütt, P., 1997: *Salix elaeagnos*. In: A. Roloff, H. Weisgerber, U.M. Lang, B. Stimm, P. Schütt (Editors), *Enzyklopädie der Holzgewächse*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim.
  - Schütt, P., U.M. Lang, 2014: *Salix elaeagnos*. In: B. Stimm, A. Roloff, U.M. Lang, H. Weisgerber (Editors), *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim. <https://doi.org/10.1002/9783527678518.ehg1997044>
  - Silva, D.C.G., M.C.C.G. Carvalho, P.M. Ruas, C.F. Ruas, M.E. Medri, 2010: Evidence of ecotypic differentiation between populations of the tree species *Parapiptadenia rigida* due to flooding, *GMR*, 9 (2): 797–810. <https://doi.org/10.4238/vol9-2gmr736>
  - Sokal, R.R., F.J. Rohlf, 2012: *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*, 4th ed. W.H. Freeman and Co., 937 pp., New York.
  - Star, B., H.G. Spencer, 2013: Effects of genetic drift and gene flow on the selective maintenance of genetic variation, *Genetics*, 194 (1): 235–244. <https://doi.org/10.1534/genetics.113.149781>
  - Statistica (Data Analysis Software System), Version 13 (2018) TIBCO Software Inc., Palo Alto. <http://www.statsoft.com>.
  - Su, X., S. Wu, L. Lind, F. Cai, B. Zeng, 2022: The hydrochorous dispersal of plant propagules in a giant river reservoir: Implications for restoration of riparian vegetation, *J Appl Ecol*, 59: 2199–2208. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14226>
  - Tozer W.C., B. Rice, M. Westoby, 2015: Evolutionary divergence of leaf width and its correlates, *Am J Bot*, 102: 367–378. <https://doi.org/10.3732/ajb.1400379>
  - Tremblay, R.L., 2005: Morphological variance among populations of three tropical orchids with restricted gene flow, *Plant Species Biol*, 12 (2–3): 85–96. <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.1997.tb00160.x>
  - Tremblay, R.L., J.D. Ackerman, 2001: Gene flow and effective population size in *Lepanthes* (Orchidaceae): a case for genetic drift, *Biol J Linn Soc*, 72: 47–62. <https://doi.org/10.1006/bijl.2000.0485>
  - Tumpa, K., Z. Šatović, A. Vidaković, M. Idžojić, R. Stipetić, I. Poljak, 2022: Population variability of almond-leaved willow (*Salix triandra* L.) based on the leaf morphometry: Isolation by distance and environment explain phenotypic diversity, *Forests*, 13: 420. <https://doi.org/10.3390/f13030420>
  - Vaartaja, O., 1961: Demonstration of photoperiodic ecotypes in *Liriodendron* and *Quercus*, *Can J Bot*, 39: 649–654. <https://doi.org/10.1139/b61-052>
  - Wang, C.G., J.M. He, T.H. Zhao, Y. Cao, G.J. Wang, B. Sun, Y. Xuefei, G. Wei, L. Mai-Heet, 2019: The smaller the leaf is, the faster the leaf water loses in a temperate forest, *Front Plant Sci*, 10:58. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00058>.
  - Westoby, M., J.J. Wright, 2006: Land-plant ecology on the basis of traits, *TREE*, 21 (5): 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.02.004>
  - Willis, K.J., E. Rudner, P. Sümegi, 2000: The full-glacial forests of central and southern Europe, *Quat Res*, 53 (2): 203–213. <https://doi.org/10.1006/qres.1999.2119>
  - WinFolia™ (2001) version PRO 2005b. Regent Instruments Inc., Quebec City.
  - Woellner, R., C. Scheidegger, S. Fink, 2021: Gene flow in a highly dynamic habitat and a single founder event: Proof from a plant population on a relocated river site, *GECCO*, 28:E01686. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01686>
  - Wright, J.P., G.M. Ames, R.M. Mitchell, 2016: The more things change, the more they stay the same? When is trait variability important for stability of ecosystem function in a changing environment, *Phil Trans R Soc B*, 371: 20150272. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0272>
  - Wright, S., 1937: The distribution of gene frequencies in populations, *Proc Natl Acad Sci USA*, 23: 307–320.

## SAŽETAK

Fenotipska diferencijacija često je rezultat ekološke raznolikosti u vrsta sa širokom prirodnom rasprostranjenošću. Općenito gledano, morfološka varijabilnost populacija neke vrste rezultat je djelovanja osnovnih mikroevolucijskih procesa (prirodne selekcije, mutacije, genetičkog pomaka i protoka gena) te fenotipske plastičnosti. To se posebno odnosi na vrste obalnih staništa i vrste s laganim sjevakama koje lako raznose i voda i vjetar. Jedna takva vrsta je i sivkasta vrba (*Salix eleagnos* Scop.), koja raste i na vlažnim obalnim staništima i na sušnim, krškim područjima u srednjoj i južnoj Europi. Upravo zbog široke ekološke valencije, ova je vrsta izabrana kao modalna vrsta za određivanje potencijalnih morfotipova prilagođenih na različite stanišne uvjete. Osim toga, analiziran je i učinak okolišnih uvjeta na morfološke karakteristike listova, kao i struktura istraživanih populacija. Istraživanje je obuhvaćalo tri populacije sivkaste vrbe iz krških staništa i pet populacija s obalnih staništa. Uzorci lišća prikupljeni su s deset jedinki u svakoj populaciji, a analizirano je devet morfoloških svojstava listova. Fenotipska svojstva lista pokazala su jasnu bimodalnu distribuciju po populacijama, pri čemu su uzorci iz suhih, krških staništa imali manje listove od onih iz obalnih i vlažnih staništa. Osim toga, pokazalo se da uvjeti staništa snažno utječu na morfologiju, što potvrđuje značajan utjecaj obrasca izolacije uslijed ekoloških udaljenosti (IBE). Takvi rezultati također su potkrijepljeni i AM-OVA analizom, koja je 34,53 % ukupne varijabilnosti pripisala varijabilnosti jedinki između dvaju staništa (krško naspram obalnog). Nadalje, krške populacije pokazale su homogene i niske vrijednosti multivarijatnog indeksa raznolikosti (MDI), kao i manju varijabilnost između populacija u usporedbi s obalnim populacijama, što odražava fenotipsku prilagodljivost na jednolične uvjete okoliša. Nasuprot tome, obalne populacije pokazale su i visoku i nisku razinu raznolikosti, uz veću međupopulacijsku varijabilnost od one u krških populacija, što se može pripisati različitom podrijetlu populacija i uvjetima staništa. Naši rezultati jasno upućuju da je interakcija između biljke i staništa vrlo složen proces i da ove dvije, jasno odvojene skupine populacija sivkaste vrbe potencijalno mogu predstavljati dva različita ekotipa.

---

**KLJUČNE RIJEČI:** fenotipska plastičnost, adaptabilnost, ekotipska diferencijacija, izolacija uslijed ekoloških udaljenosti, morfometrija lista, fenotip, multivarijatni indeks raznolikosti

# UTJECAJ MATIČNOG SUPSTRATA NA ZNAČAJKE KALKOKAMBISOLA NA PODRUČJU NP PLITVIČKA JEZERA

## INFLUENCE OF THE PARENT MATERIAL ON CALCOCAMBISOL IN THE AREA OF THE PLITVICE LAKES NATIONAL PARK

Ivan PERKOVIĆ<sup>1\*</sup>, David POČEKAL<sup>2</sup>, Vibor ROJE<sup>1</sup>, Darko BAKŠIĆ<sup>1</sup>, Nikola PERNAR<sup>1</sup>

### SUMMARY

Kalkokambisol (smeđe tlo na vapnencima i dolomitima) jedno je od najzastupljenijih tipova tala u Hrvatskoj. Kako i sam naziv sugerira, razvijeno je na vapnencima i dolomitima koji uključuju niz prijelaznih formi stijena glede načina i intenziteta fizičkog i kemijskog trošenja. Na području Nacionalnog parka Plitvička jezera otvoreno je 30 pedoloških profila, 18 na vapnencima i 12 na dolomitima. Na terenu su bili određeni ektomorfološka i endomorfološka svojstva tla. Na prikupljenim uzorcima tla iz humusno-akumulativnog (A) i kambičnog (B) horizonta određeni su sljedeći parametri: granulometrijski sastav tla, reakcija tla odnosno pH-vrijednost u vodi i vodenoj otopini  $\text{CaCl}_2$ , udio karbonata te udio organskog i ukupnog dušika. Najveće razlike u ektomorfološkim parametrima između tala povrh vapnenaca i dolomita utvrđene su u stjenovitosti i kamenitosti – na vapnencima se ona kreće u rasponu od vrlo niske do vrlo visoke, dok je na dolomitima nema. Na profilima kalkokambisola povrh dolomita utvrđen je veći udio frakcija pijeska i manji udio gline od kalkokambisola povrh vapnenaca. Dominantna teksturna oznaka u B-horizontu koji je ujedno i dijagnostički horizont kalkokambisola povrh vapnenaca je praškasta glina, dok je kod kalkokambisola povrh dolomita praškasto glinasta ilovača. Prosječne pH-vrijednosti i udjeli  $\text{CaCO}_3$  u kalkokambisolima povrh vapnenaca bili su statistički značajno niže od kalkokambisola povrh dolomita duž cijelog profila. Nije utvrđena značajna razlika u udjelima  $C_{\text{org}}$  i  $N_{\text{tot}}$  između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita, pa tako nema ni velike razlike u omjeru C/N. Prosječni odnos C/N duž cijelog profila kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita iznosi 14, odnosno dekompozicija traje neometano. Ovim istraživanjem je utvrđeno da postoje značajne razlike u ektomorfološkim (stjenovitost i kamenitost) i endomorfološkim (granulometrijski sastav tla, pH-vrijednost tla i udio  $\text{CaCO}_3$ ) svojstvima kalkokambisola na različitim matičnim supstratima.

**KLJUČNE RIJEČI:** kalkokambisol, vapnenci, dolomiti, NP Plitvička jezera

### UVOD INTRODUCTION

Kalkokambisol (smeđe tlo na vapnencima i dolomitima) jedan je od najzastupljenijih tipova tala u Hrvatskoj. Dominantno je razvijen na području Dinarskog krša (Pilaš i

sur., 2016) i nedvojbeno je najzastupljenije tlo u šumskim ekosustavima (Pernar, 2017). Nastaje trošenjem karbonatnih stijena i rezidualnom akumulacijom netopivog ostatka. Evolucijski gledano, razvija se iz crnice povrh vapnenaca i rendzine povrh dolomita, a daljnjim povećanjem dubine i procesom ilimerizacije evoluira u pravcu luvisola koji se

<sup>1</sup> Izv. prof. dr. sc. Ivan Perkočić, izv. prof. dr. sc. Vibor Roje, prof. dr. sc. Darko Bakšić, prof. dr. sc. Nikola Pernar, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup> David Počekal, student-diplomant, Sveučilište u Zagrebu, Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb, Hrvatska

\*Dopisni autor: Ivan Perkočić, email: iperkovic@sumfak.hr

smatra najrazvijenijim tлом na karbonatnim sedimentima (Pernar, 2017; Spaargaren, 2008; Pilaš i sur., 2016).

Svojstva kalkokambisola određuje netopivi ostatak matičnog supstrata, koji je na kršu dijelom i alohtonog porijekla (lesoliki materijal) nanesen eolski (Yallon, 1997; Muhs i sur., 2012). Jedno od jako varijabilnih svojstava kalkokambisola je dubina profila i površinska stjenovitost. Okršenost dolomita znatno je manja od okršenosti vapnenaca, pa je i dubina profila ujednačenija (Husnjak, 2014). Tekstura tla je praškasto glinasta do glinasta (Martinović, 2003; Husnjak, 2014; Pernar, 2017), s izraženom stabilnom poliedričnom strukturom (Pernar, 2017), nepovoljne unutarnje poroznosti agregata koji slabo upijaju vodu (Čirić, 1984) i povoljnim vodno-zračnim odnosom (Gonzales-Pelayo i sur. 2006). Ovo tlo je u pravilu nekarbonatno, s pH-vrijednošću od 5,5 do 7. Ima visok stupanj kapaciteta zamjene bazičnih kationa > 50 % (Martinović, 2003; Pernar 2017) i varijabilni udio organske tvari (Durn i sur., 2019).

Proces nastanka tla počinje fizičkim i kemijskim trošenjem matične stijene, a odvija se kao niz interaktivnih procesa koji zajedno čine pedogenezu. Tla koja su razvijena na različitim matičnim supstratima imaju karakteristične razlike u fizičkim značajkama kao posljedicu različitog trošenja matičnog supstrata. Kemijski i mineraloški sastav matičnog supstrata uvjetuje količinu trošine koju supstrat može producirati te njegovu početnu propusnost za vodu, što određuje brzinu razvoja tla, odnosno vrijeme potrebno za dostizanje stadija klimaksa (Škorić 1986). Za razliku od tvrdih i čistih vapnenaca koji se dominantno troše kemijski, većina dolomita troši se fizički, pri čemu nastaje dolomitni grus dimenzija pijeska i sitnog šljunka. Na vapnencima kalkokambisol se razvija iz razvojne serije: crnica organogena – crnica organomineralna – crnica posmeđena, dok se povrh dolomita kalkokambisol razvija iz rendzina (Vrbek, 2009). Trošivost ovih stijena, njihova vodopropusnost, predispozicija eroziji i važna uloga u hidrološkom ciklusu snažno se odražavaju na pedogenetske procese i značajke tla, a razumijevanje pedogenetskih procesa dobilo je na važnosti, posebice posljednjih desetljeća, kako zbog globalno prepoznate opasnosti od degradacije tla (Amundson i sur., 2015.; Hou i sur., 2020.), tako i zbog prepoznatosti njegove ekološko-regulacijske uloge povezane s globalnim ciklusom ugljika (Sanderman i sur., 2017).

Kako i sam naziv sugerira kalkokambisol (smeđe tlo na vapnencima i dolomitima) razvijen je na vapnencima i dolomitima, koji pak uključuju niz prijelaznih formi stijena u pogledu načina i intenziteta fizičkog i kemijskog trošenja. Cilj rada je utvrditi postoje li razlike između fizičkih i kemijskih svojstava kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita na odabranim reprezentativnim profilima prikupljenim u sklopu projekta "Izrada pedološke karte Nacionalnog parka Plitvička jezera". Hipoteza postavljena u ovom radu

je da se različitim načinom trošenja vapnenaca i dolomita manifestiraju i različiti utjecaji na ekto- i endomorfološka te na fizička i kemijska svojstva kalkokambisola.

## MATERIJALI I METODE MATERIAL AND METHODS

### Područje istraživanja – *Study site*

Plitvička jezera najstariji su i najveći nacionalni park Republike Hrvatske, proglašen nacionalnim parkom 1949. godine, te su od 1979. ušla na UNESCO-vu Listu svjetske baštine (Prpić i Kosić, 2019). Ukupna površina parka je 29.630 hektara, od čega vodene površine zauzimaju oko 1 % od ukupne površine. Ostatak Parka čine dominantno šumska područja (81 %), travnjačke površine (oko 15 %) te oko 3 % površine značajnije izmijenjene antropogenim djelovanjem (Plan upravljanja NP Plitvička jezera 2019.-2028.). Nadmorska visina kreće se između 384 m.n.v. i 1279 (Seliški vrh) m.n.v. (Vukelić i dr., 2023). Park se većinom nalazi na jugoistočnom dijelu Male Kapele i na prijelaznom području prema Plješevici.

Prema Köppenovoj klasifikaciji, područje NP Plitvička jezera ima umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom (Cfbwx) bez sušnog razdoblja, a prema rasponu nadmorskih visina NP Plitvička jezera ima dva od pet klimatskih razreda. Prevladava razred C – umjereno tople kišne klime, a na manjoj je površini prisutan razred D i tip Df koji označava snježno-šumsku, borealno-vlažnu klimu na visinama iznad 1200 m (Šegota i Filipčić 2003). Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 9,2 °C, a u vegetacijskom razdoblju (IV. do IX. mjesec) 14,9 °C. Prosječna godišnja količina oborina iznosila je 1539 mm, a za vegetacijsko razdoblje 742,9 mm, s najmanjom količinom u mjesecu srpnju (Vukelić i dr., 2023).

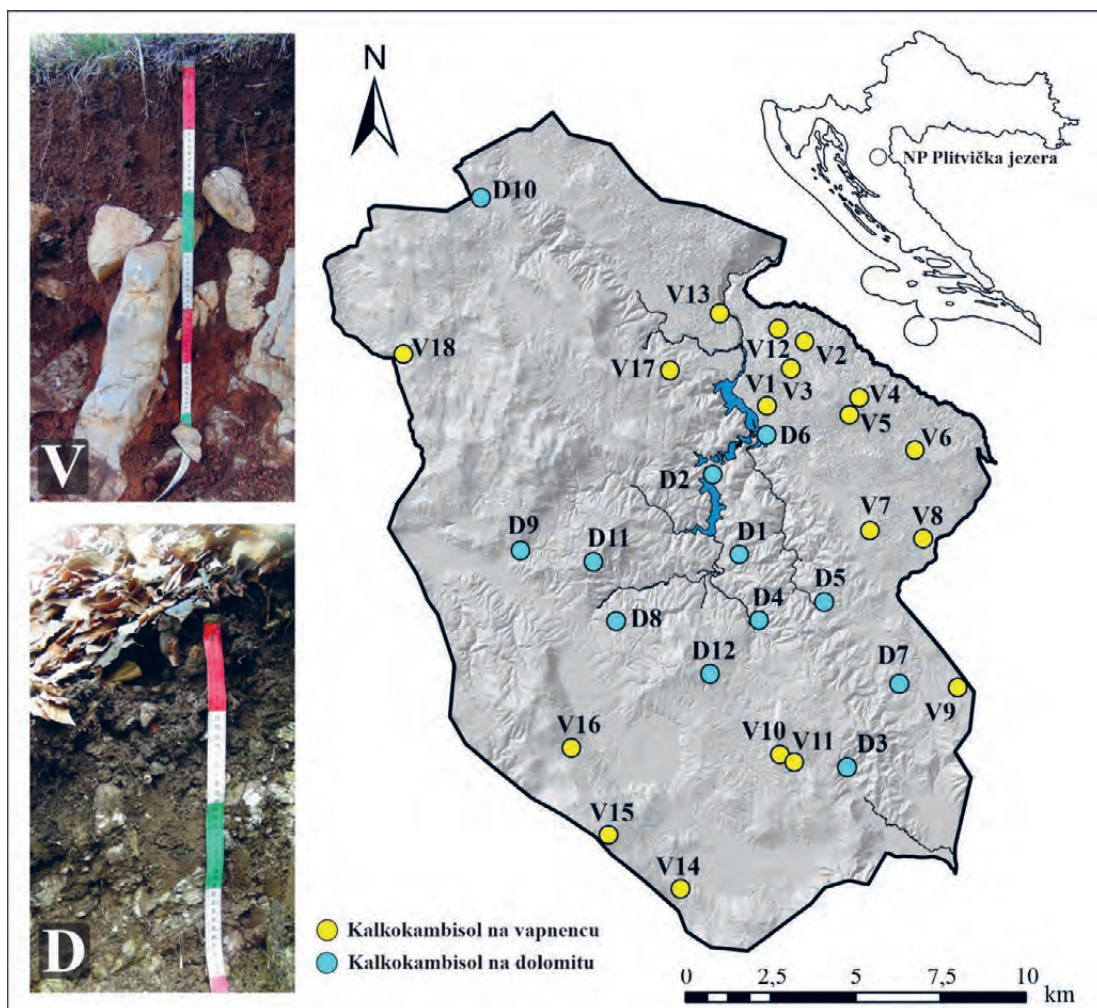
Geološka podloga unutar granica NP Plitvička jezera, a i šireg okruženja dio je prostrane karbonatne sredine s naslagama mezozojske starosti na neposrednoj površini (Polšak i sur., 1976, 1978; Vukelić i dr., 2023). Osnovne vrste stijena koje možemo razlikovati su vapnenačke i dolomitne stijene te niz njihovih prijelaznih formi. Oblikovanju i izgledu reljefa u ovom dijelu Hrvatske možemo zahvaliti nizu zbivanja u geološkoj prošlosti koji su se događali na prostoru Dinarida pri stvaranju planinskih masiva (kako Velebita, tako i Velike i Male Kapele te Ličke Plješevice). Pri tom izdizanju i kretanju stijena stvorila su se područja jače i slabije razlomljenosti, odnosno slabije i jače vodopropusnosti. Voda je kroz dugi niz godina oblikovala reljef kemijskim i mehaničkim razaranjem karbonatnih stijena. Odnos slabije propusnih ili vododrživih dolomita prema okršenim i vodopropusnim vapnencima rezultirao je današnjim konačnim izgledom čitavog prostora unutar granica Parka, a tako i izvan tih granica (Krnjak, 2019).

U NP Plitvička jezera nalaze se raznolike šumske zajednice sa sveukupnim 80 %-tnim udjelom u površini Parka. Najzastupljenije vrste drveća su obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) i obična jela (*Abies alba* Mill.). Od ostalih vrsta dolaze: gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), javor mliječ (*Acer platanoides* L.), javor gluhač (*Acer obtusatum* Waldst. and Kit. ex Willd.), hrast kitnjak (*Quercus petraea* (Matt) Liebl.), gorski brijest (*Ulmus montana* Stokes), te od crnogorice obična smreka (*Picea abies* (L.) Karsten) i obični bor (*Pinus sylvestris* L.). Dominantne šumske zajednice su: brdska šuma bukve s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum* /Horvat 1938/ Borhidi 1963) i bukovo-jelove šume s mišjim uhom zapadnih Dinarida (*Omphalodo-Fagetum* /Tregubov 1957 corr. Puncer 1980/ Marinček et al. 1993), dok se na dolomitnom matičnom supstratu pojavljuje i bukova šuma s kukurijekom (*Helleboro nigri-Fagetum* /Zukrigl 1973/ Pelcer 1978 nom. illeg.). Sve tri navedene zajednice pripadaju svezi *Armonio-Fagion* te podsvezi *Lamio orvale-Fagenion* (Ilirske montanske bukove i bukovo-jelove šume) (Vukelić, 2012).

### Prikupljanje uzora tla – Soil sampling

Terenska istraživanja provedena su tijekom 2021., 2022. i 2023. godine u okviru projekta "Izrada pedološke karte nacionalnog parka Plitvička jezera". Na izabranim profilima na terenu određeni su ektomorfološki parametri tla – određene su koordinate otvorenog pedološkog profila, nadmorska visina, ekspozicija, inklinacija, utvrđena je biljna zajednica, kao i stjenovitost i kamenitost prema FAO (2006) (tablica 1). Na profilima su po horizontima uzeti uzorci tla te je određena skeletnost u skladu s FAO (2006), kao i debljina pojedinih horizonata i ukupna dubina cijelog profila (endomorfološki parametri tla).

Ukupno je izdvojeno 18 profila kalkokambisola povrh vapnenaca te 12 profila povrh dolomita (slika 1, tablica 1). Nakon prikupljanja uzoraka tla, uzorci su dopremljeni u Ekološko-pedološki laboratorij u Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.



**Slika 1.** Lokaliziteti otvorenih pedoloških profila u NP Plitvička jezera  
V – kalkokambisol na vapnencu; D – kalkokambisol na dolomitu

**Figure 1.** Localities of open pedological profiles in Plitvice Lakes National Park  
V – calcocambisol on limestone; D – calcocambisol on dolomite

**Tablica 1.** Osnovne značajke lokaliteta na istraživanom području  
Table 1. Basic features of the locality in the study site

Oznaka profila Soil profile	Taksonomski naziv tla Type of soil	Koordinate HTRS96 Coordinates HTRS96		N. V. A.S.L. [m]	Ekspozicija Exposition	Inklamacija Inclination [°]
		N [m]	E [m]			
<b>kalkokambisoli na vapnencu – calcocambisol on limestone</b>						
V1	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4974129	431554	620	22	10
V2	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4973339	431147	775	217	15
V3	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4972244	430443	585	116	15
V4	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4972488	433165	805	5	25
V5	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4971986	432867	765	192	9
V6	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4970948	434807	770	55	12
V7	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4968594	433477	760	155	9
V8	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4968348	435045	653	245	4
V9	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4964118	436302	762	32	10
V10	tipično do ilimerizirano, duboko tlo / typical and illimerized, deep soil	4962023	430827	922	293	4
V11	tipično do ilimerizirano, duboko tlo / typical and illimerized, deep soil	4961795	431253	845	81	19
V12	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4974516	430775	600	40	8
V13	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4974965	429053	585	35	7
V14	tipično, duboko tlo / typical, deep soil	4958094	427898	815	120	23
V15	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4959663	425782	1100	56	14
V16	tipično, plitko tlo / typical, shallow soil	4962220	424697	960	80	21
V17	plitko, skeletno tlo / shallow, skeletal soil	4973296	427595	713	46	13
V18	srednje duboko, skeletno tlo / moderately deep, skeletal soil	4973614	419467	868	290	25
<b>kalkokambisol na dolomitu – calcocambisol on dolomite</b>						
D 1	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4967893	429642	695	250	34
D 2	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4970238	428856	650	255	20
D 3	tipično, duboko, antropogenizirano tlo / typical, deep, anthropogenic soil	4961651	432805	715	135	3
D 4	tipično, srednje duboko, antropogenizirano tlo / typical, moderately deep, anthropogenic soil	4965961	430221	690	177	34
D 5	tipično, duboko tlo / typical, deep soil	4966493	432130	783	312	4
D 6	tipično, srednje duboko, antropogenizirano tlo / typical, moderately deep, anthropogenic soil	4971394	430433	495	220	4
D 7	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4964108	434333	750	126	1
D 8	tipično, srednje duboko, antropogenizirano tlo / typical, moderately deep, anthropogenic soil	4965935	426009	794	–	–
D 9	tipično, srednje duboko, antropogenizirano tlo / typical, moderately deep, anthropogenic soil	4968004	423201	777	–	–
D 10	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4978432	421920	867	10	3
D 11	tipično, srednje duboko tlo / typical, moderately deep soil	4967678	425346	886	10	10
D 12	plitko, skeletno tlo / shallow, skeletal soil	4964395	428782	982	302	11

### Labaratorijske analize – Laboratory analysis

Uzorcji tla su sušeni na zraku pri sobnoj temperaturi pri čemu je izdvojen sitni skelet i organska tvar (grančice, listovi i sl.). Zatim su uzorcji tla drobljeni u tarioniku i prosijani kroz sito gustoće pletiva 2 mm × 2 mm i 0,2 mm × 0,2 mm u skladu s normom ISO 11464 (1994) i Pernar i dr. (2013). Nakon usitnjavanja i prosijavanja, na uzorcima tla iz humusno-akumulativnog (A) i kambičnog (B) horizonta određeni su sljedeći parametri:

- granulometrijski sastav tla (tekstura tla) u skladu s normom ISO 12277, 1998;
- reakcije tla odnosno pH-vrijednosti u vodi i otopini CaCl<sub>2</sub> u skladu s ISO 10390, 1994;
- na uzorcima gdje je utvrđena pH-vrijednost u CaCl<sub>2</sub> veća od 5,5 određen je i udjel karbonata u tlu u skladu s ISO 10693, 1995;
- udjel ukupnog ugljika (ISO 110694, 1995) i ukupnog dušika (ISO 13878, 1998) metodom suhog spaljivanja u uređaju u Flash 2000<sup>®</sup> Combustion NC Soil Analyzer (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA).

Udio organskog ugljika (C<sub>org</sub>) izračunat je tako da je od udjela ukupnog ugljika (C<sub>uk</sub>) koji je određen metodom suhog spaljivanja oduzet udjel mineralnog ugljika (C<sub>min</sub>), koji je izračunat na osnovi udjela karbonata.

### Statistička obrada podataka – Statistical data analysis

Za sve analizirane varijable napravljena je detaljna deskriptivna statistika (N, aritmetička sredina, standardna devija-

cija te minimalne i maksimalne vrijednosti), po vrsti matičnog supstrata (vapnenac i dolomit). Razlike između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita testirane su t-testom i neparametrijskim Mann-Whitniyevim U testom. Rezultati su se smatrali statistički značajni s granicom pouzdanosti p < 0,05 (Sokkal i Rohlf 1995). Statističke analize su napravljene pomoću programa Statistica 14.0 (TIBCO Software Inc. 2020).

## REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

Prema podacima iz tablice 2 vidljivo je da su na odabranim lokalitetima dominantne tri zajednice: (i) *Lamio orvalae-Fagetum* (slika 2a) koja se nalazi na 13 od 18 lokaliteta uzorkovanih na vapnencima i samo na jednom lokalitetu uzorkovanom na dolomitu, (ii) druga zajednica je *Helleboro nigri-Fagetum* (slika 2c) koja dolazi na jednom lokalitetu uzorkovanom na vapnencu te 4 lokaliteta uzorkovanih na dolomitu, (iii) treća zajednica je *Omphalodo-Fagetum* (slika 2b) na 3 lokaliteta na vapnencu i 3 lokaliteta na dolomitu. Vidljivo je iz prethodno navedenog da je zajednica *Lamio orvalae-Fagetum* dominantna na vapnencu, dok se zajednica *Helleboro nigri-Fagetum* uglavnom pojavljuje na dolomitu, a *Omphalodo-Fagetum* se podjednako pojavljuje na dolomitu i vapnencu. Osim otvorenih profila u šumskim zajednicama, na području vapnenaca otvoren je jedan pedološki profil na travnjaku – pašnjaku, dok su na području



**Slika 2.** a – zajednica brdske bukove šume s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum*); b – zajednica bukovo-jelove šume s mišjim uhom zapadnih Dinarida (*Omphalodo-Fagetum*); c – zajednica bukove šume s kukurijekom (*Helleboro nigri-Fagetum*)

**Figure 2.** a – beech forest with dead nettle (*Lamio orvalae-Fagetum*); b – Dinaric beech-fir forest (*Omphalodo-Fagetum*); c – common beech and black hellebore forest (*Helleboro nigri-Fagetum*)

**Tablica 2.** Ektomorfološke značajke tla**Table 2.** Ectomorphological soil properties

Oznaka profila Soil profile	Biljna zajednica Plant community	Stjenovitost Rockiness	Kamenitost Stoniness
		[ploš. %]	
<b>Matični supstrat vapnenac – Parent material limestone</b>			
V1	Lamio orvalae-Fagetum typicum	10-30-50	0-3
V2	Lamio orvalae-Fagetum typicum	10-20	0-3
V3	Lamio orvalae-Fagetum typicum	0-2	0
V4	Lamio orvalae-Fagetum typicum	10	0-5
V5	Lamio orvalae-Fagetum typicum	5-70	0
V6	Lamio orvalae-Fagetum typicum	5-15	0-2
V7	Lamio orvalae-Fagetum caricetosum pilosae	0-2	0-2
V8	Lamio orvalae-Fagetum typicum	20-90	3-10
V9	Omphalodo-Fagetum aceretosum pseudoplatani	0-5	0-5
V10	Lamio orvalae-Fagetum typicum	10-40	0
V11	Lamio orvalae-Fagetum typicum	0-20	0
V12	Lamio orvalae-Fagetum typicum	3-50	0-1
V13	Omphalodo-Fagetum caricetosum pilosae	5-15	0
V14	Travnjak (pašnjak) – Grassland (pasture)	3-5	0
V15	Lamio orvalae-Fagetum typicum	3-10	0
V16	Lamio orvalae-Fagetum typicum	0-3	0
V17	Helleboro nigri-Fagetum typicum	0-5	0-5
V18	Omphalodo-Fagetum aceretosum pseudoplatani	35-45	8-10
<b>Matični supstrat dolomit – Parent material dolomite</b>			
D1	Helleboro nigri-Fagetum typicum	0	0
D2	Helleboro nigri-Fagetum typicum	0	0
D3	Travnjak – Grassland	0	0
D4	Helleboro nigri-Fagetum abietetosum albae	0	0
D5	Helleboro nigri-Fagetum typicum	0	0
D6	Travnjak – Grassland	0	0
D7	Omphalodo-Fagetum caricetosum albae	0	0
D8	Travnjak – Grassland	0	0
D9	Travnjak – Grassland	0	0
D10	Šumska čistina – Forest clearing	0	0
D11	<i>Omphalodo-Fagetum caricetosum albae</i> var. <i>Abies alba</i>	0	0
D12	Lamio orvalae-Fagetum typicum	0	0

dolomita otvorena tri profila na travnjaku – košanici (tablica 2).

Najveće razlike u ektomorfološkim parametrima između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita utvrđene su u stjenovitosti i kamenitosti zemljišta. Dok na dolomitima nije utvrđena stjenovitost i kamenitost zemljišta, na vapnencima se stjenovitost prema FAO (2006) kreće u rasponu o vrlo niske (0 do 2 %) do vrlo visoke (40 do 80 %). Kamenitosti nema na lokacijama osam otvorenih pedoloških profila, a osrednja je na oko dva pedološka profila (tablica 2). Okršenos dolomita znatno je manja od okršenosti vapnenaca, pa je i dubina soluma ujednačenija odnosno kamenitosti i stjenovitosti u pravilu nema. Razlog ovakvih rezultata leži u načinu trošenja stijene. Za razliku od tvrdih i čistih vapnenaca koji se samo kemijski troše, dolomitne stijene pokazuju intenzivno mehaničko raspadanje i tvorbu obilja dolomitnog pijeska i sitnog šljunka. Do sličnih rezul-

tata dolaze i Vukelić i dr. (2023) na području NP Risnjak gdje nije utvrđena stjenovitost i kamenitost na kalkokambisolima na dolomitima, a na kalkokambisolima povrh vapnenaca stjenovitost je iznosila od 0 do 70 %, a kamenitost od 5 do 20 %. Velike oscilacije u stjenovitost povrh vapnenaca ovise o teksturi stijene (posebice slojevitosti) i položaju slojeva. Kalkokambisole na gromadastim vapnencima odlikuje stjenovitost i preko 80 %, dok na pločastim vapnencima stjenovitost može i izostati. Za kalkokambisole, u području rasprostranjenosti u RH, Martinović (2003) navodi da im je stjenovitost značajna (30 do 50 %), što se u ovom radu podudara samo za kalkokambisole povrh vapnenaca.

Skeletnost je, slično kao stjenovitost i kamenitost, veća u kalkokambisolima povrh vapnenaca. Prosječna skeletnost kalkokambisola povrh vapnenaca u A-horizontu iznosi 4,92 % s velikom standardnom devijacijom (SD = 12,2), zbog čega nije statistički značajno veća od kalkokambisola povrh



dolomita, gdje je skeletnost 0,5 % (tablica 3). Statistički značajno veće razlike utvrđene su u B-horizontu ( $p = 0,0028$ ), gdje skeletnost na kalkokambisolima povrh vapnenaca iznosi 24,69 % (visoka skeletnost, FAO 2006) u odnosu na kalkokambisole povrh dolomita, gdje je skeletnost 4,58 % (niska skeletnost, FAO 2006) (tablica 3).

Prosječna debljina A-horizonta povrh vapnenaca je 8,9 cm s rasponima debljina od 2 do 17,5 cm, dok se prosječna debljina A-horizonta povrh dolomita statistički značajno razlikuje ( $p = 0,0033$ ) i iznosi 15,3 cm s rasponima debljina od 9 do 25 cm (tablica 3). Ovi podaci se slažu s podacima Martinović (2003) koji je utvrdio debljine A-horizonta kalkokambisola povrh vapnenaca od 7,2 do 13 cm, a u kalkokambisolima povrh dolomita od 10,5 do 16,6 cm u bioklimatu šume bukve i jele u kojim su dominantno i otvoreni profili u sklopu ovog istraživanja, te navodi da imaju manju debljinu A-horizonta u odnosu na toplije bioklimate. Pernar (2017) navodi da debljina humusno-akumulativnog horizonta kalkokambisola obično opada s većom dubinom profila, tako da se kod plićih kalkokambisola radi o moličnoj formi, a kod dubljih o ohričnoj. Razlike u debljini humusnog-akumulativnog horizonta između kalkokambisola povrh dolomita i vapnenaca uvjetovano je dominantnim biljnim zajednicama koje se pojavljuju na različitim matičnim supstratima. Na kalkokambisolima povrh vapnenaca dominantna biljna zajednica je brdska bukova šuma s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum*), gdje je prosječna debljina 9,1 cm s rasponima debljina od 3 do 15 cm, dok su na kalkokambisolima povrh dolomita najzastupljenije zajednice travnjaka i zajednica bukove šume s kukurijekom (*Helleboro nigri-Fagetum*) gdje je prosječna debljina 13,5 cm s rasponima debljina od 9 do 20 cm. U B-horizontu nema statistički značajnih razlika u debljini horizonta između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita. Prosječna debljina B-horizonta kalkokambisola povrh vapnenaca iznosi 27,6 cm (raspon debljina B-horizonta od 12 do 57 cm) i znatno je veća od kalkokambisola povrh dolomita – 27 cm (raspon debljina B-horizonta od 10 do 40 cm). Prosječna dubina profila kalkokambisola povrh vapnenaca (do čvrste stijene) iznosi 36,5 cm, dok je prosječna dubina povrh dolomita (do detritusa stijene) 42,3 cm (tablica 3). Dominantni varijetet kalkokambisola povrh vapnenaca prema dubini soluma je plitki (< 35 cm, 56 % otvorenih profila), zatim slijede srednje duboki varijetet (35 do 50 cm; 28 % profila) i duboki (> 50 cm, 16 % profila). Na kalkokambisolima povrh dolomita dominantni varijetet je srednje duboki (50 % profila), a zatim slijede plitki i duboki s 25 % otvorenih pedoloških profila. Martinović (2003) navodi da su u Hrvatskoj najzastupljeniji varijeteti plitkog kambisola (25 do 30 cm), što se podudara s podacima iz ovoga rada za kalkokambisole povrh vapnenaca na području NP Plitvička jezera. Kalkokambisoli povrh dolomita imaju prosječno veću dubinu od kalkokambisola povrh vapnenaca. Razlog ma-

njih dubina kalkokambisola povrh vapnenaca je način trošenja stijena. Vapnenac se troši otapanjem koje se sporo odvija – za akumulaciju 1 cm tla iz vapnenca s 1-2 % netopljivog ostatka u humidnoj klimi potrebno je 800 do 10000 godina (Pernar, 2017).

Dominantna teksturna oznaka kalkokambisola povrh vapnenaca je praškasta glina, dok je kod kalkokambisola povrh dolomita praškasto glinasta ilovača. Mnoge studije navode da je glinovita frakcija dominantna u kalkokambisolima (Škorić et al. 1987; Pernar 2017; Martinović 2003; Miloš i Maleš 1998; Miloš i Bensa 2014), dok su ostale frakcije (pijesak dominantno) varijabilne ovisno o pedogenetskim čimbenicima, a posebice o matičnom supstratu i reljefu. Udjeli krupnog i sitnog pijeska u A- i B-horizontima kalkokambisola povrh vapnenaca su manji od 1 %, dok se udjeli krupnog i sitnog pijeska u kalkokambisolima povrh dolomita kreću oko 7 %, uz statistički značajne razlike (tablica 3). Udjeli praha (krupnog i sitnog) nisu pokazali statistički značajne razlike između kalkokambisola povrh vapnenaca i dolomita. Najveće statistički značajne razlike u granulometrijskom sastavu tla pokazali su udjeli frakcije gline. Udio gline u A-horizontu kalkokambisola povrh vapnenaca iznosi 48,6 % i statistički se značajno razlikuje od udjela gline u kalkokambisolu povrh dolomita gdje je 34,5 % ( $p = 0,0025$ ). U B-horizontu razlike između udjela gline su manje, bez statistički značajne razlike (povrh vapnenaca udjel gline je 44,0 %, a povrh dolomita 35,8 %) (tablica 3). Ovi podaci su donekle u skladu s rezultatima istraživanja Martinovića (2003) koji je utvrdio da su u A-horizontu podjednaki granulometrijski sastavi (glinasta ilovača) između kalkokambisola na vapnencu i kalkokambisola na dolomitu u različitim bioklimatskim područjima Republike Hrvatske.

U A-horizontu kalkokambisola povrh vapnenaca pH-vrijednost u vodi iznosi  $5,54 \pm 0,53$  (slabo kisela reakcija) i statistički je značajno manja ( $p = 0,0003$ ) od one utvrđene u kalkokambisolu povrh dolomita gdje iznosi  $6,63 \pm 0,83$  (vrlo slabo kisela reakcija). pH-vrijednosti u otopini  $\text{CaCl}_2$  također su statistički značajno niže ( $p = 0,0003$ ) u kalkokambisolima povrh vapnenaca ( $4,78 \pm 0,56$ ) u odnosu na kalkokambisole povrh dolomita ( $5,95 \pm 0,95$ ). U B-horizontu kalkokambisola povrh vapnenaca pH-vrijednost u vodi iznosi  $6,37 \pm 0,76$  i također je statistički značajno niža ( $p = 0,0118$ ) od kalkokambisola povrh dolomita gdje iznosi  $7,09 \pm 0,59$ . Također su utvrđene nešto više pH-vrijednosti u otopini  $\text{CaCl}_2$  na kalkokambisolima povrh dolomita u odnosu na kalkokambisole povrh vapnenaca, ali bez statistički značajne razlike (tablica 4). Ovi rezultati u skladu su s podacima koje donosi Pernar (2017), a koji navodi da su to nekarbonatna tla, što je u skladu s teorijom razvoja ovog tipa tla, koja su nastala kao rezultat dekarbonatizacije karbonatnog matičnog materijala i akumulacije netopljivog ostatka. Karbonati su prisutni u vidu karbonatne opne na kontaktu s čvrstim vapnencem, u C-horizontu iznad dolo-

**Tablica 3.** Deskriptivna statistika (aritmetička sredina i standardna devijacija), t-test i Mann-Whitney U test za istraživane endomorfološke parametre i granulometrijski sastav tla  
 Table 3. Descriptive statistics (arithmetic mean and standard deviation), t-test and Mann-Whitney U test for the investigated ectomorphological soil properties and particle size distribution

A horizon / A horizon									
Varijable Variable	Vapnenac Limestone	Dolomit Dolomite	t-value	Df	p	Rank Sum	U	Z	p-value
Debljina (cm) / Thickness (cm)	8,94 ± 4,51	15,33 ± 4,98	-3,6458	28	0,0011	209,0	38,0	-2,9422	0,0033*
Skeletnost (%) – soil skeleton (%)	4,92 ± 12,20	0,50 ± 1,45	1,2410	28	0,2249	317,5	69,5	1,6087	0,1077
KP (2-0,2 mm)	0,22 ± 0,22	2,70 ± 4,51	-2,3445	28	0,0264	197,0	26,0	-3,4502	0,0006*
SP (0,2-0,063 mm)	0,45 ± 0,27	4,97 ± 5,56	-3,4734	28	0,0017	197,0	26,0	-3,4502	0,0006*
KPr (0,063-0,020 mm)	13,86 ± 5,57	15,21 ± 4,08	-0,7024	28	0,4883	264,0	93,0	-0,6138	0,5393
SPr (0,020-0,002 mm)	36,87 ± 8,06	42,68 ± 11,09	-1,6637	28	0,1073	237,0	66,0	-1,7568	0,0789
G (<0,002 mm)	48,60 ± 11,22	34,45 ± 9,25	3,6215	28	0,0011	351,0	36,0	3,0268	0,0025*
B horizon / B horizon									
Varijable Variable	Vapnenac Limestone	Dolomit Dolomite	t-value	Df	p	Rank Sum	U	Z	p-value
Debljina (cm) / Thickness (cm)	27,58 ± 13,64	27 ± 10,7	0,1245	28	0,9018	261,0	90,0	-0,7408	0,4588
Skeletnost (%) – soil skeleton (%)	24,69 ± 23,38	4,58 ± 6,56	2,8890	28	0,0074	350,0	37,0	2,9845	0,0028*
KP (2-0,2 mm)	0,31 ± 0,52	2,05 ± 2,59	-2,7935	28	0,0093	195,0	24,0	-3,5348	0,0004*
SP (0,2-0,063 mm)	0,97 ± 1,54	4,88 ± 4,33	-3,5339	28	0,0014	205,0	34,0	-3,1115	0,0019*
KPr (0,063-0,020 mm)	14,38 ± 7,26	17,66 ± 10,37	-1,0199	28	0,3165	263,0	92,0	-0,6562	0,5117
SPr (0,020-0,002 mm)	40,33 ± 10,47	39,65 ± 10,12	0,1749	28	0,8624	284,0	103,0	0,1905	0,8489
G (<0,002 mm)	44,02 ± 17,19	35,76 ± 14,95	1,3557	28	0,1860	310,0	77,0	1,2912	0,1966

KP – krupni pijesak; SP – sitni pijesak; KPr – krupni prah; SPr – sitni prah; G – glinae; \* – statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ )  
 KP – coarse sand; SP – fine sand; KPr – coarse silt; SPr – fine silt; G – clay; \* – statistically significant differences ( $p < 0,05$ )

mita, a na strmijim dolomitnim padinama u čitavom profilu zbog sitnog skeleta (koji je nerijetko povezan s vjetroizvalama). Rezultati su sukladni s podacima na području NP Risnjak, gdje je u B-horizontu pH-vrijednost bila pronađena u rasponu od 5,5 do 7,2 (izuzev ekstremnih slučajeva) (Vukelić i dr. 2023). Martinović (2003) navodi da kalkokambisoli površ dolomita u odnosu na druge taksonomske jedinice kalkokambisola imaju vrlo slabo alkalnu reakciju. Na povišene pH-vrijednosti u površinskom dijelu kalkokambisola mogu utjecati i vjetrom nanesene fine čestice  $\text{CaCO}_3$  koje povećavaju pH-vrijednost (Baltensweiler i sur. 2017; 2020). Iako je za tipični kalkokambisol “in situ” karakteristična odsutnost karbonata u profilu tla (Pernar 2017; Škorić i sur. 1987; Miloš i Maleš 1998), za pojedine kalkokambisole svojstvena je karbonatnost kao posljedica kolvijalnih procesa i nanosa karbonatnog skeleta (Vrbek i Pilaš, 2007; Bogunović i sur., 2009).

U A-horizontu na kalkokambisolima površ vapnenaca od ukupno 18 profila udio karbonata utvrđen je na 2 profila (11 %), a na kalkokambisolima površ dolomita od ukupno 12 profila udjel karbonata utvrđen je na 10 profila (83 %). S porastom dubine raste i udio karbonata (tablica 4), tako da je u B-horizontu na kalkokambisolima površ vapnenaca od ukupno 18, udio karbonata utvrđen je na 8 profila (44 %), a na kalkokambisolima površ dolomita od ukupno 12 udio karbonata utvrđen je na 11 profila (92 %). Udio karbonata u oba horizonta kalkokambisola površ vapnenca je značajno manji od kalkokambisola površ dolomita sa statistički značajnim razlikama (u A-horizontu  $p = 0,0007$ ; u B-horizontu  $p = 0,0116$ ). U A-horizontu u kalkokambisolima površ vapnenca udio karbonata iznosi  $0,13 \pm 0,39 \text{ g kg}^{-1}$ , dok je kod kalkokambisola površ dolomita  $76,9 \pm 162,8 \text{ g kg}^{-1}$ . U B-horizontu u kalkokambisolima površ vapnenaca udio karbonata iznosi  $0,80 \pm 1,25 \text{ g kg}^{-1}$ , a u kalkokambisolima površ dolomita  $106,6 \pm 253,9 \text{ g kg}^{-1}$ . Razlog većim udjelima u dubljim dijelovima tla može biti rezultat ponovnog taloženja otopljenog  $\text{CaCO}_3$  iz fragmenata karbonatne stijene, kao i sitni fragmenti fizički istrošene karbonatne stijene (pogotovo je karakteristično za dolomitni matični supstrat) koje su prisutne u ho-

rizontu i doprinose većoj koncentraciji otopine tla (Švob i dr. 2021).

Udio organskog ugljika ( $C_{org}$ ) u oba horizonta nije se statistički značajno razlikovao. U A-horizontu kalkokambisola povrh vapnenca prosječni udio organskog ugljika iznosi  $139,4 \pm 55,79$  g  $kg^{-1}$ , a u kalkokambisolima povrh dolomita iznosi  $123,4 \pm 75,22$  g  $kg^{-1}$ . S porastom dubine smanjuje se i prosječni udio organskog ugljika (povrh vapnenaca  $58,21 \pm 27,09$  g  $kg^{-1}$ , a povrh dolomita  $45,99 \pm 22,38$  g  $kg^{-1}$ ). Pernar (2017) i Martinović (2003) navode da udjeli organskog ugljika (humusa) u A-horizontu variraju u širokim granicama ovisno o načinu korištenja zemljišta. Pernar (2017) navodi da je prosječni udio organskog ugljika na travnjacima  $20 - 30$  g  $kg^{-1}$ , u humidnom klimatu u šumi  $60$  g  $kg^{-1}$ , a s pojavom prijelazne forme humusa poprima vrijednosti i više od  $120$  g  $kg^{-1}$ . Statistički značajne razlike u A-horizontu nisu utvrđene za udjele ukupnog dušika ( $N_{tot}$ ) između istraživanih kalkokambisola. Vrijednosti njihovih prosječnih udjela približno iznose  $9$  g  $kg^{-1}$ . Statistički značajno veća razlika ( $p = 0,0401$ ) prosječnog udjela ukupnog dušika ( $N_{tot}$ ) utvrđena je u B-horizontu – u kalkokambisolima povrh vapnenaca iznosi  $4,25 \pm 1,72$  g  $kg^{-1}$ , dok u kalkokambisolima povrh dolomita iznosi  $3,18 \pm 1,07$  g  $kg^{-1}$  (tablica 4). Odnosi  $C_{org}/N_{tot}$  u A- i B-horizontima kod kalkokambisola povrh vapnenca te kalkokambisola povrh dolomita su vrlo slični te ne postoje statistički značajne razlike. Kod kalkokambisola povrh vapnenca taj odnos iznosi  $15 \pm 2,2$  u A-horizontu i  $13 \pm 1,2$  u B-horizontu, a kod kalkokambisola povrh dolomita  $14 \pm 1,7$  u A-horizontu i  $14 \pm 4,3$  u B-horizontu (tablica 4). 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). Kad je C/N odnos manji od 25, što je slučaj za kalkokambisole na području NP Plitvička jezera dekompozicija organske tvari je neometana, odnosno odvija se u pravilu unutar jedne godine.

## ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Sa gledišta geneze i evolucije tla, teoretski nema razlika u mehanizmu tvorbe tla na čvrstim vapnencima i dolomitima, zbog čega po-

**Tablica 4.** Deskriptivna statistika (aritmetička sredina i standardna devijacija), t-test i Mann-Whitney U test za istraživane kemijske značajke tla  
**Table 4.** Descriptive statistics (arithmetic mean and standard deviation), t-test and Mann-Whitney U test for the investigated soil chemical properties

Varijable Variable	A horizont / A horizon					U	Z	p-value
	Vapnenac Limestone	Dolomit Dolomite	t-value	Df	p			
pH <sub>H2O</sub>	5,54 ± 0,53	6,63 ± 0,83	-4,4029	28	0,0001	21,0	-3,6618	0,0003*
pH <sub>CaCl2</sub>	4,78 ± 0,56	5,95 ± 0,95	-4,2882	28	0,0002	21,5	-3,6407	0,0003*
ww	8,04 ± 1,49	8,33 ± 3,15	-0,3321	28	0,7423	98,0	0,4022	0,6876
CaCO <sub>3</sub>	0,13 ± 0,39	76,9 ± 162,8	-2,0120	28	0,0531	28,0	-3,3365	0,0007*
Corg	139,4 ± 55,79	123,4 ± 75,22	0,6719	28	0,5072	83,0	1,0372	0,2997
Ntot	9,20 ± 2,68	8,75 ± 4,34	0,3474	28	0,7309	98,0	0,4022	0,6876
Corg/Ntot	14,82 ± 2,24	13,56 ± 1,74	1,6378	28	0,1127	67,0	1,7145	0,0864
Varijable Variable	B horizont / B horizon					U	Z	p-value
	Vapnenac Limestone	Dolomit Dolomite	t-value	Df	p			
pH <sub>H2O</sub>	6,37 ± 0,76	7,09 ± 0,59	-2,7567	28	0,0102	48,0	-2,5188	0,0118*
pH <sub>CaCl2</sub>	5,62 ± 0,92	6,31 ± 0,69	-2,2097	28	0,0355	63,0	-1,8838	0,0596
ww	6,52 ± 1,07	5,94 ± 1,8	1,1189	28	0,2727	78,0	1,2488	0,2117
CaCO <sub>3</sub>	0,80 ± 1,25	106,6 ± 253,9	-1,78,38	28	0,0085	49,0	-2,4765	0,0116*
Corg	58,21 ± 27,09	45,99 ± 22,38	1,2936	28	0,2064	73,0	1,4605	0,1442
Ntot	4,25 ± 1,72	3,18 ± 1,07	1,9174	28	0,0654	59,0	2,0532	0,0401*
Corg/Ntot	13,49 ± 1,25	14,35 ± 4,31	-0,8012	28	0,4298	89,0	0,7832	0,4335

\* – statistički značajne razlike ( $p < 0,05$ )  
\* – statistically significant differences ( $p < 0,05$ )

stojeća klasifikacija ne izdvaja zasebno kalkokambisole povrhnjice i dolomita. Kalkokambisoli (smeđe tlo na vapnencima i dolomitima) kako i sam naziv sugerira, razvijaju se na različitim vrstama stijena (vapnencima i dolomitima), koji uključuju niz prijelaznih formi stijena u pogledu načina i intenziteta fizičkog i kemijskog trošenja. U Hrvatskoj se rijetko uspoređuju svojstva kalkokambisole na vapnencima od onih na dolomitima, na temelju čega je postavljena hipoteza da postoje razlike u svojstvima tla, koje su ovim istraživanjem i potvrđene. Utvrđene razlike proizlaze iz načina trošenja stijena, za razliku od vapnenaca koji se troše samo kemijski, dolomiti se troše kemijski i mehanički. Osim ektomorfoloških i endomorfoloških razlika, utvrđene su razlike i u kemijskim svojstvima. Prosječne pH-vrijednosti tla i prosječni udjeli karbonata u profilima tla bili su veći u kalkokambisolima povrhnjice dolomita u odnosu na kalkokambisole povrhnjice vapnenaca, dok su udjeli organskog ugljika i ukupnog dušika kao i odnos C/N bili podjednaki. Iako su prosječni udjeli ugljika i dušika bili podjednaki, ukupne zalihe istih su veće u kalkokambisolima povrhnjice dolomita koja su dublja tla i imaju deblji humusnoakumulativni horizont, gdje su najveće vrijednosti organskog ugljika i totalnog dušika. Jasne razlike su utvrđene i u biljnim zajednicama koje pridonose na različitim supstratima: zajednica *Lamio orvalae-Fagetum* dominantna je na vapnencu, dok je zajednica *Helleboro nigri-Fagetum* karakteristična za dolomitni supstrat. Ako su poznata svojstva tla formirana na različitim matičnim supstratima u određenim klimatskim, vegetativnim i topografskim uvjetima, tada se karakteristike tla mogu predvidjeti na temelju matičnog supstrata, što u konačnici može pomoći u upravljanju zemljištima, kako bi se koristila učinkovitije i produktivnije.

## ZAHVALE

## ACKNOWLEDGMENTS

Ovaj rad je napravljen u okviru projekta „Izrada pedološke karte nacionalnog parka Plitvička jezera” koji je financirala Javna ustanova Nacionalni park Plitvička jezera.

## LITERATURA REFERENCES

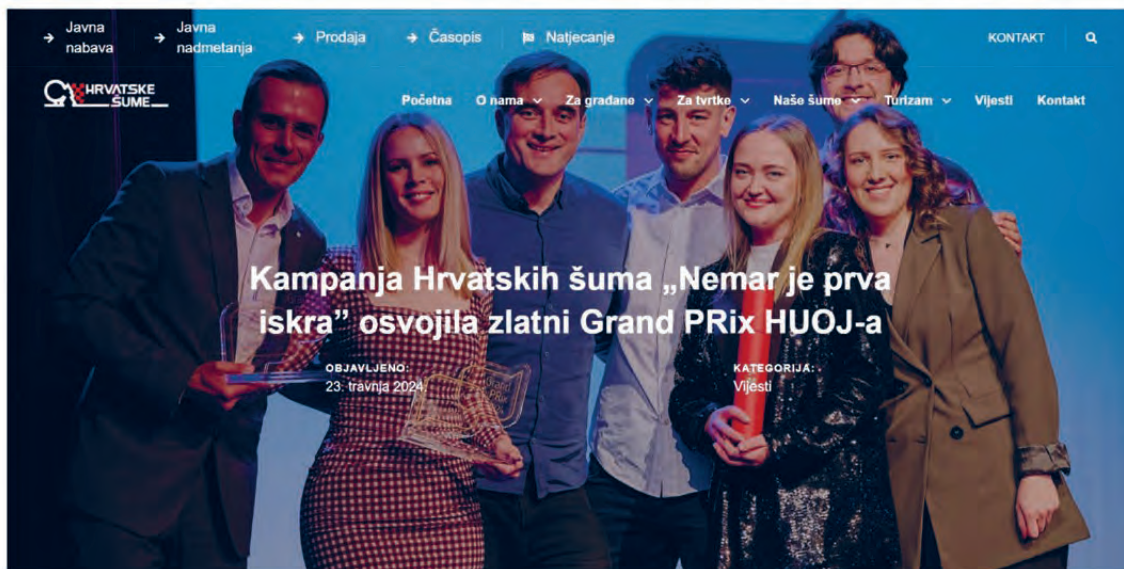
- Amundson, R., A. A. Berhe, J. W. Hopmans, C. Olson, A. E. Szein, D. L. Sparks, 2015: Soil and Human Security in the 21st Century. *Science* 348 (6235) doi: 10.1126/science.1261071
- Baltensweiler, A., L. Walthert, C. Ginzler, F. Sutter, R. S. Purves, M. Hanewinkel, 2017: Terrestrial Laser Scanning Improves Digital Elevation Models and Topsoil pH Modelling in Regions with Complex Topography and Dense Vegetation. *Environ Model Softw* 95: 13-21
- Baltensweiler, A., G. B. M. Heuvelink, M. Hanewinkel, L. Walthert, 2020: Microtopography Shapes Soil pH in Flysch Regions across Switzerland. *Geoderma* 380: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114663>
- Bogunović, M., A. Bensa, S. Husnjak, B. Miloš, 2009: Suitability of Dalmatian Soils for Olive Tree Cultivation. *Agronomski glasnik* 5-6: 367-404
- 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>
- Čirić, M., 1984: Pedologija, udžbenik. Izdavač: Svjetlost OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, str. 312, Sarajevo
- Durn G., S. D. Škapin, N. Vdović, T. Rennert, F. Ottner, S. Ružičić, N. Cukrov, I. Sondi, 2019: Impact of Iron Oxides and Soil Organic Matter on the Surface Physicochemical Properties and Aggregation of Terra Rossa and Calcocambisol Subsoil Horizons from Istria (Croatia). *Catena* 183 doi: 10.1016/j.catena.2019.104184
- FAO 2006: Guidelines for soil description (fourth edition). Food organization on the united nations, p. 1-95, Rome
- González-Pelayo O., V. Andreu, J. Campo, E. Gimeno-García, J. L. Rubio, 2006: Hydrological Properties of a Mediterranean Soil Burned with Different Fire Intensities. *Catena* 68 (2-3): 186-193, doi: 10.1016/j.catena.2006.04.006
- Hou D., N. S. Bolan, D. C. W. Tsang, M. B. Kirkham, D. O'Connor, 2020: Sustainable Soil Use and Management: An Interdisciplinary and Systematic Approach. *Sci Total Environ* 138961. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138961
- Husnjak, S., 2014: Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naklada. Croatia, pp. 1-371, Zagreb
- ISO 11464, 1994: Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analyses. ISO, Geneve
- ISO 10390, 1994: Soil quality – Determination of pH. ISO, Geneve
- ISO 10693, 1995: Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method, ISO, Geneve
- ISO 10694, 1995: Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). ISO, Geneve
- ISO 13878, 1998: Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). ISO, Geneve
- ISO 11277, 2009: Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. ISO, Geneve
- Krnjak, H., 2019: Strukturno-geološki model područja Nacionalnog parka Plitvička jezera. Diplomski rad. RGN fakultet, Sveučilište u Zagrebu, str. 49, Zagreb
- Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj. pp. 1-525, Jastrebarsko.
- Miloš, B., P. Maleš, 1998: Soils of Kaštela Bay and Problems of Their Protection. *Agronomski glasnik* 4: 185-204
- Miloš, B., A. Bensa, 2014: A GIS Based Assessment of Agricultural Resources for Karstic Areas of the Adriatic Coastal Region. *Agriculture and Forestry* 60 (4): 135-141
- Muhs D. R., J. R. Budhan, J. M. Prospero, G. Skipp, S. R. Herwitz 2012: Soil Genesis of the Island of Bermuda in the Quaternary: The Importance of African Dust Transport and Deposition. *J Geophys Res* 117(F0): 3025 doi: 10.1029/2012JF002366
- Pernar, N., 2017: Tlo nastanak, značajke, gospodarenje; Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, str. 799, Zagreb
- Pernar, N., D. Bakšić, I. Perković, 2013: Terenska i laboratorijska istraživanja tla, priručnik za uzorkovanje i analizu; Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Hrvatske šume, str. 192, Zagreb
- Pilaš I., J. Medak, B. Vrbek, I. Medved, K. Cindrić, M. Gajić-Čapka, M. Perčec Tadić, M. Patarčić, Č. Branković, I. Güttler,

- 2016: Climate Variability, Soil, and Forest Ecosystem Diversity of the Dinaric Mountains. In: Sustainable Development in Mountain Regions (Zhelezov G., ed.). Springer, Cham, pp. 113-139
- Plan upravljanja NP Plitvička jezera 2019.-2028.: <https://np-plitvicka-jezera.hr/wp-content/uploads/2019/10/Plan-upravljanja-NP-Plitvi%C4%8Dka-jezera.pdf>
  - Polšak, A., M. Juriša, M. Šparica, A. Šimunić, 1976: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Bihać, L33-116. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd
  - Polšak, A., J. Crnko, An. Šimunić, Al. Šimunić, M. Šparica, M. Juriša, 1978: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Bihać, L33-116. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd
  - Prpić, J., D. Kosić, 2019: Plitvička jezera – 40 godina od upisa na UNESCO-ovu listu Svjetske i kulturne baštine. Hrvatske vode 27 (2019) 110: 361-365
  - Sanderman J., T. Hengl, G. J. Fiske, 2017: Soil Carbon Debt of 12,000 Years of Human Land Use. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 114 (36): 9575-9580
  - Sokkal, R. R., F. J. Rohlf, 1995: Biometry: The principles and practice of statistics in biological research. 3rd ed. W. H. Freeman, p 887, New York
  - Spaargaren O., 2008: Luvisols. In: Encyclopedia of Soil Science (Chesworth W., ed.). Springer, pp. 440-443
  - Swift, M. J., O. W. Heal, J. M. Anderson, 1979: Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: Blackwell.
  - Šegota, T., A. Filipčić, 2003: Köppenova podjela klime i hrvatsko nazivlje. Geoadria 8 (1): 17-37
  - Škorić, A. 1986: Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb
  - Škorić A., M. Adam, F. Bašić, M. Bogunović, D. Cestar, J. Martinović, B. Mayer, B., Miloš, Ž. Vidaček, 1987: Pedosphere of Istria. Projektni savjet Pedološke karte Hrvatske, Zagreb
  - Švob, M., A. Bensa, D. Dominguez-Villar, D. Perica, K. Krklec, 2021: Basic Properties of Calcocambisol from a Location on North Dalmatian Plain. Agric. conspec. sci. Vol. 86 (2021) No. 4, 305-316
  - TIBCO Software Inc., 2020: Data Science Workbench, version 14. <http://tibco.com>
  - Vrbek, B., 2009: Istraživanje tipova tala područja J. U. „Park prirode Medvednica“ s izradom karte karte tala mjerila 1:25000. Hrvatski šumarski institut, str. 1-58, Jastrebarsko
  - Vrbek, B., I. Pilaš, 2007: Soils of Krka National Park. In: Book of Abstracts of the Symposium Krka River and Krka National Park: Natural and Cultural heritage, Protection and Sustainable Development (Marguš D., ed). Krka National Park, Šibenik, Croatia, pp. 949-977
  - Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 398, Zagreb
  - Vukelić, J., N. Pernar, I. Perković, D. Bakšić, M. Baneković, I. Šapić, 2023: Tlo i šumska vegetacija Nacionalnog parka „Risnjak“, str. 1-132, Crni lug
  - Vukelić, J., I. Šapić, D. Ugarković, K. Krapinec, 2023: Šume Nacionalnog parka „Plitvička jezera“, str. 1-165, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Oikon, Šume NP Plitvička jezera (oikon.hr)
  - Yallon, D. H. 1997: Soils in the Mediterranean Region: What Makes Them Different? Catena 28 (3-4): 157-169

## SUMMARY

Calcocambisol (brown soil on limestone and dolomite) is one of the most common soil types in Croatia, and it is the dominant soil type developed on karst, as well as in the area of the Plitvice Lakes National Park, which is located in the karst area. As its name suggests, calcocambisol is developed on different carbonate substrates, which are different in terms of chemical composition as well as in terms of rock erosion. In the area of the National Park, 30 pedological profiles have been opened, 18 of which were on limestone and 12 on dolomite. In the field, ectomorphological and endomorphological soil parameters were determined. The following parameters were determined on the collected soil samples in the humus-accumulative (A) and cambic (B) horizons: particle size distribution of the soil, soil reaction, i.e. pH-value in water and CaCl<sub>2</sub> solution, carbonate content, and total carbon and total nitrogen content using the dry burning method. The highest differences in ectomorphological parameters between limestone and dolomite were found in the classification of rockiness and stoniness, where they ranged from very low to very high on limestone, while they were absent on dolomite. On the profiles of calcocambisol on top of dolomite, a higher proportion of sand fractions and less clay than on calcocambisol on top of limestones was found. The dominant soil textural class of calcocambisol on top of limestone was silty clay, while in calcocambisol on top of dolomite it was silty clay loam. The pH-values of the soil and the proportion of CaCO<sub>3</sub> on calcocambisol on top of dolomite were statistically significantly higher than on calcocambisol on top of limestone. Since there was no great difference in the fractions of organic carbon and total nitrogen between calcocambisol on top of limestones and dolomites, there was also no great difference in the C/N ratio. The average C/N ratio along the entire profile of calcocambisol on top of limestone and dolomite was 14, i.e. decomposition continued undisturbed and there was no accumulation of raw humus. The hypotheses in this paper were confirmed, and clear differences in the investigated ectomorphological (rockiness and stoniness) and endomorphological (particle size distribution, pH-values and CaCO<sub>3</sub> content) properties between calcocambisol on top of limestone and dolomite were observed.

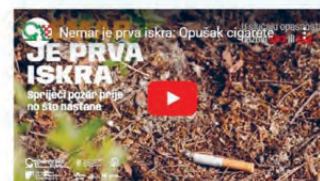
**KEY WORDS:** calcocambisol, limestone, dolomite, Plitvice Lakes National Park



„Čak 90% požara moglo bi se spriječiti kad bi ljudi više marili o svojim postupcima u prirodi. Ovu poruku smo predano ponavljali tijekom čitave protupožarne sezone i postigli rekordne rezultate, kako one komunikacijske, tako i terenske. Javnost je poslušala, a u odnosu na raniju godinu, sačuvano je 94 posto više hektara šume, a zabilježena su čak 203 požara manje. Hvala žiriju na ovom veliko priznanju te čestitamo drugim dobitnicima s odličnim kampanjama“, poručio je predsjednik Uprave Hrvatskih šuma Nediljko Dujić povodom dodjela nagrada Grand Prix koja se održala sinoć u Ludoj kući u Zagrebu i zlata za kampanju „Nemar je prva iskra“.



Hrvatske šume d.o.o. zajedno s agencijom CTA komunikacije tijekom 2023. godine provodile su protupožarnu kampanju pod nazivom i sloganom „Nemar je prva iskra“ kako bi građane osvijestili o njihovoj ulozi u očuvanju šuma, imovine, a onda i ljudskih života od razornih učinaka požara. „Spriječi požar prije no što nastane“, dodatna je poruka kampanje, kao i popratnih televizijskih spotova koji obuhvaćaju najčešće okidače vatre: **odbačeni opušak, staklo i neugašeni plamen**. Njihove inačice emitirale su se na televiziji te putem radijskih apela na hrvatskom i engleskom jeziku, dok je na digitalnim kanalima zabilježeno preko 1,2 milijuna pregleda video sadržaja.



# FENOLOŠKA SVOJSTVA LISTANJA I ZADRŽAVANJA LISTOVA CRNIH TOPOLA (*Populus nigra* L.) U KLONSKOM ARHIVU U ŽEPČU

## PHENOLOGICAL TRAITS OF LEAFING AND LEAF RETENTION OF BLACK POPLAR (*Populus nigra* L.) IN THE CLONAL ARCHIVE IN ŽEPČE, BOSNIA AND HERZEGOVINA

Mirzeta MEMIŠEVIĆ HODŽIĆ<sup>1\*</sup>, Dalibor BALLIAN<sup>1,2,3</sup>

### SAŽETAK

Crna topola (*Populus nigra* L.) je jedna od najznačajnijih europskih vrsta drveća koja nastanjuje aluvijalna staništa uz obale velikih rijeka. U Bosni i Hercegovini postoji značajan neiskorišten zemljišni potencijal pogodan za reintrodukciju autohtonih crnih topola, kao i podizanje intenzivnih i ekstenzivnih nasada hibridnih i američkih crnih topola. Cilj ovoga istraživanja je utvrditi početak i završetak fenoloških faza listanja, kao i zimsko zadržavanje lista, što će pomoći pri selekciji pogodnih klonova autohtonih crnih topola za reintrodukciju na određenom lokalitetu i za određene mikroklimatske uvjete u svrhu očuvanja autohtonog genofonda, te klonova hibridnih topola za osnivanje plantaža u Bosni i Hercegovini.

Istaživan je materijal 161 klona autohtonih crnih topola iz 26 populacija iz slivova 6 rijeka, te 11 klonova proizvodnih hibridnih topola (euro-američke ili kanadske) i američkih crnih topola. Klonovi se nalaze u klonskom arhivu u Žepču, koji je podignut 2006. godine. Promatrana je fenologija listanja i to od 14.3.-22.4.2019. godine i to u šest fenoloških faza 0 - uspavani pupoljak, 1 - napukli pup, 2 - probijanje pupa, 3 - pup otvoren, listovi skupljeni, 4 - listovi se razdvajaju, 5 - listovi potpuno razvijeni). Zadržavanje lista praćeno je od 30.8.-4.11.2019. godine i ocjenjivano u tri kategorije: 1 - prisutni svi listovi na stablu, 2 - 50% listova je preostalo na stablu, 3 - nema preostalih listova na stablu. Efektivna duljina vegetacijske sezone definirana je kao vrijeme između pojavljivanja faze pucanja pupova (ocjena 3) i ocjena opadanja lišća 2 (tj. kada je 50% lišća ostalo na stablu).

Analiza varijance pokazala je statistički značajne razlike između klonova iz različitih populacija za duljinu trajanja fenoloških faza listanja. Fenološka faza 1 (napukli pupovi) najranije se javila 14.3. a faza 5 (potpuno otvoreni listovi) najranije 8.4. Rezultati zadržavanja listova pokazuju da su 4.11. svi klonovi u klonskom arhivu odbacili list 100%. Najkraću efektivnu duljinu vegetacijskog perioda imali su klonovi populacije Bugojno (154 dana), a najdužu klonovi *Populus boleana* i *Populus nigra* var. *italica* te klonovi populacija Čapljina (sliv rijeke Neretve); Dobrinje, Visoko, Babina rijeka, Maglaj, Dobož (sliv rijeke Bosne); Kopači i Tegare (sliv rijeke Drine).

Rezultati istraživanja su značajni za odabir klonova sa boljom prilagodbom na uvjete staništa, te obnovu i uporabu klonskog reprodukcijskog materijala crnih topola u Bosni i Hercegovini.

**KLJUČNE RIJEČI:** crne topole, klonski arhiv, fenologija listanja, zimsko zadržavanje lista

<sup>1</sup> Dr. sc. Mirzeta Memišević Hodžić, prof. dr. sc. Dalibor Ballian, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

<sup>2,3</sup> Prof. dr. sc. Dalibor Ballian, Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Bistrik 7, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina / Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

\* Dopisni autor: Mirzeta Memišević Hodžić, email: m.memisevic-hodzic@sfsa.unsa.ba

## UVOD INTRODUCTION

Crna topola danas je jedna od najugroženijih vrsta šumskog drveća zbog devastacije staništa, regulacije riječnih tokova, pretjerane eksploatacije (Vanden Broeck 2003; Čortan i sur. 2013, 2014, 2015; Ballian 2017). Još jedna prijetnja autohtonim crnim topolama je i hibridizacija sa alohtonim topolama, koja se pojavila u Europi u 18. stoljeću (Ballian 2017), te je evidentirano smanjenje populacija crne topole u mnogim europskim zemljama (Koskela i sur. 2004). U Bosni i Hercegovini alohtone vrste topola su unošene u manjoj mjeri, a izostalo je i podizanje velikih plantaža hibridnih topola (Ballian 2004, 2017). Ballian i Mekić (2008) navode da je, s obzirom na trenutno stanje koje vlada u području rasprostiranja crne topole te na sustavno uništavanje njezinog prirodnog areala, potrebno hitno izvršiti zaštitu njezinog genofonda. To je jedino moguće kroz podizanje klonovskih arhiva *ex situ*, na zaštićenim mjestima koja su znatno manje izložena ljudskim aktivnostima.

S obzirom na očekivani porast komercijalne potražnje drvene biomase, vrste roda *Populus* zbog svog brzog rasta uzgojene u šumama sa kratkom ili srednjom ophodnjom, mogu se sagledavati kao alternativa biomasi iz prirodnih šuma (Dickman i Kuzovkina 2014). Kako bi se osigurala

održiva i stabilna produktivnost, potrebno je identificirati ili uzgojiti klonove prilagođene uvjetima u kojima se uzgajaju (Gunderson i sur. 2012; Muffler i sur. 2016).

U svjetlu sve većih klimatskih promjena na globalnoj razini, posebno je važno proučavati fenologiju biljaka, tj. reakciju biljaka na promjenu klime i novonastale klimatske uvjete, kao metodu prilagođavanja buduće uspješne proizvodnje novonastalim klimatskim uvjetima (Sparks i Menzel 2013). Ducci i sur. (2002) navode da su fenološka svojstva praktično relevantni pokazatelji prilagodljivosti i adaptacije šumskog drveća. Oni su izravno povezani s rastom i arhitekturom stabla. Postoji korelacija između fenoloških kretanja i šteta od mraza, za koje se očekuje da će postati učestalije s klimatskim promjenama. Niz procjena na istim individuumima tijekom više godina također omogućuje zaključivanje o razvoju klime Ducci i sur. (2002).

Glavni cilj fenoloških istraživanja u klonskom arhivu Žepče je sakupljanje neophodnih podataka o fenološkim karakteristikama pojedinih klonova autohtonih crnih topola, kako bi se u budućnosti moglo odrediti koji klon predstavlja najbolji izbor za reintrodukciju na određenom lokalitetu i za određene mikroklimatske uvjete, u svrhu očuvanja autohtonog genofonda te klonova hibridnih topola za osnivanje plantaža u Bosni i Hercegovini.

**Tablica 1.** Osnovni podaci o lokacijama prikupljanja klonova obuhvaćenih u klonskom arhivu

**Table 1.** Basic data on the locations of clone collection included in the clonal archive

Rb No	Rijeka River	Lokalitet Locality	Zemljopisna duljina Latitude	Zemljopisna širina Longitude	Nadmorska visina (m) Altitude (m)	Broj sakupljenih klonova Number of collected clones
1	Neretva	Konjic	43°40'11"	17°58'36"	341	12
2		Čapljina	43°08'41"	17°43'47"	36	14
3	Bosna	Sarajevo	43°51'20"	18°24'08"	539	4
4		Ilidža	43°49'16"	18°17'57"	496	1
5		Visoko	43°59'27"	18°10'56"	422	4
6		Dobrinje	44°07'13"	18°06'36"	375	4
7		Rudnik	44°08'10"	18°03'40"	410	4
8		Bilješevo	44°07'57"	17°59'48"	362	9
9		Babina rijeka	44°11'55"	17°55'30"	345	6
10		Zenica	44°12'12"	17°54'43"	315	5
11		Maglaj	44°34'24"	18°06'10"	201	4
12		Doboj	44°44'24"	18°05'55"	137	13
13	Lašva	Travnik	44°13'08"	17°41'30"	476	4
14	Vrba	Bugojno	44°00'57"	17°29'14"	600	9
15		Jajce	44°18'58"	17°14'48"	389	2
16		Podmilačje	44°21'59"	17°17'48"	351	4
17		Krupa	44°36'52"	17°08'55"	211	4
18		Toplice	44°44'18"	17°09'17"	170	7
19		Banja Luka	44°46'09"	17°13'05"	152	10
20	Drina	Osanica	43°36'36"	18°52'07"	359	8
21		Kopači	43°40'26"	19°02'01"	348	8
22		Tegare	44°06'53"	19°29'20"	187	15
23		Bratunac	44°10'08"	19°23'57"	173	2
24	Spreča	Lukavac	44°33'15"	18°28'44"	175	4
25		Gračanica	44°40'40"	18°18'13"	154	2
26		Velika Brijesnica	44°43'28"	18°10'23"	144	2
Ukupno / Total						161





**Slika 1.** Mapa lokacija/populacija autohtonih crnih topola uključenih u klonsku arhivu  
**Figure 1.** Map of the locations/populations of native black poplars included in the clonal archive

## MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

### Materijal – Material

Klonski arhiv crnih topola osnovan je 2006. godine unutar rasadnika Žepče. U klonski arhiv je uključen 161 klon stabala autohtonih crnih topola, sa 26 lokaliteta u Bosni i Hercegovini, duž većih bosanskohercegovačkih rijeka (tablica 1, slika 1), te 15 hibridnih komercijalnih topola koje su dobivene iz razmjene sa susjednom Hrvatskom (tablica 2). Uz tipične populacije koje su uključene u arhivu, uključena je i jedna specifična populacija koja se javlja na rudničkom jalovištu u neposrednoj blizini Kaknja, zbog specifičnih uvjeta u kojima egzistira. To su potpuno uništena tla s jako siromašnim deosolom i pješčarsko-laporastom geološkom podlogom, što je uočeno prilikom sakupljanja materijala za klonski arhiv.

Skupljane su grančice s pupovima u fazi zimskog mirovanja tijekom veljače, ožujka i travnja, prije kretanja vegetacije. Materijal je selekcioniran prema uputama koje je dao EUFORGEN (Van den Broeck 2003). Selekcionirana su samo stabla čija je starost bila preko 80 godina, da bi se izbjegla genetička kontaminacija alohtonim genofondom, odnosno introgresija neželjenih gena (Ballian i Mekić 2008.)

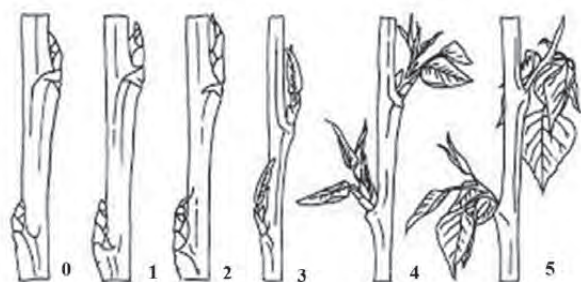
**Tablica 2.** Lista hibridnih topola i broj klonova uključenih u arhivu

**Table 2.** The list of hybrid poplars and the number of clones included in the archive

Hibridne topole uključene u arhivu <i>Hybrid poplars included in the clonal archive</i>	Broj klonova uključenih u arhivu <i>Number of clones included in the clonal archive</i>
<i>Populus afganica</i>	2
<i>Populus boleana</i>	1
<i>Populus deltooides</i> - 710	1
<i>Populus deltooides</i> Dunav – S-1-8	1
<i>Populus deltooides</i> Krka – S-6-20	1
<i>Populus deltooides</i> Krka – S-6-20	1
<i>Populus deltooides</i> Sava – S-6-36	1
<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i>	1
<i>Populus serotina</i> - robusta	1
<i>Populus x canadensis</i> BL Constanzo	1
<i>Populus x canadensis</i> I-214	1
<i>Populus x canadensis</i> M-1	1
<i>Populus x canadensis</i> San Martino	1
<i>Populus x canadensis</i> Tiepolo	1
<i>Populus x canadensis</i> Triplo	1

## METODE METHODS

Fenološka promatranja razvoja listova provodila su se od 14.3.–22.4.2019. godine. Fenološka promatranja obavljena su isti dan na svim klonovima od istog promatrača. Pro-



**Slika 2.** Fenološke faze razvoja lista topole (Ducci i sur. 2012)

**Figure 2.** Phenological stages of poplar leaf development (Ducci et al. 2012)

matrana je cijela krošnja. Praćeno je šest fenoloških faza (prema protokolu Ducci i sur. 2012, slika 2):

- 0 – dorodni pup (zimski pup, smeđe do tamnosmeđe boje)
- 1 – napukli pup (izduženi, nabubreni pupovi, žućkasto-zelenkaste boje)
- 2 – probijanje pupa (vidi se prvo zelenilo)
- 3 – pup otvoren, listovi skupljeni
- 4 – listovi se razdvajaju, još lepezasti,
- 5 – listovi su potpuno odmotani, ali manji od zrelih listova

**Tablica 3.** Fenološke faze listanja po populacijama porijekla klonova

**Tabela 3.** Phenological stages of leafing by populations of clone origin

Sliv rijeke River basin	Populacija / Hibrid Population / Hybrid	Datum prvog i posljednjeg pojavljivanja faze / The date of the first and last appearance of the phase										
		0		1		2		3		4		5
		Last	First	Last	First	Last	First	Last	First	Last	First	
Neretva	Konjic	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.
	Čapljina	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	2.4.	–	–	2.4.	11.4.	11.4.	
Bosna	Sarajevo	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	15.4.	15.4.	
	Ilidža	8.4.	8.4.	18.4.	18.4.	22.4.	–	–	–	–	22.4.	
	Visoko	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	
	Dobrinje	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	11.4.	11.4.	
	Rudnik	14.3.	14.3.	28.3.	–	–	28.3.	8.4.	–	–	8.4.	
	Bilješevo	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	
	Babina rijeka	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	
	Zenica	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	–	–	2.4.	8.4.	8.4.	
	Maglaj	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	
	Doboj	14.3.	14.3.	28.3.	–	–	28.3.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	
Lašva	Travnik	14.3.	14.3.	28.3.	28.3.	2.4.	28.3.	8.4.	8.4.	18.4.	18.4.	
Vrba	Bugojno	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	18.4.	–	–	18.4.	22.4.	22.4.	
	Jajce	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	18.4.	18.4.	
	Podmilačje	14.3.	14.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	18.4.	18.4.	
	Krupa	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	–	–	8.4.	22.4.	22.4.	
	Toplice	14.3.	14.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	
	Banja Luka	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	–	–	2.4.	8.4.	8.4.	
Drina	Osanica	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	
	Kopači	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	
	Tegare	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	
	Bratunac	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	
Spreča	Lukavac	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	15.4.	15.4.	
	Gračanica	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	
	Velika Brijesnica	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	–	–	8.4.	18.4.	18.4.	
Hibridi	<i>P. afganica</i>	14.3.	14.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	
	<i>P. boleana</i>	14.3.	14.3.	20.3.	20.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	
	<i>P. deltoides 710</i>	20.3.	14.3.	28.3.	28.3.	11.4.	11.4.	15.4.	8.4.	15.4.	22.4.	
	<i>P. deltoides S-6-20</i>	20.3.	14.3.	8.4.	8.4.	22.4.	–	–	–	–	22.4.	
	<i>P. deltoides Sava S-6-36</i>	14.3.	14.3.	18.4.	18.4.	22.4.	–	–	–	–	22.4.	
	<i>P. deltoides-Dunav S-1-8</i>	28.3.	28.3.	8.4.	8.4.	11.4.	–	–	15.4.	18.4.	18.4.	
	<i>P. nigra var. italica</i>	14.3.	14.3.	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	
	<i>P. serotina</i>	14.3.	14.3.	8.4.	–	–	8.4.	15.4.	15.4.	22.4.	22.4.	
	<i>P. x canadensis -B.I constanzo</i>	28.3.	28.3.	2.4.	2.4.	8.4.	–	–	–	–	8.4.	
	<i>P. x canadensis I-214</i>	14.3.	14.3.	2.4.	2.4.	8.4.	–	–	–	–	8.4.	
	<i>P. x canadensis-San Marino</i>	14.3.	14.3.	2.4.	2.4.	8.4.	–	–	–	–	8.4.	
	<i>P. x canadensis-TRIPLD</i>	14.3.	14.3.	8.4.	8.4.	11.4.	11.4.	18.4.	18.4.	22.4.	22.4.	
	<i>P. x canadensis M1</i>	28.3.	28.3.	11.4.	–	–	11.4.	18.4.	18.4.	22.4.	22.4.	
<i>P. x canadensis-Tiepolo 275/81</i>	14.3.	14.3.	2.4.	2.4.	8.4.	–	–	8.4.	11.4.	11.4.		

Napomena: Najranije prvo pojavljivanje neke faze označeno sivom, a najkasnije prvo pojavljivanje zelenom bojom.

Promatranja su se obavljala svakih 7 dana na početku vegetacijskog perioda (1.3.2019.-28.3.2019.), te svaka 3-4 dana u vrijeme aktivnijeg razvoja pupova (2.4.2019.-18.4.2019.), ukupno 9 promatranja.

Fenološka promatranja zadržavanja listova provodila su se od 30.8.-4.11.2019. godine, ukupno 5 promatranja. Promatrana je cijela krošnja. Promatranje se obavljalo svakih 15 dana, isti dan na svim klonovima, a to je radio isti promatrač. Praćenje se odvijalo kroz tri fenološke faze:

- 1 – prisutni svi listovi na stablu
- 2 – pola listova je preostalo na stablu
- 3 – nema preostalih listova na stablu.

Efektivna duljina vegetacijske sezone definirana je kao vrijeme između pojavljivanja faze pucanja pupova (ocjena 3) i ocjena opadanja lišća 2 (tj. kada je 50% lišća ostalo na stablu) (prema Vico i sur. 2021).

Podaci fenologije listanja obrađeni su u excellu, korištenjem funkcije MODE, odnosno određivanjem faze koja se po-

**Tablica 4:** Duljina trajanja faza (u danima) po populacijama porijekla klonova

**Table 4:** Duration of phases (in days) by populations of clone origin

Sliv rijeke <i>River basin</i>	Populacija porijekla klonova / hibrid <i>Population of clone origin/hybrid</i>	Duljina trajanja faza (dani) / <i>Duration of phases (days)</i>					
		0	1	2	3	4	5
Neretva	Konjic	0	6	8	7	5	14
	Čapljina	0	6	13	3	5	13
Bosna	Sarajevo	6	8	5	6	5	10
	Ilidža	25	7	4	0	0	4
	Visoko	0	6	8	7	5	13
	Dobrinje	0	6	8	5	8	13
	Rudnik	0	14	0	11	0	15
	Bilješevo	0	6	8	7	5	14
	Babina rijeka	0	6	8	10	5	11
	Zenica	0	14	5	1	8	12
	Maglaj	0	6	13	4	8	9
	Doboj	0	14	0	11	4	11
Lašva	Travnik	0	14	5	6	6	9
Vrba	Bugojno	19	6	1	7	6	1
	Jajce	14	5	6	1	10	4
	Podmilačje	0	17	4	5	10	5
	Krupa	14	7	5	1	10	2
	Toplice	0	14	5	6	6	9
	Banja Luka	6	8	5	3	4	14
Drina	Osanica	0	6	8	11	3	12
	Kopači	0	6	8	5	6	15
	Tegare	0	6	8	8	4	13
	Bratunac	0	6	8	5	6	15
Spreča	Lukavac	6	8	5	4	7	10
	Gračanica	0	6	8	8	3	15
	Velika Brijesnica	14	5	6	0	10	5
Hibridi	<i>Populus afganica</i>	0	14	5	6	3	12
	<i>Populus boleana</i>	0	6	8	5	6	15
	<i>Populus deltoides</i> 710	6	8	14	4	3	5
	<i>Populus deltoides</i> S-6-20	6	19	11	0	0	4
	<i>Populus deltoides</i> Sava S-6-36	0	32	4	0	0	4
	<i>Populus deltoides</i> - Dunav S-1-8	14	11	3	4	3	5
	<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i>	0	14	5	6	3	12
	<i>Populus serotina</i>	0	25	0	7	4	4
	<i>Populus x canadensis</i> - B.I. Constanzo	14	5	6	0	0	15
	<i>Populus x canadensis</i> 1-214	0	19	6	0	0	15
	<i>Populus x canadensis</i> - San Marino	0	19	6	0	0	15
	<i>Populus x canadensis</i> - TRIPLO	0	25	3	7	1	4
	<i>Populus x canadensis</i> M1	14	14	0	7	1	4
<i>Populus x canadensis</i> - Tiepolo 275/81	0	19	6	0	3	12	

Napomena: najkraće trajanje faze označeno je sivom, a najduže trajanje zelenom bojom za hibride, a narančastom za klonove populacija.

javljuje na najvećem broju biljaka među klonovima jedne populacije na određeni datum. Zatim nakon što su na osnovi podataka prikupljenih na terenu izračunate duljine trajanja faza za svaku promatranu biljku, podaci su obrađeni u SPSS 20.0, gdje su izračunati osnovni statistički pokazatelji i napravljena analiza varijance i Duncan test za duljinu trajanja pojedinih faza. Duljina trajanja faze 0 obuhvatila je vrijeme od prvog promatranja (14.3.) pa do posljednjeg pojavljivanja faze 0, a duljina trajanja faze 5 obuhvatila je vrijeme od prvog pojavljivanja faze 5, pa do posljednjeg promatranja (22.4.) Analiza varijance rađena je za populacije porijekla klonova i hibride, kao i za slivove i hibride kao izvore variranja.

Podaci vezani za duljinu zadržavanja lista obrađeni su u SPSS 20.0 korištenjem funkcije *Crosstabs*.

## REZULTATI RESULTS

Rezultati promatranja fenoloških faza listanja prikazani su u tablici 3.

U tablici 4 izneseni su podaci o duljini trajanja faza listanja po populacijama porijekla klonova, a u tablici 5 rezultati analize varijance duljine trajanja faza listanja.

Analiza varijance rađena je za faze 1-4 s populacijama porijekla klonova i hibridima kao izvorima variranja, a rezultati su prikazani u tablici 5. Ova analiza pokazala je da postoje statistički značajne razlike između klonova porijeklom iz različitih populacija i hibrida u pogledu duljine trajanja fenoloških faza listanja. Napravljen je i Duncan test po populacijama porijekla klonova kako bi se utvrdilo koje populacije se grupiraju prema dužini trajanja pojedinih faza i

ima li grupiranja po slivovima. Rezultati Duncan testa pokazali su zajedničko grupiranje populacija iz različitih slivova, ali i preklapanje grupa.

Analiza varijance i Duncan test napravljeni su i po slivovima kojima pripadaju populacije porijekla klonova (tablica 6).

Rezultati analize varijance za duljinu trajanja fenoloških faza listanja po slivovima porijekla klonova (sa hibridima kao posebnom kategorijom) pokazali su statistički značajne razlike između slivova. Duncan test pokazao je grupiranje slivova u grupe koje se međusobno preklapaju, a za duljinu trajanja faze 1 i faze 4 hibridi su se odvojili u zasebnu grupu.

Fenološka promatranja duljine zadržavanja lista obavljena su od 30.8.-4.11.-2019. godine, i to kroz tri faze: 1 - prisutni svi listovi na stablu, 2 - 50% listova je preostalo na stablu, 3 - nema preostalih listova na stablu. Rezultati ovog promatranja prikazani su na slikama 3-5.

Na dan početka istraživanja, 30.8.2019. godine, sve promatrane biljke još su se nalazile u fazi 1 tj. svi listovi su još uvijek bili prisutni na svim biljkama.

U fazi 2 najranije su se nalazile sve promatrane biljke klonova populacija Sarajevo, Konjic i Bugojno, 9.9.2019. Od klonova populacije Toplice 50% promatranih biljaka nalazilo se u fazi 2, dok je od klonova populacije Bilješevo u fazi 2 bilo 25% promatranih biljaka. Klonovi svih ostalih populacija se još su se nalazili u fazi 1, tj. još uvijek su bili prisutni svi listovi na promatranim biljkama. Sve hibridne i alohtone topole su još bile u fazi 1, što je prikazano na slici 3.

Zadržavanje lista na dan 30.9.2019. prikazan je na slici 4. Na dan 30.9. prvi se put pojavila faza 3, svi listovi odbačeni, kod promatranih klonova iz populacije Sarajevo.

**Tablica 5.** Analiza varijance za duljinu trajanja fenoloških faza listanja po populacijama porijekla klonova i broj grupa po Duncan testu

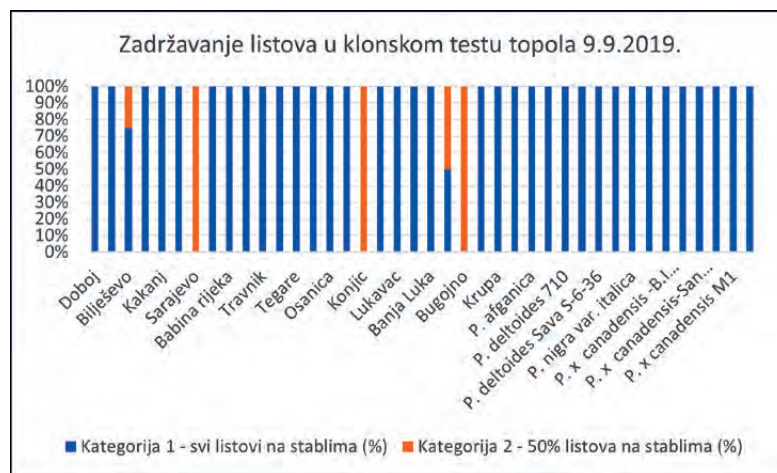
**Table 5.** Analysis of variance for the duration of phenological leafing phases by populations of clone origin and the number of groups according to Duncan's test

Trajanje faze Phase duration	Izvor variranja Source of variability	Zbroj kvadrata Sum of Squares	Stupnjevi slobode Degrees of freedom	Sredina kvadrata Mean Square	F	Značajnost Significance	Broj grupa Number of groups
1	Između grupa / <i>Between Groups</i>	3040,827	39	77,970	157,53	0,000	5
	Unutar grupa / <i>Within Groups</i>	49,000	99	0,495			
	Ukupno/Total	3089,827	138				
2	Između grupa / <i>Between Groups</i>	1780,230	39	45,647	112,98	0,000	6
	Unutar grupa / <i>Within Groups</i>	40,000	99	0,404			
	Ukupno / Total	1820,230	138				
3	Između grupa / <i>Between Groups</i>	1248,891	39	32,023	4,39	0,000	6
	Unutar grupa / <i>Within Groups</i>	721,770	99	7,291			
	Ukupno / Total	1970,662	138				
4	Između grupa / <i>Between Groups</i>	606,075	39	15,540	1,83	0,009	3
	Unutar grupa / <i>Within Groups</i>	839,680	99	8,482			
	Ukupno / Total	1445,755	138				
5	Između grupa / <i>Between Groups</i>	1843,579	39	47,271	9,43	0,000	4
	Unutar grupa / <i>Within Groups</i>	496,378	99	5,014			
	Ukupno / Total	2339,957	138				

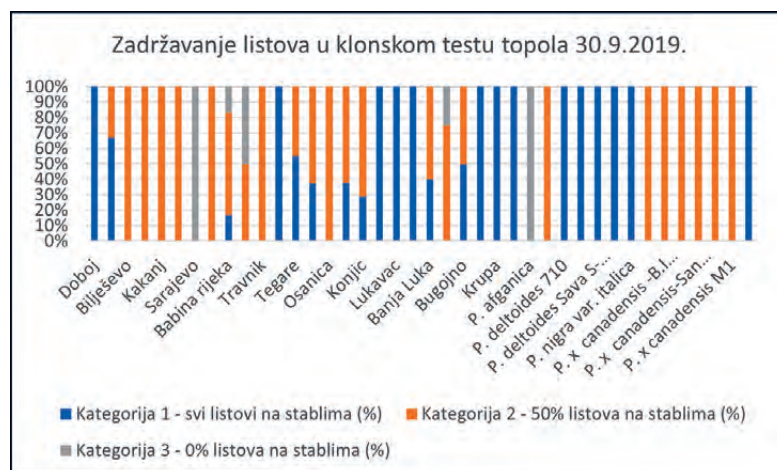
**Tablica 6.** Analiza varijance za duljinu trajanja fenoloških faza listanja po slivu rijeke porijekla klonova i broj grupa po Duncan testu

**Table 6.** Analysis of variance for the duration of phenological leafing phases by river basins of clone origin and the number of groups according to Duncan's test

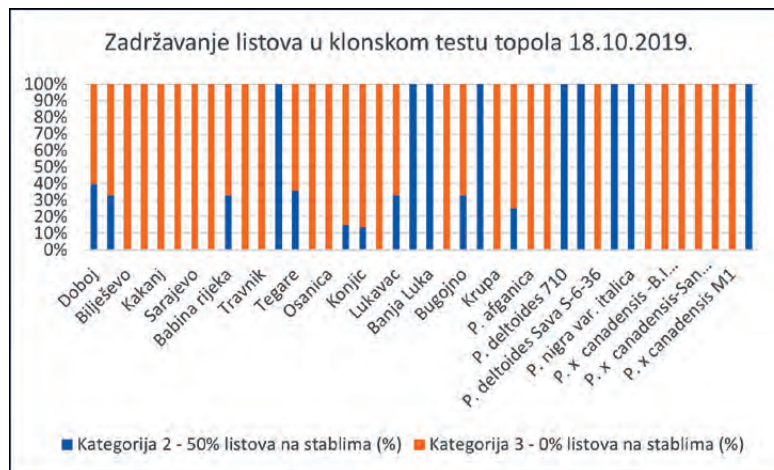
Trajanje faze / Phase duration	Izvor variranja / Source of variability	Zbroj kvadrata / Sum of Squares	Stupnjevi slobode / Degrees of freedom	Sredina kvadrata / Mean Square	F	Značajnost / Significance	Broj grupa / Number of groups
1	Između grupa / Between Groups	1208.549	5	241,710	16,191	0,000	3
	Unutar grupa / Within Groups	1925.851	129	14,929			
	Ukupno / Total	3134.400	134				
2	Između grupa / Between Groups	724.396	5	144,879	16,970	0,000	3
	Unutar grupa / Within Groups	1101.353	129	8,538			
	Ukupno / Total	1825.748	134				
3	Između grupa / Between Groups	303.235	5	60,647	4,656	0,001	3
	Unutar grupa / Within Groups	1680.291	129	13,026			
	Ukupno / Total	1983.526	134				
4	Između grupa / Between Groups	198.799	5	39,760	3,706	0,004	2
	Unutar grupa / Within Groups	1384.015	129	10,729			
	Ukupno / Total	1582.815	134				
5	Između grupa / Between Groups	760.098	5	152,020	9,418	0,000	4
	Unutar grupa / Within Groups	2082.273	129	16,142			
	Ukupno / Total	2842.370	134				

**Slika 3.** Zadržavanje lista u klonskom testu topola na dan 9.9.2019. godine

**Figure 3.** Leaf retention in the poplar clonal test on September 9, 2019

**Slika 4.** Zadržavanje lista u klonskom testu topola na dan 30.9.2019. godine

**Figure 4.** Leaf retention in the poplar clonal test on September 30, 2019



**Slika 5.** Zadržavanje lista u klonskom testu topola na dan 18.10.2019. godine  
**Figure 5.** Leaf retention in the poplar clonal test on October 18, 2019

Na slici 5 prikazani su rezultati zadržavanja lista na dan 18.10.2019. godine.

Na dan posljednjeg promatranja, 4.11.2019. svi klonovi su već odbacili sve listove. Od autohtonih topola klonovi populacije Sarajevo prvi odbacili sve listove, dok od alohtonih i hibridnih vrsta prva je odbacila listove *Populus afganica*. Najduže su zadržali listove klonovi populacija Bratunac, Velika Brijesnica, Banja Luka i Jajce koje su 18.10. još imale 50% preostalih listova, kada su klonovi većine ostalih populacija potpuno odbacili listove. Od hibridnih i alohtonih topola najduže su listove zadržale *Populus deltoides* 710, *Populus deltoides* S-6-20, *Populus deltoides*-Dunav S-1-8, *Populus nigra* var. *italica* i *Populus x canadensis*-Tiepolo 275/81.

Ukupna duljina vegetacijske sezone po klonovima prikazana je u tablici 7.

Najkraću efektivnu duljinu vegetacijskog perioda imali su klonovi populacije Bugojno (154 dana), a najdužu klonovi *Populus boleana* i *Populus nigra* var. *italica* te klonovi populacija Čapljinja (sliv rijeke Neretve); Dobrinje, Visoko, Babina rijeka, Maglaj, Doboj (sliv rijeke Bosne); Kopači i Tegare (sliv rijeke Drine).

## RASPRAVA DISCUSSION

Uopćeno govoreći na vrijeme pojavljivanja i duljinu trajanja pojedinih fenoloških faza utječu ekološki čimbenici okoline u kojima se biljka nalazi, te nasljedni genetski faktori (Ducci i sur. 2002). Imajući u vidu da se sve biljke koje su predmet istraživanja nalaze u istim ekološkim uvjetima, za očekivati je da se sve eventualne razlike u vremenu pojavljivanja pojedinih fenoloških faza te njihovu trajanju mogu pripisati utjecaju nasljednih faktora. Vanden Broeck i sur. (2018) navode da je fenologija pupanja odlučujuća i da određuje prikladnost drveća u njihovom lokalnom okru-

ženju. Pokazala se kao vrlo nasljedna, dok su Kaldewey i sur. (2019) u istraživanju proljetne fenologije lombardijskih topola uzorkovanih širom Europe u zajedničkom rasadničkom testu utvrdili slab odnos između proljetne fenologije i provenijencije, odnosno da lokalno okruženje i okruženje rasadničkog testa dominira nad potencijalnim epigenetičkim učincima koji su određeni okolišnim uvjetima na mjestima uzorkovanja.

Analizom varijance u ovom istraživanju utvrđeno je da su razlike u fenologiji listanja između klonova pojedinih populacija statistički značajne za sve faze, kao što je utvrđeno i za morfološka svojstva lista u istom klonskom arhivu (Memišević Hodžić i Ballian 2023). Najveću varijabilnost pokazale su razvojne faze 2 i 3. Do sličnih rezultata su došli i Ballian i Kajba (2015) te Cvitanović i sur. (2022).

Ukupno trajanje svih fenofaza razvoja lista u istraživanju koje su proveli Ballian i Kajba (2015) iznosilo je 22 dana za 2009. godine, a 47 dana za 2008. godinu, dok je u ovom istraživanju taj period iznosio 40 dana. Ballian (2017) navodi rezultate fenoloških promatranja topola u tri uzastopne godine (2007., 2008. i 2009. godina) u klonskom arhivu Žepče, gdje su praćene tri osnovne faze razvoja lista, gdje bi se moglo reći da faza 1 prema Ballian (2017) obuhvaća faze 1 i 2 u ovom istraživanju, faza 2 obuhvaća fazu 3 i 4 u ovom istraživanju, i faza 3 odgovara fazi 5 u ovom istraživanju. Ballian (2017) je utvrdio da postoje statistički značajne razlike između populacija porijekla klonova za sve godine. Kao početak promatranja definiran je dan tijekom kojeg je opaženo da je na terminalnom pupu primijećena određena promjena (Ballian 2017). Broj dana od početka praćenja do bubrenja pupa nije bio isti za tri promatrane godine, a autor (Ballian 2017) zaključuje da su razlog tomu temperature zraka koje su u promatranim periodima varirale kroz godine. U 2007. i 2008. godini bubrenje pupova počelo je 4.3. i to kod klonova populacija iz različitih slivova, dok se u 2009. godinu prvo bubrenje pupova pojavilo se 30.3., također kod populacija iz

**Tablica 7.** Efektivna duljina vegetacijske sezone**Table 7.** Effective duration of the vegetation period

Sliv rijeke <i>River basin</i>	Populacija/Hibrid <i>Population/Hybrid</i>	Datum prvog pojavljivanja faze 3 <i>The date of the first appearance of phase 3</i>	Datum sa 50% listova na klonovima <i>The date with 50% leaves on the clones</i>	Efektivna duljina vegetacijskog perioda (dana) <i>Effective duration of the vegetation period (days)</i>
Neretva	Konjic	20.3.	9.9.	173
	Čapljina	20.3.	18.10.	212
Bosna	Sarajevo	28.3.	9.9.	165
	Ilidža	18.4.	30.9.	165
	Visoko	20.3.	18.10.	212
	Dobrinje	20.3.	18.10.	212
	Rudnik	20.3.	30.9.	194
	Bilješevo	20.3.	30.9.	194
	Babina rijeka	20.3.	18.10.	212
	Zenica	28.3.	18.10.	204
	Maglaj	20.3.	18.10.	212
Lašva	Doboj	20.3.	18.10.	212
	Travnik	28.3.	30.9.	186
Vrba	Bugojno	8.4.	9.9.	154
	Jajce	2.4.	26.10.	207
	Podmilačje	28.3.	18.10.	204
	Krupa	2.4.	18.10.	199
	Toplice	28.3.	30.9.	186
	Banja Luka	28.3.	26.10.	212
Drina	Osanica	20.3.	30.9.	194
	Kopači	20.3.	18.10.	212
	Tegare	20.3.	18.10.	212
	Bratunac	20.3.	26.10.	220
Spreča	Lukavac	28.3.	18.10.	204
	Gračanica	20.3.	18.10.	212
	Velika Brijesnica	2.4.	26.10.	207
Hibridi	<i>P. afganica</i>	28.3.	18.10.	204
	<i>P. boleana</i>	20.3.	30.9.	194
	<i>P. deltoides 710</i>	28.3.	26.10.	212
	<i>P. deltoides S-6-20</i>	8.4.	26.10.	201
	<i>P. deltoides Sava S-6-36</i>	18.4.	18.10.	183
	<i>P. deltoides-Dunav S-1-8</i>	8.4.	26.10.	201
	<i>P. nigra var. italica</i>	28.3.	26.10.	212
	<i>P. serotina</i>	28.3.	30.9.	186
	<i>P. x canadensis -B.I constanzo</i>	2.4.	30.9.	181
	<i>P. x canadensis I-214</i>	2.4.	30.9.	181
	<i>P. x canadensis-San Marino</i>	2.4.	30.9.	181
	<i>P. x canadensis-TRIPL0</i>	8.4.	30.9.	175
	<i>P. x canadensis M1</i>	28.3.	30.9.	186
<i>P. x canadensis-Tiepolo 275/81</i>	2.4.	26.10.	207	

različitih slivova. U ovom istraživanju početak faze 1 zabilježen je najranije 14.3. i to kod klonova najvećeg broja populacija iz svih slivova, kao i hibrida. Ovo upućuje na potrebu provođenja dodatnih istraživanja fenologije i njihovog odnosa prema temperaturama, padalinama i drugim klimatskim elementima u vrijeme prolistavanja. Ludovisi i sur. (2014) pri istraživanju fenologije listanja crnih topola u dvije

uzastopne godine utvrdili su razlike od sedam dana u pojavljivanju faza između godina, dok su Fabbrini i sur. (2012) utvrdili značajnu ulogu interakcije genotip x okoliš u svim fenološkim fazama listanja klonova *Populus nigra*. Vico i sur. (2021) istraživali su fenologiju klonova topola uzgojenih na šest lokacija u baltičkoj regiji, u sjevernoj Europi tijekom dvije godine s kontrastnim klimatskim uvjetima, kako bi došli do

podataka kako klonovi reagiraju na klimatske uvjete i foto-period. Što se tiče utjecaja klimatskih uvjeta i fotoperioda, na svakoj lokaciji više temperature su unaprijedile vrijeme i povećale brzinu proljetne i jesenske fenologije, ali su smanjile efektivno trajanje vegetacijske sezone. Na različitim lokacijama, geografska širina je utjecala na vrijeme proljetne i jesenske fenologije, brzinu proljetne fenologije i efektivnu duljinu vegetacijske sezone, dok je klon utjecao samo na vrijeme fenologije (Vico i sur. 2021). Pellis i sur. (2004) istraživali su proljetnu fenologiju, duljinu vegetacijske sezone i jesenu fenologiju 17 klonova *Populus spp.* čije je porijeklo bilo od 45°30'N do 51°N. Utvrdili su sličan, jasan obrazac pucanja pupova tijekom različitih godina istraživanja za sve klonove, ali su klonovi sa 45°30'N do 49°N dostigli pucanje pupova gotovo svake godine ranije od klonova sa 50° N do 51° N.

Prema brojnim autorima, duljina efektivne vegetacijske sezone kod vrsta roda *Populus* proporcionalna je godišnjem rastu visine (Ceulemans i sur. 1992, McKown i sur. 2014, Yu i sur. 2001, Elferjani i sur. 2016, Lutter i sur. 2016). U ovom istraživanju, najkraću efektivnu duljinu vegetacijskog perioda imali su klonovi populacije Bugojno (154 dana), a najdužu klonovi *Populus boleana* i *Populus nigra* var. *italica* te klonovi populacija Čapljina (sliv rijeke Neretve); Dobrinje, Visoko, Babina rijeka, Maglaj, Doboj (sliv rijeke Bosne); Kopači i Tegare (sliv rijeke Drine).

Fenološka istraživanja topola uglavnom se odnose na otpornost topola prema kasnim proljetnim i ranim jesenjim mrazovima Ballian i Kajba, 2015, Cvitanović i sur. 2022), te prirast stabala s obzirom na duljinu trajanja vegetacijskog perioda (Ceulemans i sur. 1992, McKown i sur. 2014, Yu i sur. 2001, Elferjani i sur. 2016, Lutter i sur. 2016, Adler i sur. 2021, Karačić i sur. 2021). Tako su Adler i sur. (2021) došli do rezultata da je veća zapremina stabla bila u pozitivnoj korelaciji s kasnijim starenjem listova (jesenja fenologija), a nekorelirana s proljetnom fenologijom. Karačić i sur. (2021) navode da komercijalno korištenje topola zahtijeva klonove koji učinkovito koriste kratku sezonu rasta na sjevernim geografskim širinama, te da premještanje klonova južnog porijekla u sjeverne geografske širine ne rezultira učinkovitom uporabom vegetacijske sezone na sjeveru zbog neusklađenosti proljetne i jesenske fenologije ovih klonova na sjevernim geografskim širinama.

Nažalost, u Bosni i Hercegovini nije bilo istraživanja svojstava rasta klonova autohtonih niti hibridnih topola, te se javlja potreba za ovakvim istraživanjima kako bi se mogli usporediti rezultati fenoloških istraživanja, odnosno duljine vegetacijske sezone, i debljinskog i visinskog prirasta.

## ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Analizom varijance utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u duljini trajanja pojedinih fenofaza listanja

između klonova populacija i hibrida u klonskom arhivu crnih topola Žepče.

Populacije čiji su klonovi prvi prošli kroz sve fenofaze listanja nalaze se u slivovima svih rijeka (klonovi populacija iz sliva rijeke Bosne: Bilješevo, Rudnik, Visoko; Lašve: Travnik, Drine: Bratunac, Kopači; Neretve: Konjic, Spreče: Gračanica i Vrbasa: Banja Luka). Populacije čiji su klonovi posljednji završili razvoj lista su: Ilidža (sliv rijeke Bosne), Bugojno i Krupa (sliv rijeke Vrbas).

Do 18.10.2019. godine klonovi većine promatranih populacija su odbacili sve listove, tj. 73% od promatranih biljaka je već odbacilo listove, a do 4.11.2019. godine klonovi svih populacija su odbacili listove.

Najkraću efektivnu duljinu vegetacijskog perioda imali su klonovi populacije Bugojno (154 dana), a najdužu klonovi *Populus boleana* i *Populus nigra* var. *italica* te klonovi populacija Čapljina (sliv rijeke Neretve); Dobrinje, Visoko, Babina rijeka, Maglaj, Doboj (sliv rijeke Bosne); Kopači i Tegare (sliv rijeke Drine).

Rezultati ovog istraživanja bit će korišteni u odabiru najpovoljnijih klonova za reintrodukciju na određenom lokalitetu i za određene mikroklimatske uvjete, posebno pojavama kasnih proljetnih i ranih jesenjih mrazeva, u svrhu očuvanja autohtonog genofonda, kao i klonova hibridnih topola za osnivanje klonskih nasada.

Potrebno je nastaviti fenološka istraživanja u klonskom testu autohtonih crnih topola i hibridnih topola u Bosni i Hercegovini, kao i provesti istraživanja svojstava rasta, kako bi se mogli usporediti rezultati fenoloških istraživanja, odnosno duljine vegetacijske sezone i debljinskog i visinskog prirasta.

## LITERATURA REFERENCES

- Adler, A., Karačić, A., Wästljung, AC.R., Johansson, U., Liepins, K., Gradeckas, A., Christersson, L., 2021: Variation of growth and phenology traits in poplars planted in clonal trials in Northern Europe—implications for breeding. *Bioenerg. Res.* 14, 426–444. <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10262-8>
- Ballian D., 2017: Varijabilnost crne topole (*Populus nigra* L.) i njeno očuvanje u Bosni i Hercegovini". Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu. Str.1-205.
- Ballian D., Mekić F., 2008: Klonski arhiv Bosansko-Hercegovačkih populacija crne topole (*Populus nigra* L.) u Žepču – podizanje i upotreba klonskog materijala. *Naše šume*, 12/13 :16-24.
- Ballian, D., 2004: The status of Black and White Poplar (*Populus nigra* L., *Populus alba* L.) in Bosnia and Herzegovina, In *Populus nigra* Network. Report of the 8th *Populus nigra* Network Meeting, Frankfurt (Oder)/Treppehn. IPGRI, Italy, str. 17-20. Rome.
- Ballian, D., Kajba, D., 2015: Phenological reserches of black poplars (*Populus nigra* L.) in clonal archives Žepče. *Botanical science in the modern world. Proceedings of Internacional Conference, dedicated to the 80th anniversary of the Yereven Botanical Garden.* (5-9.10.2015). Str.: 266-273.



- Ceulemans, R., Scarascia-Mugnozza, G., Wiard, B.M., Braatne, J.H., Hinckley, T.M., Stettler, R.F., Isebrands, J.G., Heilman, P.E., 1992: Production physiology and morphology of *Populus* species and their hybrids grown under short rotation. I. Clonal comparisons of 4-year growth and phenology. *Can J For Res* 22(12):1937–1948. <https://doi.org/10.1139/x92-253>
- Cvitanović, M., Vehabović, S., Memišević Hodžić, M., Ballian, D., 2021: Fenološka kretanja u klonskom testu hibridnih topola u Žepču/Phenological developments in the clone test of hybrid poplars in Žepče. *Naše šume* 64-65, pp. 15-22.
- Čortan, D., Šijačić-Nikolić, M., Knežević, R., 2013: Variability of leaves morphological traits in black poplar (*Populus nigra* L.) from two populations in Vojvodina, *Šumarstvo (Forestry)* 65 (3-4), 193-202.
- Čortan, D., Šijačić-Nikolić, M., Knežević, R., 2014: Variability of morphometric leaf characteristics of Black poplar from the area of Vojvodina, *Bulletin of the Faculty of Forestry* 109, 63-72.
- Čortan, D., Tubić, B., Šijačić-Nikolić, M., Borota, D., 2015: Morfološka varijabilnost listova crne topole (*Populus nigra* L.) na području Vojvodine, Srbija. *Šumarski list*, 5/6:245-252
- Dickmann, D.I., Kuzovkina, J., 2014: Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species. In: Isebrands JG, Richardson J (eds) *Poplars and willows: trees for society and the environment*. CABI Publishers, Oxford, pp 8–91
- Ducci, F., De Cuyper, B., Proietti, R., E. Pâques, L., Wolf, H., 2012. Reference protocols for assessment of traits and reference genotypes to be used as standards in international research projects. *CRA SEL – Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura*. 1-86.
- Elferjani, R., DesRochers, A., Tremblay, F., 2016: Plasticity of bud phenology and photosynthetic capacity in hybrid poplar plantations along a latitudinal gradient in northeastern Canada. *Environ Exp Bot* 125:67–76. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.01.007>
- Fabbrini, F., Gaudet, M., Bastien, C., Zaina, G., Harfouche, A., Beritognolo, I., Marron, N., Morgante, M., Scarascia-Mugnozza, G., Sabatti, M., 2012: Phenotypic plasticity, QTL mapping and genomic characterization of bud set in black poplar. *BMC plant biology*. 12. 47. [10.1186/1471-2229-12-47](https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-47).
- Gunderson, C.A., Edwards, N.T., Walker, A.V., O'Hara, K.H., Champion, C.M., Hanson, P.J., 2012: Forest phenology and a warmer climate – growing season extension in relation to climatic provenance. *Glob. Chang. Biol.* 18(6):2008–2025. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02632.x>
- Kaldewey, P., Díez Rodríguez, B., Opgenoorth, L., Heer, K., 2019: Bud burst phenology of clonal *Populus nigra* cv. 'Italica' in a common garden experiment. Conference: GfÖ Annual Meeting 2019
- Karačić, A., Adler, A., Weih, M., Christersson, L., 2021: An Analysis of Poplar Growth and Quality Traits to Facilitate Identification of Climate-Adapted Plant Material for Sweden. *Bioenerg. Res.* 14, 409–425. <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10210-y>
- Koskela, J., de Vries, S.M.G., Kajba, D., von Wühlisch, G. (comps.), 2004: *Populus nigra* Network, 131 p.
- Ludovisi, R., Gaudet M., Fabbrini, F., Bastien, C., Harfouche, A., Scarascia Mugnozza, G., Sabatti, M., 2014: Influence of temperature on bud flush phenology in *Populus nigra* : a comparison between two growing seasons. International Poplar Symposium (IPS-VI), Jul 2014, Vancouver, British Columbia, Canada. 2014, IPS VI. [10.1139/ips-vi-01268614f](https://doi.org/10.1139/ips-vi-01268614f)
- Lutter, R., Tullus, A., Tullus, T., Tullus, H., 2016: Spring and autumn phenology of hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.) genotypes of different geographic origin in hemiboreal Estonia. *New Zealand J For Sci* 46:20. [doi:https://doi.org/10.1186/s40490-016-0078-7](https://doi.org/10.1186/s40490-016-0078-7)
- McKown, A.D., Guy, R.D., Klápště, J., Geraldes, A., Friedman, n, M., Cronk, Q.C., El-Kassaby Y.A., Mansfield, S.D., Douglas, C.J., 2014: Geographical and environmental gradients shape phenotypic trait variation and genetic structure in *Populus trichocarpa*. *New Phytol* 201(4):1263–1276. <https://doi.org/10.1111/nph.12601>
- Memišević Hodžić, M., Ballian, D. 2023: Varijabilnost morfoloških svojstava listova europske crne topole i hibridnih crnih topola u klonskom arhivu u Žepču/Variability of leaf morphological traits of European black poplar and hybrid black poplars in the clone archive in Žepče. *Šumarski list*, 1-2 (2023): 53-64, <https://doi.org/10.31298/sl.147.1-2.4>
- Muffler, L., Beierkuhnlein, C., Aas, G., Jentsch, A., Schweiger, A.H., Zohner, C., Kreyling, J., 2016: Distribution ranges and spring phenology explain late frost sensitivity in 170 woody plants from the Northern Hemisphere. *Glob Ecol Biogeogr* 25(9):1061–1071. <https://doi.org/10.1111/geb.12466>
- Pellis, A., Laureysens, I., Ceulemans, R., 2004: Genetic variation of the bud and leaf phenology of seventeen poplar clones in a short rotation coppice culture. *Plant Biol (Stuttg)*. 2004 Jan-Feb; 6(1):38-46. [doi: 10.1055/s-2003-44746](https://doi.org/10.1055/s-2003-44746). PMID: 15095133.
- Sparks, T., Menzel, A., 2013: Plant Phenology Changes and Climate Change, Editor(s): Simon A Levin, *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*, Academic Press, Pages 103-108, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00229-X> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012384719500229X>)
- Vanden Broeck, A., Cox, K., Quataert, P., Bockstaele, E.V., Slycken, J.V., 2003: Flowering Phenology of *Populus nigra* L., *P. nigra* cv. *italica* and *P. x canadensis* Moench. and the Potential for Natural Hybridisation in Belgium. *Silvae Genetica* 52, 5-6
- Vanden Broeck, A., Cox, K., Brys, R., Castiglione, S., Ciatelli, A., Guarino, F., Heinze, B., Steenackers, M., Vander Mijnsbrugge, K., 2018: Variability in DNA Methylation and Generational Plasticity in the Lombardy Poplar, a Single Genotype Worldwide Distributed Since the Eighteenth Century. *Front. Plant Sci.* 9:1635.
- Vanden Broeck, A., 2003: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Vico, G., Karacic, A., Adler, A., Richards, T., Weih, M., 2021: Consistent Poplar Clone Ranking Based on Leaf Phenology and Temperature Along a Latitudinal and Climatic Gradient in Northern Europe. *BioEnergy Research* (2021) 14:445–459. <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10249-5>
- Yu, Q., Tigerstedt, P., Haapanen, M., 2001: Growth and phenology of hybrid aspen clones (*Populus tremula* L. x *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fenn* 35(1):15–25. <https://doi.org/10.14214/sf.600>

## SUMMARY

Black poplar (*Populus nigra* L.) is a species growing in flood forests and today it is one of the most endangered species in Europe. In Bosnia and Herzegovina, there is significant area of unused land suitable for the reintroduction of autochthonous black poplar and the establishment of intensive and extensive plantations of hybrid and American black poplar. This research aims to determine the beginning and the end of the phenological phases of leafing, as well as the winter retention of leaves, which will help in the selection of suitable clones for the establishment of plantations in Bosnia and Herzegovina.

The material of 161 clones of autochthonous black poplars from 26 populations from the basins of 6 rivers, and 11 clones of production hybrid poplars (Euro-American or Canadian) and American black poplars was analyzed. The clones were located in the clonal archive in Žepče, which was established in 2006. Leafing phenology was observed from March 15 to April 22, 2019, and during six phenological phases: 0 - dormant bud, 1 - cracked bud, 2 - bud breaking through, 3 - bud open, leaves gathered, 4 - leaves separate, 5 - leaves fully developed. The retention of the leaves was monitored from August 30 to November 4, 2019, and evaluated in three categories: 1 - all leaves on the tree are present, 2 - 50% of the leaves are left on the tree, 3 - there are no leaves left on the tree.

Analysis of variance showed statistically significant differences between clones from different populations for the duration of the leafing phenological phases. Phenological phase 1 (buds breaking through) occurred at the earliest on March 14 and phase 5 (fully open leaves) no earlier than April 8. The results of leaf retention show that on November 4 all clones in the clonal archive fully rejected the leaves. The shortest effective length of the vegetation period had the clones of the Bugojno population (154 days), and the longest the clones of *Populus boleana* and *Populus nigra* var. *italica* and clones of the Čapljina population (Neretva river basin). Dobrinje, Visoko, Babina Rijeka, Maglaj, Dobož (Bosna river basin), Kopači and Tegare (Drina river basin).

The results of this research will be used in the selection of the most suitable clones for reintroduction in a specific locality and for specific microclimatic conditions, especially the occurrence of late spring and early autumn frosts, for the purpose of preserving the autochthonous gene pool, as well as clones of hybrid poplars for the establishment of clonal plantations.

It is necessary to continue phenological research in the clonal test of autochthonous black poplars and hybrid poplars in Bosnia and Herzegovina, as well as to conduct research on growth properties in order to be able to compare the results of phenological research, i.e. the length of the growing season, as well as thickness and height growth.

---

**KEY WORDS:** black poplars, clonal archive, leaf phenology, winter leaf retention

# BROWN BEAR (*Ursus Arctos* L.) DISTRIBUTION MODEL IN EUROPE: CURRENT SITUATION AND THE POTENTIAL ROLE OF CLIMATE CHANGE

## RASPROSTRANJENOST SMEĐEG MEDVJEDA (*Ursus arctos* L.) U EUROPI: TRENUTNO STANJE I UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA

Ahmet ACARER<sup>1\*</sup>

### SUMMARY

The brown bear has a large body and it is described as the largest carnivore in Europe. While the brown bear can move safely and comfortably in its own habitat thanks to its large size, it is challenging for it to travel to different habitats over long distances. Therefore, negative changes that may occur with global warming may cause the existing brown bear populations and their habitats to be restricted, reduced, or destroyed. The aim of this study was to reveal the effect of Chelsa climate envelope models for current and future years on brown bear habitats in Europe. For this purpose, the MaxEnt method was used, which is frequently used in wildlife species distribution modelling. The current habitat suitability model of the brown bear was in the “good model” category with the training data set ROC value of 0.834 and the test data set ROC value of 0.828. The variables contributing to the current model are annual range of temperature (48.2%), mean monthly precipitation amount of the warmest quarter (22.1%), temperature seasonality (18.2%) and annual precipitation amount (11.5%), respectively. When the mapping results using the variables contributed to the brown bear current habitat suitability model are compared with the IUCN inventory results, the current brown bear habitats in Europe will change regionally. However, it was determined that brown bear habitats will shrink according to the SSP126 Chelsa climate scenario for the year 2100, and these habitats will fragment according to the SSP370 scenario, as well as that brown bear habitats will disappear in some regions in the SSP585 scenario.

**KEY WORDS:** brown bear, climate change, maximum entropy, modelling and mapping, wildlife management

### INTRODUCTION

#### UVOD

Today, there are eight known species belonging to the *Ursidae* family throughout the world: *Ailuropoda melanoleuca*, *Helarctos malayanus*, *Melursus ursinus*, *Tremarctos ornatus*, *Ursus thibetanus*, *Ursus maritimus*, *Ursus americanus* and *Ursus arctos* (Servheen et al., 1998). The brown bear is the most endangered species between them (Süel, 2019). Com-

pared to other bear species distributed in the world, the brown bear has the widest distribution (Cihan, 2007). Although it is generally distributed extensively in Asia and North America, it is also distributed throughout Europe (Pasitschniak-Arts, 1993; McLellan et al., 2017). Therefore, the food preference of the brown bear varies both temporally and spatially depending on the location (Clevenger et al., 1992; Munro et al., 2006).

<sup>1</sup> Assist. prof. Ahmet Acarer, PhD, Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Wildlife Ecology and Management, Türkiye

\*Corresponding adress: aacarer32@gmail.com

The brown bear, being a large carnivore in nature (Bojarska and Selva, 2012), constantly interacts with humans to meet its nutritional needs. Also, humans have always preferred eating brown bear meat or using its fat as an ointment in hunting activities (Loon and Georgette, 1989). In Europe, the brown bear is fully protected in 12 different countries and is considered a hunting species in 6 countries (Swenson et al., 2000; Zedrosser et al., 2001). Such anthropogenic hazards narrowed the brown bear existing habitats and negatively affected population continuity. In addition, changing climatic conditions are likely to affect the brown bear's nutrition directly or indirectly, as well as its shelter, habitat preference and torpor process (Ashrafzadeh et al., 2023). It has been stated that according to some climate scenarios, the brown bear will also be affected by global warming (Dar et al., 2021). Therefore, to effectively protect the brown bear under climate change, conservation efforts aimed at identifying and improving climatically suitable habitats should be prioritized (Hannah et al., 2007).

Global climate models help to perform statistical analyses depending on climate. Although evaluating these models and obtaining the results is a complex process, it is an effective way to take protective and management measures (Hartmann, 2015; Pottier et al., 2017). Different climate models are available to predict suitable habitats for the future. One of such climate models is CHELSA climate model, an up-to-date data repository in terms of land surface areas (Karger et al., 2017). The problem of other climate models is low resolution, while Chelsa climate models stand out with their very high resolution (Brun et al., 2022). It has also been stated that species distribution modelling predictions with high-resolution Chelsa climate scenarios are more reliable and accurate (Morales-Barbero and Vega-Alvarez, 2019). The preference of Chelsa climate variables for modelling and predicting current and future brown bear distribution in Europe at a fine scale (habitat suitability) support this choice.

Species distribution modelling methods (SDMs) are divided into two groups of methods: mechanistic and correlative. Mechanistic methods require ecophysiological characteristics of the target species, which are difficult to obtain. There is no need for such information in correlative methods, which are divided into two groups: separation (working with present-absent data) and profile (working only with present data) techniques (Engler et al., 2004; Özkan, 2012). Obtaining new and reliable absence data in wildlife studies requires a long time and high costs. Therefore, presence data of the target species are more important in wildlife modelling and mapping studies. In this context, Maximum Entropy (*MaxEnt*) software that provides accurate and reliable data with the least amount of data proved as a useful tool (Phillips et al., 2006; Elith et al., 2011).

*MaxEnt* is a software that determines the features needed by the target species using the presence data, while estimating the suitability level for the entire area according to the numerical values of environmental variables in the area (Phillips et al., 2004). Additionally, *MaxEnt* provides the opportunity to work with both categorical and continuous data. Therefore, by determining vegetation and environmental impact, it reveals the impact of factors such as human interaction with wildlife and climate envelope models on target species (Kıraç, 2021; Kıraç et al., 2022).

This study aimed to determine the potential habitat suitability of the brown bear, which has a lower population density in Europe compared to North America and Asia, under the effect of climate change. For this purpose, maximum entropy method was used for potential habitat suitability mapping of the brown bear according to different Chelsa climate scenarios (IPSL-CM6A-LR SSP126-SSP370-SSP585) for the future (2100) and the current (2010) year.

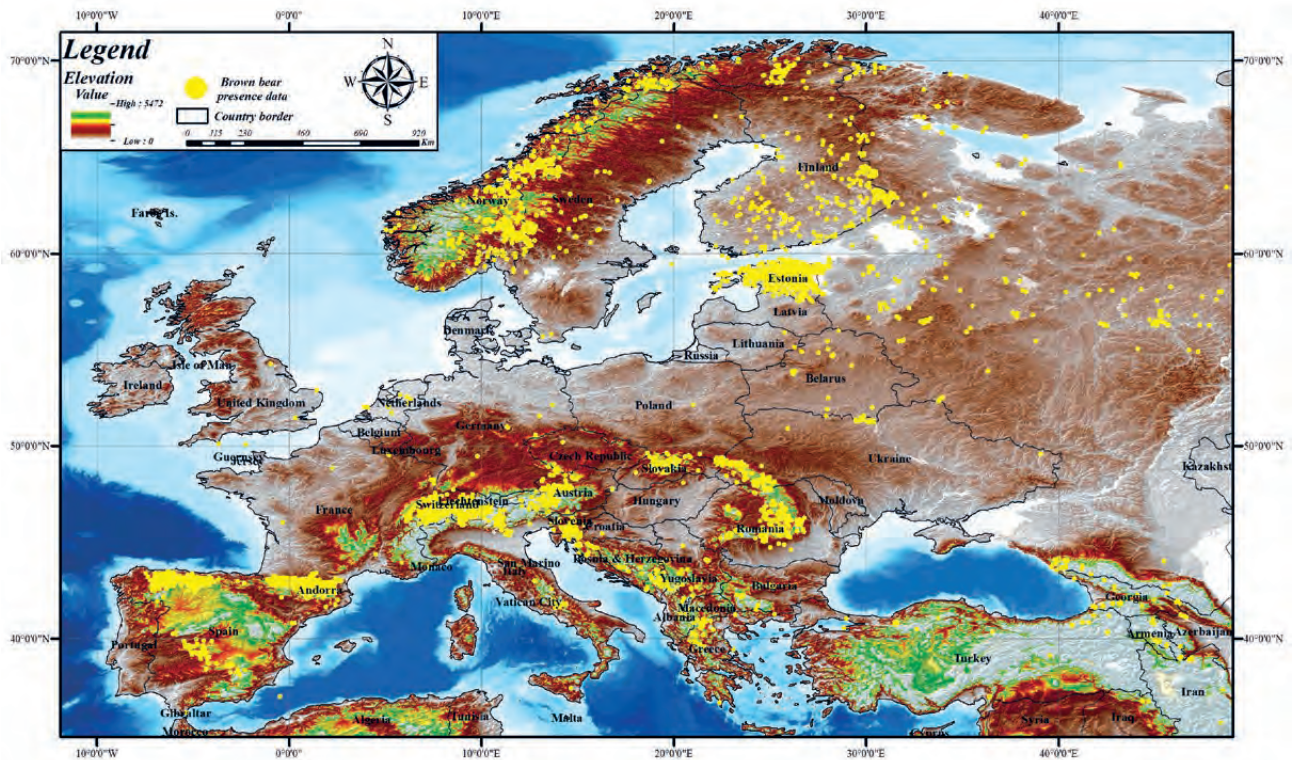
## MATERIALS AND METHODS MATERIJALI I METODE

### Study area – Područje istraživanja

Brown bears, which are described as large carnivores, are moving creatures (Morales-González et al., 2020). The brown bear is widely distributed across geographical areas from North America to Eurasia (Matsushashi et al., 2001). However, while brown bear distribution has become endangered in some areas of Europe, it has an extant distribution in other regions. The fact that the habitats of the brown bear are limited to certain areas prevents population growth and causes population loss rates to increase (Zedrosser et al., 2001). In addition, changing climate conditions may cause the existing habitats of the brown bear to shrink, fragment or disappear (Su et al., 2018). In this context, the study area was established in Europe (Fig. 1), where brown bear distribution is thought to be more affected by changing climatic conditions than it is in other continents or regions in the world (Sommer and Benecke, 2005).

### Brown bear data collection – Prikupljanje podataka o smeđem medvjedu

To fill the gap of climate change impact on brown bear distributed in Europe and to improve the existing knowledge, data were obtained from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) data infrastructure to acquire presence data on the target species. Brown bear presence data downloaded from the GBIF database, which is funded by world governments and provides open access to species living on Earth, was resized to a global scale according to the study area boundary (GBIF, 2024). Data related to the spatial distribution of the 9,857 registered brown bear individuals within the borders of the study area are shown in yellow (Fig. 1).



**Figure 1.** Europe regions and brown bear presence data  
**Slika 1.** Prisutnost smeđeg medvjeda u europskim regijama

### Chelsa bioclimatic variables – Klimatske varijable Chelsa

The current Chelsa climate data (Bio1 to Bio19, for period 1981–2010) were downloaded from version 2.1 (30 arc seconds or ~1 km) of the Chelsa climate website (<https://chelsa-climate.org/>, Karger et al. 2017). Chelsa climate variable definitions are given in Table 1. Version 2.1 of the high-resolution Chelsa climate model included IPSL-CM6A-LR (30 arc seconds or ~1 km) based data for 19 bioclimatic variables and climate projections for the future (year 2100) (Karger et al., 2020). These data sets, which are accessible on a global scale, were optimized according to the size of the European study area and converted to Ascii format with the help of ArcMap 10.8.

### Brown bear habitat suitability modelling and mapping (maximum entropy) – Modeliranje i mapiranje prikladnosti staništa smeđeg medvjeda (maksimalna entropija)

Maximum entropy (*MaxEnt*) is a probability calculation method that estimates suitable and unsuitable areas of the dependent variable by using only presence data in wildlife studies (Phillips et al., 2006; Baldwin, 2009). To perform prediction analysis and reveal suitable habitats for the target species, *MaxEnt* calculates two different probability densities. The first of these characterizes the areas where presence data of the target species are available. Secondly,

the probability density calculates habitat suitability for background points. Then, *MaxEnt* calculates the difference between these two probability densities and gives the relative environmental suitability for each presence data (Dudík et al., 2007). By characterizing the suitable habitats for each presence data obtained throughout the entire area, it produces a habitat suitability mapping output for the entire area (Elith et al., 2011).

*MaxEnt* has the advantages of being one of the methods that gives results with the highest explanation margin and is able to produce model results with high data validity at least (Hernandez et al., 2006). By working with both categorical and continuous data, *MaxEnt* reveals the effects of factors such as environmental variables, vegetation differences and human impact on wildlife (Phillips et al., 2004; Wisz et al., 2008). In addition, *MaxEnt* is frequently preferred in wildlife conservation, development, and planning studies because it allows simulating the effects of changing climate conditions on wild animal species. Therefore, *MaxEnt* 3.4.4 software was used to estimate the climate conditions that limit the brown bear current habitat and compare the current habitat with future Chelsa climate scenarios (Phillips, 2008).

As with every habitat suitability model, the accuracy of the model outputs obtained with the *MaxEnt* method must be checked. For the *MaxEnt* method, the contribution and value results of the Receiver Operating Characteristic (ROC) and Jackknife graphs need to be examined. There are two

**Table 1.** Chelsa climate variables  
**Tablica 1.** Klimatske varijable Chelsa

Shortname <i>Kratko ime</i>	Longname <i>Dugo ime</i>	Unit <i>Jedinica</i>	Scale <i>Skala</i>	Offset <i>Pomaci</i>
Bio1	Mean diurnal air temperature – <i>Srednja dnevna temperatura zraka</i>	°C	0.1	–273.15
Bio2	Mean annual air temperature range – <i>Raspon srednje godišnje temperature zraka</i>	°C	0.1	0
Bio3	Isothermality – <i>Izotermnost</i>	°C	0.1	0
Bio4	Temperature seasonality – <i>Sezonalnost temperature</i>	°C/100	0.1	0
Bio5	Mean daily maximum air temperature of the warmest month – <i>Srednja maksimalna dnevna temperatura zraka najtoplijeg mjeseca</i>	°C	0.1	–273.15
Bio6	Mean daily minimum air temperature of the coldest month – <i>Srednja dnevna minimalna temperatura zraka najhladnijeg mjeseca</i>	°C	0.1	–273.15
Bio7	Annual range of temperature – <i>Godišnji raspon temperature</i>	°C	0.1	0
Bio8	Mean daily air temperatures of the wettest quarter – <i>Srednje srednje dnevne temperature zraka najvlažnijeg tromjesečja</i>	°C	0.1	–273.15
Bio9	Mean daily air temperatures of the driest quarter – <i>Srednje dnevne srednje temperature zraka najsušeg tromjesečja</i>	°C	0.1	–273.15
Bio10	Mean daily air temperatures of the warmest quarter – <i>Srednje dnevne temperature zraka najtoplijeg tromjesečja</i>	°C	0.1	–273.15
Bio11	Mean daily air temperatures of the coldest quarter – <i>Srednje dnevne temperature zraka najhladnijeg tromjesečja</i>	°C	0.1	–273.15
Bio12	Annual precipitation amount – <i>Godišnja količina padalina</i>	Kg m <sup>-2</sup> year <sup>-1</sup>	0.1	0
Bio13	Precipitation amount of the wettest month – <i>Količina padalina najkišovitijeg mjeseca</i>	Kg m <sup>-2</sup> month <sup>-1</sup>	0.1	0
Bio14	Precipitation amount of the driest month – <i>Količina padalina najsušeg mjeseca</i>	Kg m <sup>-2</sup> month <sup>-1</sup>	0.1	0
Bio15	Precipitation seasonality – <i>Sezonalnost padalina</i>	Kg m <sup>-2</sup>	0.1	0
Bio16	Mean monthly precipitation amount of the wettest quarter – <i>Srednja mjesečna količina padalina najkišovitijeg tromjesečja</i>	Kg m <sup>-2</sup> month <sup>-1</sup>	0.1	0
Bio17	Mean monthly precipitation amount of the driest quarter – <i>Srednja mjesečna količina padalina najsušeg tromjesečja</i>	Kg m <sup>-2</sup> month <sup>-1</sup>	0.1	0
Bio18	Mean monthly precipitation amount of the warmest quarter – <i>Srednja mjesečna količina padalina najtoplijeg tromjesečja</i>	Kg m <sup>-2</sup> month <sup>-1</sup>	0.1	0
Bio19	Mean monthly precipitation amount of the coldest quarter – <i>Srednja mjesečna količina padalina najhladnijeg tromjesečja</i>	Kg m <sup>-2</sup> month <sup>-1</sup>	0.1	0

\*\*\*The data presented in the CHELSA database include values transformed using scale and offset values. This transformation is done by multiplying the value with the scale value and adding it to the offset value. For example, the value 8000 for Bio4 corresponds to  $(8000 / 100) \times 0.1 + (0) = 8^\circ\text{C}$ .

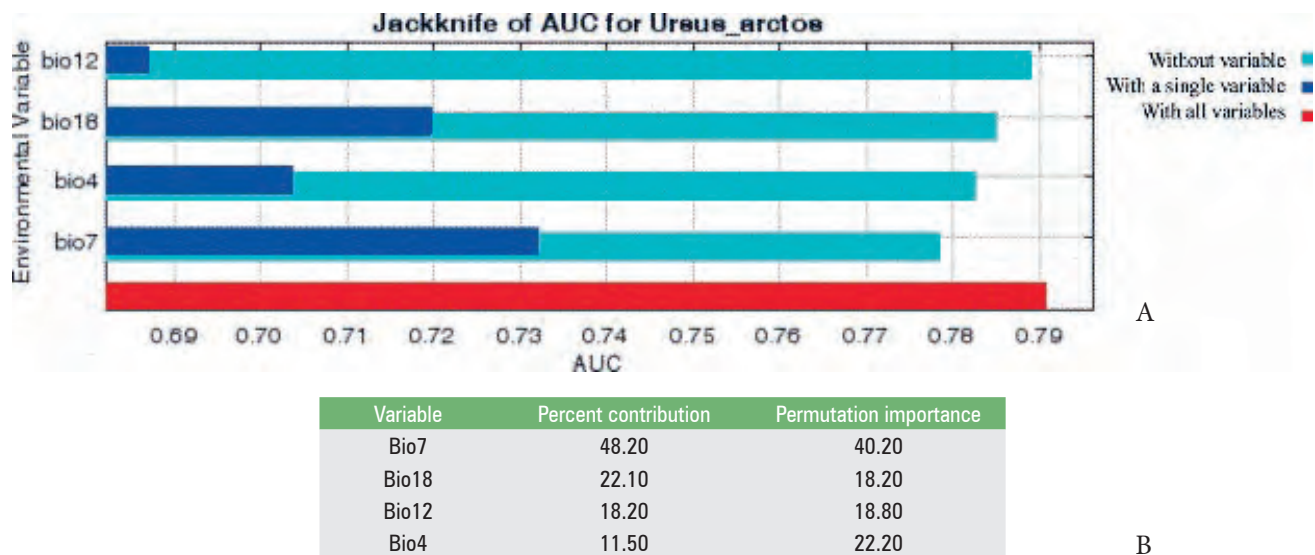
\*\*\*Podaci prikazani u bazi podataka CHELSA uključuju vrijednosti transformirane pomoću vrijednosti skale i pomaka. Ova se transformacija provodi množenjem vrijednosti s vrijednošću skale i njenim dodavanjem vrijednosti pomaka. Na primjer, vrijednost 8000 za Bio4 odgovara  $(8000 / 100) \times 0,1 + (0) = 8^\circ\text{C}$ .

different methods for examining ROC values (Baldwin, 2009). The first is that the training value of the repetitions of the obtained model is the highest. The other is that the difference between the training and test data values between iterations is the lowest and the test data value is not higher than the training data set value. Classification is based on training and test data set values:  $0.9 < \text{ROC}$  is categorized as “very good”,  $0.7 < \text{ROC} < 0.89$  is categorized as “good”, and  $\text{ROC} < 0.69$  is categorized as “uninformative” (Baldwin, 2009). In the Jackknife chart, it should be ensured that the individual contribution of the particular variables contributing to the model does not exceed the contribution to the entire model.

## RESULTS REZULTATI

### Most significant representative Chelsa climate variables on brown bear distribution – *Najznačajnije reprezentativne klimatske varijable Chelsa o distribuciji smeđeg medvjeda*

Statistical analyses were carried out before starting the current and future habitat suitability modelling studies of the brown bear distributed in Europe. Pearson’s correlation analysis was applied to 19 variables to see whether there was a high correlation between Chelsa climate variables. Elimination was made among Chelsa climate variables with



**Figure 2.** Chelsa climate variables that contribute to the formation of the model A) Jackknife AUC chart B) Percentage contribution and permutation importance for the Jackknife chart

**Slika 2.** Klimatske varijable Chelsa koje pridonose formiranju modela A) Jackknife AUC grafikon B) Postotni doprinos i važnost permutacije za Jackknife grafikon

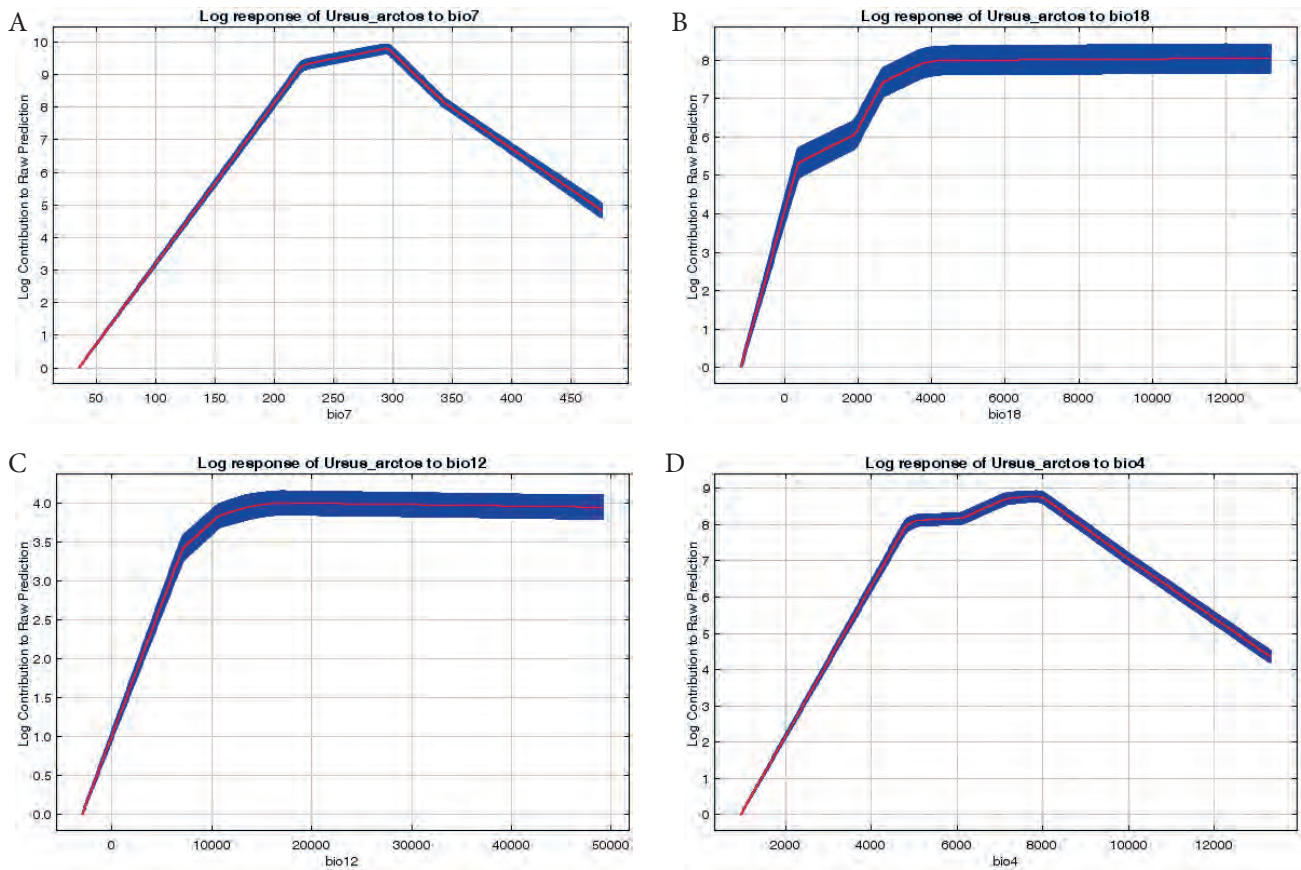
high Pearson's correlation value ( $0.8 < r$ ). According to the correlation analysis and elimination method results, 7 variables were found to have high correlations on the brown bear distribution. According to the correlation analysis and elimination method results, 7 variables (Bio3, Bio5, Bio8, Bio9, Bio10, Bio16, Bio17) were found to have high correlations on the brown bear distribution and were not included in the modelling. "GCS\_WGS\_84" coordinate system was assigned to 12 different Chelsa climate variables independent of each other on the brown bear distribution. They were converted to Ascii format and the modelling phase was started.

### **Brown bear current habitat suitability modelling and mapping – Modeliranje i mapiranje prikladnosti trenutnog staništa smeđeg medvjeda**

The current habitat suitability mapping of the brown bear distributed in the large-scale study area has started the modelling phase with 12 different climatic variables and 9,857 presence data. The cross-validation method was preferred by separating 90% of the training data and 10% of the test data in the modelling process. In this regard, a total of 9,857 presence data obtained for the target species were processed and 500 iterations were applied. The modelling process was repeated until at least two different climate variables remained among the representative variables. According to these classifications, 38 different habitat suitability models have been put forward for current habitat suitability mapping of the brown bear. When the obtained models were evaluated according to the accuracy criteria, the training data ROC value was 0.834 and the test data ROC value was 0.828, which was the good model. The standard devia-

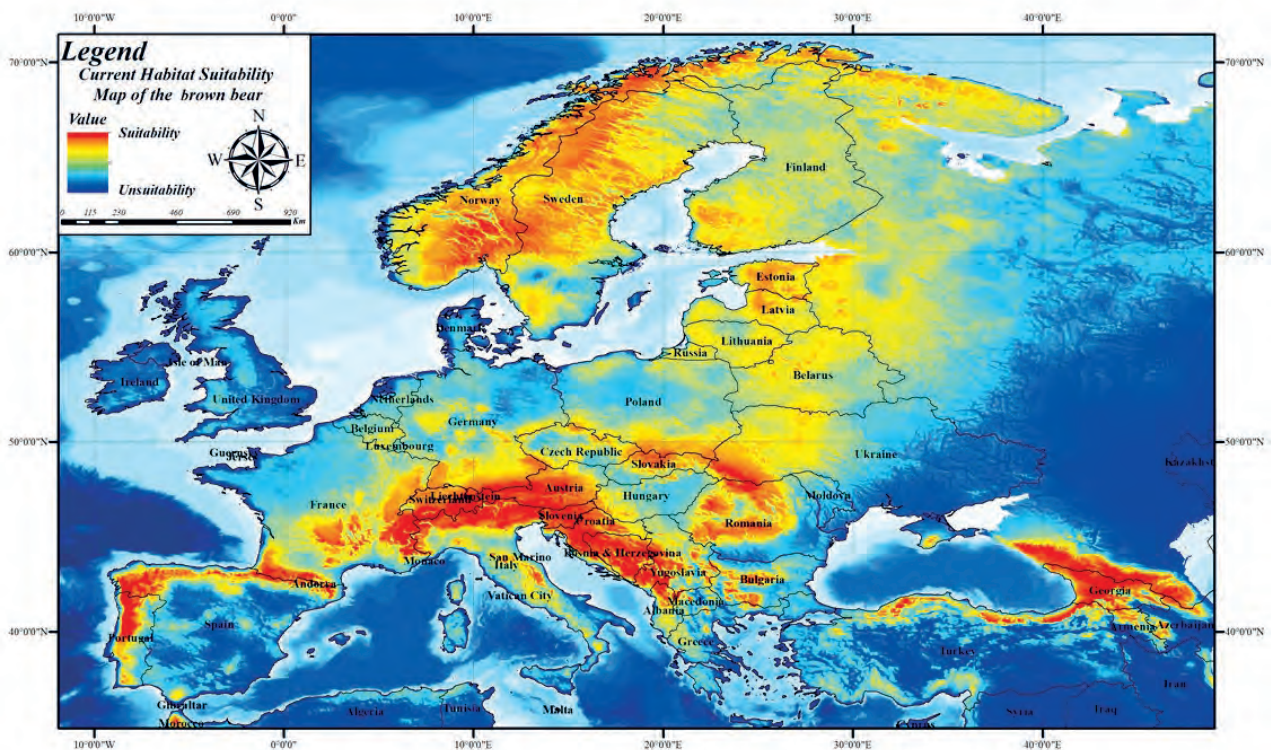
tion of the model was 0.008. The model was classified in the "good model" category according to the Baldwin (2009) classification. Variables contributing to the model are annual range of temperature (Bio7), mean monthly precipitation amount of the warmest quarter (Bio18), temperature seasonality (Bio4) and annual precipitation amount (Bio12), according to the Jackknife AUC chart (Fig. 2A). The percentage contribution and permutation importance of the variables forming the model for the Jackknife AUC chart were determined (Fig. 2B).

Marginal responder curve graphs of the variables contributing to the model need to be examined. When the annual temperature range graph is examined, which contributes the most to the model, the probability of the brown bear's presence is high in areas where the annual average temperature range within the area is up to 29.6°C (Fig. 3A). The probability of the brown bear's presence in areas where the annual temperature range exceeds this value has a low relationship. The probability of the brown bear's presence is high in areas where the mean monthly precipitation amount of the warmest quarter is 0-400 mm (Fig. 3B), and the annual precipitation amount is 1200 mm (Fig. 3C). It has been determined that the probability of the brown bear's presence is lower in areas with higher precipitation related to Chelsa climate variable values. The changing seasonal temperature value results that contribute the least to the model were calculated according to the Chelsa formula. It was determined that the brown bear has a high probability of being present in areas where the seasonal temperature is around 8°C, while in areas below this value there is a low probability of its presence (Fig. 3D).



**Figure 3.** Contributing to the brown bear current habitat suitability modelling **A)** Annual range of temperature graph, **B)** Mean monthly precipitation amount of the warmest quarter graph, **C)** Temperature seasonality graph, **D)** Annual precipitation amount graph

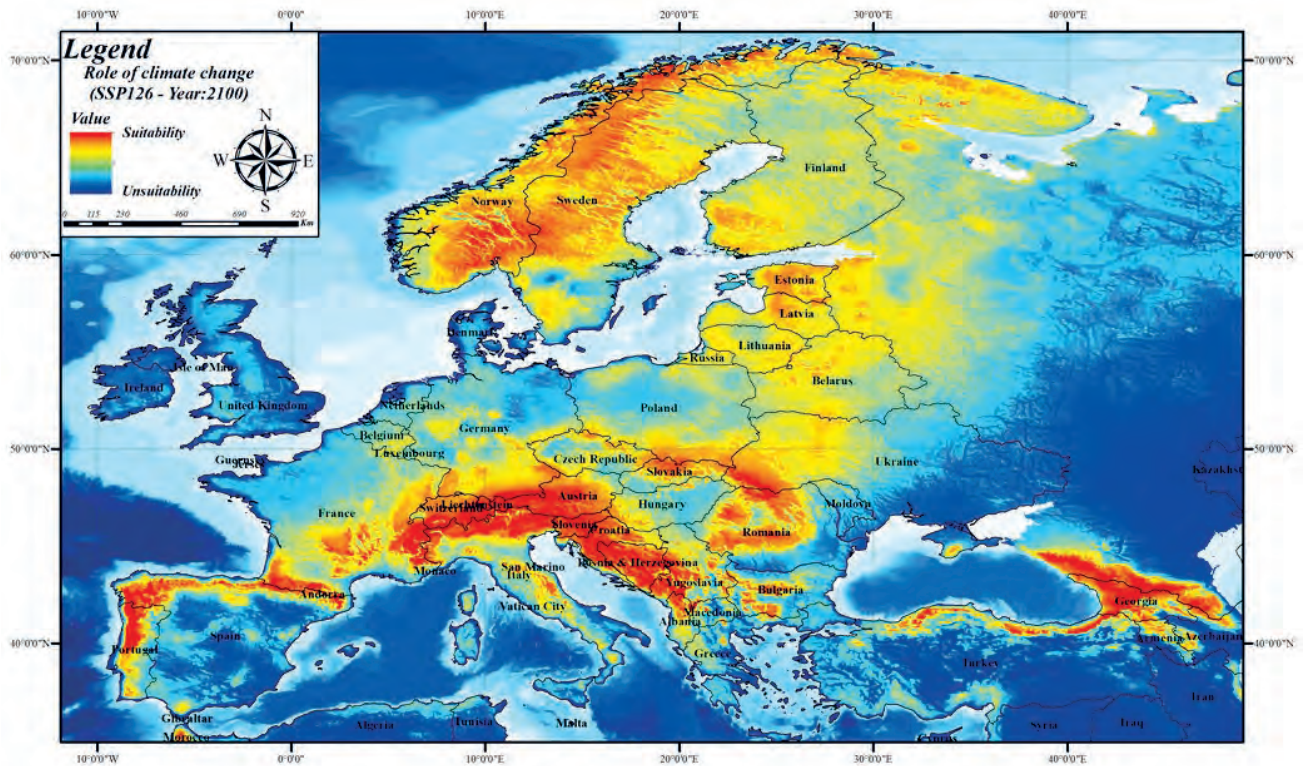
**Slika 3.** Doprinos modeliranju prikladnosti trenutnog staništa smeđeg medvjeda **A)** Grafikon godišnjeg raspona temperature, **B)** Grafikon srednje mjesečne količine padalina najtoplijeg tromjesečja, **C)** Grafikon sezonalnosti temperature, **D)** Grafikon godišnje količine padalina



**Figure 4.** Current habitat suitability mapping of the brown bear in Europe

**Slika 4.** Trenutno mapiranje prikladnosti staništa smeđeg medvjeda u Europi





**Figure 5.** Habitat suitability mapping of the brown bear in Europe according to 2100 Chelsa climate (Future model 1: SSP126)  
**Slika 5.** Mapiranje prikladnosti staništa smeđeg medvjeda u Europi prema modelu Chelsa 2100. (Budući model 1: SSP126)

According to the results of the variable values which contribute to the model, the current habitat suitability map of the brown bear was created. When this habitat suitability mapping is examined, brown bear shows high habitat suitability in almost all geographical regions of countries such as Austria, Slovenia, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Norway, Sweden, Estonia, Latvia, and Georgia. In addition to these countries, high habitat suitability for the brown bear has been determined in regions such as the Black Sea and Mediterranean regions of Turkey, the northern region of Spain, the west of Portugal, the south of France, the south of Germany, the south of Finland, and the north of Italy. In addition, high habitat suitability for the brown bear has been determined in the corridor region between the borders of Romania, Ukraine, Slovakia, and Poland (Fig. 4).

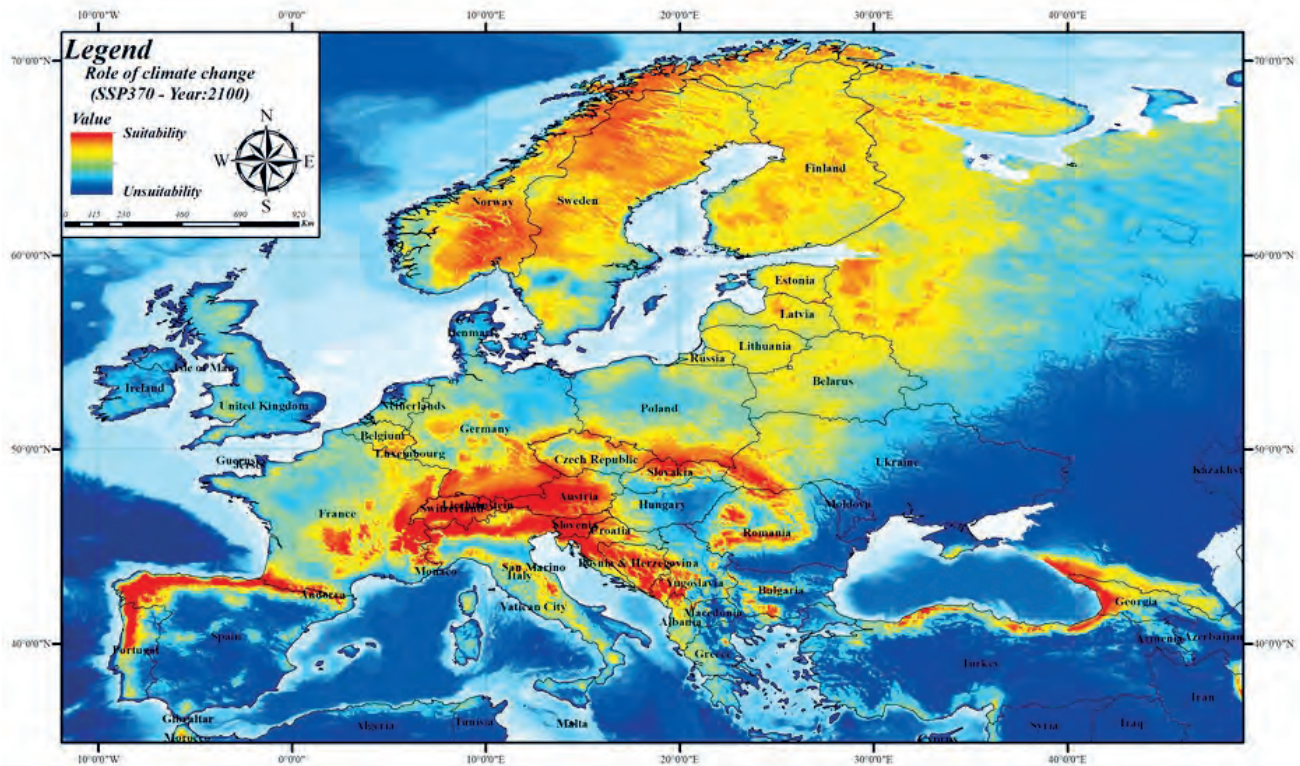
#### **Brown bear future habitat suitability mapping – Mapiranje prikladnosti budućeg staništa smeđeg medvjeda**

A simulated analysis was performed with different Chelsa climate scenarios (SSP126-SSP370-SSP585) for the year 2100 based on variables contributing to the brown bear current habitat suitability model. Model results simulated for the year 2100 SSP126 Chelsa scenario revealed that, unlike current habitat suitability modelling, there is a general shrinkage in brown bear habitats (Fig. 5). According to the Chelsa climate envelope model 2100 SSP370 scenario, it

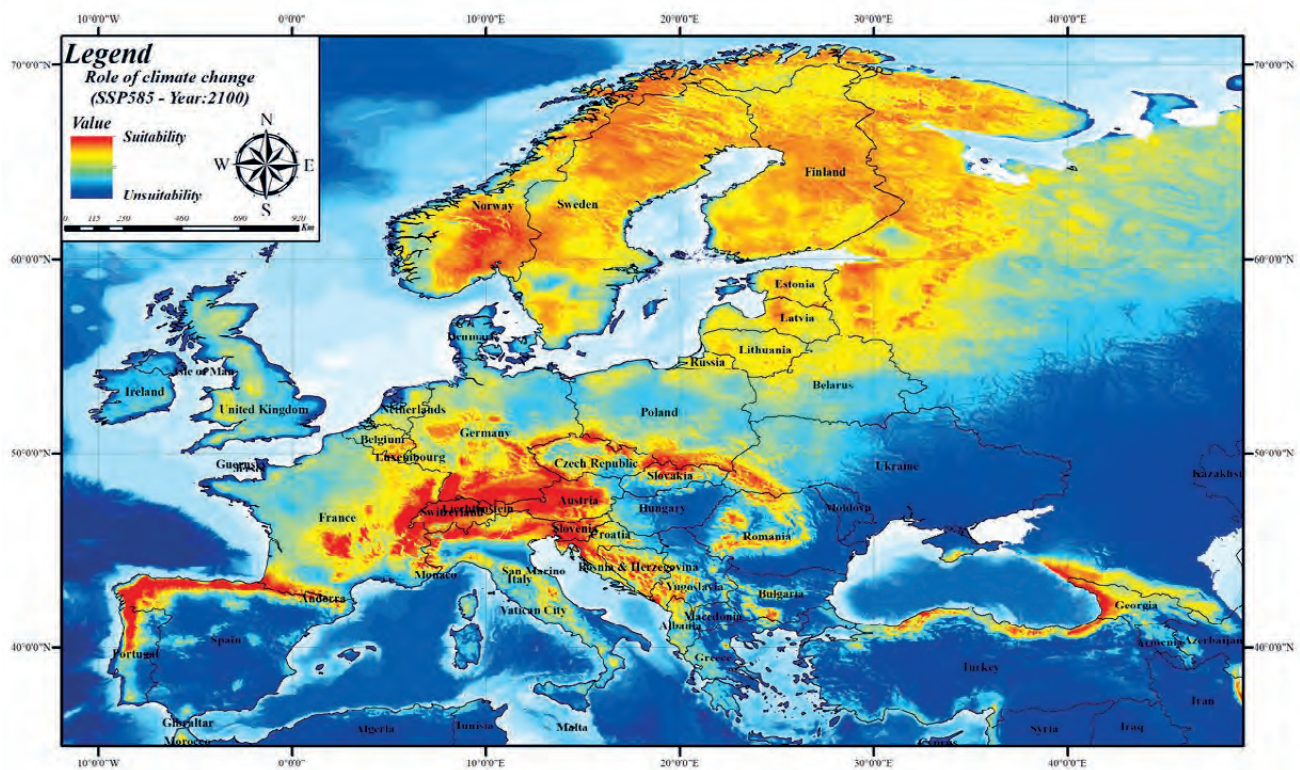
was revealed that there is fragmentation as well as shrinkage in brown bear habitats (Fig. 6). In the 2100 SSP585 scenario, in addition to fragmentation as in the SSP 370 scenario, it was determined that habitats in some areas with high correlation in current habitat suitability modelling are facing extinction (Fig. 7). For example, while the habitat suitability of the brown bear is high in the current habitat suitability model in the Mediterranean region of Turkey, according to the SSP585 scenario for the year 2100, its habitats will be facing extinction. As a result, it was found that the Chelsa climate scenarios for the year 2100 have an impact on the brown bear habitats in Europe. Although this climate change is less effective in areas with high population size, it will cause the extinction of brown bear in areas with low population size.

## **DISCUSSION RASPRAVA**

Numerical and model-based mappings are at the forefront compared to other classical methods to evaluate wild animal habitat preference (Özkan, 2012). These maps can help to predict the future geographic distribution of wild animal species, understand their ecological requirements and biological responses to climate change, and guide conservation plans (Mert et al., 2013). Nowadays, studies based on global climate envelope models have started to reveal the effects



**Figure 6.** Habitat suitability mapping of the brown bear in Europe according to 2100 Chelsa climate (*Future model 2: SSP370*)  
**Slika 6.** Mapiranje prikladnosti staništa smeđeg medvjeda u Europi prema modelu Chelsa 2100. (Budućí model 2: SSP370)



**Figure 7.** Habitat suitability mapping of the brown bear in Europe according to 2100 Chelsa climate (*Future model 3: SSP585*)  
**Slika 7.** Mapiranje prikladnosti staništa smeđeg medvjeda u Europi prema modelu Chelsa 2100. (Budućí model 3: SSP585)

of changing climate conditions on wild animal species that are endangered or need to be protected (Kıraç and Mert, 2019; Dilbe et al., 2022). In this study, MaxEnt software was

used to map the habitat status of the endangered brown bear in Europe according to different scenarios (SSP126-SSP370-SSP585) for current (2010) and future (2100) years.

Some studies reveal the preferred habitat of the brown bear using MaxEnt software. However, these studies were small-scale and the climate change factor, which is effective in habitat preference, was ignored (Almasieh et al., 2019; Süel, 2019).

In small-scale habitat suitability modelling and mapping studies for the brown bear, anthropogenic effects such as bear management plans, vegetation status, food preference, road density, distance to water, distance to settlements, and land cover use are important in habitat preference (Morales-González et al., 2020). In other words, the brown bear prefers areas where space, food, cover, and water, which are among the wildlife habitat factors, come together (Ertuğrul et al., 2017). However, there are no numerical and model-based maps and information on how these anthropogenic effects will change in the future. Therefore, a larger-scale existing habitat suitability model and map was prepared to determine the impact of Chelsea climate variables on the brown bear, which provides information about how and in what way climate change will occur in the future. Large-scale habitat suitability modelling and mapping studies help to establish sustainability and adaptation strategies for the target species. Therefore, this study is qualified to fill an essential gap in the literature for researchers who will study the brown bear.

The variables contributing to the formation of the large-scale brown bear current habitat suitability model are annual range of temperature, mean monthly precipitation amount of the warmest quarter, annual precipitation amount and temperature seasonality. The common ground of these variables is that temperature and precipitation affect the brown bear. Dhakal (2014) stated that changes in temperature and precipitation are the main reasons for the reduction of food resources of various wild animals in agricultural areas, especially during the dry season. Aksan (2023) found that wild animals (mammals and birds) that cannot meet their nutritional needs in their current habitats prefer different habitats. For wild animals that needed different habitats, this caused their habitats to fragment, shrink, and even disappear. Of the family Ursidae, only the brown bear is distributed in Europe, and has been found to be affected by temperature and precipitation variables. MacHutchon (2001) found that the grizzly bear is mostly active during the day, but McLellan and McLellan (2015) found that a small increase in temperature affects the period in which the grizzly bear is active (activity pattern, diurnal or nocturnal). Schwartz et al. (2010) found that the activity of the grizzly bear population in temperate regions decreases as the ambient temperature exceeds approximately 20°C.

Delgado et al. (2018) found that an increase in temperatures in the dens where the brown bear shelters in winter for

torpor make the brown bear leave the shelters earlier. This was also confirmed by Evans et al. (2016), while it was also found that the bear's body temperature increases (Welinder et al., 2016). Manchi and Swenson (2005) and Niedzialkowska et al. (2019) revealed that as the brown bear's body temperature rises, its effort to reach food around the habitat and its interest in the hoofed animals that meet the bear's nutritional needs decreases. Therefore, rising temperatures affect the brown bear's food and habitat preferences according to its body temperature (Moe et al., 2007; Pigeon et al., 2016). According to Su et al. (2018), the increase in the temperature variable value in the study area and the decrease in the habitat suitability of the brown bear support this situation. In this context, the value results of the temperature variables we obtained are in accordance with the literature.

When precipitation variables that contributed to the formation of the brown bear's current habitat suitability model were evaluated, a linear relationship was found between average precipitation variables and the occurrence of the brown bear. These areas with high precipitation correspond to areas where the brown bear exists (Mohammadi et al., 2021; Ashrafzadeh et al., 2022). Su et al. (2018) found that brown bear habitats will be affected depending on the amount of annual precipitation and that the species continues to be present in areas where precipitation amounts up to 406 mm, and that this value will increase to 459 mm in 2050. Su et al. (2018) have also found that the effect of precipitation amount on the brown bear throughout the season is 51% (Seryodkin et al., 2013) and that with an increase in annual precipitation values of 5 mm, its daily activity will increase by 0.1 km/hour (Martin et al., 2010). As precipitation decreases in spring, the brown bear rests less during this season (Stelmock and Dean, 1986) and feeds on species that are sensitive to precipitation variables (Su et al., 2018). As a result, temperature and precipitation variables are the primary factors contributing to the brown bear's current and future habitat suitability (Penteriani et al., 2019; Mohammadi et al., 2022; Ashrafzadeh et al., 2023) and the resulting models and maps are in accordance with the literature studied.

The brown bear's current habitat suitability map was created with temperature and precipitation variables contributing to the model. When the map was evaluated according to the distribution inventory of the International Union for Conservation of Nature's brown bear distribution inventory (IUCN, 2023), it was revealed that there was an expansion in the existing habitats. These results have the potential to contribute to the literature. However, according to the year 2100 of SSP126-SSP370-SSP585 Chelsea climate scenarios, it was determined that the brown bear distribution would shrink, fragment, or disappear. In studies aiming to reveal the effect of climate change on the brown bear, its habitats have been found to be directly or indirectly negatively affected.

ted by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) and Chelsa climate envelope models for future years. As a result, the negative impact of the SSP126-SSP370-SSP585 Chelsa climate scenario for the year 2100 on brown bear habitats are in accordance with the literature.

## CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

Suitable and unsuitable habitats have been found by analysing the variables affecting the brown bear population distributed in Europe. According to habitat suitability mapping, priority should be given to suitable areas identified for the protection, sustainability, and creation of a management plan for the brown bear in Europe. This is because one of the most important results of the different simulations applied was the disappearance of brown bear habitat suitability in some regions. Therefore, habitat suitability mapping may ensure the overcoming of the negative effects of climate change that may occur in the 21<sup>st</sup> century with the least damage and may form the basis for studies to protect wild animal species and habitats. Additionally, Chelsa climate scenarios and the MaxEnt method should be at the forefront of the brown bear conservation policy for the management and protection of future brown bear distribution. Finally, it is believed that the habitat suitability modelling and mapping results obtained within the scope of this study will contribute to researchers who will conduct later studies such as the impact of climate change on the brown bear in Europe.

## REFERENCES LITERATURA

- Aksan, Ş. 2023: Relationships between avian diversity and agricultural landscape heterogeneity, *Revista Árvores*, 47, 1-10
- Almasieh, K., H. Rouhi, S. Kaboodvandpour, 2019: Habitat suitability and connectivity for the brown bear (*Ursus arctos*) along the Iran-Iraq border, *European Journal of Wildlife Research*, 65, 1-12.
- Ashrafzadeh, M. R., R. Khosravi, A. Mohammadi, A. A. Naghipour, H. M. Khoshnamvand, Haidarian, V. Penteriani, 2022: Modelling climate change impacts on the distribution of an endangered brown bear population in its critical habitat in Iran, *Science of the Total Environment*, 837, 155753.
- Ashrafzadeh, M. R., K. Shahbazinasab, A. Mohammadi, V. Penteriani, 2023: Determining the distribution factors of an endangered large carnivore: A case study of the brown bear *Ursus arctos* population in the Central Zagros Mountains, Southwest Iran, *Global Ecology and Conservation*, 46, e02590.
- Baldwin, R. A. 2009: Use of maximum entropy modeling in wildlife research, *Entropy*, 11(4), 854-866.
- Bojarska, K., N. Selva, 2012: Spatial patterns in brown bear *Ursus arctos* diet: the role of geographical and environmental factors, *Mammal Review*, 42(2), 120-143.
- Brun, P., N. E. Zimmermann, C. Hari, L. Pellissier, D. N. Karger, 2022: Global climate-related predictors at kilometer resolution for the past and future, *Earth System Science Data*, 14(12), 5573-5603.
- Cihan, H. 2007: Evaluation of health status of captive bears in turkey, based on the clinical and laboratory findings, Doctoral dissertation, Bursa Uludag University, pp, 83.
- Clevenger, A. P., F. J. Purroy, M. R. Pelton, 1992: Food habits of brown bears (*Ursus arctos*) in the Cantabrian Mountains, Spain, *Journal of Mammalogy*, 73(2), 415-421.
- Dar, S. A., S. K. Singh, H. Y. Wan, V. Kumar, S. A. Cushman, S. Sathyakumar, 2021. Projected climate change threatens Himalayan brown bear habitat more than human land use, *Animal Conservation*, 24(4), 659-676.
- Delgado, M. M., G. Tikhonov, E. Meyke, M. Babushkin, T. Bepalova, S. Bondarchuk, V. Penteriani, 2018: The seasonal sensitivity of brown bear denning phenology in response to climatic variability, *Frontiers in Zoology*, 15(1), 1-11.
- Dhakal, K. 2014: Climate change and its impacts on crop production: A case study in Khotang district of Nepal (master's thesis, Norwegian University of Life Sciences, As).
- Dilbe, Ö., A. Kırac, E. Başkale, 2022: Distribution and habitat suitability of two neighboring Lycian salamanders, *Amphibian & Reptile Conservation*, 16(1), 94-105.
- Dudík, M., S. J. Phillips, R. E. Schapire, 2007: Maximum entropy density estimation with generalized regularization and an application to species distribution modelling, *Journal of Machine Learning Research*, 8, 1217-1260.
- Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. E. Chee, C. J. Yates, 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists, *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57.
- Engler, R., A. Guisan, L. Rechsteiner, 2004: An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology*, 41(2), 263-274.
- Ertuğrul, E. T., Mert, A., Oğurlu, İ. (2017). Mapping habitat suitabilities of some wildlife species in Burdur Lake Basin, *Turkish Journal of Forestry*, 18(2), 149-154.
- Evans, A. L., N. J. Singh, A. Friebe, J. M. Arnemo, T. G. Laske, O. Fröbert, S. Blanc, 2016: Drivers of hibernation in the brown bear, *Frontiers in Zoology*, 13(1), 1-14.
- Fernandez-Gil, A., da Rocha Pereira, D. C., Sara Maria Dias Ferreira Pinto, I. D. S. 2018: Large carnivore management plans of protection: Best practices in EU Member States. PE 596-844.
- GBIF, 2024: GBIF Occurrence download, available online, <https://doi.org/10.15468/dl.yy6c6v>, (accessed on 25 January 2024)
- Hannah, L., G. Midgley, S. Anelman, M. Araújo, G. Hughes, E. P. Martinez- Meyer, P. Williams, 2007: Protected area needs in a changing climate, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(3), 131-138.
- Hartmann, D. L. 2015: Global climate models, in global physical climatology, second edition, vol. 103, *Newness*, pp: 325-360.
- Hernandez, P. A., C. H. Graham, L. L. Master, D. L. Albert, 2006: The effect of sample size and species characteristics on perfor-

- mance of different species distribution modeling methods, *Ecography*, 29(5), 773-785.
- IUCN, 2023: International Union for Conservation of Nature (accessed on 25 November 2023), <https://www.iucnredlist.org/search?query=ursus%20arctos&searchType=species>.
  - Karger, D. N., O. Conrad, J. Böhner, T. Kawohl, H. Kreft, R. W. Soria-Auza, M. Kessler, 2017: Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas, *Scientific data*, 4(1), 1-20.
  - Karger, D. N., D. R. Schmatz, G. Dettling, N. E. Zimmermann, 2020: High-resolution monthly precipitation and temperature time series from 2006 to 2100, *Scientific Data*, 7(1), 248.
  - Kıracı, A. 2021: Potential distribution of two lynx species in Europe under palaeoclimatological scenarios and anthropogenic climate change scenarios, *Cerme*, 27, e-102517.
  - Kıracı, A., A. Mert, 2019: Will danford's lizard become extinct in the future? *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(3), 1741-1748.
  - Kıracı, A., M. Gidiş, A. Mert, E. Başkale, 2022: Climate change and the fate of endemic Beyşehir Frog, *Pelophylax caralitanus*. *Amphibian & Reptile Conservation*, 16, 76-85.
  - Loon, H., S. Georgette, 1989: Contemporary brown bear use in northwest Alaska (Technical paper no 163). Kotzebue: Alaska Department of Fish and Game, Division of Subsistence.
  - MacHutchon, A. G. 2001: Grizzly bear activity budget and pattern in the Firth River Valley, Yukon, *Ursus*, 12, 189-198.
  - Manchi, S., J. E. Swenson, 2005: Denning behaviour of Scandinavian brown bears *Ursus arctos*, *Wildlife Biology*, 11, 123-132.
  - Martin, J., M. Basille, B. Van Moorter, J. Kindberg, D. Allaine, J. E. Swenson, 2010: Coping with human disturbance: spatial and temporal tactics of the brown bear, *Canadian Journal of Zoology*, 88(9), 875-883.
  - Matsushashi, T., R. Masuda, T. Mano, K. Murata, A. Aiurzaniin, 2001: Phylogenetic relationships among worldwide populations of the brown bear *Ursus arctos*, *Zoological Science*, 18(8), 1137-1143.
  - McLellan, B.N., Proctor, M.F., Huber, D. Michel, S. 2017: *Ursus arctos*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2017*: e.T41688A121229971, <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T41688A121229971.en>
  - McLellan, M. L., B. N. McLellan, 2015: Effect of season and high ambient temperature on activity levels and patterns of grizzly bears, *PloS One*, 10(2), e0117734.
  - Mert, A., Ö. Şentürk, C. O. Güney, D. Akdemir, K. Özkan, 2013: Mapping of some distal variables available for mapping habitat suitability of the species: A case study of Buldan district, *In GeoMed 2013 The 3rd International Geography Symposium*, Eds: Atalay, İ., Efe (pp:210).
  - Moe, T. F., J. Kindberg, I. Jansson, J. E. Swenson, 2007: Importance of diel behaviour when studying habitat selection: examples from female Scandinavian brown bears (*Ursus arctos*). *Canadian Journal of Zoology*, 85(4), 518-525.
  - Mohammadi, A., K. Almasieh, D. Nayeri, M. A. Adibi, H. Y. Wan, 2022: Comparison of habitat suitability and connectivity modelling for three carnivores of conservation concern in an Iranian montane landscape, *Landscape Ecology*, 37(2), 411-430.
  - Mohammadi, A., K. Almasieh, D. Nayeri, F. Ataei, A. Khani, J. V. López-Bao, S. A. Cushman, 2021: Identifying priority core habitats and corridors for effective conservation of brown bears in Iran, *Scientific Reports*, 11(1), 1044.
  - Morales-Barbero, J., J. Vega-Alvarez, 2019: Input matters matter: Bioclimatic consistency to map more reliable species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(2), 212-224.
  - Morales-González, A., H. Ruiz-Villar, A. Ordiz, V. Penteriani, 2020: Large carnivores living alongside humans: Brown bears in human-modified landscapes, *Global Ecology and Conservation*, 22, e00937.
  - Munro, R. H. M., S. E. Nielsen, M. H. Price, G. B. Stenhouse, M. S. Boyce, 2006: Seasonal and diel patterns of grizzly bear diet and activity in west-central Alberta, *Journal of Mammalogy*, 87(6), 1112-1121.
  - Niedzialkowska, M., M. W. Hayward, T. Borowik, W. Jędrzejewski, B. Jędrzejewska, 2019: A meta-analysis of ungulate predation and prey selection by the brown bear *Ursus arctos* in Eurasia, *Mammal Research*, 64(1), 1-9.
  - Özkan, K. 2012: Modelling ecological data using classification and regression tree technique (CART), *SDU Faculty of Forestry Journal*, 13(1), 1-4.
  - Pasitschniak-Arts, M. 1993: *Ursus arctos*, *Mammalian Species*, 439, 1-10.
  - Penteriani, V., A. Zarzo-Arias, A. Novo-Fernández, G. Bombieri, C. A. López-Sánchez, 2019: Responses of an endangered brown bear population to climate change based on predictable food resource and shelter alterations, *Global Change Biology*, 25(3), 1133-1151.
  - Phillips, S. J. 2008. Transferability, sample selection bias and background data in presence-only modelling, *Ecography*, 31(2), 272-278.
  - Phillips, S. J., R. P. Anderson, R. E. Schapire, 2006: Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259.
  - Phillips, S. J., R. P. Anderson, M. Dudík, R. E. Schapire, M. E. Blair, 2017: Opening the black box: An open-source release of Maxent, *Ecography*, 40(7), 887-893.
  - Phillips, S. J., M. Dudík, R. E. Schapire, 2004: A maximum entropy approach to species distribution modeling. *In Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning*, pages, 655-662.
  - Pigeon, K. E., E. Cardinal, G. B. Stenhouse, S. D. Cote, 2016: Staying cool in a changing landscape: the influence of maximum daily ambient temperature on grizzly bear habitat selection, *Oecologia*, 181(4), 1101-1116.
  - Pottier, A., F. Forget, F. Montmessin, T. Navarro, A. Spiga, E. Millour, J. B. Madeleine, 2017: Unraveling the martian water cycle with high-resolution global climate simulations, *Icarus*, 291, 82-106.
  - Schwartz, C. C., S. L. Cain, S. Podruzny, S. Cherry, L. Frattaroli, 2010: Contrasting activity patterns of sympatric and allopatric black and grizzly bears, *The Journal of Wildlife Management*, 74(8), 1628-1638.
  - Servheen, C., S. Herrero, B. Peyton 1998: Bears. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSCBear and Polar Bear Specialist Groups. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. x + 309 pp.
  - Seryodkin, I. V., A. V. Kostyria, J. M. Goodrich, D. G. Miquelle, 2013: Daily activity patterns of brown bear (*Ursus arctos*) of the

- Sikhote-Alin mountain range (Primorskiy Krai, Russia). *Russian Journal of Ecology*, 44(1), 50-55.
- Sommer, R. S., Benecke, N. (2005). The recolonization of Europe by brown bears *Ursus arctos* Linnaeus, 1758 after the Last Glacial Maximum. *Mammal Review*, 35(2), 156-164.
  - Stelmock, J. J., F. C. Dean, 1986: Brown bear activity and habitat use, Denali National Park: 1980, *Bears: Their Biology and Management*, 6, 155-167.
  - Su, J., A. Aryal, I. M. Hegab, U. B. Shrestha, S. C. Coogan, S. Sathyakumar, W. Ji, 2018: Decreasing brown bear (*Ursus arctos*) habitat due to climate change in Central Asia and the Asian Highlands, *Ecology and Evolution*, 8(23), 11887-11899.
  - Süel, H. 2019: Brown bear (*Ursus arctos*) habitat suitability modelling and mapping, *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 4245-4255.
  - Swenson, J. E., Gerstl, N., Dahle, B., Zedrosser, A. 2000: Brown Bear in Europe (*Ursus arctos*), *Strasbourg Cedex, Council of Europe, Nature and Environment*, 114, 1-70,
  - Welinder, K. G., R. Hansen, M. T. Overgaard, M. Brohus, M. Sonderker, M. Bergen, O. Frobert, 2016: Biochemical foundations of health and energy conservation in hibernating free-ranging subadult brown bear *Ursus arctos*, *Journal of Biological Chemistry*, 291(43), 22509-22523.
  - Wisz, M. S., R. J. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C. H. Graham, A. Guisan, 2008: Effects of sample size on the performance of species distribution models, *Diversity and Distributions*, 14(5), 763-773.
  - Zedrosser, A., B. Dahle, J. E. Swenson, N. Gerstl, 2001: Status and management of the brown bear in Europe, *Ursus*, 12, 9-20.

## SAŽETAK

Smeđi medvjed ima izrazito snažno tijelo i opisan je kao najveći mesožder u Europi. U svom staništu kreće se sigurno i spretno zahvaljujući svojoj veličini, dok mu je putovanje na velike udaljenosti izazovno. Negativne promjene koje mogu uslijediti zatopljenjem uzrokovanim klimatskim promjenama mogu uzrokovati ograničavanje, smanjenje ili uništenje postojeće populacije i staništa medvjeda. U ovoj studiji nastojali smo opisati učinak modela Chelsa klimatske varijable na staništa smeđeg medvjeda u Europi. U tu svrhu koristili smo MaxEnt metodu, koja se često koristi u modeliranju distribucije životinjskih vrsta. Trenutačni model prikladnosti staništa smeđeg medvjeda nalazi se u kategoriji „dobar model” s vrijednošću ROC skupa podataka za obuku od 0,834 i vrijednosti ROC skupa testnih podataka od 0,828. Varijable koje doprinose trenutnom modelu su godišnji raspon temperature (48,2 %), srednja mjesečna količina padalina u najtoplijem tromjesečju (22,1 %), sezonalnost temperature (18,2 %) i godišnja količina padalina (11,5 %). Kad se korišteni rezultati mapiranja varijabli koje su pridonijele modelu prikladnosti trenutnog staništa smeđeg medvjeda usporede s rezultatima popisa IUCN-a, trenutna staništa smeđeg medvjeda u Europi regionalno će se promijeniti. Međutim, utvrđeno je da će se staništa smeđeg medvjeda smanjiti prema klimatskom scenariju SSP126 Chelsa za 2100. godinu, a ista će se staništa fragmentirati prema scenariju SSP370, te da će staništa medvjeda nestati u nekim regijama prema scenariju SSP585.

---

**KLJUČNE RIJEČI:** smeđi medvjed, klimatske promjene, maksimalna entropija, modeliranje i mapiranje, upravljanje divljim životinjama

# HABITAT SUITABILITY MODELING OF WILD GOAT (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777) IN DIFFERENT PERIODS

## MODELIRANJE PRIKLADNOSTI STANIŠTA DIVLJIH KOZA (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777) U RAZLIČITIM RAZDOBLJIMA

Mevlüt ZENBILCI<sup>1\*</sup>, Serkan ÖZDEMİR<sup>2</sup>, Alican ÇIVÇA<sup>2</sup>, Yasin ÜNAL<sup>1</sup>, İdris OĞURLU<sup>3</sup>

### SUMMARY

Wild goat (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777) is a prominent mountain mammal found in many habitats in Türkiye, but few studies have investigated its relationship with the habitat. This species is significantly affected by various anthropogenic activities such as illegal hunting and marble quarries. This study aimed to determine the changes in potential suitable habitats for wild goats over time by creating habitat suitability models. This study was carried out in the province of Isparta. The occurrence data of wild goats were collected mostly from Sütçüler and Eğirdir districts. The data were obtained for two periods, 2009 and 2019. The habitat suitability modeling was performed using the Maximum Entropy (MaxEnt) method. The results showed that habitat use of wild goat was influenced by factors such as elevation, ruggedness, slope, radiation index, annual precipitation (bio12), and annual mean temperature (bio1). The AUC values for the training and test datasets of the model obtained using data from the year 2009 were found to be 0.990 and 0.987, respectively. Similarly, for the year 2019, the values were found to be 0.987 and 0.978, respectively. It was observed that the identified suitable areas for both periods were mostly limited to local areas in the southwest and southeast of the study area. Finally, the habitat suitability maps were thresholded at a value of 0.5. As a result, the thresholded habitat suitability maps predict that there could be a 2,659-hectare (ha) increase in potential suitable areas in 2019.

**KEY WORDS:** distribution modeling, habitat preferences, MaxEnt, wildlife management, wild goat

### INTRODUCTION

#### UVOD

Populations and habitats of large mammals are decreasing at a worrying rate due to anthropogenic effects, habitat fragmentation, and hunting activities (Boitani et al., 2008; Trisurat et al., 2012; Saito et al., 2016). *Capra aegagrus* (wild goat), an important large mammal, is at a risk of disappearing as well (Hovick et al., 2014; Barrueto et al., 2014, Süel, 2019). *Capra aegagrus* (hereafter *C. aegagrus*) is classified as a member of the order Artiodactyla and the family Bo-

vidae. According to Naderi et al. (2008), *C. aegagrus* was one of the first artiodactyl species to be domesticated in the Fertile Crescent, more than 10,000 years ago, and is the ancestor of the domestic goat. While this species has both an economic and ecological importance, it is classified as vulnerable on the IUCN Red List (Weinberg, 2008; Weinberg and Ambarli, 2020).

*C. aegagrus* is a diurnal species. It easily climbs steep cliffs, rushes away from danger by leaping, grazes till late in the evening, and occasionally continues grazing during bright

<sup>1</sup> PhD student Mevlüt Zenbilci, Dr. Yasin Ünal, Isparta University of Applied Sciences, Forest Faculty, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup> Dr. Serkan Özdemir, Dr. Alican Çivça, Isparta University of Applied Sciences, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Vocation School, Isparta, Türkiye

<sup>3</sup> Dr. İdris Oğurlu, Istanbul Ticaret University, Architecture and Design Faculty, Istanbul, Türkiye

\* Corresponding author: Mevlüt Zenbilci, email: zenbilci1907@gmail.com

nights. During the day, it lies in the shadow of rocks, enormous caverns, and in dense forests, either ruminating or resting (Gündoğdu, 2011).

*C. aegagrus* is a threatened ungulate found only in mountainous settings in central Afghanistan, southern Pakistan, western Iran, northern Iraq, the Caucasus area (Armenia, Azerbaijan, northeastern Georgia, and southern Russia), and southwestern Türkiye (Weinberg et al. 2008). The species was originally recorded in Lebanon and Syria, the United Arab Emirates, and Jordan, but has since been extinct in these areas. In Türkiye, the species is found mostly on the steep slopes, mountain gorges, wooded hills, coniferous and Mediterranean shrubland of the Taurus and Anti-Taurus mountains, in Eastern, North-Eastern and steep mountainous areas of South East Anatolia (Turan 1987, Kence et al., 2002). *C. aegagrus* lives in rocky areas and thick forests at 1500 m or higher altitudes, according to Hus (1963, 1967) and Canakcioglu and Mol (1966). It was also stated that *C. aegagrus* preferred mountains with steep rocks, trees and shrubs, bushes and grass, ranging from the sea level to 3000 m altitude (Turan, 1987).

Illegal hunting is the major threat for *C. aegagrus* (Genov et al., 2009). Although steep slopes and ridges provide a suitable habitat for the species, overhunting has resulted in a significant decline in its population (Naderi et al., 2013). *C. aegagrus* faces additional threats from domestic livestock competition for food, as well as disturbance and habitat degradation caused by marble quarries and land clearing. Due to the long history of dense human settlement, the Mediterranean region and the Middle East are among the world's most damaged regions for *C. aegagrus* (Czudek, 2006; Genov et al., 2009). One of the primary reasons for the decline of wildlife is habitat degradation, which forces many species to exist in isolated and semi-isolated groups inside fragmented areas (Hirzel & Guisan, 2002).

*C. aegagrus* is the most widespread mammal species in Türkiye's Taurus Mountains. This species is considered a key wild prey item for Anatolian leopard (*Panthera pardus tulliana*) and the wolf (*Canis lupus*). Given the leopard's endangered status, analyzing the *C. aegagrus*' habitat is critical for the management and conservation activities from a variety of perspectives. Given that this species is included in the "Near Threatened" category of the IUCN Red List, it is essential to obtain more information about the factors affecting its habitat preferences (Weinberg 2008). Studies indicate that elevation, slope, and vegetation are very effective in the distribution of wild goats (Fook et al., 2009; Koohestani et al., 2022).

As a result, it has become crucial to identify suitable habitats and manage them accordingly. Nonetheless, there are several constraints, particularly when dealing with large-scale regions, such as limited time and limited finances, that make such studies difficult to conduct. Therefore, scientists

developed several methodologies to facilitate such investigations, which are now frequently used in wildlife management (Peterson & Vargas, 1993). These models study the quantitative and qualitative link between species presence and environmental variables, as habitat quality is determined by the interactions of biological and non-biological variables (Kocev et al., 2010).

Today's strategies for determining optimal habitats for wild animals include modeling and mapping. Both presence and absence data can be used in modeling (Hirzel, et al., 2006; Wisz et al., 2008; Suel, et. al., 2018). MaxEnt is a presence-only modeling tool that has been proved to accurately predict animal distribution. This method performs admirably in terms of forecasting the spatial distribution of species and identifying their suitable habitats. The MaxEnt method is preferred for investigating correlations between variables that may have important effects on wild animal distribution, such as climate, environmental, and human factors. This method does not only show great model performance with small data, but it also allows the simultaneous use of categorical and continuous data (Phillips et al., 2006, Hernandez et al., 2006). The MaxEnt approach is based on the evaluation of habitat data gathered from the points where the occurrence of the wild animal species has been ascertained in the study area and then on revealing places with similar features, derived from the suitability model (Baldwin, 2009). There have been some studies to determine suitable habitats for *C. aegagrus* species in Türkiye. The results indicated that topographic variables, water and human resource availability, and vegetation cover were the most important factors influencing *C. aegagrus* habitat selection (Naderi et al., 2014; Sarhangzadeh et al., 2013; Shams Esfandabad et al., 2010).

In this paper, it has been revealed whether there are differences in the distribution of *C. aegagrus* in the region by modeling the data obtained in different periods. The Maximum Entropy (MaxEnt) modeling technique was employed to assess the habitat suitability of *C. aegagrus*, which is a significant species in the context of hunting activities within the region. In addition, poaching and marble quarrying activities also limit the distribution of the species. For this reason, it is important to determine the potential suitable areas of the species. The temporal (10-year period) variation of the population densities at the observation points will also be examined, which will allow the interpretation of the behavioral ecology of the species in the region.

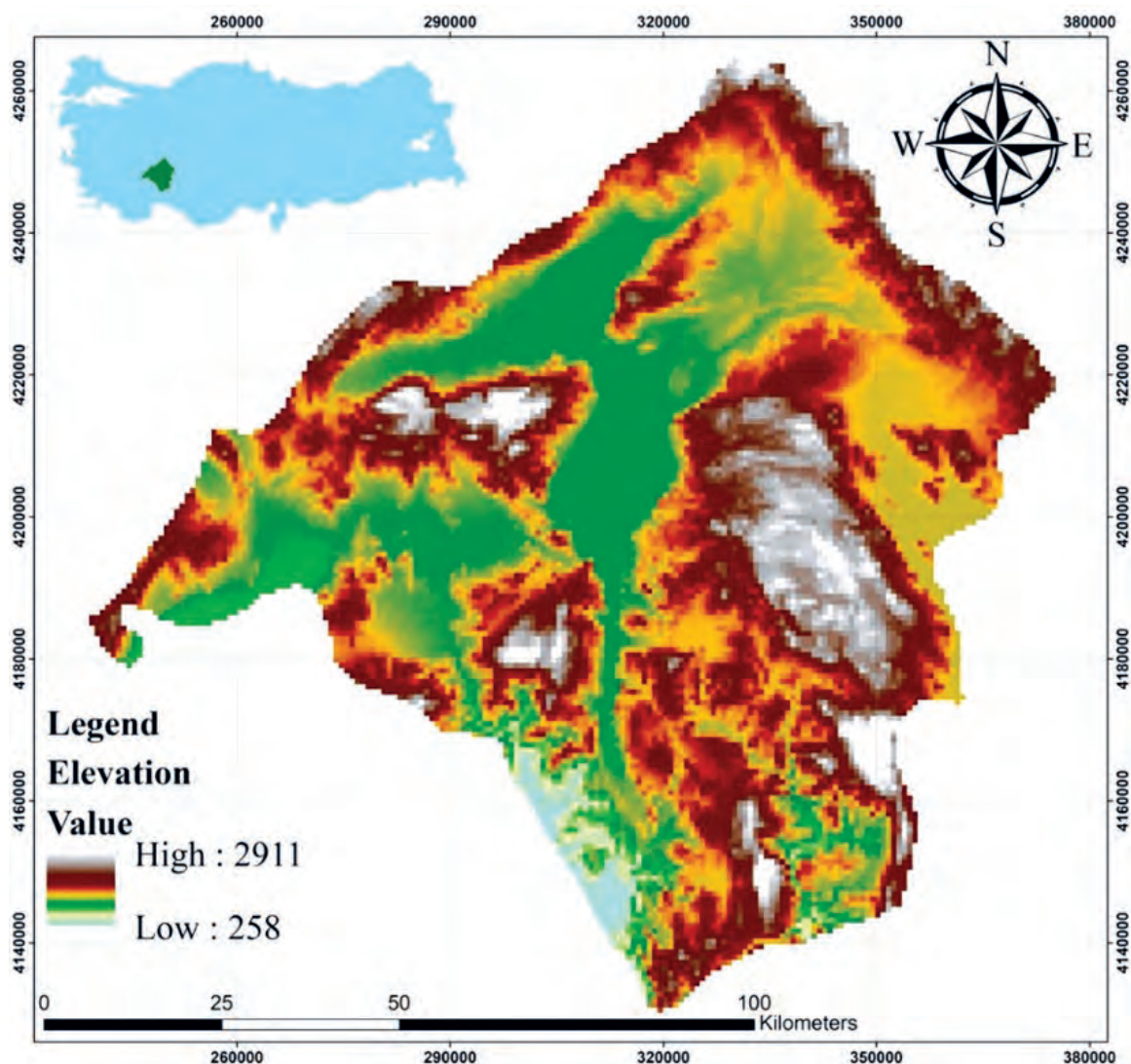
## MATERIALS AND METHODS

### MATERIJALI METODE

#### Study area – Područje istraživanja

The present study was carried out in the province of Isparta, where the observation points are located within the Sütçüler





**Figure 1.** Location map of the study area

**Slika 1.** Karta lokacije područja istraživanja

and Eğirdir districts. *C. aegagrus* is distributed in Isparta only in these districts (Figure 1). It is known that the number of individuals of the species in these areas is quite high. This indicates a hunting potential for *C. aegagrus* that cannot be ignored. On the other hand, it has been stated that marble quarries known to exist in the area may also affect the distribution of the species. There are studies stating that poaching and marble quarry activities may affect the distribution of *C. aegagrus* (Gündoğdu, 2011).

#### Data collection – *Prikupljanje podataka*

In the modeling process, presence data obtained for *C. aegagrus* in 2009 and 2019 were used. Field studies were carried out in December and January in both years. These months are the mating season for *C. aegagrus*, during which both male and female individuals can be observed together. In other months, males are typically found in groups of 2-3 individuals, separate from the females. Following the

month of February, a 5-month gestation period ensues, followed by a 4-5 month lactation period (Süel *et al.*, 2017). Therefore, observations made during the months of December and January are considered the most appropriate method for representing the population of the species, and as evidenced by research, observations of wild goats are largely conducted during these months. In addition, previous studies conducted in the region have indicated that the species also frequents these areas in the months of June and August (Nixon *et al.*, 1991; Ogurlu *et al.*, 2013). Direct counting method was preferred in the observations of *C. aegagrus*. Observations were conducted at the same 40 locations in both 2009 and 2019. The presence data were recorded at 33 points in 2009 and 21 points in 2019. These observation points are areas regularly monitored for *C. aegagrus* sightings due to the species' consistent preference for them throughout the year. The observation data at these points were obtained over the years as it was determined

that they represent some of the natural habitats of the species. Observations were made twice a day, at sunrise and in the afternoon. Simultaneous observations were made at all points in order to avoid a recurrence caused by the census of the same species. Observation points were chosen in such a way that there would be no repetitions according to the movement route of the species, and the observers were prevented from moving along the observation points by coordinating re-counting. The highest number of observations was taken into account in the counting carried out simultaneously at each observation point.

### Environmental variables and variable selection – Varijable okoline i izbor varijabli

In the present study, as a topographic variable, the elevation variable was first downloaded from the USGS database ([www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov)). Then, slope, ruggedness, hillshade, and topographic position index layers were created by using the elevation map in ArcMap software. In the next step, layers for the aspect suitability index (Aspsui), heat index (Heatind), and radiation index (Radind) were created with the formulas from the literature.

$$\text{Aspsui} = \cos(A_{\max} - A) + 1 \quad (3.1)$$

In the equation above,  $A_{\max}$  corresponds to the aspect value that can take the highest numerical value in terms of the equation,  $45^\circ$ , and  $A$  corresponds to the aspect value. However, the aspect values in degree format were converted to radian format and the calculated Bui values ranged from 0 to 2 (Beers et al., 1966).

$$\text{Heatind} = \cos(A - 202,5) \times \tan(\text{Slope}) \quad (3.3)$$

In the equation,  $A$  represents the aspect value in radians, while the value of 202.5 represents the direction between the south and southwest directions and corresponds to the highest heat load (Zeleny, Chytry, 2007).

$$\text{Radind} = \frac{1 - \cos\left(\left(\frac{\pi}{180}\right) \times (Q - 30)\right)}{2} \quad (3.2)$$

In the equation,  $Q$  corresponds to the aspect. Radiation index values vary between 0 and 1, and while the areas in the north-northeast direction, which is the coldest and rainiest direction, converge to 0, the values approach 1 towards the hotter and drier south-southwest direction (Moisen, Frescino, 2002).

A set of 19 bioclimatic variables was obtained from the WorldClim database ([www.worldclim.org/data/worldclim1.html](http://www.worldclim.org/data/worldclim1.html)) version 2.1 (for the period 1970–2000) with 30 arc seconds spatial resolutions (~1 km). Finally, a total of 24 variables were obtained to be used in the modeling process.

To avoid the multicollinearity problem, Pearson's correlation analysis was performed on 24 environmental variables. After the variables that were highly correlated (Pearson's  $r \geq 0.8$ ) with each other were determined, the chosen variables were evaluated. Next, a selection was made among the variables, considering their ease of interpretation, explanatory power, and biological importance for *C. aegagrus* (Özdemir et al., 2020; Zhang et al., 2021c).

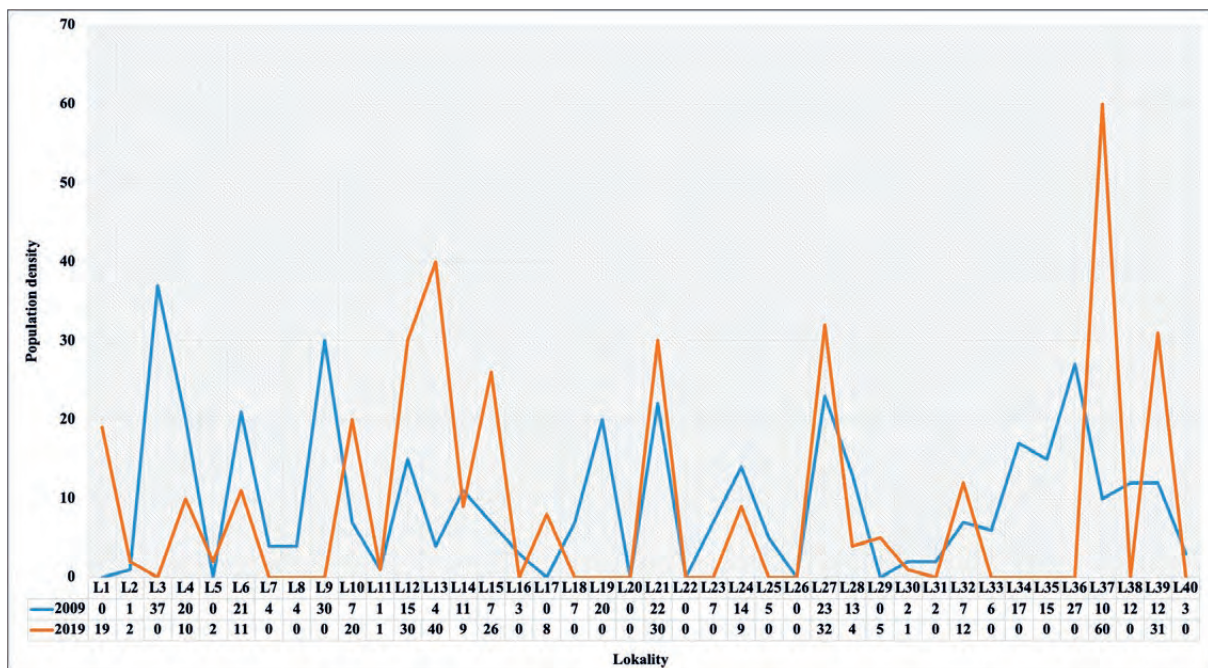


Figure 2. The number of individuals of *C. aegagrus* species detected in the years 2009 and 2019

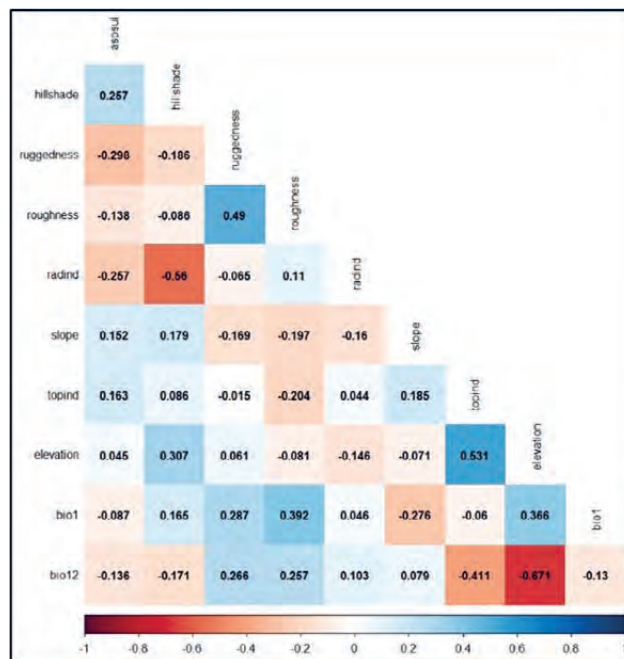
Slika 2. Broj jedinki vrste *C. aegagrus* zabilježenih 2009. i 2019. godine

### Habitat suitability modeling – Modeliranje prikladnosti staništa

MaxEnt Version 3.3.3 (Phillips et al., 2006) was employed in this study due to its better performance with small sample sizes compared to other modeling methods (Elith et al., 2011; Qin et al., 2017; Hussein and Workeneh, 2021). Due to the limited number of presence data in this study, the selection of MaxEnt was inevitable. MaxEnt method runs with presence-only data to predict the potential distribution areas of a target species based on the theory of maximum entropy. In the modeling process, we selected 90% data for model training and 10% for model testing with bootstrap options, keeping other values as default. One of the leading advantages of maximum entropy bootstrap is the ability of the model to generate the values beyond extreme (Srivastava and Simonovic, 2015). Besides, the area under the curve (AUC) is used to evaluate model performance. The value of AUC ranges from 0 to 1. An AUC value of 0.50 indicates that the model did not perform better than random, whereas a value of 1.0 indicates perfect discrimination. The model with the highest AUC value is indicated as the best performer (Yang et al., 2013).

## RESULTS REZULTATI

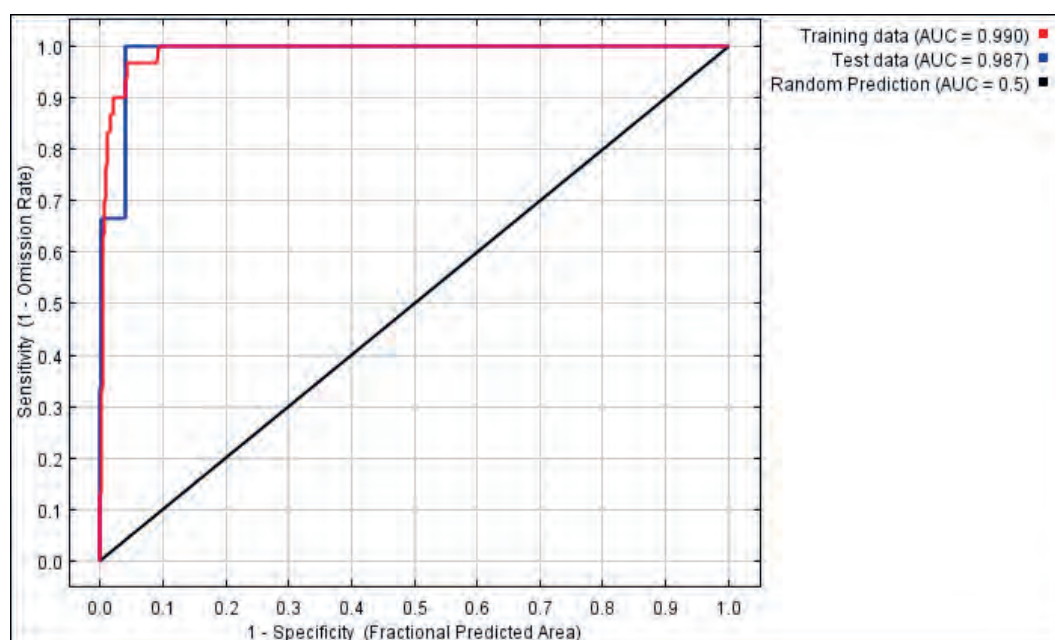
In the present study, observations of *C. aegagrus* species were performed at 40 points in two different periods. Presence data were recorded at 33 points in 2009 and at 21 points in 2019. The number of species determined at the observation points is given in Figure 2.



**Figure 3.** Pearson's correlation analysis results applied for the variables belonging to the observation points whose presence data were recorded in 2009

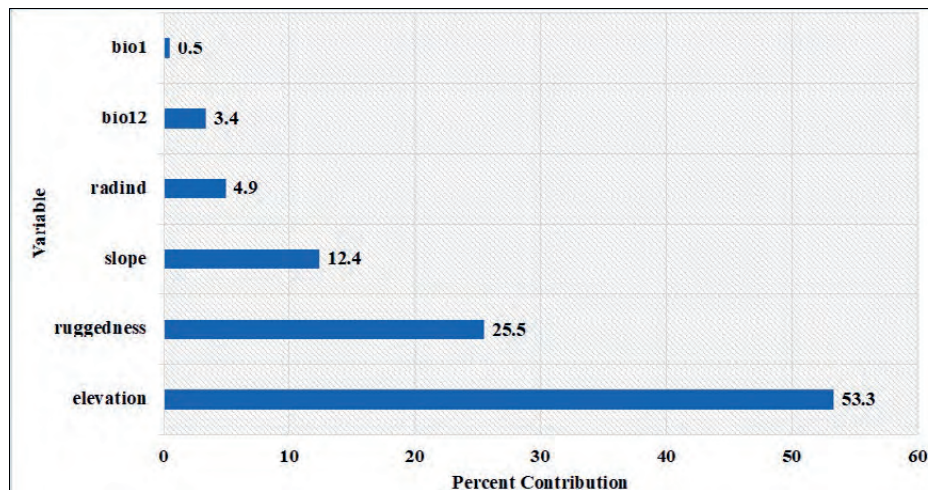
**Slika 3.** Rezultati Pearsonove korelacijske analize primijenjeni na varijable koje pripadaju promatranim lokacijama na kojima je prisutnost vrste zabilježena 2009. godine

As seen in Figure 2, the number of individuals differs according to the observation points. In fact, in some areas where data has been recorded in the past, none of the studied individuals will be observed in the future, while the opposite is the case at some points. In other words, as seen in Figure 2, the species was observed on some plots in 2009, but no

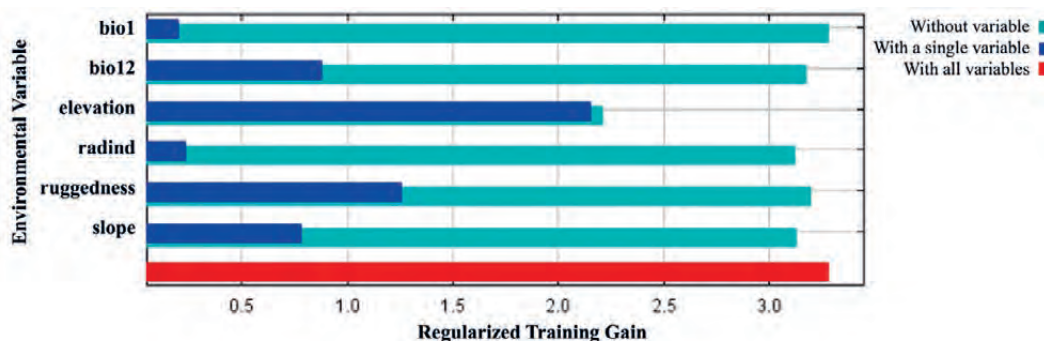


**Figure 4.** ROC curve of the model obtained with MaxEnt for 2009 for *C. aegagrus*

**Slika 4.** ROC krivulja modela dobivenog pomoću MaxEnt modela za 2009. za *C. aegagrus*



**Figure 5.** Percent contributions of the variables acquired by MaxEnt model using *C. aegagrus* presence data from 2009.  
**Slika 5.** Postotni doprinosi varijabli dobivenih MaxEnt modelom koristeći podatke o prisutnosti *C. aegagrus* iz 2009.



**Figure 6.** The results of the jackknife test acquired by MaxEnt modeling using *C. aegagrus* presence data from 2009.  
**Slika 6.** Rezultati jackknife testa dobiveni MaxEnt modelom koristeći podatke o prisutnosti *C. aegagrus* iz 2009.

data was recorded in 2019. On some plots, the opposite results were observed. Although this is not a definitive indicator, it shows that the habitat of the species in the area may have changed over time. Because it is based only on observation, statistics and modeling results are required to interpret the model in general. Therefore, in the ongoing process, species distributions were modeled separately for both periods.

#### **Habitat suitability modeling using presence data of *C. aegagrus* from 2009 – Modeliranje prikladnosti staništa korištenjem podataka o prisutnosti *C. aegagrus* iz 2009.**

First modeling step was carried out using 33 presence data obtained from 40 observation points in 2009. Before the modeling process, Pearson's correlation analysis was applied in order to prevent the multicollinearity problem that may occur due to the high correlation between the variables. Analysis results are given in Figure 3.

As seen from the correlation analysis results, 9 variables (hillshade, ruggedness, roughness, radind, slope, topind, elevation, bio1, bio12) were selected and included in the

modeling process. The model's training and test AUC values were determined as 0.990 and 0.987, respectively (Figure 4).

The percent contribution of the variables created the model and the results of the jackknife test are presented in Figure 5 and Figure 6, respectively.

When the results obtained were examined, the variables contributing to the model were determined as elevation, ruggedness, slope, radiation index, bio12 and bio1, respectively, based on their percentage contributions. The marginal response curves of these variables are presented in Figure 7.

The habitat suitability map obtained for the *C. aegagrus* using the presence data of 2009 is given in Figure 8.

#### **Habitat suitability modeling using presence data of *C. aegagrus* from 2019 – Modeliranje prikladnosti staništa korištenjem podataka o prisutnosti *C. aegagrus* iz 2019.**

As can be seen from the results of the Pearson's correlation analysis applied for the variables belonging to the data of

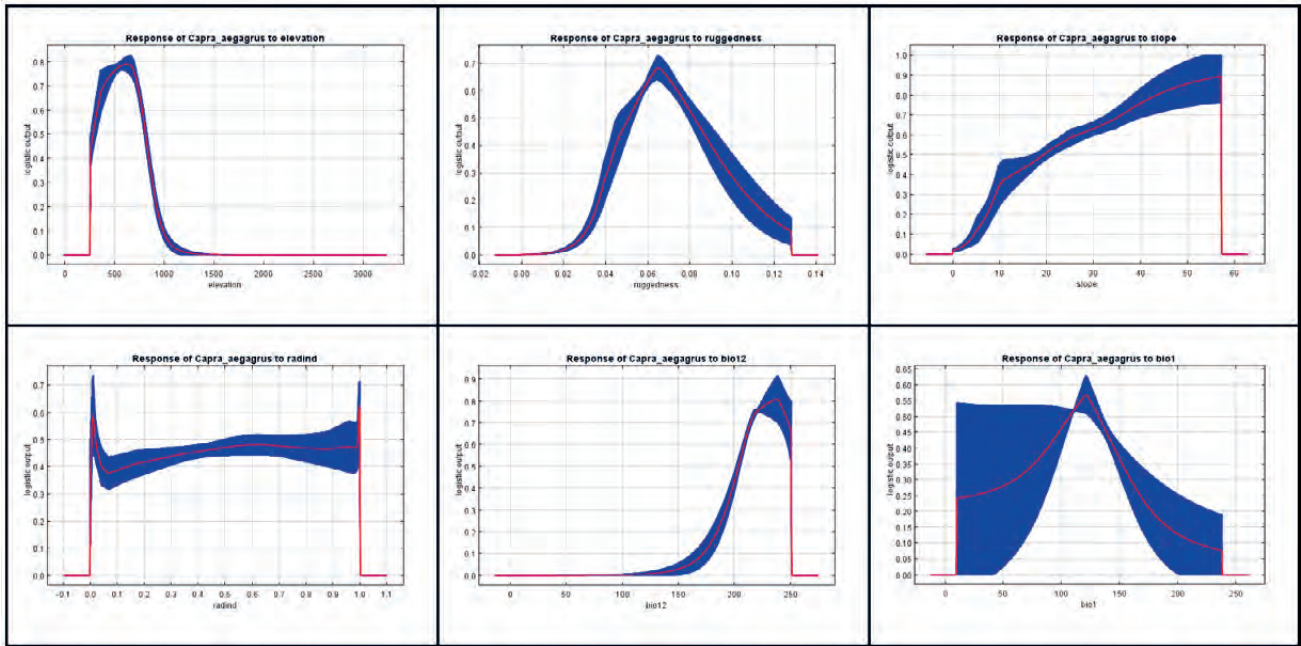


Figure 7. Marginal response curves acquired by MaxEnt modeling using *C. aegagrus* presence data from 2009

Slika 7. Krivulje graničnog odgovora dobivene MaxEnt modelom koristeći podatke o prisutnosti *C. aegagrus* iz 2009.

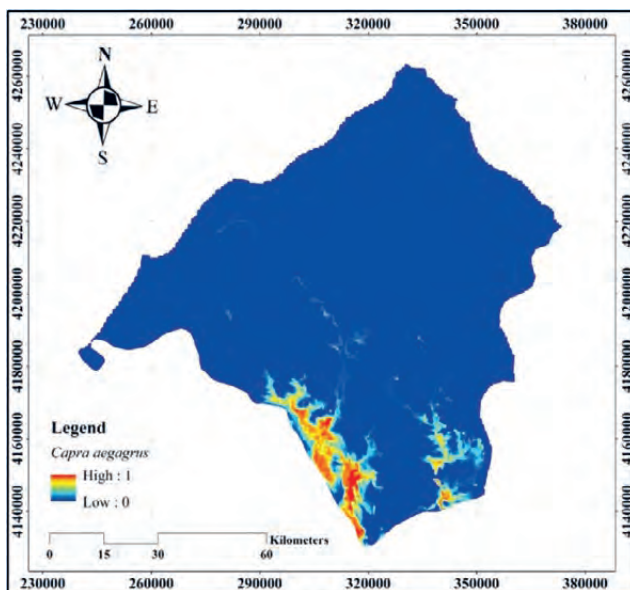


Figure 8. Habitat suitability map of *C. aegagrus* (2009)

Slika 8. Karta prikladnosti staništa *C. aegagrus* (2009.)

2019, 9 variables (hillshade, ruggedness, roughness, radind, slope, topind, elevation, bio1, bio12) were selected and included in the modeling process (Figure 9).

As a result of the modeling applied with the selected variables, the training and test AUC values were determined as 0.987 and 0.978, respectively (Figure 10).

The percent contributions of the variables that created the habitat suitability model and the results of the jackknife test are presented in Figure 11 and Figure 12, respectively.

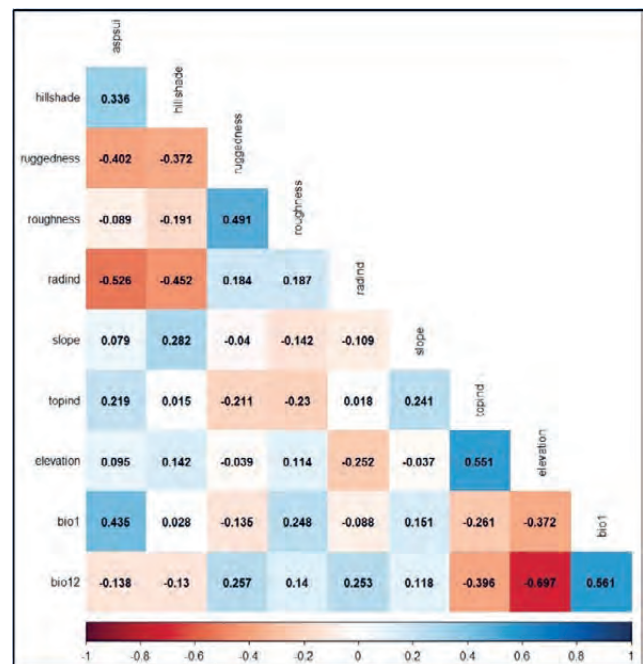
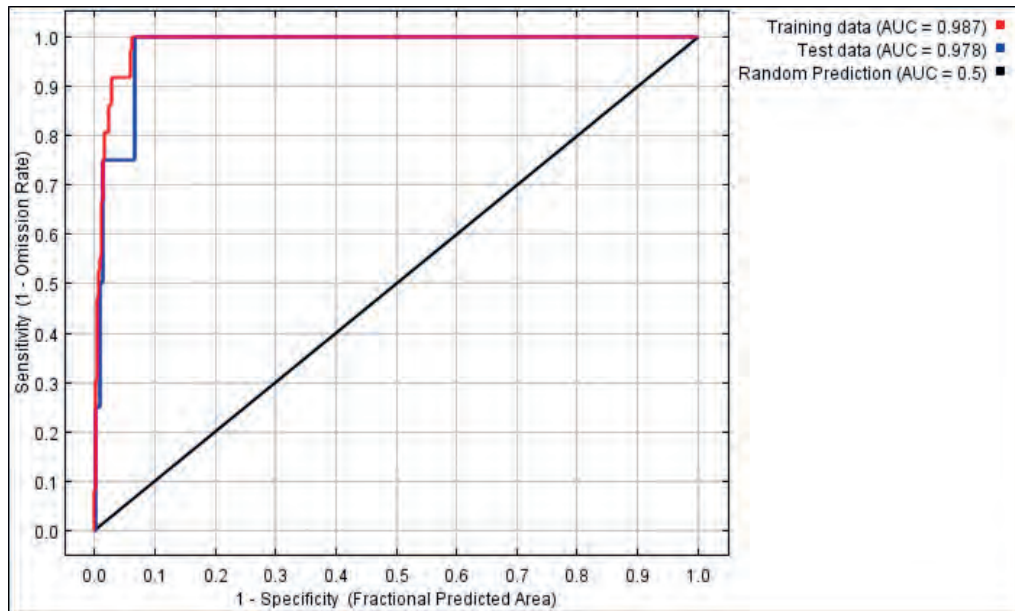


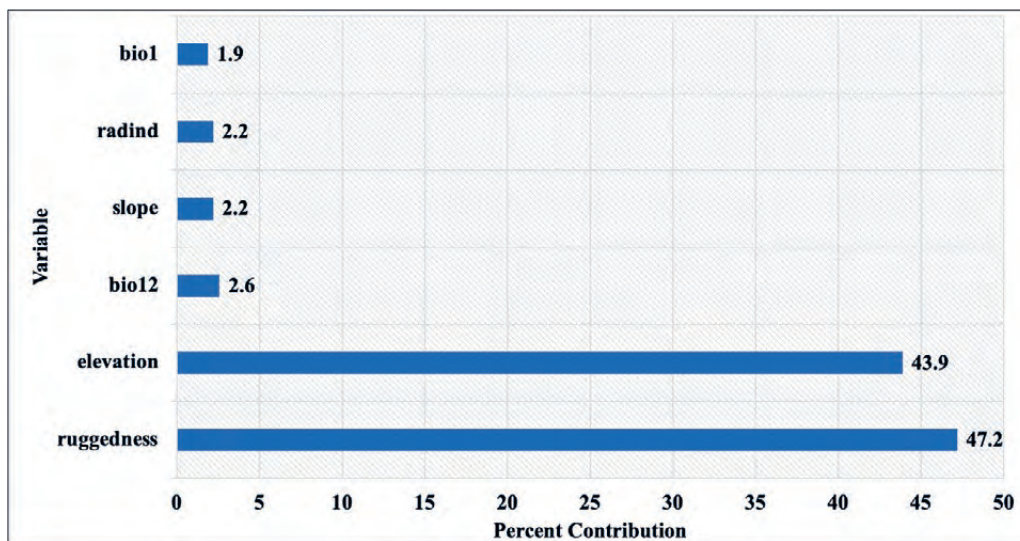
Figure 9. Pearson's correlation analysis results applied for the variables belonging to the observation points whose presence data were recorded in 2019

Slika 9. Rezultati Pearsonove korelacijske analize primijenjeni za varijable koje pripadaju promatranim lokacijama na kojima je prisutnost vrste zabilježena 2019. godine

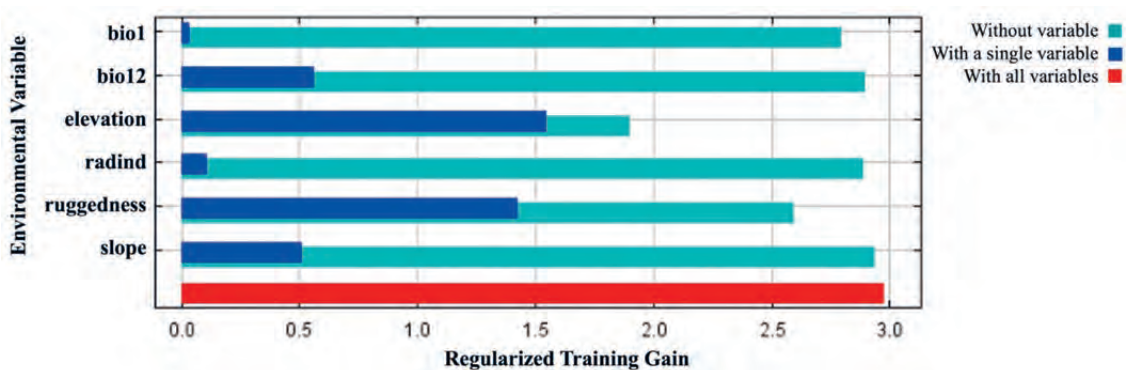
When the results were examined, it was noted that the variables that created the model were similar to the previous model. The variables that shaped the model were determined as ruggedness, elevation, bio12, slope, radiation index, and bio1, respectively, according to their percent contribu-



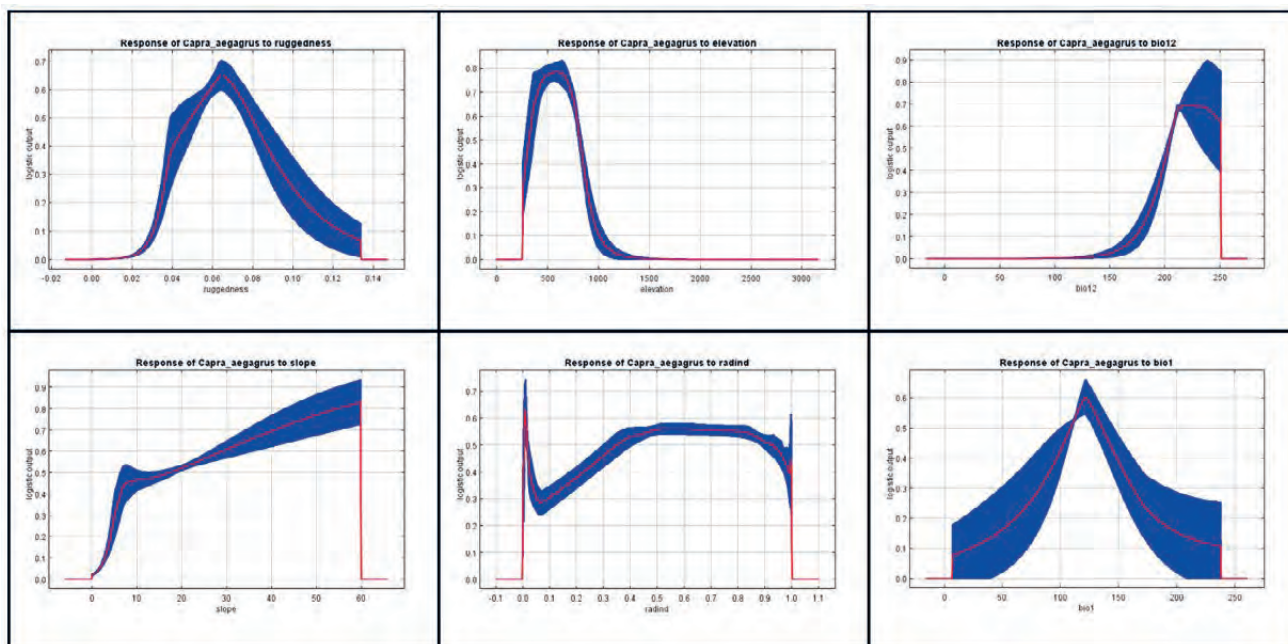
**Figure 10.** ROC curve of the model obtained with MaxEnt for 2019 for *C. aegagrus*  
**Slika 10.** ROC krivulja modela dobivenog pomoću MaxEnt modela za 2019. za *C. aegagrus*



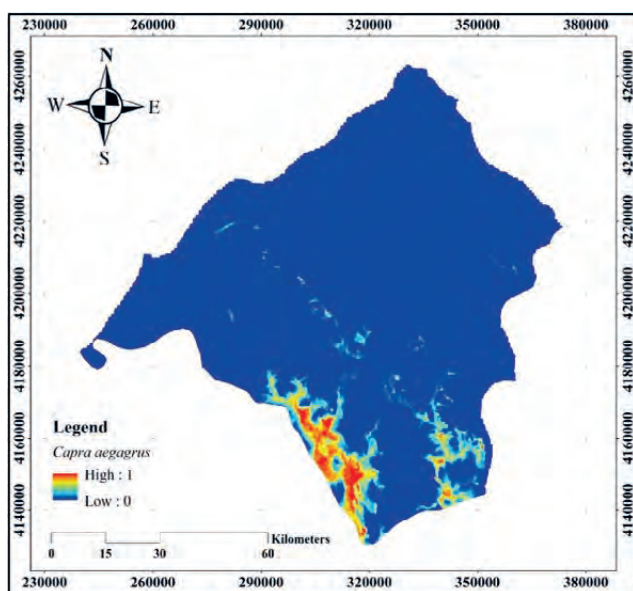
**Figure 11.** Percent contributions of the variables acquired by MaxEnt model using *C. aegagrus* presence data from 2019  
**Slika 11.** Postotni doprinosi varijabli dobivenih MaxEnt modelom koristeći podatke o prisutnosti *C. aegagrus* iz 2019.



**Figure 12.** The results of the jackknife test acquired by MaxEnt modeling using *C. aegagrus* presence data from 2019  
**Slika 12.** Rezultati jackknife testa dobiveni MaxEnt modelom koristeći podatke o prisutnosti *C. aegagrus* iz 2019.



**Figure 13.** Marginal response curves acquired by MaxEnt modeling using *C. aegagrus* presence data from 2019  
**Slika 13.** Krivulje graničnog odgovora dobivene MaxEnt modelom koristeći podatke o prisutnosti *C. aegagrus* iz 2019



**Figure 14.** Potential distribution map of *C. aegagrus* (2019)  
**Slika 14.** Karta potencijalne distribucije *C. aegagrus* (2019.)

tions. The marginal response curves of these variables are presented in Figure 13.

The habitat suitability map obtained with the *C. aegagrus* data from 2019 is given in Figure 14.

#### Habitat suitability maps of *C. aegagrus* at 0.5 threshold – Karte prikladnosti staništa *C. aegagrus* s graničnom vrijednošću od 0,5

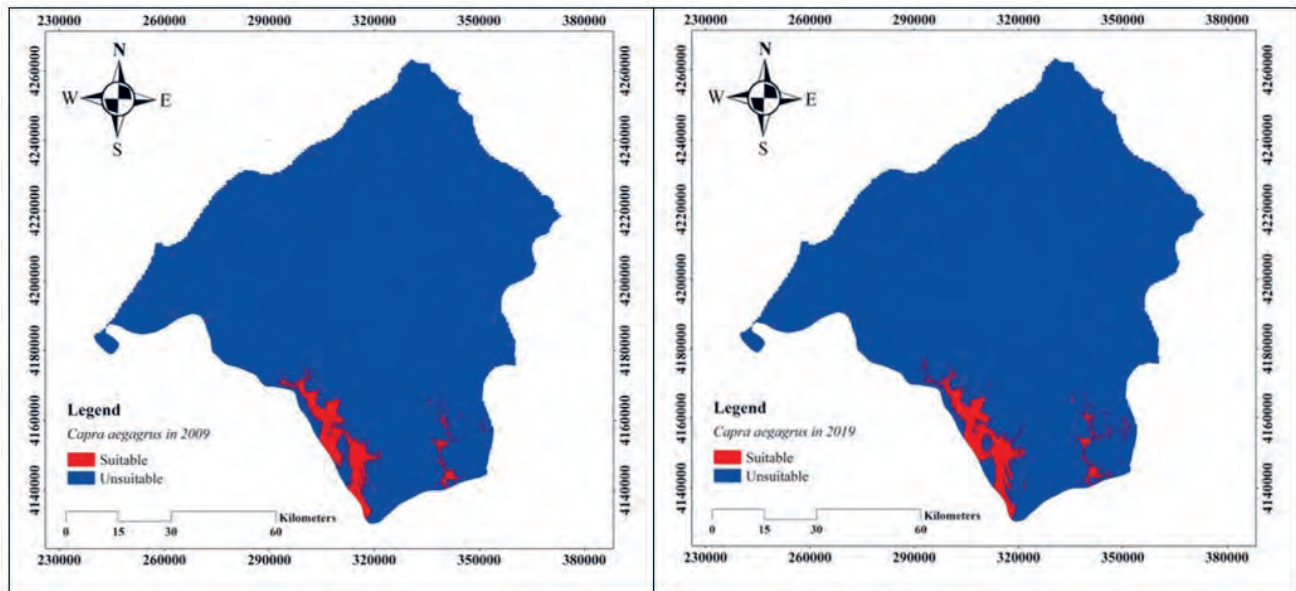
In the last step, habitat suitability maps consisting of two colors and showing suitable and unsuitable areas were cre-

ated. The threshold value of 0.5 was used when obtaining these maps (Figure 15).

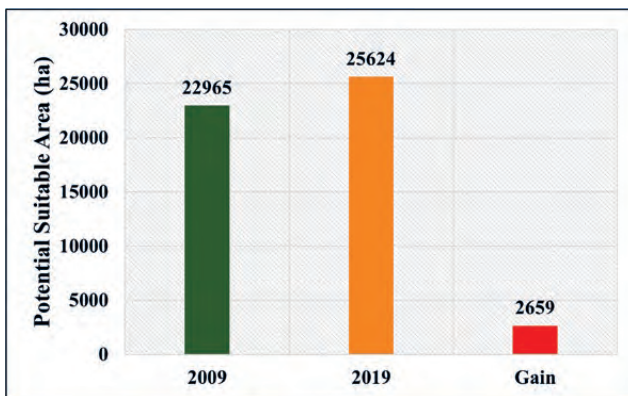
When comparing the thresholded habitat suitability maps obtained for the years 2009 and 2019, it was found that there was a 2,659-hectare increase in the area over the 10-year period (Figure 16).

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS RASPRAVA I ZAKLJUČCI

There are lots of mammalian wild animal species that are distributed in areas with different topographical features on the Earth. However, there are not enough studies on most of them (Tian et al., 2019; Chirichella et al., 2022; Koohestani et al., 2022). While some species are distributed over large areas, some species continue to exist in limited areas. There may be one or more habitat preferences that limit the distribution of species in local areas. Determination of the preferences of species with both large and limited distribution is important in terms of sustainability of the species since the determination of these features can provide an insight for assessing the distribution of species and perhaps give an opportunity to interpret the factors affecting these distributions over time. *C. aegagrus* is an excellent example that can serve as a material for the mentioned subject. *C. aegagrus* is a species mostly distributed in high elevation and karst areas. In addition, karst areas with the form of limestone bedrock are the intense preference of the species.



**Figure 15.** Habitat suitability map of *C. aegagrus* at 0.5 threshold  
**Slika 15.** Karta prikladnosti staništa *C. aegagrus* s graničnom vrijednošću od 0,5



**Figure 16.** Possible gains in habitat suitability areas (ha)  
**Slika 16.** Mogući dobici u područjima prikladnih staništa (ha)

In the present study, the distribution areas of the *C. aegagrus* populations distributed in the Isparta province in Türkiye were determined as belonging to two different time periods (2009 and 2019). Potential distribution maps obtained for two different periods are quite similar to each other. The southwest part of Isparta and some local areas in the southeast represent potential distribution areas of the species. The variables that shape habitat suitability maps are bio1, bio12, elevation, radiation index, ruggedness, and slope. Among these, the variables that contribute the most to both models alone are elevation and ruggedness. These results are aligned with information reported in the literature (Gündoğdu and Oğurlu, 2009; Süel et al., 2019; Koohestani et al., 2022). Süel et al. (2018) also presented predictable results in this regard. The researchers' results revealed significant relationships between the habitat sui-

tability of the *C. aegagrus* species and the bedrock, ruggedness, and elevation.

Two different models were obtained using the presence data from 30 locations in two different periods. It is known that there are many anthropogenic factors limiting the distribution of the species, especially the marble quarries in the research area. In particular, illegal hunting is one of the leading aforementioned factors (Weinberg et al. 2008; Gündoğdu 2011; Al Sheikhly et al. 2015). Ecological interpretations can be made regarding these variables. However, it is a disadvantage that they cannot be included in the models due to the lack of digital bases.

While the existence of the species was in question in some locations in 2009, there were local-scale shifts in the spread of the species in 2019. However, the similarity of the two different maps revealed that the species remained relatively close to its characteristic suitable areas and there was an increase of 2,659 ha in potential suitable areas. This increase in suitable habitats has been interpreted in two ways. First, the species expanded its distribution towards different areas by showing flexibility in its habitat characteristics due to anthropogenic effects. The other is that the potential suitable areas of the species change over time in terms of precipitation and temperature parameters that create the model. It is thought that both scenarios may have dramatic consequences for the species in the future and may lead to radical changes. For this reason, applying conservation strategies for the species in the form in a strict framework will make the population of the species relatively more resistant to the consequences it may be exposed to due to the climate crisis.



## REFERENCES LITERATURA

- Al Sheikhly, O.F., M.K Haba., F. Barbanera, 2015: Recent sighting of smooth-coated otter *Lutrogale perspicillata maxwelli* in Hawizeh Marsh (Southern Iraq), IUCN Otter Specialist Group Bulletin, 32(1): 30-32.
- Baldwin, R.A. 2009: Use of maximum entropy modeling in wildlife research, Entropy, 11(4): 854-866.
- Barrueto, M., A.T. Ford., A.P. Clevenger, 2014: Anthropogenic effects on activity patterns of wildlife at crossing structures, Eco-sphere, 5(3): 1-19.
- Beers, T.W., P.E. Dress., L.C. Wensel, 1966: Notes and observations: aspect transformation in site productivity research. Journal of Forestry, 64(10): 691-692.
- Boitani, L., I. Sinibaldi., F. Corsi., A. De Biase., I.D.I. Carranza., M. Ravagli., ... & P. Trapanese, 2008: Distribution of medium-to large-sized African mammals based on habitat suitability models. Biodiversity and Conservation, 17: 605-621.
- Chirichella, R., E. Ricci., M. Armanini., M. Gobbi., A. Mustoni., M. Apollonio, 2022: Small mammals in a mountain ecosystem: the effect of topographic, micrometeorological, and biological correlates on their community structure. Community Ecology, 23(3): 289-299.
- Czudek, R. 2006: Wildlife issues and development prospects in West and Central Asia. Thematic study for the Forestry Outlook Study for Africa, Wildlife Management Working Paper (FAO), Rome.
- Elith, J., S.J. Phillips., T. Hastie., M. Dudík., Y.E. Chee., C.J. Yates, 2011: A statistical explanation of MaxEnt for ecologists, Diversity and distributions, 17(1): 43-57.
- Fook, K.D., S. Amaral., A.M. Monteiro., G. Câmara., A.D. Ximenes., L.S. Arasato, 2009: Making species distribution models available on the web for reuse in biodiversity experiments: *Euterpe edulis* species case study, Sociedade and Natureza 21(1): 39-49.
- Genov, P., G. Georgiev., V. Georgiev, 2009: Persian wild goat (*Capra aegagrus* Erxleben) biology, ecology and possibilities for its re-introduction in Bulgaria, Biotechnology & Biotechnological Equipment, 23(1): 341-342.
- Genov, P., G. Georgiev., V. Georgiev, 2009: Persian wild goat (*Capra aegagrus* Erxleben) biology, ecology and possibilities for its re-introduction in Bulgaria. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 23(1): 341-342.
- Gündoğdu, E. 2011: Population size, structure and behaviours of Wild goat in Cehennemdere wildlife improvement area, Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 6: 555-563, DOI: 10.3923/ajava.2011.555.563.
- Gündoğdu, E. 2011: Population size, structure and behaviours of Wild Goat in Cehennemdere Wildlife Improvement Area, Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 6: 555-563.
- Gündoğdu, E., I. Ogurlu. 2009: The distribution of wild goat *Capra aegagrus* erxleben 1877 and population characteristics in Isparta, Turkey, Journal of Animal and Veterinary Advances, 8: 2318-2324.
- Hernandez, P.A., C.H. Graham., L.L. Master., D.L. Albert, 2006: The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods, Ecography, 29(5): 773-785.
- Hirzel, A. H., G. Le Lay., V. Helfer., C. Randin., A. Guisan, 2006: Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences, Ecological Modelling, 199(2): 142-152.
- Hirzel, A., A. Guisan, 2002: Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling, Ecological Modelling 157: 331-341.
- Hovick, T.J., R.D. Elmore., D.K. Dahlgren., S.D. Fuhlendorf., D.M. Engle, 2014: Evidence of negative effects of anthropogenic structures on wildlife: a review of grouse survival and behavior, Journal of Applied Ecology, 51(6): 1680-1689.
- Hus, S. 1963: Game animals, İstanbul University Forestry Faculty Publications, 91, İstanbul.
- Hus, S. 1967: Game animals and hunting, İstanbul University Forestry Faculty Publications, 202, İstanbul.
- Hussein, A., S. Workeneh, 2021: Modeling the Impacts of Climate Changes on the Distribution of Aloe vera Species in Ethiopia, Research Square, 19: 1-19. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-809404/v1>.
- Kence, A., D. Ozut., O. Balkiz, 2002: Armenian mouflon survey in eastern Turkey and Nakhticevan, Caprinae News, Canada, 1-2.
- Kocev, D., A. Naumoski., K. Mitreski., S. Krstić., S. Džeroski, 2010: Learning habitat models for the diatom community in Lake Prespa. Ecological Modelling, 221(2): 330-337.
- Koohestani, M., S. Naderi., S. Shadloo, 2022: Evaluation of habitat quality and determining the distribution of Wild goat (*Capra aegagrus*) in Roodbarak prohibited hunting region, Kelardasht, Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 20(5): 863-870.
- Moisen, G. G., T.S: Frescino, 2002: Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics, Ecological Modelling, 157(2): 209-225. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00197-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00197-7)
- Naderi, G., B. Riazzi., N. Aref., M. Khalatbari., S. Mohammadi., M. Lahoot., M. Kamran, 2013: Habitat preferences of Bezoar wild goats (*Capra aegagrus*) in Agh-Dagh protected area, Iran. North-Western Journal of Zoology, 9(1): 99-102.
- Naderi, G., H. Saadati., M. Khalatbari., A. Imani., B. Riazzi, 2014: Wild Bezoar Goat (*Capra aegagrus* erxleben) in Agh-Dagh Protected Area, Ardabil, Iran: Habitat Suitability Modelling by Ecological Niche Factor Analysis, Acta Zoologica Bulgarica 66(3): 385-388.
- Nixon, A. J., M.P. Gurnseyb., K. Betteridgec., R.J. Mitchellc., R.A.S. Welch, 1991: Seasonal hair follicle activity and fibre growth in some New Zealand cashmere-bearing goats (*Caprus hircus*), Journal of Zoology, 224(4): 589-598.
- Ogurlu, İ., E.T. Ertuğrul., Y. Ünal, 2013: Research on the efficiency and performance of camera traps and dome system for wild goat inventory, African Journal of Environmental Science and Technology, 7(5): 229-235.
- Özdemir, S., S. Gülsoy., A. Mert, 2020: Predicting the Effect of Climate Change on the Potential Distribution of Crimean Juniper, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 20(2): 133-142.
- Peterson, A., N. Vargas, 1993: Ecological diversity in Scrub Jays, *Aphelocoma coerulescens*. The Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution 309-317.

- Phillips, S.J., R.P. Anderson., R.E. Schapire, 2006: Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190(3): 231-259.
- Qin, A., B. Liu., Q. Guo., R.W. Bussmann., F. Ma., Z. Jian., G. Xu., S. Pei, 2017: Maxent modeling for predicting impacts of climate change on the potential distribution of *Thuja sutchuenensis* Franch., an extremely endangered conifer from south-western China, *Global Ecology and Conservation*, 10: 139-146.
- Saito, M.U., H. Momose., S. Inoue., O. Kurashima., H. Matsuda, 2016: Range-expanding wildlife: modelling the distribution of large mammals in Japan, with management implications. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(1): 20-35.
- Sarhangzadeh, A., M. Yavari., H. Hemami, 2013: Habitat suitability modeling for wild goat (*Capra aegagrus*) in a mountainous arid area, central Iran, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 41-51.
- Shams Esfandabad, B., M. Karami., M.R. Hemami., B. Riazi., M.B. Sadough, 2010: Habitat associations of wild goat in central Iran: implications for conservation, *European Journal of Wildlife* 56(6): 883-894.
- Srivastav, R.K., S.P. Simonovic, 2015: Multi-site, multivariate weather generator using maximum entropy bootstrap, *Climate Dynamics*, 44: 3431-3448.
- Süel, H. 2019: Brown bear (*Ursus arctos*) habitat suitability modelling and mapping, *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2): 4245-4255.
- Süel, H. Y. Ünal., S. Özdemir., A. Koca, 2019: Hunting Tourism Map of Wild Goat: Antalya District, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(1): 77-86.
- Süel, H., D. Akdemir., A. Kırac., Y. Ünal, 2017: The indicator plant species of wild animals in the Gidengelmez mountains district, *Journal of Environmental Biology*, 38: 991-998.
- Tian, C., P.C. Liao., B. Dayananda., Y.Y. Zhang., Z.X. Liu., J.Q. Li., B. Yu., L. Qing, 2019: Impacts of livestock grazing, topography and vegetation on distribution of wildlife in Wanglang National Nature Reserve, China. *Global Ecology and Conservation*, 20: e00726.
- Trisurat, Y., N. Bhumpakphan., D.H. Reed., B. Kanchanasaka, 2012: Using species distribution modeling to set management priorities for mammals in northern Thailand. *Journal for Nature Conservation*, 20(5): 264-273.
- Turan, N. 1987: Turkey's big game animals and problems. Proceedings of the International Symposium on Wildlife Fauna in Turkey and in The Balkan Countries, September 16-20, Istanbul, 61-83.
- Weinberg, P., H. Ambarli, 2020: *Capra aegagrus*. The IUCN Red List of Threatened Species, e.T3786A22145942. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T3786A22145942.en>.
- Weinberg, P.J. 2008: *Capra aegagrus* (Bezoar, Wild Goat) – Retrieved from The IUCN Red List of Threatened Species: <http://www.iucnredlist.org/details/3786/0>.
- Wisz, M.S., R. Hijmans., J. Li., A.T. Peterson., C. Graham., A. Guisan, 2008: Effects of sample size on the performance of species distribution models, *Diversity and Distributions*, 14(5): 763-773.
- Yang, X.Q., S.P.S. Kushwaha., S. Saran., J. Xu., P.S. Roy, 2013: Maxent modeling for predicting the potential distribution of medicinal plant, *Justicia adhatoda* L. in Lesser Himalayan foothills. *Ecological engineering*, 51: 83-87.
- Zeleny, D., M. Chytry, 2007: Environmental control of the vegetation pattern in deep river valleys of the bohemian massif. *Preslia*, 79, 205-222.
- Zhang, J., F. Jiang., G. Li., W. Qin., S. Li., H. Gao., Z. Cai., G. Lin., T. Zhang, 2019: Maxent modeling for predicting the spatial distribution of three raptors in the Sanjiangyuan National Park China, *Ecology and evolution*, 9(11): 6643-6654.

## SAŽETAK

Divlja koza (*Capra aegagrus* Erxleben, 1777) istaknuti je planinski sisavac koji obitava u mnogim staništima u Turskoj, ali malo je istraživanja provedeno o vezi divlje koze i njenog staništa. Na ovu vrstu značajno utječu razne antropogene aktivnosti poput ilegalnog lova i kamenoloma mramora. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi promjene u potencijalno pogodnim staništima za divlje koze tijekom vremena stvaranjem modela prikladnosti staništa. Istraživanje je provedeno u pokrajini Isparta. Podaci o pojavljivanju divljih koza prikupljeni su uglavnom iz okruga Sütçüler i Eğirdir. Podaci su prikupljeni za dva razdoblja, 2009. i 2019. godinu. Modeliranje prikladnosti staništa provedeno je metodom maksimalne entropije (MaxEnt). Rezultati su pokazali da na korištenje staništa divlje koze utječu čimbenici kao što su nadmorska visina, krševitost, nagib, indeks zračenja, godišnja količina padalina (bio12) i srednja godišnja temperatura (bio1). Utvrđeno je da AUC vrijednosti za skupove podataka za obuku i testiranje modela dobivene korištenjem podataka iz 2009. godine iznose 0,990, odnosno 0,987. Sukladno tome, za 2019. godinu utvrđene su vrijednosti od 0,987, odnosno 0,978. Uočeno je da su identificirana pogodna područja za oba razdoblja bila uglavnom ograničena na lokalna područja na jugozapadu i jugoistoku područja istraživanja. Konačno, karte prikladnosti staništa postavljene su na vrijednost od 0,5. Kao rezultat toga, karte prikladnosti staništa sa zadanom vrijednosti predviđaju da bi moglo doći do povećanja potencijalnih prikladnih područja za 2659 hektara (ha) u 2019. godini.

**KLJUČNE RIJEČI:** modeliranje distribucije, preferencije staništa, MaxEnt, upravljanje divljim životinjama, divlja koza

# TIME-DEPENDENT CHANGE OF NATURAL VEGETATION ON FOREST ROAD FILL SLOPES AND ITS EFFECTS ON EROSION DECREASE

## PROMJENA PRIRODNE VEGETACIJE U VREMENSKOM RAZDOBLJU NA KOSINAMA NASIPA ŠUMSKIH CESTA I NJENI UČINCI NA SMANJENJE EROZIJE

Gizem MISIRLIOĞLU<sup>1\*</sup>, Selçuk GÜMÜŞ<sup>1</sup>

### SUMMARY

During the construction of forest roads, slopes become more susceptible to erosion as they remain bare due to soil excavation and felling of trees along the road route. In Türkiye, studies are carried out to prevent erosion and maintain slope stability, and it is known that these studies are quite costly. In this study, analyses were made on three forest roads built less than a year ago, 5 years ago and 10 years ago from the forest road network located at the same aspect and level, and the aim was to determine whether these costs were needed. Soil samples were taken from the fill slopes of these roads and the degree of covering of the plants was determined by using the grid method on the images taken with the drone. Analyses of organic matter, texture, stony ratio, and pH-EC determination were made on these soil samples. The vegetation cover of the fill slope surfaces was determined as 93% for the 10-year-old road, 80% for the 5-year-old road and 0% for the newly built road. According to the ABAG method (which is a simulation of the USLE model converted to the metric system and adapted to European conditions), the annual soil loss amount for the 10-year-old forest road was 1.59 tons/ha/years, for the 5-year-old forest road it was 1.75 tons/ha/years and, finally, for the newly built forest road, this value was 15.52 tons/ha/years. Considering that most of the soil loss occurs in the first years, the amount of soil loss determined on the 5-year-old forest road is at an acceptable level according to the erosion values that occur in natural areas. For this reason, considering that the fill slopes are naturally covered with vegetation, it has been determined that there is no need for costly stabilization process in the fill slopes in this study area.

**KEY WORDS:** forest roads, slope, erosion, ABAG, vegetation

### INTRODUCTION

#### UVOD

While forest ecosystems were managed for the purpose of wood raw material to a large extent in the past (Zengin et al., 2013), today this approach has begun to change because the uniqueness of these ecosystems has been realized and it has been acknowledged that they have invaluable social, ecological and economic functions. With this awareness,

the analysis of the ecological relationship of the complex structure of these ecosystems with environmental factors has started to be the subject of many studies. In addition to the analysis of the structure and function of forest ecosystems, the importance of the products and services it provides has started to be presented concretely. For this purpose, national and international ecosystem-based forest management plans are currently developed (OGM, 2017). In this context, it is important to scientifically analyse the

<sup>1</sup> Res. Assist. Gizem Misirlioğlu, PhD, Prof. Selçuk Gümüş, PhD, Department of Forest Engineering, Faculty of Forest, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

\*Corresponding author: Gizem Misirlioğlu, e-mail: gizemyorulmaz@ktu.edu.tr



**Figure 1.** Study area

Slika 1. Područje istraživanja

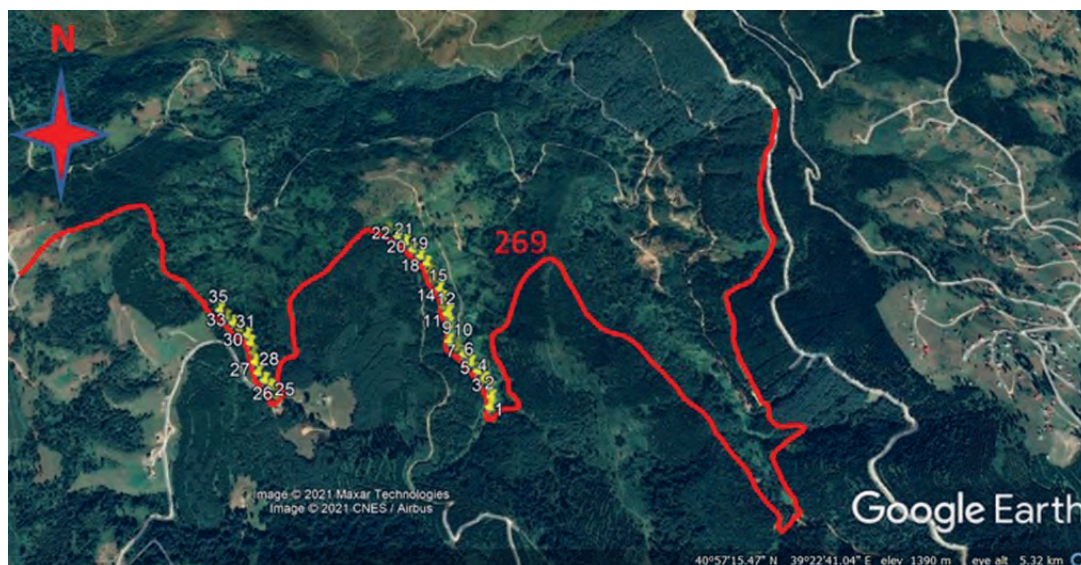
structure and functions of forest ecosystems from an ecological perspective. Parallel to all these developments, the need for forest roads, which provide access to forest ecosystems and direct benefit from products and services, is increasing day by day.

During the construction of forest roads, sloping surfaces are created in the cuts and fills, which are called slopes, in order to connect the platform edge with the natural ground. Soil movements are common on slopes due to their slope, the removal of vegetation during road construction, and various ecological reasons (Emir, 2006). The slopes formed in the construction of forest roads first lose their stability

with the effect of natural factors such as water, wind and frost, and then they are faced with events such as water erosion, wind erosion, landslide and stone rolling depending on the soil type, slope gradient, direction and water transmission status (Acar et al., 2002).

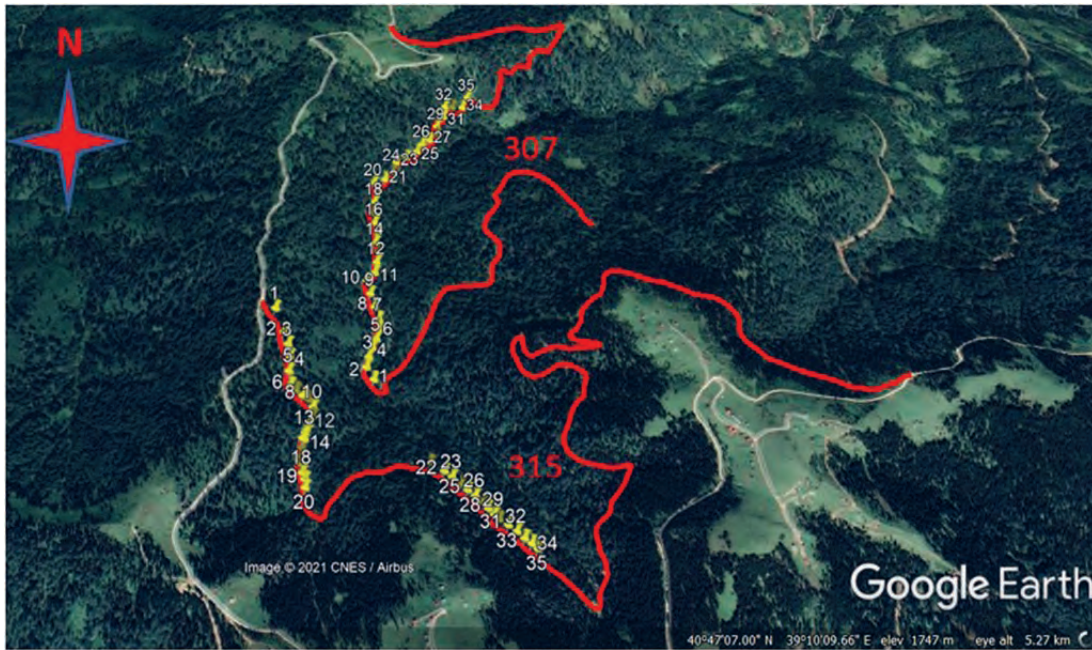
Stabilization processes are carried out in order to prevent soil loss on slopes. Stabilization processes, such as seeding, mulching, covering or retaining walls, are difficult to construct, costly and require good projecting (Hastuty and Prambudi, 2020).

In this study, the effects of plants that grow naturally over time on forest road fill slope surfaces in the application



**Figure 2.** Sample areas – Road code 269

Slika 2. Područja uzorkovanja – Oznaka ceste 269



**Figure 3.** Sample areas – Road codes 307 and 315

**Slika 3.** Područja uzorkovanja – Oznake cesta 307 i 315

areas on preventing soil losses were studied. In this context, analyses were made on the soil samples to be taken from the roads and the annual amount of soil loss was determined by the ABAG method by taking measurements related to natural vegetation. As a result, it was concluded whether there is a need for protective measures in the research area.

#### Materials and methods – *Materijali i metode*

As the study area, a newly built road (road code 315), a 5-year-old road (road code 307) and a 10-year-old road (road code 269) located in Salpazari and Akcaabat districts of Trabzon province were selected. The forest roads in the research area were built in accordance with B-type secondary forest road standards. The total width was 5 meters, with platform width of 4 meters and ditch width of 1 meter. The 10-year-old 269 coded forest road in Vakfikebir was measured as 8+400 km and its slope was %7.1. The 5-year-old 307 coded forest road in Salpazari was measured as 4+420 km and its slope was %6.3, and the newly built 315 coded forest road was measured as 4+620 km and its slope was %6.4. All forest roads are stabilized roads covered with superstructure material. In order to ensure that the selected roads reflect the same ecological environment, they are between 1400 and 1800 meters of altitude in shaded aspects and belong to the Picetum zone, according to the forest zones by Mayr (Saatcioglu, 1976).

A total of 105 soil samples, 35 for each road, were taken from the fill slope of these selected roads. Soil samples were



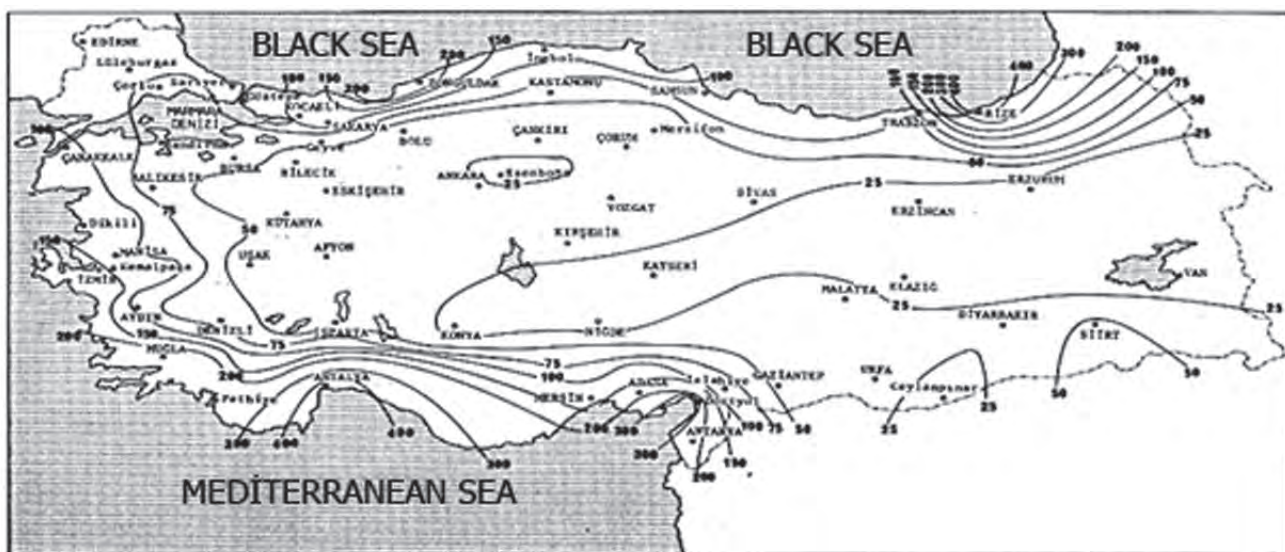
**Figure 4.** Taking soil samples

**Slika 4.** Uzimanje uzoraka tla

taken from the points where the road platform ends and the fill slope begins (Fig. 4).

On the soil samples taken from these points, where the fill slope begins, the amount of organic matter and soil texture were determined in the laboratory environment, and as a result, the annual amount of soil loss was determined.

The universal soil loss estimation equation (USLE), one of the most widely used mathematical models, was used to estimate the amount of soil lost by erosion (Köhn et al. 2021). The ABAG method, which is a simulation of the USLE model converted to the metric system and adapted to European conditions, was used in the study (Wischmeier



**Figure 5.** Average annual erosion indices' distribution in Türkiye (Dogan, 1987)

**Slika 5.** Distribucija prosječnih godišnjih indeksa erozije u Turskoj (Dogan, 1987)

and Smith, 1978). Below are the components of this method:

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

In which:

A: The annual soil loss from the unit area obtained by multiplying the factor values (t / ha)

R: Precipitation factor (rainfall erosivity index). The R values, which are the precipitation factor (rainfall erosivity index), were processed based on the value to which Trabzon corresponds to on the map shown in Figure 5.

K: Soil erodibility (erosion susceptibility) factor. For the K factor, first of all, organic matter and soil texture analysis were performed in the laboratory and the K values were calculated using the equation below (Wischmeier and Smith, 1978):

$$K = \frac{2.1 * M^{1.4} * 10^{-4} * (12 - OM) + 3.25 * (S - 2) + 2.5 * (P - 3)}{100} \quad (2)$$

OM = Soil organic matter content,

M = (% silt + % very fine sand) x (100 - % clay),

S = Soil structure code

P = Permeability class.

LS: Slope length and slope factor. The length and slope of each fill slope were found in the field. The LS factor was determined by formulating the slope length and slope factor according to these values (Arnoldus, 1977).

$$LS = L^{0.5} (0.0138 + 0.00965 * S + 0.00138 * S^2) \quad (3)$$

In which:

C: Product management factor: The grid method was used to determine the soil cover ratio of the vegetation and to determine the C factor. Images taken with the Parrot Anafi

Drone were used to determine the amount of vegetation (Ceylan et al., 2019). In order to surround 1x1 m<sup>2</sup> for herbaceous plants, 2x2 m<sup>2</sup> for shrub-shaped plants and 10x10 m<sup>2</sup> for tree cover in the sample areas taken, square meters were entered with the command to enter the area on the drone interface, and images were taken from every point. The captured images were taken into 10x10 boxes and the degree of vegetation for each point was determined as a percentage (Pinar et al., 2018). The C factor values, which are the product management factor, were adapted to the formula according to the corresponding value in the C values' table for continuous pasture, pasture or vacant land (Arnoldus, 1997). P: Erosion control practices (soil protection measures) factor. It refers to the conservation techniques aimed at reducing soil erosion. P can also be defined as erosion control management practices. In the absence of any protective measures, the P factor can be determined as 1 (Schwab et al., 1993).

In this formula, the main variables were the K and C factors. Considering that the factors other than K and C will not differ due to the selection of the trial areas in the same ecological region, these factors were given priority.

## RESULTS AND DISCUSSION

### REZULTATI I DISKUSIJA

In accordance with the observations in the field and the analysis of material, no vegetation was found on the newly built road (road code 315). On the 5-year-old road (road code 307), mostly annual plants (herbaceous and shrubs, etc.) were found, and on the 10-year-old road (road code 269), mostly annual trees, but in the form of bushes, as well as woodlands occasionally. The average vegetation cover ratio was determined as 93% on the road with the road code



**Figure 6.** Vegetation of roads

**Slika 6.** Vegetacija na kosinama cesta

269, 80% on the road with the road code 307, and 0% on the road with the road code 315.

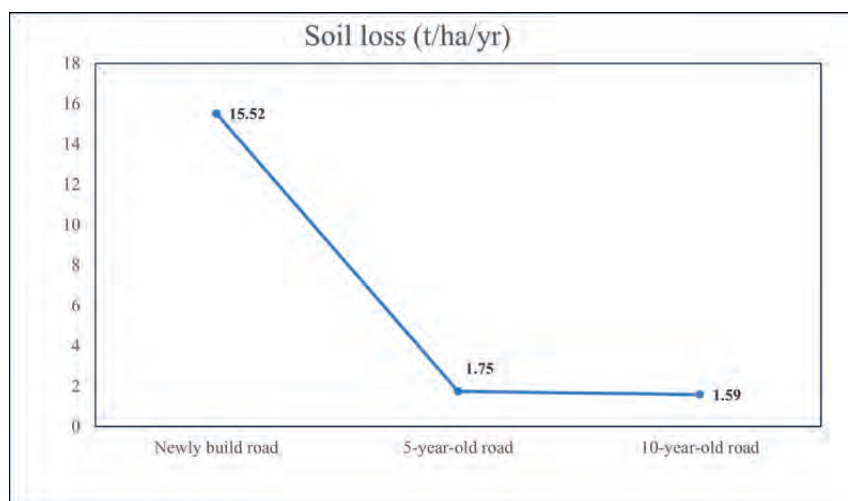
Since it is known that the plants in the study area are shallow-rooted, and are mostly grass and herbaceous plants, it follows the thesis by Yavuzsefik's (1998) that pile-rooted plants form the plant root system in landslides and shallow-rooted plants form the plant root system in areas with erosion risk. When we consider the cover rates, it can be seen that although the soil was completely bare in the first year the road was built, the plants that grew naturally in the area covered 80% of the soil within 5 years, and this rate gradually increased as the years passed. Luce and Black (1999) stated in their study that most of the soil losses occurred in the first two years until the excavation-fill slopes and ditches were completely covered with vegetation. Within the scope of this study, it was determined that the plants covered 80% or more soil in the 5th year, since the areas were analysed at 5 years intervals. Pohl et al. (2011) showed the positive effect of plant diversity on soil stability. In addition, the results by Pohl et al. (2011), who argue that total stability increases with increasing root density and the number of plant species, also support this study. In their study, Acar and Gumus (2018) observed that the vegetation cover was not formed in sufficient quantities despite the duration of 10 or 15 years. It is thought that the reason for this is the fact that their study was carried out in the Antalya region, which has characteristics of the Mediterranean

climate and shows significant differences between the Eastern Black Sea Region in terms of soil characteristics.

According to the laboratory results, it was determined that the 269 coded road was 70% rock and 30% soil, the 305 coded road was 65% rock and 35% soil, and the 315 coded road was 75% rock and 25% soil. When the skeletal condition of all roads was measured, it was determined that more than 50% of the soil samples taken were larger than 2 mm. The average organic matter of the 10-year-old road was 4.94%, the average organic matter of the 5-year-old road was 4.79%, and the organic matter of the newly built road was 5.50%. Petri and Wagner (1978) divided the organic matter into 5 classes: poorly humic, lowly humic, medium humic, very humic, and humus-rich. According to this classification, the 10-year-old road coded 269 and the 5-year-old road coded 307 are in the category of medium humic, while the newly built road with the road code 315 is in the category of very humic. The reason why the organic matter of the newly built road is higher than the others may be the result of laying the humus layer, which has a high amount of organic matter in the upper soil, taken from the excavation slope, in the road construction (OGM, 2008). According to Monnier (1965), organic matter is considered to be an important parameter of annual soil loss, as it causes an increase in the mean weight diameter and consequently increases the overall stability. Refahi (2006) reported that soil abrasiveness decreases linearly with increasing organic

**Table 1.** ABAG method parameters results**Tablica 1.** Rezultati parametara metode ABAG

Roads <i>Cesta</i>	R Factor	K Factor	LS Factor	C Factor	P Factor
Road code 269 <i>Oznaka ceste 269</i>	75	0.139	7.161	0.022	1
Road code 307 <i>Oznaka ceste 307</i>	75	0.052	6.378	0.069	1
Road code 315 <i>Oznaka ceste 307</i>	75	0.071	6.360	0.450	1

**Figure 7.** Annual amount of soil loss**Slika 7.** Godišnja količina gubitka tla

matter in the range of 0 to 10%. Parsakhoo et al. (2014) found similar results in their study.

Calculations were made for all parameters according to the ABAG method and the following results were found.

The result of all these values was added to the relevant formula and the A factor value was calculated. The results of the A factor value for each path are given in the graph below.

According to the results of research conducted in various countries, it has been reported that annual soil loss varies between 0.03 and 5 t/ha/year in natural erosion and between 0.1 and 200 t/ha/year in accelerated erosion (Morgan, 2009). According to these data, the amount of erosion in the open area can vary from 3 to 280 t/ha/year, depending on the land structures and climate conditions in the countries.

In the results of this research, which was based on the ABAG method, it is striking that the amount of soil loss determined on the newly built road is significantly higher than the values calculated on the 5-year-old and 10-year-old forest roads, while the results determined on the 5-year-old and 10-year-old slopes are similar. The main reason for this similarity is thought to be related to the percentage of soil cover of natural vegetation. Lotfalian et al. (2019) found in a study that most of the erosion occurred in the first ye-

ars (Arnáez et al. 2004) and reached a maximum level within 5 years and then decreased. Hacısalihoglu et al. (2019) found that the average annual amount of soil loss (for 0-50 cm depth level) was approximately 5.5 times higher in the open area according to the ABAG method. It was significantly affected by afforestation studies in a 40-year period, and the soil loss of afforestation was observed. It was determined that there is a variable that reduces the amount of soil and that the reason for this difference is the comparison of the open area and the afforestation area in their study. Within the scope of this study, both areas were located within the forest area.

## CONCLUSION ZAKLJUČAK

In this study, the amount of soil erosion on the forest road fill slope was calculated as 15.52 t/ha/year on the newly built forest road, 1.75 t/ha/year on the 5-year-old forest road and 1.59 t/ha/year on the 10-year-old forest road. Considering that most of the soil loss determined in the study area occurred during the first years, it is predicted that the amount of soil loss, determined on the 5-year-old forest



road, remains at an acceptable level according to the natural amounts of soil erosion.

It can be concluded the main reason for the differences in the amount of erosion are the C factor (land cover and management factor) and the K factor (erosion susceptibility). The usage of unmanned aerial vehicles for the detection of the C factor and vegetation has made it very convenient in the field. In order to find the K factor, soil organic matter content, texture, soil structure and permeability class were determined. For these, chemical analyses were conducted in the laboratory and as a result, the K factor values were obtained. Planting methods can be used to improve the K factor and the C factor. In order to accelerate the existing planting, it is recommended to carry out fertilization studies.

In this study, positive results were obtained regarding the restoration period of nature, which will be shortened gradually if the standards are compliant with the construction of forest roads. Therefore, laying the topsoil covering on the fill slopes, which was stripped during construction, after the slope surfaces are formed, will be important for the growth of surface vegetation by increasing the amount of organic matter. Since forest road construction is in direct interaction with nature, care should be taken to ensure that the people to be employed here are experienced forest engineers.

The results of this study conducted in the Eastern Black Sea Region produce data for areas with similar ecological conditions. It is recommended that this study is iterated in different regions or within the same region at different elevation levels, aspects, and climatic conditions, in order to produce more economic and ecological solutions for the precautions that need to be taken.

**Acknowledgement:** We would like to thank Prof. Dr. Sezgin Hacisalihoglu for her help in this study and Dr. Ugur Kezik who was with us during the laboratory studies.

**Funding:** This research was funded by Office of Scientific Research Projects of Karadeniz Technical University (Project No: FHD-2021-9268).

**Conflict of interest:** The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## REFERENCES LITERATURA

- Acar H. H., Uçler A. O., Olmez Z., 2002: Artvin Yöresi Orman Yol Şevlerinde Doğal Olarak Bulunan Kapari (Capparis ovata Desf.)'nin Gelişiminde Etkili Olan Faktörler. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 10, 43, 1-4. Retrieved from <https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TWpnMU56YzM>
- Acar M., Gümüş S., 2018: Orman Yolu Kenarında Bulunan Kazı ve Dolduru Şevlerinin Bitkilenme Açısından Değerlendirilmesi. *İğdır International Conference on Multidisciplinary Studies*. İğdır. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/334896616>
- Arnáez, J., Larrea, V., Ortigosa, L., 2004: Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads rainfall simulation tests in northeastern Spain, *Catena*, 57 (2004), pp. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2003.09.002>
- Arnoldus, H. J., 1977: Predicting soil losses due to sheet and rill erosion. FAO Conservation Guide no.1 Guidelines for Watershed Management. Rome. Retrieved from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302438373>
- Ceylan, M. C., Uysal, M., 2019: Automatic Tree Detection Using Assessment Of Data Obtained by The Unmanned Aerial Vehicle. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 1-6. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tiha/issue/50752/654167>
- Dogan, O. 1987. Türkiye yağışlarının eroziv potansiyelleri. Ankara: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü .
- Emir, C. 2006: Orman Yollarında *Phyllostachys bambusoides* ile Şev Stabilizasyonu Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak: Zonguldak Kara Elmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hacisalihoglu S., Gumus S., Kezik U., Karadag H., 2019: Impact of Forest Road Construction on Topsoil Erosion and Hydro-Physical Soil Properties in a Semi-Arid Mountainous Ecosystem in Turkey. 28, s. 113-121. *Pol. J. Environ. Study*. <https://doi.org/10.15244/pjoes/81615>
- Hastuty, I. P., Prambudi, R., 2020: Analysis of slope stability by the planning of cantilever retaining wall reinforcement using the application of Plaxis (case study: substation Panyabungan sta 0+ 060). In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 851, No. 1, p. 012021). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/851/1/012021>
- Köhn, J., Meißner, R., Rupp, H., Reinstorf, F., 2021: Tools for Planning Local Mitigation of Water-Driven Soil Erosion Resulting from Impacts of Future Climate Change. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 2000385. <https://doi.org/10.1002/clen.202000385>
- Lotfalian, M., Babadi, T. Y., Akbari, H., 2019: Impacts of soil stabilization treatments on reducing soil loss and runoff in cut-slope of forest roads in Hyrcanian forests. *Catena*, 172, 158-162. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.08.023>
- Luce, C., Black, T., :1999: Sediment Production From Forest Roads in western Oregon. s. 25 <https://doi.org/10.1029/1999WR900135>
- Morgan, R. P. C., 2009: *Soil erosion and conservation*. Blackwell Publishing, 304p. USA. ISBN 1-4051-1787-8
- Monnier, G., 1965: Action des matieres organiques sur la stabilite structurale des sols. *Ann Agron*, 327-400. Retrieved from <https://hal.inrae.fr/hal-02732238/document>
- OGM, 2008: Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı'na ait 292 sayılı tebliğ. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü. Retrieved from <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/mevzuat-sitesi>
- OGM, 2017: Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul Ve Esaslar. *TEBLİĞ NO.: 299*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. Retrieved from <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/mevzuat-sitesi>
- Parsakhoo, A., Lotfalian, M., Kaviani, A., Hosseini, S., 2014: Assessment of soil erodibility and aggregate stability for different parts of a forest road. *Journal of Forestry Research*, 193-200. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0445-2>

- Petri, H., Wagner, A., 1978: Forstliche Standortsaufnahme. MunsterHiltrup: Landwirtschafts Verlag Gmbtl.
- Pinar, M. Ö., Erpul, G., 2018: Tarım Arazilerinde Bitkisel Örtü ve Ürün Yönetimi Faktörünün (C-Faktörü) Belirlenmesi ve NDVI ile İlişkisi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 83-90 Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/sduzfd/issue/40528/455499>
- Pohl, M., Stroude, R., Buttler, A., Rixen, C., 2011: Functional traits and root morphology of alpine plants. *Annals of Botany*, 537-545. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr169>
- Refahi, H., 2006: Water erosion and conservation. Tehran: University of. 668.
- Saatcioglu, F., 1976: "Silvikültür I (Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri)", İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. : 2187, O.F. Yayın No. : 222 .
- Schwab, G., Fangmeier, D., Elliot, W., Frevert, R., 1993: Soil and water conservation engineering. 4th Edn. John Willey and Sons. New York. Retrieved from <https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1982/08000>
- Wischmeier, W., ve Smith, D. 1978: Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. Washington: USDA Agricultural Research Service. Retrieved from <https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=rRAUAAAAYAAJ>
- Yavuzsefik, Y., 1998: Peyzaj Onarım Tekniği. Düzce: Abant İzzet Baysal Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Zengin, H., Yeşil, A., Ünal, A., Bettinger, P., Cieszewski, C., Siry, C., 2013: Evolution of Modern Forest Management Planning in the Republic of Turkey. 239-248. <https://doi.org/10.5849/jof.11-103>

## SAŽETAK

Tijekom izgradnje šumskih prometnica kosine postaju podložnije eroziji budući da ostaju gole zbog iskopavanja tla i sječe stabala uz trasu ceste. U Turskoj se provode studije za sprječavanje erozije i održavanje stabilnosti kosina, a poznato je da su te studije prilično skupe. U ovom istraživanju analizirane su tri šumske ceste izgrađene prije manje od godinu dana, prije 5 godina i prije 10 godina iz mreže šumskih cesta koje se nalaze na istom položaju i razini te se istraživanjem željelo utvrditi jesu li ti troškovi potrebni. Uzeti su uzorci tla s kosina nasipa prometnica te je metodom rešetke na snimkama snimljenim dronom određen stupanj vegetacijske pokrivenosti. Na uzorcima tla napravljene su analize organske tvari, teksture, omjera kamenja te je određen pH-EC. Za desetogodišnju cestu utvrđena je vegetacijska pokrivenost površina nasipa od 93 %, za petogodišnju cestu 80 % i za novoizgrađenu cestu 0 %. Prema ABAG metodi (koja je simulacija USLE modela pretvorena u metrički sustav i prilagođena europskim uvjetima), godišnji iznos gubitka tla za desetogodišnju šumsku cestu iznosi 1,59 tona/ha godišnje, za petogodišnju šumsku cestu 1,75 tona/ha godišnje te za novoizgrađenu šumsku cestu 15,52 tona/ha godišnje. S obzirom na to da do većine gubitka tla dolazi u prvim godinama, količina gubitka tla utvrđena na 5 godina staroj šumskoj cesti na odgovarajućoj je razini prema erozijskim vrijednostima koje se javljaju u prirodnim područjima. Iz tog razloga, s obzirom da su padine nasipa prirodno prekrivene vegetacijom, utvrđeno je da nema potrebe za skupim procesom stabilizacije padina nasipa na ovom području istraživanja.

---

**KLJUČNE RIJEČI:** šumske ceste, nagib, erozija, ABAG, vegetacija

# KAKO JE ZGRADA ŠUMSKOG RAVNATELJSTVA U GOSPIĆU POSTALA ZGRADA GRADSKE UPRAVE

Oliver Vlainić<sup>1</sup>

*Arhivsko istraživanje povijesti izgradnje zgrade Ravnateljstva državnih šuma u Gospiću / Šumskog gospodarstva „Kapela“ Gospić 1941. – 1953. godine – zgrada današnjeg Ureda gradonačelnika grada Gospića i dijela Gradske uprave grada Gospića na adresi Budačka 55, Gospić*

Hrvatsko šumarstvo ima dugu i bogatu povijest, ali dobrim dijelom nije istražena. Stoga se i djelomičnim istraživanjem povijesne građe mogu otkriti mnoge zanimljivosti. Osobno sam posljednjih petnaestak godina u više navrata istraživao dokumentaciju vezanu za šumarstvo u Hrvatskom državnom arhivu u Zagrebu, ali i u drugim arhivima. Prema količini građe koja postoji, mogu reći da sam samo zavirio u to prostranstvo informacija. Nažalost, građa nije sistematizirana i treba ju listati, čitati, fotografirati i iz toga slagati mozaik događanja. Iako mi je ponajprije namjera bila istraživati povijest šumarstva karlovačkog područja, zbog raznih organizacijskih povezanosti ostalih područja s tim područjem tijekom protekla dva i pol stoljeća, prikupio sam neke podatke i za sisačko, ogulinsko i ličko područje. Tako sam nailazio i na opise raznih zgrada koje su tijekom vremena služile šumarstvu, a danas su u vlasništvu drugih institucija, i moram priznati ne bi ih se moglo povezati sa šumarstvom. **Jedna od zanimljivijih priča odnosi se na današnju zgradu Gradske uprave grada Gospića.**

Podatke sam počeo prikupljati 2010. i 2011. godine u Hrvatskom državnom arhivu. Raspolagao sam tada s podacima dijela fonda HR-HDA-1108: *Glavna uprava za šumarstvo Savjeta za poljoprivredu i šumarstvo Narodne Republike Hrvatske 1951. – 1952.* Tijekom 2017. godine istraživao sam dio građe iz fonda HR-HDA-222: *Ministarstvo šumarstva i rudarstva Nezavisne Države Hrvatske 1941. – 1945.* Dodatne podatke prikupio sam 2021. i 2022. godine u fondovima HR-HDA-297: *Ministarstvo šumarstva Narodne Republike Hrvatske 1947. – 1951.* i HR-HDA-219: *Ministarstvo prometa i javnih radova Nezavisne Države Hrvatske 1941.*

– 1945. te pregledavanjem starih brojeva Ličkih novina u Državnom arhivu u Gospiću. U svim tim istraživanjima pokušavao sam skratiti vrijeme provedeno u čitaonici arhiva, pa sam dijelom nasumice, a dijelom nekom logikom povezivanja birao kutije s građom za koje sam mislio da



Situacioni nacrt za gradnju zgrade Ravnateljstva državnih šuma u Gospiću iz lipnja 1941. godine (fond HR-HDA-219: *Ministarstvo prometa i javnih radova Nezavisne Države Hrvatske 1941. – 1945.*)

<sup>1</sup> Oliver Vlainić, dipl. ing. šum. tajnik HŠD

bih u njima mogao pronaći najviše korisnih informacija. Pomoć oko pronalazjenja podataka pružili su i zaposlenici Državnog arhiva u Gospiću upućivanjem na pretraživanje fonda HR-HDA-219 Hrvatskoga državnog arhiva.

Prva informacija na koju sam slučajno naišao prilikom istraživanja 2011. godine bio je zapisnik sastanka predstavnika Glavne uprave za šumarstvo Savjeta za poljoprivredu i šumarstvo NR Hrvatske i Šumskog gospodarstva „Kapela“ Gospić iz siječnja 1952. godine. U njemu se spominje izgradnja zgrade direkcije u Gospiću s uredskim prostorijama za direkciju i šumariju Gospić, stanom podvornika, sindikalnom salom, sobom za crveni kutić, sobom za prolaznike, službenom sobom i dvije sobe za Šumarski klub. (U Gospiću je 10. veljače 1951. godine osnovan Šumarski klub Gospić kao prvi klub u sastavu Šumarskog društva NR Hrvatske u cilju decentralizacije i početka djelovanja Društva van Zagreba. Znači da se i tada podržavalo rad strukovne udruge). Planirana veličina zgrade bila je 500 m<sup>2</sup>. Uz upravnu zgradu planirana je i izgradnja dva paviljona sa četiri stana za šumarsko osoblje u Gospiću.

Sljedeći dokument bio je dopis Ministarstva šumarstva, Sektora za iskorištavanje šuma pronađen 2021. godine. To je bilo obrazloženje investicionog plana za 1948. godinu u kojemu se spominje kako je u vrijeme Drugog svjetskog rata započeta izgradnja upravne zgrade u Gospiću s temeljem, podrumom i međukatnom konstrukcijom.

Najzanimljiviji podaci koje sam pronašao 2017. i 2022. godine, bili su iz vremena Drugog svjetskog rata. Osnutkom Nezavisne Države Hrvatske Ministarstvo šuma i ruda (kasnije Ministarstvo šumarstva i rudarstva pa Ministarstvo narodnog gospodarstva) u svibnju 1941. godine premjestilo je sjedište Ravnateljstva državnih šuma iz Sušaka u Gospić. Pod tim ravnateljstvom nalazilo se čitavo područje od Sušaka do nekadašnje ličko-dalmatinske granice (u biti bivše granice Habsburške Monarhije i Mletačke Republike). Ličko šumsko područje imalo je od 1907. godine sjedište na Sušaku. Od 1885. do 1907. godine sjedište za isto područje bilo je u Otočcu. Nakon reorganizacije šumske uprave u Kraljevini Jugoslaviji 1931. godine, šumarije dotadašnje Direkcije šuma Zagreb s ogulinskog i delničkog područja potpale su pod Direkciju šuma Sušak. U travnju 1942. godine, nakon ukidanja imovnih općina, čije su šume pripojene državnim šumama, osnovano je Ravnateljstvo šuma u Ogulinu te su šumarije ogulinskog i delničkog područja izdvojene iz Ravnateljstva šuma u Gospiću. Pod Ravnateljstvom šuma u Gospiću bile su šumarije: Kosinj, **Perušić**, **Sveti Rok**, **Gospić**, **Udbina**, **Korenica**, **Donji Lapac**, Plitvička Jezera, „Dubrava“ **Otočac**, „Senjsko bilo“ **Otočac**, „Duliba“ **Krasno**, „Velebit“ **Karlobag**, „Mala Kapela“ **Vrhovine**, „Dolac“ **Vrhovine**, „Plješivica“ **Bihać**, **Pazarište**, **Gračac** i Plitvički Ljeskovac. To je područje skoro istovjetno današnjem prostoru Uprave šuma Podružnice Gos-

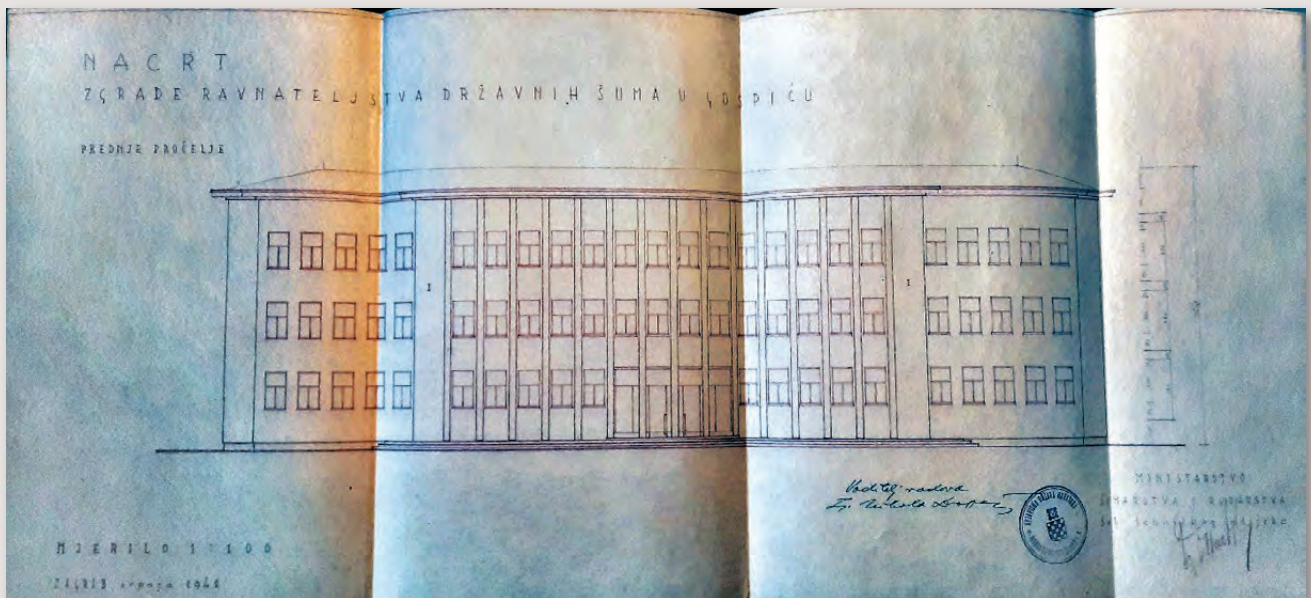
pić, s dodatkom područja Brinja i bez Nacionalnog parka Plitvička jezera, Krasna i Bihaća (područje nekadašnje šumarije Zavalje dok je pripadalo Hrvatskoj).

U podacima Ministarstva prometa i javnih radova NDH istraživanim 2022. godine nalaze se dopisi vezani za građevnu dozvolu te planski situacioni nacrt i nacrti zgrade po etažama. Ravnateljstvo državnih šuma u Gospiću na temelju odobrenog elaborata za gradnju upravne zgrade u kolovozu 1941. godine tražilo je od Kotarske oblasti Gospić dobivanje građevne dozvole za izgradnju zgrade na državnom zemljištu poznatom kao Kasumovićevo biljevište. To je bio šumski rasadnik kojega je početkom 20. stoljeća za vrijeme šumarske službe u Gospiću osnovao županijski šumarski nadzornik Bogoslav Kosović (na zgradi UŠP Gospić 30. rujna 2016. postavljena mu je spomen-ploča). U rasadniku su se proizvodile šumske sadnice za pošumljavanje ličkih vriština. Naziv je dobio po prvom ličko-krbavskom županu Marku Kasumoviću (1830.–1889.) koji se zalagao za bolje gospodarenje ličkim šumama. Situacioni nacrt zgrade izrađen je u lipnju, a nacrti zgrade u srpnju 1941. godine.

Nakon pregleda zemljišta iskolčeno je zemljište i izdana građevna dozvola. Zapisnik o iskolčenju sastavljen je 25. kolovoza 1941., a građevna dozvola 13. studenoga 1941.

U građevnoj dozvoli od 13. studenoga 1941. navedeno je sljedeće:

- 1. Zgrada ima biti udaljena od vanjskog ruba cestovne grabe državne ceste Gospić-Perušić 30 metara, a od međe istočnog susjeda Ike Svetić kbr. 266 iz Gospića 15 metara.*
- 2. Zgrada ima biti 30 m duga, 16 m široka te visoka 15 m.*
- 3. Zgrada ima biti izvedena u armirano-betonskoj skeletnoj izvedbi, a vanjske i unutarnje stijene u opeci.*
- 4. Zgrada se ima sastojati od:  
Podruma za smještaj kotlovnice, skladišta i praone rublja,  
Prizemlja sa stanom vratar, ekonomata, ekonomatom, telefonskom centralom, urudžbenim zapisnikom, otpremom, pisarnom, prostorijama šefa, arhivom te spremištem instrumenata,  
Prvog sprata s prostorijama personalnog odsjeka, zamjenika ravnatelja, ravnatelja, velikom salom, blagajnom i računovodstvom,  
Drugog sprata sa građevnim odsjekom, eksploatacijom i taksacijom te sa sobom za kopiranje.*
- 5. Svi stropovi imaju biti od armirano betonskih ploča prema statičkom računu.*
- 6. Podovi imaju biti iz parketa i keramita, a nusprostorije iz terazza.*



Nacrt prednjeg zgrade Ravnateljstva državnih šuma u Gospiću iz srpnja 1941. (fond HR-HDA-219: Ministarstvo prometa i javnih radova Nezavisne Države Hrvatske 1941. – 1945.)



Zgrada ureda gradonačelnika i gradske uprave Grada Gospića 2024. godine

7. Stepenište ima biti izvedeno iz kamena, kao i rednji piloni pročelja. Pročelje se ima ožbukati u teraboni.
8. Krovnište ima biti iz drveta prekriveno salonitom.
9. Zgrade se imaju grijati centralnim loženjem.
10. Gradnja ima biti izvedena točno prema priloženom nacrtu i prema povjerenstvenom iskolčenju na licu mjesta.
11. Zidovi imaju počivati na čvrstim temeljima od betona ili kamena te biti izolirani od prodiranja vlage.

12. *Gradnju treba izvoditi tako da tjelesna sigurnost radnika i prolaznika bude osigurana.*
13. *Po čl. 47. Zakona o radnjama novogradnja se ima izvesti pod stvarnim i neposrednim vodstvom ovlaštenog graditelja, odnosno majstora.*
14. *Izvoditelj gradnje pri izvođenju povjerenog rada ima se strogo pridržavati postojećih građevnih propisa i tehničkih načela.*
15. *Materijal po kvaliteti mora odgovarati namijenjenoj svrsi.*
16. *Dimnjaci imaju biti izvedeni iz dobro pečenog materijala, izvana i iznutra dobro ožbukani, te moraju sljeme krova nadvisivati bar za 60 cm.*
17. *Zahodna jama mora biti nepromočiva i s poklopcem providena, a od zdenca najmanje 10 m udaljena. Po dovršetku valja od ovog Ministarstva zatražiti dozvolu za upotrebu građevine. Ova građevna dozvola vrijedi dvije godine, računajući od dana njena primica. Ovim se ujedno odobrava projekt građevine. Proti ovoj odluci nije dozvoljena žalba u upravnom postupku.*

Po arhivskim dopisima istraživanim 2017. godine mogu se pratiti i pojedine aktivnosti na izgradnji zgrade. Ravnatelj Ravnateljstva državnih šuma u Gospiću ing. Josip Mahovlić izdao je 21. kolovoza 1941. putni nalog šumarskom vježbeniku Velimiru Staniću sa zadatkom konsignacije (doznake) stabala na području Vrhovina za drvenu građu za gradnju zgrade Ravnateljstva. Nalogom je obuhvaćena i izrada materijala, prijevoz do željezničke stanice, utovar i prijevoz do Gospića. Rok za izvršenje naloga bio je 12 dana.

Upečatljiv je opis nadzornog inženjera Eduarda Manca koji se uputio vlakom iz Zagreba 6. ožujka 1943. i vratio se natrag 20. ožujka 1943. nakon 15 dana putovanja i obavljanja nadzora. Čitav prvi dan putovao je putničkim vlakom do Moravica u Gorskom kotaru gdje se vlak zaustavio prije noći. Drugi dan nastavio je putovanje istim vlakom do željezničke stanice Plase odakle se autobusom spustio u Crikvenicu. Treći dan je brodom iz Crikvenice otputovao do Svetog Jurja. Četvrti dan se teretnim vozilom Ravnateljstva šuma Gospić odvezao od Svetog Jurja do Gospića. Peti i šesti dan obavio je pregled radova na gradnji zgrade Ravnateljstva u Gospiću. Sedmi dan se vratio teretnim vozilom do Svetog Jurja. Od osmog do desetog dana pregledavao je radove na novogradnji ceste Sveti Juraj-Krasno. Jedanaesti dan osobnim je vozilom otputovao iz Svetog Jurja u Senj, Novi Vinodolski i Crikvenicu gdje je obavio druge poslove. Dvanaesti dan je proveo putujući osobnim vozilom od Crikvenice do Plasa, a odatle putničkim vlakom do Ogulina. Zbog prekida željezničkog prometa trinaesti i četrnaesti dan proveo je u Ogulinu.

Putovanje je nastavio petnaestog dana te je u Zagreb stigao u večernjim satima. Putovanje mu je trajalo tri dana duže nego je putnim nalogom bilo predviđeno, ali to je bilo ratno vrijeme pa su putovanja bila nepredvidiva.

Pregledom radova na zgradi Ravnateljstva u Gospiću ustanovio je da su svi armirano-betonski radovi završeni i dobro izvedeni do armirano-betonske ploče nad prizemljem. Radovi su nastavljeni sa savijanjem željeza za grede nad prvim katom, ali to nije završeno uslijed manjka materijala. Zbog nedostatka materijala, posebice dasaka za oplata i cementa, teškoća u dostavi cementa te nedostatka radne snage, radovi na izgradnji zgrade su privremeno obustavljeni. Uz zgradu ravnateljstva gradila se i garaža za automobile koja je također bila nedovršena. Nadzorni inženjer propisao je popravak dijelova zgrade koji su stradali od vlage, dopremu i skladištenje potrebnog građevnog materijala, zatvaranje svih otvora na zgradi s drvenim oplatama i postavljanje čuvara gradilišta. U opisu pregledanog materijala i živežnih namirnica naveo je da se pod obavezom Ravnateljstva šuma u Gospiću nalazi 808 članova (vjerojatno zaposlenika i njihovih obitelji) kojima prema pravilniku treba osigurati određenu količinu namirnica.

Budući da je zbog ratnih zbivanja zgrada ostala nedovršena, njena gradnja se nastavila nakon Drugog svjetskog rata. U planu investicija za 1949. godinu Šumsko gospodarstvo Gospić planiralo je za upravnu zgradu 2,1 milijun dinara. Gradnja se očito odužila, pa je Šumsko gospodarstvo „Kapela“ Gospić u planu investicija 1952. godine predvidjelo za upravnu zgradu gospodarstva 15,5 milijuna dinara. U Šumskogospodarskoj osnovi za ličko područje za razdoblje 1986.–1995. godine navodi se kako se ŠG „Kapela“ Gospić bavila i visokogradnjom: *U vlastitoj režiji dovršilo je velike upravne zgrade Šumskog gospodarstva u Gospiću, u kojoj se danas nalazi skupština i uprava općine Gospić.*

Vrijeme napuštanja završene zgrade otkriva se u polemičnom članku ing. Ferde Šulentića, koji je objavljen u Ličkim novinama broj 11 od 1. listopada 1953. pod naslovom „Velebit pripada Lici, ali...“: *Rukovodeće šumarsko osoblje gotovo bez izuzetaka premještalo se je u Liku po – kazni. Na taj način naša lijepa Lika pretvorena je u hrvatski – „Sibir za šumare“. Da bi se to provjerilo da je to točno, mogli bi sprovedi anketu u Gračacu, Gospiću i Otočcu. U tome pogledu niti lokalne vlasti nisu pokazale puno više razumijevanja. Na pr. komfor koji je pružen šumarima u Gospiću – mizeran je. Da bi razočarenje bilo još veće, **ovoga proljeća kada su se ispraznile bivše službene prostorije Šumskog gospodarstva, umjesto da se olakšalo šumarskom osoblju, koje se već godinama muči u teškim stambenim prilikama, najbolji stan (bilo ih je svega tri) gotovo je pod presijom otrgnut za jednog službenika iz druge struke. Nesumnjivo, trebao je stan i tome „uzurpatoru“, no stvar je ipak simptoma-***

tična i dobro baca sliku kako se podcjenjivački gleda na šumarstvo i šumarsko osoblje. U istim novinama broj 7 od 1. travnja 1957. i broj 18 od 15. rujna 1958. nalaze se fotografije zgrade Narodnog odbora kotara Gospić, koja je danas zgrada gradske uprave grada Gospića.

Znači još 1953. godine šumarstvo je posjedovalo veliku upravno-stambenu zgradu koja je prepuštena političkoj vlasti. Od tada do 2005. godine sjedište ličkoga šumskog gospodarstva i kasnije Uprave šume Podružnice Gospić nalazilo se u manjim i neadekvatnim zgradama. Današnja upravna zgrada UŠP Gospić sagrađena je i useljena 2005. godine, a nalazi se u istoj ulici kao i zgrada gradske uprave, na adresi Budačka 23, udaljena 400 m od nje.

Gospićki ogranak Hrvatskoga šumarskog društva, povodom obilježavanja Međunarodnog dana šuma, posadio je 21. ožujka 2019. ispred zgrade grada Gospića klon Gupčeve lipa. Lipa je podsjetnik na Kasumovićevo biljevište, prvi šumski rasadnik u Lici osnovan 1903. godine. Na prostoru rasadnika počela se graditi zgrada Ravnateljstva šuma u Gospiću, koja je točno 50 godina nakon osnutka rasadnika prešla u vlasništvo i dana na uporabu nekadašnje općinske i kotarske vlasti, odnosno današnje gradske vlasti.

Tekst dopunjen s priložima iz arhivske građe i novina te fotografijama možete pronaći na web stranici Šumarskog lista <https://www.sumari.hr/sumlist>



Gupčeva lipa ispred zgrade grada Gospića u svibnju 2024. godine (foto: Mandica Dasović)

## Međunarodni projekt *Fem2forests*

U siječnju 2024. godine konzorcij od 15 partnerskih organizacija pokrenuo je međunarodni projekt **Fem2forests: Inovativni putevi za učinkovito uključivanje djevojaka i mladih žena u šumarski sektor**. Projekt je sufinanciran u sklopu Interreg Programa transnacionalne suradnje Dunavske regije. Sudjeluju partneri iz 9 zemalja (Slovenija, Hrvatska, Austrija, Njemačka, Bosna i Hercegovina, Srbija, Rumunjska, Češka Republika i Ukrajina). Vodeći partner projekta je Slovenski šumarski institut. Hrvatski partneri u projektu su Hrvatski savez udruga privatnih šumovlasnika i Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije, dok je Fakultet šumarstva i drvne tehnologije pridruženi partner projekta.

U šumarstvu i drugim sektorima povezanim sa šumarstvom sve je vidljiviji nedostatak radne snage, a interes za karijeru u ovom sektoru također opada. Ipak, šumarstvo je poznato po stvaranju "zelenih poslova" koji ne samo da doprinose očuvanju šumskih ekosustava, već osiguravaju i održivu proizvodnju različitih vrsta drvnih sortimenata i nedrvnih proizvoda. Projekt *Fem2forests* temelji se na saznanjima prethodnog projekta *Fem4Forest* (DTP3-500), koji nam je pružio uvid u položaj žena u šumarstvu u Dunavskoj regiji te je i izvor motivacije za daljnji rad s djevojkama i ženama u šumarstvu. Ovim projektom želimo doprinijeti jačanju sektora šumarstva u Dunavskoj regiji na lokalnoj, regionalnoj i međunarodnoj razini uključivanjem mladih žena i djevojaka u većoj mjeri.

Ciljevi *Fem2forests* projekta su:

1. Razviti inovativne karijerne puteve za djevojke i mlade žene u šumarstvu,
2. Ojačati kapacitete obrazovnih institucija u šumarstvu integriranjem aspekta ravnopravnosti spolova
3. Stvoriti povoljne uvjete za učinkovito uključivanje žena na različitim razinama šumarskog sektora i drugim sektorima povezanim sa šumarstvom

Za postizanje ovih ciljeva, *Fem2forests* koncept slijedi interaktivni i inovativni model koji uključuje različite sudionike i obuhvaća različite razine karijernih puteva u šumarstvu, od ranih faza orijentacije do vodećih pozicija. Projekt koristi različite metode kako bi se identificirale potrebe i interesi djevojaka i mladih žena u sektoru šumarstva - radionice, ankete, intervjui i drugo. Obrazovne institucije, tvrtke, organizacije i drugi dionici također će biti uključeni u projekt kako bi promijenili svijest i stvorili okvir za raznolikiju radnu snagu koja promiče održivi razvoj, posebno u ruralnim područjima. Kroz ove aktivnosti, cilj je povećati udio mladih žena u sektoru šumarstva, pri čemu je ključna komunikacija i uključivanje ciljnih skupina od samog početka projekta.

### PROJEKTNI ID:

**Naziv:** Inovativni putevi za učinkovito uključivanje djevojaka i mladih žena u šumarski sektor

**Akronim:** Fem2forests

**Datum početka:** 01.01.2024 **Datum završetka:** 30.06.2026

**Proračun projekta:** €1.6 milijuna (od čega je 1,3 milijuna eura Interreg sredstava)

**Vodeći partner:** Slovenski šumarski institut

**Partneri iz RH:** Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije i Hrvatski savez udruga privatnih šumovlasnika

**Partnerstvo:** 15 partnera iz 9 država



# ZNANSTVENI SKUP GOSPODARENJE ŠUMAMA HRASTA LUŽNJAKA U PROŠLOSTI, SADAŠNJOSTI I BUDUĆNOSTI

Igor Anić<sup>1</sup>

Znanstveni skup *Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti* održan je u Vinkovcima, 18. – 19. travnja 2024. godine. Znanstveni skup su organizirali Centar za znanstveni rad HAZU u Vinkovcima i Hrvatske šume, d. o. o., povodom obilježavanja 150 godina znanstvenoga i organiziranoga pristupa šumarstvu jugoistočne Slavonije i djelovanja Brodske imovne općine (1873. – 1942.). Održan je u Velikoj županijskoj vijećnici Vukovarsko-srijemske županije u Vinkovcima.

Pokrovitelj znanstvenog skupa je Vlada Republike Hrvatske, a suorganizatori su Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo HAZU, Znanstveno vijeće za zaštitu prirode i okoliša HAZU, Hrvatske šume, d. o. o. – Uprava šuma podružnica Vinkovci, Akademija šumarskih znanosti, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatski šumarski institut, Hrvatsko šumarsko društvo, Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije,

Hrvatski institut za povijest – Podružnica za povijest Slavonije, Srijema i Baranje i Državni arhiv u Vukovaru.

Na otvaranju sudionike su redom pozdravili akademik Igor Anić, predsjednik Organizacijskog odbora i predsjednik Hrvatskog šumarskog društva, Ante Sabljčić, član Uprave Hrvatskih šuma, d. o. o., Krasnodar Sabljčić, voditelj Uprave šuma podružnica Vinkovci, Ivan Bosančić, gradonačelnik Grada Vinkovaca, Damir Dekanić, župan Vukovarsko-srijemske županije, Mladen Pavić, državni tajnik u Ministarstvu poljoprivrede Republike Hrvatske i Ivica Šušak, državni tajnik u Ministarstvu znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske koji je otvorio znanstveni skup.

Znanstveni skup je okupio znanstvenike iz područja šumarstva, arhivistike i povijesti i brojne šumarske stručnjake iz prakse. Prezentirana su 24 znanstvena rada po tematskim sekcijama: Obnova i njega šuma hrasta lužnjaka, Stanište i flora šuma hrasta lužnjaka, Glavni i sporedni proizvodi



Dio sudionika znanstvenog skupa

<sup>1</sup> akademik Igor Anić, predsjednik Organizacijskog odbora



Otvaranje znanstvenog skupa u Vinkovcima, 18. travnja 2024.

šuma hrasta lužnjaka, Stanje i perspektiva gospodarenja šumama hrasta lužnjaka te Neki aspekti društvene povijesti šuma. Prvog dana, nakon završetka znanstvenoga programa, prezentiran je prigodni šumarski rokovnik, dok je u Gradskom kazalištu Joza Ivakić održan prigodni koncert Kulturno-umjetničkog društva Šumari iz Vinkovaca. Dru-

goga dana, nakon prezentacije znanstvenih radova, organizirana je stručna ekskurzija u spačvansku šumu. Pokazane su posljedice nevremena iz srpnja 2023. i postupak sanacije štete i obnove šuma. Znanstveni skup *Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti* završio je obilaskom Šumarskog muzeja u Bošnjacima.



Ekskurzija u Spačvi na području Šumarije Otok

# U ZAGREBU ODRŽAN 26. EUROPSKI FORUM O URBANOM ŠUMARSTVU

*Silvija Krajter Ostoić<sup>1</sup>, Damir Dramalija<sup>2</sup>, Martina Kičić<sup>1</sup>*

Zagreb i Hrvatska po prvi su puta bili domaćini Europskog foruma o urbanom šumarstvu (*European Forum on Urban Forestry – EFUF*), međunarodne znanstveno-stručne konferencije koja okuplja stručnjake i znanstvenike koji se bave urbanim šumama, stablima, zelenilom i zelenom infrastrukturom. Konferencija je održana na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu od 22. do 24. svibnja. Sudjelovalo je više od 180 sudionika iz 29 zemalja, od čega 129 međunarodnih sudionika sa četiri kontinenta. Održano je 10 plenarnih predavanja, 57 predavanja u paralelnim sesijama i 37 posterskih prezentacija.

Europski forum o urbanom šumarstvu (EFUF) predstavlja jedinstvenu platformu koja okuplja zainteresirane pojedince, organizacije i institucije uključene u djelatnost urbanog šumarstva i zelene infrastrukture općenito (<https://efuf.org/>). Od 1998. godine EFUF se sastaje jednom godišnje kako bi znanstvenici, kreatori javnih politika, menadžeri, edukatori i stručnjaci iz prakse razmijenili iskustva i vidjeli primjere dobre prakse u planiranju, oblikovanju i upravljanju urbanim šumama (od šuma i urbanih parkova

do uličnog drveća) te razgovarali o novim razvojnim idejama.

Uz Europski forum o urbanom šumarstvu (EFUF), glavni organizator ovogodišnje konferencije bio je Hrvatski šumarski institut s partnerima - Fakultetom šumarstva i drvne tehnologije, tvrtkom Hrvatske šume d.o.o., Hrvatskim šumarskim društvom sa Sekcijom urbanog šumarstva i Hrvatskom komorom inženjera šumarstva i drvne tehnologije. Konferencija je organizirana uz partnerstvo Javne ustanove Park prirode Medvednica, sponzor je bila Turistička zajednica Grada Zagreba, a pokrovitelji Grad Zagreb, IUFRO (Međunarodna unija istraživačkih organizacija koje se bave šumama) i Europski šumarski institut.

Prije same konferencije, 21. svibnja 2024. u prostorima Hrvatskoga šumarskog društva za sudionike konferencije organiziran je prigodni prijam dobrodošlice. Konferencije Europskog foruma o urbanom šumarstvu koncipirane su na način da kombiniraju predavanja, radionice i stručne posjete.



<sup>1</sup> Dr. sc. Silvija Krajter Ostoić, dr. sc. Martina Kičić, Hrvatski šumarski institut Jastrebarsko

<sup>2</sup> Damir Dramalija, dipl. ing. šum., Hrvatsko šumarsko društvo, Sekcija za urbano šumarstvo



Clive Davis, osnivač EFUF-a



Dr. sc. Martina Kičić

Naziv ovogodišnje konferencije bio je „Urbane šume za sve“, čime se htjela naglasiti važnost šuma, zelenila, stabala i zelene infrastrukture u urbanim sredinama za ljude i sva živa bića. Konferencija je imala četiri glavne teme – urbane šume za društvo, urbane šume za održivu budućnost, urbane šume za sva živa bića i inovacije u urbanom šumarstvu.

Pozdravne govore održali su **dr. sc. Jasnica Medak** u ime Hrvatskoga šumarskoga instituta, prof. dr. Stjepan Posavec, prodekan za međunarodnu znanstvenu suradnju Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije, **dr. sc. Marina Popijač**, ravnateljica Javne ustanove Park prirode Medvednica, **Silvija Zec**, predsjednica Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije, **akademik Igor Anić** kao predstavnik Hrvatskoga šumarskog društva, **mr. sc. Krešimir Žagar** iz Hrvatskih šuma d.o.o., **dr. sc. Rik de Vreese** iz Europskoga šumarskoga instituta (EFI) i **Renate Späth** iz upravnoga odbora EFUF-a.

Prvi dan plenarni predavači pružili su uvid u situaciju s urbanom zelenom infrastrukturom na nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini. **Ines Andrić Brajčić**, arhitektica i načelnica Sektora za zelenu urbanu infrastrukturu i kružno gospodarenje prostorom i zgradama u Ministarstvu prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine RH koja je govorila o upravljanju zelenom infrastrukturom na razini RH, načinu njenog financiranja, tipologiji i registru urbane zelene infrastrukture. **Marijo Spajić**, krajobrazni arhitekt iz Grada Zagreba govorio je o upravljanju i gospodarenju zelenom infrastrukturom u Gradu Zagrebu, a **Matea Vuković**, magistra inženjerka šumarstva iz Hrvatskih šuma d.o.o., u ime kolegice Izabele Kuzle i cijelog tima zagrebačkih urbanih šumara, govorila je o izazovima i primjerima dobre prakse gospodarenja park-šumama u Gradu Zagrebu, kao i periurbanim šumama na Medvednici. Ova predavanja dala su odličan pregled aktualnih politika,



načina upravljanja i gospodarenja urbanom zelenom infrastrukturom te urbanim šumama i zelenim površinama kao ključnim elementima urbane zelene infrastrukture.

Nakon toga su uslijedila dva pozivna predavanja. **Dr. sc. Silvija Krajer Ostoić** govorila je o gotovo 15 godina znanstvenih istraživanja u urbanom šumarstvu koja su se provodila na Hrvatskome šumarskom institutu. Pri tomu je naglasak stavila na dva velika znanstvena projekta provedena s građanima Zagreba u kojima je istraživana njihova percepcija urbanih šuma i urbanog zelenila. Riječ je o projektima *Građani i upravljanje urbanim šumama u JI Europi* – studije slučaja u odabranim gradovima (FORCITY) u kojima se po prvi puta sustavno provelo istraživanje percepcije građana o šumama i zelenim površinama u sedam gradova i pet država u JI Europi, i to na uzorku od gotovo 2700 ispitanika, a koji je financiralo Finsko ministarstvo vanjskih poslova preko Europskoga šumarskoga instituta.

Nakon toga uslijedio je uspostavni istraživački projekt Hrvatske zaklade za znanost „Unaprjeđenje planiranja i gospodarenja zelenom infrastrukturom kroz participativno mapiranje kulturoloških usluga ekosustava“ (CULTURES), a koji je percepciji građana dao prostornu dimenziju i istražio niz kulturoloških usluga i negativnosti urbane zelene infrastrukture. Uključivao je sve oblike zelenih površina u Zagrebu koje u svom sastavu imaju stabla. Predstavljen je i novi projekt koji se bavi participativnim kartiranjem usluga park-šuma u urbanim sredinama – *Zeleno srce grada*, a koji se financira iz programa NextGenerationEU.

Uslijedilo je predavanje **prof. dr. sc. Wendy Chen** sa Sveučilišta u Hong Kongu i **dr. sc. Rika de Vrees** iz Europskoga šumarskog instituta o rezultatima EU projekta CLEARING HOUSE koji se bavio urbanim šumama kao na prirodni temeljenim rješenjima za probleme urbanih sredina, a provodio se u Europi i Kini. Hrvatski šumarski institut bio je



Dr. sc. Silvija Krajer Ostoić



Prof. dr. sc. Wendy Chen



partner na ovom projektu koji je financiran iz programa Obzor 2020. Bilo je riječi i o sličnosti i razlikama u percepciji šuma građana u Europi i Kini kao rezultatima velikoga društvenog istraživanja provedenog istovremeno u Europi i Kini te o drugim rezultatima projekta koji su namijenjeni različitim ciljanim skupinama, kao što su priručnici City of Trees. Jedan je namijenjen odgajateljima i nastavnicima, a drugi samim učenicima, a govori o važnosti stabala u gradovima te daje primjere kako uključiti stabla i šume u učenje i poučavanje o prirodi u urbanim sredinama. Prijevod ovih priručnika na hrvatski jezik tek slijedi.

Nakon toga uslijedile su četiri stručne radionice. **Ana Macias** iz Arbocity držala je radionicu u kojoj je upoznala sudionike s programom Tree Cities of the World koji potiče pozitivne prakse planiranja i gospodarenja urbanim stablima. Trenutačno u programu nema hrvatskih gradova. **Dr. sc. Rik de Vreese** iz Europskoga šumarskoga instituta održao je radionicu o potrebama jedinica lokalne samouprave za stručnim usavršavanjima u kontekstu planiranja i provedbe urbanog ozelenjavanja, koje uključuju i sadnju stabala. Vrlo zanimljiv način prezentacije stručnih znanja u smislu brige za veteranska stabla pokazali su **Karen Kantor** i **Guy Meilleur** iz SAD-a u lutkarskoj predstavi PuppetTREE koja je namijenjena arboristima, ali se u prilagođenome obliku prikazuje i nestručnjacima, uključujući i djecu. Pitanjima urbane biosigurnosti vezane za stabla u urbanim sredinama bavila se radionica **dr. sc. Dijane Vuletić** iz Hrvatskoga šumarskog instituta u kojoj su sudionici raspravljali o ključnim istraživačkim temama i prioritetima u sklopu ove teme

U poslijepodnevni satima planirano je stručno vodstvo po parku Maksimir s predstavnicima JU Priroda Grada Zagreba **dr. sc. Biljanom Janev Hutinec** i **Anjom Jambrešić** i RJ Urbano šumarstvo **Ninoslavom Matoševićem** i **Antom Pejićem**, koje je, nažalost, bilo odgođeno zbog jake kiše.

Drugi dan je započeo s dva pozivna predavanja. Posebno je emotivno i motivirajuće bilo predavanje **Roberta Hostnika**, urbanog šumara iz Zavoda za gozdove Slovenije, koji je govorio o svojoj tri desetljeća dugoj karijeri u urbanom



šumarstvu i Gradskoj šumi Celje (Mestni gozd Celje), koja se proteklih desetljeća prometnula u međunarodni primjer dobre prakse. Govorio je o načinu na koji je u 1990-im godinama krenuo projekt Gradske šume Celje, aktivnostima koje su provedene kako bi se u toj šumi pružila mogućnost rekreacije za lokalno stanovništvo, gradnji kućice na stablu i svim aktivnostima koji provode šumari s lokalnim stanovništvom, poput koncerata, čitanja poezije i slično, a cilj je povezati ljude sa šumama.

**Stefania Gasperini**, predsjednica Europskog savjeta za arborikulturu (European Arboricultural Council) govorila o ulozi Europskoga savjeta za arborikulturu, važnosti certifikacije profesionalaca koji se bave urbanim stablima, kao i priručnicima za pojedine prakse njege stabala. Ove godine se održava i konferencija Europskoga savjeta za arborikulturu u Zadru. Hrvatska također ima svoje predstavnike u ovoj organizaciji, a to su Hrvatska udruga za arborikulturu i Hrvatsko šumarsko društvo.

Nakon pozivnih predavanja uslijedile su kratke posterske prezentacije, gdje su prezenteri u jednoj minuti trebali predstaviti bit svojih postera. U ovom dijelu sudjelovalo je 37 sudionika, od čega osam iz Hrvatske. **Irena Franjić** iz Hrvatskih šuma d.o.o. koja je govorila o obrazovnim aktivnostima i uključivom obrazovanju koje se provodilo u sklopu projekta Naturavita. **Andrea Kostelić** iz JU Park prirode Medvednica pričala je o poučnoj stazi Bliznec na Medvednici i izazovima s kojima se trenutačno suočavaju. **Tonko Megyery** iz Instituta za primijenjenu ekologiju OIKON d.o.o. predstavio je istraživanje o zalihama ugljika u šumskoj prostirci i tlu u šumama hrasta kitnjaka u Maksimiru. **Prof. dr. sc. Damir Ugarković** govorio je o rezultatima istraživanja uzroka i intenziteta sječe stabala u zagrebačkim urbanim šumama. Predstavljeni su i studentski radovi studenata Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije. **Nikolas Keller** govorio je o studentskom projektu *Urban Green on Screen*, **Iva Šikić** o utjecaju oštećenja korijenskog sustava na stabilnost i proizvodnju sekundarnog ksilema na stablima hrasta kitnjaka, a **Magdalena Brener** o vegetaciji vrtova oko kurija u istočnoj Slavoniji. Na kraju ove



sesije **doc. dr. sc. Jelena Kranjec Orlović** predstavila je studentski program na engleskome jeziku pod nazivom Prirodno blisko šumarstvo (*Close-to-nature forestry*).

Nakon toga uslijedile su paralelne sesije koje su pokrivala četiri glavne teme, a kojima su predsjedavali **dr. sc. Martina Kičić** iz Hrvatskoga šumarskog instituta, **dr. sc. Jerylee Wilkes-Allemann** sa Sveučilišta za primijenjene znanosti (HALF) iz Švicarske, **izv. prof. Vinko Paulić** s Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije i **prof. dr. sc. Alan Simson** sa Sveučilišta Leeds-Beckett iz Ujedinjenog Kraljevstva. Od sudionika iz Hrvatske predstavila se arhitektica **Iva Bedenko** iz Grada Zagreba koja je govorila o projektima Grada koji se bave na prirodi utemeljenim rješenjima i o projektu urbanih vrtova u Gradu Zagrebu.

U poslijepodnevним satima organiziran je posjet Dubravkinom putu i Tuškancu za pola sudionika, a drugi su obilazili centar grada i Zelenu potkovu. Stručno vodstvo po park-šumama su bile **Matea Vuković**, **Tihana Otmačić** i **Izabela Kuzle** iz Hrvatskih šuma d.o.o., a po centru i Zelenoj potkovi vodili su nas profesionalni vodiči koje nam je sponsorirala Turistička zajednica Grada Zagreba.

Tijekom posjeta Dubravkinom putu, na padini prema Ljetnoj pozornici u svrhu obilježavanja ove konferencije u Zagrebu, posadena su četiri klona Gupčeve lipe – važnog veteranskog stabla u Hrvatskoj. Klonovi Gupčeve lipe pro-



izvode se u rasadniku Hrvatskoga šumarskog instituta u svrhu očuvanja genetskog materijala i sade u prigodne svrhe. U sadnji su sudjelovali predstavnici Grada Zagreba, Hrvatskoga šumarskog instituta, Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije, Europskog foruma o urbanom šumarstvu, Europskoga šumarskog instituta i Hrvatskih šuma d.o.o.

Treći dan konferencije počeo je s tri odlična pozivna predavanja. **Keith Sacre**, direktor tvrtke Barcham Trees, kao najvećeg europskog proizvođača kontejnerskih sadnica, održao je predavanje o participativnim procesima s primjerima takvih procesa u Ujedinjenom Kraljevstvu, važnosti uključivanja građana i drugih sudionika te načinima na koji takvi procesi mogu biti uspješniji za sve uključene. **Prof. dr. sc. Giuseppe Scarascia-Mugnozza**, voditelj ureda Biocities Europskoga šumarskog instituta u Rimu govorio je o konceptu Biogradova i ulozu koju imaju šume i urbane šume, kao i cjelokupno šumarstvo i drvna prerada u stvaranju održivih i otpornijih gradova i zdravijeg stanovništva. **Sharon Durdant-Hollamby**, arboristica i vlasnica tvrtke Sharon Hosegood Associates Ltd., kao i voditeljica vrlo popularnog podcasta Tree Lady Talks govorila je o svom radu s građevinskim sektorom o brizi za stabla tijekom građevinskih radova i tehničkim propisima koji se moraju zadovoljavati na gradilištima, kao i iskustvima u radu s građanima.





Nakon toga uslijedile su paralelne sesije koje su moderirali **Renate Späth** iz EFUF-a, **Robert Hostnik** iz Zavoda za gozdove Slovenije, **Naomi Zürcher**, arboristica i vlasnica privatne tvrtke iz Švicarske te **Clive Davis**, osnivač EFUF-a. **Dr. sc. Martina Kičić** govorila je o percepciji kulturoloških usluga urbane zelene infrastrukture po zagrebačkim gradskim četvrtima na osnovi primjene PPGIS-a. **Izv. prof. Vinko Paulić** govorio je o utjecaju povećanja vlage u tlu na stabilnost stabala u zagrebačkim park-šumama, a **Kristina Duvnjak Perković** s Fakulteta za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Sveučilišta u Rijeci o važnosti urbanih i periurbanih šuma za dobrobit ljudi i brendiranje grada.

Treći dan organiziran je posjet Park prirode Medvednica, kao i Vidikovcu Sljeme te vožnja žičarom, što je svakako bilo zanimljivo iskustvo za strane sudionike. Stručno vodstvo pružili su djelatnici Hrvatskih šuma d.o.o. (**Matea Vuković**, **Tihana Otmačić** i  **Hrvoje Brnica**) koji su govorili o problematici gospodarenja šumama na Medvednici i **Martina Belović Kelemen** iz JU Park prirode Medvednica.

Također treba napomenuti da je upravo na ovoj konferenciji Europski forum o urbanom šumarstvu, kao međunarodna strukovna organizacija registrirana u Belgiji, predstavila članski program, tj. različite razine članstva sa i bez prava glasa.

Kao i svake godine predstavljena je nagrada Europski mladi/a šumar/ica godine koji se dodjeljuje istraživačima i

kolegama iz prakse u dobi do 40 godina, koji su svojim radom značajno doprinijeli urbanom šumarstvu u Europi. Ove godine nagradu je dobila **Livia Shamir**. Dobitnik dobiva novčanu nagradu u iznosu od 200 EUR, priznanje i godišnju pretplatu na časopis *Urban Forestry and Urban Greening*.

Predstavljen je i grad domaćin iduće konferencije koja će se održati 3.-7. lipnja 2025. u Zürichu u Švicarskoj.

U subotu 25. svibnja 2024. za manju grupu sudionika organiziran je stručni posjet Varaždinu, gdje su nas dočekali predstavnici gradskoga komunalnog poduzeća Parkovi. Prezentirana je problematika sušenja tuja koje su simbol varaždinskog groblja, a posjetili smo i druge zelene površine poput Parka Vatroslava Jagića i govorili o zahvatima na stablima koju su provedeni te vrednovanju ekoloških funkcija pojedinih važnih stabala. Tijekom posjeta Varaždinu pozdravio nas je i varaždinski gradonačelnik **Neven Bosilj**.

Na samom kraju konferencije, **prof. dr. sc. Cecil Konijnendijk**, osnivač EFUF-a, sazeo je svoje viđenje ovogodišnjeg Foruma u 10 ključnih riječi: **pomlađivanje** – mnogo mladih i novih lica, **globalizacija** – konferencija prerasta u globalnu, **inspiracija** – EFUF kao mjesto gdje možemo biti inspirirani i motivirani tuđim iskustvima i primjerima dobre prakse, **potvrda** – važnosti urbanih šuma i zelenila i da je ono što radimo važno za društvo u cjelini, **inovacije**





– predstavljeni neki inovativni postupci metode, potreba da se neprestano trudimo biti bolji u svom radu i koristiti najnovije spoznaje, **participacija** – važnost uključivanja

javnosti i drugih dionika, **smjer** – važnost strateškog razvoja urbanih šuma i urbanog šumarstva pri čemu nam pomažu alati i indikatori poput Tree Equity Score ili pravila



Clive Davis



Prof. dr. sc. Cecil Konijnendijk



Dr. sc. Rik de Vreese i prof. dr. sc. Alan Simson



Dr. sc. Silvija Krajer Ostoić



3+30+300, **povezivanje** – EFUF kao mjesto za umrežavanje stručnjaka iz različitih struka i disciplina te povezivanja znanosti i prakse, **očekivanja** – velika očekivanja od urbanih šuma, urbanog šumarstva i nas kao stručnjaka u kontekstu klimatskih promjena, javnozdravstvenih problema i drugih izazova za nas, i **postignuća** – EFUF kao mjesto gdje slavimo svoja i tuđa postignuća, jer zajedno doprinosimo boljem svijetu, boljim i održivijim gradovima sa zdravijim i sretnijim stanovništvom.

Na samom kraju treba istaknuti zadovoljstvo svih organizatora što se i na zagrebačkom skupu pokazalo da EFUF

predstavlja veliku obitelj urbanih šumara, koja će obogaćena novim znanjima i iskustvima iz cijeloga svijeta, kao i uspostavljenim poznanstvima i prijateljstvima nastaviti s predanim radom, ne bi li se osigurala održivost urbanih i peri-urbanih područja na dobrobit svih njihovih korisnika. Uspjeh ove konferencije poticaj nam je da i dalje ustrajemo na stalnoj promociji i unaprjeđenju urbanog šumarstva u znanosti i praksi.

U sklopu konferencije izdana je knjiga sažetaka koja se može skinuti na mrežnoj stranici EFUF-a (<https://efuf.org/2024/05/13/efuf-2024-book-of-abstracts/>).



# MONOGRAFIJA TLO I ŠUMSKA VEGETACIJA NACIONALNOG PARKA RISNJAK

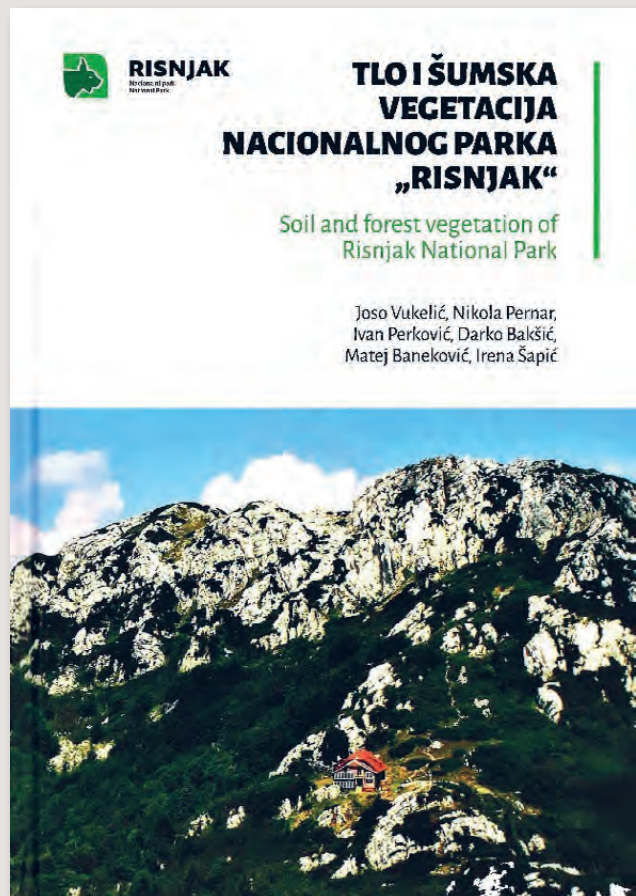
*Damir Ugarković<sup>1</sup>*

„Podnoseći ovaj prijedlog i obrazloženje za proglašenje Risnjaka narodnim parkom ističem, da je zadnji čas, da se spasi i sačuva potomstvu jedno maleno područje na komu se stjecajem prilika skupio bezbroj najznačajnijih fenomena geomorfološke, geološke, klimatske, vegetacijske i šumsko-gospodarske prirode s poznatim ljepotama krajine.“

(profesor Ivo Horvat, 1953)

Povodom 70 godina od proglašenja Nacionalnog Parka Risnjak, izdana je monografija „**Tlo i šumska vegetacija Nacionalnog parka Risnjak**“ autora Jose Vukelića, Nikole Pernara, Ivana Perkovića, Darka Bakšića, Mateja Banekovića i Irene Šapić. Monografija je multidisciplinarna sinteza rezultata provedenih u dva projekta koja su obuhvatila istraživanje ključnih prirodnih značajki Parka – tlo i šumsku vegetaciju, ali i spoznaje do kojih su došli drugi znanstvenici i stručnjaci istražujući tlo i šume Nacionalnog parka Risnjak. Prvi dio monografije obuhvaća rezultate istraživanja tla, a u drugom dijelu su obrađeni osnovni ekološki čimbenici koji određuju sastav i rasprostranjenost vegetacijskih tipova.

Istraživanje tala obuhvatila su pedogenetske čimbenike i procese koji imaju odlučujući utjecaj na značajke tla NP Risnjak, a ističu se litološkom, reljefnom i bioklimatskom raznolikošću, što u konačnici rezultira složenošću pedogenetskih procesa i odnosa, pa stoga i prostornom raznolikošću fiziografije tla. Uz ranije objavljene podatke, otvoren je 101 pedološki profil na temelju kojega je definirana zastupljenost 14 tipova, unutar njih 25 podtipova, odnosno više od 40 varijeteta. Fitocenološki rezultati utemeljeni su na 135 fitocenoloških snimki, u kojima je opisano šesnaest asocijacija. Na temelju rezultata istraživanja tla i vegetacije izrađena je vegetacijska karta u mjerilu 1:10000 i karta tala u mjerilu 1:25000, koje su zajedno s lokacijama i istraživa-



nim parametrima priloženi na memorijskoj kartici koja se nalazi u monografiji.

Monografija je namijenjena znanstvenicima, šumarskim stručnjacima, studentima i svim ljubiteljima prirode te je važan izvor informacija o prirodnom blagu NP Risnjak. Ovo je korisno djelo koje na razumljiv način objašnjava dio procesa i građe šumskih sastojina i tala NP Risnjak, a istovremeno promiče njihovu posebnost i raznolikost.

<sup>1</sup> Prof. dr. sc. Damir Ugarković, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

# ŠUMARSKIM STAZAMA VLADOJA KÖRÖSKENYIA

Branko Meštrić<sup>1</sup>



Šumarskim stazama Vladoja Köröskényia, urednik Kristijan Skočibušić, priredili: Davor Topolnjak, Tomica Cukor, Kristijan Skočibušić. Nakladnik: Terra vox, Vidovec, 2023.

Predgovore knjizi napisali su akademik Igor Anić i Silvija Zec, a recenzije dr. Tomislav Dubravac, dio koje i prenosimo u nastavku, i Miljenko Županić.

Format knjige je 165x230 mm, ukupno 284 stranice, tvrdi uvez. Naslovnica je izvedena iz jedinog poznatog prikaza lika Vladoja Köröskényia nepoznatog autora.

Mnogi će se čitatelji ovog lista sjetiti "starih" web stranica HŠD-a koje su do prošle godine čuvale svoj prvotni dizajn i na kojima je u desnom uglu godinama stajao lik osebnog čovjeka sa još posebnijom bradom. No malo tko će naslutiti da ovaj lik predstavlja tek tridesetogodišnjaka i malo tko će znati da se radi o liku prvog tajnika 1876. godine obnovljenog Hrvatsko-slavonskog šumarskog društva te prvog urednika prvog broja časopisa Šumarski list, časopisa kojega upravo čitate.

Vladoy Köröskény je njegovo ime, rođen je u Vidovcu kod Varaždina 1845., a već ga je 1876. godine u 31. godini života, kao nadšumara Zagrebačke županije, zadesila iznenađna smrt na cesti u Zagrebu. U tih tako malo godina stala je zapažena šumarska

karijera, angažirano društveno djelovanje i vrijedan stručni književni rad istog čovjeka. Sve to sakupljeno je na stranica ova knjige.

Kako se da naslutiti već iz impresuma, ova knjiga je očito nastala velikim trudom članova varaždinskog ogranka HŠD-a, posebno predsjednika Davora Topolnjaka i Tomice Cukora. Početna namjera je bila da se napravi pretisak Köröskényieve knjige Obće šumarstvo, a potom se dodalo još ova, pa ono – i tako je nastala ova zbirka svega što se dalo dovesti u vezu sa njenim autorom.

Glavni dio, čak 59% obima knjige čini pretisak Köröskényieva maestralnog djela, i to istovjetni pretisak skena njena originalnog izdanja, relativno dobre kvalitete. Znači, 167 stranica



<sup>1</sup> Branko Meštrić, dipl. ing. šum.

knjige iz 1873. je ovdje u knjizi. Ali to još nije sve. Tu je i sken stručnog prikaza iste knjige iz pera Oskara Piškorića objavljenog u Šumarskom listu br. 1-2 iz 1975. godine. Ovdje se zaista radi o vrlo detaljnom i zaista stručnom prikazu na čak šest stranica. Kako je već to, stručno i detaljno, Oskar radio.

Šta još ima u knjizi? Pa puno toga. Zapravo svega što ima veze sa Vladojom Köröskényijem. Od prikaza Vidovca i cijelog kraja gdje je Vladoje rođen, preko znatnog prikaza plemićke obitelji Köröskényi, prikaza šumarske povijesti sjeverozapadne Hrvatske i uopće šumarskih okolnosti u kojima je djelovao. Hvale vrijedan je osvrst na miholjački period njegova djelovanja na imanju baruna Prandaua, gdje je Vladoje surađivao sa velikim šumarom Adolfom Danhelovskim. Osim što je vrijedan, ovaj dio je i zapažen jer su u knjizi, nakon punih 150 godina, ponovno reproducirani ingeniozni crteži radnika i radova u šumi, koje je Danhelovsky objavio u svojoj knjizi 1873. Priča se na neki način zaključuje sa Zagrebom, Šumarskim društvom i Šumarskim listom, opet s obiljem materijala, gdje se životni put Vladoja Köröskényia tragično završava. A završava doslovno s prvim brojem našeg Šumarskog lista. Bio mu je urednikom ali ... *višja providnost nedosudi da vidi prvi broj društvenog organa, da se veseli nad prvim uspjehom svoga neumornoga truda*. Prvi broj, osim slavne prve glavne skupštine hrvat. – slavon. šumarskoga društva, obržavane dne 14. i 15. listopada 1876 u Zagrebu, a na kojoj je bio izvjestiteljem i na kojoj je bio izabran za tajnika, donosi na 49. stranici i osmrtnicu svoga glavnog urednika. Vjerojatno jedinstven slučaj u izdavaštvu.

## Iz recenzije dr. sc. Tomislava Dubravca

...

U povijesti hrvatske šumarske struke brojni su ugledni vrhunski stručnjaci uložili svoja znanja i energiju u promicanju ugleda šumarske struke i gospodarenja našim prirodnim bogatstvom. Jedan od zaslužnika naše šumarske struke koji je ostavio duboki trag, utabao tvrdnu stazu, šumarsku stazu i zaorao duboku brazdu u memoriju naših sjećanja, je svakako i Vladoj Köröskényi. Jer, kako napisa pjesnik Cronin: „*sjećanje je jedini raj iz kojeg ne možemo biti protjerani*“.

Knjigom naslova: „Šumarskim stazama Vladoja Köröskényia“, koja se objavljuje povodom 150 godina tiskanja prvog izdanja knjige „Obće šumarstvo“, Vladoja Köröskényia, prisjećamo se velikoga zaslužnika hrvatskoga šumarstva, vrsnoga intelektualca onoga vremena, koji je dao nemjerljiv doprinos vremenu u kojemu je živio, vremenu važnom za naše šume i šumarstvo, za našu povijest, ali i za našu kulturu. Stoga više nego ikada, u današnjim bremenitim vremenima sveopće globalizacije i zaborava, kultura i kulturna baština mora dobiti svoje mjesto u povijesnoj vertikali naše domovina Hrvatske. Kultura uvijek

i svagda ujedinjuje i ruši barijere i pravi mostove. Upravo je kultura, shvaćena u širem smislu, sve nas i održala tijekom prošlosti i sačuvala identitetski koncept hrvatskoga naroda. Najvrjedniji doprinos očuvanju kulture jednoga naroda su svakako pisane riječi, dakle knjige.

Govoriti, pisati o knjigama, posebice ovakvima koje baštine našu prošlost, otimaju od zaborava važne ljude i događaje iz naše prošlosti je velika čast ali i odgovornost. Kako netko napisao: „knjige imaju moć zaustaviti vrijeme, vratiti ga u prošlost ili poletjeti u budućnost“. Upravo su to temeljne odrednice knjige: „Šumarskim stazama Vladoja Köröskényia“.

**Prvo:** bavi se prošlošću. Znamo kako je još davno rekao Ciceron: *Historia est magistra vitae* (povijest je učiteljica života). Knjiga je zapravo uvijek svjedok jednog vremena. Ova svjedoči o jednom minulom vremenu, jednom od najistaknutijih hrvatskih šumarskih stručnjaka druge polovice 19. stoljeća, vrsnom mladom obrazovanom čovjeku Vladoju Köröskényu. Njegovom je zauzetošću obnovljen rad Hrvatskog šumarskog društva (1876.), kada je izabran i za tajnika Društva, pokrenuto izlaženje Šumarskog lista (1877.), kome je povjereno i uređivanje časopisa. Svojim je aktivnostima i nizom brojnih drugih korisnih rasprava na temu boljitka hrvatskoga šumarstva zaslužio naše poštovanje. Osim brojnih drugih zasluga za preuzete funkcije, treba svakako istaknuti da je 1873. godine napisao i prvu knjigu: „Obće šumarstvo“ (1873.) na hrvatskome jeziku sa svega 28 godina života. Na granici je mogućega, da je sve to postigao vrlo mlad, jer je iznenada preminuo u 31. godini života. Izvorni pretisak knjige: „Obće šumarstvo“ (temelj hrvatske šumarske struke), okosnica ovoga izdanja, obujmom i najveće poglavlje, nas podsjeća kako se nekada, praktično i razumno (*Cum grano salis*) u vremenu ondašnjem radilo i promišljalo o šumi i šumarstvu. Hrvatska povijesna šumarska baština učinjena u tom vremenu i povijesnim okolnostima zaslužuje sav naš respekt na koji trebamo biti i jesmo ponosni. Ljudima, stručnjacima, zanesenjacima takvoga kova, oskudijeva naša država Hrvatska i danas.

**Drugo:** ova knjiga ukazuje i na sadašnjost, na potrebitost očuvanja našega identiteta, ali i diginiteta i prijeko potrebna čuvanja od zaborava važnih ljudi i događaja iz naše povijesti. Posebice u ovim teškim, bremenitim vremenima „okupacije“ od strane sveopće globalizacije, konformizma, nastajanja modernih oblika kulture, galopirajućih promjena, otuđenja čovjeka od prirode. Pri tome, često zaboravljajući da je čovjek kao pojedinac, kao i svi ostali oblici života, samo prolaznik, a Blaise Pascal bi rekao: „*Čovjek je samo trska koja misli: lomljiva, slabašna i krhka*“. Osim bogatih povijesnih činjenica iz našega šumarstva, u ovoj knjizi možemo pronaći i vrijedne recentne podatke o vrijednostima i bogatstvu naših šuma, našega šumarstva, posebice

sa područja djelovanja lika i djela Vladoja Köröskényia, sjeverozapadne Hrvatske, područja Varaždinske županije.

**I treće:** ovakve knjige ukazuju i ostavljaju poruku, ali i putokaz za budućnost, svima nama. Budućnost, današnjemu naraštaju kako treba sačuvati od zaborava ljude koji su ugradili sebe u našu povijest i sve nas podsjećati na svoje korijene, sa koje smo točke krenuli i da nismo „repa bez korijena“. Zato moramo znati i učiti naše mlađe generacije da samo čuvajući prošlost možemo graditi i našu budućnost.

Autori knjige su se držali poznate latinske izreke, "što je zapisano ostaje" (*Quod scriptum manet*). U tome i jest vrijed-

nost knjiga ovakvoga karaktera. Knjiga je to koja budi emocije i čuva uspomene, otimajući od zaborava zaslužnike naše hrvatske, u ovome slučaju, naše šumarske prošlosti, na koju počesto zaboravljamo. Zaboravljamo da se život ne cijeni koliko je dug, već koliko je vrijedan. Knjiga: „Šumarskim stazama Vladoja Köröskényia“ je upravo na tome tragu. Od zaborava otima svoje zaslužnike i daje im zaslužno mjesto u našoj prošlosti, našoj šumarskoj prošlosti.

...

Zagreb, prosinca 2023.

Dr. sc. Tomislav Dubravac,  
znanstveni savjetnik u trajnom zvanju

## ZAPISNIK

### 1. SJEDNICE UPRAVNOG ODBORA HŠD 2024. GODINE ODRŽANE 24. SVIBNJA 2024. U PILANI BLIZNEC NA MEDVEDNICI (BLIZNEC 68, ZAGREB)

**Nazočni članovi Upravnog odbora:** akademik Igor Anić (predsjednik), Emil Balint, dipl. ing. šum., Domagoj Devčić, dipl. ing. šum. (umjesto mr. sc. Borisa Belamarića), Daniela Cetinjanin, dipl. ing. šum., David Crnić, dipl. ing. šum., mr. sp. Mandica Dasović (dopredsjednica), mr. sc. Damir Delač, Anto Glavaš, dipl. ing. šum., Goran Gobac, dipl. ing. šum., mr. sc. Goran Gregurović, prof. dr. sc. Marijan Grubešić, prof. dr. sc. Boris Hrašovec, prof. dr. sc. Vladimir Jambrekočić, Bojana Bijač, dipl. ing. šum. (umjesto Marine Juratović, dipl. ing. šum.), Josip Kovačić, dipl. ing. šum., Ivan Krajačić, dipl. ing. šum., Valentina Kulaš, dipl. ing. šum., prof. dr. sc. Josip Margaletić, Mario Jazbec, dipl. ing. šum. (umjesto Dorice Matešić, dipl. ing. šum.), Darko Mikičić, dipl. ing. šum., Damir Miškulin, dipl. ing. šum., Krešimir Pavić, dipl. ing. šum., Martina Pavičić, dipl. ing. šum., Darko Posarić, dipl. ing. šum. (dopredsjednik), Ankica Komadina, dipl. ing. šum. (umjesto Ante Šimića, dipl. ing. šum.), Emilija Seidl, dipl. ing. šum. (umjesto Davora Topolnjaka, dipl. ing. šum.), Silvija Zec, dipl. ing. šum. i Dražen Zvirčić, dipl. ing. šum. – ukupno 28

**Ostali nazočni:** Goran Bukovac, dipl. ing. šum. (predsjednik Nadzornog odbora), Mario Bošnjak, dipl. ing. šum. (član Nadzornog odbora), Branko Meštrić, dipl. ing. šum. (član Nadzornog odbora), Davor Prnjak, dipl. ing. šum. (član Nadzornog odbora), Oliver Vlainić, dipl. ing. šum. (tajnik), Biserka Marković, dipl. oec. (voditeljica računovodstveno-financijskih poslova) i Damjan Metličić, dipl. ing. šum. (tajnik Ogranka Split) – ukupno 7

**Ispričani:** Damir Dramalija, dipl. ing. šum., Krešimir Jakupak, dipl. ing. šum., izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac, doc. dr. sc. Sanja Perić, prof. dr. sc. Ivica Tikvić, mr. sc. Dalibor Tonc i doc. dr. sc. Dinko Vusić – ukupno 7

U privitku poziva za 1. sjednicu UO HŠD 2024. godine članovima Upravnog i Nadzornog odbora HŠD poslani su pripadajući materijali i program održavanja sjednice:

svibnja 2024.

10:00 sati – okupljanje u Pilani Bliznec na Medvednici (Bliznec 68, Zagreb)

11:00 sati – Pilana Bliznec – 1. sjednica Upravnog odbora HŠD

13:30 sati – Pilana Bliznec – ručak

15:00 sati – terenski obilazak Medvednice

18:00 sati – smještaj u Tomislavov dom

20:00 sati – Tomislavov dom – večera i druženje

svibnja 2024.

8:00 – Tomislavov dom – doručak

9:30 – obilazak tornja na vrhu Sljemena

10:30 – obilazak Medvedgrada u Parku prirode Medvednica

11:30 – odlazak

Sjednica je počela u 11:10 sati.

Predsjednik HŠD akademik Igor Anić otvorio je sjednicu i pozdravio nazočne članove Upravnog i Nadzornog odbora. Predsjednici ogranka koji su se ispričali poslali su svoje zamjene i dostavili punomoći za njihovo sudjelovanje u radu sjednice. Posebno je pozdravio domaćine sjednice: voditelja Uprave šuma Podružnice Zagreb Damira Miškulina i predsjednika Ogranka Zagreb Ivana Krajačića. Damir Miškulin pozdravio je sve sudionike sjednice i zaželio im uspješan rad te ugodan boravak na području UŠP Zagreb. Ispred Ogranka Zagreb sve nazočne pozdravio je i Ivan Krajačić.

Predsjednik HŠD akademik Igor Anić utvrdio je kvorum (28 članova UO od mogućih 35 i 4 člana NO od mogućih 4) te predložio sljedeći

Dnevni red:

1. Ovjera zapisnika 2. sjednice Upravnog odbora HŠD 2023. godine (objavljen u Šumarskom listu 1-2/2024) i 1. elektroničke sjednice Upravnog odbora HŠD 2024. godine (objavljen u Šumarskom listu 3-4/2024)
2. Obavijesti
3. Aktualna problematika
4. Šumarski list i ostale publikacije
5. Rasprava po izvješćima i zaključci
6. Pitanja i prijedlozi.

Dnevni red jednoglasno je usvojen.

**Ad 1.** Ovjera zapisnika 2. sjednice Upravnog odbora HŠD 2023. godine (objavljen u Šumarskom listu 1-2/2024) i 1. elektroničke sjednice Upravnog odbora HŠD 2024. godine (objavljen u Šumarskom listu 3-4/2024)

Zapisnici 2. sjednice Upravnog odbora HŠD 2023. godine i 1. elektroničke sjednice Upravnog odbora HŠD 2024. godine jednoglasno su prihvaćeni.

**Ad 2.** Obavijesti

– 10. siječnja 2024. održan sastanak predsjednika HŠD akademika Igora Anića i tajnika HŠD Olivera Vlainića s predsjednikom Uprave Hrvatskih šuma Nediljkom Duićem i direktorom Sektora za šumarstvo Krešimirom Žagarom. Dogovoren je nastavak i unaprjeđenje suradnje: sudjelovanje zaposlenika Hrvatskih šuma na 54. EFNS-u u Francuskoj, ugovaranje donacije za aktivnosti HŠD u cjelini, nastavak pretplate na Šumarski list u 2024. godini i povremeni sastanci predstavnika šumarskih institucija-prvi domaćin sastanka HŠD.

– 21. – 27. siječnja 2024. hrvatski predstavnici sudjelovali na 54. EFNS u Francuskoj (Les Contamines-Montjoie) što je opisano u Šumarskom listu 3-4/2024 (Zimska šumarska skijaška natjecanje 2024. godine).

– 25. – 26. siječnja 2024. u Osijeku održani 4. Dani poljoprivrede, ribarstva i šumarstva s prezentacijama o štetama u državnim šumama od olujnog nevremena i ulaganjima u šumarstvo.

– 26. siječnja 2024. u Osijeku održana Druga interaktivna radionica projekta SUPERB u kojem sudjeluje 16 europskih zemalja s 36 partnera sa ciljem razvoja i implementacije dugoročnih i održivih rješenja i smjernica za obnovu šuma. Ispred Hrvatske u projektu sudjeluju Hrvatski šumarski institut i Hrvatske šume d.o.o., JU za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Osječko-baranjske županije, Ministarstvo poljoprivrede, Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije.

– 29. siječnja 2024. na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije proslavljen 100. rođendan najstarijeg člana zagrebačkog ogranka HŠD Petra Prebježića, dipl. ing. šum. što je zabilježeno u brojnim domaćim i stranim medijima (HTV, Večernji list, 24 sata, USA today).

– 6. – 9. veljače 2024. u Opatiji održan 66. seminar biljne zaštite. U šumarskoj sekciji 7. i 8. veljače održano 15 predavanja iz područja zaštite šuma, koja su prezentirali stručnjaci s Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije u Zagrebu (4 predavanja), Hrvatskoga šumarskog instituta u Jastrebarskom (4 predavanja), Šumarskog fakulteta u Sarajevu (1 predavanje), Hrvatske agencije za poljoprivredu i hranu (1 predavanje) te iz Hrvatskih šuma (5 predavanja). Na godišnjoj skupštini Hrvatskog društva biljne zaštite, održanoj 8. veljače 2024., konačno je formalizirana Šumarska sekcija

kako je to bilo predviđeno statutom Društva. Izabran je i Glavni odbor Šumarske sekcije u sastavu: Darko Pleskalt, predsjednik te članovi prof. dr.sc. Marko Vucelja i dr. sc. Zdravka Sever.

– 8. veljače 2024. u zgradi Hrvatskoga inženjerskog saveza (Berislavićeva ulica 6) održana izvanredna izborna Skupština HIS radi nepriznavanja redovite izborne Skupštine, održane 10. listopada 2023., od strane Gradskog ureda za opću upravu i imovinsko-pravne poslove Grada Zagreba jer po njihovom tumačenju sjednica nije imala kvorum za pravovaljano donošenje odluka budući da je glasovanje obavljeno po dostavljenim punomoćima članova. Za predsjednika HIS u drugom mandatu izabran je Zdravko Jurčec, dipl. ing. građ., a za člana Upravnog odbora tajnik HŠD Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.

– 9. – 11. veljače 2024. održan 28. Alpe-Adria susret šumara Italije, Slovenije i Hrvatske u turističkom centru Kope na Pohorju što je opisano u Šumarskom listu 3-4/2024 (Zimska šumarska skijaška natjecanje 2024. godine).

– 15. – 16. veljače 2024. na Zagrebačkom velesajmu održani 6. Dani lova i ribolova. U sklopu manifestacije prezentirana knjiga „Idealan pogodak“ autora dr. sc. Miroslava Benka.

– 19. – 20. veljače 2024. održana 1. e-sjednica Upravnog odbora HŠD.

– 21. – 23. veljače 2024. održana 1. e-sjednica Skupštine HŠD.

– 27. veljače 2024. u Šumarskom domu održan sastanak predstavnika šumarskih institucija: predsjednik Akademije šumarskih znanosti prof. dr. sc. Marijan Grubešić, dekan Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije prof. dr. sc. Josip Margaletić i prodekan za međunarodnu i međuinstitucijsku suradnju prof. dr. sc. Stjepan Posavec, pomoćnica ravnateljice Hrvatskoga šumarskog instituta dr. sc. Jasnica Medak, predsjednica Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije Silvija Zec, dipl. ing. šum., predsjednik Uprave Hrvatskih šuma d. o. o. Nediljko Dujić, članovi Uprave Hrvatskih šuma d. o. o. Ante Sabljčić, dipl. ing. šum. i mr. sc. Igor Fazekas, direktor Sektora za šumarstvo Hrvatskih šuma d. o. o. mr. sc. Krešimir Žagar te predsjednik Hrvatskoga šumarskog društva akademik Igor Anić i tajnik Oliver Vlainić, dipl. ing. šum. U neformalnom druženju najavljeno je obilježavanje Međunarodnog dana šuma kao i ostale važnije ovogodišnje aktivnosti u organizaciji šumarskih institucija. Zaključeno je da se sastanci i dalje povremeno održavaju, a da će sljedeći domaćin biti Hrvatske šume d. o. o.

– 29. veljače – 1. ožujka 2024. na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu održani 10. Dani inženjera Republike Hrvatske. Organizator je, kao i prethodnih

godina, bio Hrvatski inženjerski savez uz suradnju Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. Ove godine pokrovitelji su bili Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, Ministarstvo poljoprivrede, Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije te Ministarstvo znanosti i obrazovanja. Aktualna tema bila je „Strategija razvoja Republike Hrvatske u svjetlu klimatskih promjena“. U dva dana održano je 14 predavanja vezanih uz aktualnu temu. Prvi put je obilježavanje Dana inženjera održano u dva dana tako da je svim članicama HIS omogućeno prezentirati rad svojih udruga. U holu ispred amfiteatra žute zgrade fakulteta organiziran je izložbeni prostor za udruge i njihove partnere. Hrvatsko šumarsko društvo prezentiralo je svoj rad kroz brojna publicistička izdanja izdana u vlastitoj nakladi ili nakladi šumarskih institucija.

– 2. ožujka 2024. objavljen prilog portala Bjelovar live o Hrvatskom šumarskom društvu. Zahvala ide predsjednici Ogranka Bjelovar Martini Pavičić koja je inicirala snimanje priloga.

– 15. ožujka 2024. u Lipovljanima održan znanstveno-stručni skup 10. Dani Josipa Kozarca. Tom prigodom je prezentirana i knjiga „Šumarski radovi Josipa Kozarca“ s naglaskom na jezik kojim je pisao Josip Kozarac. Skup je bio odlično organiziran što su naglasili domaćini iz Općine Lipovljani. U organizaciji skupa izmjenjuju se svake druge godine Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu te Filozofski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku uz druge suorganizatore.

– 19. ožujka 2024. u Karlovcu održana prezentacija za turističke vodiče o Šumarskoj tematskoj stazi u Karlovcu.

– 20. ožujka 2024. u Šumarskom domu održana godišnja skupština Akademije šumarske znanosti na kojoj su dodijeljene diplome novim članovima i članovima koji su napredovali.

– 21. ožujka 2024. diljem Hrvatske obilježen Međunarodni dan šuma. Neki od zabilježenih događaja: predavanje prof. dr. sc. Marilene Idžojtić u HAZU „Invazivne strane vrste drveća i grmlja u Hrvatskoj“, prezentacija Hrvatskih šuma d. o. o. na Trgu Petra Preradovića u Zagrebu, akcija sadnje u Slunju u organizaciji Saveza izviđača Hrvatske, Hrvatskih šuma i agencija Hearth u sklopu projekta pošumljavanja „CO2mpensating by planting“ i edukativnog programa Šumoborci.

– 22. ožujka 2024. na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije povodom Međunarodnog dana šuma i Dana kvalitete FŠDT održan 2. Hrvatski šumarski forum CroFor na temu „Aktualni izazovi u gospodarenju šumskim ekosustavima“. Prezentaciju „Izazovi održivog gospodarenja“ održao je mr. sp. Krešimir Žagar, dipl. ing. šum, direktor Sektora za šumarstvo Hrvatskih šuma d. o. o. U panel raspravi su-



djelovali su mr. sp. Krešimir Žagar iz Hrvatskih šuma d. o. o, dr. sc. Ivan Balenović, pomoćnik ravnateljice Hrvatskoga šumarskog instituta, doc. dr. sc. Andreja Đuka, prodekanica Šumarskog odsjeka FŠDT, dr. sc. Ivan Ambroš, direktor Centra kompetencija d. o. o. iz Vinkovaca i Krasnodar Sabljčić, dipl. ing. šum., voditelj UŠP Vinkovci.

–2. travnja 2024. u emisiji Hrvatske radio-televizije „Eko zona“ objavljen prilog „Europski grad drveća“ o aktivnostima Sekcije HŠD za urbano šumarstvo povodom dodjele nagrade Europskog vijeća za arborikulturu. Žiri Sekcije za urbano šumarstvo HŠD između četiri kandidirana grada predložio je u užu izbor Varaždin i Zadar. Nakon terenskog obilaska oba grada žiri Europskog vijeća za arborikulturu nagradu je dodijelio gradu Varaždinu.

– 5. – 6. travnja 2024. na području Gorskog kotara (NPŠO Zalesina, Zeleni vir i Vražji prolaz) održana zajednička sjednica četiri ogranka: Delnice, Gospić, Karlovac i Ogulin o budućoj suradnji i zajedničkim aktivnostima ogranak. Jedan od zaključaka je tiskanje jedinstvenoga promidžbenog deplijana (letak formata A4 savijen na 3 dijela) za izložbu „Šuma okom šumara“ s osnovnim podacima za izlaganje na svim mjestima gdje izložba tijekom godine gostuje. Po mogućnosti i da središnjica HŠD sufinancira opremanje izložbe. U sklopu sjednice održana su dva predavanja za stručno usavršavanje ovlaštenih inženjera šumarstva.

– 9. travnja 2024. u Šumarskom domu predsjednik HŠD akademik Igor Anić održao prezentaciju studentima, novim članovima Društva, o povijesti i sadašnjosti HŠD. Hrvatsko šumarsko društvo pokrenulo je akciju učlanjenja novih članova. Prva akcija bila je na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu kojemu se zahvaljujemo na susretljivosti i proslijeđenom dopisu s opisom mogućnosti učlanjenja za svoje profesore i studente. Pozivu za učlanjenje odazvalo se 25 mladih šumara prvostupnika i 9 profesora, ukupno 34 nova člana HŠD. Rasporedili su se s potpisanim pristupnicama u čak 12 ogranaka. Studenti su se zasad odlučili biti izvanredni članovi dok su profesori postali redoviti članovi HŠD.

– 9. travnja 2024. u emisiji Hrvatske radio-televizije „Eko zona“ objavljen prilog o Hrvatskom šumarskom društvu.

– 10. travnja 2024. u Županijskoj palači u Varaždinu održana promocija knjige „Šumarskim stazama Vladoja Köröskényia“ u izdanju HŠD Ogranka Varaždin. U knjizi je objavljen pretisak knjige „Obće šumarstvo“ i opisan život prvog tajnika HŠD i prvog urednika Šumarskog lista te poticatelja i realizatora obnove rada Hrvatsko-slavonskoga šumarskog društva 1876. godine.

– 11. travnja 2024. u Novoj Gradiški na poziv Matice Hrvatske – Ogranak Nova Gradiška tajnik HŠD Oliver Vlanić održao prezentaciju o gospodarenju šumama u Hrvatskoj.

– 18. – 19. travnja 2024. u Vinkovcima povodom obilježavanja 150 godina znanstvenog i organiziranog pristupa šumarstvu jugoistočne Slavonije i djelovanja Brodske imovne općine (1873. – 1942.) održan znanstveni skup „Gospodarenje šumama hrasta lužnjaka u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti“. Skup su organizirali Centar za znanstveni rad HAZU u Vinkovcima i Hrvatske šume d. o. o. Pokrovitelj skupa bila je Vlada Republike Hrvatske, a suorganizatori Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo HAZU, Znanstveno vijeće za zaštitu prirode i okoliša HAZU, Uprava šuma Podružnica Vinkovci, Akademija šumarskih znanosti, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatski šumarski institut, Hrvatsko šumarsko društvo, Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije, Hrvatski institut za povijest – Podružnica za povijest Slavonije, Srijema i Baranje i Državni arhiv u Vukovaru. Akademik Igor Anić, predsjednik Organizacijskog odbora, pozdravio je nazočne u ime Hrvatskog šumarskog društva. Prezentirana su 24 znanstvena rada po tematskim sekcijama: Obnova i njega šuma hrasta lužnjaka, Stanište i flora šuma hrasta lužnjaka, Glavni i sporedni proizvodi šuma hrasta lužnjaka, Stanje i perspektiva gospodarenja šumama hrasta lužnjaka, Neki aspekti društvene povijesti šuma.

– 13. svibnja 2024. novo izabranim saborskim zastupnicima, Odboru za poljoprivredu, Vladi Republike Hrvatske i Ministarstvu poljoprivrede poslan je dopis „Što hrvatska znanost i struka očekuju od nositelja vlasti“ s pet obrazloženih točaka. Dopis su potpisali predstavnici Akademije šumarskih znanosti, Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije, Hrvatskoga šumarskog instituta, Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije te Hrvatskoga šumarskog društva. Isti dopis u nešto izmijenjenom obliku objavljen je kao uvodnik Šumarskog lista 3- 4/2024. HŠD i šumarske institucije slale su svoje prijedloge nositeljima vlasti i ranijih godina. Prof. dr. sc. Josip Margaletić pod ovom obavijesti dodao je kako se programom Vlade u razdoblju od 2024. do 2028. godine planira u prvoj godini mandata pokrenuti sveobuhvatno stipendiranje studenata iz područja poljoprivrede, šumarstva i drvne tehnologije te veterinarske medicine u cijeloj Hrvatskoj te njime obuhvatiti 4.000 studenata godišnje. To je napravljeno u dogovoru s prijašnjim ministarstvom jer ti sektori drže ruralne krajeve.

– 16. svibnja 2024. u Hrvatskom šumarskom institutu u Jastrebarskom održan 11. Dan otvorenih vrata.

– 16. svibnja 2024. Ministarstvo poljoprivrede promijenilo naziv u Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva – Hrvatsko šumarsko društvo opetovano je tražilo povratak imenice šumarstvo u naziv resornog ministarstva od 2012. godine.

– 22. svibnja 2024. u Zagrebu na manifestaciji Greencajt festival za izniman doprinos jednoj od najvećih volonter-skih ekoloških akcija Hrvatske projektu pošumljavanja „CO2mpensating by planting“ zahvalnice su dobili Šumarska i drvodjelska škola Karlovac, UŠP Karlovac te šumarije Duga Resa i Slunj.

– 22. – 24. svibnja 2024. u Zagrebu održan znanstveno-stručni skup 26. Europski forum o urbanom šumarstvu – EFUF 2024. Sudionici su bili iz 38 država i 4 kontinenta s oko 250 učesnika. Iako je to značajan međunarodni skup Grad Zagreb nije poslao predstavnika da pozdravi skup.

– u 2024. godini dosada održana 1 izložba 17. Bjelovarskog salona fotografija (Delnice) i 6 izložbi 18. Bjelovarskog salona fotografije „Šuma okom šumara“ (Krapina, Karlovac, Lipovljani, Ivanec, Sisak, NP Plitvička jezera).

– Redizajnirana web stranica HŠD redovito se ažurira novim vijestima. Nekoliko ogranaka se javlja s vijestima o svojim aktivnostima: Gospić, Karlovac, Ogulin, Sisak i Varaždin. Facebook stranice održavaju ogranci Bjelovar, Nova Gradiška, Ogulin i Slavonski Brod te Sekcija za urbano šumarstvo. Tajnik je pozvao sve ogranke i sekcije da dostavljaju vijesti i da se odazovu na edukaciju za održavanje vlastitih podstranica.

– Ogranci su izvijestili o svojim aktivnostima koje nisu obuhvaćene prethodnim obavijestima: Predsjednik Ogranaka Nova Gradiška Josip Kovačić izvijestio je o postavljanju „Male šumarske knjižnice“ 24. ožujka 2024. povodom Međunarodnog dana šuma na izletištu Strmac na Psnju. Knjižnica se sastoji od klupica te kućice s knjigama i tiskovinama koje populariziraju šumarstvo, a slobodne su za korištenje.

Predsjednica Ogranaka Bjelovar Martina Pavičić izvijestila je o žiriranju dostavljenih fotografija za 19. Bjelovarski salon fotografije „Šuma okom šumara“ održanom 10. svibnja 2024. Zbog nedostupnosti prostora Gradskog muzeja Bjelovar, za tradicionalno lipanjsko otvorenje izložbe u Bjelovaru, predložila je kao zamjenu u tom terminu otvorenje izložbe u prostoru Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije. U studenom ove godine prilikom održavanja znanstveno-stručnog skupa povodom obilježavanja 150. obljetnice organiziranog šumarstva na području Bjelovarsko-bilogorske županije izložba će se prezentirati i u Bjelovaru.

Predsjednik Ogranaka Vinkovci Anto Glavaš izvijestio je o umjetničkoj koloniji Rabra održanoj svibnja 2024., 25. Državnom prvenstvu inženjera šumarstva i drvne tehnologije u tenisu te malonogometnom turniru četiri ogranaka održanim u Vinkovcima 10. i 11. svibnja 2024. kao i posjetu šumara iz Slovačke u istom terminu.

Predsjednica Ogranaka Gospić Valentina Kulaš dopunila je obavijest sa zajedničke sjednice četiri ogranaka zaključkom

o boljem opremanju izložbe fotografija „Šuma okom šumara“ u sljedećoj godini, postavu istoimene izložbe u NP Plitvička jezera od 23. travnja do 2. svibnja 2024. i predstavljanju dvojezične ukrajinsko-hrvatske slikovnica „Šuma moga djeda“ povodom Dana planeta Zemlje i Noći knjige u OŠ Jure Turića u Gospiću 24. travnja 2024. Ogranak je od 10. do 12. svibnja 2024. organizirao stručno-turističku ekskurziju na područje Ogranaka „Dalmacija“ Split s posjetom gradovima Trogiru i Splitu te otocima Visu i Hvaru. Napomenula je kako bi bilo dobro uskladiti termine aktivnosti ogranaka i središnjice. Najavila je za 15. studenog 2024. malonogometni turnir četiri ogranaka u Gospiću.

Predsjednik Ogranaka Virovitica Emil Balint izvijestio je o posjeti članova ogranaka NP Plitvička jezera 23. ožujka 2024. povodom Međunarodnog dana šuma i voda. U ogranaku se radi na povećanju broja članova koji se bliži broju 100.

Temeljem prethodnih izvješća tajnik Oliver Vlainić predložio je ubuduće godišnji prijedlog aktivnosti središnjice, ogranaka i sekcija staviti na web stranicu radi bolje koordinacije termina održavanja.

### Ad 3. Aktualna problematika

– Na temelju dogovora predsjednika Uprave Hrvatskih šuma Nediljka Dujica, predsjednika HŠD akademika Igora Anića i tajnika HŠD Olivera Vlainića podnesen je zahtjev HŠD za donaciju Hrvatskih šuma d. o. o. prema HŠD koja bi se podijelila unutar HŠD prema potrebama ogranaka. Time se htjelo izbjeći povećano administriranje i problemi uzrokovani većim brojeva zahtjeva i odobravanja sponzorstva od strane Hrvatskih šuma prema ograncima HŠD. Budući da se donacije dodjeljuju samo putem natječaja trenutno se donacije neće koristiti. Hrvatske šume d. o. o. planiraju doraditi pravilnik te zahtjeve primati i obrađivati elektroničkim putem za što im treba još neko vrijeme da naprave softver. Do daljnega predaju se zahtjevi za sponzorstva po pojedinačnom slučaju. Predsjednica Ogranaka Varaždin Emilija Seidl dodala je da se donacije mogu tražiti na temelju natječaja koje raspisuju razne institucija što Ogranak Varaždin koristi.

– Predsjednica Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije Silvija Zec izvijestila je o redovitom sufinanciranju izdavanja Šumarskog lista od strane Komore.

– Stanje s predmetom dviju tužbi protiv Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije. Saga s Fakultetom kemijskog inženjerstva i tehnologije traje punih 46 godina od 1978. godine nakon stupanja na snagu Zakona o denacionalizaciji Šumarskog doma.

1. Stanje postupka za razdoblje 1999. – 2003. godine koji se pred Općinskim građanskim sudom u Zagrebu vodi pod poslovnim brojem P-1115/2021, radi isplate 1.372.920,60 kn i dr., protiv FKIT-a. Predmet se nalazi na drugostupanj-

skom sudu (Županijski sud u Zagrebu), povodom žalbi stranaka protiv prvostupanjske presude od 3.6.2022. koja je pobila naša traženja

2. Stanje postupka za razdoblje 2004. – 2006. godine. Sredstva ovrhe u iznosu od 227.717,90 eura i 37.371,17 eura (ukupno 265.089,07 eura ili nekadašnjih 1.997.313,60 kn) sjela su na račun HŠD-a 7. veljače 2024. Fakultet inženjerstva i tehnologije podnio je tužbu protiv ovrhe. Općinski građanski sud u Zagrebu se proglasio nenadležnim te je ustupio predmet Trgovačkom sudu. FKIT je podigao tužbu radi provedene ovrhe. Odvjetnička kuća priprema odgovor na tužbu te će ga poslati do kraja mjeseca svibnja. Ugovorena nagrada odvjetničkoj kući u visini od 15 % od ostvarenog i naplaćenog potraživanja (glavnica i kamate) nije naplaćena. U odvjetničkoj praksi ta nagrada obično iznosi između 10 i 30 %. Novci zasada stoje na računu i ne koriste se dok se situacija skroz ne razjasni.

– Grad Zagreb uredno je izvršio godišnju uplatu četvrtu godinu za redom temeljem Ugovora o zakupu prostora za potrebe Stomatološke poliklinike Zagreb. Ugovor je sastavljen na 10 godina i važi do 2030. godine.

– Novčana pomoć za samoobnovu zgrade Šumarskog doma nakon zagrebačkog i petrinjskog potresa još nije isplaćena. Podneseni su zahtjevi za nekonstrukcijsku obnovu 15. prosinca 2021. i 29. rujna 2022. te za konstrukcijsku obnovu 28. veljače 2022. Odluka o konstrukcijskoj obnovi izdana je 17. listopada 2022. Pregled nadzornog ovlaštenog inženjera obavljen je u kolovozu 2023. godine. Za nekonstrukcijsku obnovu po jednoj etaži moguće je dobiti 4.711,66 eura. Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine tražilo je elaborat o etažiranju. Šumarski dom je podijeljen na 7 etaža pa bi se maksimalno moglo dobiti 32.981,62 eura. Zadnja komunikacija s ministarstvom bila je 14. svibnja 2024. i još se čeka odluka o isplati pomoći.

– U tijeku je revizija poslovanja HŠD za 2023. godinu. Reviziju obavlja Kulić i Sperk revizija o. o. Obavljena je i revizija obračuna za mirovinsko osiguranje koja je potvrdila ispravan obračun od 2011. do 2023. godine.

– Ministarstvu znanosti i obrazovanja 14. svibnja 2024. podnesen zahtjev za financijsku potporu radu znanstvene i znanstvenostručne udruge u 2024. godini za pomoć u tiskanju Šumarskog lista. Javni poziv ministarstva otvoren je do 6. lipnja 2024. Za 2023. godinu dobiveno je 16.467 eura.

– Prijedlog za osnivanje Sekcije za povijest šumarstva HŠD obrazložio je tajnik Oliver Vlainić. U posljednje vrijeme je porastao interes za istraživanjem i pisanjem povijesti šumarstva i Hrvatskoga šumarskog društva. Dosada su izdane povijesti ogranaka Požege, Karlovca i Koprivnice. U pripremi su povijesti ogranaka Gospić i

Sisak. Izdane su knjige o šumarijama Vrbovec i Đurđevac. Također su izdane i pripremaju se knjige o šumarskim velikanima Josipu Kozarcu, Vlodoju Köröskenyiu i Franu Žaveru Kesterčaneku. HŠD posjeduje veliku zbirku od približno 4.500 knjiga i časopisa koji su djelomično digitalizirani. Postoji stalni interes javnosti za korištenje te građe. Problem je što je građa prilikom radova u Šumarskom domu raštrkana i treba ju knjižničarski obraditi i složiti radi lakšeg pronalaženja i korištenja, ali i radi očuvanja od propadanja. Krajnji cilj je kompletna digitalizacija jer trenutno su digitalizirani naslovi, sadržaji i nekoliko stranica većine knjiga. Zadatak sekcije bio bi dovršiti uređenje i digitalizaciju knjižnice, izdavati članke, brošure i knjige o povijesti šumarstva i HŠD te surađivati s drugim zainteresiranim pojedincima i institucijama – knjižnicama, državnim arhivima i povijesnim institutima, ali i međunarodnim tijelima. Postoji nekoliko članova HŠD koji godinama rade na istraživanju i pisanju te bi oni bili početno jezgro sekcije. Kao moguću predsjednicu predložio je mr. sp. Mandicu Dasović.

Jednoglasno je usvojen prijedlog za osnivanje Sekcije za povijest šumarstva HŠD. Detaljniji prijedlog osnivanja sekcije s prijedlogom izmjene Statuta pripremit će se za sljedeću sjednicu Upravnog odbora te za usvajanje na 128. redovitoj sjednici Skupštine HŠD.

– Predsjednik HŠD akademik Igor Anić upoznao je članove UO HŠD s odredbama Programa Vlade Republike Hrvatske za razdoblje 2024. – 2028. godine koje se odnose na šumarski i drvoprerađivački sektor, a koje su navedene na stranici 46., u poglavlju 4. Održiva Hrvatska, podpoglavlju 4.2 Smanjenje odlaganja otpada, kvalitetnije upravljanje vodnim gospodarstvom, očuvanje i obnova bioraznolikosti. Iskazano je nezadovoljstvo planiranim omogućavanjem zakupa „dodatnih 50 tisuća hektara šumskih pašnjaka“. Nejasno je što se misli pod udvostručenjem površina na kojima se provode aktivnosti suzbijanja štetnika i kako se „radovima na pomlađivanju i podizanjem mladih nasada“ misli povećati drvna zaliha u državnim šumama na 330 milijuna kubičnih metara. U podpoglavlju 4.4 Razvoj poljoprivrede, ribarstva i akvakulture, na stranici 47, pohvaljena je namjera proširivanja programa stipendiranja studenata iz područja šumarstva i drvne tehnologije kojim bi se obuhvatili svi redoviti studenti.

– Prof. dr. sc. Marijan Grubešić iznio je primjedbe na izrade zakona i podzakonskih akata. Formiraju se povjerenstva koja naprave prijedloge, kroz e-savjetovanja iskažu se dobri prijedlozi u smislu poboljšanja, ali na kraju se u Saboru izglasaju zakoni i podzakonski akti koji ne uvažavaju predloženo od strane znanosti i struke.

– Silvija Zec podsjeća da je usvojen Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o šumama (NN 36/2024 od 25. ožujka

2024.) Iako su u radu Odbora za poljoprivredu sudjelovali i predstavnici šumarskih institucija njihove primjedbe i prijedlozi uglavnom nisu usvojeni.

– Voditeljica računovodstvenih i financijskih poslova Biserka Marković prezentirala je primjere dobre i loše prakse u vođenju knjigovodstva po ograncima. Primjeri dobre ovjere i knjiženja poslat će se e-poštom.

– Zbog pokazanog interesa za šivanjem svečanih odijela HŠD kontaktirana je krojačka radnja „Moda Markulin“ koja je voljna izraditi veću količinu odijela po istim uvjetima kao što je sašiveno prvih pet odijela (800 eura po odijelu). Moguće je otići na mjerenje i probu na adresu Ilica 61, Zagreb. Prijedlog podjele troškova na ogranak i osobno po udjelu 70:30 posto. Krojač je pitao postoji li interes radi nabave veće količine materijala koji se čeka 2-3 mjeseca. U raspravi je zaključeno da se uzmu ponude i drugih krojačkih radnje te prezentiraju članovima Upravnog i Nadzornog odbora.

– Autorica knjige „Stablopis“ Ana Horvat zainteresirana je za izdavanje drugoga dopunjenog izdanja i spremna je prikupiti dodatne pjesme. Ponudila je da HŠD prikupi pjesme šumarskih autora. Predsjednik HŠD akademik Igor Anić protiv je novog izdanja. Damir Delač je bio urednik prvog izdanja „Stablopisa“ i smatra da je knjiga imala dobar odjek. Za konačnu odluku o izdavanju treba prikupiti informacije postoji li stara grafička priprema i koliko bi koštalo novo izdanje što treba saznati što prije.

#### Ad 4. Šumarski list i ostale publikacije

Glavni urednik Šumarskog lista prof. dr. sc. Josip Margaletić izvijestio je o trenutnom stanju na izdavanju Šumarskog lista. Izvješće je podijelio u dvije cjeline:

##### 1. Gdje smo danas?

- Broj 5-6 je u pripremi za objavu.
- Znanstveni radovi popunjeni su za brojeve 7-8 i 9-10.
- Popunjava se broj 11-12, a ima 9 znanstvenih radova.
- Počet će se popunjavati broj 1-2/2025.
- Krajem prošle godine je nastao zastoj u prilivu radova. Poslano je otvoreno pismo na 200 adresa i to je urodilo plodom. Dinamika popunjavanja sa znanstvenim radovima uspostavljena je za dva broja više u odnosu na broj koji je u pripremi.
- Pitanje je zašto ima radova iz Turske. Da njih nema nedostajalo bi 40 % članaka. Nedostaje stručnih radova.

##### 2. Novi glavni urednik

– U prosincu 2015. godine stupio je na mjesto glavnog urednika Šumarskog lista.

– Od tada je primio 778 naslova, uredio je 59 volumena Šumarskog lista s cca 370 radova i ostvario suradnju s 290 recenzentata.

– U zadnje vrijeme zbog povećanih obaveza moli za razrješenje s mjesta glavnog urednika. Obavijestio je predsjednika i tajnika HŠD o zamolbi. Predlaže da završi s uređivanjem svih brojeva do kraja 2024. godine. Do sljedeće sjednice znat će se novi glavni urednik Šumarskog lista. Zahvaljuje se na dosadašnjoj suradnji.

Predsjednik i Upravni odbor HŠD primili su na znanje informaciju o usmenoj molbi za razrješenje prof. dr. sc. Josipa Margaletića s mjesta glavnog urednika Šumarskog lista. Na 2. sjednici Upravnog odbora HŠD obaviti će se razrješenje i imenovanje novog glavnog urednika.

#### Ad 5. Rasprava po izvješćima i zaključci

Sva izvješća su raspravljena i zaključci usvojeni u prethodnim točkama dnevnog reda.

#### Ad 6. Pitanja i prijedlozi

– Sufinanciranje knjige „Naših prvih 70 godina: Hrvatsko šumarsko društvo Ogranak Sisak 1953. – 2023.“ u iznosu od 3.000,00 eura. Zahtjev za pomoć dostavljen od Ogranka Sisak početkom 2024. godine. Sredstva za izdavanje knjiga rezervirana su u planu prihoda i rashoda HŠD za 2024. godinu. Tekst knjige je gotov, a lektura će biti završena 27. svibnja 2024. te se nakon toga počinje s grafičkom pripremom knjige. Vjerojatno će knjiga biti završena tijekom ljeta. Predsjednik HŠD akademik Igor Anić predložio je recenziranje knjige od strane dva recenzenta.

Upravni odbor jednoglasno je prihvatio sufinanciranje knjige u iznosu od 3.000,00 eura.

Hrvatski inženjerski savez zatražio je od svih udruga članica imenovanje predstavnika za članstvo u Savjetodavnom odboru HIS. Odbor bi trebao imati ključnu ulogu u savjetovanju i podršci Upravnom odboru HIS radi ostvarivanja zajedničkih ciljeva i misije.

Upravni odbor jednoglasno je izabrao prof. dr. sc. Ivicu Tikić za predstavnika HŠD u Savjetodavnom odboru HIS.

– Predsjednik Akademije šumarskih znanosti prof. dr. sc. Marijan Grubešić obavijestio je o redizajnu web stranice Akademije. Predložio je za 2026. godinu obilježavanje 170. obljetnice rođenja velikana hrvatskog šumarstva i lovstva Frana Žavera Kesterčaneka s izdavanjem knjige o njemu u kojemu bi se našao i dio njegove knjige „Lovstvo“, prvog priručnika iz lovstva na hrvatskom jeziku.

– Predsjednica Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije Silvija Zec najavila je održavanje Četvrte konferencije ovlaštenih inženjera šumarstva i drvne tehnologije od 17. do 20. listopada 2024. u hotel-

skom kompleksu Solaris, Šibenik. Zbog organizacije potrebno se je prijaviti na vrijeme.

– Predsjednik Ogranka Delnice David Crnić najavio je održavanje 1. Dječjeg šumafesta 14. lipnja 2024. u Delnicama. Pokretač događanja je članica Ogranka Delnice Nevena Zmić, a sve će se odvijati na 15 punktova.

– Predsjednica Ogranka Bjelovar Martina Pavičić podsjetila je na održavanje Lađarskog kupa grada Lipika 8. lipnja 2024. na kojem sudjeluju lađari Ogranka Bjelovar.

– Dan hrvatskoga šumarstva ove godine obilježit će se u Zagrebu promocijom knjige „Šumarskim stazama Vladoja Koroskenyia”. Promocija knjige održat će se u 6. lipnja 2024. u Križevcima (gradska knjižnica u 18 sati).

– 2. sjednica Upravnog odbora HSD održat će se 11. i 12. listopada 2024. na području USP i Ogranka Gospić. Posljednja sjednica u Gospiću održana je 2008. godine.

– Tajnik HŠD Oliver Vlainić podijelio je ograncima dječje knjige autora Mije Matezića „Priče bez naslova” te slikovnice i bojanke USP Delnice „Priče iz šume” za korištenje u sklopu šumske pedagogije. Knjiga i bojanke ima još u spremištu HŠD pa će se i dodatno podijeliti.

– Ogranak Vinkovci podijelio je članovima Upravnog i Nadzornog odbora rokovnik izdan povodom obilježavanja 150 godina znanstvenog organiziranog pristupa šumarstvu jugoistočne Slavonije i djelovanja Brodske imovne općine (1873. – 1942.).

Sjednica je završila u 13:30.

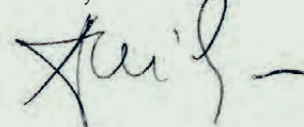
Zapisnik sastavio tajnik HŠD



Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.



Predsjednik HŠD



Akademik Igor Anić



# Joco Maletić, dipl. ing. šum. (1945. – 2024.)

Ivica Tomić<sup>1</sup>

U Požegi je 29. ožujka u 79. godini preminuo **dipl. ing. šumarstva Joco Maletić**, umirovljeni djelatnik Uprave šuma Požega. Rođen je 31. kolovoza 1945. u mjestu Pakrani (Općina Sirač). Roditelji su mu bili službenici, Osnovnu školu završio je u Kutjevu, gimnaziju u Požegi, a šumarstvo je studirao na Šumarskom fakultetu u Zagrebu, gdje je i diplomirao 1971. godine.

U svojstvu pripravnika počeo je raditi u Šumariji Velika, tadašnjeg Šumskog gospodarstva Slavonska Požega, a zatim kao referent u Odjelu za uređivanje šuma (taksacija), referent za pripremu rada u Uzgajanju šuma te referent za pripremu rada u Iskorišćivanju šuma. Bio je upravitelj Šumarije Kamenska, a na toj funkciji ostaje niz godina. Ističe se u organizaciji društvenog života i unapređenju gospodarenja šumama na tom području. Dipl. ing. Joco Maletić zalaže se tada za izgradnju primjerenog i suvremenog radničko-proizvodnog stacionara na radilištu „Leštat“ te za unapređenje gospodarenja otvorenim za svu divljač i zatvorenim lovištem (gater) za kontrolirani uzgoj i reprodukciju divljih svinja.

Poslije rada u kamenskoj šumariji, vraća se u centralu Šumskog gospodarstva na funkciju rukovoditelja Proizvodnog odjela. Treba napomenuti da uz rad pohađa postdiplomski studij na Šumarskom fakultetu u Zagrebu iz područja proizvodnje, tehnike i tehnologije radova u šumarstvu. Sudjeluje na nizu stručnih prezentacija, seminara, kolokvija i predavanja, a svoja znanja i praktična iskustva prenosi u područnim šumarijama. Bio je 1970. godine dva mjeseca na stručnoj praksi u Finskoj, a tijekom radnog vijeka područja njegovog svestranog interesa su uzgajanje šuma, rasadnička proizvodnja, lovstvo te mehanizacija radova u šumarstvu i građevinarstvu. U razdoblju od 1973. do 1991. godine objavljuje svoja iskustva i novitete u mjesječniku „Vjesnik Šumskog gospodarstva Slavonska Požega“.

Dipl. ing. Maletić bio je poznat po organiziranju brojnih godišnjih i periodičnih natjecanja šumskih radnika sjekača i uzgojnih radnika na području Šumskog gospodarstva i



na republičkoj razini. Bio je sportski zaljubljenik, sindikalni aktivist i član požeškog Ogranka Hrvatskog šumarskog društva, a organizirao je sportsko-rekreacijska natjecanja, igre i društvene manifestacije te stručno-turističke ekskurzije HŠD-a i Sindikata šumskih radnika. U vrijeme Domovinskog rata sudjelovao je u aktivnostima i akcijama jedinice „Narodne zaštite - Industrijska zona“. Nakon osnivanja Javnog poduzeća „Hrvatske šume“ i Uprave šuma Požega, ovaj cijenjeni šumarski stručnjak nastavlja rad na mnogim područjima šumarske djelatnosti. Baveći se društveno-političkim aktivnostima obnašao je dužnost vijećnika skupštine Požeško-slavonske županije, člana različitih povjerenstava, upravnih vijeća, komisija i klubova na području Grada Požege i Županije.

Pamtit ćemo ga kao vrijednog i pedantnog šumarskog stručnjaka i suradnika, te komunikativnog, svestranog i druželjubivog čovjeka. Svoje bogato teoretsko i praktično znanje nesebično je prenosio na mlađe kolege šumare, među kojima je bio poštovan i uvažavan. Posljednji ispraćaj dipl. ing. Joca Maletića bio je 4. travnja na Krematoriju zagrebačkog groblja Mirogoj. U ime Uprave šuma Podružnice Požega, oproštajne riječi uputio je mr. sc. Juraj Zelić riječima zahvale za sva dobra djela koja je činio za obitelj, rodbinu, kolege šumare, prijatelje i širu društvenu zajednicu. Istima će ostati u trajnom sjećanju. Članovima obitelji izrazio je iskrenu sućut.

<sup>1</sup> Ivica Tomić, dipl. ing. šum., Pleternica

## UPUTE AUTORIMA

Šumarski list objavljuje znanstvene i stručne članke iz područja šumarstva, odnosno svih znanstvenih grana koje pripadaju šumarstvu, zaštiti prirode i lovstvu. U neznanstvenom dijelu časopisa objavljuju se tekstovi o zaštiti prirode vezani uz šume, tekstovi o obljetnicama, znanstvenim i stručnim skupovima, knjigama i časopisima, o zbivanjima u Hrvatskom šumarskom društvu, tijeku i zaključcima sjednica Upravnoga odbora te godišnje i izvanredne skupštine, obavijesti o ograncima Društva i dr.

Svi radovi moraju biti napisani na hrvatskom jeziku, a znanstveni i stručni radovi na hrvatskom ili engleskom jeziku, s bitnim elementima – sažeci, ključne riječi, naslovi i podnaslovi, potpisi tablica i slika, tekstualni elementi tablica, tekstualna oprema grafikona, slika, karata – prevedenima na drugi jezik. Elementi na drugom jeziku trebaju biti u kurzivu.

Dokument treba pripremiti u formatu DOCX s jednostrukim proredom i fontom veličine 12 (oprema teksta fontom 10). Sadržaj mora biti u stilu **Normal** sa provedenom provjerom (spelling check) na jeziku na kojemu je napisan (Hrvatski ili English (UK)).

Obim članaka može biti do 15 stranica (konačno oblikovan članak). Veći radovi mogu se prihvatiti uz odobrenje urednika i recenzenata. Tablice, crteže, fotografije i karte treba uložiti u tekst na mjestima gdje pripadaju, pazeci da grafike budu u dostatnoj rezoluciji za tisak (min. 200 dpi na budućem otisnutom formatu). Molimo autore da grafikone ne umeću kao Excel umetke, već isključivo u grafičkom formatu (jpg, gif, tif). Ukoliko to nisu u mogućnosti, priloge dostatne rezolucije treba priložiti kao dodatne dokumente uz tekst također u grafičkom formatu.

Radi objave u XML formatu u znanstvenim radovima naslove prvoga reda (Uvod, Materijal i metode, Rezultati, Rasprava, Zaključci, Literatura) treba označiti stilom **Heading1**, a naslove drugog reda sa **Heading2**. Ukoliko autori povežu reference u tekstu – oblika (Autor, GOD) – sa popisom literature, osigurat ćemo i u XML objavi aktivne linkove referenci na popis literature.

Znanstveni rad mora sadržavati naslov na dva jezika (ne velikim slovima!), popis autora sa titulama i e-mail adresama, kao i njihovu afilijaciju i oznaku dopisnog autora. Također mora sadržavati sažetak iz kojega se može dobro indeksirati i sažeti rad. Taj sažetak mora sadržavati sve što je za članak značajno: dio uvoda, opis objekta istraživanja, metodu rada, rezultate istraživanja, bitno iz rasprave i zaključke. Sažetak mora biti napisan na hrvatskom i engleskom jeziku. Na kraju sažetka valja navesti i ključne riječi, također na oba jezika.

### Pravila za citiranje literature:

Članak iz časopisa: Prezime, I., I. Prezime, GOD: Naslov članka, Kratko ime časopisa, Vol. (Broj): str.–str., Grad

Članak iz zbornika skupa: Prezime, I., I. Prezime, I. Prezime, GOD: Naslov članka, U: I. Prezime (ur.), Naziv skupa, Izdavač, str.–str., Grad

Članak iz knjige: Prezime, I., GOD: Naslov članka ili poglavlja, Naslov knjige, Izdavač, str.–str., Grad

Knjiga: Prezime, I., GOD: Naslov knjige, Izdavač, xxxx str., Grad  
Disertacije i magistarski radovi: Prezime, I., GOD: Naslov, Disertacija, Fakultet, Grad.

(I. = prvo slovo imena; str. = stranica; GOD = godina)

Radovi se dostavljaju mailom na adresu urednistvo@sumari.hr ili preko OJS sustava (trenutno u uvođenju) na adresi [www.sumari.hr/sumlist/ojs](http://www.sumari.hr/sumlist/ojs)

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Šumarski list (Forestry Journal) publishes scientific and expert articles in the field of forestry, i.e. all scientific branches belonging to forestry, as well as nature protection and hunting. The non-scientific part of the journal includes articles on nature protection related to forests, anniversaries, scientific and professional gatherings, books, magazines, and events in the Croatian Forestry Society.

All papers must be written in Croatian, and scientific and professional papers can be written in Croatian or English, with key elements - abstracts, keywords, titles and subtitles, captions of tables and figures, textual elements of tables, textual parts of graphs, figures, maps – translated into another language. Elements in another language should be in italics.

The document should be prepared in DOCX format with single spacing and font size 12 (additional text with font size 10). The content must be in the **Normal** style with a spelling check in the language in which it is written (Croatian or English (UK)).

The volume of articles can be up to 15 pages (finally formatted article). Larger papers may be accepted with the approval of the editor and reviewers. Tables, drawings, photos and maps should be inserted into the text in the places where they belong, making sure that the graphics are of sufficient resolution for printing (min. 200 dpi in the future printed format). We ask the authors not to insert graphs as Excel embeddings, but strictly in graphic file format (jpg, gif, tif). If they are unable to do so, attachments of sufficient resolution should be attached as additional documents to the text, also in graphic file format.

For the purpose of publication of scientific papers in XML format, the headings of the first level (Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusions, References) should be marked with the **Heading1** style, and the headings of the second level with the **Heading2** style. If the authors link the references in the text – in the appropriate form (Author, YEAR) - with the list of references, we will provide and publish active links within the list of references in XML.

The scientific paper must contain a title in two languages (not in capital letters!), a list of authors with titles and email addresses, as well as their affiliation and designation of the corresponding author. It must also contain a summary from which the work can be well indexed and abstracted. This summary must contain everything important for the article: part of the introduction, description of the object of research, methods of work, research results, important points from the discussion and conclusions. The summary must be in Croatian and English. At the end of the summary, key words in both languages should be listed.

### Rules for reference lists:

Journal article: Last name, F., F. Last name, YEAR: Title of the article, Journal abbreviated title, Volume (number): p.–p., City of publication

Conference proceedings: Last name, F., F. Last name, YEAR: Title of the article, In: F. Last name (ed), Title of the conference, Publisher, p.–p., City of publication

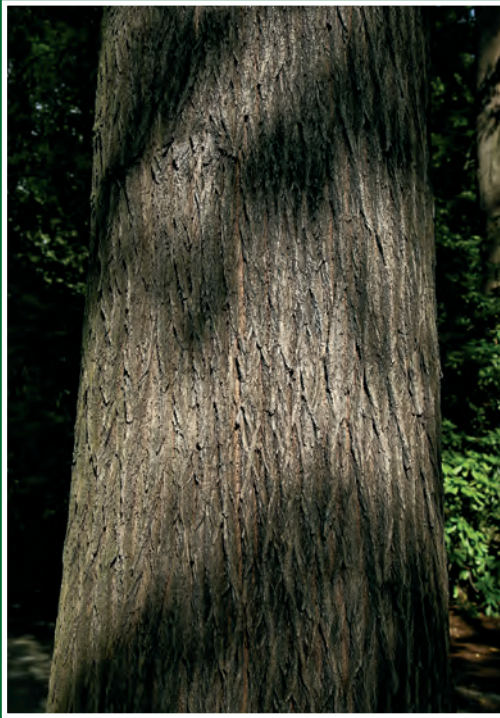
Book article: Last name, F., YEAR: Title of the article or chapter, Title of the book, Publisher, p.–p., City of publication

Book: Last name, F., YEAR: Title of the book, Publisher, xxxx p., City of publication

Dissertations and master's theses: Last name, F., YEAR: Title, Dissertation/Master's thesis, Faculty, City)

(F. = Initials of the first name; p. = page)

Papers are submitted by mail at the address urednistvo@sumari.hr or via the OJS system (currently being introduced) at the address [www.sumari.hr/sumlist/ojs](http://www.sumari.hr/sumlist/ojs).



**Slika 1.** Kora je u mladosti siva i glatka (*glabra*), kasnije sivkastosmeđa i izbrazdana. ■ **Figure 1.** Bark is grey and smooth when young (*glabra*), becoming grey-brown and furrowed.



**Slika 3.** Cvjetovi dvospolni, sitni, 20–30 zajedno u postranim, gustim čupercima; cvjetanje u ožujku, prije listanja. ■ **Figure 3.** Flowers are bisexual, small, arranged in axillary, dense, 20–30-flowered fascicles; flowering in March, before leaves emerge.

**Slika 2.** Listovi su naizmjenični, jednostavni, široko obrnutojajasti do eliptični, odozgo hrapavi, dvostruko napiljenog ruba i asimetrične osnove; na mladim biljkama ili u sjeni često s postranim vrhovima; ujesen žuti; 9–11 (–16) cm dugački, 5–8 (–12) cm široki, peteljka 3–6 (–10) mm dugačka. ■ **Figure 2.** Leaves are alternate, simple, broadly obovate to elliptic, rough on upper-side, with double-serrate margins and asymmetrical base; on young plants or shade-grown twigs usually two- or three-lobed near the apex; turn yellow in the autumn; 9–11 (–16) cm long, 5–8 (–12) cm wide, petiole 3–6 (–10) mm long.



**Slika 4.** Plodovi su plosnate, eliptične do široko obrnutojajaste, 1,5–2,5 cm dugačke, gole, jednosjemene perutke; stapka 2 mm dugačka; oraščić smeđ, uokolo okriljen, smješten u sredini perutke, urez na vrhu krilca ne dopire do oraščića; krilce membranasto, na vrhu urezano; dozrijevaju u svibnju. ■ **Figure 4.** Fruits are flattened, elliptic to broadly obovate, 1.5–2.5 cm long, glabrous, 1-seeded samaras; pedicels 2 mm long; nutlet brown, winged all around, nearly central in samara, separated from apical notch; wing membranous, emarginate at apex; maturing in May.

### ***Ulmus glabra* Huds. (*U. montana* With., *U. scabra* Mill.) – gorski brijest, glatki brijest, planinski brijest (*Ulmaceae*)**

Gorski brijest je listopadno, anemofilno i anemohorno drveće. Prirodno je rasprostranjen u Europi (uključujući Hrvatsku) i u zapadnoj Aziji, na nadmorskoj visini do 1300 (1500) m. Može doživjeti starost do 400 godina, u visinu narasti do 40 m, s prsним promjerom debla do 2 (2,5) m. Preferira vlažna, hranjivima bogata, neutralna tla i visoku zračnu vlagu. Ne tolerira ljetne suše i dulje zadržavanje vode. Gorski brijest se smatra najtolerantnijom vrstom brijestova na niske temperature.

### ***Ulmus glabra* Huds. (*U. montana* With., *U. scabra* Mill.) – Wych Elm, Scots Elm (*Ulmaceae*)**

The wych elm is a deciduous, anemophilous and anemochorous tree. It is native to Europe (including Croatia) and western Asia, growing up to an altitude of 1300 (1500) m. It can live for more than 400 years, reach a height of 40 m and a trunk diameter at breast height of 2 (2.5) m. It prefers moist, nutrient rich, neutral soils and high humidity. It is intolerant of summer drought and waterlogging. It is considered to be the least sensitive of the elm species to low temperature.