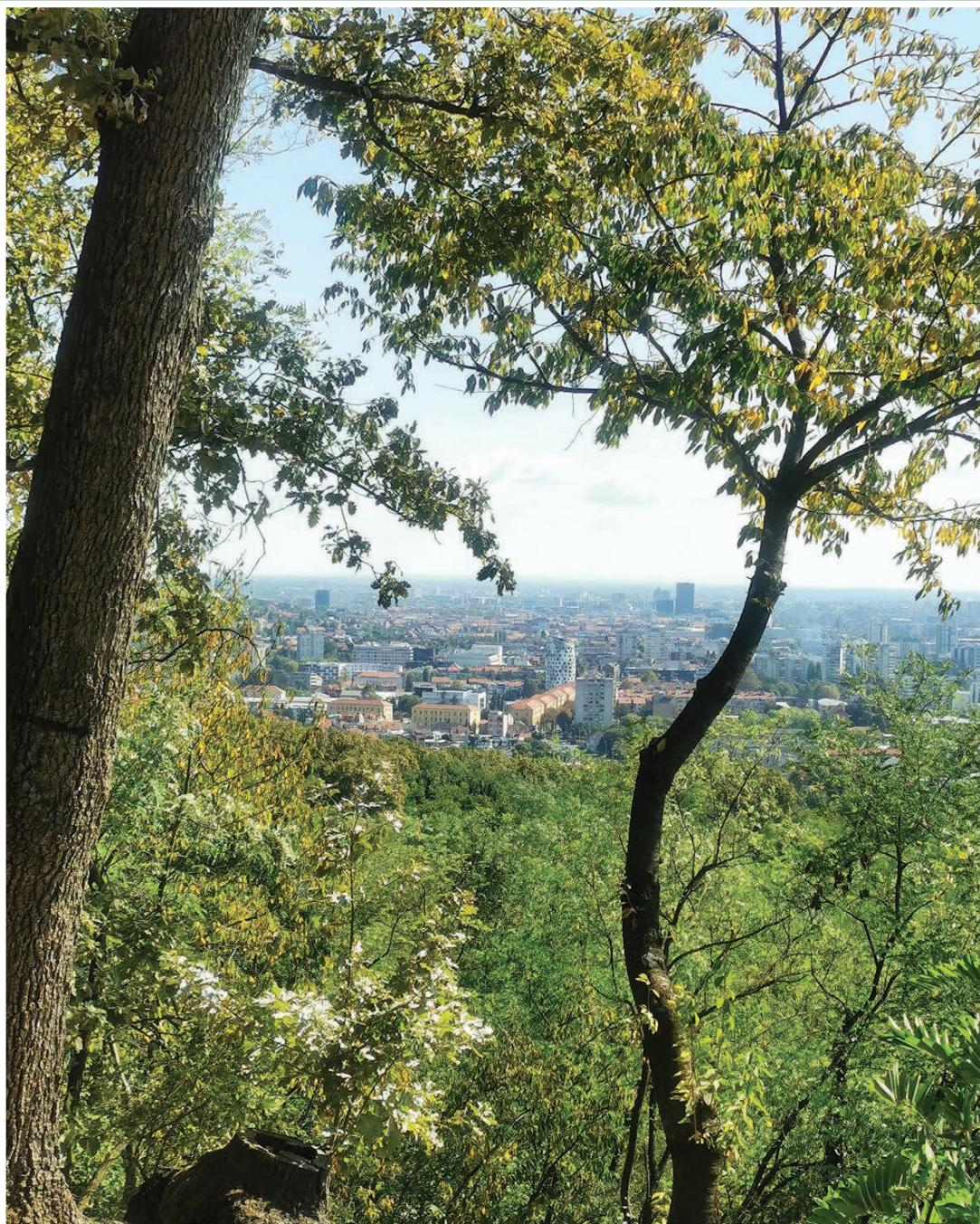


ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB

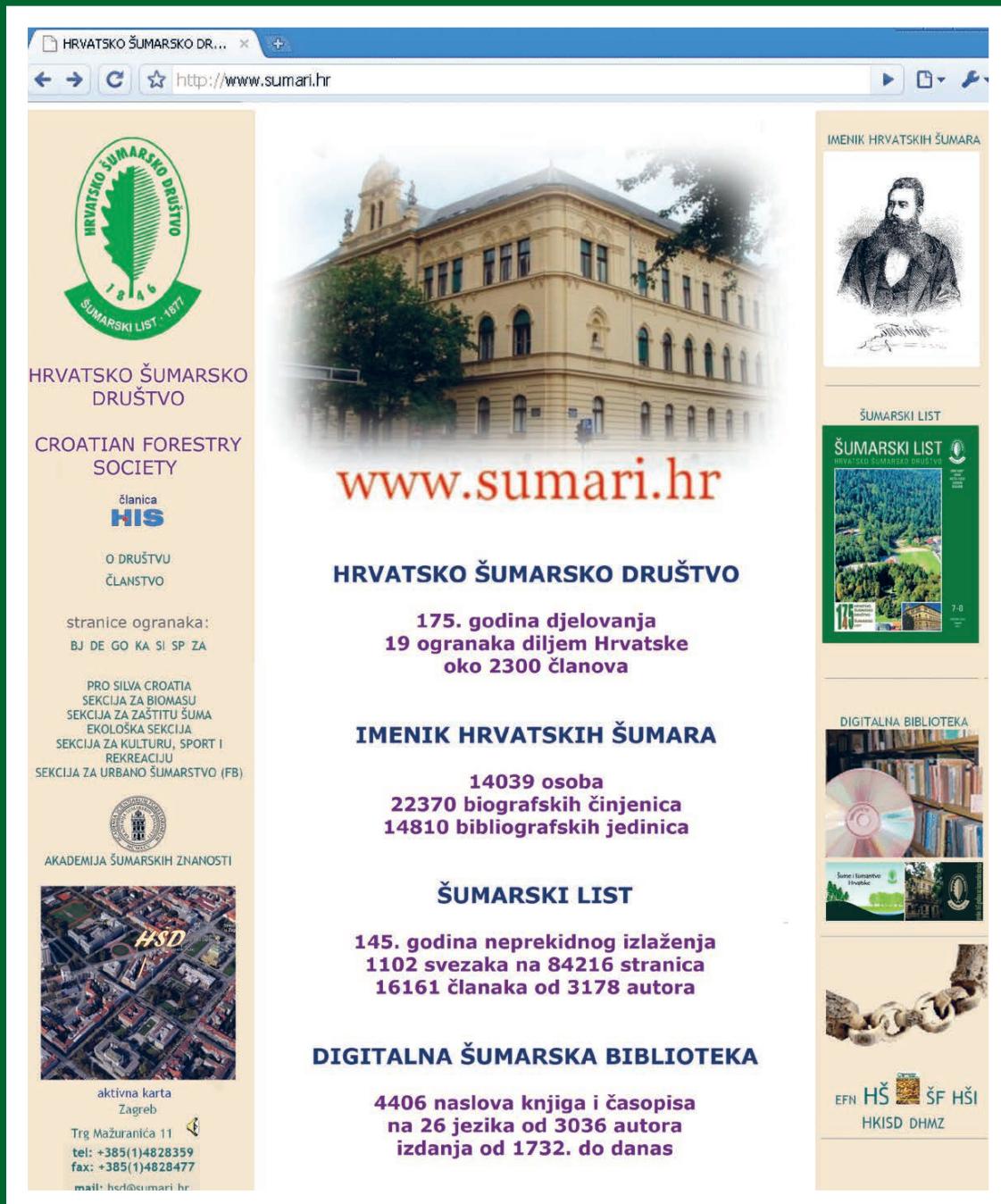


175 HRVATSKO
ŠUMARSKO
DRUŠTVO
ŠUMARSKI
LIST

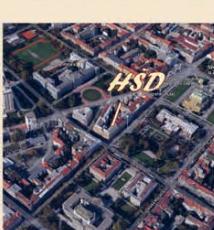


9-10

GODINA CXLV
Zagreb
2021



The screenshot shows the homepage of the Croatian Forestry Society (Hrvatsko Šumarsko Društvo) at www.sumari.hr. The page features the society's logo, a large image of a classical building, and several sections of text and images related to forestry.

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO
CROATIAN FORESTRY SOCIETY
članica HIS
O DRUŠTVU ČLANSTVO
stranice ogranača:
BJ DE GO KA SI SP ZA
PRO SILVA CROATIA SEKCIJA ZA BIOMASU
SEKCIJA ZA ZAŠTITU SUMA
EKOLOŠKA SEKCIJA
SEKCIJA ZA KULTURU, SPORT I REKREACIJU
SEKCIJA ZA URBANO ŠUMARSTVO (FB)
AKADEMIJA ŠUMARSKIH ZNANOSTI

aktivna karta Zagreb
Trg Mažuranića 11
tel: +385(1)4828359
fax: +385(1)4828477
mail: her@sumari.hr

175. godina djelovanja
19 ogranača diljem Hrvatske
oko 2300 članova

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA
14039 osoba
22370 biografskih činjenica
14810 bibliografskih jedinica

ŠUMARSKI LIST
145. godina neprekidnog izlaženja
1102 svezaka na 84216 stranica
16161 članaka od 3178 autora

DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA
4406 naslova knjiga i časopisa
na 26 jezika od 3036 autora
izdanja od 1732. do danas

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

ŠUMARSKI LIST

DIGITALNA BIBLIOTEKA





Naslovna stranica – Front page:
 Park šuma Grmoščica, Zagreb, Hrvatska
 (Foto: Damir Delač)
 Grmoščica Park Forest, Zagreb, Croatia
 (Photo: Damir Delač)

Naklada 1660 primjeraka

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

Šumarski list online:
www.sumari.hr/sumlist
Journal of forestry Online:
www.sumari.hr/sumlist/en

Izdavač:
HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO
Suizdavač:
 Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvene tehnologije
 Financijska pomoć Ministarstva znanosti obrazovanja i sporta

"Izdavanje ovog časopisa sufinanciralo je Ministarstvo poljoprivrede sredstvima naknade za korištenje općekorisnih funkcija šuma. Ovdje navedeni stavovi ne moraju nužno odražavati stavove Ministarstva poljoprivrede"

"The publication of this journal was co-financed by the Ministry of Agriculture with funds collected from the tax on non-market forest functions. The opinions expressed here do not necessarily reflect the views of the Ministry of Agriculture".

Publisher: Croatian Forestry Society –
 Editeur: Société forestière croate –
 Herausgeber: Kroatischer Forstverein
 Grafička priprema:
 LASERplus d.o.o. – Zagreb
 Tisk: CBprint – Samobor

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 | 12. Marina Juratović, dipl. ing. šum. | 23. Davor Prnjak, dipl. ing. šum. |
| 2. Emil Balint, dipl. ing. šum. | 13. Mr. sc. Petar Jurjević | 24. Krasnodar Sabljić, dipl. ing. šum. |
| 3. Mr. sc. Boris Belamarić | 14. Ivan Krajačić, dipl. ing. šum. | 25. Zoran Šarac, dipl. ing. šum. |
| 4. Prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić | 15. Čedomir Križmanić, dipl. ing. šum. | 26. Ante Taraš, dipl. ing. šum. |
| 5. Mario Bošnjak, dipl. ing. šum. | 16. Danijela Kučinić, dipl. ing. šum. | 27. Prof. dr. sc. Ivica Tikvić |
| 6. Goran Bukovac, dipl. ing. šum. | 17. Prof. dr. sc. Josip Margaletić | 28. Davor Topolnjak, dipl. ing. šum. |
| 7. Mr. sp. Mandica Dasović | 18. Darko Mikičić, dipl. ing. šum. | 29. Oliver Vlainić, dipl. ing. šum., predsjednik |
| 8. Mr. sc. Josip Dundović | 19. Damir Miškulin, dipl. ing. šum. | 30. Doc. dr. sc. Dinko Vusić |
| 9. Prof. dr. sc. Milan Glavaš | 20. Damir Nuić, dipl. ing. šum. | 31. Silvija Zec, dipl. ing. šum. |
| 10. Goran Gobac, dipl. ing. šum. | 21. Martina Pavičić, dipl. ing. šum. | 32. Dražen Zvirotić, dipl. ing. šum. |
| 11. Mr. sc. Ivan Grginčić | 22. Doc. dr. sc. Sanja Perić | |

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

1. Šumske ekosustav – 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. Jozo Franjić,

Šumarska botanika – Forest Botany

Doc. dr. sc. Krinoslav Sever,

Fiziologija šumskoga drveća – Physiology of Forest Trees

Prof. dr. sc. Marilena Idžočić,

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

Prof. dr. sc. Jura Čavlović,
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 Republika – *Czech Republic*

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

Glavni i odgovorni urednik – Editor in Chief

Prof. dr. sc. Josip Margaletić

Lektor – Lector

Dijana Sekulić-Blazina

Tehnički urednik i korektor – Technical Editor and Proofreader

Hranislav Jakovac, dipl. ing. šum.

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, obrazovanja i športa 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

Izvorni znanstveni članci – Original scientific papers

UDK 630* 164 +111.8 (001) https://doi.org/10.31298/sl.145.9-10.1 Škvorc, Ž., L. Lisica, V. Zorić, M. Bačurin, K. Sever Funkcionalna diferencijacija provenijencija hrasta crnike na istočnoj obali Jadranskoga mora – Functional differentiation of Holm oak provenances in the east Adriatic coast.....	415
UDK 630* 156 (001) https://doi.org/10.31298/sl.145.9-10.2 Jumić, V., T. Florijančić, T. Marić, S. Ozimec, K. Krapinec May the trophy evaluation variables be utilized as population indices in cervids: example of the Red deer from the hilly part of the Pannonian plain? – Mogu li elementi ocjene trofeja poslužiti kao populacijski indeksi u cervida?: Primjer na jelenu običnom iz brdskog područja Panonske nizine.....	423
UDK 630* 114 (001) https://doi.org/10.31298/sl.145.9-10.3 Galić, Z., A. Kiš, R. Ponjarac, M. Samardžić, A. Gavranović, Z. Novčić, I. V. Andreeva Analysis of soils spatial differentiation and productivity in forest management unit Muzljanski rit – Prostorna analiza tala i utjecaj na produktivnost u gospodarskoj jedinici Mužljanski rit.....	445
UDK 630* 164 (001) https://doi.org/10.31298/sl.145.9-10.4 Caković, M., A. Baumgertel, S. Lukić, N. Dragović, M. Zlatić Effects of biological works within the integrated watershed management of torrent catchments in the area of Grdelica gorge and Vranska valley (Serbia) – Učinci bioloških radova u integriranom uređenju bujičnih slivova Grdeličke klisure i Vrangske doline (Srbija).....	459
UDK 630* 232 (001) https://doi.org/10.31298/sl.145.9-10.5 Güney, D., A. Bayraktar, F. Atar, İ. Turna The effects of different factors on propagation by hardwood cuttings of some coniferous ornamental plants – Utjecaj različitih čimbenika na razmnožavanje zrelim reznicama nekih crnogoričnih ukrasnih biljaka	467

Stručni članci – Professional papers

UDK 630* 111.8 https://doi.org/10.31298/sl.145.7-8.6 Ugarković, D., M. Matijević, I. Tikvić, K. Popić Neka obilježja klime i klimatskih elemenata na području grada Zagreba – Some features of climate and climatic elements in the area of the city of Zagreb	479
UDK 630* 181.5 https://doi.org/10.31298/sl.145.9-10.7 Tumpa, K., M. Idžočić, M. Ćurković-Perica, M. Ježić, D. Juretić, D. Drvodelić, M. Šango, M. Žigante, I. Poljak Vegetativno razmnožavanje pitomog kestena i maruna – Vegetative propagation of sweet chestnut and marrons	489

Zaštita prirode – Nature protection

Arač, K.:	
Vuga (<i>Oriolus oriolus L.</i>)	499

Obljetnice – Anniversaries

Vojniković, S.:	
Tih velikan – 70. godina od kako nas je napustio Karlo Maly	500

Knjige i časopisi – Books and journal

Anić, I.:	
Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.: Šumarska povijest grada Karlovca	502
Landekić, M.:	
Prof. dr. sc. Ivan Martinić: Priručnik za edukatore i vodiče u prirodi • Kako voditi edukativne šetnje i šumske radionice?	503

In memoriam

Delač, D.:	
Zvonimir Tomac, dipl. ing. šum. (1919.–2021.)	505
Pleše, B.:	
Mladen Pleše, dipl. ing. šum. (1950.–2021.)	506
Vlainić, O.:	
Ivan Puškar, dipl. ing. šum. (Dol, Krašić, 27. 1. 1933. – Karlovac, 12. 8. 2021.)	507
Malnar, J.:	
Siniša Arh, dipl. ing. šum (1968.–2021.)	508

RIJEČ UREDNIŠTVA

ŠTO DONOSI NOVA EU STRATEGIJA ZA ŠUME DO 2030.

Članstvo Republike Hrvatske u Europskoj uniji, sve veća globalizacija, kao i globalne klimatske promjene, utječu i na hrvatske šume i šumarstvo. Iako u EU, koja ima 43 % površine pod šumom, ne postoji zajednička politika EU-a za šume u razdoblju od 2014. do 2020. godine, postojala je *Nova strategija za šume: za šume i sektor koji se temelji na šumama*. Europska komisija usvojila je i objavila u srpnju ove godine *Novu EU strategiju za šume do 2030*. Nova strategija se nadovezuje na Strategiju biološke raznolikosti EU do 2030. Smatra se ključnom za ostvarivanje ciljeva Europskoga zelenog plana, što podrazumijeva smanjenje emisija stakleničkih plinova za najmanje 55 % do 2030. i klimatske neutralnosti do 2050. godine. Pomaže i ispunjavanje ciljeva EU-a za povećanje uklanjanja CO₂ prirodnim ponorima prema Zakonu o klimi. **Strategijom se šumi, šumarima i sektoru koji se temelji na šumi daje središnja uloga u ostvarivanju tih ciljeva.** Uz njihovu pomoć očekuje se europski prelazak na moderno, klimatski neutralno, resursno učinkovito i konkurentno gospodarstvo.

Strategijom se želi dobiti zdravije, otpornije i bioraznolikije šume koje mogu ispuniti svoje socioekonomski i ekološke funkcije, osigurati opstanak stanovništva u ruralnim područjima, dakako i zapošljavanje te rekreativske funkcije koje pridonose fizičkom i mentalnom zdravlju građana i na taj način postići najodrživije gospodarenje. Također se želi pomiriti potražnja i sjeća šuma u granicama održivosti, postići optimalno korištenje šume s kaskadnim načelom, kao i kružno gospodarstvo. Kaskadno načelo već je ugrađeno u Strategiju EU za šume 2014. – 2020. U skladu s tim načelom drvo se koristi prema sljedećem redoslijedu prioriteta: 1.drvni proizvodi, 2. produljenje njihova vijeka trajanja, 3. ponovna uporaba, 4. recikliranje, 5. bioenergija i 6. odlaganje.

Želi se strogo zaštititi sve primarne i stare šume. Europska komisija razvija smjernice o šumarstvu u skladu s prirodom te uključivanje u dobrovoljni program certificiranja „u

skladu s prirodom”. Potrebno je učiniti sve kako bi se sprječile štete povezane s klimom i povećala otpornost šuma.

Strategija predviđa finansijske poticaje za vlasnike i upravitelje šuma radi povećanja količine i kvalitete šuma u EU. Komisija je pozvala države članice da uspostave nove sheme plaćanja u okviru Zajedničke poljoprivredne politike. Kao jedan primjer javnih i privatnih programa plaćanja za usluge ekosustava navodi se i hrvatska naknada za korištenje općekorisnih funkcija šuma, koja je u domaćoj javnosti već godinama napadana kao jedan od većih parafiskalnih nameta i nažalost značajno smanjena te šumi više ne doprinosi kao nekada.

Europska komisija očekuje što širu raspravu o budućnosti europskih šuma te uključivanje građana i zajednica u sadnju najmanje 3 milijarde dodatnih stabala do 2030. na temelju općeg načela sadnje i rasta pravog stabla na pravom mjestu i u pravu svrhu. Ipak se prirodna sukcesija napuštenih ruralnih područja smatra glavnom silom za povećanje šumskih područja u EU. Donesen je i Plan djelovanja Komisije za provedbu obveze sadnje 3 milijarde dodatnih stabala do 2030., a isti se treba početi odvijati od prvog tromjesečja 2022. godine. Sve aktivnosti bit će stalno promovirane i praćene, što je ključno za praćenje napretka u postizanju cilja.

Na strategiju je bilo osvrta i sa strane korisnika drvne sirovine koji strahuju od smanjenja količina za korištenje, ali i sa strane pobornika veće zaštite okoliša koji smatraju da strategija nije dovoljno jasna i s razrađenim kriterijima praćenja ostvarenja. Već sljedeće godine vidjet će se koliko će usvojene smjernice Europske komisije olakšati provedbu strategije i koliko će utjecati na različite dionike vezane uz šume.

Uredništvo

EDITORIAL

WHAT DOES THE NEW EU FOREST STRATEGY FOR 2030 BRING?

The membership of the Republic of Croatia in the European Union, increasing globalisation and global climate change have a lasting effect on Croatian forests and forestry. Although 43 % of the EU's land area is covered by forests, there was no common EU forest policy for the 2014 – 2020 period. Instead, there was a *New Forest Strategy: for forests and the forest-based sector*. The European Commission adopted and published a *New EU Forest Strategy for 2030* in July of this year. The new strategy continues on the EU Biological Diversity Strategy for 2030. A core part of the European Green Deal, it anticipates a reduction of greenhouse gas emissions by at least 55 % by 2030 and a climate-neutral continent by 2050. It also helps meet EU targets to increase CO₂ removal through natural sinks under the Climate Act. **The strategy gives forests, foresters and the forest-based sector a central role in meeting these targets.** With their help, a European transition to a modern, climate-neutral, resource-efficient and competitive economy is expected.

The Strategy aims to obtain healthier, more resilient and biodiverse forests that can fulfil their socio-economic and environmental functions, enable the survival of the population in rural areas, ensure employment, as well as provide recreational functions that contribute to physical and mental health of citizens, thus achieving highly sustainable management. It also aims to reconcile the demand for wood and felling of forests within the limits of sustainability, to achieve optimal use of forests on the cascading principle, as well as a circular economy. The cascading principle has already been incorporated in the EU Forest Strategy for 2014 – 2020. In accordance with this principle, wood is used in the following order of priority: 1. wood products, 2. extension of their shelf life, 3. reuse, 4. recycling, 5. bioenergy, and 6. disposal.

The focus is on strict protection of all primary and old forests. The European Commission is developing guidelines on forestry in harmony with nature and inclusion in a voluntary certification programme “in harmony with nature”.

Every effort should be made to prevent climate-related damage and increase forest resilience.

The Strategy sets financial incentives for forest owners and administrators to improve the quantity and quality of EU forests. The Commission has called on member states to adopt new financial schemes within the Common Agricultural Policy. An example of public and private payment programmes for ecosystem services is the Croatian tax levied for non-market forest functions, which has been attacked by the domestic public for years as one of the major para-fiscal levies. It has consequently been considerably reduced and does not contribute beneficially to forests as it used to.

The European Commission expects a broad discussion on the future of European forests and invites citizens and communities to embrace the pledge to plant at least 3 billion additional trees by 2030 on the basis of the guiding principle: plant and grow the right tree, in the right place, for the right purpose. The natural succession of abandoned rural areas is seen as the driving force in the effort to increase forest areas in the EU. The Commission's Action Plan for the implementation of the pledge to plant 3 billion additional trees by 2030 has also been adopted, and the activities should start in the first quarter of 2022. All the activities will be constantly promoted and monitored, which is crucial for monitoring the progress as the planting project unfolds.

The strategy has been reviewed by users of wood raw material, who fear the reduction of quantities for use, but also by supporters of stricter environmental protection, who criticize the strategy for not being sufficiently clear and for lacking detailed guidelines for monitoring the achievement. As early as next year we will see to what extent the adopted guidelines of the European Commission will facilitate the implementation of the strategy and how much it will affect the various stakeholders related to forests.

Editorial Board

FUNKCIONALNA DIFERENCIJACIJA PROVENIJENCIJA HRASTA CRNIKE NA ISTOČNOJ OBALI JADRANSKOGA MORA

FUNCTIONAL DIFFERENTIATION OF HOLM OAK PROVENANCES IN THE EAST ADRIATIC COAST

Željko ŠKVORC¹, Lucija LISICA², Vanja ZORIĆ³, Marko BAČURIN⁴, Krunoslav SEVER¹

SAŽETAK

Hrast crnika (*Quercus ilex* L.) je sredozemna vazdazelena vrsta drveća, koja na svom području pridolaska pokazuje veliku morfološku i funkcionalnu varijabilnost. Cilj ovoga rada bio je utvrditi postoji li diferencijacija hrasta crnike na klimatskom gradijentu istočne obale Jadranskoga mora (opisanom s prosječnom godišnjom količinom oborina, prosječnom količinom oborina tijekom ljetnog perioda i klimatskim deficitom vlage) s obzirom na funkcionalne značajke lišća (opisane sa specifičnom lisnom površinom, indeksom relativnog sadržaja ukupnih klorofila u lišću i stopom neto fotosinteze mjerene u lišću). Specifična lisna površina mjerena je na lišću uzorkovanom u tri provenijencije na prirodnom staništu te lišću uzorkovanom u pokušnom nasadu na mladim biljkama porijeklom iz tih istih provenijencija. U pokušnom nasadu mjerena je i indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila i stopa neto fotosinteze. Provenijencija Pula u odnosu na provenijencije Zadar i Bar ima veću specifičnu lisnu površinu te manji indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila i stopu neto fotosinteze. To potvrđuje prilagodbu provenijencije Pula na vlažnije stanište, a provenijencija Zadar i Bar na suše stanište te ujedno ukazuje na funkcionalnu diferencijaciju provenijencija hrasta crnike na istočnoj obali Jadranskoga mora s obzirom na klimatske prilike. Isti obrazac diferencijacije prema specifičnoj lisnoj površini u prirodnim sastojinama i pokušnom nasadu ukazuje na ekotipsku diferencijaciju istraživanih provenijencija. Prema tomu, hrast crnika mogao bi imati značajnu mogućnost funkcionalne prilagodbe na promijenjene klimatske uvjete.

KLJUČNE RIJEČI: *Quercus ilex* L., sklerofilni list, specifična lisna površina, stopa neto fotosinteze, klima

UVOD INTRODUCTION

Vazdzelene sklerofilne drvenaste vrste tipična su komponenta sredozemne vegetacije. Pritom se pojam sklerofilne vrste odnosi na specifičnu građu lišća koje je tvrdo, kožasto, površinom malo i debelo na presjeku (Gil-Pelegrín i dr. 2017). Vrste koje imaju takvu građu lišća čine homogenu

funkcionalnu skupinu, čija je specifična građa lista nastala kroz evolucijsku prilagodbu na specifične stanišne uvjete (Traiser et al., 2004). Naime, list kao primarni fotosintetski organ mora biti optimalno prilagođen konkretnim stanišnim uvjetima, odnosno prilikom promjene tih uvjeta list mora imati mogućnost prilagodbe svoje građe kako bi se jedinci omogućilo prezivljavanje.

¹ Prof. dr. sc. Željko Škvorc, Doc. dr. sc. Krunoslav Sever, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Svetošimunska 25, HR-10000 Zagreb

² Lucija Lisica, univ. bacc. ing. silv., Umeå University. Department of Plant Physiology. Umeå 90183, Švedska

³ Vanja Zorić, Vinkovićeva 3, HR-10000 Zagreb

⁴ Marko Bačurin, mag. ing. silv., Stepančićeva 3, HR-10412 Donja Lomnica

Korespondencija: Krunoslav Sever, e-mail:ksever@sumfak.hr

Dugotrajne ljetne suše jedan su od glavnih ekoloških čimbenika koji ograničavaju rast i pridolazak biljnih vrsta u sredozemnom području (Mediavilla i Escudero 2003, Nardini i dr. 2014, Niinemets i Keenan 2014). Kako se različite morfološke i fiziološke značajke biljnih vrsta često interpretiraju kroz prilagodbe na različite ekološke čimbenike, tako se i prisutnost tvrdog i debelog lišća sa smanjenom transpiracijskom površinom kod mediteranskih drvenastih vrsta obično objašnjava kao funkcionalna prilagodba koja im omogućuje preživljavanje jakog sušnog stresa tijekom ljeta (Lamont i dr. 2002, Baldocchi i Xu 2007, Sardans i Peñuelas 2013).

Sklerofilnost lišća se u radovima koji se bave ekofiziološkim i funkcionalnim značajkama biljaka najčešće kvantitativno izražava kao odnos površine i mase suhe tvari lista (specifična lisna površina, SLA) ili odnos mase suhe tvari i površine lista (lisna masa po površini, LMA). Prethodno opisani parametri smatraju se vrlo kvalitetnim pokazateljem sklerofilnosti lišća, iako izravno ne odražavaju mehaničke značajke lišća, nego se više odnose na alokaciju mase i procese povezane s alokacijom mase (Gil-Pelegrín i dr. 2017). Ranija istraživanja pokazala su da je manja specifična lisna površina, odnosno veća lisna masa po površini povezana s većom sklerofilnošću lišća, odnosno s većom aridnošću staništa (Lamont 2002, Gil-Pelegrín i dr. 2017).

Hrast crnika (*Quercus ilex* L.) je vazdazelena vrsta drveća prirodno rasprostranjena u Sredozemlju, od Portugala i Maroka na zapadu do zapadne obale Turske na istoku, a sjeverni dio njezina areala doseže obalu Atlanskog oceana u zapadnoj Francuskoj. Na tom velikom području dolazi u vrlo različitim tipovima mediteranske klime, od poluaridne do vrlo humidne te od vruće do vrlo hladne na višim nadmorskim visinama (De Rigo i Caudullo 2016). Na istočnoj obali Jadranskoga mora pridolazi na toplijim lokalitetima uz obalu Istre i na sjevernojadranskim otocima, dok na južnojadranskim otocima i na uskom obalnom dijelu južnije od Zadra uglavnom ima kontinuiran areal.

Na tako velikom području pridolaska hrast crnika pokazuje veliku morfološku i funkcionalnu varijabilnost, pa se pojedine populacije diferenciraju s obzirom na klimatske uvjete u kojima pridolaze. To je vrlo dobro istraženo u zapadnom i središnjem dijelu njezina areala (Gratani i dr. 2003, Peguero-Pina i dr. 2014, Varone i dr. 2016), dok su podaci za istočni dio, pa tako i za istočnu obalu Jadranskoga mora vrlo oskudni (Niinemets 2015). Tako velika morfološka i funkcionalna varijabilnost hrasta crnika odražava njezinu veliku fenotipsku plastičnost, koja se definira kao sposobnost pojedinih genotipova da prilagode svoj fenotip kroz morfološke i/ili fiziološke modifikacije, s ciljem da se prilagode promjeni ustaljenih okolišnih prilika (Sultan 2000). Iako je fenotipska plastičnost uvjetovana okolišem, ona može imati i genetsku podlogu kroz lokalnu adaptaciju na

ustaljene okolišne uvjete u različitim dijelovima areala vrste. Prema tomu, lokalna adaptacija kroz prirodnu selekciju dovodi do genetskih promjena kod pojedinih populacija (de Jong 2005), odnosno diferencijacije populacija koje se tada mogu smatrati različitim ekotipovima unutar areala neke vrste (Varone i dr. 2015). Iz navedenog proizlazi da diferencijacija populacija utvrđena u prirodnim sastojinama može biti rezultat genetičkih razlika ili okolišno uvjetovane fenotipske plastičnosti, a često puta je rezultat kombinacije obaju čimbenika.

S obzirom na oskudne literaturne izvore o morfološkim i fiziološkim značajkama populacija hrasta crnike na istočnoj obali Jadranskoga mora, cilj ovoga rada bio je utvrditi postoji li diferencijacija hrasta crnike na klimatskom gradijentu istočne obale Jadranskoga mora s obzirom na funkcionalne značajke njezina lišća. Kako bi se utvrdila genetska pozadina dobivenog uzorka diferencijacije, funkcionalne značajke mjerene su na lišću uzorkovanom u tri provenijencije na prirodnom staništu te lišću uzorkovanom na mlađim biljkama porijeklom iz tih istih provenijencija, pretvodno uzgojenih u kontroliranim uvjetima.

MATERIJAL I METODE

MATERIAL AND METHODS

Klimatske prilike na lokalitetima istraživanih provenijencija – *Climatic conditions at the localities of the studied provenances*

Istraživanje je provedeno na tri provenijencije hrasta crnike s područja Pule (44,88°N; 13,83°E) i Zadra (43,99°N; 15,40°E) u Republici Hrvatskoj te Bara (42,05°N; 19,14°E) u Crnoj Gori koje su smještene na geografskom i klimatskom gradijentu duž istočne obale Jadranskog mora. Prema Köppen-ovojoj klasifikaciji klime Pula se nalazi u području Cfs-a klimatskoga tipa koji se odnosi na umjerenou toplu vlažnu klimu s vrućim ljetom, gdje je najveća količina oborina u jesen s jednim manjim sušnim razdobljem ljeti. Zadar i Bar se nalaze u području Csa klimatskoga tipa koji se odnosi na sredozemnu klimu s vrućim ljetom i blagom zimom s izrazito najvećom količinom oborina tijekom zime i izrazitim sušnim razdobljem ljeti (Seletković i dr. 2011). Provenijencija Bar odlikuje se najvišom prosječnom godišnjom temperaturom zraka (15,8 °C) i prosječnom godišnjom količinom oborina (1425 mm) u odnosu na Zadar (14,7 °C, 860 mm) i Pulu (14,8 °C, 836 mm). Međutim, tijekom najtoplijeg i najsušeg dijela godine oborine su raspoređene na drugačiji način, pa tako tijekom ljetnog perioda provenijencija Bar ima najmanju prosječnu količinu oborina (137 mm) u odnosu na Zadar (141 mm) i Pulu (157 mm) (usp. Slika 1A, B). Klimatske značajke istraživanih provenijencija dobivene su pomoću ClimateEU (v. 4.63) (<http://tinyurl.com/ClimateEU>) za razdoblje 1981-2009.

Uzorkovanje lišća, sakupljanje žira i osnivanje pokusnog nasada – *Leaf sampling, acorn collection and experiment establishment*

Tijekom zime 2019. godine u svakoj je provenijenciji sa 12 stabala međusobno udaljenih više od 50 metara uzorkovano 12 zdravih, potpuno razvijenih listova s osvjetljenog dijela krošnje s ciljem kasnije analize njihovih morfoloških značajki (površina lista i masa suhe tvari lista). Ispod tih stabala sakupljen je žir koji je posađen u kontejnere pretvodno ispunjene mješavinom supstrata za rast biljaka (20%) i perlita (80%). Iz tog žira tijekom proljeća 2020. godine razvile su se mlade biljke s kojima je osnovan pokusni nasad. Mlade biljke svih provenijencija uzgajane su u plateniku pod utjecajem istih okolišnih uvjeta (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, intenzitet osvjetljenja i dr.) te su uredno zaljevane svaki četvrti dan tijekom cijelog vegetacijskoga razdoblja 2020. godine počevši od trenutka prokljavanja žira. U pokusu su rasle ukupno 64 biljke, od toga po 22 biljke iz provenijencija Pula i Zadar, te 20 biljaka iz provenijencije Bar. U drugom dijelu vegetacijskoga razdoblja 2020. godine kada se lišće mladih biljaka u potpunosti razvilo sa svake je biljke uzorkovan po jedan list s ciljem analize njihovih morfoloških značajki (površina lista i masa suhe tvari lista).

Utvrđivanje specifične lisne površine – *Specific leaf area determination*

Lišću uzorkovanom u prirodnim sastojinama i pokusnom nasadu pomoću softwaerskog paketa WinFOLIA (WinFolia 2001) izmjerena je površina. Nakon toga lišće je sušeno na temperaturi od 60 °C do konstantne mase u suhom stanju, za što je bilo potrebno oko 72 sata. Nakon sušenja svakom pojedinačnom listu utvrđena je masa pomoću laboratorijske vase s preciznošću od 0,01 g. Na temelju izmjerene površine i mase suhe tvari za svaki je uzorkovani list izračunata specifična lisna površina (SLA) kao odnos njegove površine (m^2) i mase (kg), (Pérez-Harguindeguy i dr. 2013).

Izmjera fizioloških značajki u pokusnom nasadu – *Physiological measurement in the greenhouse experiment*

Na jednom listu svake biljke zastupljene u pokusnom nasadu mjerena je stopa neto fotosinteze (A), a indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) na tri lista po biljci. Mjerenja su obavljena u dva navrata tijekom vegetacijskoga razdoblja 2020. godine, točnije 22. srpnja i 24. rujna. Stopa neto fotosinteze mjerena je pomoću prijenosnog uređaja za izmjenu izmjene plinova (CO_2 i H_2O) između biljke i okolne atmosfere LCpro+ (ADC BioScientific, 2007). Svaki list tijekom izmjere A bio je izložen intenzitetu osvjetljenja od $1500 \mu\text{mol fotona } m^{-2} s^{-1}$, koncentraciji CO_2 od $380 \pm 10 \mu\text{mol mol}^{-1}$ i temperaturi zraka od $25 \pm 2 ^\circ\text{C}$. Indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila u lišću mjerен je pomoću

prijenosnog optičkog klorofilmetra CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, MA) na pet mjesta po jednom listu (čija je prosječna vrijednost predstavljala CCI cijelog lista, odnosno cijele biljke) izbjegavajući glavnu žilu.

Statistička analiza – *Statistical analysis*

Za sve izmjerene varijable, SLA, A i CCI napravljena je de-skriptivna statistička analiza. Za izračunavanje značajnosti razlika između provenijencija za svaku pojedinu varijablu korištena je analiza varijance (ANOVA). Prilikom analiziranja varijabli utvrđenih u prirodnim sastojinama (SLA) faktori su bili provenijencija i stablo, gdje je faktor stablo bilo ugnježđeno u faktor provenijencija. Prilikom analiziranja varijabli (SLA, A i CCI) prikupljenih u pokusnom nasadu faktor je bila provenijencija. Značajnost razlika između provenijencija ispitana je pomoću Tukey-evog testa višestrukih usporedbi aritmetičkih sredina. Sve statističke analize provedene su pomoću programskog paketa STATISTICA (TIBCO Software Inc. 2018).

REZULTATI

RESULTS

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika ($p < 0,05$) između istraživanih provenijencija za većinu mjerrenih značajki kako na lišću uzorkovanom na prirodnom staništu tako i na mladim biljkama u pokusnom nasadu. Izuzetak predstavljaju, masa suhe tvari lišća na prirodnom staništu, površina lišća u pokusnom nasadu i A izmjerena u pokusnom nasadu 24. rujna 2020. godine (drugo mjerjenje).

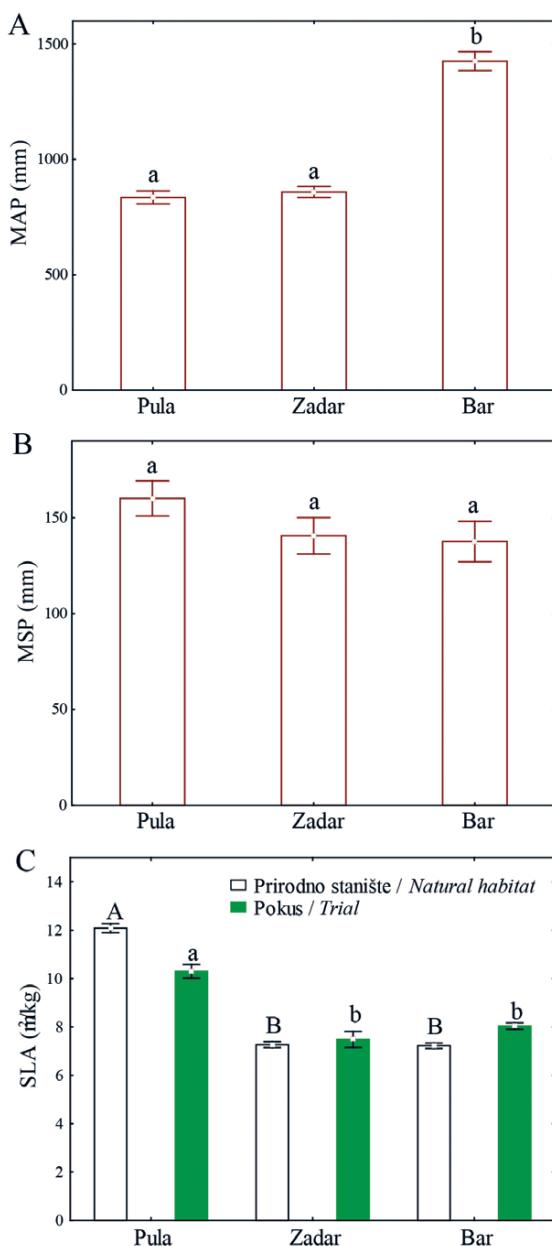
S obzirom na sklerofilnost lišća istraživane provenijencije se na istovjetan način diferenciraju na osnovi uzoraka s prirodnog staništa, kao i uzoraka s kljanaca iz pokusnog nasada. Prema tomu, lišće iz Pule ima statistički značajno veću SLA u odnosu na druge dvije provenijencije. Zadar ima prosječno najniži SLA iako između Zadra i Bara nema značajne razlike (usp. Slika 1C).

U oba mjerjenja CCI u pokusnom nasadu (22.7. i 24.9.) provenijencije su pokazale isti obrazac diferencijacije. Najmanji prosječni CCI ima provenijencija Pula, a najveći Zadar. Provenijencija Bar ima vrijednosti između druge dvije provenijencije i statistički značajno se ne razlikuje od njih (usp. Slika 2B). Ovakav obrazac diferencijacije provenijencija zabilježen je i u prvom mjerenu A. U drugom mjerenu A zabilježen je isti poredak provenijencija, međutim prosječne vrijednosti provenijencija se međusobno približuju te između njih više nije bilo statistički značajnih razlika (Slika 2C).

RASPRAVA

DISCUSSION

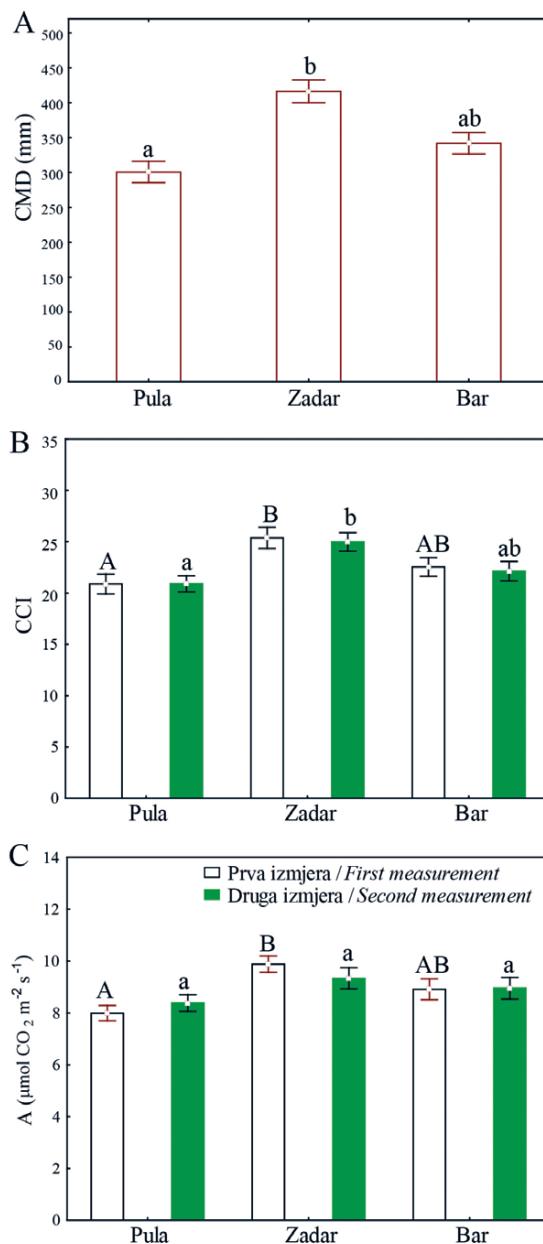
Brojna istraživanja u području ekofiziologije drvenastih vrsta bave se istraživanjem razlika njihovih funkcionalnih



Slika 1. **A** Prosječna godišnja količina oborina (MAP); **B** Prosječna količina oborina tijekom ljetnog perioda (MSP); **C** Specifična lisna površina (SLA) na prirodnom staništu i u pokusnom nasadu. Visina stupca označava aritmetičku sredinu, a gornja i donja horizontalna linija označava ± standardnu pogrešku. Različita slova na dijagramu označavaju značajne razlike između provenijencija. Na **C** velika slova se odnose na prirodno stanište, a mala na pokusni nasad (Tukey-ev test, $p < 0,05$).

Picture 1 **A** Mean annual precipitation (MAP); **B** Mean summer precipitation (MSP); **C** Specific leaf area (SLA) in natural habitats and trial. Bar indicate provenance mean and whiskers indicate ± standard error. Different letters indicate significant differences among provenances. Upper-case on **C** indicate natural habitat and lower-case indicate trial (Tukey test, $p < 0,05$).

značajki (Traiser i dr. 2004, Gil-Pelegrín i dr. 2017), međutim uočeno je da unutar pojedinih vrsta postoji značajna diferencijacija provenijencija s obzirom na njihove funkcionalne značajke koje nastaju kao prilagodba različitim stanišnim uvjetima (Niinemets 2015). Dosadašnja istraživanja hrasta crnike ukazuju da postoji značajna funkcionalna diferencijacija provenijencija na različitim klimatskim gradi-



Slika 2. **A** Deficit klimatske vlage (CMD); **B** Intenzitet fotosinteze (A); **C** Indeks sadržaja klorofila (CCI). Visina stupca označava aritmetičku sredinu, a gornja i donja horizontalna linija označava ± standardnu pogrešku. Različita slova na dijagramu označavaju značajne razlike između provenijencija. Na **B** i **C** velika slova se odnose na mjerjenje u srpnju, a mala na mjerjenje u rujnu (Tukey-ev test, $p < 0,05$).

Picture 2 **A** Climatic moisture deficit (CMD); **B** Photosynthetic rate (A); **C** Chlorophyll content index (CCI) in natural stands and trial. Bar indicate provenance mean and whiskers indicate ± standard error. Different letters on and **C** indicate significant differences among provenances. Upper-case indicate measurement conducted in July and lower-case in September (Tukey test, $p < 0,05$).

jentima u središnjem i zapadnom Sredozemljju (Peguero-Pina i dr. 2014, Niinemets 2015, Varone i dr. 2015), dok naši rezultati to potvrđuju i na istočnoj obali Jadranskoga mora (Slika 1 i 2).

Pri istraživanju funkcionalnih značajki biljaka na prirodnom staništu uvijek se postavlja pitanje koliko je utvrđena varijabilnost, odnosno diferencijacija populacija rezultat okolišno

uvjetovane fenotipske plastičnosti ili stvarnih genetičkih razlika. Pokusni nasadi sa španjolskim provenijencijama hrasta crnike ukazuju da se fenotipske razlike između provenijencija zadržavaju kada se biljke uzgajaju u istim stanišnim uvjetima (Valladares i dr. 2000, 2002, Gimeno i dr. 2009). To potvrđuju rezultati našeg istraživanja prema kojemu klijanci u pokusnom nasadu zadržavaju isti obrazac diferencijacije s obzirom na SLA kao i njihova majčinska stabla u prirodnim sastojinama (Slika 1C). Takav rezultat ukazuje da je diferencijacija provenijencija hrasta crnike barem djelomično rezultat genetičke prilagodbe na lokalne stanišne uvjete, odnosno da bi kod hrasta crnike na istočnoj obali Jadrana kao i u drugim dijelovima njegova areala mogli razlikovati ekotipove. Kako bi dobili jasniji uvid u ekotipsku diferencijaciju hrasta crnike, u ovom dijelu njegova areala potrebno je provesti istraživanja na većem broju provenijencija te pratiti veći broj funkcionalnih i drugih značajki.

U velikom broju dosadašnjih istraživanja utvrđena je veza između funkcionalnih značajki lišća i klimatskih prilika na prirodnom staništu istraživanih vrsta (Niinemets 2001, Wright i dr. 2004, 2005, Reich i dr. 2007). Prema tim istraživanjima povećanjem prosječne godišnje količine oborina na nekom staništu povećava se površina lišća (Peppe i dr. 2011), odnosno smanjuje se sklerofilnost lišća izražena odnosom površine lista i mase suhe tvari lista (veći SLA, odnosno manji LMA) (Lamont i dr. 2002, Wright i dr. 2004, 2005). U našem istraživanju sklerofilnost lišća koju opisuje SLA (Slika 1C) ne podudara se s prosječnom godišnjom količinom oborina (Slika 1A), nego s količinom oborina u ljetnom periodu (Slika 1B) i klimatskim deficitom vlage (Slika 2A). Naime provenijencija Pula na prirodnom staništu i pokusnom nasadu ima najveću SLA (Slika 1C) iako se njezino prirodno stanište odlikuje najmanjom prosječnom godišnjom količinom oborina (Slika 1A). Međutim provenijencija Pula pridolazi u području umjerenog tople vlažne klime, gdje je raspored oborina povoljniji u odnosu na druge dvije provenijencije koje pridolaze na području sredozemne klime (Seletković i dr. 2011). Prema tome, na području Pule znatno je manje izraženo ljetno sušno razdoblje (Seletković i dr. 2011), na što ukazuju i klimatski parametri prema kojima to područje ima manje aridnu klimu u odnosu na Zadar i Bar (Slika 2A).

Utvrđeni obrazac diferencijacije provenijencija s obzirom na SLA i klimatske prilike prati i A izmjerena na klijancima u pokusnom nasadu. Stoga Pula koja ima najvišu SLA i dolazi u najmanje aridnim klimatskim uvjetima ima najnižu A, dok Zadar koji ima najnižu SLA i dolazi u najaridnijim uvjetima ima najvišu A (Slike 1 i 2). Ovakva veza između fotosinteze i SLA nije u skladu s općeprihvaćenim mišljenjem da manji SLA ima negativan utjecaj na intenzitet fotosinteze (Wright i dr. 2004, 2005). Naime, biljke sa sklerofilnim lišćem (nižom SLA) moraju uložiti više resursa u izgradnju nefotosintetskih tkiva i mezofil takvog lišća manje

je učinkovit tijekom fotosinteze (Niinemets i dr. 2009). Međutim prema ranijim istraživanjima intenzitet fotosinteze iskazan po jedinici površine lista kod hrasta crnike opada s povećanjem SLA (Niinemets 2015, Peguero-Pina i dr. 2017), što je u skladu s našim rezultatima (Slika 1C i 2C). Naime, anatomska građa lišća hrasta crnike prilagođena je na način da ono lišće koje ima manju SLA ima i bolju provodljivost CO_2 kroz mezofil lista, a provodljivost CO_2 kroz mezofil lista je jedan od ključnih parametara koji reguliraju intenzitet fotosintetskih procesa (Peguero-Pina 2017). Osim bolje provodljivosti CO_2 kroz mezofil, lišće hrasta crnike koje ima manju SLA sadrži više dušika po jedinici površine (Niinemets 2015, Peguero-Pina i dr. 2017).

U skladu s tim, provenijencije Zadar i Bar u odnosu na provenijenciju Pula imale su nižu SLA (Slika 1C) i viši CCI (Slika 2B), koji je prema Sever i dr. (2016, 2018) u snažnoj pozitivnoj korelaciji sa sadržajem dušika u lišću šumskoga drveća. S obzirom da je većina dušika u lišću vezana za enzime koji sudjeluju u procesima fotosinteze, posebice za enzim RUBISCO koji je najobilniji (Evans 1989), veći sadržaj dušika u lišću zasigurno pozitivno utječe na njegovu fotosintetsku aktivnost. Prema tomu, veći CCI u kombinaciji s manjim SLA, odnosno već ranije spomenutim anatomske prilagodbama s cijem povećane provodljivosti CO_2 kroz mezofil lišća (Niinemets 2015, Peguero-Pina i dr. 2017) objašnjava veću A kod provenijencija Zadar i Bar u odnosu na provenijenciju Pula (Slika 2C).

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Provenijencija Pula u odnosu na provenijencije Zadar i Bar ima veću SLA (manju sklerofilnost lišća) te manji CCI i A (izraženu po jedinici površine lista). To potvrđuje prilagodbu provenijencije Pula na vlažnije stanište, a provenijencija Zadar i Bar na suše stanište te ujedno ukazuje na funkcionalnu diferencijaciju provenijencija hrasta crnike na istočnoj obali Jadranskoga mora s obzirom na klimatske prilike. Stoviše, isti obrazac diferencijacije prema SLA u prirodnim sastojinama i pokusnom nasadu ukazuje na ekotipsku diferencijaciju istraživanih provenijencija. Prema tomu, hrast crnica mogao bi imati značajnu mogućnost funkcionalne prilagodbe na različite klimatske uvjete. U skladu s tim, prilikom razmatranja utjecaja klimatskih promjena na prirodne populacije hrasta crnike u obzir bi trebalo uzeti njegovu fenotipsku plastičnost, ali i uočenu funkcionalnu ekotipsku diferencijaciju.

LITERATURA REFERENCES

- Baldocchi, D., L. Xu, 2007: What limits evaporation from Mediterranean oak woodlands- the supply of moisture in the soil,

- physiological control by plants or the demand by the atmosphere? *Adv Water Resour*, 30: 2113–2122.
- de Jong, G., 2005: Evolution of phenotypic plasticity: patterns of plasticity and the emergence of ecotypes, *New Phytol*, 166: 101–117.
 - de Rigo, D., G. Caudullo, 2016: *Quercus ilex* in Europe: distribution, habitat, usage and threats, U: J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, A. Mauri (ur.), European Atlas of Forest Tree Species, Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e014bcd+.
 - Evans, J. R., 1989: Photosynthesis and nitrogen relations in leaves C₃ plants. *Oecologia*, 78: 9–19.
 - Gil-Pelegrín, E., M. Á. Saz, J. M. Cuadrat, J. J. Peguero-Pina, D. Sancho-Knapik, 2017: Oaks under Mediterranean-type climates: functional response to summer aridity, U: Gil-Pelegrín, E., M. Á. Saz, J. M. Cuadrat, J. J. Peguero-Pina, D. Sancho-Knapik (ur.), *Oaks physiological ecology. Exploring the functional diversity of genus Quercus L.*, Springer, 137–193, Cham.
 - Gimeno, T., B. Pias, 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.
 - Gratani, L., M. Meneghini, P. Pesoli, M. F. Crescente, 2003: Structural and functional plasticity of *Quercus ilex* seedlings of different provenances in Italy, *Trees-Struct Funct*, 17: 515–521.
 - Lamont, B. B., P. K. Groom, R. M. Cowling, 2002: High leaf mass per area of related species assemblages may reflect low rainfall and carbon isotope discrimination rather than low phosphorus and nitrogen concentrations, *Funct Ecol*, 16: 403–412.
 - Mediavilla, S., A. Escudero 2003: Stomatal responses to drought at a Mediterranean site: A comparative study of co-occurring woody species differing in leaf longevity, *Tree Physiol*, 23: 987–996.
 - Nardini, A., M. A. Lo Gullo, P. Truifilo, S. Salleo, 2014: The challenge of the Mediterranean climate to plant hydraulics: responses and adaptations, *Environ Exp Bot*, 103: 68–79.
 - Niinemets, Ü., 2015: Is there a species spectrum within the world-wide leaf economics spectrum? Major variations in leaf functional traits in the Mediterranean sclerophyll *Quercus ilex*, *New Phytol*, 205: 79–96.
 - Niinemets, Ü., A. Díaz-Espejo, J. Flexas, J. Galmés, C. R. Warren, 2009: Role of mesophyll diffusion conductance in constraining potential photosynthetic productivity in the field, *J Exp Bot*, 60: 2249–2270.
 - Niinemets, Ü., T. Keenan, 2014: Photosynthetic responses to stress in Mediterranean evergreens: mechanisms and models, *Environmental and Experimental Botany* 103: 24–41.
 - Niinemets, Ü., 2001: Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density, and thickness in trees and shrubs, *Ecology*, 82: 453–469.
 - Peguero-Pina, J. J., D. Sancho-Knapik, E. Barrón, J. J. Camarero, A. Vilagrosa, E. Gil-Pelegrín, 2014: Morphological and physiological divergences within *Quercus ilex* support the existence of different ecotypes depending on climatic dryness, *Ann Bot*, 114: 301–313.
 - Peguero-Pina, J. J., S. Sisó, J. Flexas, J. Galmés, Ü. Niinemets, D. Sancho-Knapik, E. Gil-Pelegrín, 2017: Coordinated modifications in mesophyll conductance, photosynthetic potentials and leaf nitrogen contribute to explain the large variation in foliage net assimilation rates across *Quercus ilex* provenances, *Tree Physiol*, 37: 1084–1094.
 - Peppe, D. J., D. L. Royer, B. Cariglino, S. Y. Oliver, S. Newman, E. Leight, G. Enikolopov, M. Fernandez-Burgos, F. Herrera, J. M. Adams et al., 2011: Sensitivity of leaf size and shape to climate: global patterns and paleoclimatic applications, *New Phytol*, 190: 724–739.
 - Pérez-Harguindeguy, N., S. Diaz, E. Garnier, S. Lavorel, H. Poorter, P. Jaureguiberry, M. S. Bret-Harte, W. K. Cornwell, J. Craine, D. Gurvich, C. Urcelay, E. Veneklaas, P. Reich, L. Poorter, I. J. Wright, P. Ray, L. Enrico, J. G. Pausas, A. C. Vos, J. Cornelissen, 2013: New handbook for standardise measurement of plant functional traits worldwide. *Aust J Bot*, 61: 167–234.
 - Reich, P. B., I. J. Wright, C. H. Lusk, 2007: Predicting leaf physiology from simple plant and climate attributes: a global GLOPNET analysis, *Ecology*, 17: 1982–1988.
 - Sardans, J., J. Peñuelas, 2013: Plant-soil interactions in Mediterranean forest and shrublands: impacts of climatic change, *Plant Soil* 365: 1–33.
 - Seletković, Z., I. Tikvić, M. Vučetić, D. Ugarković, 2011: Klimate-ska obilježja i vegetacija sredozemne Hrvatske, U: S. Matić (ur.), Šume hrvatskog Sredozemlja, Akademija šumarskih znanosti, 142–156, Zagreb.
 - Sever, K., S. Bogdan, J. Franjić, Ž. Škvorc, 2018: Nedestruktivna procjena koncentracije fotosintetskih pigmenata u lišću hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), *Šumar list*, 142: 247–257.
 - Sever, K., M. Hrust, Ž. Škvorc, S. Bogdan, I. Seletković, N. Potočić, J. Franjić, 2016: Pouzdanost procjene stanja ishrane hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) s dušikom pomoću prijenosnog klorofilmetra CCM-200, *Šumar list*, 140: 465–475.
 - Sultan, S. E., 2000: Phenotypic plasticity for plant development, function and life history, *Trends Plant Sci*, 5: 537–542.
 - TIBCO Software Inc. 2018: Statistica (data analysis software system), version 13. <http://tibco.com>.
 - Traiser C, S. Klotz, D. Uhl, V. Mosbrugger, 2005: Environmental signals from leaves - a physiognomic analysis of European vegetation, *New Phytol*, 166: 465–484.
 - Valladares, F., L. Balaguer, E. Martínez-Ferri, E. Pérez-Corona, E. Manrique, 2002: Plasticity, instability and canalization: is the phenotypic variation in seedlings of sclerophyll oaks consistent with the environmental unpredictability of Mediterranean ecosystems? *New Phytol*, 156: 457–467.
 - Valladares, F., E. Ferri-Martínez, L. Balaguer, E. Pérez-Corona, E. Manrique, 2000: Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy? *New Phytol*, 148: 79–91.
 - Varone, L., M. Vitale, R. Catoni, L. Gratani, 2016: Physiological differences of five Holm oak (*Quercus ilex* L.) ecotypes growing under common growth conditions were related to native local climate, *Plant Spec Biol*, 31: 196–210.
 - WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
 - Wright, I. J., P. B. Reich, J. C. Cornelissen, D. S. Falster, P. K. Groom, K. Hikosaka, W. Lee, C. H. Lusk, Ü. Niinemets, J. Oleksyn, et al., 2005: Modulation of leaf Economic traits and trait relationships by climate, *Global Ecol Biogeogr*, 14: 411–421.
 - Wright, I. J., P. B. Reich, M. Westoby, D. D. Ackerly, Z. Baruch, F. Bongers, et al. 2004: The world-wide leaf economics spectrum, *Nature*, 428: 821–827.

SUMMARY

Holm oak (*Quercus ilex* L.) is an evergreen tree species with natural distribution within the Mediterranean, from Portugal and Morocco on the west to the western coast of Turkey on the east part of its range. On the eastern coast of the Adriatic Sea, it occupies warmer localities on the coast of Istria and northern Adriatic islands while on the southern Adriatic islands as well as on the narrower coastal area south of Zadar it has a more continuous distribution. Given the size of the area of distribution, holm oak shows a big morphological and functional variability so certain populations differ according to the climate conditions in their area. This fact has been very well researched in the western and central part of its range, while the data for the eastern part, and thus for the eastern coast of the Adriatic Sea, are scarce. The great morphological and functional variability of holm oak reflects its great phenotypic plasticity. Although phenotypic plasticity is conditioned by the environment, it can also have a genetic basis through local adaptation to the established environmental conditions in different parts of the species' area of distribution. The aim of this study was to determine whether there is a differentiation of holm oak down the climatic gradient of the eastern Adriatic coast with respect to the functional characteristics of its leaves.

The research was conducted on three provenances of holm oak from the area of Pula and Zadar in the Republic of Croatia and Bar in Montenegro. During the winter of 2019, 12 leaves were sampled per 12 trees in each provenance in order to determine the specific leaf area (SLA). Additionally, acorns were collected beneath those trees with which a greenhouse experiment was established. In the experiment, a total of 64 plants were grown, of which 22 plants from the provenances of Pula and Zadar, and 20 plants from the provenance of Bar. In the second part of the vegetation period in 2020, one leaf was sampled from each plant with the aim of determining the specific leaf area (SLA). In addition, the rate of net photosynthesis (A) and the relative total chlorophyll content index (CCI) were measured in the greenhouse experiment. Measurements were performed in July and September of 2020. A was measured using a portable gas exchange measuring device LCpro + (ADC BioScientific, 2007), while the CCI was measured using the CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, MA).

Analysis of the variance revealed a statistically significant difference among the studied provenances for most of the measured characteristics both on the leaves sampled in the natural habitat and on the young plants in the experimental plantation. Previous research on holm oak indicates that there is a functional differentiation of provenances on different climatic gradients in the central and western Mediterranean, with our results confirming this on the eastern coast of the Adriatic Sea. Young plants in the experimental plantation retain the same pattern of differentiation with respect to SLA as their mother trees in natural stands (Figure 1c). Such a result indicates that the differentiation of holm oak provenances is at least partly the result of genetic adaptation to local habitat conditions, i.e. that the holm oak on the eastern Adriatic coast as well as in other parts of its range could distinguish ecotypes. The sclerophily of the leaves described by SLA (Figure 1c) does not coincide with the average annual rainfall (Figure 1a), but with the amount of precipitation in the summer (Figure 1b) and the climate deficit of moisture (Figure 2a). The established pattern of provenance differentiation with respect to SLA and climatic conditions is followed by A measured on young plants in the experimental plantation. Therefore, Pula, which has the highest SLA and comes in the least arid climatic conditions, has the lowest A, while Zadar, which has the lowest SLA and comes in the most arid conditions, shows the highest values of A (Figures 1 and 2). This is in line with the literature that shows that the intensity of photosynthesis per unit leaf area in holm oak decreases with increasing SLA (Niinemets 2015, Peguero-Pina et al. 2017). Namely, the anatomical structure of holm oak leaves is adapted in such a way that those leaves that have a lower SLA also have better conductivity of CO₂ through the mesophilic leaves and contain more nitrogen per unit area. Accordingly, the provenances of Zadar and Bar compared to the provenance of Pula had a lower SLA (Figure 1c) and a higher CCI (Figure 2b) which has a positive correlation with the nitrogen content in the leaves.

Holm oak could have a significant ability to functionally adapt to different climatic conditions. Accordingly, when considering the impact of climate change on natural populations of holm oak, its phenotypic plasticity should be considered, as well as the observed functional ecotypic differentiation.

KEY WORDS: *Quercus ilex* L., sclerophilic leaf, specific leaf area, rate of net photosynthesis, climate



Originalni STIHL lanci za pile: vrhunska kvaliteta i pouzdanost

STIHL kvaliteta razvoja: STIHL je jedini proizvođač motornih pila u svijetu koji je sam razvio svoje lance i vodilice. Na taj način se osigurava savršena usklađenost svih triju komponenti prilikom rada- pile, lanca i vodilice.

STIHL proizvodna kvaliteta: STIHL lanci izrađeni su " Švicarskom preciznošću " u STIHL tvornici u Wilu (Švicarska). Proizvode se na specijalnim strojevima koje su također razvijeni i proizvedeni od strane firme STIHL.

Vrhunska rezna učinkovitost: STIHL- ovi lanci za pile neće svoju kvalitetu i preciznost u rezanju pokazati samo na STIHL motornim pilama, nego i na pilama drugih proizvođača.

MAY THE TROPHY EVALUATION VARIABLES BE UTILIZED AS POPULATION INDICES IN CERVIDS: EXAMPLE OF THE RED DEER FROM THE HILLY PART OF THE PANNONIAN PLAIN?

MOGU LI ELEMENTI OCJENE TROFEJA POSLUŽITI KAO POPULACIJSKI INDEKSI U CERVIDA?: PRIMJER NA JELENU OBIČNOM IZ BRDSKOG PODRUČJA PANONSKE NIZINE

Vlado JUMIĆ¹, Tihomir FLORIJANČIĆ², Tomica MARIĆ³, Siniša OZIMEC², Krešimir KRAPINEC⁴

SUMMARY

The most frequently utilized population quality indices in cervids were a fluctuating asymmetry or a branch length in yearlings. Nevertheless, unlike bovids, there has not been a reliable quality index so far that could also be applied at a later age. Therefore, an application reliability testing pertaining to certain elements of trophy measurement for the sake of difference detection between the cohorts was performed on a sample numbering 225 trophies of red deer stags from 11 cohorts. Although each of the nine trophy variables tested has succeeded in finding certain differences, the most reliable are the overall trophy value and circumferences (circumference of coronets, lower beam circumference and upper beam circumference). Since various trophy evaluation systems have been applied in the world, the implementation of the overall trophy value is limited only to the trophies evaluated pursuant to the CIC system. Hence, the most reliable indices are those based upon circumferences.

KEY WORDS: trophy evaluation, antlers, weight of dry antlers, lengths, circumferences, trophy value

INTRODUCTION

UVOD

The corporeal size differences within the identical species are manifested wherever a habitat quality variability, i.e., a population density variability, is present, even on the same locality during a longer annual series (Severinghaus et al. 1950, Rasmussen 1985, Ahrens et al. 1988, Kjelander et al. 2006). Consequently, the selection of a reliable criterion (index) for the sake of a population quality estimation is

one of the fundamental preconditions for a high-quality population wildlife management.

In the mid-20th century, Riney (1955) emphasized that a corporeal weight and antler size are quite unreliable indices in the estimation of population condition and proposed the utilization of indices based upon reserve fat (kidney fat index, bone marrow fat index). Nevertheless, the implementation of these indices is relatively complicated, because they may be exclusively applied to the dead animals, i.e., they

¹ Vlado Jumić, Mag. Ing. Silv. Prof., Croatian Forests Ltd., Forest Administration Osijek, Julija Benešića 1, HR-31000 Osijek, Croatia

² Prof. Tihomir Florijančić, Assoc Prof. Siniša Ozimec, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Department for Animal Breeding and Biotechnology, Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Croatia

³ Tomica Marić, Mag. Ing. Agr. Moslavina plus Ltd., Marijana Čavića 1, Zagreb, Croatia

⁴ Prof. dr. sc. Krešimir Krapinec, University in Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology, Department of Forest Protection and Wildlife Management, Svetosimunska cesta 25, HR-10000 Zagreb, Croatia, corresponding author: krapinec@sumfak.unizg.hr

cannot be applied to the fallen stock, for they are not as stable as the teeth, antlers, and horns.

During the second half of the 20th century, the new indices have been developed for the sake of ungulate population monitoring: mandible length (Stubbe and Gleich 1990, Nugent and Frempton 1994, Hewison et al. 1996), hind leg length (Suttie and Mitchell 1983), and horn length (Bunell 1978). Although these indices have deficiencies as well, their advantage lies in a fact that they are less dependent on a head age. Hereby, one should emphasize two crucial benefits of a practical implementation of horn length as a population quality criterion: the horns are easily accessible for an analysis because they are a hunting trophy (1), and it is easy to estimate an individual's age on them (2). A fact that the horns, in certain species, are sported exclusively by the stags is a shortcoming, so the method is not applicable to the hinds as well.

In cervids, the selection of a practical population index is a bit more complex. Should the cervid species that do not sport the antlers be exempted (*Hydropotes inermis*, *Moschus* spp.), the antlers are generally sported by the stags. An exemption to it is the reindeer (*Rangifer tarandus*), in which the antlers are sported by the hinds as well, but their antlers are of smaller dimensions (Lincoln 1992). Commonly, the antlers represent a hunting trophy, so a wildlife management focus is shifted to the production of that derivative in most countries. Therefore, it was expected that the cervid population indices should have been developed exactly on the basis of certain antler variables. However, the antler growth and shedding are connected with certain cycles, mostly the annual ones, so the recent antler dimensions are connected with a specific season (Mysterud et al. 2005, Landete-Castillejos et al. 2010). On the other hand, an age estimation in cervids is not that simple as in bovids. In spite of that, it has been proven so far that certain antler variables may be used as the population indices. These variables are as follows: branch length in yearlings (Schmidt et al. 2001, Gaspar-López et al. 2008), branch perimeter (Rasmussen 1985), or an asymmetry (Solberg and Saether 1993, Pélabon and van Breukelen 1998, Putman et al. 2000, Mateos et al. 2008, Martínez Salmerón 2014).

The red deer (*Cervus elaphus*) antler (trophy) evaluation methods are described in three trophy evaluation systems: CIC (Hromas et al. 2008), SCI (<https://safariclub.org/wp-content/uploads/2020/05/SCI-Measuring-Manual-Sept-2019.pdf>), and Rowland Ward (<https://rowlandward.org/wp-content/uploads/2021/01/Measuring-Handbook.pdf>), about which a database is maintained in each of the systems, while the hunting trophy evaluation is a legal obligation in certain countries (e.g., in Croatia, Anon. 2008). Antler evaluation has a relatively long tradition in Central Europe (Krapinec et al. 2009), but a question is recently be-

ing raised of whether the evaluation fundamant is exclusively a subject of hunting tournaments or the measured variables may be used for a population quality estimation. Therefore, this paper's objective is to examine whether a trophy strength may be utilized as a population index.

MATERIAL AND METHODS

MATERIJAL I METODE

The research was conducted on the red deer trophies from the State hunting ground "Garjevica", which is located in the central part of Croatia's Pannonian region, in the eastern part of Moslavačka Gora (Fig. 1), at the altitudes from 125 to 488 m. According to Köppen, the Hunting ground belongs to the Cfbx climate type (Seletković and Katušin 1992). It is a moderately warm pluvial climate, there is no dry period, precipitations are equally distributed throughout a year, and the driest part of the year coincides with a cold season. There is a furcate auxiliary precipitation maximum of the warm part of the year, splitting in a maximum in the spring (May) and in the late summer (July or August), and there is a drier period between them. The temperature of the coldest month ranges above -3 °C. The summers are cool, with an average temperature of the warmest month ranging below 22 °C.

Garjevica has an area amounting to 14 305 ha. According to the data of CORINE Land Cover 2000—Croatia, the forests constitute 80% (11 441 ha) of the hunting ground area. The shares of other land use types are as follows: arable lands 9% (1 331 ha), grasslands (mostly meadows) 7% (957 ha), and built-on lands 1% (137 ha). The forest stand shares in view of structural classifications are as follows: even-aged

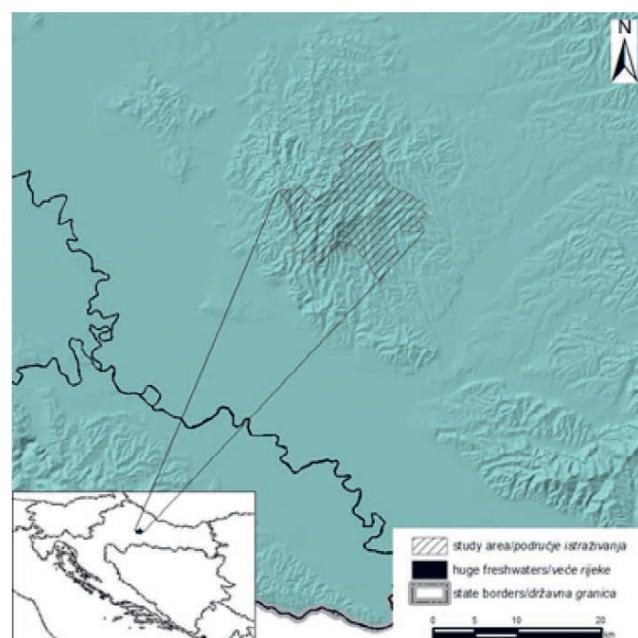


Figure 1. Situation of study area in Croatia and according to relief

seed stands of European beech (*Fagus sylvatica*) constitute 46% of forests, even-aged seed stands of sessile oak (*Quercus petraea*) have a 30-percent share, and even-aged seed stands of the European hornbeam (*Carpinus betulus*) have a six-percent share. The forest stands of pedunculate oak (*Quercus robur*), black locust (*Robinia pseudoacacia*), and conifer cultures are represented in a lower percentage (<http://gis.hrsume.hr/hrsume/wms>, <http://gis.hrsume.hr/privsume/wms>). A water share on the Hunting ground amounts to only 0.5% and there are no major watercourses on the Hunting ground, so the watercourses principally have a torrential character.

On the researched area, an intensive big game management started at the beginning of the 1980s. A state-owned forest management company operated the hunting ground at that time, and a 4,000-hectare fenced area was erected on the hunting ground for the purpose of an intensive breeding of the red deer, fallow deer (*Dama dama*), roe deer (*Capreolus capreolus*), wild boar (*Sus scrofa*) and the European mouflon (*Ovis gmelini musimon*). Each species was bred in a separate, detached breeding site area. Ninety-eight percent of the area were comprised of the forest stands (Anon. 1981). During the first decennium, the game was fed by a concentrated feed in the quantity of 541 t per annum. An average annual relative big-game harvest quota (expressed in respect of the hunting areas) on the entire Hunting ground (the fenced and the open-air part) amounted as follows: the red deer – 0.6 head per 100 ha, the European mouflon – 0.3 head per 100 ha, the roe deer – 0.3 head per 100 ha and the wild boar – 2.6 head per 100 ha. Generally, nutrition reinforcements and red deer harvesting during that period were too low, so a major damage was inflicted on the forest stands, and the harvest was significantly intensified up to the commencement of the 1990s (Brna et al. 1996).

A private company has managed the Hunting ground since 1992, having continued a combined big-game breeding (the free nature and fenced hunting ground). This period may be divided in two stages. The first stage lasted from 1992 to 1995 and represented a phase of a lesser-intensified management. During that phase, the same level of nutrition reinforcement was retained, and the cervine animals were released in the fenced part twice, 23 head in 1993 (20 hinds and 3 stags) and five stags in 1994. The heads were from Hungary. The fences of various types and heights were erected around the hunting ground and inside of it. As a rule, the fences are selective, signifying that certain wildlife species (the red deer and mouflon) may jump over them at certain sections, while they prevent the other wildlife species (fallow deer, roe deer and wild boar) from exiting the fenced part. In the 1992–1994 period, 11 tons of hay, 212 tons of coarse fodder (maize silage, haylage, and fruit), and 574 tons of concentrated feed were averagely annually brought on the Garjevica. A grassland area melioration was performed during that phase and clover-grass mixtures were sown. A relative annual harvest quota in this phase amounted to as follows: the red deer – 0.6 head per 100 ha, the fallow deer – 0.1 head per 100 ha, the roe deer – 0.3 head per 100 ha, the European mouflon – 0.4 head per 100 ha and the wild boar – 3.2 head per 100 ha.

The second stage lasted from 1995 to 2004 and represented a phase of intensive management. During that phase, the additional 140 t of compound feed were annually brought, concerning the existent feedstuff quantities demonstrated for the 1992–1994 period. A relative annual hunting bag in that phase amounted to as follows: the red deer – 1.5 head per 100 ha, the fallow deer – 0.3 head per 100 ha, the roe deer – 0.6 head per 100 ha, the European mouflon – 0.7 head per 100 ha and the wild boar – 7.2 head per 100 ha.

Table 1 Sample size, age and mean values (\pm SE) of trophy variables according to the cohorts
Tablica 1 Veličina uzorka, dob i prosječne vrijednosti (\pm SE) elemenata ocjene trofeja prema kohortama

COHORTS/ KOHORTE	n	age (years)	Weight of dry antlers (kg)	Main beam length (cm)	Length of brow tines (cm)	Length of tray tines (cm)	Circumfe- rence of coronets (cm)	Lower circumfe- rence of beam (cm)	Upper circumfe- rence of beam (cm)	Number of tines – Broj parožaka	Trophy value (CIC points) – Trofejna vrijednost (CIC točke)
			– Masa rogovlja (kg)	– Duljina grane (cm)	– Duljina nadočnjaka (cm)	– Duljina srednjaka (cm)	– Opseg vijenca (cm)	– Donji opseg (cm)			
1986	17	6-12	7,4±0,6	99,8±3,0	37±1,9	35,5±1,3	23,7±0,7	28,5±0,8	26,3±0,9	13±0,6	185,4±6,0
1988	14	4-10	7,1±0,8	94,6±5,5	34,1±2,7	32±2,1	23,8±1,0	27,1±1,2	25,7±1,3	12,4±0,5	177,0±9,0
1989	15	4-10	8,2±0,7	105,1±3,3	35,7±1,8	36,1±2,2	25,1±0,6	29,2±0,9	27,2±0,9	12,7±0,7	191,9±6,6
1990	12	3-10	6,5±1,1	90,2±6,2	31,9±3,0	29,8±3,7	23,1±1,4	26,3±2,1	24,5±2,1	12,4±1,2	167,2±15,1
1991	20	3-9	7,4±0,6	98,6±2,9	34,8±1,6	33,3±2,3	23,5±0,7	28,3±1,4	26±1,1	12,3±0,5	180,8±7,3
1992	19	3-8	7,8±0,5	100,4±2,5	34,7±1,2	33,5±1,9	24,6±0,7	28,5±0,9	26,5±0,8	12,6±0,7	185,1±6,0
1993	19	3-8	8,1±0,5	98,4±2,3	36,8±1,2	35,9±2,4	24,7±0,5	29,4±0,7	27,9±0,8	13,7±0,6	188,6±5,0
1994	27	3-7	7,5±0,5	98,5±2,8	36,2±1,4	34,8±1,4	24,6±0,7	27,9±0,7	26,4±0,9	12,6±0,6	181,9±6,1
1995	27	2-6	6,1±0,4	89,9±3,0	33,1±1,4	31,7±1,2	22±0,7	26,1±0,7	24,5±0,8	11±0,5	164,1±6,0
1996	27	2-5	5,9±0,5	88,3±3,3	30,1±1,5	31,1±1,3	22,2±0,6	25,3±0,7	23,4±0,8	11,1±0,6	161,2±6,2
1997	28	2-4	4,9±0,3	83,1±2,3	28,9±1,3	30,1±1,3	21±0,5	24,2±0,6	22±0,7	9,9±0,4	149,5±4,9

Table 2 Comparison of cohorts for dry antler weight (signs in bold indicate significant differences; „i“=interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied; srn = square root of negative number)

Tablica 2 Usporedba kohort za masu rogovlja (znakov ovisnosti masnim slovima ukazuju na statistički značajne razlike, „i“=interakcija, odn. primijenjena je Johnson–Neyman metoda; srn = korijen iz negativnog broja)

COHORTS – KOHORTE	COHORTS – KOHORTE						Sign. Diff.				
	1986	1988	1989	1990	1991	1992		1993	1994	1995	1996
1988 g: F= 8,37; p<0,05	1986=1988 g: F= 2,72; p=0,11	1986=1989 g: F= 3,5; p=0,07	1988=1989 g: F= 0,62; p=0,44	1988=1990 g: F= 9,43; p<0,01	1988=1990 g: F= 1,27; p=0,27	1989=1990 g: F= 0,97; p=0,08	1990=1991 g: F= 1,2;	1990=1991 g: F= 0,38; p=0,54	1990=1992 g: F= 2,86; p=0,10	1991=1992 g: F= 0,38;	1
1989 g: F= 9,43; p<0,01	1986=1990 g: F= 2,72; p=0,11	1986=1989 g: F= 3,5; p=0,07	1988=1989 g: F= 0,62; p=0,44	1988=1991 g: F= 11,31; p<0,01	1988=1991 g: F= 3,35; p=0,08	1989=1991 g: F= 0,97; p=0,79	1990=1991 g: F= 1,2;	1990=1992 g: F= 0,38;	1990=1993 g: F= 8,67; p<0,01	1991=1993 g: F= 0,01; p=0,93	0
1990 g: F= 15,82; p<0,001	1986=1992 g: F= 7,23; p<0,05	1988=1992 g: F= 7,23; p<0,05	1989=1992 g: F= 0,06; p=0,81	1988=1993 g: F= 23,28; p<0,001	1988=1993 g: F= 5,32; p<0,05	1989=1993 g: F= 8,67; p<0,01	1990=1992 g: F= 2,86;	1990=1993 g: F= 5,51;	1991=1993 g: F= 0,01;	1992=1993 g: F= 0,01;	1
1991 g: F= 42,10; p<0,00001	1986=1994 g: F= 24,47; p<0,0001	1986=1994 g: F= 24,47; p<0,0001	1986=1994 g: F= 1,21; p=0,28	1986=1994 g: F= 6,5; p<0,05	1986=1994 g: F= 6,5; p<0,05	1986=1994 g: F= 6,5; p<0,05	1990=1994 g: F= 0,96; p=0,33	1990=1994 g: F= 0,96;	1991=1994 g: F= 2,67;	1992=1994 g: F= 2,52;	4
1992 g: F= 51,43; p<0,00001	1986=1995 g: F= 36,73; p<0,00001	1986=1995 g: F= 36,73; p<0,00001	1986=1995 g: F= 1,9;	1986=1995 g: F= 0,18	1986=1995 g: F= 1,9;	1986=1995 g: F= 0,18	1990=1995 g: F= 1,55;	1990=1995 g: F= 0,22	1991=1995 g: F= 4,25;	1992=1995 g: F= 3,98;	6
1993 g: F= 33,37; p<0,00001	1986=1995 g: F= 51,43; p<0,00001	1986=1995 g: F= 36,73; p<0,00001	1986=1995 g: F= 1,9;	1986=1995 g: F= 7,64;	1986=1995 g: F= 7,64;	1986=1995 g: F= 7,64;	1990=1995 g: F= 4,84;	1990=1995 g: F= 4,84;	1991=1995 g: F= 7,13;	1992=1995 g: F= 0,05	—
1994 g: F= 4,94; p<0,05	1986=1994 g: F= 42,10; p<0,00001	1986=1994 g: F= 24,47; p<0,0001	1986=1994 g: F= 1,21; p=0,28	1986=1994 g: F= 6,5; p<0,05	1986=1994 g: F= 6,5; p<0,05	1986=1994 g: F= 6,5; p<0,05	1990=1994 g: F= 0,96;	1990=1994 g: F= 0,96;	1991=1994 g: F= 0,96;	1992=1994 g: F= 2,52;	—
1995 g: F= 5,43; p<0,05	1986=1995 g: F= 36,73; p<0,00001	1986=1995 g: F= 36,73; p<0,00001	1986=1995 g: F= 1,9;	1986=1995 g: F= 0,18	1986=1995 g: F= 1,9;	1986=1995 g: F= 0,18	1990=1995 g: F= 11,5;	1990=1995 g: F= 0,22	1991=1995 g: F= 4,25;	1992=1995 g: F= 3,98;	6
1996 g: F= 0,49; p=0,49	1986=1996 g: F= 0,05;	1986=1996 g: F= 0,05;	1986=1996 g: F= 0,21;	1986=1996 g: F= 0,05;	1986=1996 g: F= 0,21;	1986=1996 g: F= 0,05;	1990=1996 g: F= 1,35;	1990=1996 g: F= 0,25	1991=1996 g: F= 4,25;	1992=1996 g: F= 3,98;	—
1997 g: F= 26,81; p<0,00001	1986=1997 g: F= 19,03; p<0,00001	1986=1997 g: F= 19,03;	1986=1997 g: F= 1,93;	1986=1997 g: F= 0,17;	1986=1997 g: F= 5,94;	1986=1997 g: F= 4,52;	1990=1997 g: F= 1,57;	1990=1997 g: F= 0,05	1991=1996 g: F= 4,25;	1992=1996 g: F= 3,98;	3
Sign. Diff..	9	6	4	5	3	2	1	1	1	0	31

In the 1992–2001 period, 294 stags over one year of age were shot. The antlers were processed so that a trophy may be completely evaluated pursuant to the CIC methods. In addition to a trophy, the mandibles were also processed. The age of the head shot was estimated by the number of dental cementum deposits on the first lower molar (M_1) according to the Almasan and Rieck's method (Almásan and Rieck 1970) under a Leica Wild M28 binocular microscope, at a 6.3 to 50x magnification). A deer's age in years was subtracted from the year of shooting, so that a head's calving year, i.e., a cohort was obtained that way. Only the cohorts that were represented by more than four heads, with an age range of at least three years, were taken into analysis. Therefore, a part of the cohorts was dropped out of the analysis, and 11 cohorts entered the analysis: 1986, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 and 1997, i.e., a total of 225 trophies.

Pursuant to the CIC rules, the following was measured on the trophies (antlers variables): main beam length, length of brow tines, length of tray tines, circumference of coronets, lower beam circumference (circumference of beam between brow and tray tine), upper beam circumference (circumference of beam between the tray tine and the crown), weight of dry antlers, inside spread, number of tines, qualitative elements (antler colour, pearl, tine tops, bay tines, crowns, and deductions) and trophy value (Hromas et al. 2008).

A distribution normality testing was performed by the Kolmogorov–Smirnov and the Shapiro–Wilk tests. According to these tests, there is no significant difference in data distribution in relation to normality. Comparation of the antler variables was performed by analysis of covariance (ANCOVA), with age as a covariate to control for age-related variation in antler size and cohorts as groups (categorical factors). In case of manifestation of an interaction between equivalence lines, for the calculation of significant difference intervals between the trends, Potthoff's modification of the Johnson–Neyman method was applied (White 2003; Kim 2010).

Testing among cohorts was performed for each of 9 trophy variables (main beam length, length of brow tines, length of tray tines, circumference of coronets, lower beam circumference, upper beam circumference, weight of dry antlers, number of tines and trophy value among 11 cohorts which values according to the cohorts are given in table 1).

A number of groups and subgroups was determined according to the number of significant difference cases between the mutual comparisons of cohorts for each trophy variable (ANCOVA or Johnson–Neyman method). The groups were classified according to the number of significant differences per column, and the subgroups were classified according to the number of significant differences per

row in tables 1 to 9. For example, concerning the antler mass, the number of significant differences per column amounted to 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 9 (table 2). Eight groups were obtained that way (table 11). The number of significant differences per row served to rank a variable magnitude within a group. The 1995, 1996, and 1997 cohorts, for example, have not demonstrated a statistically significant mutual difference (the number of significant differences per columns amounted to 0), but various differences were detected between the rows. Thus, the 1997 cohort had a significantly higher antler mass in 3 cases, the 1995 cohort in 6 cases, and the 1996 cohort in 8 cases. Regarding the antler mass variable, all three cohorts are affiliated with the strongest group (Group 1), but the 1996 cohort is the strongest one within the group, followed by the 1995 cohort and ultimately by the 1997 cohort.

Data analysis was performed in Statistica 13.5.0.17 program package (TIBCO Software, 2018).

RESULTS

REZULTATI

The results of ANCOVA and Johnson–Neyman method have demonstrated that the number of differences identified between the cohorts varies (tables 2 to 10) in view of a variable (indicator). Most significant differences between the cohorts are possible to be detected by a trophy value (35 out of 55, 64%), upper beam circumference (35 differences, 64%), circumference of coronets (34 differences, 62%), weight of dry antlers (31 out of 55, 56%) and by lower beam circumference (30 out of 55, 55%). Slightly lesser differences are possible to be detected by length variables. A minimum of difference was detected by the length of tray tines (15 out 55, 27%), slightly more by a length of the beam and length of the brow tine (29 out of 55, 53%), while the number of differences detected was minimal by the number of tines – only 16 (29%).

Most comparisons (351 out of 495) were made by a common covariance analysis, whereby a significant difference between the cohorts was found in 142 cases. In 144 out of 495 comparisons, an interaction was manifested, out of which a significant difference was found in 113 cases. Additionally, a number of interaction cases were increasing along with the number of differences found. In three variables (of main beam length, number of tines, and overall trophy value), more significant differences were found in the interaction comparisons (18, 10, and 21) than in the cases when there is no interaction (11, seven, and 15, respectively).

An interaction phenomenon means that there is no significant difference between two cohorts from or up to certain age, and then a significant difference appears or disappears

Table 3 Comparison of cohorts for main beam length (signs in bold indicate significant differences; „i“ = interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied; srnn = square root of negative number)
Tabelica 3 Usporedba kohort za duljinu grane (znakovi otisnuti masnim slovima ukazuju na statistički znacajne razlike; „i“ = interakcija, odn. primijenjena je Johnson–Neyman metoda; srnn = korijen iz negativnog broja)

COHORTS – KOHORTE	COHORTS – KOHORTE						Sign. Diff.
	1986	1988	1989	1990	1991	1992	
1988 g: F= 1,69; p=0,20	1986=1988	–	1988=1989 (srnn) g: F= 5,48; p<0,05 i: F=4,47; p<0,05	–	1988=1989 (srnn) g: F= 5,48; p<0,05 i: F=4,47;	–	0
1989 g: F= 4,66; p<0,05	1986<1989	g: F= 4,66; p<0,05	1988=1989 (srnn) g: F= 5,48; p<0,05 i: F=4,47;	–	1988=1989 (srnn) g: F= 5,48; p<0,05 i: F=4,47;	–	1
1990 g: F= 0,32; p=0,581	1986=1990	1988=1990 g: F= 1,1; p=0,31	1989=1990 g: F= 3,84; p=0,06	1989=1990 g: F= 3,84; p=0,06	1989=1990 g: F= 3,84; p=0,06	–	0
1991 g: F= 6,7; p<0,05	1986<1991	1988<1991 g: F= 4,97; p<0,01 i: F=4,75; p<0,05	1989=1991 g: F= 0,04; p=0,85	1989=1991 g: F= 0,04; p=0,85	1990=1991 g: F= 3,33; p=0,08	–	2
1992 g: F= 15,27; p<0,001	1986<1992	1988<1992 g: F= 9,67; p<0,05 i: F=27,95;	1989=1992 g: F= 0,09; p=0,76	1990<1992 g: F= 8,36; p<0,01	1990=1992 g: F= 8,36; p<0,01	1991=1992 g: F= 0,01; p=0,94	3
1993 g: F= 12,04; p<0,01	1986<1993	1988<1993 g: F= 14,51; p<0,001	1989=1993 g: F= 0,20; p=0,66	1990<1993 g: F= 11,72; p<0,01	1990<1993 g: F= 11,72; p<0,01	1991=1993 g: F= 0,07; p=0,795	–
1994 g: F= 23,31; p<0,0001	1986<1994	1988=1994 g: F= 2,55; p=0,24 i: F=27,54; p=0,12	1989=1994 g: F= 1,45; p=0,24 i: F=26,61; p<0,00001	1990<1994 g: F= 14,22; p<0,001	1990<1994 g: F= 14,22; p=0,11 i: F=31,38; p<0,0001	1991=1994 (age>6) g: F= 2,72;	1992=1993 g: F= 0,06; p=0,82
1995 g: F= 0,88; p=0,35 i: F=13,92; p<0,001	1986<1995 (age>3)	1988=1995 g: F= 0,87; p=0,36	1989=1995 g: F= 6,47; p<0,05 i: F=49,20;	1990<1995 g: F= 0,19; p=0,66 i: F=73,03;	1990<1995 g: F= 0,19; p<0,01 i: F=44,61;	1992=1994 (srnn) g: F= 3,24; p=0,08 i: F=31,38; p<0,0001	3
				1991<1995 g: F= 10,52;	1991<1995 g: F= 12,81;	1993=1995 g: F= 10,53;	4
				(age>4) g: F= 0,19;	(age>4) g: F= 0,01	1994=1995 g: F= 1,49;	6
				p<0,0001 i: F=49,20;	i: F=37,14;	p=0,23 i: F=12,3;	
				p<0,00001	p<0,00001	p<0,00001	

		1986<1996			1988<1996			1989<1996			1990<1996			1991<1996			1992<1996			1993<1996					
		(age>3)			(age>2)			(age>4)			(age>3)			(age>4)			(age>4)			(age>5)					
COHORTS – KOHORTE	Sign. Diff..	1986			1988			1989			1990			1991			1992			1993			1994		
		1986	1988	1989	1986	1988	1989	1986	1988	1989	1986	1988	1989	1986	1988	1989	1986	1988	1989	1986	1988	1989	1986	1988	1989
1996	1986<1997 g: F= 4,15; p<0,05 i: F=25,59; p<0,0001	1988=1997 g: F= 0,05; p=0,94 i: F=54,41; p<0,0001	1989=1997 g: F= 13,05; p<0,001 i: F=53,66; p<0,0001	1990=1997 g: F= 3,77; p=0,06 i: F=75,43; p<0,0001	1991=1996 (age>4) g: F= 19,46; p<0,0001 i: F=49,22; p<0,0001	1992=1996 (age>4) g: F= 23,21; p<0,0001 i: F=32,15; p<0,0001	1993=1996 (age>4) g: F= 17,41; p<0,001 i: F=49,98; p<0,0001	1994=1996 (age>4) g: F= 6,39; p<0,05 i: F=61,42; p<0,0001	1995=1996 (age>4) g: F= 2,84; p=0,10	8															
1997	1986<1997 g: F= 6,57; p<0,05	1988=1997 g: F= 1,52; p=0,23	1989=1997 g: F= 2,38; p=0,137 i: F=17,11; p<0,0001	1990<1997 g: F= 10,10; p<0,01	1991=1997 (srmn) g: F= 4,09; p<0,05 i: F=16,89; p<0,0001	1992=1997 (srmn) g: F= 4,79; p<0,05 i: F=19,25; p<0,00001	1993=1997 (srmn) g: F= 4,14; p<0,05 i: F=13,10; p<0,00001	1994=1997 g: F= 4,14; p<0,05 i: F=13,10; p<0,00001	1995=1997 g: F= 0,47; p=0,50	1996=1997 g: F= 3,95; p=0,052	1997														
	Sign. Diff..	8	4	3	6	3	2	2	1	0	0	29													
1988	1986=1988 g: F= 0,09; p=0,77	—																						0	
1989	1986=1989 g: F= 3,09; p=0,090	1988=1989 g: F= 1,54; p=0,23	—																					0	
1990	1986=1990 g: F= 0,90; p=0,35	1988=1990 g: F= 0,22; p=0,64	1989=1990 g: F= 1,3; p=0,27	—																				0	
1991	1986=1991 g: F= 3,00; p=0,09	1988=1991 g: F= 2,41; p=0,13	1989=1991 g: F= 0,01; p=0,92	1990=1991 g: F= 2,30; p=0,14	—																			0	
1992	1986<1992 (age<6) g: F= 8,09; p<0,01 i: F=21,49; p<0,00001	1988=1992 g: F= 2,16; p=0,15	1989=1992 g: F= 0,31; p=0,58	1990=1992 g: F= 1,33; p=0,26	1991=1992 g: F= 0,24; p=0,63	1992=1992 g: F= 5,93; p<0,05	—															1			
1993	1986<1993 g: F= 19,91; p<0,0001	1988<1993 g: F= 12,88; p<0,01	1989<1993 g: F= 8,74; p<0,01	1990<1993 g: F= 12,95; p<0,01	1991<1993 g: F= 1,33; p=0,26	1992<1993 g: F= 4,69; p<0,05	1993=1993 g: F= 5,93;	—															6		
1994	1986<1994 g: F= 18,61; p<0,0001	1988<1994 g: F= 12,90; p<0,001	1989<1994 g: F= 9,43; p<0,01	1990<1994 g: F= 9,68; p<0,01	1991=1994 g: F= 0,27; p=0,61	1992<1994 g: F= 4,35; p<0,05	1993=1994 g: F= 0,51; p=0,48	—														5			

Table 4 Comparison of cohorts for length of brow lines (signs in bold indicate significant differences; „i“=interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied; srmn = square root of negative number)
Tablica 4 Usporedba kohorti za duljinu nadočnjaka (znakoviti obrisani slovima ukazuju na statistički značajne razlike; „i“=interakcija, odn. primijenjena je Johnson–Neyman metoda; srmn = korijen iz negativnog broja)

subsequent to certain age. As Jumić (2003) established a 10-year culmination of the red-deer trophy value for this Hunting ground, the differences between the cohorts in case of an interaction manifestation should be observed in an age range of one to 10 years. Therefore, it is mostly about a phenomenon that the cohorts, notwithstanding a variable, display no difference at an early age, but it becomes significant later. The most frequent differences are manifested at a transition from the juvenile to the mid-aged deer (aged 3 to 5 years). When it comes to the weight of dry antlers, however, the 1996 cohort has a significantly higher weight of dry antlers than the 1986 cohort as soon as after the yearling age (table 2; g^1 : $F=0,49$; $p=0,49$; i^2 : $F=10,9$; $p<0,01$).

In 27 cases, upon a calculation of Potthoff's modification of the Johnson–Neyman method (Kim 2010), it was impossible to calculate an age at which a significant difference between certain cohorts sets on due to the case of square root of a negative number's. In tables 2 to 10, these cases are demarcated as "srnn", and occurred: in 6 cases for main beam length (table 3), in 5 cases for circumference of coronets (table 6) and trophy value (table 10), in 4 cases for the number of tines (table 9), in 2 cases for the weight of dry antlers (table 2), lower (table 7) and upper beam circumference (table 8). In only one case upon a calculation of Potthoff's modification of the Johnson–Neyman method square root of a negative number occurred for the length of brow (table 4) and tray tines (table 5). Consequently, one may say that, in such cases, there is no significant difference between the cohorts in the one-to-10-year age span observed irrespective of significant "p" values.

In three cases, the differences are significant as early as at a later age, exceeding a 10-year economic maturity. They are recorded for the factors of lower beam circumference (table 7; 1989<1990; age>11 years; g: F= 5,41; p<0,05; i: F=23,77; p<0,00001), number of tines (table 9; 1992<1997; age>15 years; g: F= 5,88; p<0,05; i: F=9,41; p<0,001) and trophy value (table 10; 1989<1990; (age>13 years; g: F= 5,30; p<0,05; i: F=29,83; p<0,00001). Thus, these differences may be considered insignificant.

It is interesting that, in eight cases, the significant differences are manifested up to a juvenile-head age group, and they disappear subsequently. Such differences are recorded in several variables: main beam length (table 3; the cohorts of 1988 and 1991; age<6 years; g: F= 4,97; p<0,01; i: F=4,75; p<0,05; the cohorts of 1988 and 1992; age<5 years; g: F= 9,67; p<0,05; i: F=27,95; p<0,00001), length of brow tines (table 4; the cohorts of 1986 and 1992; g: F= 8,09; p<0,01; i: F=21,49; p<0,00001), circumference of coronets (table 6; the cohorts of 1986 and 1989; age<8 years; g: F= 9,45; p<0,01; i: F=24,31; p<0,00001 and the cohorts of 1988 and 1989; age<5 years; g: F= 10,90; p<0,01; i: F=31,03; p<0,00001), lower beam circumference (table 7; the

¹ “g” = group

² „i“=interaction (Johnson–Neyman method is applied)

Tabela 5 *Comparison of cohorts for length of stay times (signs in bold indicate significant differences; "i" = interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied; srm = square root of negative number)*

COHORTS - KOHORTE	1986	1988	1989	1990	COHORTS - KOHORTE			1995	1996	Sign. Diff.
					1991	1992	1993			
1988	1986=1988 g: F= 3,38; p=0,08	—							0	
1989	1986=1989 g: F= 0,23; p=0,64	1988=1989 g: F= 1,24; p=0,28	—						0	
1990	1986=1990 g: F= 2,99; p=0,10	1988=1990 g: F= 0,02; p=0,88	1989=1990 g: F= 1,39; p=0,25	—					0	
1991	1986=1991 g: F= 0,90; p=0,35	1988=1991 g: F= 0,33; p=0,57	1989=1991 g: F= 0,24; p=0,63	1990=1991 g: F= 0,58; p=0,45	—				0	
1992	1986=1992 g: F= 0,55; p=0,47	1988=1992 g: F= 1,07; p=0,31	1989=1992 g: F= 0,04; p=0,84	1990=1992 g: F= 1,41; p=0,25	1991=1992 g: F= 0,13; p=0,72	—			0	
1993	1986=1993 g: F= 0,96; p=0,34	1988<1993 g: F= 9,04; p<0,05	1989=1993 g: F= 0,32; p=0,58	1990<1993 g: F= 5,23; p<0,05	1991=1993 g: F= 0,03; p=0,88	1992=1993 g: F= 0,22; p=0,65	—		2	
1994	1986<1994 (age>6) g: F= 2,04; p=0,16 i: F= 12,53; p<0,0001	1988<1994 g: F= 17,95; p<0,001	1989<1994 g: F= 4,85; p<0,05	1990<1994 g: F= 8,68; p<0,01	1991=1994 g: F= 0,01; p=0,92	1992=1994 g: F= 0,34; p=0,56	1993=1994 g: F= 0,01; p=0,91	—	4	
1995	1986<1995 (age>6) g: F= 1,58; p=0,22 i: F= 10,70; p<0,001	1988<1995 g: F= 18,31; p<0,001	1989=1995 g: F= 0,24; p=0,63	1990<1995 g: F= 13,02; p<0,001	1991<1995 g: F= 4,36; p<0,05	1992=1995 g: F= 0,06; p=0,81	1993=1995 g: F= 0,18; p=0,68	—	4	
1996	1986<1996 (age>7) g: F= 1,98; p=0,17 i: F= 8,34; p<0,001	1988<1996 g: F= 13,20; p<0,001	1989=1996 g: F= 0,57; p=0,45	1990<1996 g: F= 10,48; p<0,01	1991=1996 g: F= 0,02; p=0,90	1992=1996 g: F= 0,36; p=0,55	1993=1996 g: F= 0,01; p=0,93	—	3	
1997	1986=1997 (smn) g: F= 1,81; p=0,19 i: F= 6,13; p<0,01	1988<1997 g: F= 11,07; p<0,01	1989=1997 g: F= 0,53; p=0,47	1990<1997 g: F= 10,85; p<0,01	1991=1997 g: F= 0,02; p=0,90	1992=1997 g: F= 0,33; p=0,57	1993=1997 g: F= 0,01; p=0,94	1994=1997 g: F= 0,001; p=0,97	1995=1997 g: F= 0,25; p=0,62	1996=1997 g: F= 0,001; p=0,99
	Sign. Diff.	3	5	1	5	1	0	0	0	0

Table 6 Comparison of cohorts for circumference of coronets (signs in bold indicate significant differences; „i“=interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied; srnn = square root of negative number)
Tabelica 6 Usporedba kohort za opseg vijenca (znakovi otisnuti masnim slovima ukazuju na statistički značajne razlike; „i“=interakcija, „i“=primjerenja je Johnson–Neyman metoda; srnn = korijen iz negativnog broja)

		COHORTS – KOHORTE											
		1986	1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Sign. Diff.
COHORTS – KOHORTE	1988	1986<1988 g: F= 21,68; p<0,0001	–										1
		1986<1989 (age<5) 1988>1989	1988<1989 (age<5) 1988>1989										1
1989		g: F= 9,45; p<0,01 i: F= 24,31; p<0,00001	p<0,01 i: F= 31,03; p<0,00001	–									3
		1986<1990 g: F= 22,41; p<0,0001	1988<1990 g: F= 4,59; p<0,05	1989<1990 (age>10) g: F= 5,04; p<0,05; i: F= 26,38; p<0,00001									4
1990		g: F= 12,85; p<0,01	p=0,15	g: F= 2,11; p=0,29	g: F= 1,17; p=0,29	g: F= 1,69; p=0,21	–						1
		1986<1991 g: F= 25,73; p<0,00001	1988<1992 g: F= 9,45; p<0,01	1989<1992 g: F= 0,23; p=0,65	1990=1992 g: F= 3,71; p=0,07	1991=1992 g: F= 0,44; p=0,51	–						2
1991		g: F= 38,51; p<0,00001	1986<1993 g: F= 24,11; p<0,001	1988<1993 g: F= 0,0003; p=0,99	1989=1993 g: F= 8,56; p<0,01	1990<1993 g: F= 8,60; p<0,01	1991<1993 g: F= 8,60; p<0,01	1992=1993 g: F= 0,23; p=0,63	–				5
		1986<1994 g: F= 45,05; p<0,00001	1988<1994 g: F= 27,10; p<0,0001	1989<1994 g: F= 3,53; p=0,07; i: F= 20,72; p<0,0001	1990<1994 g: F= 8,17; p<0,01	1991<1994 g: F= 1,14; p=0,29; i: F= 25,82; p<0,0001	1992<1994 (age>6) g: F= 2,62; p=0,11; i: F= 23,37; p<0,0001	1993=1994 (age>6) g: F= 3,73; p=0,06	–				6
1992													
1993													
1994													
1995		1986<1995 g: F= 28,14; p<0,00001	1988<1995 g: F= 20,52; p<0,0001	1989<1995 (age>6) g: F= 4,75; p<0,05; i: F= 19,43; p<0,0001	1990<1995 g: F= 6,72; p<0,05	1991<1995 g: F= 1,71; p=0,20; i: F= 24,85; p<0,0001	1992=1995 (srnn) g: F= 3,67; p=0,06; i: F= 22,16; p<0,00001	1993=1995 (srnn) g: F= 4,98; p<0,05; i: F= 20,3816; p<0,00001	1994=1995 g: F= 0,01; p=0,92	–			5

cohorts of 1988 and 1989; age<5 years; g: F= 8,18; p<0,01; i: F=23,78; p<0,00001 and the cohorts of 1993 and 1997; age<3 years; g: F= 7,68; p<0,01; i: F=12,85; p<0,0001) and upper beam circumference (table 8; the cohorts of 1988 and 1989; age<5 years; g: F= 6,12; p<0,05; i: F=18,01; p<0,0001). A significant difference found in the upper beam circumference between the 1993 and the 1997 cohort is present, however, only in the stags aged one and two years, not at a later age, and it was considered to be insignificant. Still, such differences generally signify the errors in the execution of breeding hunt, i.e., the average or over-average trophy stags were eliminated from the population in “weaker” cohorts.

As the age represents a categorical predictor to each variable analysed, it is impossible to apply the usual statistical methods such as a discriminant analysis or a PCA for the sake of a cohort group separation. In view of a grouping method applied, it is possible to separate various numbers of cohort groups (table 11), from four (length of tray tines and the number of tines) to eight (weight of dry antlers), depending on a variable. The cohorts do not exhibit a statistically significant difference within the same group, and in most cases the successive cohorts in a sequence belong to different groups. The exemptions are recorded in the weight of dry antlers (table 2; 1986<1988; g: $F=8,37$; $p<0,05$), circumference of coronets (table 6; 1986<1988; g: $F=21,68$; $p<0,0001$), and upper beam circumference (table 8; 1986<1988; g: $F=4,60$; $p<0,05$).

Irrespective of the number of groups obtained and a variable utilized as a quality indicator, the cohorts of 1995, 1996, and 1997 may be isolated as the “superior” ones, comprising the first group of the three examined variables (weight of dry antlers, main beam lengths, length of brow tines and the upper beam circumference). In the variables of the length of tray tines, circumference of coronets, and trophy value, the 1994 cohort also comes along as a member of the first group. This cohort is interesting due to a fact that it does not exhibit a significant difference regarding the 1995 and 1997 cohorts most frequently, but it is significantly weaker than the 1996 cohort in the variables of the main beam length and upper beam circumference, so it comprises a separate Group 2 concerning these two variables. With regard to the tine number variable, the 1993 cohort (but not the 1994 one) also joins the aforementioned “superior” cohorts, whereas it also comprises the first group with the “superior” cohorts and the cohorts of 1992 and 1994 in the length of tray tines.

The cohorts from the 1980s and the 1990 cohort generally comprise a sequence back, so it may be said that they pertain to the “worse cohorts,” out of which the 1986 cohort should definitely be isolated, as it has significantly lower values in most variables. The mediocre cohorts would be the ones of 1991 and 1992. The number of qualitative groups succeeded to be recognized by each individual variable varies from 5 to 8.

Since the number of groups is based upon the number of established significant differences, the more differences are found, the higher a variable usability should be. Nonetheless, 8 groups were obtained through weight of dry antlers, which, in principle, are not significantly mutually different. A small number of groups obtained by the implementation of the length of tray tines and the number of tines has not succeeded in isolating the best cohorts clearly, so some mediocre cohorts (1992 and 1993) were also placed in the "best" category. Consequently, an overall

Table 7 Comparison of cohorts for lower beam circumference (signs in bold indicate significant differences; „i“=interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied; srnn = square root of negative number)
Tabelica 7 Usporedba kohort za donji opseg (znakovi otsutni masnim slovima ukazuju na statistički značajne razlike; „i“=interakcija, odn. primijenjena je Johnson–Neyman metoda; srnn = korijen iz negativnog broja)

COHORTS – KOHORTE		COHORTS – KOHORTE									
		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Sign. Diff.
1988	1986=1988 g: F= 1,39; p=0,18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0
1989	1986=1989 g: F= 1,70; p=0,20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1
1990	1986=1990 g: F= 0,91; p=0,35	1988<1989 (age<5) g: F= 8,18; p<0,01 i: F=23,78; p<0,00001	1988=1990 g: F= 0,07; p=0,80	–	–	–	–	–	–	–	1
1991	1986<1991 g: F= 7,39; p<0,05	1988<1991 g: F= 6,35; p<0,05	1989=1991 g: F= 2,16; p=0,15	1990=1991 g: F= 0,21; p=0,65	–	–	–	–	–	–	2
1992	1986<1992 g: F= 9,36; p<0,01	1988<1992 g: F= 11,45; p<0,01	1989=1992 g: F= 0,61; p=0,44	1990=1992 g: F= 3,24; p=0,08	1991=1992 g: F= 1,02; p=0,32	–	–	–	–	–	2
1993	1986<1993 g: F= 12,69; p<0,01	1988<1993 g: F= 22,65; p<0,001	1989<1993 g: F= 4,21; p<0,05	1990<1993 g: F= 9,91; p<0,01	1991=1993 g: F= 3,47; p=0,07	1992=1993 g: F= 1,51; p=0,23	–	–	–	–	4
1994	1986<1994 g: F= 18,06; p<0,001	1988<1994 g: F= 26,87; p<0,0001	1989<1994 (age>6) g: F= 2,54; p=0,12; i: F=20,01; p<0,00001	1990<1994 g: F= 7,40; p<0,05	1991=1994 g: F= 0,25; p=0,62	1992=1994 g: F= 0,63; p=0,43	1993=1994 g: F= 2,78; p=0,10	–	–	–	4
1995	1986<1995 (age>4) g: F= 0,05; p=0,83; i: F=30,79; p<0,00001	1988<1995 g: F= 36,36; p<0,0001	1989<1995 (age>5) g: F= 3,84; p=0,06; i: F=23,45; p<0,00001	1990<1995 g: F= 16,82; p<0,01	1991<1995 g: F= 5,64; p<0,05;	1992=1995 g: F= 1,24; p=0,27	1993=1995 (srnn) g: F= 5,94; p<0,05; i: F=19,38; p<0,00001	1994=1995 g: F= 0,07; p=0,80	–	–	5

		1986<1996 (age>4)	1988<1996 g: F= 0,97; p=0,33; i: F=37,26; p<0,00001	1989<1996 (age>5) g: F= 8,05; p<0,01; i: F=28,08; p<0,00001	1990<1996 g: F= 15,30; p<0,01	1991<1996 g: F= 4,45; p<0,05;	1992<1996 (age>5) g: F= 3,95; p=0,053; i: F=32,72; p<0,00001	1993<1996 (age>8) g: F= 9,14; p<0,01; i: F=29,12; p<0,00001	1994=1996 g: F= 1,44; p=0,24	1995=1996 g: F= 1,12; p=0,30	-	7
1996		1986<1997 (age>4)	1988<1997 g: F= 0,51; p=0,48; i: F=22,15; p<0,00001	1989<1997 (age>5) g: F= 5,52; p<0,05; i: F=16,01; p<0,00001	1990<1997 g: F= 12,25; p<0,01	1991=1997 g: F= 0,02; p=0,88;	1992=1997 (smn) g: F= 2,56; p=0,12; i: F=21,24; p<0,00001	1993>1997 ¹ (age<3) g: F= 7,68; p<0,01; i: F=12,85; p<0,00001	1994=1997 g: F= 0,78; p=0,38	1995=1997 g: F= 0,52; p=0,47	1996=1997 g: F= 0,05; p=0,83	4
1997		1986<1997 (age>4)	1988<1997 g: F= 22,04; p<0,0001	1989<1997 (age>5) g: F= 5,52; p<0,05; i: F=16,01; p<0,00001	1990<1997 g: F= 12,25; p<0,01	1991=1997 g: F= 0,02; p=0,88;	1992=1997 (smn) g: F= 2,56; p=0,12; i: F=21,24; p<0,00001	1993>1997 ¹ (age<3) g: F= 7,68; p<0,01; i: F=12,85; p<0,00001	1994=1997 g: F= 0,78; p=0,38	1995=1997 g: F= 0,52; p=0,47	1996=1997 g: F= 0,05; p=0,83	4
		Sign. Diff.	7	8	6	5	2	1	1	0	0	30

¹ Test result is interpreted as „insignificant difference“ because the difference is referred to stags at the age of 1 and 2 years./Rezultat testa je interpretiran kao „nesignifikantna razlika“ jer se razlika odnosi samo na jelene u dobi od 1 i 2 godine.

trophy value, as well as the circumferences (coronets, lower and upper beam), may be utilized as an estimation indicator in the future, for they have managed to isolate the same cohorts—1994, 1995, 1996 and 1997—as the more high-quality ones.

DISCUSSION RASPVRA

A cohort represents a group of individuals in a population calved (hatched) within the same calving (hatching) period. There are two basic cohort effects or variabilities: an abundance effect and a quality effect (Gaillard et al. 2003). An abundance effect is manifested by a calf share that has survived the first year of life and recruits a population (Gaillard et al. 1997, Forchhammer et al. 2001), whereas a quality effect represents a long-term impact that may generate the phenotypic and genotypic differences in the condition component between the cohorts (Kruuk et al. 1999, Hik and Carey 2000). According to Gaillard et al. (2000, 2003), the ways of life namely depend on a habitat conditions that had prevailed from the moment at which an individual has come into the world (and even on the conditions during its mother's gestation) up to the moment at which they have started to enter the adult life phase. If these conditions were better, then the ways of life of an individual will also be better, i.e., an individual has a major predisposition by comparison with those peers who grew up in the worse life conditions. Simplified, individuals from the better cohorts will have larger corporeal dimensions, will earlier enter an adult phase, will have better chances for survival, will be in a breeding phase longer and will also have a more numerous progeny.

The most frequently used indicators concerning the ways of life among the cohorts were physical growth, corporeal mass of adult individuals, an average reproduction success, the age in which a head enters into reproduction, adult head survival and yearling survival (Gaillard et al. 2003). The antlers and horns, however, are one of the most visible examples of sexual selection, since they have been developed as a result of an intensive competition between the stags during mating (Clutton-Brock et al. 1980, Coltman et al. 2001). This mating competition is a key factor in the evolution and morphology of those male artiodactyls which demonstrate a high level of polygamy. Hereby, sexual dimorphism, manifested in a body (Weckerly, 1998) and antler size (Clutton-Brock et al. 1980, Caro et al. 2003), also increases along with a polygamy degree, but it actually pertains to a relative resource allocation, i.e., to an incorporation of environmental resources (forage and water) into the antlers, horns, corporeal size or just in the individual organs. Since the stags are fighting for a hind during a relatively short mating season, the quality lies in a close dependency on a fighting capability, i.e., on a corporeal size and age. In other words, the antlers and horns do not only play a role of weapon, but they are also a signal, i.e., a sign of readiness (Goss 1983).

Table 8 Comparison of cohorts for upper beam circumference (signs in bold indicate significant differences; "i"=interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied; srnn = square root of negative number)**Tablica 8** Usporedba kohort za gornji opseg (znakovi otisnuti masnim slovima ukazuju na statistički značajne razlike; "i"=interakcija; "j"=odn. primjenjena je Johnson–Neyman metoda; srnn = korijen iz negativnog broja)

		COHORTS – KOHORTE										
		1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Sign. Diff.
COHORTS – KOHORTE		1986<1988 g: F= 4,60; p<0,05	–								1	
1988		1986=1989 g: F= 1,54; p=0,23	1988<1989 (age<5) g: F= 6,12; p<0,05 i: F=18,01; p<0,0001	1988=1990 g: F= 0,06; p=0,81	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
1989		1986=1990 g: F= 4,82; p<0,05	1986<1991 g: F= 8,98; p<0,01	1988=1991 g: F= 1,79; p=0,19	1988<1992 g: F= 5,36; p<0,05	1989=1992 g: F= 0,05; p=0,83	1990=1992 g: F= 2,44; p=0,13	1990=1991 g: F= 1,29; p=0,27	1990=1991 g: F= 1,12; p=0,30	1990=1991 g: F= 1,41; p=0,13	1	
1990		1986<1990 g: F= 4,82; p<0,05	1986<1991 g: F= 8,98; p<0,01	1988=1991 g: F= 1,79; p=0,19	1988<1992 g: F= 5,36; p<0,05	1989=1992 g: F= 0,05; p=0,83	1990=1992 g: F= 2,44; p=0,13	1990=1991 g: F= 1,29; p=0,27	1990=1991 g: F= 1,12; p=0,30	1990=1991 g: F= 1,41; p=0,13	1	
1991		1986<1991 g: F= 8,98; p<0,01	1986<1992 g: F= 8,98; p<0,01	1988=1991 g: F= 1,79; p=0,19	1988<1992 g: F= 5,36; p<0,05	1989=1992 g: F= 0,05; p=0,83	1990=1992 g: F= 2,44; p=0,13	1990=1991 g: F= 1,29; p=0,27	1990=1991 g: F= 1,12; p=0,30	1990=1991 g: F= 1,41; p=0,13	2	
1992		1986<1992 g: F= 8,98; p<0,01	1986<1993 g: F= 22,84; p<0,001	1988<1993 g: F= 19,27; p<0,001	1988<1993 g: F= 0,11; p=0,74	1989=1993 g: F= 0,11; p=0,01	1990<1993 g: F= 12,42; p<0,01	1990=1991 g: F= 1,29; p=0,27	1990=1991 g: F= 1,12; p=0,30	1990=1991 g: F= 1,41; p=0,13	2	
1993		1986<1993 g: F= 22,84; p<0,001	1986<1994 g: F= 20,56; p<0,001	1988<1994 g: F= 14,28; p<0,001	1988<1994 g: F= 1,47; p=0,23; i: F=11,86; p<0,001	1990<1994 g: F= 7,46; p<0,05	1991<1994 g: F= 0,02; p=0,89	1990=1991 g: F= 1,41; p=0,24	1990=1991 g: F= 2,44; p=0,13	1990=1991 g: F= 1,41; p=0,13	5	
1994		1986<1994 g: F= 20,56; p<0,001	1986<1995 g: F= 28,33; p<0,0001;	1988<1995 g: F= 26,13; p<0,0001	1989<1994 (age>7) g: F= 1,47; p=0,23; i: F=11,86; p<0,001	1990<1995 g: F= 1,47; p=0,09; i: F=18,43; p<0,0001	1991<1995 g: F= 16,52; p<0,001	1992=1994 g: F= 0,02; p=0,89	1992=1994 g: F= 1,41; p=0,24	1992=1994 g: F= 2,44; p=0,13	4	
1995		1986<1995 g: F= 28,33; p<0,0001;	1988<1995 g: F= 26,13; p<0,0001	1989<1995 (age>5) g: F= 3,13; p=0,09;	1990<1995 g: F= 6,44; p<0,05;	1991<1995 g: F= 6,44; p<0,05;	1992<1995 g: F= 3,20; p=0,08;	1993<1995 g: F= 4,67; p<0,05;	1994=1995 g: F= 0,07; p=0,79	7		

		1986<1996 (age>3)	1988<1996 (age>3)	1989<1996 (age>5)	1990<1996 (age>3)	1991<1996 (age>4)	1992<1996 (age>5)	1993<1996 (age>5)	1994<1996 (age>5)
1996		g: F= 0,92; p=0,34; i: F=64,31; p<0,00001	g: F= 0,19; p=0,67; i: F=63,62; p<0,00001	g: F= 12,72; p<0,001; i: F=34,12; p<0,00001	g: F= 0,59; p=0,45; i: F=52,42; p<0,00001	g: F= 4,91; p<0,05; i: F=37,05; p<0,00001	g: F= 14,42; p<0,001; i: F=37,37; p<0,00001	g: F= 3,79; p=0,06; i: F=36,21; p<0,00001	g: F= 1,16; p=0,29
1997		g: F= 30,98; p<0,00001	g: F= 13,11; p<0,001	g: F= 4,78; p<0,05; i: F=11,90; p<0,00001	g: F= 8,73; p<0,01	g: F= 1,04; p=0,31;	g: F= 5,10; p<0,05; i: F=14,28; p<0,0001	g: F= 0,71; p=0,41	g: F= 1,33; p=0,25
	Sign. Diff.	9	7	4	5	3	3	1	0
									35

Thus, the development of antlers (and horns) represents the second cohort component—a qualitative one.

A question is being raised, however, of which antler variable may be a reliable indicator of differences between the red deer cohorts. In bovids, a horn length was manifested as a reliable index, especially in the wild sheep, *Ovis* spp. (e.g., Bunnell 1978, Hilk and Carey 2000, Festa-Bianchet et al. 2004, Loehr et al. 2007, Hengeveld and Festa-Bianchet 2011).

The research results in this paper indicate that it might be a trophy value. It might be so, however, only if one compares the cohorts evaluated in an identical trophy evaluation system, because the evaluation procedures differ (CIC, SCI, and Rowland Ward). According to Mysterud et al. (2005), a tine number may also be a cohort quality indicator, being positively connected with the meteorological conditions (snow intensity) during hibernal months—the lower the snow depth, the higher the number of tines during a summer following that winter. Nonetheless, this index is not utilizable in the juvenile head age class (e.g., aged two to five years), for the number of tines is then still relatively small (and is, as a rule, increased on the crown, whereas the first three tines (brow, bay and tray tines) are relatively permanent (Raesfeld and Reulecke 1988). The implementation of weight of dry antlers has a disadvantage of its own, because it is only measured in the CIC evaluation system, but a skull processing method upon evaluation is not standardized, since a skull may be weighed freshly processed, dry, and complete, with a smaller or larger maxilla part dissected. A skull dissection type thereby entails certain deductions (Hromas et al. 2008). Additionally, since the antler mass measurement has two components—a branch mass and a skull mass—, it is difficultly applicable to the branches shed. The length variables are also unfavorable, because the fractures of the brow and of the tray tines, or the fractures of a main beam, may occur. It therefore appears that circumferences may be the most adequate variables. According to Ullrey (1982) and Rasmussen (1985), a variability in the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) feedstuff quality has been manifested solely in a branch diameter modification, while the other antler variables have remained unchanged. What is more, a white-tailed deer's trophy quality is possible to be predicted by a branch diameter as early as in the yearling age (Severinghaus et al. 1950). Besides, a circumferences share in the overall trophy value averagely amounts to 42.4% even in the CIC evaluation system (Paljug 2018), comprising almost a half of the grade.

Contrary to North American–Scandinavian approach of wild ungulate management, in the Central European approach, supplemental feeding is practiced (Adamić 1990). Therefore a cohort effect should be reduced. However, this impact is occasionally even comprehended contrarily by the researchers, as a compensation growth may occur in certain species. It is a phenomenon in which the populations in worse habitat conditions, despite an initial slower antler or horn growth, may compensate the shortcoming at a later age during a lifetime (see Rughetti and Festa-Bianchet 2010). Certain scientists (e.g., Sibbald et al. 1993) quote that a compensation growth in the red deer

Table 9 Comparison of cohorts for number of tines (signs in bold indicate significant differences; „i“=interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied; „srnn“ = square root of negative number)
Tablica 9 Usporedba kohorti za broj parožaka (znakovi otisnuti masnim slovima ukazuju na statistički značajne razlike; „i“=interakcija, odn. primjenjena je Johnson–Neyman metoda; srnn = konjen iz negativnog broja)

		COHORTS – KOHORTE										
		1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Sign. Diff.
1988		1986=1988 g: F= 1,26; p=0,27	–								0	
1989		1986=1989 g: F= 0,82; p=0,37	1988=1989 g: F= 0,02; p=0,97	–							0	
1990	1986<1990 g: F= 4,67; p<0,05	1986=1990 g: F= 1,47; p=0,24	1988=1990 g: F= 1,01; p=0,33	–							1	
1991	1986=1991 g: F= 1,30; p=0,26	1988=1991 g: F= 0,003; p=0,99	1989=1991 g: F= 0,001; p=0,97	1990=1991 g: F= 1,94; p=0,17	–						0	
1992	1986=1992 g: F= 1,02; p=0,32	1988=1992 g: F= 0,03; p=0,87	1989=1992 g: F= 0,05; p=0,83	1990=1992 g: F= 1,46; p=0,24	1991=1992 g: F= 0,03; p=0,85	–					0	
1993	1986<1993 g: F= 9,70; p<0,001	1988<1993 g: F= 7,20; p<0,05	1989<1993 g: F= 4,98; p<0,05	1990=1993 g: F= 1,13; p=0,30	1991<1993 g: F= 6,24; p<0,05	1992=1993 g: F= 0,01; p=0,93	–				4	
1994	1986<1994 g: F= 5,44; p<0,05	1988=1994 g: F= 0,21; p=0,65	1989=1994 g: F= 0,20; p=0,66	1990=1994 g: F= 0,37; p=0,55	1991=1994 g: F= 0,31; p=0,60	1992=1994 g: F= 0,39; p=0,54	1993=1994 g: F= 0,24; p=0,63	–			1	
1995	1986<1995 g: F= 6,41; p<0,05;	1988=1995 g: F= 1,65; p=0,21; i: F=12,19; p<0,0001	1989=1995 g: F= 1,19; p=0,28	1990=1995 g: F= 0,05; p=0,83	1991=1995 g: F= 2,12; p=0,15;	1992=1995 g: F= 1,74; p=0,19	1993=1995 g: F= 1,27; p=0,27	1994=1995 g: F= 0,30; p=0,59	–		1	
1996	1986<1996 (age>4) g: F= 0,96; p=0,33; i: F=22,99; p<0,00001	1988<1996 (age>5) g: F= 6,48; p<0,05; i: F=21,71; p<0,0001	1989<1996 (age>5) g: F= 4,53; p<0,05; i: F=14,58; p<0,0001	1990<1996 (age>5) g: F= 1,50; p=0,23; i: F=27,24; p<0,0001	1991<1996 (age>5) g: F= 8,06; p<0,01; i: F=19,69; p<0,0001	1992<1996 (age>5) g: F= 5,71; p<0,05; i: F=12,61; p<0,0001	1993=1996 (srnn) g: F= 4,70; p=0,10; i: F=15,46; p<0,0001	1994=1996 (srnn) g: F= 2,96; p=0,10; i: F=15,87; p<0,00001	1995=1996 g: F= 2,78; p=0,10	–	6	
1997	1986<1996 (age>4) g: F= 1,01; p=0,32; i: F=20,79; p<0,00001	1988<1997 (age>5) g: F= 8,06; p<0,05; i: F=19,13; p<0,0001	1989<1997 (age>6) g: F= 4,96; p<0,05; i: F=11,36; p<0,0001	1990=1997 g: F= 1,51; p=0,23	1991<1997 (age>5) g: F= 8,80; p<0,01; i: F=16,32; p<0,0001	1992<1997¹ (age>5) g: F= 5,88; p<0,05; i: F=9,41; p<0,0001	1993=1997 (srnn) g: F= 5,05; p=0,05; i: F=12,14; p<0,0001	1994=1997 g: F= 2,85; p=0,10	1995=1997 g: F= 2,76; p=0,10	3		
	Sign. Diff.	6	1	3	1	3	1	0	1	0	0	16

¹ Test result is interpreted as „insignificant difference“ because the difference is referred to stags older of 15 years (management is directed to maximal age of 12 years). /Rezultat testa je interpretiran kao „nesignifikantna razlika“ jer se razlika odnosi samo na jelene starije od 15 godina, što premašuje gospodarsku starost jelena od 12 godina.

Table 10 Comparison of cohorts for trophy value (signs in bold indicate significant differences; „i”=interaction i.e. Johnson–Neyman method is applied srmn = square root of negative number)
Tablica 10 Usporedba kohorti za trofejnu vrijednost (značivi otsnuti masnimi slovima ukazuju na statistički značajne razlike; „i”=interakcija, odn. primijenjena je Johnson–Neyman metoda; srmn = korijen iz negativnog broja)

COHORTS – KOHORTE		1986	1988	1989	1990	COHORTS – KOHORTE			1994	1995	1996	Sign. Diff.
						1991	1992	1993				
1988	1986=1988 g: F= 0,32; p=0,58	–										0
1989	1986=1989 g: F= 3,80; p=0,06	1988=1989 (srmn) g: F= 5,41; p<0,05; i: F= 25,40; p<0,00001	–									0
1990	1986<1990 g: F= 6,30; p<0,05	1988=1990 g: F= 0,01; p=0,91	–									1
1991	1986<1991 g: F= 9,57; p<0,01	1988<1991 g: F= 5,02; p<0,05	1989=1991 g: F= 0,59; p=0,45	1990=1991 g: F= 3,08; p=0,09	–							2
1992	1986<1992 g: F= 14,44; p<0,001	1988<1992 g: F= 9,29; p<0,01	1989=1992 g: F= 0,16; p=0,90	1990=1992 g: F= 3,03; p=0,09	1991=1992 g: F= 0,57; p=0,46	–						2
1993	1986<1993 g: F= 23,09; p<0,0001	1988<1993 g: F= 21,38; p<0,0001	1989<1993 g: F= 4,80; p<0,05	1990<1993 g: F= 11,93; p<0,01	1991<1993 g: F= 5,63; p<0,05	1992=1993 g: F= 0,41; p=0,53	–					5
1994	1986<1994 g: F= 31,27; p<0,0001	1988<1994 g: F= 24,43; p<0,0001	1990<1994 g: F= 2,78; p=0,10; i: F= 26,13;	1991=1994 g: F= 10,457; p<0,01	1992=1994 (srmn) g: F= 3,08; p=0,09; i: F= 28,26;	1993=1994 (srmn) g: F= 4,84; p<0,05; i: F= 24,23;	–					4
1995	1986<1995 (age>3) g: F= 0,04; p=0,84; i: F= 64,42; p<0,00001	1988<1995 (age>3) g: F= 0,16; p=0,69; i: F= 60,78; p<0,0001	1989<1995 (age>5) g: F= 4,53; p<0,05; i: F= 14,58; p<0,001	1990<1995 g: F= 20,23; p<0,0001	1991<1995 (age>4) g: F= 2,71; p=0,11; i: F= 40,31; p<0,00001	1992<1995 (age>5) g: F= 6,88; p<0,05; i: F= 39,36; p<0,00001	1993<1995 (age>6) g: F= 9,38; p<0,001; i: F= 34,42; p<0,00001	1994=1995 g: F= 0,27; p=0,61	–			7

		1986 < 1996 (age>3)	1988 < 1996 (age>3)	1989 < 1996 (age>4)	1990 < 1996 (age>3)	1991 < 1996 (age>4)	1992 < 1996 (age>4)	1993 < 1996 (age>5)	1994 = 1996 (srnn)
1996		g: F= 3,72; p=0,06; i: F=115,70; p<0,00001	g: F= 1,42; p=0,24; i: F=101,13; p<0,00001	g: F= 17,39; p<0,001; i: F=60,93; p<0,00001	g: F= 1,03; p=0,32; i: F=87,67; p<0,00001	g: F= 10,52; p<0,01; i: F=57,39; p<0,00001	g: F= 19,53; p<0,001; i: F=60,58; p<0,00001	g: F= 22,6853; p<0,001; i: F=54,85; p<0,00001	g: F= 4,46; p<0,05; i: F=73,66; p<0,00001
									g: F= 3,84; p=0,06; i: F=105,09; p<0,00001
									7
1997		1986 < 1997 (age>3)	1988 < 1997 (age>3)	1989 < 1997 (age>5)	1990 < 1997 (age>5)	1991 < 1997 (age>5)	1992 < 1997 (age>5)	1993 < 1997 (age>7)	1994 = 1997 g: F= 10,12;
		g: F= 0,39; p=0,54; i: F=40,36; p<0,00001	g: F= 0,01; p=0,93; i: F=40,84; p<0,00001	g: F= 6,89; p<0,05; i: F=22,77; p<0,00001	g: F= 12,963; p<0,001	g: F= 3,64; p=0,06; i: F=28,02; p<0,00001	g: F= 7,78; p<0,01; i: F=24,84; p<0,00001	g: F= 10,12; p<0,01; i: F=19,94; p<0,00001	g: F= 0,87; p=0,36
									1996=1997 g: F= 1,22; p=0,28
									7
	Sign. Diff.	8	7	5	5	4	3	3	0
									35

Table 11 Ranking of cohorts according to parameters and significant differences of statistical tests
Tablica 11 Poredak kohorti prema parametrima s obzirom na dobitvene signifikante razlike statističkih testova

NO RB	Weight of dry antlers <i>Masa rogovlja</i>	Main beam length <i>Duljina grane</i>	Length of brow tines <i>Duljina nadločnjaka</i>	Length of tray tines <i>Duljina srednjaka</i>	Circumference of coronets <i>Opseg vijenaca</i>	Circumference of lower beam circumference <i>Dolji opseg</i>	Upper beam circumference <i>Gornji opseg</i>	Trophy value <i>Trofejna vrijednost</i>		
								G	C	G
1	1 ¹	1996	1996	1996	1995	1996	1996	1996	1996	1997
2	2	1995	1	1995	1	1994	1	1995	1	1996
3	3	1997	1997	1997	1	1996	1	1997	1	1995
4	4	2	1993	2	1994	1993	1	1997	2	1994
5	5	2	1994	2	1992	1994	2	1994	2	1993
6	6	3	1993	3	1991	1993	2	1993	2	1994
7	7	4	1991	4	1992	1991	3	1991	2	1992
8	8	5	1989	4	1989	1989	4	1990	3	1991
9	9	6	1990	5	1988	1988	5	1989	4	1990
10	10	7	1988	6	1990	1990	6	1988	5	1988
11	11	8	1986	7	1986	1986	7	1988	4	1986

G = groups, C = cohorts/G=sukupine. C=kohorte

¹ Number of statistical differences/Broj statističkih značajnih razlika

is considerably limited in the free nature, and nutrition reinforcement does not exert its influence on an increase in natal masses or sexual maturity acceleration. Yet, most results of the research conducted in the Central European conditions speak the contrary. According to Schmidt and Hoi (2002), a variability between the cohorts is by 50% less manifested in red deer populations that are supplementarily fed than in the populations in which the red deer individual are not supplementarily fed, depending on a quantity and quality of nutrition reinforcement. As a result of nutrition reinforcement, a qualitative climate effect is reduced, since wildlife nutrition reinforcement generally contributes to the equalization of environmental conditions which are variable, and it conditions considerable differences in body masss or other way-of-life characteristics between the cohorts in the regions without supplementary feeding. In the long run, it implies that, in the conditions of a supplementary feeding, the oscillations in body mass and antler quality are not conditioned by environmental stresses to such an extent, but they are generally conditioned by genetic predispositions, what alleviates, i.e., reduces, a breeding hunt error. In the Central European approach to the wild artiodactyl management, namely, the unpromising head are eliminated from the population by breeding hunt ("Hege mit der Büchse"), whereas the promising head are spared up to the obtainment of asymptotic trophy values (Raesfeld and Reulecke, 1988). In that respect, it should be expected in our research that major differences are manifested without interactions, i.e., ever since the age of two up to the asymptotic values. A manifestation of interactions signifies the errors in the execution of selection hunt, i.e., that the promising individuals were shot in the younger age categories during the breeding hunt.

Summarizing the results of our research, one may say that the differences in the red-deer management level on the examined Hunting ground were generally confirmed. The cohorts from the commencement of an intensive management (the second half of the 1980s and the beginning of the 1990s) have the lower variable values than the cohorts that came into the world during an intensive management (mid-1990s) and circumferences of antlers can use as a quite valuable indicators.

REFERENCES LITERATURA

- Adamič, M., 1990: Prehranske značilnosti kot element načrtovanja varstva, gojitve in lova parkljaste divjadi s odudarkom na jelenjadi (*Cervus elaphus* L.). Universa Edvarda Kardelja v Ljubljani – VDO Biotehniška fakulteta, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo VTOZD za gozdarstvo, Strokovna in znanstvena dela 105, Doktorska disertacija na Univerzi v Beogradu, Ljubljana, 203 pp.
- Ahrens, M., G. Dittrich, H. Sparing, 1988: Untersuchung zur Körperentwicklung beim Damwild. Beiträge zur Jagd- und Wildforschung, 15:7-14.
- Almásán, A., W. Rieck, 1970: Untersuchungen der Zahnstruktur zur Alterbestimmung beim Rotwild (*Cervus elaphus* L.). Z. Jagdwiss. 16(2):49-55.
- Anon., 1981: Hunting management plan for hunting ground „Garjevica“, time span 1981-1991. Lovno gospodarstvo „Garjevica“ Kutina, 48 pp. (in Croatian).
- Anon., 1993: Hunting management plan for hunting ground „Garjevica“, time span 1st April 1991. – 31st March 2001. Kutina, 210 pp. (in Croatian).
- Anon., 2000: CORINE Land Cover Hrvatska.
- Anon., 2008: Rules on hunting trophy measurement method, hunting trophy form, proposition of hunting trophies evidence and report of measured hunting trophies. Official Gazette, no. 92.
- Brna, J., Đ. Nikolić, S. Darabuš, 1996: Hunting management plan for hunting ground „Garjevica“, time span 1st April 1995. – 31st March 2004. Kutina, 240 pp. (in Croatian).
- Bunnell, F.L., 1978: Horn growth and population quality in Dall sheep. J Wildlife Manage, 42(4):764 – 775.
- Caro, T.M., C.M. Graham, C.J. Stoner, M.M. Flores, 2003: Correlates of horn and antler shape in bovids and cervids. Behav Ecol Sociobiol, 55:32-41.
- Clutton-Brock, T.H., S.D. Albon, P.H. Harvey, 1980: Antlers, body size and breeding group size in Cervidae. Nature, 285:565-567.
- Coltman, D.W., M. Festa-Bianchet, J.T. Jorgenson, C. Strobeck, 2001: Age-dependent sexual selection in bighorn rams. P Roy Soc B-Biol Sci, 269:165-172.
- Enquist, L., 2005: The mistreatment of covariate interaction terms in linear model analyses of behavioural and evolutionary ecology studies. Anim Behav, 70:967–971. doi:10.1016/j.anbehav.2005.01.016
- Festa-Bianchet, M., D. Coltman, L. Turelli, J.T. Jorgenson, 2004: Relative allocation to horn and body growth in bighorn rams varies with resource availability. Behav Ecol, 15:305–312.
- Forchhammer, M.C., T.H. Clutton-Brock, J. Lindström, S.D. Albon, 2001: Climate and population density induce long-term cohort variation in a northern ungulate. J Anim Ecol, 70:721-729.
- Gaillard, J.-M., A. Loison, C. Toigo, D. Delorme, G. Van Laere, 2003: Cohort effects and deer population dynamics. Ecoscience, 10(4):412-420.
- Gaillard, J.-M., J.-M. Boutin, D. Delorme, G. Van Laere, P. Duncan, J.D. Lebreton, 1997: Early survival in roe deer: Causes and consequences of cohort variation in two contrasted populations. Oecologia, 112(4):502–513.
- Gaillard, J.-M., M. Festa-Bianchet, D. Delorme, J.T. Jorgenson, 2000: Body mass and individual fitness in female ungulates: bigger is not always better. P Roy Soc Lond B Bio, 267(1442):471-477.
- Gaspar-López E., A.J. García, T. Landete-Castillejos, D. Carrión, J.A. Estévez, L. Gallego, 2008: Growth of the first antler in Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*). Eur J Wildlife Res, 54(1):1–5.
- Goss, R.J., 1983: Deer antlers. Regeneration, function and evolution. Academic Press, New York, 316 pp.

- Hengeveld, P.E., M. Festa-Bianchet, 2011: Harvest Regulations and Artificial Selection on Horn Size in Male Bighorn Sheep. *J Wildlife Manage*, 75(1):189-197.
- Hewison, A.J.M., J.P. Vincent, E. Bideau, J.M. Angibault, R.J. Putman, 1996: Variation in cohort mandible size as an index of roe deer (*Capreolus capreolus*) densities and population trends. *J Zool*, 239(3):573-581.
- Hik, D.S., J. Carey, 2000: Cohort variation in horn growth of dall sheep rams in the southwest Yukon, 1969-1999. Biennial Symposium Northern Wild Sheep and Goat Council 12, pp 88-100.
- Hromas, J., J. Feuerer, K. Maierhofer, 2008: Trophäenbewertung der europäischen Wildarten (aktualisierte Bewertungskriterien). CIC-Kommission „Ausstellungen und Trophäen“ – Herausgegeben für den Trophäenbewertungskurs der Internationalen Kommission für Trophäenbewertung in Nasswald vom 30. Mai bis 1. Juni 2008, 135 pp.
- <http://gis.hrsome.hr/hrsume/wms>
- <http://gis.hrsome.hr/privsume/wms>
- <https://rowlandward.org/wp-content/uploads/2021/01/Measuring-Handbook.pdf>
- <https://safariclub.org/wp-content/uploads/2020/05/SCI-Measuring-Manual-Sept-2019.pdf>
- Jumić, V., 2003: Body and trophy development of red deer (*Cervus elaphus* L.) in the state hunting ground VII/4 "GARJEVICA". Master thesis, University in Zagreb – Faculty of Forestry, Zagreb, 76 pp. (in Croatian).
- Kim, S., 2010: Alternatives to analysis of covariance for heterogeneous regression slopes in educational research. *Korean Journal of Teacher Education*, 26(1):73-91.
- Kjellander, P., J.-M. Gaillard, A.J.M. Hewison, 2006: Density-dependent responses of fawn cohort body mass in two contrasting roe deer populations. *Oecologia* 146(4):521-530.
- Krapinec, K., M. Grubešić, K. Tomljanović, I. Kovač, 2009: The role of hunting exhibitions and degree of development hunting management of countries with the emphasis on Croatia (in Croatian with English summary). *Ekonomika i ekohistorija*, 5(5):5-43.
- Kruuk, L.E.B., T.H. Clutton-Brock, E. Rose, F.E. Guinness, 1999: Early determinants of lifetime reproductive success differ between the sexes in red deer. *P Roy Soc Lond B Bio*, 266(1429):1655-1661.
- Landete-Castillejos, T., J.D. Curey, J.A. Estevez, Y. Fiero, A. Calatayud, F. Ceacero, A.J. Garcia, L. Gallego, 2010: Do drastic weather effects on diet influence changes in chemical composition, mechanical properties and structure in deer antlers? *Bone*, 47(4):815-825.
- Lincoln, G.A., 1992: Biology of antlers. *J Zool*, 226(3):517-528.
- Loehr, J., J. Carey, M. Hoefs, J. Suhonen, H. Ylönen, 2007: Horn growth rate and longevity: implications for natural and artificial selection in thinhorn sheep (*Ovis dalli*). *J Evolution Biol* 20(2):818-828.
- Martínez Salmerón, D., 2014: Three-dimensional study of the Iberian red deer antler (*Cervus elaphus hispanicus*): application of geometric morphometrics techniques and other methodologies. PhD Thesis, Universitat de Barcelona. Departament de Biología Animal, 292 pp.
- Mateos, C., S. Alarcos, J. Carranza, C. Sánchez-Prieto, J. Valencia, 2008: Fluctuating asymmetry of red deer antlers negatively relates to individual condition and proximity to prime age. *Anim Behav*, 75(5):1629-1640.
- Mysterud, A., E. Meisingset, R. Langvatn, N.G. Yoccoz, N.Ch. Stenseth, 2005: Climate-dependent allocation of resources to secondary sexual traits in red deer. *Oikos*, 111(2):245 - 252.
- Nugent, G., C. Frampton, 1994: Microgeographical and temporal variation in mandible size within a New Zealand fallow deer (*Dama dama*) population. *J Appl Ecol* 31(2):253-262.
- Owen, S.V., R.D. Froman, 1998: Uses and Abuses of the Analysis of Covariance. *Res Nurs Health*, 21(6):557-562.
- Paljug, P., 2018: The importance of trophy evaluation components for finally trophy evaluation of wild ungulates. Bachelor thesis, University in Zagreb, Faculty of Forestry, Zagreb, 33 pp. (in Croatian).
- Pélabon, Ch., L. van Breukelen, 1998: Asymmetry in antler size in roe deer (*Capreolus capreolus*), an index of individual and population conditions. *Oecologia* 116(1-2):1-8.
- Putman, R.J., M.S., Sullivan, J. Langbein, 2000: Fluctuating asymmetry in antlers of fallow deer (*Dama dama*): the relative roles of environmental stress and sexual selection. *Biol J the Linn Soc* 70(1):27-36.
- Raesfeld, F., K. Reulecke, 1988: Das Rotwild. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 416 pp.
- Rasmussen, G.P., 1985: Antler measurements as an index to physical condition and range quality with respect to white-tailed deer. *New York Fish Game* J, 32(2): 97-113.
- Riney, T., 1955: Evaluating condition of free-ranging red deer *Cervus elaphus* with special reference to New Zealand. *New Zealand Journal of Science and Technology* B. General section, 36(5):429-463.
- Rughetti, M., M. Festa-Bianchet, 2010: Compensatory growth limits opportunities for artificial selection in Alpine chamois. *J Wildlife Manage*, 74(5) 1024–1029. <https://doi.org/10.2193/2009-335>
- Schmidt, K.T., A. Stien, S.D. Albon, F.E. Guinness, 2001: Antler length of yearling red deer is determined by population density, weather and early life history. *Oecologia* 127(2):191-197.
- Schmidt, K.T., H. Hoi, 2002: Supplemental feeding reduces natural selection in juvenile red deer. *Ecography* 25(3):265-272.
- Seletković, Z., Z. Katušin, 1992: Croatian Climate. In: Rauš, Đ., ed. *Forests of Croatia*, Faculty of Forestry & Croatian Forests, p.f. Zagreb, pp. 13-19. (in Croatian with English summary).
- Severinghaus, C.W., H.F. Maguire, R.A. Cunningham, J.E. Tansk, 1950: Variations by age class in the antler beam diameters of white-tailed deer related to range conditions. *Transactions of the 15th North American Wildlife and Natural Resources Conference*, 15:551-570.
- Sibbald, A.M., P.D. Fenn, W.G. Kerr, A.S. Loudon, 1993: The influence of birth date on the development of seasonal cycles in red deer hinds (*Cervus elaphus*). *J Zool*, 230(4): 593-607.
- Solberg, E.J., B.-E. Sæther, 1993: Fluctuating asymmetry in the antlers of moose (*Alces alces*): does it signal male quality. *P Roy Soc Lond B Bio*, 254(13471):251-255.
- Stubbe, Ch., E. Gleich, 1990: Die Unterkieferlänge als Weiser für die Körpergröße des Schalenwildes. *Beiträge zu Jagd- und Wildforschung*, 17:244-248.
- Suttie, J.M., B. Mitchell, 1983: Jaw length and hind foot length as measures of skeletal development of Red deer (*Cervus elaphus*). *J Zool*, 200(3): 431-434.

- TIBCO Software Inc. (2018). Statistica (data analysis software system), version 13. <http://tibco.com>.
- Ullrey, D.E., 1982: Nutrition and antler development in white-tailed deer. Pages 37-48 in Brown, R.D., ed. Antler development in Cervidae. Caesar Kleberg Wildlife Research Institute, Kingsville, Texas, pp. 48-59.
- Weckerly, F.W., 1998: Sexual-size dimorphism: influence of mass and mating system in the most dimorphic mammals. *J Mammal* 79(1):33-52.
- White, C. R. 2003: Allometric Analysis beyond Heterogeneous Regression Slopes: Use of the Johnson-Neyman Technique in Comparative Biology. *Physiol Biochem Zoology*, 76(1):135-140.

SAŽETAK

Kod cervida je izbor praktičnog populacijskog indeksa složeniji nego u bovida. Rogovlje nose uglavnom mužjaci (postoje i vrste kod kojih su oba spola šuta) i ono uglavnom predstavlja lovački trofej te je težište lovnog gospodarenja u većini zemalja usmjereno proizvodnji tog derivata. Stoga je i za očekivati da su se populacijski indeksi u cervida trebali razvijati upravo na bazi pojedinih elemenata izmjere trofea (rogovlja). Za očekivati je kako u uvjetima prihrane cervida ne bi smjelo biti velikih razlika u kohortama neke populacije. No, postavlja se pitanje koji je od populacijskih indeksa dovoljno "osjetljiv" u prepoznavanju razlika.

Budući da ocjenjivanje rogovlja ima relativno dugu tradiciju u srednjoj Europi, u posljednje vrijeme postavlja se pitanje da li je podloga ocjenjivanja isključivo predmet lovačkih nadmetanja ili izmjerene vrijednosti elemenata ocjene trofea mogu poslužiti za procjenu kvalitete populacije. Stoga je svrha ovoga rada ispitati može li se trofejna snaga upotrijebiti kao populacijski indeks.

Istraživanje je provedeno na trofejima jelena običnog iz državnog lovišta "Garjevica", koje se nalazi u središnjem dijelu panonskog područja Hrvatske u istočnom dijelu Moslavačke gore (Fig. 1)

Za analizu su uzimani podaci iz trofejnih listova rogovlja jelena običnog ocijenjeni prema pravilima CIC-a: duljina grana, duljina nadočnjaka, duljina srednjaka, opseg vijenca, opseg grane između nadočnjaka i srednjaka (donji opseg) opseg grane između srednjaka i krune (gornji opseg) masa rogovlja, broj parožaka i trofejna vrijednost. Dob jelena određivana je brojanjem naslaga zubnog cementa na prvom donjem kutnjaku (M_1). Na temelju godine odstrela (ili uginuća) jelena i procijenjene dobi, određivana je godina u kojoj je grlo oteljeno (kohorta). Nakon toga je načinjena usporedba kohorti za svaku vrijednost spomenutih elemenata ocjene trofea, kao i za ukupnu trofejnu vrijednost.

Rezultati analize kovarijance pokazali su kako s obzirom na parametar (indikator), broj otkrivenih razlika među kohortama varira (Tablica 1 do 9). Najviše signifikantnih razlika u kohortama moguće je otkriti trofejnom vrijednošću (35 od 55, 64 %), gornjim opsegom (35 razlika, 64 %), opsegom vijenaca (34 razlika, 62 %), masom rogovlja (31 od 55, 56 %) i donjim opsegom (30 od 55, 55 %). Parametrima duljina moguće je otkriti nešto manje razlike. Najmanje razlika otkriveno je duljinom srednjaka (15 od 55, 27 %), a nešto više duljinom grane i duljinom nadočnjaka (29 od 55, 53 %), dok je s pomoću broja parožaka broj otkrivenih razlika bio najmanji – svega 16 (29 %).

Broj kvalitativnih skupina koje je svaki pojedini parametar uspio prepoznati varira od 4 do 8.

Kako se broj skupina bazira na broju ustanovljenih signifikantnih razlika, što je više pronađenih razlika uporabljivost nekog parametra trebala bi biti viša. Međutim, pomoću mase rogovlja dobiveno je 8 skupina koje se uglavnom međusobno signifikantno ne razlikuju. Mali broj skupina dobiven primjenom duljine srednjaka i broja parožaka nije uspio jasno izdvojiti najbolje kohorte, tako da je u kategoriju "najboljih" stavio i neke osrednje (1992 i 1993). Stoga bi se kao indikator procjene kvalitete populacije u budućnosti mogla koristiti ukupna trofejna vrijednost, ali i opsezi (opseg vijenaca, donji i gornji opseg) budući da su kao kvalitetnije kohorte uspjeli izdvojiti iste kohorte – 1994, 1995, 1996 i 1997.

Rezimirajući rezultate naših istraživanja, može se reći kako su uglavnom potvrđene razlike u razini gospodarenja jelenom običnim u istraživanom lovištu. Kohorte s početka intenzivnog gospodarenja (druga polovica 1980-ih i početak 1990-ih godina) imaju niže vrijednosti parametara od kohorti koje su došle na svijet tijekom intenzivnog gospodarenja (sredina 1990-ih godina 20. stoljeća.).

KLJUČNE RIJEČI: ocjenjivanje trofea, rogovlje, masa rogovlja, duljine, opsezi, trofejna vrijednost



Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije (*Croatian Chamber of Forestry and Wood Technology Engineers*) osnovana je na temelju Zakona o Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije (NN 22/06).

Komora je samostalna i neovisna strukovna organizacija koja obavlja povjerene joj javne ovlasti, čuva ugled, čast i prava svojih članova, skrbi da ovlašteni inženjeri obavljaju svoje poslove savjesno i u skladu sa zakonom te promiče, zastupa i uskladjuje njihove interese pred državnim i drugim tijelima u zemlji i inozemstvu.

Članovi Komore:

- inženjeri šumarstva i drvne tehnologije koji obavljaju stručne poslove iz područja šumarstva, lovstva i drvne tehnologije.

Stručni poslovi (Zakon o HKIŠDT, članak 1):

- projektiranje, izrada, procjena, izvođenje i nadzor radova iz područja uzgajanja, uređivanja, iskorištavanja i otvaranja šuma, lovstva, zaštite šuma, hortikulture, rasadničarske proizvodnje, savjetovanja, ispitivanja kvalitete proizvoda, sudskoga vještačenja, izrade i revizije stručnih studija i planova, kontrola projekata i stručne dokumentacije, izgradnja uređaja, izbor opreme, objekata, procesa i sustava, stručno osposobljavanje i licenciranje radova u šumarstvu, lovstvu i preradi drva.

Javne ovlasti Komore:

- vodi imenik ovlaštenih inženjera šumarstva i drvne tehnologije,
- daje, obnavљa i oduzima licencije (odobrenja) pravnim i fizičkim osobama za obavljanje radova iz područja šumarstva, lovstva i drvne tehnologije,
- utvrđuje profesionalne obveze članova i njihovo obavljanje u skladu s kodeksom strukovne etike,
- provodi stručne ispite za ovlaštene inženjere,
- drugi poslovi koji su utvrđeni kao javne ovlasti.

Akti koje Komora izdaje u obavljanju javnih ovlasti, javne su isprave.

Ostali poslovi koje obavlja Komora:

- promiče razvoj struke i skrbi o stručnom usavršavanju članova,
- potiče donošenje propisa kojima se utvrđuju javne ovlasti Komore u skladu s kriterijima europske i svjetske prakse,
- zastupa interes svojih članova,
- daje stručna mišljenja kod pripreme propisa iz područja šumarstva, lovstva i drvne tehnologije,
- organizira stručno usavršavanje svojih članova,
- izdaje glasilo Komore te druge stručne publikacije.

Članovima Komore izdaje se rješenje, pečat i iskaznica ovlaštenoga inženjera. Za uspješno obavljanje zadataka te posizvanje ciljeva ravnopravnog i jednakovrijednoga zastupanja struka udruženih u Komoru, članovi Komore organizirani su u strukovne razrede:

- Razred inženjera šumarstva,
- Razred inženjera drvne tehnologije.

Članovi Komore imaju odgovornosti u obavljanju stručnih poslova sukladno zakonskim i podzakonskim aktima te Kodeksu strukovne etike.

ANALYSIS OF SOILS SPATIAL DIFFERENTIATION AND PRODUCTIVITY IN FOREST MANAGEMENT UNIT MUZLJANSKI RIT

PROSTORNA ANALIZA TALA I UTJECAJ NA PRODUKTIVNOST U GOSPODARSKOJ JEDINICI MUŽLJANSKI RIT

Zoran GALIĆ¹, Alen KIŠ², Radenko PONJARAC³, Miljan SAMARDŽIĆ¹, Andelina GAVRANOVIC⁴, Zoran NOVČIĆ¹, Irina V. ANDREEVA⁵

SUMMARY

The paper presents analysis of soil spatial distribution and productivity of *Populus x euramericana* I-214 forest cultures in forest management unit (hereinafter: FMU) Muzljanski rit. Soil cover in the FMU is heterogeneous in relation to position and altitude in floodplain. Analysis were conducted on eugley and humogley soil types. Eugley, soil type, was delineated according to physiologically active soil depth as α, β or β/γ gley soils and humogley was delineated as one soil unit. Cultures of the poplar clones *Populus x euramericana* I-214 are found on at least two but usually more different site types within the same forest management section (18.43 %). Single forest management section is by definition a single forest spatial unit having similar ecologic factors. Aim of our research was to enable consistent forest section delineation, based on the interaction of soil productivity properties and distribution as well as *Populus x euramericana* I-214 productivity dataset. Based on our analysis (spatial analysis of raster layers of soil systematic unit distribution-soil subunit, digital elevation model and productivity according to inner delineation of FMU Muzljanski rit), the results show eugley share in lower systematic soil unit. The results show contribution of lower systematic units of eugley in forest management section/culture. We found a raising trend of α and β-gley, as well as humogley. On one side the higher contribution of this systematic units indicates reduction in the forest culture yield. On the other side higher contribution of β/γ gley indicates an increase of culture yield. The *Populus x euramericana* I-214 cultures are spatially concentrated, extending over soil units with different characteristics, pointing in alternative economically justified section delineation, based on the soil types.

KEY WORDS: Muzljanski rit, analysis, GIS, soil, productivity

INTRODUCTION UVOD

Interest in growing poplars has fluctuated, and objectives have shifted between producing saw log, pulpwood, or more densely spaced ‘wood grass’ or biofuels (Stantruf et

al., 2001, Fuhrer et al., 2009). Actual trends in society deliberately direct the elevating utilization of forest functions, considered by increasing number of authors as ecosystem services (Hassan et. al., 2005, Vučetić et al., 2010, Ferre et al., 2014). The target in poplar cultures management is improvement in timber production. In the contextual man-

¹ Dr. Zoran Galić – e-mail: galic@uns.ac.rs, Miljan Samardžić, MSc. Zoran Novčić, University of Novi Sad – Institute of Lowland Forestry and Environment, Novi Sad, Serbia

² dipl. ing. Alen Kiš, Institute for Nature Conservation of Vojvodina Province (INCVP), Novi Sad, Serbia

³ M.Sc. Radenko Ponjarić, Public Enterprise Vojvodinasume, Petrovaradin, Serbia

⁴ Dr. sc. Andelina Gavranović Markić, Croatian Forest Research Institute, Jastrebarsko, Croatia

⁵ PhD Irina V. Andreeva, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia

ner, writing about productivity among different poplar cultivars is often unpopular, due to the only one considered - productive function. Nevertheless, from wider perspective an optimal utilisation of soil productive capacities in forest cultures/plantations can contribute in lessening the pressures in natural forests (Silva, 2016) and could be a very important project on national level as in China (Sheng, 2008) which could be increase timber production in forest plantation (Zhang et al., 2000). According to McCarthy et al., (2017) interest of planting poplar on forest land has increasing in north European countries in the past period.

Contemporary GIS-based analysis and software enabled in detail analyzing of more parameters in space (Valjarević and Živković, 2016). Implementation of GIS analyze in forestry would be manifested in substitution of traditional methods in analyze with geospatial one (De Mers, 2005, Galić et al., 2018). Spatial analysis of the soil conditions can be done at different levels (Mc Bratney et al., 2003, Galić et al., 2019, Galić et al., 2020a). Soil maps for practical use in general, are insufficiently precise to optimize land use management and to help practical land management (Sanchez et al., 2009). The practical importance of the soil and the silviculture productivity data management can be recognized particularly at a local area. Precise maps of local soils might be produced following to detail edaphic research, aiming at site map as final output.

Data gathering on tree species occurrence is consisted in local forest surveys. The surveys encompass data on tree species distribution, productivity and threatening factors, within approximately same site conditions (at forest section level). Regionalizing of poplar cultivation with key planting clones and productivities of poplar plantations has been studied in economically most developed countries as the USA (Zalesny et al., 2012) and China (Sheng, 2008). In contrast to this research on small area the research may mark off micro depressions and on micro elevations. Micro-relief is the basis of determination of soil systematic units in alluvial plain and had not been followed solely in the internal forest management unit (FMU) delineation into forest sections (stands), in terms of optimal soil management. Research based only micro-relief basis can lead to insufficiently adequate spatial distribution of proposed tree species (Anić, 2018, Galić et al., 2020a). In our case the digital elevation model (DEM) was a basis for defining micro relief and after that for precise soil map. In the part near the riparian zones we can found mixture of different soil types with unequal productivity in poplar plantations (Živanov and Ivanišević, 1986). For that reason, a soil type within a section can occur exclusively, or in a complex with the other soil types.

The first objective of this paper was to assess which soil subunits (soil systematic unit) condition the highest pro-

ductivity for poplar plantations. Thereafter, the aim was to enable consistent forest section delineation, based on the interaction of productivity properties of soil type and the *Populus x euramericana* I-214 productivity dataset. These directions are important in the better space use in sparsely forested area as Vojvodina.

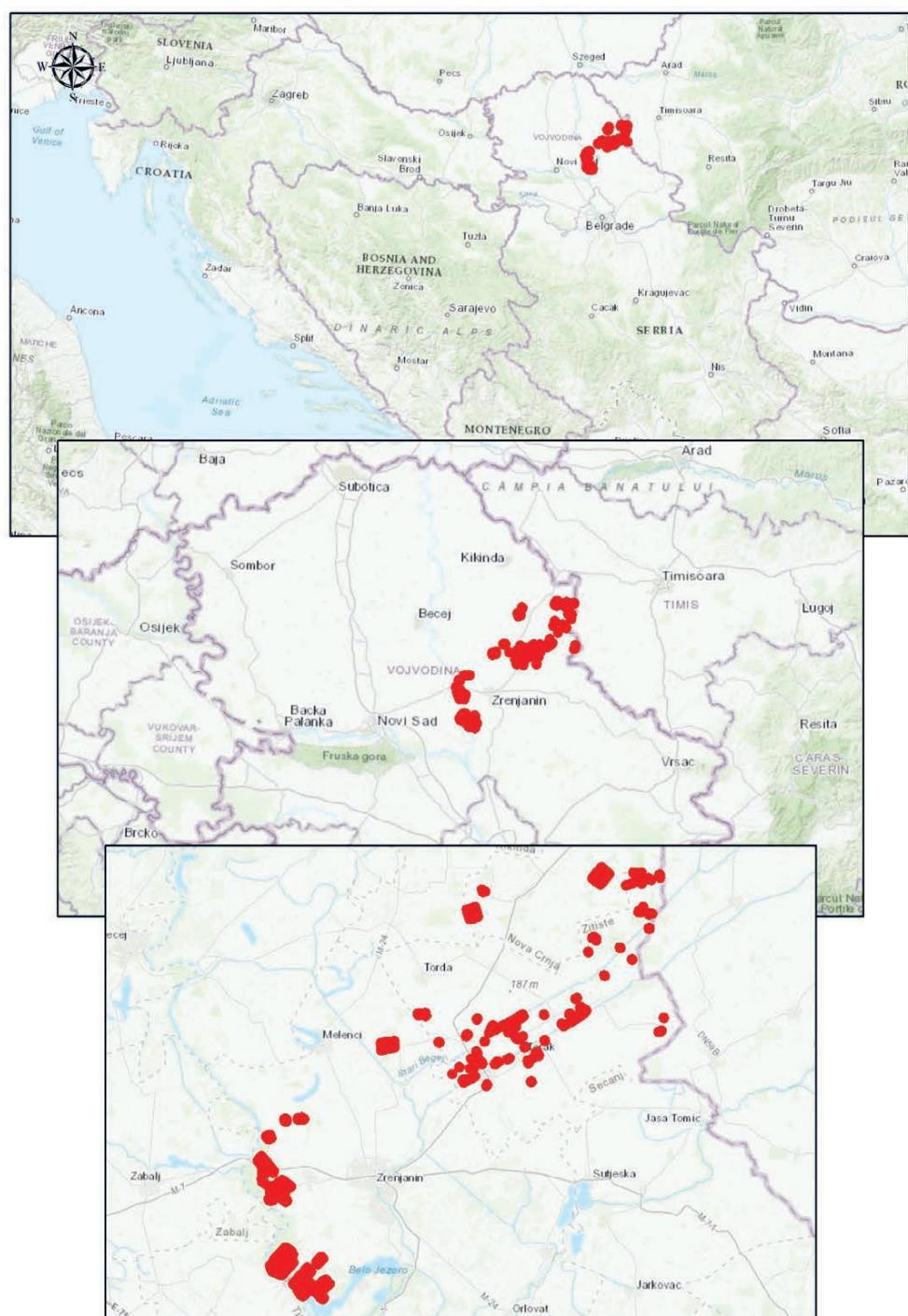
MATERIAL AND METHODS MATERIJALI I METODE

Forest MU Muzljanski rit is located in Autonomous Province Vojvodina, northern part of Republic of Serbia (Figure 1) and occupy area without flooding. According to EUNIS habitat classification (2012) the described area could be conducted in G1.1141 - Pannonic willow and poplar-willow galleries; and in G1.223 – Southeast European *Fraxinus* – *Quercus* – *Alnus* forests (<https://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>). Pannonic willow and poplar-willow galleries habitat is described as riverine woods of the Pannonic basin formed by *Salix alba*, *Salix fragilis* and often *Populus alba* or *Populus nigra*, which may at times dominate, in particular, in Vojvodina. Southeast European *Fraxinus* – *Quercus* – *Alnus* forests is described as mixed riverine forests of Ponto-Pannonic and sub-Mediterranean regions of southeastern Europe, usually dominated by *Quercus robur* and/or *Fraxinus angustifolia*, with varying admixtures of *Ulmus minor*, *Ulmus laevis*, *Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus excelsior*, *Salix alba*, *Populus alba*.

The following raster layers have been used: soil systematic unit distribution, DEM and the tree species distribution (according forest management plan data – FMP for period from 2010 to 2019) and productivity according to inner delineation of FMU Muzljanski rit.

Soil systematic units which were observed are shown in Figure 2. Soil features of the observed soils were determined in previous research (Galić et al., 2017). The site determination was preceded by DEM drawing and testing theoretical models in soil mapping. The terrain model is based on state topological map (R 1:5000) for micro-relief defining. All the mapped points in addition to X and Y axis value have been determined in Z axis value on the whole area of FMU Muzljanski rit (cca. 1820 ha). The map source allows a product with equidistance of up to 10 cm, quite adequate for modeling spatial soil differentiation. ArcGIS 10.5. Package was used for interpolation, resulting in 3D terrain model (Figure 3.).

Interpolation analyses (ARC toolbox → Spatial Analyst Tools → Interpolation → Spline) based on one pixel for 0.1 m. After the topography tasks, soil distribution research was performed, using the Classification of soils in Yugoslavia (Škorić et al., 1985) and compared with WRB classification (FAO 2014). The key presumption was that soil cover pat-

**Figure 1.** Overview of Forest Management Unit Muzljanski rit

Slika 1. Zemljopisni položaj Gospodarske jedinice Muzljanski rit

tern is related with type of relief (in this case altitude). Soil profiles are covered in the whole area of management unit depending on micro-relief. Several soil types were determined in the FMU, followed by analysis for eugley and humogley soil types (Škorić et al., 1985). According to WRB classification (2014) all the soils in study belong to gleysols. Humogley (Škorić et al., 1985) in WRB classification is described as humic gleysoil (Pavlović et al. 2017) and eugley as a haplic gleysoil. Neither of these two classifications takes

into account physiological active soil depth. The eugley soils were delineated according to physiologically active soil depth in a soil profile consequently referred to as α , β or γ gley soils (Wilde, 1940), in further readings given by the following expressions of soil systematic unit. Physiological active soil depth in Wilde (1940) classification are determined by the level of groundwater and soil texture. Small changes in physiological active depth leads to consequential changes in productivity of the tree species. In particular,

these differences in productivity are more significant to poplars (Živanov and Ivanišević, 1986, Ivanišević et al., 2010, Galić et al., 2019, Galić et al., 2020b).

Analysis of inner delineation into forest sections was based on inputs of site survey; forest management plan data (FMP) for period 2010 - 2019; and spatial soil distribution

according to tree species productivity (in our case *Populus x euramericana* I-214). In site survey of soil profile network on the management unit level we collected data of: relief (meso and micro), vegetation (trees, shrubs and ground floor), groundwater level, soil morphology with horizon description, soil physiologically depth. Forest management

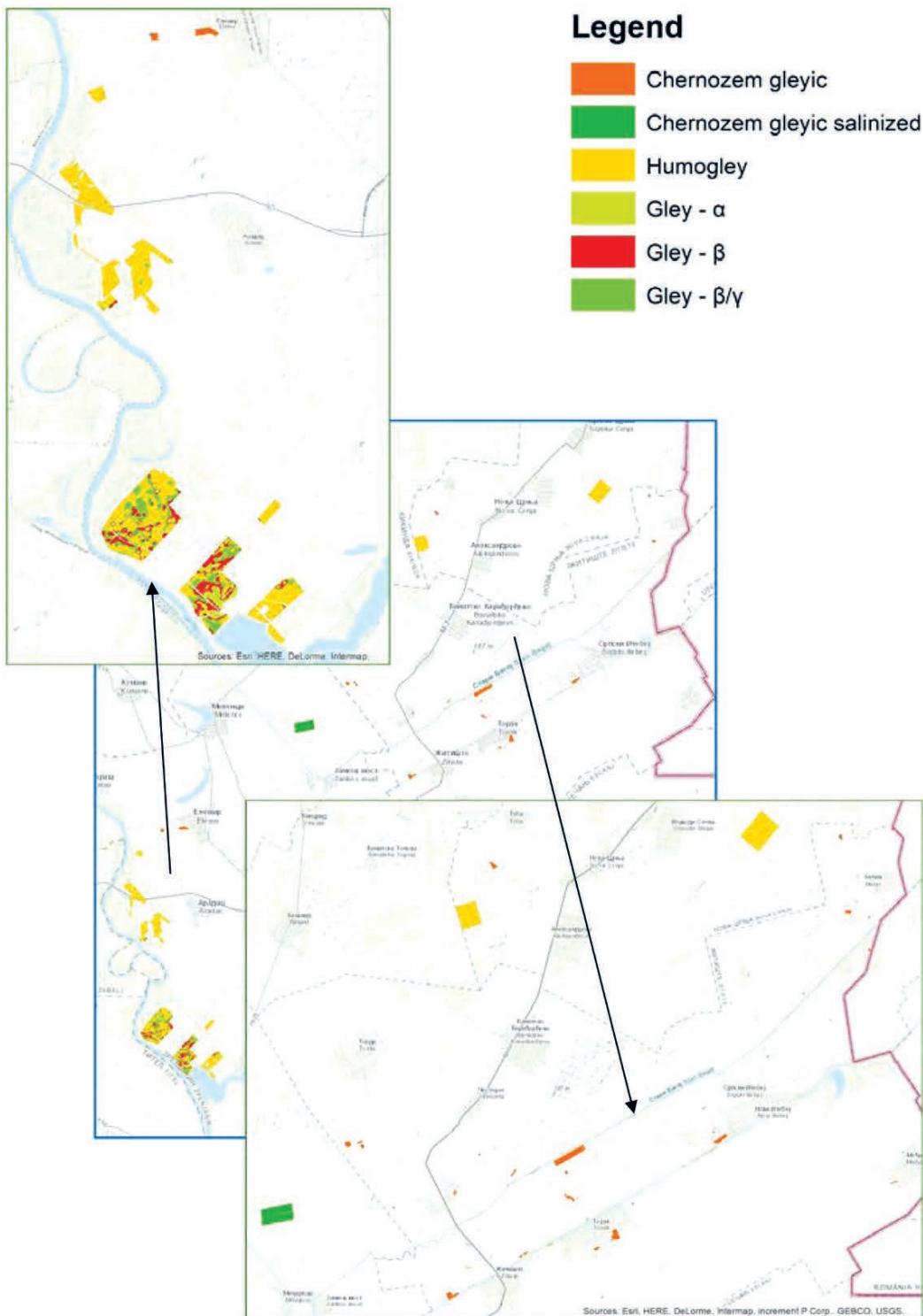


Figure 2. Systematic soil units - according Galić et al., 2014

Slika 2. Sistematske jedinice tala – Galić i sur., 2014

plan data include data for diameter, basal area, volume, increment, diameter class, causes of damage.

This analysis was based on the forest sections as the smallest spatial delineation. The essential assumption was that a section area must be consistent with the type of soil. Analysis of productive characteristic was evaluated based on the data

gathered in the survey and FMP of the most widespread tree species represented as black poplar clone – *Populus x euramerica* I-214. Regarding this analysis we used the average value of stand characteristics (diameter, basal area, volume, increment), and share of soil systematic unit (subunit) at the level of forest section within V age class. The cluster analysis

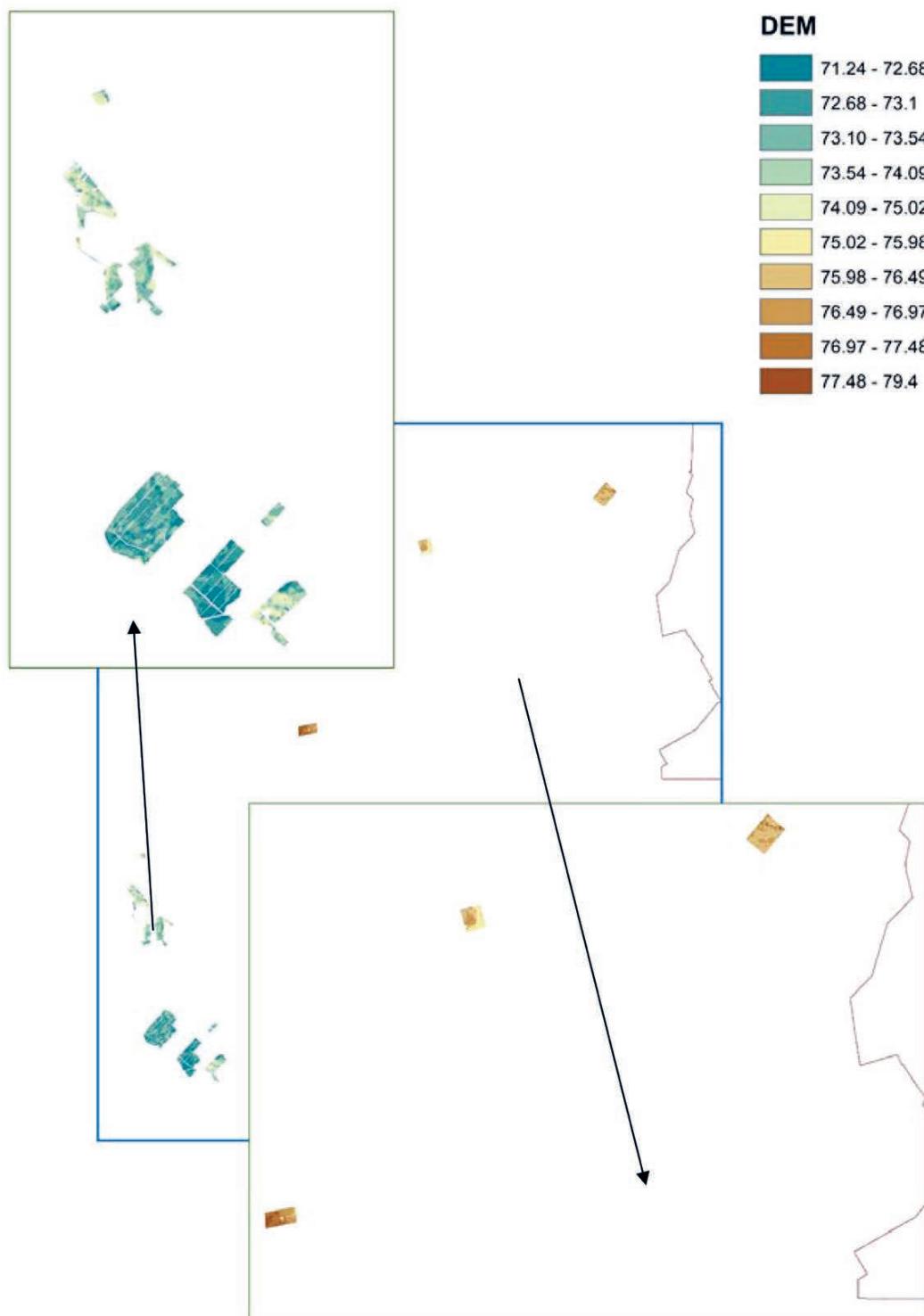


Figure 3. 3D terrain model
Slika 3. 3D model terena

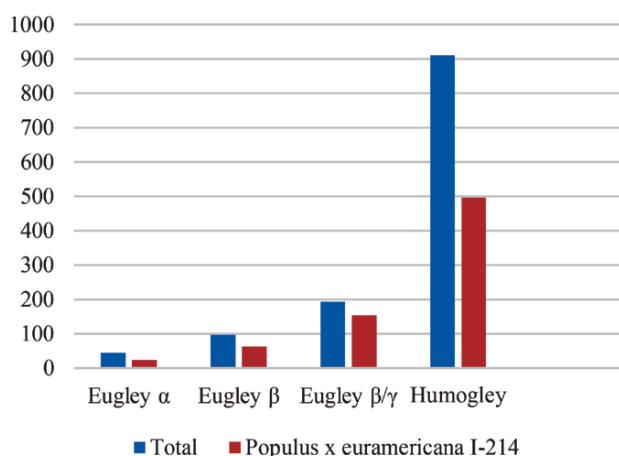


Figure 4. Determined soil types in FMU Muzljanski rit

Slika 4. Determinirani tipovi tala

(CA) we used to show the separation of the soil subunit. PCA analysis was used to show the power of each soil systematic unit (subunit). Correlation analysis was used to show connection between single dataset of stand characteristics and soil systematic unit (subunit) share. All statistical analyses were performed in program Statistica 12.

RESULTS AND DISCUSSION

REZULTATI I RASPRAVA

The site productivity of poplar plantation was discussed, in order to assess which soil subunits (soil systematic unit) condition were with the highest productivity for poplar plantations. Thereafter, the aim was to enable consistent forest section delineation, based on the interaction of productivity properties of soil type distribution and the *Populus x euramericana* I-214 productivity dataset.

In FMU Muzljanski rit humogley is the most common soil type, covering a total area of 910.99 ha (Figure 4). The three systematic soil units of the eugley soils (α , β , β/γ) occupy 380.89 ha, whereas other soil types are present on 86.17 ha.

Cultures of *Populus x euramericana* I-214 are grown on humogley soil and on the three systematic units of eugley soil on the total area of 741.17 ha. On humogley the cultures occupied 496.35 ha, while on other three units 239.61 ha. The most productive systemic unit (referred to the β/γ gley) occupies an area of 23.21 ha (Figure 5).

Forest stand delineation into sections pointed to the fact that, a single section, *Populus x euramericana* I-214 was cultivated on the same soil type (humogley) on the 120.39 ha. The spatial analysis also showed that other systematic units of the soil can only be found in a variety of combinations within a section. Area related to the cultivation of *Populus x euramericana* I-214 is 167.95 ha (figure 6 and table 1). Sections which consisted of two and more systematic soil units, where each of those units covered more than 1 ha

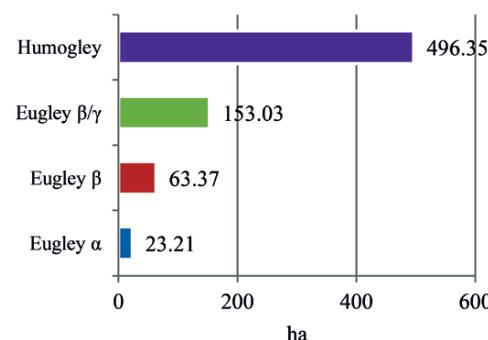


Figure 5. Proportional share of soil types under cultures of *Populus x euramericana* I-214

Slika 5. Udio tipova tala pod nasadima topola

(taken for rationalizing the use of space), extend on 133.96 ha (79.76%). The highest average share in the sections is related to the humogley (45.89%) and β/γ gley. The surface of these two soil systematic units within the sections, covering the surface over 1 ha, calculated in the areal units, is 70.63 or 63.34 ha respectively (a total of 133.97 ha).

In MU Muzljanski rit *Populus x euamericana* I-214 plantation was found in a section just on section on single soil type - humogley and section on multiple soil types. In the part near the riparian zones spatial soil distribution represent a mixture of humogley, semigley and eugley soil (Živanov and Ivanišević, 1986). Change in soil systematic units can lead to differences in the productivity (Fuhrer et al., 2009). In this case final quantity of value net yield of main stand is decisive according to the volume (Petric et al., 2008a). Differences in productivity of *Populus x euamericana* I-214 plantation on humogley, compared to section on multiple soil types conducted further discussion. In another direction, research based only micro-relief basis can lead to conclusion for replace or substitute poplar plantations under changed site conditions towards a stand (Anić, 2018, Galić et al., 2020a) without spatial distribution of proposed tree species. In spatial analysis any systematic soil unit (site) has certain properties. The results of different productivity of plantations

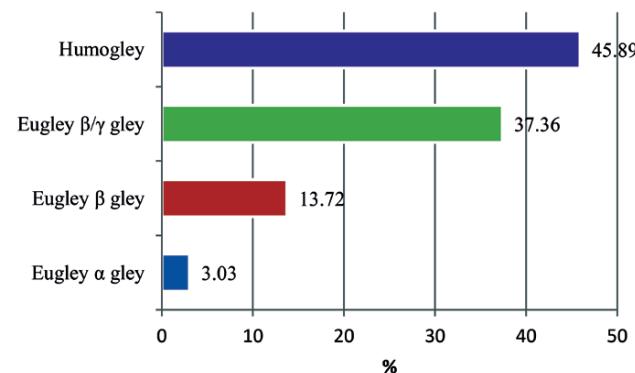


Figure 6. Average participation in section with two or more soil unit

Slika 6. Prosječni udio po odsjecima sa dva ili više tipova tala

Table 1. The minimum, maximum and the total area over than 1 ha in section with two or more soil unit

Tablica 1. Minimalna, maksimalna i ukupna površina veća od 1 ha sa dvije ili više sistematske jedinice tala u odsjeku

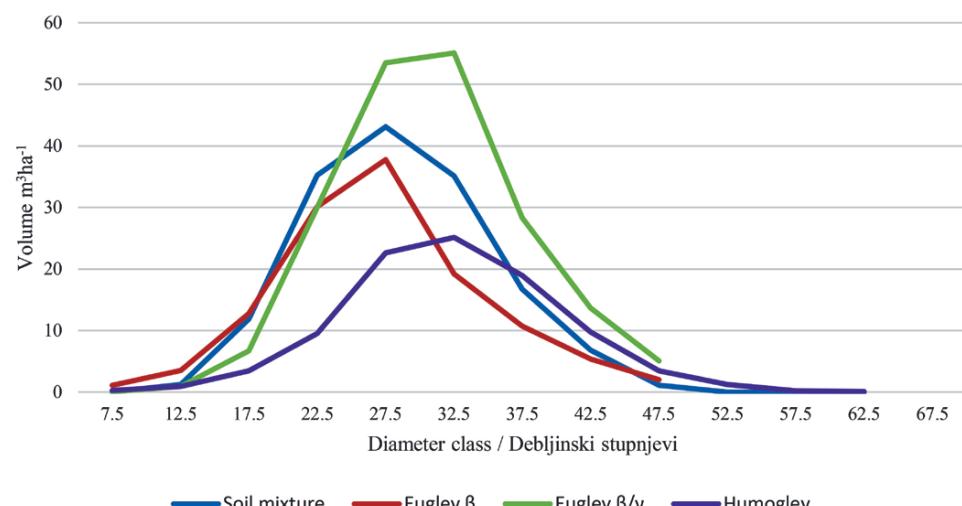
Soil unit Sistematska jedinica tla	Average participation – in section Prosječni udio u odsjeku	Minimum detected area Minimalna determinirana površina	Maximum detected area Maksimalna determinirana površina	Total area over 1 ha Ukupna površina iznad 1 ha
	%	Ha	ha	ha
α gley	3,03	0,0052	5,0485	5,05
β gley	13,72	0,0017	9,9235	23,93
β/γ gley	37,36	0,2264	9,9848	63,34
Humogley	45,89	0,8166	9,2568	70,63

could be explained by significant influences of site (McCarty et al., 2017, Maissupova et al., 2017).

Actually, plantations in MU Muzljanski rit being managed on the more soil systematic units within a same section, occupy 18.43% of the area. According to previous research (Klašnja et al., 2008, Galić et al., 2011, Klašnja et al., 2012, Galić et al., 2020b) of the detected systematic units classified in eugley, the best one for growing the poplars is the β/γ gley. The systematic units of the other two eugley units (α and β gley) are unfavorable for growing the *Populus x euamericana* I-214, due to the reduced depth of physiologically active soil. The normal development of the root system of *Populus x euamericana* I-214 need physiologically active soil depth of at least 70 cm. Systematic units α and β gley can not provide sufficient physiologically active soil depth. Systematic unit area β/γ gley provide the threshold of the necessary physiologically active profile depth, allowing cultivation of *Populus x euamericana* I-214. Humogley in the FMU "Muzljanski rit" is characterized in enhanced soil clay (Galić et al., 2016) throughout the profile, consequently being less suitable for cultivation of the Euramerican poplar (Ivanišević et al., 2010), furthermore indicated by portion of the total sand fraction at microsites (Fuhrer et al., 2009, Bradley Pinno et al., 2010, Galić, 2010, Galić et al., 2018).

Tree diameter structures (diameter at breast height) is the first parameter indicating productivity of the plantations. At the less productive sites they reach the smaller thoracic diameters, and in the study area those were concentrated in the diameter degree of 22.5 cm (β-gley and humogley – containing silt+clay fraction). Some more favorable soil conditions at β/γ gley resulted in the largest number of trees grouped in the 27.5 cm diameter degree. A special case represents the humogley as the only soil type in the section. The largest number of trees in average was reached in diameter degree 27.5, but this was due to the small number of trees (Figure 7).

The highest quality classes are intended mainly for the production of industrial veneers, while class II has slightly lower requirements for the quality of wood than highest quality classes and it is reflected in money mainly the timber utility value (Márkus et Mészáros, 2000, Petraš et al., 2008a). The most valuable assortments are those of 35 cm mean diameter (F logs) and 30 cm (L logs). However, the diameter structure in FMU Muzljanski rit points to the fact that the largest number of trees at the end of the rotation can be found on β gley in class I of sawlogs, whereas on the β/γ gley and humogley in L class. The minimum average volume in age from 21 to 25 years was found on humogley, 95.58 m³ha⁻¹

**Figure 7.** Influence of soil type on soil productivity in diameter classes

Slika 7. Utjecaj sistematske jedinice tla na produktivnost nasada

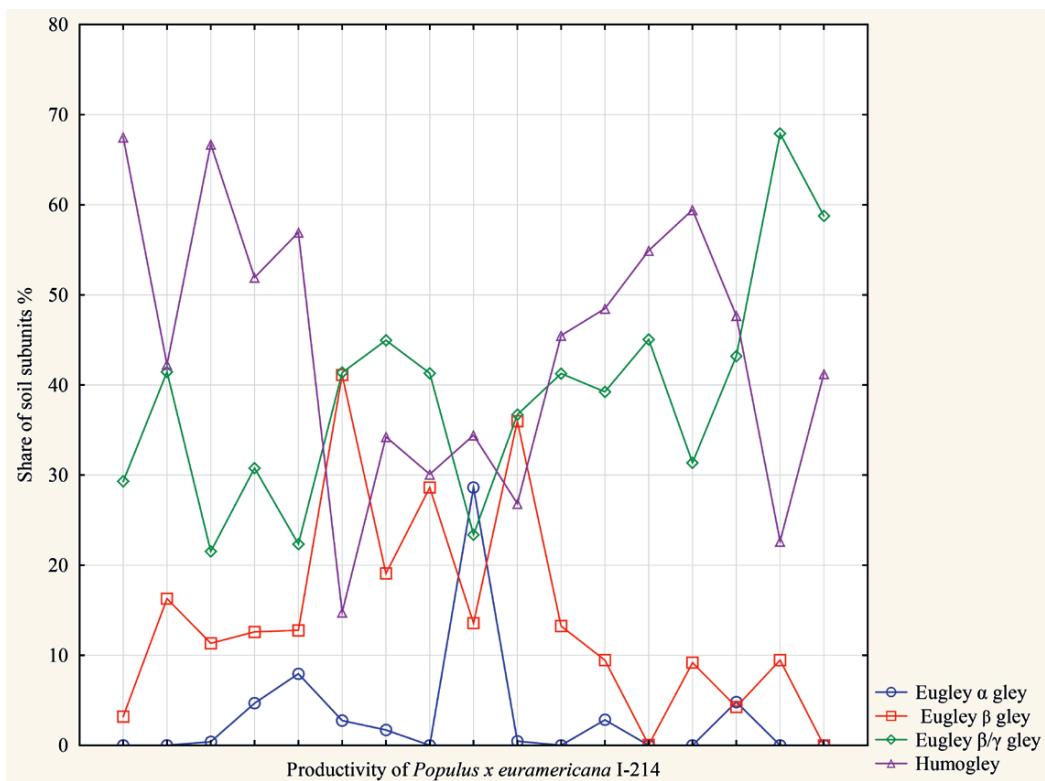


Figure 8. Participation of soil systematic units in soil mixture and productivity of *Populus x euramericana* I-214 plantation – V age class
Slika 8 Udio sistematskih jedinica tala i produktivnost *Populus x euramericana* I-214 u V dobnom razredu

¹. On β gley the average volume was $122.52 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, while the most productive was the β / γ gley with average volume of $193.3 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ (Figure 7, as sum of all diameter class). Volume on the β / γ of the aforementioned most valuable assortments was $102.11 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ (52.82% of the total volume). On the β gley was found $37.36 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ in average. Plantations of *Populus x euramericana* I 214 on the humogley in the

complex with the other soil types as well as on the humogley as the only soil type within a section, have reached similar timber volume of the most valuable timber assortments (59.7 and $58.8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ respectively). However, the larger share of other soil types in a section, the better productivity was confirmed as well as higher-quality of wood which has the higher utility value and price (Petráš, 2008b).

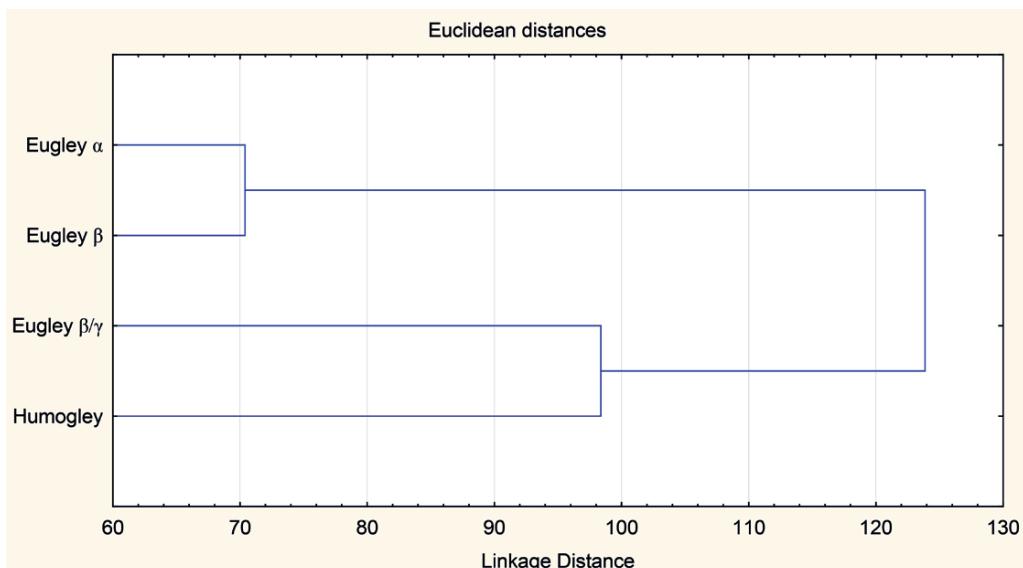


Figure 9. Cluster analysis of soil systematic units on productivity of *Populus x euramericana* I-214 plantation
Slika 9. Klaster analiza utjecaja sistematskih jedinica tala na produktivnost *Populus x euramericana* I-214

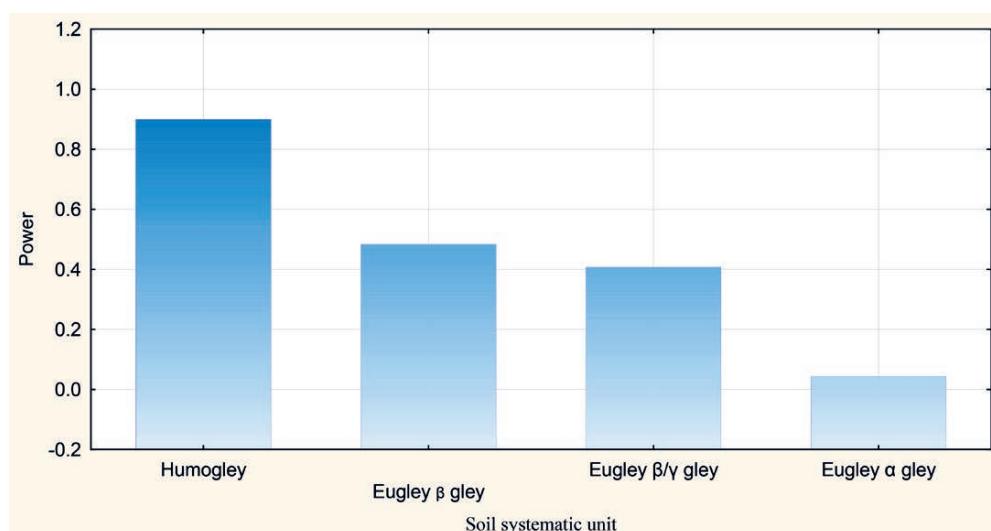


Figure 10. PCA analysis of soil systematic units on productivity of *Populus x euramericana* I-214 plantation
Slika 10. PCA analiza utjecaja sistematskih jedinica tala na produktivnost *Populus x euramericana* I-214

Increasing participation of α and β gley, as humogley have influence on reduction in the productivity of *Populus x euramericana* I-214 plantation. With increase of participation of β/γ gley in soil mixture we can see the increase of volume in *Populus x euramericana* I-214 plantation (Figure 8).

The increasing trend of α and β gley, likewise humogley, indicated a decrease in productivity of the Euramerican poplar. An exception to this was discovered at the share of β/γ gley, the latter being positively correlated in those two phenomena. Increasing in participation of β/γ gley in-

creases the average timber volume per section. Statistical significance indicates a weak statistical relationship ($r^2 = 0.3745$). Cluster analysis shows two groups (Figure 9). In the one group we find α and β gley and in the second group β/γ gley and humogley. Grouping into these two groups is probably a consequence of physiological active soil depth. PCA's analysis shows the importance of soil systematic units (Figure 10), and shows that humogley have the greatest strength and α gley lowest strength. According to this anal-

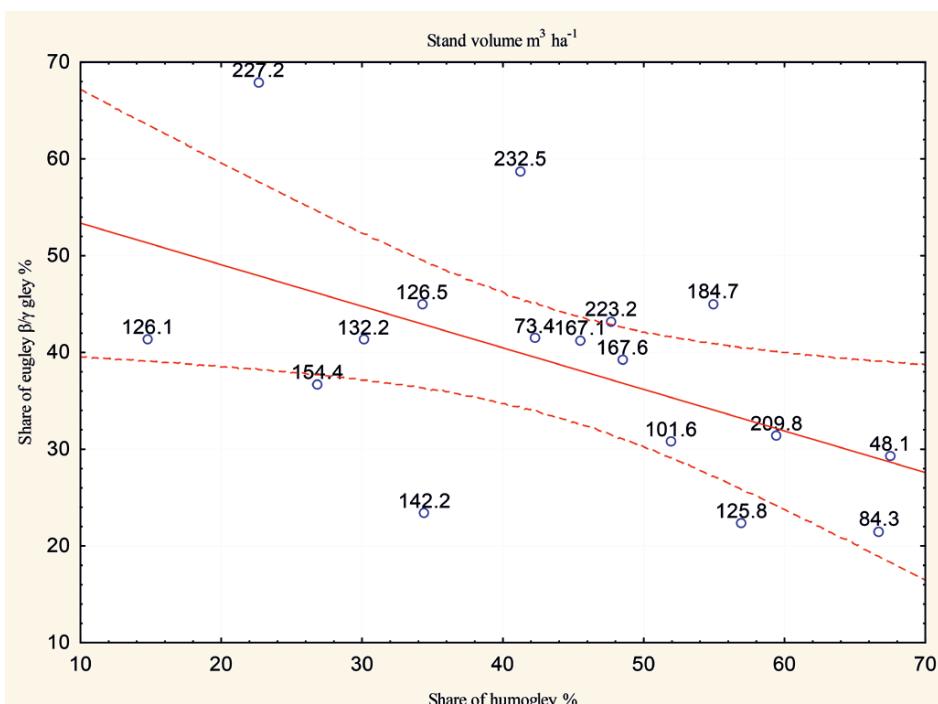


Figure 11. Correlation analysis of share of eugley β/γ and humogley with plantation productivity
Slika 11. Korelacijska analiza udjela močvarno glejnog β/γ i ritske crnice sa produktivnošću nasada

ysis major influence is connected to soil type – humogley. In both case it was shown on the decrease of productivity with increase of portion of eugley (physiological α and β). Correlation analyses shows that the increase of eugley β/y gley in relation to humogley leads to increase of plantation productivity (Figure 10). However, if we consider that the average volume refers to the entire section and all the soil systematic units within it, the statistical connection must be explained in more details.

Total area of the α and β gley under *Populus x euamericana* I 214 plantations is 86.58 ha. The total area of these two systematic units in plots larger than 1 hectare is 28.98 ha, indicating that the eventual delineation would be reasonable. At the surface, 10 % share of α gley, as well as 20% share of β gley, within a section, substantially reduces the productivity of *Populus x euamericana* I 214 plantations. Significant reduction of the productivity on humogley is already noticeable if its portion is 30% or larger of the sec-

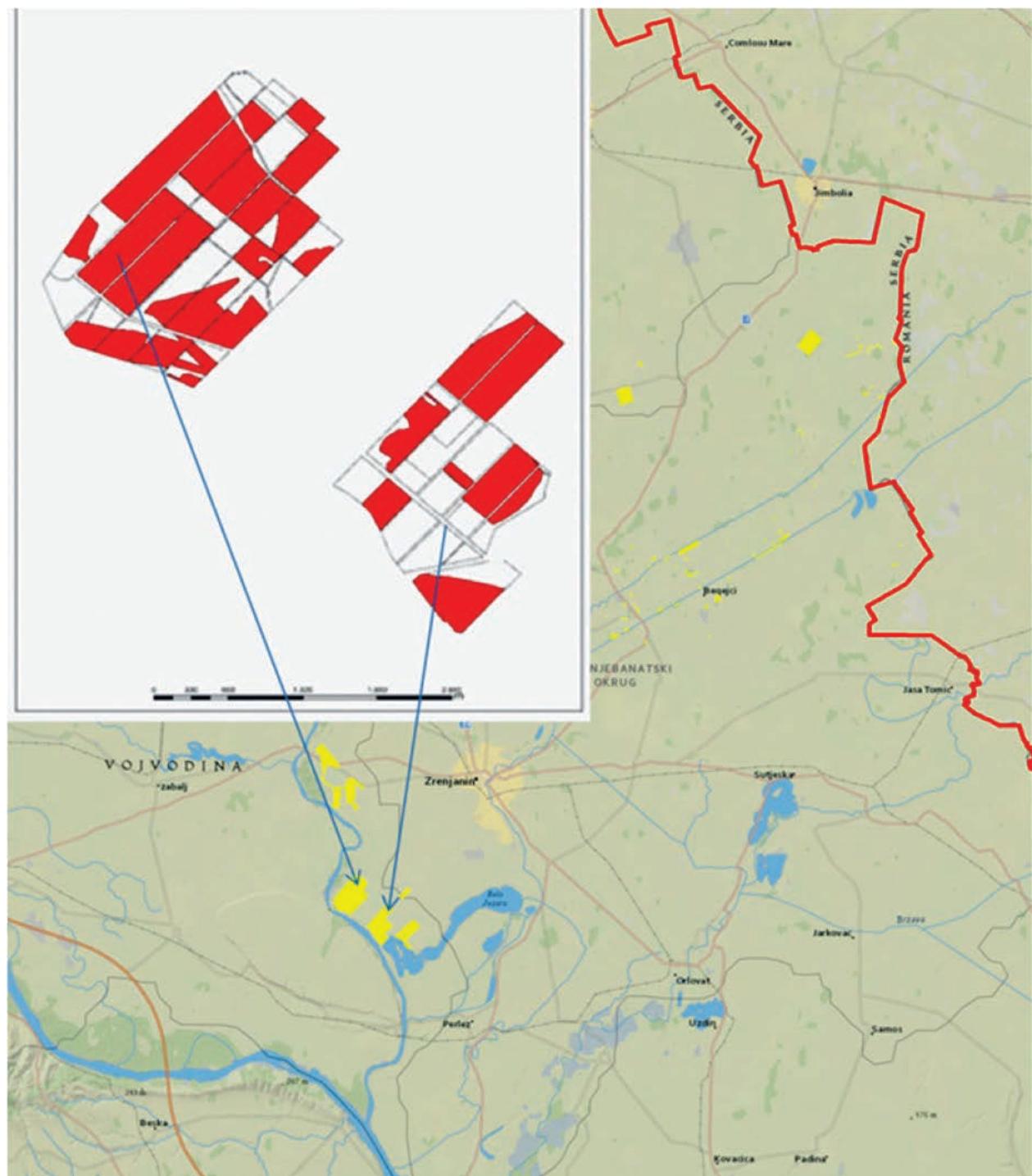


Figure 12. Soil mixture in *Populus x euamericana* I-214 plantation
Slika 12. Kompleks tipova tala pod nasadima *Populus x euamericana* I-214

tion area. To the contrary, increase in 30% or more of β/γ gley share increases the productivity.

Plantations of *Populus x euramericana* I-214 on the two or more soil systematic units in a section larger than 1 hectare are concentrated in the FMU (Figure 12). The spatial pattern in relatively small space enables spatial separation of the soils. The separation would enable optimization of the land use. On the FMU surface differentiation of eugley soils to α , β and β/γ gley would be carried out. A special category would be represented in humogley. Optimizing the land use would result in reasonable substitution of tree species or its cultivars, heading to an increase in production characteristics in the researched area. Potential stable and vital species are represented as pedunculated oak on researched area on humogley and shallower systematic units of eugley soils.

Increasing in the production characteristics would improve more easily fulfillment of other forest functions/services as reducing the pressure of natural forests and climate change mitigation (Sheng 2008, Zalesny et al., 2012).

CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

Site conditions in FMU "Muzljanski rit" are heterogeneous and it was necessary to investigate the productivity of *Populus x euramericana* I-214 plantations.

Increase of α and β gley and humogley in soil mixture indicate a decrease in productivity of *Populus x euramericana* I-214 plantation. Decrease of productivity in *Populus x euramericana* I-214 plantations are observed on α gley with 10%, and the β gley with 20% of share. Increasing participation of β/γ gley causes increase of plantation (share more than 30%) and it was a slightly positive correlation ($r^2 = 0.3745$). Although this correlation is statistically weak, in terms of studying the properties of the soil is an important value - because productivity analysis was performed based on the average volume.

Optimizing the land use would result in reasonable substitution of tree species or its cultivars, heading to an increase in production characteristics in the researched area. Increasing in the production characteristics would improve more easily fulfillment of other forest functions/services.

ACKNOWLEDGEMENT ZAHVALA

This paper financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 451-03-9/2021-14/ 200197. Especially thanks for reviewers suggestions in revision process of this paper.

REFERENCES

LITERATURA

- Anić, I., S. Mikac, M. Ognjenović, 2018. Izbor vrsta drveća za supstituciju nasada topola uz rijeku Dravu kod Osijeka (In Croatian). Šumarski list, 1-2: 7-18
- Bradley Pinno, D., R. T. Barb, N. Bélanger, 2010: Predicting the productivity of a young hybrid poplar clone under intensive plantation management in northern Alberta, Canada using soil and site characteristics. New Forests. vol. 39, p. 89-103
- De Mers M. N., 2005: Fundamentals of Geographic Information Systems. 3rd ed. Wiley, New York
- Galić, Z., 2010: Properties of fluvisol and humofluvisol in defended part of floods of alluvial zone in middle Danube. SEEFOR, vol 1. No. 1 p. 4-8
- Galić, Z., S. Orlović, V. Vasić, V. Galović, B. Klašnja, D. Stojanović, V. Babić, 2011: Phytocoenological characteristics in poplar plantations in the protected region of the central Danube basin. Arch. Biol. Sci., vol. 63, p. 811-817
- Galić, Z., R. Ponjarac, A. Kiš, Z. Novčić, S. Vasić (2017): Tipovi šuma u GJ Mužljanski rit. Topola (in Serbian) 199/200, str. 35-43
- Galić, Z., R. Ponjarac, A. Kiš, Z. Novčić, 2016: Soil types in the management unit Mužljanski rit in PE "Vojvodinasume"; Serbia. VII scientific agriculture symposium. Book of abstracts p. 1203. Jahorina, Bosna i Hercegovina. ISBN 978-99976-632-6-9
- Galić, Z., Z. Novčić, R. Ponjarac, A. Kiš, V. Vasić, S. Vasić, 2018: Proizvodnost bagrema u GJ Mužljanski rit. Topola (in Serbian), vol. 201/202, p. 7-14
- Galić, Z., R. Ponjarac, M. Samardžić, Z. Novčić, A. Kiš, 2019: Rasprostranjenost i proizvodne karakteristike zemljišta u GJ „Kolut-Kozara“ (in Serbian). Topola, vol. 204, p. 71-78
- Galić, Z., M. Samardžić, R. Ponjarac, A. Kiš 2020a: Uticaj osobina zemljišta na uzgoj topola u GJ GVO na području Ravnog Srema (in Serbian). Šumarstvo, vol. 1-2, 45-52
- Galić, Z., R. Ponjarac, M. Samardžić, A. Kiš 2020b: Rasprostranjenost sistematskih jedinica zemljišta u G.J. „Kamarište“ na području Bačke (in Serbian). Šumarstvo, vol. 1-2, p. 71-81
- FAO: World reference base for soil resources, 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, p. 1-192
- Ferré, C., R. Comolli, A. Leip, G. Seufert, 2014: Forest conversion to poplar plantation in a Lombardy floodplain (Italy): effects on soil organic carbon stock. Biogeosciences, vol. 11, p. 6483–6493
- Fuhrer, E., K. Redei, B. Toth, 2009: Ultetvenyszeru fatermesztes (in Hungarian). Mezogazda kiado, p. 1-244
- Hassan R., R. Scholes, N. Ash, 2005: Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. The millennium ecosystem assessment series, vol. 1, p. 585 – 614
- (<https://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>)
- Ivanišević, P., Z. Galić, S. Pekeč, S. Rončević, S. Andrašev, 2010: Zavisnost strukture drvnih sortimenata topola na kraju proizvodnog ciklusa od svojstava zemljista i tehnologije gajenja (in Serbian). Topola/Poplar, vol. 185/86, p. 98 – 113
- Klašnja, B., S. Orlović, Z. Galic, M. Dreškic, V. Vasic, 2008: Poplar biomass of high density short rotation plantations as raw material for energy production. Wood Research, vol. 53, p. 27-38
- Klašnja, B., S. Orlović, Z. Galić, 2012: Energy potential of poplar plantations in two spacing and two rotations. Šumarski list, vol 3-4, p. 161-167

- Márkus, L., K. Mészáros, 2000: Erdőértékszámítás (in Hungarian). Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, p. 1-274
- McBratney A.B., Santos M.L. Mendonça, B. Minasny, 2003: On digital soil mapping. *Geoderma*, vol. 117, p. 3-52
- Mc Carthy, R., R. Rytter, K. Hjelm, 2017: Effects of soil preparation methods and plant types on the establishment of poplars on forest land. *Annals of Forest Science*, vol 74, p. 47
- Maissupova I.K., D.N. Sarsekova, J. Weger, J. Bubeník, 2017: Comparison of the growth of fast-growing poplar and willow in two sites of Central Kazakhstan. *J. For. Sci.*, vol 63 p. 239–244.
- Pavlović, P., N. Kostić, B. Karadžić, M. Mitrović (2017): The soils of Serbia. World Soils Book Series. pp. 1-234, Springer Science+Business Media, Dordrecht
- Petraš, R., J. Mecko, V. Nociar 2008a: Value production of poplar clones. *Journal of forest science*, vol. 54, p. 237-244
- R. Petraš, J. Mecko, V. Nociar, 2008b: Quality of wood in the stands of poplar clones. *Journal of forest science*, vol. 54, p. 9–16
- Sanchez, P.A., S. Ahamed, F. Carré, A.E. Hartemink, J. Hempel, J. Huising, P. Lagacherie, A.B. McBratney, N.J. McKenzie, M. de L. Mendonça-Santos, B. Minasny, L. Montanarella, P. Okoth, C.A. Palm, J.D. Sachs, K.D. Shepherd, T.-G. Vägen, B. Vanlauwe, M.G. Walsh, L.A. Winowiecki, G.-L. Zhang, 2009: Digital Soil Map of the World. *Science*, vol. 325, p. 680-681.
- Sheng Y., 2008: Silviculture of poplar plantation in China: a review. *The Journal of Applied Ecology*, vol 19, p. 2308-2316
- Stanturf, J.A., C. van Oosten, D.A. Netzer, M.D. Coleman, C.J. Portwood, 2001: Ecology and silviculture of poplar plantations. In *Poplar culture in North America. Part A, Chapter 5*. Edited by Dickmann, D.I., J.G. Isebrands, J.E. Eckenwalder, J. Richardson, NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON K1A 0R6, Canada. p. 153-206
- Silva, L.N., 2016: New generation plantations: toward sustainable intensification. *Unasylva* vol. 247/248, p. 62-67
- Škorić, A., G. Filipovski, M. Cirić, 1985: Klasifikacija zemljista Jugoslavije (in Serbian). Akademija nauke i umjetnosti Bosne i Hercegovine, p. 1-66
- Valjarević, A., D. Živković 2016: GIS and satellite detection analyses of forest belt in Prokuplje municipality. *Tehnički vjesnik*, vol 23, p. 969-972
- Vuletić, D., N. Potočić, S. Krajer, I. Seletković, C. Fürst, F. Makenschin, Z. Galić, C. Lorz, D. Matijašić, M. Zupanić, P. Simončić, H. Vacik, 2010: How socio-economic frame conditions influence forest policy development in Central and South-East Europe. *Environmental Management*, vol 46., p. 931-940
- Wilde, S.A., 1940: Classification of Gley Soils for the Purpose of Forest Management and Reforestation. *Ecology*, vol. 21, p. 34-44
- Zalesny, R., D. Donner, D. Coyle, W. Headlee 2012: An approach for siting poplar energy production systems to increase productivity and associated ecosystem services. *Forest Ecology and Management*, vol. 284, p. 45-58
- Zhang, P., G. Shao, G. Zhao, D.C. Le Master, G.R. Parker, J.B. Dunning, Q. Li, 2000: China's Forest Policy for the 21st Century. *Science*, vol. 288, p. 2135-2136
- Živanov, N., P. Ivanisevic, 1986: Soil for poplar and willow growing. In: *Poplar and willows in Yugoslavia*, p. 105-122.

SAŽETAK

Razumijevanje produktivnosti drveća u gospodarskim jedinicama vezano je za poznavanje više stanišnih čimbenika. U radu se prikazuju istraživanja s obzirom na rasprostranjenost tala, dajući im veću važnost u odnosu na izbor klonu, vodni režim, klimatske ekstreme, kao i postupak obnove nasada. Opravdanost navedenog pristupa je vezana za više provedenih istraživanja, u kojima je jedan od osnovnih čimbenika tip tla, a s njime i odgovarajuća vrsta drveća.

Pregled prostorne rasprostranjenosti tala omogućeno je razvojem programskih paketa za prostornu analizu geoinformacijskih podataka. U radu je prikazana analiza prostorne raspodjele tala i produktivnosti nasada *Populus x euramericana* I-214 gospodarske jedinice (GJ) Mužljanski Rit. Definiranju rasprostranjenosti tala u GJ Mužljanski rit prethodila je izrada modela terena. Model terena napravljen je na bazi osnovne državne karte (R 1:5000) za definiranje mikroreljefa. Svaka poznata točka je osim vrijednosti na x i y osi, dobila vrijednost i na z osi. U programskom paketu ArcGIS je izvršena interpolacija, a rezultat je 3D model terena u GJ Mužljanski rit na površini od približno 1820 ha. Na ovaj način je omogućena analizirati ekvidistance na 10 cm na prostoru gospodarske jedinice. Prostornom analizom su prema Klasifikaciji zemljista Jugoslavije (Škorić i sur., 1985) determinirani različiti tipovi i niže sistematske jedinice tala. Prethodno navedena klasifikacija je nadopunjena podjelom na fiziološki aktivnu dubinu profila prema Wildeu (1940), zbog prepostavljene različite produktivnosti tala ovisno o vrsti stabala koja će se tamo uzgajati. Postupak je na ovaj način definirao područja niza i greda na prostoru čitave GJ, te je poslužio kao osnova za daljnje analize. Mrežom pedoloških profila su definirani tipovi tala. Rezultati istraživanja ukazuju da je pokrov tla u istraživanoj GJ heterogen, te su kao tipovi tla determinirani euglej i humoglej. Podjela na niže sistematske jedinice kod eugleja je vezana za fiziološki aktivnu dubinu profila i to na α , β ili β/γ glej (ograničavajući čimbenik je stagnacija podzemne vode u profilu). Posljedica je 18,43% nasada *Populus x euramericana* I-214 koji se nalazi na dvije ili više različitih vrsta sustavnih jedinica tala, unutar istog odsjeka, u dijelu šume koja tvori glavnu prostornu jedinicu sa sličnom ekologijom. Povećanje ili smanjenje udjela sustavne jedinice tla dovodi do postizanja različite produktivnosti. U radu je utvrđena potreba podjele eugleja kao tipa tla na niže sistematske jedinice. Rezultati istraživanja ukazuju da trendovi povećanja udjela α i β -gleja u tlu, kao

i humogleja, utječu na smanjenje prinosa nasada *Populus x euramericana* I-214, dok udio β/γ -gleja (u statističkoj značajnosti od 0,3745) pozitivno korelira s volumenom nasada *Populus x euramericana* I-214. Iz rezultata je također vidljivo da je mali udio α gleja (do 10%) dovoljan po površini odsjeka da bi doveo do smanjenja produktivnosti nasada *Populus x euramericana* I-214, dok je taj udio kod β -gleja nešto veće ne bi trebao prelaziti 20%, odnosno najviše 30%.

Nasadi *Populus x euramericana* I-214 prostorno su koncentrirani, što ukazuje na alternativnu ekonomski održivu podjelu na temelju karakteristika tala uz izbor odgovarajuće vrste drveća. Na području niza je u najvećoj mjeri zastavljen euglej (fiziološki α i β glej) i potrebno ih je izbjegavati, budući da i mali udio navedenih sustavnih jedinica zemljišta bitno utječe na produktivnost, a posljedično i na sortimentne strukture nasada *Populus x euramericana* I-214. U najvećem broju slučajeva, kao zamjenska vrsta na humoglejevima i fiziološki pličim sustavnim jedinicama bio bi hrast lužnjak kao stabilna i vitalna vrsta. Na osnovi prostornog rasprostranjenja tala to se vrlo jasno može definirati, a u konačnici se i ispunjavaju ostale funkcije šuma.

PRIJE STO GODINA: ŠUMARSKI LIST 7/1921, 8/1921 I 9/1921

R. 7., 8. i 9. SRPANJ, KOLOVOZ I RUJAN 1921. GOD. XLV.

ŠUMARSKI LIST

GLASILO HRVATSKOG ŠUMARSKOG DRUŠTVA.

Ima li Picea Omorica Panč. šumsko-gospodarstveno značenje i budućnost?

Napisao A. Karolyi.*

Naša je zemlja medju evropskim državama jamačno ona, koja je u šumskom pogledu od prirode najbolje obdarena. Ona imá ne samo neizmjernih masa drva — nagomilanih većinom u prašumama kao baština ranijih epoha, gospodarski slabije razvijenih — i kvalitativno naše šume stoje na višemu stepenu. Mi imamo najbogatiji izbor vrsta drva, a medju njima dragocjenih specijaliteta: najbolji hrast na svijetu u Slavoniji, izvrsni crni bor u Bosni, ravan Pitsch-pine-u.

No mi imamo i najbiranije specijalitete: vrsti drva, koje su podesne za obrazovanje sastojina i nema ih inače nigdje u svijetu osim kod nas, dakle su kod nas endemice.

Ovakove su endemične vrsti drva kod nas munika (*Pinus leucodermis* Ant.) i omorika (*Picea Omorica* Panč.).

No od ovih obiju vrsti drva iziskuje viši interes omorika. *Pinus leucodermis* Ant., koji se pojavljuje na većim prostrim u Hercegovini, naročito na Prenj-planini, morfološki, a osobito biološki skoro je identičan s crnim borom i ne može iziskivati nikakve važnosti po gospodarstvu i umjetno obrazovanje sastojina.

Tim je više zanimiva pojava omorike. Ko ju je samo jednom video na njenom prirodnom raslištu (stojbini), ne može je nikada više zaboraviti; oznake su njene vrsti tako dobro izražene, a naročito i njena spoljašnja pojava, njen habitus tako jedinstven, da se svakomu neizbrisivo utisne u pamet. Promatrana sa šumsko-estetskoga gledišta ona je naljepše crnogorično drvo današnje srednjo-evroske šume.

* Gosp. pisac umoljava se, neka izvoli priopćiti uredništvu svoju potpunu adresu, da mu se uzmognе dostaviti surađnički honorar. Uredništvo.

EFFECTS OF BIOLOGICAL WORKS WITHIN THE INTEGRATED WATERSHED MANAGEMENT OF TORRENT CATCHMENTS IN THE AREA OF GRDELICA GORGE AND VRANJSKA VALLEY (SERBIA)

UČINKI BIOLоŠKIH RADOVA U INTEGRIRANOM UREДENJU BUJIЧNIH SLIVOVA GRDELIЧKE KLISURE I VRANJSKE DOLINE (SRBIJA)

Milica CAKOVIĆ^{1*}, Aleksandar BAUMGERTEL¹, Sara LUKIĆ¹, Nada DRAGOVIĆ¹, Miodrag ZLATIĆ¹

SUMMARY

Integrated watershed management is based on the application of various biological and technical works, and administration measure to reduce the degradation process. The paper presents an analysis of the effects of performed biological works as part of integrated watershed management within the Grdelica Gorge and Vranjska Valley. Extensive erosion control works were carried out in the second half of the 20th century. As vegetation is one of the key factors in mitigating the erosion process, the paper presents the trend of connecting the surface with the vegetation cover, which results from implemented biological measures. Using multispectral satellite imagery (Landsat missions) for 1972, 1986, 1996, and 2017, the vegetation index (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) was analyzed in torrent basins, which were afforested to control severe erosion processes. The increasing trend of vegetated areas was recorded in period from 1986 to 1996 (very low vegetation coverage 40.19 % in 1986 and 8.19 % in 1996, respectively), which continues to grow until 2017 when the very low vegetation coverage was 0.26 %, and moderately high vegetation coverage was 50.63 %.

KEY WORDS: integral watershed management, erosion, NDVI, remote sensing

INTRODUCTION

UVOD

Integrated watershed management was defined as an adaptive, integrated, and multidisciplinary systemic approach to improve environmental, social, and economic aspects (Wang et al., 2016) and preserve and restoring ecosystems (CCME 2016). This holistic approach includes establishing legal, administrative, and technical measures (Kostadinov

2008; Borisavljević and Kostadinov 2012). Kostadinov (2008) explains an integrated watershed management system as an interdisciplinary approach that includes biological measures (afforestation, grassing, orchard raising, land reclamation, etc.), land management measures to improve and stabilize vegetation cover in all endangered areas, technical measures, and works or constructions in torrent beds (Blinkov et al., 2013).

¹ MSc Milica Caković, Msc Aleksandar Baumgertel, Prof. Dr. Sara Lukić, Prof. Dr. Nada Dragović, Prof. Dr. Miodrag Zlatić, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia

* Corresponding author: MSc Milica Caković, milica.cakovic@sfb.bg.ac.rs

In the context of an integrated watershed management system, biological works are an essential component. The application of biological works (mainly different afforestation methods) creates a protective vegetation cover that protects the soil from the degradation process (Durán and Rodríguez, 2008). The positive effects of biological works are not evident immediately after construction because vegetation cover requires a more extended period to establish an assembly that could resist erosion processes (Kostadinov, 2008).

A traditional method used (e.g., field survey, literature study, analysis of already existing maps) for vegetation analysis is time-consuming and often too expensive (Pitt et al., 1997; Xie et al., 2008). More recently, the effects of afforestation (vegetation conditions) can be determined based on the analysis of satellite images and the corresponding vegetation indices (Campbell and Wynne, 2011). This method offers a faster and economical solution for analyzing the vegetation condition in the researched area. The remote sensing method enables the observation of vegetation in different scales from local (Xiao et al., 2017) to global (Neumann et al., 1996; Wu et al., 2014; Richards and Belcher, 2019), and such data are used in studies of vegetation change induced by climate change (An et al., 2018), anthropogenic or some other impact (Kumari et al., 2020). In this way, it is possible to determine potential areas for afforestation (Bhagat, 2009), monitor the carbon cycle in nature (Xiao et al., 2019), forest health (Barka et al. 2018), or the condition of crops on arable land (Zhang et al., 2014).

On the Republic of Serbia's territory, the Grdelica Gorge and Vranje Valley area stands out, which was endangered by excessive erosion processes in the past due to specific natural and socio-economic conditions. An erosion map for this area created in 1953 was the base point for the implementation of anti-erosion biological work. The map was produced using the Erosion Potential Method, which is developed within this research area and it is commonly used and applicable worldwide (Serbia, Italy, Iran, Greece, China, USA) (Zorn and Komac 2008; Amini et al. 2010; Tošić et al. 2012;

Ristić et al. 2013; Dragičević et al. 2018). The erosion coefficient values (Z_{sr}) range from 0.1 to 1.5, i.e., from areas not affected to areas with excessive erosion (Gavrilović, 1972).

In the 1950s, torrential floods caused a noticeable destructive effect and side effects on the economy and the environment (Gavrilović 1972; Petković 1981; Braunović 2013; Kostadinov et al. 2018). To reduce the adverse effects of torrential floods and erosion processes in this area, for the first time in the Republic of Serbia, numerous biological and technical works and specific measures against erosion have been performed within the integrated watershed management. As part of the biological works, the afforestation of bare land was performed. The technical works included the construction of various facilities in the riverbed (dams and floodgates), while the administrative measures included multiple types of restrictions on activities that influenced the development of erosion processes (grazing ban, ban on cutting leaves). Biological works have enabled the establishment of vegetation cover able to protect the soil from erosion processes, while administrative measures have raised the awareness of local people of the importance of vegetation in soil erosion protection.

This research aims to analyze the effects of performed biological works in Grdelica Gorge and Vranjska Valley using remote sensing data. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used to detect the change in vegetation from 1972, 1986, 1996 to 2017.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Research area – *Područje istraživanja*

The area of Grdelica Gorge and Vranje Valley is situated in the southeastern part of the Republic of Serbia (Figure 1) cover 1784.34 km² and represent two interconnected units located between 42° 22' and 42° 55' north latitude and 19° 21' and 20° 00' east longitude.



Figure 1. Research area

Slika 1. Područje istraživanja

This area belongs to the upper basin of the South Morava. The average altitude is 790 m a.s.l. (above sea level), and the average angle of inclination is 14.8 °C. The Mediterranean and continental climate influence the average annual air temperature to be 10.9 °C, and the total annual rainfall to be 672 mm (RHMZ 2011). Grdelica Gorge consists of 137 torrents of different hydrographic classes, and the Vranje Valley 73 torrents streams. The investigated area's geological basis consists of crystalline shales, micashists, gneisses, chloritoshists, quartz shales, phyllite, etc. (Kostadinov et al., 2018).

Grdelica Gorge and Vranjska Valley are characterized by a mosaic structure of the soil types. Some of them are most widespread, like Dystric Cambisol, Eutric Cambisol, Haplic Cambisol, Haplic Vertisol, Ranker, Regosol, and Fluvisol (Lukić 2013; Kostadinov et al., 2018). Most of the biological works were performed on the Dystric and Eutric Cambisol (Lukić 2013).

Developed landforms and a rich hydrographic network through climatic factors affect the weathering of poorly resistant geological substrates, making this area sensitive to erosion processes. According to the potential vegetation map (1986), characteristic vegetation communities of this area are Turkey oak and Hungarian oak (*Quercetum frainetto-cerris*) and Montane beech forest (*Fagetum moesiaceae montanum*). In the valley of South Morava River, the forests of pedunculate oak and broom (*Genisto elatae-Quercetum roboris*) and forests of poplar and willow (*Salici-Populetum albae*) are dominating (Lukić 2013).

Within the anti-erosion biological works (afforestation) which was performed in the 1950s, some other species were introduced (black and white pine (*Pinus nigra* and *Pinus strobus*), black locust (*Robinia pseudoacacia*), Turkish hazel (*Corylus colurna*), common walnut (*Juniperus regia*)) (Braunović 2013).

Methodology – Metodologija

Remote sensing data were used to analyze the effects of biological measures of erosion control afforestation. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) reflects the state of vegetation cover as the essential component of soil erosion protection. NDVI is one of the most used vegetation indices (Jiang et al., 2006), which is determined using the near-infrared (NIR) and visible red (Red) spectra of radiation.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

The data for the NDVI calculation were taken from the satellite images for 1972, 1986, 1996, and 2017. Vegetation index varies from -1 to 1 (Table 1). Constructed areas, road networks, barren, and water areas, and the NDVI index value are below zero. Investigated area vegetation coverage is performed based on the table classification (Table 1).

Table 1. NDVI classification for vegetation cover (Aquino et al., 2017)
Tablica 1. NDVI klasifikacija za vegetacijski pokrov (Aquino et al., 2017)

Class Klasa	Classification criterion Kriterij razvrstavanja
Bare soil <i>Golo tlo</i>	$NDVI \leq 0$
Very low <i>Vrlo niska</i>	$0 < NDVI \leq 0.2$
Low <i>Niska</i>	$0.2 < NDVI \leq 0.4$
Moderately low <i>Umjereno niska</i>	$0.4 < NDVI \leq 0.6$
Moderately high <i>Umjereno visoka</i>	$0.6 < NDVI \leq 0.8$
High <i>Visoka</i>	$0.8 < NDVI \leq 1.0$

Multispectral satellite imagery was downloaded from the <https://earthexplorer.usgs.gov/> server and belongs to various Landsat missions. A multispectral satellite image from the Landsat 1 mission was used for the earliest observation series. As Landsat 1 mission products are available at the L1TP processing level, a georeferencing method had to be applied (Campbell and Wynne, 2011). Atmospheric correction was performed on all satellite images (Landsat 1, 7, 8). As the first intensive biological works were performed in the 1950s, finding a suitable satellite image from the earliest year with the least atmospheric and visual anomalies was necessary. The first available satellite images of the study area are from 1972, and the best images for October in that year. Since the recording in 1972 is essential as a zero point, the other recordings were taken for October for an accurate comparison. Processing of the satellite images, calculations of the vegetation index (NDVI), and spatial analysis were performed using ArcMap 10.8.1 (ESRI, Redlands, CA).

RESULTS AND DISCUSSION REZULTATI I RASPRAVA

This research detected a significant change in vegetation cover in the studied period 1972 – 2017. The NDVI index values on intensive or excessive erosion areas for the observed years are shown in Figure 2. Also, Figure 4 shows the percentage of areas according to different classes of NDVI index. According to the results, there is a significant difference in the NDVI index in 2017 compared to the zero condition (1972).

The extent of the categories of excessive and intensive erosion was shown on the erosion map from 1953 (Figure 3), which was also the basis for the implementation of planned biological works to prevent erosion processes. A large part of erosion control afforestation in the investigated area was carried out in the late 1950s and early 1960s (Braunović 2013). Beneficial effects of biological works were evident

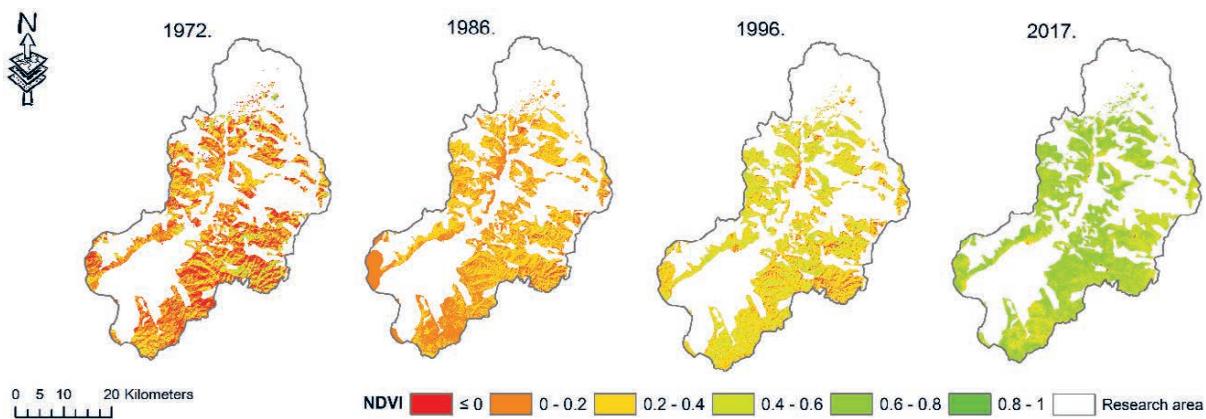


Figure 2. Changes NDVI index values during the studied period

Slika 2. Promjene vegetacijskog indeksa normalizirane vrijednosti tijekom ispitivanog razdoblja

apparent after a longer period. Due to the gradual and slow development of protective vegetation cover, it is impossible to notice the full effects of the performed works on the NDVI from 1972. The map of the distribution of excessive and intensive erosion from 1970 (Figure 3) confirms the spatially extensive representation of bare land and areas with very low vegetation cover (Figure 2).

Low values of the NDVI index indicate bare soil areas and/or areas where sparse vegetation is present (Table 1) (Aquino et al., 2017). The high intensity of the erosion process in the studied area in the past correlates with the vegetation cover condition (Figures 2 and 3). In 1972, over 55 % of the area was in the classes of the bare soil and very low vegetation cover (Figure 4). Simultaneously, about 50 % of the area was in the categories of excessive and intensive erosion (Table 2). According to Yansui et al., 2015 vegetation cover plays a significant role in protecting soil from erosion. Areas with low values of NDVI index completely coincide with the areas in excessive erosion category, according to the erosion map (Figure 2 and 3) in 1970.

According to Wang et al. (2008), afforestation is the most efficient measure of vegetation restoration and erosion control. Over time, as a result of afforestation in Grdelica Gorge and Vranjska Valley, the situation changes by reducing the presence of areas in the classes very low and low vegetation coverage at the expense of classes moderately low to moderately high vegetation coverage (Figure 2 and 4). In 1986 changes in the percentage distribution of areas with higher NDVI index values were observed, in relation to 1972 (Figure 2 and 4). Namely, during the 1980s, the positive effects of biological works became more noticeable. In 1986, there was a slight increase in areas with very low and low vegetation coverage, while bare lands were less represented. When compared vegetation coverage in 1996 with the previous period (1986) there was a decrease in the area in the low class, and significantly increased the area in the class moderately low (about 30 %). After the performed biological works, there is a change in the extent of vegetation cover. More precisely, with the formation of vegetation cover, the classes of lower coverage pass over time into higher coverage classes. In 2017,

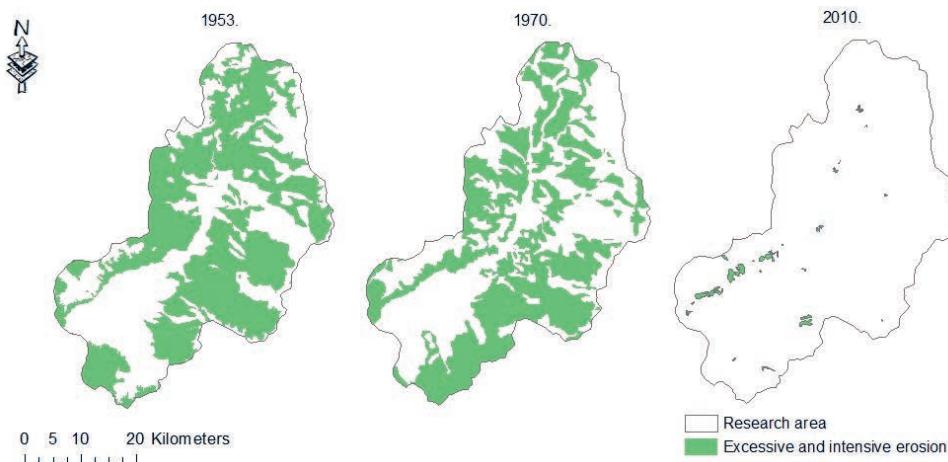
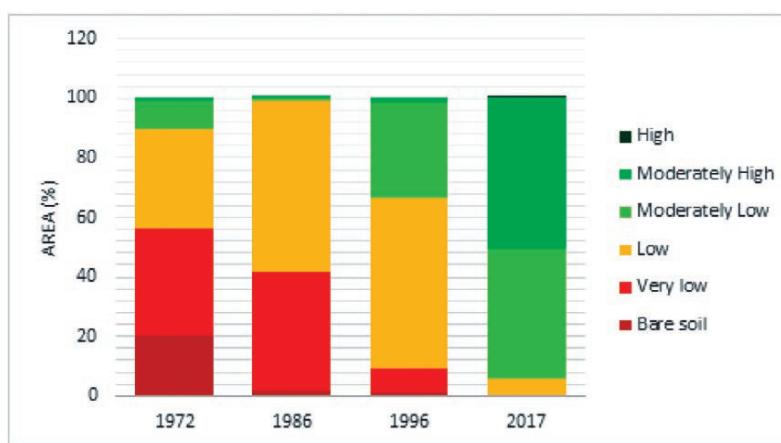


Figure 3. Representation of excessive and intensive erosion (Braunović 2013)

Slika 3. Rasprostranjenost prekomjerne i jake erozije (Braunović 2013)

**Figure 4.** Percentage change of vegetation (NDVI)

Slika 4. Postotna promjena vegetacije (NDVI)

the change was even more noticeable, where moderately low and moderately high classes occupy the most significant part of the research area. Also, Figure 4 shows that in 2017 there is no classes of bare land, as well as very low vegetation coverage. According to Kostadinov et al. (2018), areas under forests increased by 21.77 % from 1953 to 2016, and areas occupied by meadows and pastures by 17.64 %.

Restored forest vegetation in Grdelica Gorge and Vranjska Valley proved to be one of the most effective types of soil erosion protection because it reduces or eliminates runoff that leads to erosion (Lukić and Dožić 2012; Lukić et al., 2015; Perović 2015; Perović et al., 2018). The trend of increasing the area under vegetation, and at the same time decreasing the erosion process. During the time (from the 1980s till the present), the intensity of erosion decreases (Kostadinov et al., 2018). In 2010, less than 1 % of the surface was in the classes of excessive and intensive erosion (Table 2). Studies done in small catchment areas on a Loess Plateau in China show that soil erosion is inversely propor-

tional to vegetation cover presents (Zhou et al., 2006; Zheng 2006; Zhao et al., 2013a; Zhao et al., 2013b; Zhao et al., 2018). The same studies also have found that 40 % of vegetation cover reduces soil erosion by 62 %, and 54 % of vegetation cover reduces erosion processes by 80 % (Wang et al., 2015). The trend of reducing bare land areas, i.e., increasing the area under vegetation cover in Grdelica Gorge and Vranje Valley, is observed from the 1980s until today (Kostadinov et al., 2018).

This research confirms that biological works can significantly influence the improvement of the vegetation cover condition as one of the leading carriers of anti-erosion protection. Besides, the research results show that remote sensing methods can be effectively applied to analyze the effects of performed biological works.

CONCLUSION ZAKLJUČAK

In Grdelica Gorge and Vranjska Valley, the research results indicate the success of the integrated watershed management works and measures through reduction of the erosion intensity. The state of vegetation cover for 1972, 1986, 1996, and 2017 was determined based on the remote sensing data. The assessment of the state of vegetation for the mentioned periods was determined using the NDVI index. Based on the vegetation cover analysis from 1972, about 20 % of the investigated area was occupied by bare soil, while the majority part belongs to the class of very low and low vegetation coverage. The success of biological works can be noticed as early as 1986 when bare soils occupy minimal values, and the area with low vegetation coverage has significantly increased. The growth trend of vegetation coverage continues in 1996. Also, in 2017, the most noticeable change was compared to previous years, where the largest percentage of the area is moderately high and moderately

Table 2. Percentage of the area affected by erosion processes expressed by erosion coefficient (Zsr) for 1953, 1970, and 2010. (Braunović 2013)

Tablica 2. Postotak područja zahvaćenih erozijskim procesima izraženim koeficijentom erozije (Zsr) za 1953., 1970. i 2010. (Braunović 2013)

Erosion Category Kategorija erozije	Erosion Intensity Intezitet erozije	Erosion coefficient Koeficijent erozije (Zsr)	Area Područje (%)		
			1953.	1970.	2010.
I	Excessive erosion Preterjana erozija	1.25	28.44	11.37	0.14
II	Intensive erosion Intenzivna erozija	0.85	31.45	38.11	0.75
III	Medium erosion Srednja erozija	0.55	25.51	10.13	7.46
IV	Weak erosion Slaba erozija	0.30	1.87	13.76	45.21
V	Very weak erosion Vrlo slaba erozija	0.10	12.73	26.63	41.30

low vegetation coverage. According to the obtained results of the presented research, it can be concluded that the performed biological works within the integrated watershed management of torrent catchments in Grdelica gorge and Vranjska valley significantly contributed to the improvement of the vegetation cover and prevention of erosion processes and showed a positive effect.

REFERENCE LITERATURA

- Amini S., B. Rafiei, S. Khodabakhsh, M. Heydari, 2010: Estimation of erosion and sediment yield of Ekbatan Dam drainage basin with EPM, using GIS, Iranian Journal of Earth Sciences, Vol. (2): 173 – 180, Mashhad
- An C., F. Jianrong, Y. Zhang, D. Yan, 2018: Characterizing the responses of vegetation to climate change in the Tibet Plateau using remote sensing data. *Journal Of Applied Remote Sensing*. Vol. (12): 016035-1 – 016035-13, Bellingham
- Aquino D. N., O. C. Rocha, M. A. Moreira, T. A. Santos, E. M. Andrade, 2017: Use of remote sensing to identify areas at risk of degradation in the semi-arid region, *Revista Ciência Agronômica*, Vol. (49): 420-429, San Paulo
- Barka I., P. Lukeš, T. Bucha, T. Hlásny, R. Strejček, M. Mlčoušek, S. Kříštek, 2018: Remote sensing-based forest health monitoring systems – case studies from Czechia and Slovakia. *Central European Forestry Journal*, Vol. (64): 259–275, Warsaw
- Bhagat V. S., 2009: Use of Landsat ETM+ data for detection of potential areas for afforestation, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. (30): 2607 – 2617, London
- Blinkov I., S. Kostadinov, I. Marinov, 2013: Comparison of erosion and erosion control works in Macedonia, Serbia and Bulgaria, *International Soil and Water Conservation Research*, Vol. (1): 15–28, Beijing
- Borisavljević A., S. Kostadinov, 2012: Integrated River Basin Management of Južna Morava River, *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, Vol. (92): 135 – 160, Belgrade
- Braunović S., 2013: Efekti protiverozionih radova na stanje erozije u Grdeličkoj klisuri i Vranjskoj kotlini, *Disertacija (Doktorska)*, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, (S., str. 514)
- Campbell J. B., R. H. Wynne, 2011: Introduction of Remote Sensing, The Guilford Press, 662 p., New York
- Canadian Council of Ministers of the Environment – CCME, 2016: Summary of integrated watershed management approaches across Canada, pp. 27, Canada
- Dragičević N., B. Karleuša, N. Ožanić, 2018: Modification of erosion potential method using climate and land cover parameters, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, Vol. (9): 1085 – 1105, London
- Durán Z. V. H., P. C. R. Rodríguez, 2008: Soil-Erosion and Runoff Prevention by Plant Covers: A Review, *Agronomy for Sustainable Development*, Vol. (28): 65–86, Paris
- Gavrilović S., 1972: Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, Izgradnja, Specijalno izdanje, 229 str., Beograd
- Jiang Z., Huete A. R., Chen J., Chen Y., Li J., Yan G., Zhan X., 2006: Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment* 101, pp. 366-378
- Kostadinov S., 2008: Bujice i erozija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, 501 str., Beograd
- Kostadinov S., S. Braunović, S. Dragičević, M. Zlatić, N. Dragović, N. Rakonjac, 2018: Effects of Erosion Control Works: Case Study – Grdelica Gorge, the South Morava River (Serbia). *Water* 2018, Vol (10): 1094, Basel
- Kumari B., A. C. Pandey, A. Kumar, 2020: Remote Sensing approach to evaluate anthropogenic influences on Forest Cover of Palamau Tiger Reserve, Eastern India. *Ecological Process*, Vol. (9): 1 – 11, Michigan
- Lukić S., 2013: Meliorativni efekti protiverozionih pošumljavanja na području Grdeličke klisure i Vranjske kotline, *Disertacija (Doktorska)*, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, (S., str. 227)
- Lukić S., D. Pantić, S. Belanović Simić, D. Borota, B. Tubić, M. Đukić, D. Djunisijević-Bojović, 2015: Effects of black locust and black pine on extremely degraded sites 60 years after afforestation – a case study of the Grdelica Gorge (southeastern Serbia), *iForest*, Vol. (9): 235 – 243, Viberto
- Lukić S., S. Dožić, 2012: Effects of diverse ameliorative afforestation methods on soil loss in the Grdelička gorge and Vranjska valley, *International Conference: Land Conservation – LAND-CON 1209 Conference abstracts* p. 80, Donji Milanovac
- Nemanjić R. R., S. W. Running, R. A. Pielke, T. N. Chase, 1996: Global vegetation cover changes from coarse resolution satellite data, *Journal of Geophysical Research*, Vol. (101): 7157 – 7162, Chichester
- Perović V., 2015: Procena potencijalne erozije zemljišta primenom USLE i PESERA modela na području sliva akumulacije Prvonek, *Disertacija (Doktorska)*, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, (V., str. 180)
- Perović V., R. Kadović, V. Đurđević, S. Braunović, D. Čakmak, M. Mitrović, P. Pavlović, 2018: Effects of changes in climate and land use on soil erosion: a case study of the Vranjska Valley, Serbia, *Regional Environmental Change*, Vol. (19): 1035 – 1046, Heidelberg
- Petković V., 1981: Vodoprivredna organizacija „Erozija“ u Vladičinom Hanu u borbi protiv erozije zemljišta u Grdeličkoj klisuri i Vranjskoj kotlini, *Šumarstvo*, Vol. (5-6): 51 – 68, Beograd
- Pitt D. G., R. G. Wagner, R. J. Hall, D. J. King, D. G. Leckie, U. Runesson, 1997: Use of remote sensing for forest vegetation management: A problem analysis, *The Forestry Chronicle*, Vol. (73): 459 – 477, Mattawa
- RHMZ, 2011: Meteorološki godišnjak, Republički Hidrometeorološki zavod Srbije, Beograd, Srbija
- Richards D. R., R. N. Belcher, 2019: Global Changes in Urban Vegetation Cover, *Remote Sensing* 2020, (Vol. 12): 4217 – 4239, Basel
- Ristić R., M. Ljujić, J. Despotović, V. Aleksić, B. Radić, Z. Nikić, V. Milčanović, I. Malušević, J. Radonjić, 2013: Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use change, Case study of the experimental Dičina river watershed, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. (8): 91 – 98, Baia Mare
- Tošić R., S. Dragičević, N. Lovrić, 2012: Assessment of soil erosion and sediment yield changes using erosion potential model, Case study: Republic of Srpska (BiH), *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol. (7): 147 – 154, Baia Mare
- Wang F., Z. Wang, Z. Yang, X. Ji, 2008: Vegetation succession process induced by reforestation in erosion areas, *Frontiers of Forestry in China*, Vol. (3): 279-285, Beijing
- Wang G., S. Mang, H. Cai, S. Liu, Z. Zhang, L. Wang, J. L. Innes, 2016: Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends, *Journal of Forestry Research*, Vol. (27): 967–994, Harbin

- Wang Z. Y., J. H. W. Lee, C. S. Melchine, 2015: River Dynamics and Integrated River Management, Tsinghua University, Springer, 855 p., Heidelberg
- Wu D., H. Wu, X. Zhao, T. Zhou, B. Tang, W. Zhao, K. Jui, 2014: Evaluation of Spatiotemporal Variations of Global Fractional Vegetation Cover Based on GIMMS NDVI Data from 1982 to 2011, *Remote Sensing* 2014, Vol. (6): 4217 – 4239, Basel
- Xiao J., F. Chevallier, C. Gomez, L. Guanter, J. A. Hicke, A. R. Huete, K. Ichii, W. Ni, Y. Pang, A. F. Rahman, G. Sun, W. Yuan, L. Zhang, X. Zhang, 2019: Remote sensing of the terrestrial carbon cycle: A review of advances over 50 years. *Remote Sensing of Environment*, Vol. (233): 111383, London
- Xiao Q., J. Tao, Y. Xiao, F. Qian, 2017: Monitoring vegetation cover in Chongqing between 2001 and 2010 using remote sensing data, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. (189): 493, Heidelberg
- Xie Y., Z. Sha, M. Yu, 2008: Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review, *Journal of Plant Ecology*, Vol. (1): 9 – 23, Oxford
- Yansui L., G. Yanjun, L. Yurui, L. Yuheng, 2015: GIS – based Effect Assessment of Soil Erosion Before and After Gully Land Consolidation: A Case Study of Wangjiagou Project Region Loess Plateau, *Chinese Geographical Science*, Vol. (25): 137 – 146, Heidelberg
- Zhang M., B. Wu, M. Yu, W. Zou, Y. Zheng, 2014: Crop Condition Assessment with Adjusted NDVI Using the Uncropped Arable Land Ratio, *Remote Sensing* 2014, Vol. (6): 5774 – 5794, Basel
- Zhao G., X. Mu, Z. Wen, F. Wang, P. Gao, 2013a: Soil erosion, conservation, and eco-environment changes in the loess plateau of China, *Land Degradation & Development*, Vol. (24): 499 – 510, New York
- Zhao H., H. He, J. Wang, C. Bai, C. Zhang, 2018: Vegetation Restoration and Its Environmental Effects on the Loess Plateau, *Sustainability*, Vol. (10): 4676, Basel
- Zhao X., X. Chen, J. Huang, P. Wu, M. J. Helmers, 2013b: Effects of vegetation cover of natural grassland on runoff and sediment yield in loess hilly region of China, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. (94): 497 – 503, New York
- Zheng F., 2006: Effect of Vegetation Changes on Soil Erosion on the Loess Plateau, *Pedosphere*, Vol. (16): 420 – 427, London
- Zhou Z. C., Z. P. Shangguan, D. Zhao, 2006: Modeling vegetation coverage and soil erosion in the Loess Plateau Area of China, *Ecological Modelling*, Vol. (198): 263 – 268, London
- Zorn M., Komac B., 2008: Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 years (Julian Alps, Western Slovenia), *Revista de geomorfologie*, Vol. (11): 39 – 47, Bucharest
- <https://earthexplorer.usgs.gov/>

SAŽETAK

Područje Grdeličke klisure i Vranjske doline (slika 1) je zbog specifičnih prirodnih i socijalno-ekonomskih prilika u prošlosti bilo ugroženo procesima prekomjerne erozije. Sredinom prošloga stoljeća zabilježene su bujične poplave s izraženim destruktivnim učinkom. S ciljem ublažavanja negativnih učinaka bujičnih poplava i erozionih procesa na ovom području, prvi put u Republici Srbiji, u okviru integrirane regulacije, izvedeni su brojni biološki i tehnički radovi i određene administrativne mjere. Za ovo područje izrađena je karta erozije (1953.) (slika 3), koja je bila polazna točka za planirano izvođenje protuerozijskih radova. Cilj ovoga rada je analizirati učinke izvedenih bioloških radova metodama daljinskog istraživanja.

Velik dio protuerozijskog pošumljavanja na istraženom području proveden je krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina prošloga stoljeća. Za analizu učinaka bioloških mjera protuerozijskog pošumljavanja u istraživanju korišteni su podaci dobiveni metodama daljinskog istraživanja. Iz satelitskih snimaka za 1972., 1986., 1996. i 2017. izračunat je vegetacijski indeks normalizirane vrijednost (NDVI) koji pokazuje stanje vegetacije (slika 2), koja je u kontekstu zaštite tla od erozionih procesa najvažnija komponenta. Razdvajanje klase vegetacijskog pokrivača na istraženim površinama provedeno je na temelju klasifikacije prikazane u tablici 1. Obrada satelitskih snimaka, izračun indeksa vegetacije i prostorna analiza izvedena je pomoću programskog paketa ArcMap 10.8.1 (ESRI, Redlands, CA).

Kako se pozitivni učinci bioloških radova mogu primijetiti tek nakon duljeg razdoblja, a zbog postupnog i sporog razvoja zaštitnog vegetacijskog pokrova na snimci 1972. godine, nije moguće primijetiti pune učinke radova izvedenih pedesetih godina prošloga stoljeća. Stoga je 1972. godina uzeta kao nulto stanje. Sljedeće promatrane godine (1986.) primjećene su promjene u postotnoj raspodjeli područja s višim vrijednostima indeksa NDVI. Na temelju analize NDVI primijećen je značajan porast površina pokrivenih vegetacijom. Trend povećanja površine pod vegetacijom, a istodobno i smanjenja procesa erozije, primijećen je i 1996. godine (slika 4). U usporedbi pokrivenosti vegetacije 1996. godine s prethodnim razdobljem (1986.) došlo je do smanjenja površine u nižoj klasi i značajno povećanja površine u klasi umjereno niske (oko 30%). Na kraju proučenog razdoblja 2017. godine, najzastupljenija su područja s umjereno niskim, umjereno visokim i visokim pokrivanjem vegetacije. Upravo takav trend povećanja površina pod vegetacijom utjecao je na smanjenje erozijskih procesa, što potvrđuje činjenica da je koeficijent erozije za 2010. godinu iznosio $Z_{sr} = 0,24$ (tablica 2). Prema dobivenim rezultatima provedenih istraživanja, može se zaključiti da su izvedeni biološki radovi u okviru cjelovitog uređenja bujičnih bazena značajno pridonijeli poboljšanju vegetacijskog stanja i prevenciji erozionih procesa te pokazali pozitivan učinak.

Priopćenje za javnost br. 6

München, 14. listopada 2021

Potvrda razine posljednji put viđene 2018. unatoč krizi s koronavirusom

INTERFORST 2022 na svom najboljem putu

Dobrih devet mjeseci prije otvaranja, INTERFORST, koji će se održati od 17. do 20. srpnja 2022. na izložbenom prostoru u Münchenu, donosi vrlo pozitivan privremeni zaključak. Nadolazeće izdanje vodećeg međunarodnog sajma šumarstva i šumarske tehnologije stoga je u mogućnosti održati rekordnu razinu iz 2018. znanstvenim događanjima i praktičnim specijalnim emisijama unatoč nemogućnostima vezanim za pandemiju.

Priopćenje za javnost



INTERFORST 2022 na svom najboljem putu

Pritisnite Kontakt INTERFORST

Sabine Wagner

Telefon: +49 89 949-20208

sabine.wagner@messe-muenchen.de

Silvia Hendricks

Telefon: +49 89 949-21483

silvia.hendricks@messe-muenchen.de

THE EFFECTS OF DIFFERENT FACTORS ON PROPAGATION BY HARDWOOD CUTTINGS OF SOME CONIFEROUS ORNAMENTAL PLANTS

UTJECAJ RAZLIČITIH ČIMBENIKA NA RAZMNOŽAVANJE ZRELIM REZNICAMA NEKIH CRNOGORIČNIH UKRASNIH BILJAKA

Deniz GÜNEY¹, Ali BAYRAKTAR^{1,2}, Fahrettin ATAR¹ and İbrahim TURNA¹

SUMMARY

Chamaecyparis lawsoniana ‘Ellwoodii’, *Cryptomeria japonica* ‘Elegans’ and *x Cupressocyparis leylandii* have great importance in terms of usage areas as ornamental plant. The overcoming the problem, that may be encountered in generative propagation of these taxa, using vegetative propagation method are very important for producers dealing with park and garden works. It was investigated that the effects of different greenhouse medium, rooting medium and phytohormones on propagation by hardwood cutting of studied taxa. In this study, three greenhouse medium (Greenhouse-1, 2 and 3 medium), two rooting medium (perlite and peat) and four phytohormones (IBA 1000, IBA 5000, NAA 1000 and NAA 5000 ppm) were selected. The first root and callus formation dates, rooting percentage, callus percentage, root length and the number of roots were determined. The results showed that the highest rooting percentages for *C. lawsoniana* ‘Ellwoodii’ were obtained as 100% in peat rooting medium (IBA 1000 ppm) at Greenhouse-2 medium and Greenhouse-3 medium and perlite rooting medium (control) at Greenhouse-3 medium. On the other hand, the highest rooting percentages for *C. japonica* ‘Elegans’ were obtained as 100% in IBA 1000, IBA 5000 and NAA 1000 ppm treatments at Greenhouse-1 medium, while this value for *x C. leylandii* occurred in NAA 5000 ppm treatment (73.33%) at Greenhouse-2 medium, in perlite rooting medium for both. The conditions required for the best rooting in cutting propagation vary according to the species studied, and generally, auxin applications, rooting medium temperature 5 °C higher than air temperature and use of perlite rooting medium can be recommended.

KEY WORDS: Cutting propagation, greenhouse medium, rooting medium, auxin, rooting percentage

1. INTRODUCTION

1. UVOD

Belonging to Cupressaceae family, Port-Orford cedar (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl.) is famous for its great diversity of cultivars which are frequently used in parks and gardens due to the high ornamental qualities (Dirr, 1990; Mamikoğlu, 2015). Japanese cedar or cryptomeria (*Cryptomeria japonica* D. Don), a coniferous evergreen indigenous to Japan and southern China, is a mem-

ber of Taxodiaceae family (Maity and Moktan, 2019). The species thrives in rich, deep, acidic, moist soil but will tolerate heavy clay during dry and wet periods (Dirr, 1990). Since Japanese cedar has a lot of cultivars, it has a wide range of ornamental characteristics and usage areas (Jull et al., 1994). Leyland cypress (*x Cupressocyparis leylandii* Dallim. and A. B. Jackson) is an inter-generic hybrid between macrocarpa cypress (*Cupressus macrocarpa* Hartweg) and Nootka cypress (*Chamaecyparis nootkatensis* (D. Don)

¹ Prof. Dr. Deniz Güney, Research Assistant Ali Bayraktar, Dr., Fahrettin Atar, Prof Dr. Fahretin Turna, Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Karadeniz Technical University, 61080, Trabzon, Turkey

² Ali Bayraktar, Corresponding author: alibayraktar@ktu.edu.tr; tel: +90 (462) 377 2868

Spach), and was first found in Leighton park in Wales, where these two species are found (Lindstrom et al., 1997). The species is very popular in the United Kingdom and the European continent, therefore, it can frequently have seen as an ornamental tree in parks and gardens as well as in windbreaks (Blythe, 1989). Leyland cypress which can tolerate various habitat conditions, is a rapidly-growing evergreen tree when young, even on poor soils, and, ultimately, reaching 30 m in height (Lindstrom et al., 1997). The existence of the problems (heterozygosity, infertile seeds and etc.) encountered in the generative propagation of these species, which are of high importance as ornamental plants, reveals the necessity to try different production techniques. In addition, since these species are frequently used in landscape works, parks and gardens, the production of these species in the desired form and quality can be achieved by vegetative propagation. Hence, it is necessary to investigate the vegetative propagation methods of these species for sustainable use.

Because the effectiveness of nursery management is seriously affected by delay in germination, alternative planting materials are required (Akinyele, 2010). Vegetative propagation method might be an excellent alternative for plant production, especially for species that have seminal propagation limitations (Oliveira and Ribeiro, 2013), because of the advantages such as planting uniformity, higher productivity, lower costs, and, above all, year-round plantlet production (Wendling et al., 2016). Vegetative propagation of plants by stem cuttings is one of the most common used to produce new plants. Stem cuttings can be classified as four groups to be hardwood, semi-hardwood, softwood and herbaceous (Hartmann et al., 2002). The method is considered one of the most important plant propagation technique since it is economically viable, simple and fast (Stuepp et al., 2018). There are a lot of factors that can affect the rooting potential of stem cuttings. The induction of roots is a process regulated by environmental and endogenous factors such as plant species, maturity, time of year, specific cultivar needs, the source, position, and type of cutting taken, juvenility and condition of stock plant, wounding or leaf removal, bottom heat, temperature, light, plant growth regulators (especially auxin), carbohydrates, mineral salts and other molecules (Hartmann et al., 2002; Gehlot et al., 2014).

Although plants naturally have the necessary substances for root and shoot formation in the vegetative propagation method (Hartmann et al., 2002), most plants require specific chemicals (growth regulators, mineral components, etc.) for the initiation of cell differentiation and root meristem formation (Erst et al., 2018). Auxins, one of the plant growth regulator, are efficient inducers of adventitious roots in many woody species (De Klerk et al., 1999). They control growth and development including main root formation,

lateral and adventitious root initiation (Stoeckle et al., 2018; Guan et al., 2019). IBA (indole-3-butyric acid), IAA (indole-3-acetic acid) and NAA (α -naphthalene acetic acid) can be stated as the widely used sources of auxins for rooting of cuttings (Fogaça and Fett-Neto 2005). Moreover, Singh et al. (2018) reported that IBA and NAA are still the most widely used auxins for rooting stem cuttings. On the other hand, rooting medium is one of the most important factors for rooting status in cutting propagation (Abebe, 2017; Singh and Chauhan, 2020). In addition, Galavi et al. (2013) reported that good growth medium provides a reservoir for plant nutrients, hold plant available water, and provide a means for gas exchange and good anchorage for the plants. In cutting propagation, perlite and peat are the most commonly used rooting medium. Perlite, which is mostly used by growers as rooting substrates, has moisture retention and good aeration characteristics, sterility and light weight (Hartmann et al., 2002). On the other hand, peat is an organic material generally used in greenhouse cultivation, floriculture, seedling production and similar horticultural works all over the world (Çolak and Güney, 2011). The hypothesis of the study is that there are differences in terms of different greenhouse medium, rooting medium and hormones on propagation by hardwood cuttings of *Chamaecyparis lawsoniana* 'Ellwoodii', *Cryptomeria japonica* 'Elegans' and *x Cupressocyparis leylandii*. Thanks to discover the optimum propagation conditions, the study can guide producers in the process of these taxa's production.

2. MATERIAL AND METHOD

2. MATERIJALI I METODE

Hardwood cuttings taken on March 10, 2016 from the last annual shoots of *Chamaecyparis lawsoniana* 'Ellwoodii', *Cryptomeria japonica* 'Elegans' and *x Cupressocyparis leylandii* stock plants located in Karadeniz Technical University (KTU) Kanuni Campus were used as study material in the present study that was conducted in The Research and Application Greenhouse at Faculty of Forestry, KTU. Cutting materials were obtained from single stock plants of 30 years old for each taxon in order to eliminate genetic variation.

This study was carried out in three greenhouse medium with different conditions using perlite and peat rooting medium. These are Greenhouse-1 medium (GM-1; air temperature at $20\pm2^{\circ}\text{C}$, rooting table temperature at $20\pm2^{\circ}\text{C}$), Greenhouse-2 medium (GM-2; air temperature at $20\pm2^{\circ}\text{C}$, rooting table temperature at $25\pm2^{\circ}\text{C}$) with technological systems, where temperatures are adjusted with an automation system, and Greenhouse-3 medium (GM-3) that is nylon tunnel greenhouse medium without temperature adjustment. Since no temperature regulation was made in Greenhouse-3 medium, the temperature measure-

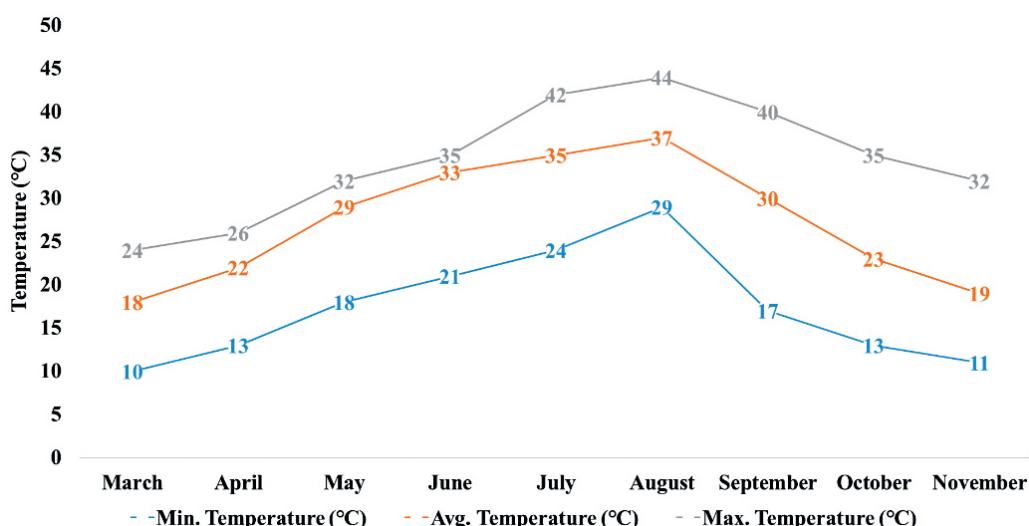


Figure 1. The course of average monthly substrate temperatures in Greenhouse-3 media

Slika 1. Tijek prosječnih mjesecnih temperatura supstrata u Stakleniku-3

ments were taken three times a day (morning, noon and evening) with a thermometer until completion of the study. Monthly temperatures determined in Greenhouse-3 medium are given in Figure 1.

Within the scope of the study, Indole-3-Butyric Acid (IBA) and α -Naphthalene Acetic Acid (NAA) were selected among auxin group hormones in order to encourage the rooting of the cuttings. The phytohormones (PH) prepared in 1000 and 5000 ppm doses were applied to the cuttings in each greenhouse medium (GM) and rooting medium (RM). At this stage, while the cuttings were transferred to the rooting medium, the bottom of the cuttings prepared with a length of 10-12 cm were dipped in powdered hormone prepared in the determined doses. The study was set up to be three replications using "randomised complete block design". For each taxon (*Chamaecyparis lawsoniana* 'Ellwoodii', *Cryptomeria japonica* 'Elegans' and *x Cupressocyparis leylandii*), a total of 900 cuttings were planted to rooting including 720 treatment cuttings (1 taxon x 2 hormones x 2 doses x 3 greenhouse medium x 2 rooting medium x 10 cuttings x 3 replications) and 180 control cuttings (1 taxon x 3 greenhouse medium x 2 rooting medium x 10 cuttings x 3 replications). In addition, on the planted cuttings, the first callus and first root formation dates, rooting percentage (RP), callus percentage (CP), root length (RL) and the number of roots (RN) were determined.

Statistical analysis: Variance analysis and Duncan test were conducted on the obtained data using IBM SPSS 23 statistical program. Analysis of variance (univariate) was used to determine the effects of different greenhouse medium, rooting medium and hormones on measured parameters. Additionally, Duncan test was made to determine the groups that were found in terms of hormones and greenhouse medium for RP, CP, RL and RN.

3. RESULTS

3. REZULTATI

Chamaecyparis lawsoniana 'Ellwoodii' cuttings at the end of 106 days, *Cryptomeria japonica* 'Elegans' cuttings at the end of 109 days and *x Cupressocyparis leylandii* cuttings at the end of 213 days were removed from the whole rooting medium. After 25 days from planting for *C. lawsoniana* 'Ellwoodii', the first callus formations were determined in IBA 1000, IBA 5000, NAA 1000 and NAA 5000 ppm treatments in perlite rooting medium at GM-2, and also in control, NAA 1000 and NAA 5000 ppm treatments in peat rooting medium at GM-2. The first root formations (after 35 days from planting) of *C. lawsoniana* 'Ellwoodii' occurred in IBA 1000, IBA 5000 ppm treatments in peat rooting medium at GM-2. For *C. japonica* 'Elegans', it is determined that the first callus formation occurred at the end of 22 days in IBA 1000, IBA 5000, NAA 1000 and NAA 5000 ppm treatments in perlite rooting medium at GM-2, and the first root formation occurred in IBA 5000 and NAA 5000 ppm treatments after 34 days from planting in the same greenhouse and rooting medium. For *x Cupressocyparis leylandii*, the first callus formation occurred at the end of 29 days in perlite rooting medium at GM-1 (NAA 1000 and NAA 5000 ppm) and GM-2 (IBA 5000 ppm), and in peat rooting medium at GM-3 (NAA 1000 and NAA 5000 ppm). The first root formation occurred at the end of 36 days in NAA 5000 ppm treatment in perlite rooting medium at GM-2. On the rooted cuttings of studied taxa, rooting percentage, callus percentage, root length and the number of roots are given in Table 1 and Table 2 depending on the effects of the different greenhouse medium, rooting medium and hormones.

The highest rooting and callus percentages obtained in different greenhouse, rooting medium and hormones differ depending on the taxa studied. Accordingly, the highest

Table 1. Rooting and callus percentages of studied taxa

Tablica 1. Postotak ukorjenjivanja i kalusa istraživanih svojti

GM (SS)	RM (SU)	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Ellwoodii'		<i>Cryptomeria japonica</i> 'Elegans'		<i>x Cupressocyparis leylandii</i>		
		PH (F)	RP (%) (PZ)	CP (%) (PK)	RP (%) (PZ)	CP (%) (PK)	RP (%) (PZ)	
Greenhouse-1 Media Supstrat Staklenika-1	Perlite Perlit	Control Kontrola	63.33	23.33	96.67	0.00	26.67	53.33
		IBA 1000	80.00	13.33	100.00	0.00	16.67	63.33
		IBA 5000	90.00	6.67	100.00	0.00	23.33	50.00
		NAA 1000	73.33	16.67	100.00	0.00	16.67	60.00
		NAA 5000	86.67	6.67	96.67	3.33	10.00	50.00
	Peat Treset	Average Prosjek	78.67	13.33	98.67	0.67	18.67	55.33
		Control Kontrola	83.33	13.33	43.33	46.67	20.00	40.00
Greenhouse-2 Media Supstrat Staklenika-2	Perlite Perlit	IBA 1000	96.67	6.67	53.33	36.67	30.00	36.67
		IBA 5000	93.33	0.00	63.33	26.67	3.33	20.00
		NAA 1000	93.33	3.33	70.00	26.67	26.67	23.33
		NAA 5000	93.33	3.33	60.00	30.00	13.33	43.33
		Average Prosjek	92.00	5.33	58.00	33.34	18.67	32.67
	Peat Treset	Control Kontrola	53.33	46.67	80.00	6.67	43.33	43.33
		IBA 1000	90.00	10.00	60.00	13.33	40.00	40.00
Greenhouse-3 Media Supstrat Staklenika-3	Perlite Perlit	IBA 5000	83.33	16.67	83.33	6.67	53.33	30.00
		NAA 1000	93.33	6.67	80.00	10.00	63.33	23.33
		NAA 5000	90.00	10.00	70.00	13.33	73.33	20.00
		Average Prosjek	82.00	18.00	74.67	10.00	54.66	31.33
		Control Kontrola	90.00	3.33	50.00	20.00	33.33	23.33
	Peat Treset	IBA 1000	100.00	0.00	46.67	33.33	50.00	16.67
		IBA 5000	96.67	0.00	63.33	30.00	40.00	33.33
	Perlite Perlit	NAA 1000	90.00	10.00	46.67	30.00	43.33	23.33
		NAA 5000	93.33	6.67	70.00	13.33	30.00	13.33
		Average Prosjek	94.00	4.00	55.33	25.33	39.33	22.00
		Control Kontrola	100.00	0.00	53.33	20.00	23.33	53.33
		IBA 1000	63.33	30.00	60.00	6.67	16.67	66.67
	Peat Treset	IBA 5000	56.67	40.00	83.33	6.67	23.33	53.33
		NAA 1000	63.33	36.67	70.00	16.67	23.33	60.00
		NAA 5000	53.33	46.67	80.00	3.33	6.67	73.33
		Average Prosjek	67.33	30.67	69.33	10.67	18.67	61.33
		Control Kontrola	93.33	3.33	83.33	6.67	50.00	30.00
	Peat Treset	IBA 1000	100.00	0.00	46.67	6.67	33.33	23.33
		IBA 5000	96.67	3.33	50.00	23.33	30.00	36.67
		NAA 1000	100.00	0.00	63.33	33.33	60.00	26.67
		NAA 5000	90.00	10.00	56.67	10.00	66.67	20.00
		Average Prosjek	96.00	3.33	60.00	16.00	48.00	27.33

Table 2. Root length and the number of roots of studied taxa

Tablica 2. Duljina korjena i broj korjena proučavanih svojti

GM (SS)	RM (SU)	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Ellwoodii'		<i>Cryptomeria japonica</i> 'Elegans'		<i>x Cupressocyparis leylandii</i>		
		PH (F)	RL (cm) (DK)	RN (pcs) (BK)	RL (cm) (DK)	RN (pcs) (BK)	RL (cm) (DK)	
Greenhouse-1 Media Supstrat Staklenika-1	Perlite Perlit	Control Kontrola	6.00	8.17	10.52	4.45	15.65	2.63
		IBA 1000	7.73	8.09	11.01	4.43	11.18	2.20
		IBA 5000	6.08	8.00	10.48	4.40	10.71	3.29
		NAA 1000	7.04	8.00	10.66	4.97	9.90	1.80
		NAA 5000	8.54	9.38	10.59	5.07	13.97	1.00
	Peat Treset	Average Prosjek	7.14	8.38	10.65	4.66	12.41	2.39
		Control Kontrola	7.65	10.08	8.43	4.25	6.17	3.17
		IBA 1000	9.13	9.38	8.34	4.50	7.16	2.63
		IBA 5000	11.64	11.14	7.77	4.36	16.20	2.00
		NAA 1000	11.05	9.39	10.91	4.83	6.28	2.63
Greenhouse-2 Media Supstrat Staklenika-2	Perlite Perlit	NAA 5000	11.08	9.56	10.93	4.19	9.53	3.00
		Average Prosjek	10.16	9.90	9.48	4.46	7.37	2.77
	Peat Treset	Control Kontrola	5.28	7.60	8.28	4.70	20.91	3.62
		IBA 1000	7.22	6.96	9.99	4.62	14.70	1.83
		IBA 5000	8.39	9.48	11.69	5.22	14.49	3.00
		NAA 1000	8.10	8.59	9.02	3.91	16.80	3.84
		NAA 5000	9.67	13.62	10.36	4.65	14.78	3.27
	Peat Treset	Average Prosjek	7.94	9.39	9.88	4.62	16.15	3.20
Greenhouse-3 Media Supstrat Staklenika-3	Perlite Perlit	Control Kontrola	7.16	7.00	12.89	4.45	8.47	2.80
		IBA 1000	9.65	10.50	11.05	4.13	9.47	2.60
		IBA 5000	10.25	7.34	13.41	5.00	9.93	3.17
		NAA 1000	10.89	9.93	12.28	3.45	11.62	2.46
		NAA 5000	9.69	9.61	13.54	5.47	8.49	2.00
	Peat Treset	Average Prosjek	9.58	8.92	12.83	4.69	9.74	2.64
		Control Kontrola	7.79	17.03	7.49	3.60	11.83	1.83
		IBA 1000	6.38	11.53	9.14	4.44	11.70	3.00
		IBA 5000	4.95	8.40	10.80	4.52	12.06	1.40
		NAA 1000	6.13	8.94	8.78	5.53	17.43	2.29
	Peat Treset	NAA 5000	5.87	6.46	10.46	6.00	13.95	3.00
		Average Prosjek	6.47	11.62	9.51	4.87	13.67	2.17
		Control Kontrola	9.38	12.18	8.29	4.76	7.81	2.07
		IBA 1000	10.61	14.77	9.89	5.62	10.08	2.44
		IBA 5000	8.46	13.00	7.94	4.30	10.03	2.78
	Peat Treset	NAA 1000	11.38	13.60	8.72	4.80	8.43	3.67
		NAA 5000	9.61	11.67	8.34	5.93	13.72	3.95
		Average Prosjek	9.92	13.08	8.59	5.08	10.23	3.16

Table 3. Variance analysis (univariate) results related to RP, CP, RL and RN
Tablica 3. Retultati univarijantne analize varijace za povezani s PZ, PK, DK i BK

		<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Ellwoodii'		<i>Cryptomeria japonica</i> 'Elegans'		<i>x Cupressocyparis leylandii</i>	
		F	p	F	p	F	p
RP (PZ)	GM (SS)	87.489	0.000**	506.482	0.000**	1505.587	0.000**
	RM (SU)	2103.040	0.000**	3338.336	0.000**	122.500	0.000**
	PH (F)	42.494	0.000**	130.686	0.000**	62.234	0.000**
	GMxRM	185.595	0.000**	533.813	0.000**	965.832	0.000**
	GMxPH	176.844	0.000**	43.881	0.000**	58.280	0.000**
	RMxPH	5.938	0.000**	27.306	0.000**	79.414	0.000**
CP (PK)	GMxRMxPH	145.146	0.000**	163.651	0.000**	142.576	0.000**
	GM (SS)	152.427	0.000**	47.099	0.000**	765.922	0.000**
	RM (SU)	1901.903	0.000**	2051.333	0.000**	2722.335	0.000**
	PH (F)	23.080	0.000**	34.804	0.000**	24.311	0.000**
	GMxRM	229.531	0.000**	413.932	0.000**	285.772	0.000**
	GMxPH	171.526	0.000**	63.118	0.000**	50.550	0.000**
RL (DK)	RMxPH	6.428	0.000**	26.423	0.000**	42.642	0.000**
	GMxRMxPH	147.068	0.000**	57.196	0.000**	74.725	0.000**
	GM (SS)	3.236	0.040*	14.003	0.000**	2.063	0.129
	RM (SU)	195.637	0.000**	0.452	0.502	20.278	0.000**
	PH (F)	11.144	0.000**	1.796	0.128	0.368	0.831
	GMxRM	7.384	0.001**	13.690	0.000**	1.922	0.148
RN (BK)	GMxPH	7.014	0.000**	1.365	0.209	1.087	0.373
	RMxPH	4.669	0.001**	1.863	0.116	1.980	0.098
	GMxRMxPH	2.548	0.010*	1.070	0.382	0.883	0.531
	GM (SS)	30.814	0.000**	1.785	0.169	0.754	0.471
	RM (SU)	16.090	0.000**	0.024	0.876	0.565	0.453
	PH (F)	0.845	0.497	2.230	0.065	0.183	0.947
	GMxRM	7.645	0.001**	0.590	0.555	2.264	0.106
	GMxPH	9.107	0.000**	2.109	0.033*	1.099	0.364
	RMxPH	5.194	0.000**	0.420	0.794	0.101	0.982
	GMxRMxPH	6.817	0.000**	0.815	0.589	1.074	0.382

* $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$ (There is statistically significant difference.)

rooting percentages for *C. lawsoniana* 'Ellwoodii' were obtained as 100% in peat rooting medium at GM-2 (IBA 1000 ppm) and GM-3 (IBA 1000 and NAA 1000 ppm) and perlite rooting medium (control) at GM-3. On the other hand, the highest rooting percentages for *C. japonica* 'Elegans' were obtained as 100% in IBA 1000, IBA 5000 and NAA 1000 ppm treatments in perlite rooting medium at GM-1, while this value for *x C. leylandii* occurred in NAA 5000 ppm treatment (73.33%) in perlite rooting medium at GM-2. When the callus percentages were examined, the highest callus percentages for *C. lawsoniana* 'Ellwoodii' were obtained as 46.67% in perlite rooting medium at GM-2 (control) and GM-3 (NAA 5000 ppm). For *C. japonica* 'Elegans', the highest callus percentage occurring in the control cuttings in peat rooting medium at GM-1 with 46.67%, oc-

curred as 73.33% in NAA 5000 ppm treatment in perlite rooting medium at GM-3 for *x C. leylandii*.

In terms of the longest root length and the highest number of roots, there is again difference depending on greenhouse, rooting medium and hormones. The longest root length for *C. lawsoniana* 'Ellwoodii' were obtained in IBA 5000 ppm (11.64 cm) in peat rooting medium at GM-1. Although the highest number of roots for this taxon was obtained as 17.03 roots in the control cuttings in perlite rooting medium at GM-3, 14.77 roots obtained in the IBA 1000 ppm treatment in the same greenhouse medium were found to be close to this value. For *C. japonica* 'Elegans', the longest root length and the highest number of roots were obtained as 13.54 cm and 6.00 roots in NAA 5000 ppm tre-

Table 4. Duncan test results related to RP, CP, RL and RN

Tablica 4. Rezultati Duncanovog testa za PZ, PK, DK i BK

			RP (%) (PZ)	CP (%) (PK)	RL (cm) (DK)	RN (pcs) (BK)
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> ‘Ellwoodii’	GM (SS)	GM-1 (SS-1)	85.33 b	9.33 c	8.79 a	9.22 b
		GM-2 (SS-2)	88.00 a	11.00 b	8.81 a	9.14 b
		GM-3 (SS-3)	81.67 c	17.00 a	8.53 a	12.50 a
	PH (F)	Control (Kontrola)	80.55 d	15.00 a	7.46 c	10.93 a
		IBA 1000	88.33 a	10.00 c	8.66 b	10.31 ab
		IBA 5000	86.11 b	11.11 bc	8.62 b	9.72 b
		NAA 1000	85.55 bc	12.22 b	9.41 a	9.95 ab
		NAA 5000	84.44 c	13.89 a	9.35 a	10.37 ab
<i>Cryptomeria japonica</i> ‘Elegans’	GM (SS)	GM-1 (SS-1)	78.33 a	17.00 a	10.24 b	4.60 a
		GM-2 (SS-2)	65.00 b	17.67 a	11.09 a	4.64 a
		GM-3 (SS-3)	64.67 b	13.33 b	9.08 c	4.96 a
	PH (F)	Control (Kontrola)	67.78 c	16.67 b	9.27 b	4.43 b
		IBA 1000	61.11 d	16.11 b	9.98 ab	4.61 ab
		IBA 5000	73.89 a	15.56 b	10.60 a	4.66 ab
		NAA 1000	71.67 b	19.45 a	9.97 ab	4.63 ab
		NAA 5000	72.22 b	12.22 c	10.78 a	5.23 a
<i>x Cupressocyparis leylandii</i>	GM (SS)	GM-1 (SS-1)	18.67 c	44.00 a	10.08 b	2.57 a
		GM-2 (SS-2)	47.00 a	26.67 b	13.50 a	2.96 a
		GM-3 (SS-3)	33.33 b	44.33 a	11.11 b	2.90 a
	PH (F)	Control (Kontrola)	32.78 b	40.55 a	12.26 a	2.72 a
		IBA 1000	31.11 c	41.11 a	10.74 a	2.40 a
		IBA 5000	28.89 d	37.22 b	11.86 a	2.86 a
		NAA 1000	38.89 a	36.11 b	12.22 a	3.10 a
		NAA 5000	33.33 b	36.67 b	13.20 a	3.19 a

ments in peat rooting medium at GM-2 and in perlite rooting medium at GM-3, respectively. The longest root length determined in control cuttings (20.91 cm) in perlite rooting medium at GM-2 for *x C. leylandii* was followed by NAA 1000 ppm treatment (16.80 cm) in the same greenhouse and rooting medium. In addition, the highest number of roots related to this taxon was obtained as 3.95 roots in NAA 5000 ppm treatment in peat rooting medium at GM-3. The results of variance analysis (univariate) of GM, RM, H and the interactions of GM x RM, GM x PH, RM x PH and GM x RM x PH in terms of RP, CP, RL and RN regarding the studied taxa are given in Table 3.

When the variance analysis results are examined, there are statistically significant differences ($p<0.01$) in GM, RM, PH and GM x RM, GM x PH, RM x PH and GM x RM x PH interactions of the studied taxa in terms of rooting and callus percentages. As a result of the variance analysis of root length data obtained for *C. lawsoniana* ‘Ellwoodii’, statistical differences at 99% confidence level emerged in terms of RM, PH and GM x RM, GM x PH, RM x PH in-

teractions, and at 95% confidence level emerged in terms of GM and GM x RM x PH interaction. There were statistically significant differences ($p<0.01$) with regard to the number of roots of this taxon in terms of all factors and interactions except H. For *C. japonica* ‘Elegans’, statistical differences were found in GM and GM x RM interaction ($p<0.01$) in terms of root length, and only in GM x PH interaction ($p<0.05$) in terms of root number. While no statistical difference occurred in terms of root number for *x C. leylandii*, there was a statistical difference in terms of root length only in RM at 99% confidence level. The Duncan test results for the groups formed as a result of the statistical differences obtained in terms of RP, CP, RL and RN regarding the taxa studied and the graphs of the relationship between the greenhouse medium, rooting medium and hormones in terms of rooting percentages are given in Table 4 and Figure 2, respectively. The resulting groups have emerged as a result of the combination of the results obtained in perlite and peat rooting medium depending on the greenhouse medium and hormones.

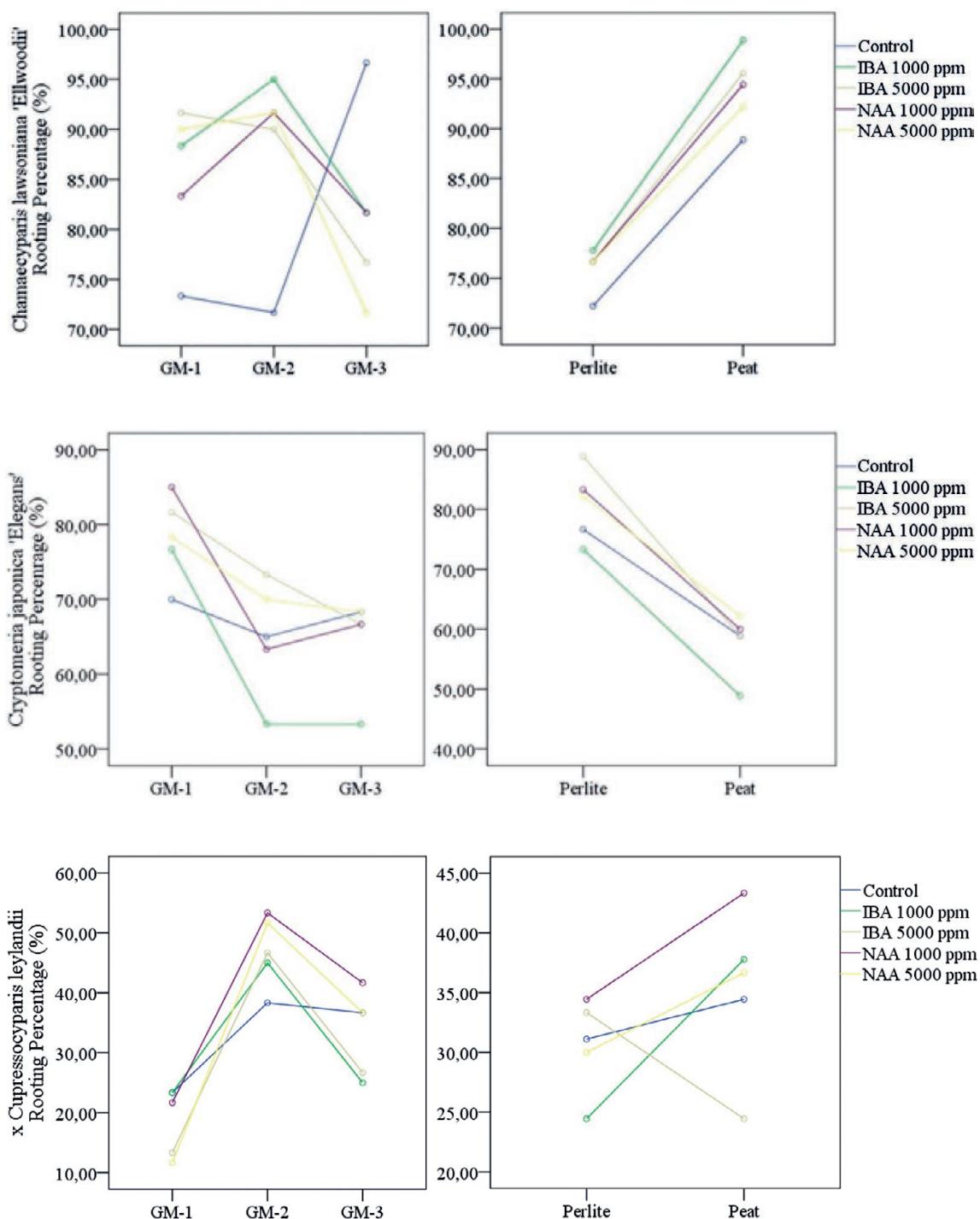


Figure 2. The relationships between the greenhouse media, rooting media and hormones in terms of rooting percentages related to studied taxa
Slika 2. Odnosi između stakleničkih uvjeta, supstrata za ukorjenjivanje i fitohormona u smislu postotka ukorjenjivanja povezanih s istraživanim svojstvima

For *C. lawsoniana 'Ellwoodii'*, there were three different groups in greenhouse medium in terms of RP, while GM-2 formed the first group with the highest value. On the other hand, five different groups occurred in hormones, and while IBA 1000 ppm treatment formed the first group, the control treatment formed the last group. For *C. japonica 'Elegans'*, two different groups emerged in terms of RP, GM-1 alone formed the first group, GM-2 and GM-3 to-

gether formed the second group. In terms of hormones, IBA 5000 ppm treatment formed the first group. For *x C. leylandii*, all three greenhouse medium were in different groups in terms of RP, and GM-2 constituted the first group. Four different groups occurred in hormones. Accordingly, while NAA 1000 ppm treatment formed the first group, IBA 5000 ppm treatment formed the last group.

4. DISCUSSION

4. RASPRAVA

As a result of the study investigating the effects of the greenhouse medium, rooting medium and hormones on the propagation by hardwood cuttings of *Chamaecyparis lawsoniana* 'Ellwoodii', *Cryptomeria japonica* 'Elegans' and *x Cupressocyparis leylandii*, a well-known fact was once again determined. Accordingly, each taxon has different responses to the applied factors. The first root formations (after 35 days from planting) of *C. lawsoniana* 'Ellwoodii' occurred in IBA 1000, IBA 5000 ppm treatments in peat rooting medium at GM-2. For this taxon, the highest rooting percentages occurred as 100% in peat rooting medium at GM-2 (IBA 1000 ppm) and GM-3 (IBA 1000 and NAA 1000 ppm) and perlite rooting medium (control) at GM-3. In addition, the highest callus percentage with 46.67% was formed in perlite rooting medium in GM-2 (control) and GM-3 (NAA 5000 ppm). On the one hand, for *C. lawsoniana* 'Ellwoodii', the longest root length was obtained in IBA 5000 ppm (11.64 cm) in peat rooting medium at GM-1, on the other hand, the highest number of roots for this taxon was obtained as 17.03 roots in the control cuttings in perlite rooting medium at GM-3. In a research conducted by Stumpf et al. (1999) on cutting propagation of *Chamaecyparis lawsoniana* reported that the highest results were obtained in cuttings treated with the solution of IBA 10000 ppm in vermiculite medium in terms of rooting percentage (99%), the number of roots (14.9 roots) and root length (12.03 cm). In another study conducted on this species, the highest rooting percentage and the highest number of roots were achieved in vermiculite medium as 84% and 3.6 roots, respectively (Stumpf et al., 2001). In a study conducted by Iliev et al. in 2010 on the cutting propagation of 'Columnaris', 'Potentii', and 'Golden Wonder' cultivars of *Chamaecyparis lawsoniana*, the highest rooting percentages were obtained in the cuttings taken from 'Columnaris' cultivar in March and treated with 0.5% and 0.8% IBA (95%), in the cuttings taken from 'Potentii' cultivar in November and treated with 0.8% IBA (95%), in the cuttings taken from 'Golden Wonder' cultivar in March and treated with 0.8% IBA (60%). When compared with this study, similar results were obtained in terms of rooting percentage and differences were observed in terms of root length and the number of roots. In addition, in case of propagation by hardwood cuttings, when the propagation conditions determined by this study are met, root formation has occurred at the end of about one month, which shows that it is possible to produce taxon quickly with this method.

For *Cryptomeria japonica* 'Elegans', it is determined that the first root formation occurred in IBA 5000 and NAA 5000 ppm treatments after 34 days from planting in perlite rooting medium at GM-2. While the highest rooting per-

centages for this taxon were obtained as 100% in IBA 1000, IBA 5000 and NAA 1000 ppm treatments at GM-1, the highest callus percentage occurred in the control cuttings in peat rooting medium at GM-1 with 46.67%. Additionally, the longest root length (13.54 cm) and the highest number of roots (6.00 roots) were obtained in NAA 5000 ppm treatments in peat rooting medium at GM-2 and in perlite rooting medium at GM-3, respectively. Jull et al. (1994) found that the highest rooting percentage occurred in hardwood and semi-hardwood cuttings with 87% and 78%, respectively. They also stated that while IBA had no effect on softwood cuttings, it influenced rooting percentage, the number of roots, total root length, root area, and root dry weight of semi-hardwood, hardwood, and pre-budbreak cuttings, except for root dry weight of semi-hardwood cuttings. The obtained in IBA 1000, IBA 5000 and NAA 1000 ppm treatments in perlite rooting medium at GM-1 in the present study, 100% rooting percentage shows the effectiveness of the auxin hormones used.

The first root formation obtained for *x Cupressocyparis leylandii* was determined at the end of 36 days in NAA 5000 ppm treatment in perlite rooting medium at GM-2. The highest rooting percentage for this taxon was obtained as 73.33% in NAA 5000 ppm treatment in perlite rooting medium at GM-2. For *x C. leylandii*, the longest root length determined in control cuttings (20.91 cm) in perlite rooting medium at GM-2 was followed by NAA 1000 ppm treatment (16.80 cm) in the same greenhouse and rooting medium. Moreover, the highest number of roots was obtained as 3.95 roots in NAA 5000 ppm treatment in peat rooting medium at GM-3. In the study on this taxon, Silva et al. (2005) obtained the highest rooting percentage as 63.9% in cuttings applied with double wounding and IBA 10000 ppm. They also found that cuttings (4.5 roots) treated with IBA 10000 ppm formed significantly more roots than untreated (2.6 roots). In another study investigating the effects of indole butyric acid and wounding on the vegetative propagation of Leyland cypress, the highest values in the measurement performed at the end of 4 months were obtained with wounding and IBA 13000 ppm with a rooting rate of 27%, 0.17 average roots and 14.3 mm average length of the main root per rooted cutting (Collado et al., 2010). In our study, compared to the studies conducted on this taxon, with low doses of hormone applications, much higher rooting percentage and higher quality individuals in terms of morphological characteristics were obtained. There are a lot of studies, including researches conducted by Vakouftsis et al. (2009) on *Cupressus macrocarpa* 'Goldcrest', Bayraktar et al. (2018a) on *Taxus baccata*, Ion (2011) on *Spiraea salicifolia*, Ciriello and Mori (2015) on *Calophyllum brasiliense*, Bayraktar et al. (2018b) on *Elaeagnus umbellata*, Swarts et al. (2018) on *Lobostemon fruticosus*, Erken and Özziambak (2020) on *Chamaecytisus hirsutus* and Yildirim et al. (2020) on *Salix*

anatolica, investigating the effects of different factors on the vegetative propagation of coniferous and deciduous. What all these studies have in common is that the use of auxin increases rooting status in all of them.

5. CONCLUSION

5. ZAKLJUČAK

As a result of the present study, while the highest rooting percentage for *Chamaecyparis lawsoniana* 'Ellwoodii' and *x Cupressocyparis leylandii* was obtained in GM-2 where the rooting table temperature was five degrees higher than the air temperature, the highest rooting percentage for *Cryptomeria japonica* 'Elegans' was obtained in GM-1 where rooting table temperature and air temperature were the same. Since the studied taxa show very different rooting characteristics against different rooting factors, each taxon should be evaluated within itself. In addition, other factors that may affect rooting status, for example, different rooting table temperatures, different active substance and phytohormones doses, different rooting medium or their mixtures are investigation material for future studies. This study, in which the best production conditions are investigated for *Chamaecyparis lawsoniana* 'Ellwoodii', *Cryptomeria japonica* 'Elegans' and *x Cupressocyparis leylandii*, is a guiding feature for the producers in order to ensure the sustainable utilization of these taxa widely used in especially parks and gardens due to their beautiful appearance.

ACKNOWLEDGEMENTS

ZAHVALA

This work was supported by Research Fund of the Karadeniz Technical University (Project No: FAY-2016-5456).

REFERENCES

LITERATURA

- Abebe, H., 2017: Effect of cane length and rooting medium on rooting and shoot growth of grape (*Vitis vinifera* L.) stem cuttings at raya valley, northern Ethiopia, Masters's thesis, Hawassa University College of Agriculture.
- Akinyele, A. O., 2010: Effects of growth hormones, rooting medium and leaf size on juvenile stem cuttings of *Buchholzia coriacea* Engler., Annals of Forest Research, 53: 127-133.
- Bayraktar, A., F. Atar, N. Yıldırım, I. Turna, 2018a: Effects of different medium and hormones on propagation by cuttings of European yew (*Taxus baccata* L.), Šumarski List, 142: 509-516.
- Bayraktar, A., N. Yıldırım, F. Atar, I. Turna, 2018b: Effects of some auxins on propagation by hardwood cutting of Autumn Olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.), Turkish Journal of Forestry Research, 5: 112-116.
- Blythe, G., 1989: Cutting propagation of *Cupressus* and *x Cupressocyparis*, Proceedings of the International Plant Propagators' Society, 39: 154-160.
- Ciriello, E., E. S. Mori, 2015: Rooting of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) cuttings using indole-butyrlic acid, Cerne, 21: 641-648.
- Çolak, A. H., T. Günay, 2011: Turbalıklar. Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi, 471 p., Bolu.
- Collado, L. M., M. M. Ribeiro, A. M. Antunes, 2010: Vegetative propagation of the hybrid *x Cupressocyparis leylandii* by cuttings: Effect of indole-3-butyrlic acid and wounding, Acta Horticulturae, 885: 91-98.
- De Klerk, G. J., W. Van Der Krieken, J. De Jong, 1999: Review the formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities, In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 35: 189-199.
- Dirr, M. A., 1990: Manual of woody landscape plants: Their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses, Fourth Edition, Stipes publishing L.L.C, Champaign, 1007 p., Illinois.
- Erken, K., M. E. Özembak, 2020: Effects of cutting times and doses of some auxins on rooting of the hairy broom cuttings [*Chamaecytisus hirsutus* (L.) Link], International Journal of Agricultural and Natural Sciences, 13: 53-61.
- Erst, A. A., A. B. Gorbunov, A. S. Erst, 2018: Effect of concentration, method of auxin application and cultivation conditions on in vitro rooting of bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.), Journal of Berry Research, 8: 41-53.
- Fogaca, C. M., A. G. Fett-Neto, 2005: Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance, Plant Growth Regulation, 45: 1-10.
- Galavi, M., M. A. Karimian, S. R. Mousavi, 2013: Effects of different auxin (IBA) concentrations and planting beds on rooting grape cuttings (*Vitis vinifera*), Annual Review and Research in Biology, 3: 517-523.
- Gehlot, A., R. K. Gupta, A. Tripathi, I. D. Arya, S. Arya, 2014: Vegetative propagation of *Azadirachta indica*: Effect of auxin and rooting medium on adventitious root induction in minicuttings, Advances in Forestry Science, 1: 1-9.
- Guan, L., R. Tayengwa, Z. M. Cheng, W. A. Peer, A. S. Murphy, M. Zhao, 2019: Auxin regulates adventitious root formation in tomato cuttings, BMC Plant Biology, 19: 435.
- Hartmann, H. T., D. E. Kester, F. T. Davies Jr, R. L. Geneve, 2002: Plant propagation: principles and practices, 7. ed., 880 p., Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall.
- Iliev, I., N. Iliev, D. Dancheva, M. Corneanu, M. Tsaktsira, A. Gajdošová, S. Mladenova, 2010: Factors affecting the rooting of cuttings from cultivars of *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl., Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series, 40: 174-181.
- Ion, S., 2011: Propagation of some ornamental species (*Ligustrum ovalifolium* Hassk., *Spiraea salicifolia* L., *Forsythia* sp.) at the Botanical Garden "Al. Buia" from Craiova, Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series, 41: 237-242.
- Jull, L. G., S. L. Warren, F. A. Blazich, 1994: Rooting 'Yoshino' *Cryptomeria* stem cuttings as influenced by growth stage, branch order, and IBA treatment, Hortscience, 29: 1532-1535.
- Lindstrom, O. M., D. J. Moorhead, G. W. Kent, 1997: Propagation and care of Leyland cypress as Christmas trees, The Cooperative Extension service, The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, MP 350. 5p.

- Maity, D., S. Moktan, 2019: Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D.Don, Taxodiaceae) flowers in Arun Kumar Sharma Botanic Garden (AKSBG) at Kolkata, West Bengal, India. Pleione, 13: 385-388.
- Mamikoğlu, N. G., 2015: Türkiye'nin Ağaçları ve Çalıları, NTV Yayınları, 727 p., Ankara.
- Oliveira, M. C., J. F. Ribeiro, 2013: Enraizamento de estacas de *Euplassa inaequalis* (Pohl) Engl. de mata de galeria em diferentes estações do ano, Bioscience Journal, 29: 991-999.
- Silva, H. De, B. A. Mckenzie, M. Bloomberg, 2005: Indolebutyric acid and wounding induced rooting in callused, non-rooted Leyland cypress (*xCupressocyparis leylandii*) stem cuttings, New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 33: 407-412.
- Singh, K. K., C. Krishan, K. K. K. Singh, 2018: Propagation of citrus species through cutting: A review, Journal of Medicinal Plants Studies, 6: 167-172.
- Singh, K. K., J. S. A. Chauhan, 2020: Review on vegetative propagation of grape (*Vitis vinifera* L) through cutting, Global Journal of Bio-Science and Biotechnology, 9: 50-55.
- Stoeckle, D., M. Thellmann, J. E. M. Vermeer, 2018: Breakout-lateral root emergence in *Arabidopsis thaliana*, Current Opinion in Plant Biology, 41: 67-72.
- Stuepp, C. A., I. Wendling, A. Xavier, K. C. Zuffellatoribas, 2018: Vegetative propagation and application of clonal forestry in Bra-zilian native tree species, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 53: 985-1002.
- Stumpf, E. R. T., P. R. Grolli, J. A. G. Da Silva, 1999: Rooting of *Chamaecyparis lawsoniana* Parl. cuttings with Indolebutyric Acid in five medium, Ciência Rural, 29: 207-211.
- Stumpf, E. R. T., P. R. Grolli, P. H. G. Szczepanski, 2001: Effect of indolbutyric acid, substrates and cuttings on *Chamaecyparis lawsoniana* Parl. rooting, Revista Brasileira de Agrociência, 7: 101-105.
- Swarts, A., B. Matsiliza-Mlathi, R. Kleynhans, 2018: Rooting and survival of *Lobostemon fruticosus* (L) H. Buek stem cuttings as affected by season, medium and cutting position, South African Journal of Botany, 119: 80-85.
- Vakouftsis, G., T. Syros, S. Kostas, A. S. Economou, P. Tsoulpha, A. Scaltsoyiannes, D. Metaxas, 2009: Effect of IBA, time of cutting collection, type of cuttings and rooting substrate on vegetative propagation in *Cypressus macrocarpa* 'Goldcrest', Propagation of Ornamental Plants, 9: 65-70.
- Wendling, I., C. A. Stuepp, K. C. Zuffellato-Ribas, 2016: Araucaria clonal forestry: types of cuttings and mother tree sex in field survival and growth, Cerne, 22: 19- 26.
- Yildirim, N., A. Bayraktar, F. Atar, D. Güney, M. Öztürk, I. Turna, 2020: Effects of different genders and hormones on stem cuttings of *Salix anatolica*, Journal of Sustainable Forestry, 39: 300-308.

SAŽETAK

Chamaecyparis lawsoniana 'Ellwoodii', *Cryptomeria japonica* 'Elegans' i *xCupressocyparis leylandii* od velike su važnosti s obzirom na njihovo područje uporabe kao ukrasnog bilja. Prevladavanje problema s kojim se može susresti u generativnoj reprodukciji ovih svojti vegetativnim načinom razmnožavanja vrlo je važno za proizvođače koji se bave parkovnim i vrtnim radovima. Istražen je utjecaj različitih stakleničkih supstrata (SS), supstrata za ukorjenjivanje (SU) i fitohormona (F) na razmnožavanje reznicama proučavanih svojti. U ovom istraživanju odabrana tri staklenička medija (Staklenik-1, 2 i 3), dva supstrata za ukorjenjivanje (perlit i treset) i dvije aktivne tvati fitohormona (IBA i NAA) s dvije koncentracije ppm (1000 i 5000 ppm). Određeni su datumi nastanka prvog korijena i kalusa, postotak zakorjenjivanja (PZ), postotak kalusiranja (PK), ukupna duljina korijena (DK) i broj korijena (BK). Rezultati su pokazali da su najviši postoci (100%) ukorjenjivanja zabilježeni kod *C. lawsoniana* 'Ellwoodii' u supstratu od treseta (IBA 1000 ppm) na podlogama staklenika-2 i podlogama staklenika-3 i podlogu za ukorjenjivanje perlita (kontrola) na stakleniku-3 mediji. S druge strane, najveći postotak ukorjenjivanja za *C. japonica* 'Elegans' dobiven je kao 100% u tretmanima IBA 1000, IBA 5000 i NAA 1000 ppm na podlogama SS-1, dok se ova vrijednost za *xC. leylandii* dogodila u tretmanu NAA 5000 ppm (73.33%) na podlogama SS-2, u medijima za ukorjenjivanje perlita za oba. Uvjeti potrebnii za najbolje ukorjenjivanje u razmnožavanju zrelim reznicama razlikuju se ovisno o istraživanim svojstama, a općenito se mogu preporučiti primjena auksina, temperatura supstrata za ukorjenjivanje 5 °C viša od temperature zraka i uporaba perlita za ukorjenjivanje.

KLJUČNE RIJEČI: Razmnožavanje reznicama, supstrati za staklenike, supstrat za ukorjenjivanje, auksin, postotak ukorjenjivanja

NEKA OBILJEŽJA KLIME I KLIMATSKIH ELEMENATA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

SOME FEATURES OF CLIMATE AND CLIMATIC ELEMENTS IN THE AREA OF THE CITY OF ZAGREB

Damir UGARKOVIĆ^{1*}, Matko MATIJEVIĆ², Ivica TIKVIĆ¹, Krešimir POPIĆ³

SAŽETAK

Klimu kao prosječno stanje vremena određuju srednje vrijednosti, ali i kolebanja klimatskih elemenata. S obzirom na to da je klima najvažniji stanišni čimbenik, nužno ju je motriti, opisivati, analizirati i pratiti njezine promjene. Prikupljeni su podaci o vrijednostima temperature zraka (°C), količine oborine (mm) i relativne vlažnosti zraka (%) za meteorološke postaje Grič, u središtu grada, i Maksimir, u suburbanom dijelu grada. Na osnovi promatranih i mjerjenih klimatskih elemenata izračunati su različiti klimatski indeksi koji pobliže opisuju klimu grada Zagreba. Analiziran je i trend Palmerova indeksa oštine suhoće (scPDSI). Temperatura zraka (°C), količina oborine (mm), kao i iznos potencijalne evapotranspiracije (mm) imali su znatno više vrijednosti u središtu grada u odnosu na suburbani dio grada. Suburbani dio grada humidniji je u odnosu na središte grada. Trend Palmerova indeksa oštine suhoće za travanj, srpanj i kolovoz upućuje na povećanje aridnosti na području Zagreba.

KLJUČNE RIJEČI: klima, Zagreb, urbani ekosustav

UVOD INTRODUCTION

Klima je posredni ekološki čimbenik, a uz tlo je najvažniji stanišni čimbenik te ju je stoga nužno motriti, opisivati, kao i pratiti trendove pojedinih klimatskih elemenata i općenito sve vrste promjena klime kao ekološkog čimbenika. Klimatski čimbenici i klimatski elementi zajedno određuju klimu i vremenske prilike nekog područja (Šegota i Filipčić, 1996). Vrijeme i klima jednim dijelom utječu i na ugodnost života u gradovima, ljudsko zdravlje, gospodarstvo i poljoprivrednu proizvodnju. Vrijeme i klima imaju najveći utjecaj na rast bilja (Penzar i Penzar 2000).

Prema nekim autorima cijeli grad može se definirati kao jedan ekosustav, no također ga je moguće promatrati kao skup pojedinačnih ekosustava kao što su parkovi, jezera, urbane šume, obrađeno zemljишte, gradska močvarna područja i potoci (Rebele 1994). Prema Marzluffu i dr. (2008) cijeli se ekosustav u gradu naziva urbani ekosustav koji uključuje abiotsku sferu, biotsku sferu i antroposferu. Klima i tlo u urbanim sredinama imaju drugačija obilježja u odnosu na šumske ili neke druge ekosustave. S obzirom na vrijednosti pojedinih klimatskih elemenata vrste šumskog drveća, koje od prirode dolaze na područje grada Zagreba, pronašle su tu svoju ekološku nišu. Vrste šumskog drveća u zagrebačkim park-šumama, parkovima i drvoredima su

¹Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Svetosimunska 25, HR-10002 Zagreb, Croatia, izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković, e-mail: dugarkovic@sumfak.unizg.hr, prof. dr. sc. Ivica Tikvić, e-mail: ivica.tikvic@zg.htnet.hr

²Frankopanska 45, 34 000 Požega, Hrvatska, Matko Matijević, mag. ing. silv., e-mail: matkomatijevic532@gmail.com

³Hrvatske šume d. o. o. Zagreb, Uprava šuma Podružnica Vinkovci, Šumarija Lipovac, M. Gupca 5, HR-32246 Lipovac, Hrvatska, Krešimir Popić, mag. ing. silv., e-mail: kresimir.popic@hrsume.hr

*korespondencija: dugarkovic@sumfak.unizg.hr, tel.: +385 1 2352592

prema zahtjevu za vodu uglavnom mezofiti do higrofiti, a prema kolebanjima topline, odnosno temperatura zraka, euriterme vrste. Prema Köppenovoju podjeli klime, klima na području grada Zagreba pripada klimatskom razredu C, umjereno tople vlažne klime, klimatski tip Cfb, umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom čija je srednja, srpanjska temperatura zraka $< 22,0^{\circ}\text{C}$ (Šegota i Filipčić 2003).

Urbanizacija veoma utječe na mikroklimu i formiranje urbane klime (Zhang i dr. 2016). Karakteristike urbane klime mogu se sažeti na pet „otočnih“ efekata, kao što su urbani toplinski otok (Rizwan i dr. 2008), urbani vlažni otok (Unger 1999), urbani sušni otok (Unkašević i dr. 2001), urbani zamagljeni otok (Cheng i Tsai 2000) i urbani kišni otok (Huff i Changnon 1973, Ji 2015). Građevine u središtu grada mijenjaju ne samo primanje i gubitak sunčeva zračenja nego i dugovalne izmjene i stanje protoka zraka. Povećanje zagrijavanja prostora i smanjenje površine koju pokriva vegetacija dovodiće do promjena u akumuliraju topoline, evapotranspiraciji i toplini koja se oslobađa izgaranjem goriva. Kao posljedica takvih promjena u središnjem dijelu gradu vjerojatno je da je srednja temperatura povećana, što je fenomen poznat kao urbani toplinski otok (Oke i dr. 2017).

Klima i klimatski elementi mijenjaju se tijekom vremena. O duljini vremenske skale ovisi i intenzitet promjena klimatskih elemenata. Na promjene klimatskih elemenata i pojava na području grada Zagreba te moguće posljedice upozoravaju Seletković i dr. (1993), Ivančan Picek i dr. (2017), Nimac i dr. (2018). Klimatske promjene količine oborine u Zagrebu za meteorološke postaje Grič i Maksimir istraživali su Gajić-Čapka (1992) te Filipčić i dr. (2013).

Prema Nimcu i dr. (2018) na prostoru jugoistočne Europe posebice će biti evidentne promjene klime i globalno zatopljenje, a urbana područja posebno su osjetljiva na klimatske promjene zbog urbanizacije i promjena u pokrovu.

S obzirom na to da se na području grada Zagreba nalazi i velik broj park-šuma s raznim vrstama šumskog drveća, a svaka vrsta ima svoju ekološku valenciju s obzirom na klimu, nužno je analizirati stresne uvjete za rast i razvoj šumskog drveća, a jedan od stresnih čimbenika svakako je i suša. Cilj je istraživanja prikazati i opisati klimu grada Zagreba za neke klimatske elemente te trendove samokalibriranog Palmerova indeksa oštchine suhoće (scPDSI).

MATERIJALI I METODE RADA MATERIALS AND METHODS

S obzirom na to da klima predstavlja prosječan tijek vremena (Šegota i Filipčić 2003) te da se za opis klime nekog područja koristimo podacima dobivenim za dulje razdoblje, od 25 do 35 godina motrenja (Šegota i Filipčić 1996), iz Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske (DHMZ) prikupljeni su podaci o vrijednostima klimatskih elemenata za meteorološke postaje Zagreb-Grič i Za-

greb-Maksimir. S predmetnih meteoroloških postaja prikupljeni su podaci o vrijednostima temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$), količine oborine (mm) te relativne vlažnosti zraka (%) za razdoblje od 1960. do 2004. godine (45 godina monitoringa). Meteorološka postaja Zagreb-Grič nalazi se na 157 metara nadmorske visine, a smještena je u centru grada Zagreba i predstavlja klimatske uvjete središta urbane sredine. Meteorološka postaja Zagreb-Maksimir nalazi se na 123 metra nadmorske visine, smještena je u istoimenoj gradskoj četvrti grada Zagreba te predstavlja klimatske uvjete u stambenom, suburbanom području Zagreba (Likso 2012).

Na osnovi srednjih mjesecnih vrijednosti temperature zraka određene su toplinske oznake klime ($t^{\circ}\text{C}$, Gračanin i Ilijanić 1977). Humidnost klime određena je prema vrijednostima mjesecnih kišnih faktora (Gračanin 1950, Gračanin i Ilijanić 1977). Vrijednosti relativne vlažnosti zraka razvrstane su u sedam stupnjeva i napravljeni su grafički prikazi, odnosno tetragrami (Juričić 1942, Bertović 1975). Langovkišni faktor jedan je od najstarijih klimatskih indeksa, a predstavlja odnos srednje godišnje količine oborine (mm) i srednje godišnje temperature zraka u $^{\circ}\text{C}$ (Lang 1915). Godišnji indeks aridnosti određen je prema Martonneu (1926), a indeks kontinentalnosti (k) prema metodi Conrad i Pollak (1950). Pluviotermički kvocijent (Q) određen je prema Embergeru (1932). Potencijalna evapotranspiracija (mm) izračunata je prema metodi Thornthwaitea (Šimunić 2013). Grafički prikaz odnosa temperature zraka i količine oborine te klimatski dijagrami napravljeni su prema Walteru (1955). Vegetacijsko razdoblje predstavlja period od 1. travnja do 30. rujna. Podaci o samokalibriranom Palmerovu indeksu oštchine suhoće (scPDSI) prikupljeni su iz baze podataka KNMI Climate Explorer (<https://climexp.knmi.nl/start.cgi>). KNMI Climate Explorer mrežna je aplikacija za statističku analizu klimatskih podataka i dio je regionalnog klimatskog centra Svjetske meteorološke organizacije. Podatke smo prikupili za područje koordinata meteorološke postaje Zagreb-Grič. Srednje mjesecne vrijednosti temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$), količine oborine (mm) i potencijalne evapotranspiracije (mm) između meteoroloških postaja Grič i Maksimir uspoređene su Studentovim T-testom zavisnih uzoraka. Trendovi Palmerova indeksa oštchine suhoće (scPDSI) testirani su Mann-Kendall trend testom. Granica signifikantnosti za sve analize bila je $p < 0,05$. Svi podaci obrađeni su u programima KlimaSoft 2.0., Statistica 7.1. (StatSoft Inc. 2003) i Xlstat 2014.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM RESEARCH RESULTS WITH DISCUSSION

Temperatura zraka i toplinska oznaka klime Air temperature and heat codes of climate

Temperatura zraka jedan je od glavnih meteoroloških, odnosno klimatskih elemenata. Osim srednjih vrijednosti temperature zraka, za obilježja klime važne su i njezine ek-

Tablica 1. Vrijednosti temperature zraka (°C) za meteorološke postaje u gradu Zagrebu od 1960. do 2004. godine

Table 1 Air temperature values (°C) for meteorological stations in the city of Zagreb from 1960 to 2004

Meteorološka postaja Met. station	Temperatura zraka (°C) – Air temperature (°C)					
	SG	SV	AMK	AMN	SK	AK
Grič	11,7	18,0	37,2	-17,2	20,6	54,4
Maksimir	10,6	17,0	38,5	-24,0	20,7	62,5

SG – srednja godišnja – *average annual*, SV – srednja vegetacijska – *average vegetation*, AMK – apsolutna maksimalna – *absolute maximum*, AMN – apsolutna minimalna – *absolute minimum*, SK – srednje kolebanje – *medium fluctuation*, AK – apsolutno kolebanje – *absolute fluctuation*

Tablica 2. Srednje mjesecne temperature zraka (°C) i toplinske oznake klime za meteorološke postaje u gradu Zagrebu od 1960. do 2004. godine

Table 2 Mean monthly air temperatures (°C) and heat codes of the climate for meteorological stations in the city of Zagreb from 1960 to 2004

Meteorološke postaje Met. station	Mjeseci – Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Grič	1,0 h	3,4 h	7,6 uhl	12,0 t	16,6 t	19,8 t	21,6 v	21,2 v	17,0 T	12,0 t	6,6 uhl	2,1 h
Maksimir	-0,2 n	2,1 h	6,3 uhl	10,8 ut	15,6 t	18,9 t	20,5 v	20,0 v	15,9 T	10,8 ut	5,5 uhl	1,0 h

v – vruća – *hot* (> 20 °C), t – topla – *warm* (12 – 20 °C), ut – umjereni topla – *moderately warm* (8 – 12 °C), uhl – umjereni hladna – *moderately cold* (4 – 8 °C), h – hladna – *cold* (0,5 – 4 °C), n – nivalna – *nival* (< 0,5 °C)

stremne vrijednosti, apsolutni maksimum i apsolutni minimum, kao i kolebanja temperature zraka.

Srednje vrijednosti temperature zraka za vegetacijsko razdoblje imaju znatno veće značenje za razvoj vegetacije nego srednje godišnje temperature zraka koje u pojedinim godinama u znatnoj mjeri ovise o temperaturi zraka zimi.

U Tablici 1. prikazane su vrijednosti temperatura zraka za meteorološke postaje Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir. Srednja godišnja temperatura zraka na meteorološkoj postaji Grič iznosila je 11,7 °C sa standardnom devijacijom od 7,5 °C. Na području meteorološke postaje Maksimir, u suburbanom dijelu grada, srednja godišnja temperatura zraka iznosila je 10,6 °C sa standardnom devijacijom od 7,6 °C. Prema rezultatu Studentova T-testa zavisnih uzoraka, srednja godišnja temperatura zraka na meteorološkoj postaji Grič bila je statistički značajno viša od srednje godišnje temperature zraka na meteorološkoj postaji Maksimir ($t = 33,96$; $p = 0,000$). Srednja temperatura zraka u vegetacijskom razdoblju od travnja do rujna na Griču iznosila je 18,0 °C, a na području Maksimira 17,0 °C. Urbani toplinski otok najistaknutija je karakteristika urbane klime. Intenzitet urbanog toplinskog otoka proporcionalan je veličini populacije u gradu kao i veličini izgrađenog područja u gradu i prosječno iznosi oko 2 °C, a može se kretati i do 10 °C (Chang i dr. 2007).

Apsolutne maksimalne i apsolutne minimalne temperature zraka pokazuju stvarne i ukupne toplinske razlike određenog područja. One su često limitirajući čimbenik za prideljak, razvoj i opstanak neke vrste šumskog drveća (Seletković, 2001). Najveća apsolutna maksimalna temperatura zraka iznosila je 38,5 °C na meteorološkoj postaji Maksimir, a na Griču 37,2 °C. Apsolutna minimalna temperatura zraka na Griču iznosila je -17,2 °C, a na području meteo-

rološke postaje Maksimir -24,0 °C. Srednja kolebanja temperature zraka imala su približno jednake vrijednosti: 20,6 °C na Griču i 20,7 °C na Maksimiru. Apsolutno kolebanje temperature zraka kretalo se od 54,4 °C na meteorološkoj postaji Grič, do 62,5 °C na meteorološkoj postaji Maksimir (Tablica 1). Velika razvedenost terena, a posebice čimbenici reljefa, kao što su nadmorska visina i nagib terena, često utječu na znatna odstupanja i u ekstremima temperature zraka. Međutim, to na području grada Zagreba nije slučaj, na znatna odstupanja apsolutne minimalne temperature zraka utjecala je urbanizacija, odnosno položaj predmetnih meteoroloških postaja, Grič u središtu grada ili središtu gradskog toplinskog otoka i postaje Maksimir koja je smještena u stambenom ili suburbanom dijelu grada.

U Tablici 2. prikazane su srednje mjesecne temperature zraka (°C) i toplinske oznake klime za meteorološke postaje Grič i Maksimir.

Prema toplinskim oznakama, na meteorološkoj postaji Grič ukupno su bila tri hladna mjeseca, dva umjereni hladna, pet toplih i dva vruća mjeseca. Na meteorološkoj postaji Maksimir bio je jedan mjesec s nivalnom toplinskom oznakom, po dva hladna i umjereni hladna mjeseca, dva umjereni topla, tri topla mjeseca i dva vruća mjeseca. Srpanj i kolovoz uglavnom su vrući mjeseci. Samo je na meteorološkoj postaji Maksimir evidentiran mjesec sa srednjom temperaturom zraka nižom od 0,5 °C, a to je bio siječanj s nivalnom toplinskom oznakom (Tablica 2).

Količine oborine i humidnost klime

Precipitation and humid characteristics of climate

Oborine su također glavni meteorološki ili klimatski element, važan za obilježja klime. Na meteorološkim posta-

Tablica 3. Količina oborine (mm) za meteorološke postaje u gradu Zagrebu od 1960. do 2004. godine

Table 3 Precipitation (mm) for meteorological stations in the city of Zagreb from 1960 to 2004

Meteorološka postaja <i>Meteorological station</i>	Količina oborine (mm) – <i>Amount of precipitation (mm)</i>	Srednja godišnja Average annual	Srednja vegetacijska Average vegetation	% u veg. razdoblju % in veg. period
Grič	881,3	501,1	56,9	
Maksimir	853,7	492,9	57,7	

jama Grič i Maksimir utvrđen je trend smanjenja količine oborine, međutim taj trend za meteorološku postaju Grič nije statistički značajan (Gajić-Čapka 1992), odnosno na postaji Maksimir trend smanjenja vrlo je blag (Filipčić i dr. 2013).

Srednja godišnja količina oborine na meteorološkoj postaji Grič iznosila je 881,3 mm, a na meteorološkoj postaji Maksimir 853,7 mm (Tablica 3). Srednja mjesecna količina oborine na meteorološkoj postaji Grič iznosila je 73,4 mm sa standardnom devijacijom od 17,0 mm. U suburbanom dijelu grada, na meteorološkoj postaji Maksimir, srednja mješecna količina oborine iznosila je 71,1 mm sa standardnom devijacijom od 18,4 mm.

Srednja mješecna količina oborine bila je znatno viša u središtu grada na meteorološkoj postaji Grič ($t=3,13$; $p=0,009$) u odnosu na srednju mješecnu količinu oborine u suburbanom dijelu grada na postaji Maksimir.

Srednja vegetacijska količina oborine iznosila je od 492,9 mm na meteorološkoj postaji Maksimir do 501,1 mm na postaji Grič. Postotak oborine u vegetacijskom razdoblju kretao se od 56,9 % na postaji Grič do 57,7 % na meteorološkoj postaji Maksimir (Tablica 3).

Iz godišnjeg hoda oborina može se zaključiti da je posrijedi kontinentalni oborinski režim, odnosno da veći dio količine oborine padne u toplijem dijelu godine. Maksimalne količine oborine padnu tijekom ljetnih mjeseci, a lipanj sa 95,6 mm na postaji Grič i kolovoz sa 89,3 mm oborine na postaji Maksimir su mjeseci s najvećom količinom oborine. Mjesec s najmanjom količinom oborine je veljača u iznosa od 42,9 mm na postaji Grič i 38,9 mm na postaji Maksimir (Tablica 4). S obzirom na raspodjelu oborina prema godišnjim dobima najveće količine oborine padnu ljeti (Grič 270,3 mm, Maksimir 267,2 mm), a drugi maksimum je jesen (Grič 254,5 mm, Maksimir 250,3 mm). Najmanje količine oborine padnu zimi (Grič 158,3 mm, Maksimir 144,7 mm).

S obzirom na humidnost klime na meteorološkoj postaji Grič ukupno su bila dva perhumidna mjeseca, četiri humidna mjeseca, dva semihumidna mjeseca te četiri semiaridna mjeseca. U suburbanom dijelu grada, na postaji Mak-

Tablica 4. Srednje mjesecne količine oborine (mm), mješecni kišni faktori i humidnost klime za meteorološke postaje u gradu Zagrebu od 1960. do 2004. godine

Table 4 Mean monthly precipitation (mm), monthly rain factors and climate humidity for meteorological stations in the city of Zagreb from 1960 to 2004

Mjeseci <i>Months</i>	Zagreb-Grič			Zagreb-Maksimir		
	Oborina (mm) <i>Precipitation (mm)</i>	Kišni faktor <i>Rain factor</i>	Humidnost <i>Humidity</i>	Oborina (mm) <i>Precipitation (mm)</i>	Kišni faktor <i>Rain factor</i>	Humidnost <i>Humidity</i>
Siječanj <i>January</i>	51,7	51,7	ph	46,0	230	ph
Veljača <i>February</i>	42,9	12,6	h	38,9	18,5	ph
Ožujak <i>March</i>	55,5	7,3	h	53,6	8,5	h
Travanj <i>April</i>	65,5	5,5	sh	64,4	6,0	sh
Svibanj <i>May</i>	77,2	4,7	sa	73,5	4,7	sa
Lipanj <i>June</i>	95,6	4,8	sa	96,0	5,1	sh
Srpanj <i>July</i>	88,0	4,1	sa	81,9	4,0	sa
Kolovoz <i>August</i>	86,7	4,1	sa	89,3	4,5	sa
Rujan <i>September</i>	88,1	5,2	sh	87,8	5,5	sh
Listopad <i>October</i>	79,6	6,6	h	78,2	7,2	h
Studeni <i>November</i>	86,8	13,2	h	84,3	15,3	ph
Prosinac <i>December</i>	63,7	30,3	ph	59,8	59,8	ph

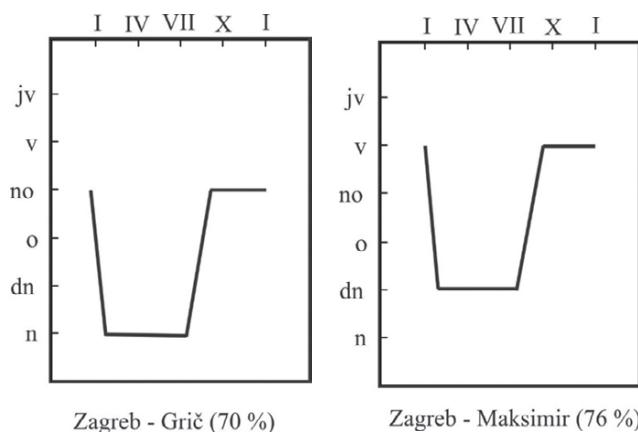
ph – perhumidna – *perhumid* ($> 13,3$), h – humidna – *humid* (6,7 – 13,3), sh – semihumidna – *semihumide* (5,1 – 6,6), sa – semiardina – *semiard* (3,4 – 5,0), a – aridna – *arid* (1,7 – 3,3), pa – peraridna – *perarid* ($< 1,6$)

simir, humidnost klime blago je veća u odnosu na postaju u središtu grada. Na meteorološkoj postaji Maksimir bila su četiri perhumidna mjeseca, po dva humidna mjeseca, tri semihumidna mjeseca te dva semiaridna mjeseca (Tablica 4).

Relativna vlažnost zraka

Relative air humidity

Relativna vlažnost zraka jedan je od klimatskih elemenata o kojem ovisi vlažnost stanica i tkiva biljnih organa. Postoji jaka i negativna korelacija između vrijednosti relativne vlažnosti zraka i temperature zraka. Povećanjem vrijednosti temperature zraka smanjuju se vrijednosti relativne vlažnosti zraka. Zbog tog odnosa najveće vrijednosti relativne vlažnosti zraka su u hladnijim mjesecima, a najmanje vrijednosti relativne vlažnosti zraka su u toplijim mjesecima. O vrijednostima temperature zraka i relativne vlažnosti zraka ovisi i transpiracija iz biljaka (Penzar i Penzar 2000). Za navedene meteorološke postaje nema ekstremno vlažnog ni ekstremno suhog zraka, jer godišnji srednjak rela-



Slika 1. Tetragrami relativne vlažnosti zraka za meteorološke postaje Grič i Maksimir

Figure 1 Tetragrams of relative air humidity for meteorological stations Grič and Maksimir

jv – jako visoka – very high, v – visoka – high, no – nadosrednja – transcendental, o – osrednja – medium, dn – dosta niska – quite low, n – niska – low

tivne vlage zraka nije nigdje veći od 85 % i manji od 45 %. Promjene srednje relativne vlažnosti zraka u pojedinim sezonomama prikazani se na tetragramima (Slika 1). Srednje vrijednosti kreću se od niske (45 – 64 %) do nadosrednje (75 – 79 %) za meteorološku postaju Grič te od dosta niske (65 – 69 %) do visoke (80 – 84 %) za meteorološku postaju Maksimir. Srednja, godišnja, relativna vlažnost zraka na meteorološkoj postaji Grič bila je 70 %, a na meteorološkoj postaji Maksimir 76 %.

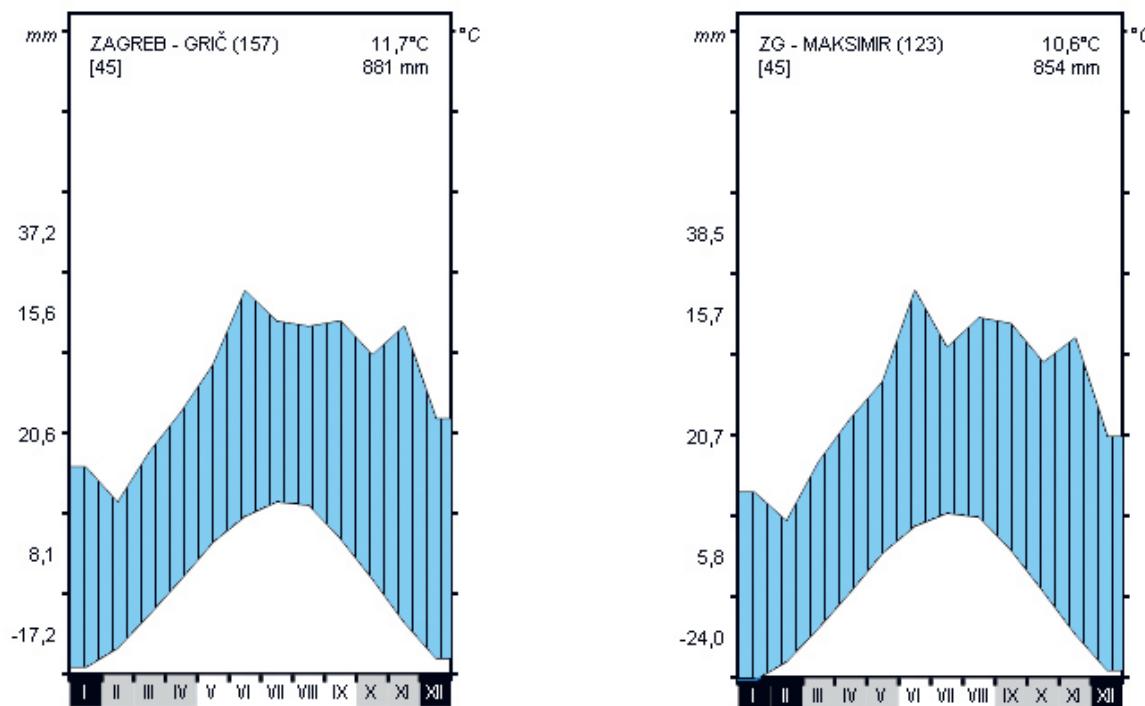
U vegetacijskom razdoblju od travnja do rujna srednja, relativna vlažnost zraka kretala se od 60 do 71 %. Najveća, srednja, relativna vlažnost zraka bila je u mjesecu prosincu u iznosu od 80 %. Najmanja, srednja, mjesečna, relativna vlažnost zraka bila je u mjesecu travnju u iznosu od 60 % na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič.

Klimatski dijagrami i klimatski indeksi

Climate diagrams and climate indices

Jedan od načina analize klime i prikaza klime nekog područja su i klimatski dijagrami. Prema Walteru (1955) klimatski dijagrami predstavljaju grafički prikaz srednjih, mješevnih temperatura zraka i srednjih, mješevnih količina oborine određenog područja na temelju višegodišnjih meteoroloških motrenja. Na Slici 2. prikazani su klimatski dijagrami prema Walteru (1955) za meteorološke postaje Zagreb-Grič i Zagreb-Maksimir.

Prema klimatskim dijagramima za razdoblje od 45 godina (1960. – 2004.) tijekom cijele godine prisutno je vlažno ili humidno razdoblje, odnosno nema sušnog razdoblja. Najviše srednje mješevne temperature zraka (°C) na meteorološkim postajama su u srpnju. Srednja, srpanjska temperatura zraka na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič iznosila je 21,6 °C, a na meteorološkoj postaji Zagreb-Maksimir 20,5 °C. Vjerojatno zbog utjecaja grada i urbane sredine srednja, srpanjska temperatura zraka ima više vrijednosti na meteorološkoj postaji Grič u odnosu na postaju u Maksimiru.



Slika 2. Klimatski dijagrami za meteorološke postaje u gradu Zagrebu

Figure 2 Climate diagrams for meteorological stations in the city of Zagreb

Tablica 5. Klimatski indeksi za meteorološke postaje u gradu Zagrebu od 1960. do 2004. godine

Table 5 Climate indices for meteorological stations in the city of Zagreb from 1960 to 2004

Meteorološka postaja Meteorological station	Klimatski indeksi – Climate indices			
	Lkf	IA	K	Q
Grič	75,06	40,5	43,95	123,94
	Semihumidna <i>Semihumide</i>	Humidna <i>Humid</i>	Kontinentalna <i>Continental</i>	Humidna <i>Humid</i>
Maksimir	80,54	41,4	46,83	121,48
	Semihumidna <i>Semihumide</i>	Humidna <i>Humid</i>	Kontinentalna <i>Continental</i>	Humidna <i>Humid</i>

IA – indeks aridnosti – Aridity index

Lkf – Langov kišni faktor – Lang's rain factor

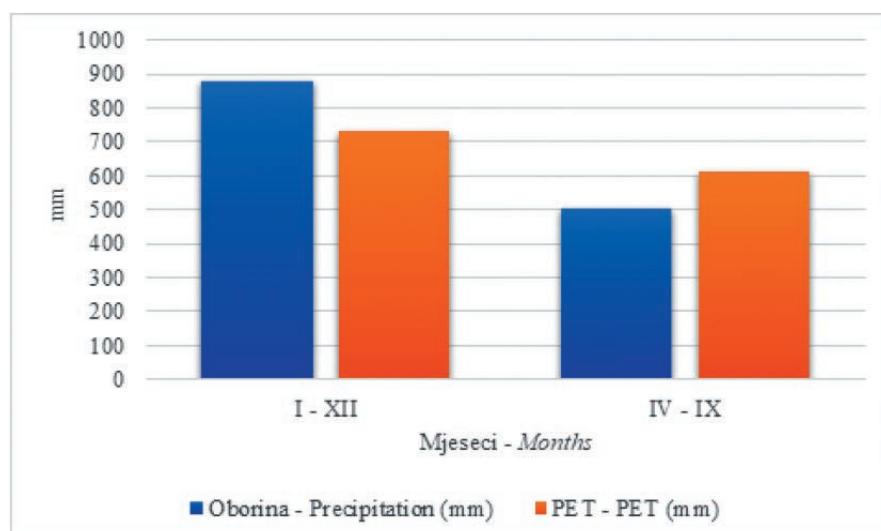
k – indeks (stupanj) kontinentalnosti – Index (degree) of continentality

Q – pluviotermički kvocijent – Pluviothermal quotient

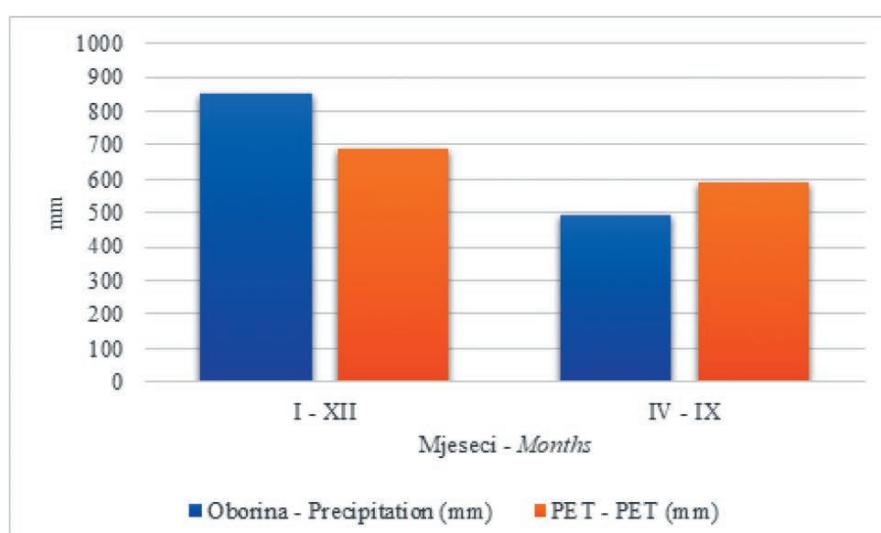
Najveća količina oborine (mm) na meteorološkim postajama Grič i Maksimir je u lipnju. Na Griču je zabilježeno 95,6 mm, a na Maksimиру 96,0 mm količine oborine u lipnju. Iz klimatskih dijagrama vidimo da je najveća količina oborine u topljem dijelu godine, odnosno u vegetacijskom razdoblju od travnja do rujna, što je obilježje kontinentalnog oborinskog režima.

Mogućnost pojave mraza na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič je od siječnja do travnja te od listopada do prosinca. Mraz se na meteorološkoj postaji na području Maksimira može pojaviti od siječnja do svibnja te od rujna do prosinca.

Pomoću klimatskih indeksa pobliže opisujemo klimu i klimatska obilježja nekog područja. Vrijednosti nekih klimatskih indeksa za meteorološke postaje Grič i Maksimir nalaze se u Tablici 5. Prema vrijednostima Langova kišnog



Slika 3. Odnos godišnjih i vegetacijskih količina oborine i potencijalne evapotranspiracije (PET) za meteorološku postaju Zagreb-Grič
Figure 3 Relationship between annual and vegetation precipitation and potential evapotranspiration (PET) for meteorological station Zagreb-Grič



Slika 4. Odnos godišnjih i vegetacijskih količina oborine i potencijalne evapotranspiracije (PET) za meteorološku postaju Zagreb-Maksimir

Figure 4 Relationship between annual and vegetation precipitation and potential evapotranspiration (PET) for the meteorological station Zagreb-Maksimir

faktora, klima na području Zagreba je semihumidna. S obzirom na indeks aridnosti i vrijednosti pluviotermičkog kvocijenta klima na području Zagreba je humidna. Indeks ili stupanj kontinentalnosti klime pokazuje nam da Zagreb ima kontinentalnu klimu (Tablica 5).

Na Slici 3. prikazan je odnos godišnjih i vegetacijskih količina oborine i potencijalne evapotranspiracije (PET) za meteorološku postaju Zagreb-Grič. Na godišnjoj razini veća je količina oborine u odnosu na iznos potencijalne evapotranspiracije za 151,5 mm. Tijekom vegetacijskog razdoblja iznos količine oborine bio je manji od iznosa potencijalne evapotranspiracije za 112,9 mm.

Ako detaljnije analiziramo odnos količine oborine i potencijalne evapotranspiracije na mjesecnoj razini, tijekom siječnja, veljače, ožujka, travnja, rujna, listopada, studenog i prosinca evidentirana je veća količina oborine u odnosu na iznos potencijalne evapotranspiracije. U svibnju, lipnju, srpnju i kolovozu evidentirana je manja količina oborine u odnosu na iznos potencijalne evapotranspiracije. Najveći suficit vode u iznosu od +64,2 mm bio je u studenom, a najmanji suficit u iznosu od +8,5 mm u rujnu. Najveći deficit vode bio je u srpnju u iznosu od -49,5 mm, a najmanji u svibnju u iznosu od -18,5 mm.

Na Slici 4. prikazan je odnos godišnjih i vegetacijskih količina oborine i potencijalne evapotranspiracije za meteorološku postaju Zagreb-Maksimir. Na godišnjoj razini količina oborine veća je od iznosa potencijalne evapotranspiracije za 165,0 mm. Tijekom vegetacijskog razdoblja iznos oborine manji je od iznosa potencijalne evapotranspiracije za 95,6 mm.

U siječnju, veljači, ožujku, travnju, rujnu, listopadu, studenom i prosincu veća je količina oborine od iznosa potencijalne evapotranspiracije, odnosno bio je suficit vode na postaji Maksimir. Najveći suficit vode u iznosu od +63,8 mm bio je u studenom, a najmanji u iznosu od +11,5 mm bio je u rujnu. Tijekom svibnja, lipnja, srpnja i kolovoza postao je deficit vode na postaji Maksimir. Najveći deficit u iznosu od -49,5 mm bio je u kolovozu, a najmanji u iznosu od -19,0 mm u svibnju.

Srednja mjesecna potencijalna evapotranspiracija na postaji Grič iznosila je 60,81 mm sa standardnom devijacijom od 49,63 mm. Na meteorološkoj postaji Maksimir srednja mješecna potencijalna evapotranspiracija iznosila je 57,39 mm sa standardnom devijacijom od 48,54 mm. Iznos srednje mješecne potencijalne evapotranspiracije bio je statistički značajno veći na meteorološkoj postaji Grič ($t = 8,84$; $p = 0,000$).

Zagreb je po veličini srednjoeuropski grad smješten uz rijeku Savu i na južnim padinama Medvednice, zbog čega je i njegova klima raznolika (Nimac 2018). To potvrđuju i rezultati ovog istraživanja usporedbe glavnih klimatskih elemenata i indeksa za meteorološke stанице Grič u urbanom, središnjem dijelu grada i Maksimir u suburbanom dijelu grada.

Suša kao klimatološki ekstrem *Drought as a climatological extreme*

Jedno je od obilježja klimatskih promjena povećanje vrijednosti temperature zraka i potencijalne evapotranspiracije (Ugarković i dr. 2019) te učestala pojave sušnih godina sa sve duljim sušnim razdobljima (Mikac i dr. 2018). Utjecaji promjene temperature zraka i količine oborine mogu biti odlučujući čimbenik za smanjenje vitalnosti stabala (Ugarković i Pleša 2017). Uz naglo smanjenje količine oborine istodobno se povećava temperatura zraka, što fiziološki oslabljuje stabla i uzrokuje stresna stanja kod šumskog drveća. Klimatske promjene rezultirat će šumskim poremećajima, kao što su patogeni, insekti i požari, te će sve više utjecati na zemljopisnu distribuciju, rast i održivost vrsta šumskog drveća na svijetu (Sturrock i dr. 2011). Uz temperaturu zraka koja ovisi o oblaknosti i insolaciji, oborina ima najveće značenje za razvoj vegetacije, jer je ona glavni izvor vlage u tlu. Manjak oborine uz pojavu visoke temperature zraka slabiti otpornu snagu šumskog drveća, jer se pojačanom transpiracijom troši velika količina vode. Dulja sušna razdoblja utječu na isušenje tla i pogoršanje fizioloških procesa u stablima. Povećanje srednje, godišnje i vegetacijske temperature zraka te pojava klimatskih ekscesa, važnih za današnju promjenu klime, mogu izazvati stresna stanja kod vrsta uske ekološke valencije. To se poglavito odnosi na neposredne ekološke čimbenike: toplinu i vodu. Drveće u urbanim sredinama izloženo je toplinskom stresu, niskoj vlažnosti zraka i suši tla. Povećanje temperatura zraka i sve češća toplinska i sušna razdoblja pojačat će razinu stresa urbanih stabala (Gillner i dr. 2014), a ekstremne suše mogu uzrokovati mortalitet stabala u urbanim sredinama (Savi i dr. 2015).

Suša je razdoblje izrazitog nedostatka vode u tlu i vodotocima, koje nastaje zbog izostanka oborina i pojave iznadprosječno visokih temperatura zraka. Više je oblika

Tablica 6. Deskriptivna statistika Palmerova indeksa oštine suhoće (scPDSI) na području grada Zagreba (1901. – 2017.)

Table 6 Descriptive statistics of the Palmer dryness index (scPDSI) in the area of the city of Zagreb (1901 – 2017)

Mjeseci Months	Prosjek ± std.dev. Mean ± std.dev.	scPDSI	
		Minimum Minimum	Maksimum Maximum
Travanj April	0,37 ± 1,90	-5,84	4,28
Svibanj May	0,31 ± 1,82	-5,61	3,90
Lipanj June	0,29 ± 1,86	-5,21	3,68
Srpanj July	0,28 ± 2,00	-5,57	4,38
Kolovoz August	0,32 ± 2,14	-6,26	5,19
Rujan September	0,37 ± 2,10	-5,17	5,58

Tablica 7. Trendovi Palmerova indeksa oštrine suhoće (scPDSI) za mjesecu u vegetacijskom razdoblju na području grada Zagreba (1901. – 2017.)

Table 7 Trends of the Palmer dryness index (scPDSI) for months in the vegetation period in the area of the city of Zagreb (1901 - 2017)

Mjeseci Months	Jednadžba trenda Trend equation	Kendall's tau	Sen's slope	p-vrijednost p-value
Travanj <i>April</i>	$Y = -0,0132x + 1,1536$	-0,145	-0,012	0,021
Svibanj <i>May</i>	$Y = -0,01x + 0,9096$	-0,114	-0,008	0,071
Lipanj <i>June</i>	$Y = -0,0111x + 0,9519$	-0,115	-0,009	0,068
Srpanj <i>July</i>	$Y = -0,0147x + 1,1605$	-0,152	-0,014	0,016
Kolovoz <i>August</i>	$Y = -0,014x + 1,1477$	-0,127	-0,013	0,043
Rujan <i>September</i>	$Y = -0,0106x + 0,9887$	-0,097	-0,01	0,125

suše, kao što su agronomski suša, meteorološka suša i hidrološka suša (Jug i dr. 2011). Postoji nekoliko metoda, odnosno načina, kako odrediti sušu, a jedna je od njih metoda koju je 1965. godine razvio Palmer (Palmer 1965). Palmerov indeks oštrine suhoće (PDSI) mjeri odstupanje opskrbe vlagom. Taj je indeks meteorološki indeks suše (Karl i Knight 1985). Za izračun Palmerova indeksa oštrine suhoće potrebno je poznavati podatke o količini oborine i temperature te udio vode u tlu. Palmerov indeks oštrine suhoće upotrebljava se za monitoring suše i sušnih razdoblja (Willeke i dr. 1994).

U Tablici 6. nalaze se deskriptivni statistički pokazatelji za kalibrirani Palmerov indeks oštrine suhoće za područje grada Zagreba. Najveći minimum u vrijednosti od -6,26 (ekstremno suho) zabilježen je u kolovozu 2012. godine. Najveća maksimalna vrijednost u iznosu od 5,58 (ekstremno vlažno) evidentirana je u rujnu 1937. godine. Prosečne vrijednosti scPDSI kretale su se od 0,28 do 0,37 (blizu normale).

Trendovi Palmerova indeksa oštrine suhoće za mjesecu u vegetacijskom razdoblju prikazani su u Tablici 7. Prema rezultatima Mann-Kendall trend testa, postoji padajući trend scPDSI za travanj (Kendall's tau = -0,145, Sen's slope = -0,012, p = 0,021).

Za svibanj ne postoji statistički značajan trend scPDSI (Kendall's tau = -0,114, Sen's slope = -0,008, p = 0,071). Trend scPDSI za lipanj je padajući, ali nije statistički značajan (Kendall's tau = -0,115, Sen's slope = -0,009, p = 0,068). Za srpanj trend scPDSI bio je padajući, odnosno negativnog trenda. Prema rezultatima Mann-Kendall trend testa, taj trend bio je statistički značajan (Kendall's tau = -0,152, Sen's slope = -0,014, p = 0,016). Također postojao je padajući trend scPDSI u kolovozu (Kendall's tau = -0,127, Sen's slope = -0,013, p = 0,043). Prema rezultatima Mann-Ken-

dall trend testa, za rujan trend nije bio statistički značajan (Kendall's tau = -0,097, Sen's slope = -0,01, p = 0,125).

S obzirom na porast srednje godišnje temperature zraka (Ivančan-Picek i dr. 2017, Nimac i dr. 2018) te smanjenje količine oborine (Gajić-Čapka 1992, Filipčić i dr. 2013), pretpostavlja se da će se povećati broj semiaridnih mjeseci, a smanjiti broj perhumidnih i humidnih mjeseci u gradu. Sve to ide u prilog povećanju aridnosti na području grada, na što nas upućuje i trend Palmerova indeksa oštrine suhoće (scPDSI). Očekuje se i veći broj dana sa sušom, što će u urbanim uvjetima gdje je prisutno veće površinsko otjecanje vode stvarati otežavajuće uvjete za šumske drveće.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Iako je grad Zagreb prema veličini srednje velik grad, a zračna udaljenost meteoroloških postaja Grič i Maksimir manja je od pet kilometara, vrijednosti analiziranih klimatskih elemenata u središtu grada razlikuju se u odnosu na vrijednosti u suburbanom dijelu grada. U središtu grada Zagreba znatno su više vrijednosti srednje godišnje temperature zraka u odnosu na suburbanu dio grada. Količine oborine kretale su se od 854 mm u suburbanom dijelu grada do 881 mm u središtu grada. S obzirom na huminost klime i mjesečne kišne faktore suburbanu dio grada humidniji je u odnosu na središte grada. Iznos potencijalne evapotranspiracije bio je veći u središtu grada u odnosu na suburbanu dio grada. Srednja godišnja relativna vlažnost zraka veća je u suburbanom dijelu grada u odnosu na središte grada. Apsolutno kolebanje temperature zraka bilo je veće u suburbanom dijelu grada (62,5 °C) u odnosu na središte grada gdje je iznosilo 54,4 °C. Na godišnjoj razini iznosi količine oborine veće su od iznosa potencijalne evapotranspiracije. Međutim, tijekom mjeseci u vegetacijskom razdoblju, a što je važno za šumske vrste drveća i ostalu vegetaciju u gradu, iznos količine oborine bio je manji od iznosa potencijalne evapotranspiracije. Prema vrijednostima Langova kišnog faktora, klima na području grada Zagreba je semihumidna. S obzirom na indeks aridnosti i pluviotermički kvocijent, klima je humidna. Trendovi Palmerova indeksa oštrine suhoće u proljeće (travanj) te u dva najtoplja mjeseca u godini (srpanj, kolovoz) imaju značajan trend upućujući na povećanje aridnosti na području grada Zagreba. U kontekstu klimatskih promjena nužno je nastaviti monitoring i analizu urbane klime, a isto tako povećati broj postaja s motrenjem klime.

S obzirom na nastavak klimatskih promjena i povećanje vrijednosti temperature zraka te češće pojave sušnih razdoblja pojačat će se razina stresa kod drveća u urbanim sredinama.

LITERATURA

REFERENCES

- Bertović, S., 1975: Acta Biologica VII/2, Prilog poznавању односа klime i vegetације u Hrvatskoj, Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, 215 str., Zagreb.
- Chang, C. R., M. H. Li, S. D. Chang, 2007: A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landscape and Urban Planning* 80: 386-395.
- Cheng, M. T., Y. I. Tsai, 2000: Characterization of visibility and atmospheric aerosol in urban, suburban and remote areas. *Sci. Total Environ.* 263: 101-114.
- Conrad, V., L. W. Polak, 1950: Methods in Climatology, Harvard University, str. 212, Cambridge.
- Emberger, L., 1932: Sur une formule climatique et ses applications en botanique, *La Météorologie* 423.
- Filipčić, A., D. Orešić, M. Maradin, 2013: Promjene količine padalina u Hrvatskoj od sredine 20. stoljeća do danas. *Geoadria* 18 (1): 29-39.
- Gajić-Čapka, M., 1992: Stationarity, Trend and Periodicity of Precipitation at the Zagreb-Grič Observatory from 1862 to 1990. *Hrvatski meteorološki časopis* 27: 1-10.
- Gillner, S., A. Bräuning, A. Roloff, 2014: Dendrochronological analysis of urban trees: climatic response and impact of drought on frequently used tree species. *Trees* 28: 1079-1093.
- Gračanin, M., 1950: Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkim istraživanjima, *Poljoprivredna znanstvena smotra* 12, 51.
- Gračanin, M., Lj. Ilijanić, 1977: Uvod u ekologiju bilja, Školska knjiga, 289 str., Zagreb.
- Huff, F. A., S. A. Changnon, 1973: Precipitation modification by major urban areas. *Bulletin of the American Meteorological Society* 54: 1220-1220.
- Ivančan-Picek, B., I. Guettler, K. Zaninović, L. Cvitan, A. Bajić, L. Srnec, K. Cindrić Kalin, M. Perčec Tadić, 2017: Projekcije klimatskih promjena na području grada Zagreba. Deveta regionalna konferencija Sigurnost gradova SIGG 2017. Opatija, Hrvatska, 16-17. 03. 2017. Sažeci sa skupova.
- Ji, W., 2015: Understanding urban wetland dynamics: Cross-scale detection and analysis of remote sensing. *Int J Remote Sens* 36. 1763-1788.
- Jug, D., B. Stipešević, I. Jug, M. Mesić, 2011: Agroklimatološki pojmovnik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 118 str., Osijek.
- Juričić, H., 1942: Vlaga u zraku, *Zemljopis Hrvatske*, I, Zagreb.
- Karl, T. R. i R. W. Knight, 1985: Atlas of Monthly Palmer Hydrological Drought Indices (1931-1983) for the Contiguous United States. Historical Climatology Series 3-7, National Climatic Data Center, Asheville, NC.
- KNMI Climate Explorer (<https://climexp.knmi.nl/start.cgi>).
- Lang, R., 1915: Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht, Internationale Mitteilungen für Bodenkunde 5, 313.
- Likso, T., 2012: Procjena brzine vjetra u suburbanom prizemnom sloju atmosfere. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 98.
- Martonne, E. de, 1926: Une nouvelle fonction climatique: l' indice d' aridité, *La Météorologie*, str. 449.
- Marzluff, J. M., E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon, C. ZumBrunnen, 2008: *Urban Ecology. An International Perspective on the interaction Between Human and Nature*. Springer Science and Business Media, New York.
- Mikac, S., A. Žmegač, D. Trlin, V. Paulić, M. Oršanić, I. Anić, 2018: Drought-induced shift in tree response to climate in floodplain forests of Southeastern Europe, *Scientific Reports* 8: 1. – 12.
- Nimac, I., I. Herceg Bulić, M. Perčec Tadić, K. Zaninović, 2018: Urban climate of Zagreb (Croatia) – its characteristics and changes. *EMS Annual Meeting Abstracts Vol. 15*, EMS2018-563-1.
- Oke, T.R., G. Mills, A. Christen, J.A. Voogt, 2017: *Urban Climates*. Cambridge University Press, 520. str., Cambridge.
- Palmer, W. C., 1965. Meteorological Drought. Research Paper No.45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- Penzar, I., B. Penzar, 2000: *Agrometeorologija*, Školska knjiga, 222 str., Zagreb.
- Rebele, F., 1994: Urban Ecology and Special Features of Urban Ecosystems. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 4: 173-187.
- Rizwan, A. M., L. Y. C. Dennis, C. Liu, 2008: A review on the generation, determination and mitigation of urban heat island. *J Environ Sci* 20: 120-128.
- Savi, T., S. Bertuzzi, S. Branca, M. Tretiach, A. Nardini, 2015: Drought-induced xylem cavitation and hydraulic deterioration: risk factors for urban trees under climate change? *New Phytol* 205: 1106-1116.
- Seletković, Z., M. Ivkov, I. Tikvić, 1993: Prilog istraživanjima klimatskih elemenata i pojava u zagrebačkoj regiji tijekom ovog stoljeća. *Glasnik za šumske pokuse*, posebno izdanje 4: 25-34.
- Seletković, Z., 2001: Klima i hidrološke prilike u dinarskim jelovim šumama u Hrvatskoj, U: B. Prpić (ur.), *Obična jela (Abies alba Mill.) u Hrvatskoj*, Akademija šumarskih znanosti, 133.-141., Zagreb
- StatSoft, Inc. 2003. *STATISTICA for Windows*. Tulsa: StatSoft, Inc.
- Sturrock, R. N., S. J. Frankel, A. V. Brown, P. E. Hennon, J. T. Kliejunas, K. J. Lewis, J. J. Worrall, A. J. Woods, 2011: Climate change and forest diseases. *Plant Pathol.* 60: 133-149.
- Šegota, T., A. Filipčić, 1996: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, 471 str., Zagreb.
- Šegota, T., A. Filipčić, 2003: Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje, *Geoadria* 8/1: 17. – 37.
- Šimunić, I., 2013: Uređenje voda, Hrvatska sveučilišna naklada, str. 260, Zagreb.
- Ugarković, D., K. Pleša, 2017: Usporedba odumiranja stabala hrasta lužnjaka i poljskog jasena u odnosu na ekološku konstituciju vrsta. *Sumar list* 5-6: 227-236.
- Ugarković, D., Ž. Španjol, I. Tikvić, D. Kapučija, I. Plišo Vusić, 2019: Microclimate differences in the degradation stages of Holm oak (*Quercus ilex* L.) forests. *Sumar list* 9-10: 391-402.
- Unger, J., 1999: Urban-rural air humidity differences in Szeged, Hungary. *Int J of Climatol* 19: 1509-1515.
- Unkašević, M., O. Jovanović, T. Popović, 2001: Urban-suburban / rural vapour pressure and relative humidity differences at fixed hours over the area of Belgrade city. *Theor. Appl. Climatol.* 68: 67-73.

- Zhang, W., Y. Zhu, J. Jiang, 2016: Effect of the Urbanization of Wetlands on Microclimate: A Case Study of Xixi Wetland Hangzhou, China. *Sustainability* 8, 885: 1-13.
- Walter, H., 1955: Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationsskundliche und landwirtschaftliche Zwecke, *Ber. Dtsch. Bot. Ges.*, LVIII, 8.
- Willeke, G., J. R. M. Hosking, J. R. Wallis i N. B. Guttman, 1994: The National Drought Atlas. Institute for Water Resources report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers.

SUMMARY

Climate as an average weather condition is determined by average values, but also by fluctuations of climatic elements. Given that climate is the most important habitat factor, it is necessary to observe, describe and monitor its changes. Data on air temperature ($^{\circ}\text{C}$), precipitation (mm) and relative humidity (%) values were collected for meteorological stations Grič, in the city centre, and Maksimir, in the suburban part of the city. Based on the observed and measured climatic elements, various climate indices were calculated that describe the climate of the city of Zagreb in more detail. An analysis of the trend of the Palmer dryness index (scPDSI) was made. Air temperature ($^{\circ}\text{C}$), precipitation amount (mm) as well as the amount of potential evapotranspiration (mm) had significantly higher values in the city centre compared to the suburban part of the city. The suburban part of the city is more humid compared to the city centre. The trend of the Palmer dryness sharpness index for April, July and August indicates an increase in aridity in the Zagreb area.

KEY WORDS: climate, Zagreb, urban ecosystem

VEGETATIVNO RAZMNOŽAVANJE PITOMOG KESTENA I MARUNA

VEGETATIVE PROPAGATION OF SWEET CHESTNUT AND MARRONS

Katarina TUMPA¹, Marilena IDŽOJTIĆ¹, Mirna ĆURKOVIĆ-PERICA², Marin JEŽIĆ², Davor JURETIĆ³, Damir DRVODELIĆ⁴, Mario ŠANGO⁴, Milovan ŽIGANTE⁵, Igor POLJAK^{1*}

SAŽETAK

Maruni su selekcionirane sorte europskog pitomog kestena, uzgajane radi krupnoće i kvalitete plodova. Većina zemalja u kojima raste europski pitomi kesten ima svoje autohtone sorte, koje su dobivene dugotrajnom selekcijom i uzgojem, tijekom više stoljeća. Kultiviranje maruna ima dugu povijest u zapadnoj Hrvatskoj, većinom na području Lovrana i okolice. Nažalost, stabla maruna ugrožena su štetnicima i bolestima, kao i napuštanjem nasada, no dio uzgajivača i dalje njeguje tradicionalan način uzgoja. U ovome se radu daje pregled najčešćih metoda vegetativnog razmnožavanja pitomog kestena i maruna, kao i kraći pregled načina uzgoja, razmnožavanja te značaja nasada maruna u Hrvatskoj. Budući da je prenošenje istovjetnih karakteristika plodova s matične biljke na potomstvo moguće jedino izravnim prenošenjem genotipa roditeljske biljke, maruni se mogu razmnožavati samo vegetativnim metodama. Najčešća metoda vegetativnog razmnožavanja maruna, kao i pitomog kestena, u rasadnicima je cijepljenje. Ostale korištene metode vegetativnog razmnožavanja su razmnožavanje povaljenicama, reznicama i kulturom tkiva.

KLJUČNE RIJEČI: vegetativno razmnožavanje, cijepljenje, maruni, pitomi kesten, kultivari

UVOD INTRODUCTION

Rod *Castanea* Mill. obuhvaća vrste umjerenog pojasa Azije, Europe te istočnoga dijela SAD-a. Broj vrsta razlikuje se s obzirom na različite klasifikacije, no gospodarski najznačajnije vrste su europski pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), japanski pitomi kesten (*C. crenata* Sieb. et Zucc.), kineski pitomi kesten (*C. mollissima* Blume) i američki pi-

toni kesten (*C. dentata* (Marshall) Borkh.). Navedene vrste značajne su od davnina zbog kvalitetnog drva i jestivih, vrlo hranjivih plodova (Johnson 1988; Lang i sur. 2006; Corredoir i sur. 2017).

Europski pitomi kesten jedina je europska vrsta roda *Castanea*. Raste kao stablo visine do 30 m. Stabla na osami kratkog su debla i široko razgranate kuglaste krošnje s nekoliko osnovnih i nepravilno raspoređenih debelih grana

¹ Katarina Tumpa, mag. ing. silv., prof. dr. sc. Marilena Idžožić, doc. dr. sc. Igor Poljak, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Svetosimunska cesta 23, 10000 Zagreb

² prof. dr. sc. Mirna Ćurković-Perica, doc. dr. sc. Marin Ježić, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zavod za mikrobiologiju, Marulićev trg 9a, 10000 Zagreb

³ Davor Juretić, Kestenici Juretić, Kalvarija 10/1, 47000 Karlovac

⁴ izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić, Mario Šango, mag. ing. silv., Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Svetosimunska cesta 23, 10000 Zagreb

⁵ Milovan Žigante, Nova cesta 82, 51410 Opatija

*Korespondencija: doc. dr. sc. Igor Poljak, ipoljak@sumfak.hr

(Herman 1971; Poljak 2014). U šumskom sklopu stabla su dugačkog i ravnog debla te razmjerno malene krošnje. Pitomi je kesten jednodomna vrsta s jednospolnim cvjetovima (Idžožić 2013). Soliterna stabla počinju plodonositi u dobi od 6 do 12 godina, dok će ona u sastojini prve plodove dati nešto kasnije. Cvjetanje je u lipnju, nakon listanja. Plodovi su orasi (kesteni), a najčešće je po tri ploda smješteno unutar jedne bodljikave kupule (ježice), koja se dozrijevanjem u listopadu raspucava na četiri jednaka dijela (Idžožić 2013). Svaki plod, odnosno kesten, sadrži po jednu do dvije sjemenke. Plodove rasprostranjuju životinje (zoohorija).

Osim stabala u šumskim sastojinama brežuljkasto-brdskog pojasa kontinentalne Hrvatske, Istre te na otocima Cresu i Krku (Medak i sur. 2009) na području Istre i Kvarnera prisutna su i kultivirana stabla, poznata pod nazivom maruni. Maruni su selekcionirane sorte (kultivari) europskog pitomog kestena, uzgajane radi krupnoće i kvalitete plodova (Idžožić i sur. 2012; Poljak i sur. 2016, 2021). Prema talijanskim standardima maruni su samo one sorte europskog pitomog kestena s najkvalitetnijim, ukusnim, krupnim plodovima duguljastog oblika, malim hilumom, svjetlijem smeđe boje, malo izbočenim, uzdužnim, tamnim prugama, koji se lako ljušte i rijetko imaju dvostrukе sjemenke (Bounous 2002; Mellano i sur. 2012). Francuska definicija maruna slična je prethodnoj, a naznačeno je da moraju imati manje od 12 % plodova s dvije sjemenke (Bounous 2002). Osim maruna, posljednjih desetak godina u uzgoju su sve zastupljeniji križanci europskog i japanskog pitomog kestena (slika 1), koji imaju veći prinos i krupnije plodove (Breisch 1995; Idžožić i sur. 2012; Laratta i sur. 2016; Poljak i sur. 2016, 2021). Prema iskustvima hrvatskih uzgajivača, otpornost spomenutih hibrida na patogene i napade štetnika je malo bolja u odnosu na tradicionalne sorte pitomog kestena.

METODE VEGETATIVNOG RAZMNOŽAVANJA VEGETATIVE PROPAGATION METHODS

S obzirom na kasnu fruktifikaciju, kao i varijabilnost generativno dobivenih biljaka (uzgojenih iz sjemena), u komercijalnome uzgoju pitomog kestena primjenjuju se metode vegetativnog razmnožavanja. Za razliku od biljaka uzgojenih iz sjemena, vegetativno razmnožavanje omogućuje ugoj velikog broja istovjetnih biljaka, čime je osiguran urod plodova uniformnih značajki. Najčešće korištene metode su cijepljenje, razmnožavanje povaljenicama i reznicama (makroppropagacijske metode) te razmnožavanje kulturom tkiva *in vitro* (mikroppropagacija) (Bounous i Beccaro 2002).

Cijepljenje – *Grafting*

Cijepljenje je metoda heterovegetativnog razmnožavanja kojom dolazi do spajanja dijelova genski različitih biljnih organizama, uz povezivanje njihovih provodnih tkiva (žila). Kao rezultat nastaje jedan funkcionalan organizam, sastav-

ljen od dviju jedinki. Cijepljenje se provodi spajanjem plemke na podlogu. Plemka je izbojak ili djelić kore s pupom biljke koju želimo razmnožiti, a koja će tvoriti većinu nadzemnog dijela novonastalog organizma, dok podloga, koja se na mjestu cijepa spaja s plemkom, služi kao korijenski sustav novoga organizma (Rothenberger i Starbuck 2008; Bilderback i sur. 2014).

Cijepljenje je brz i učinkovit način za postizanje brojnih hortikulturnih ciljeva: 1. izbjegavanje problema juvenilnosti – velik broj biljaka uzgojenih iz sjemena ne započinje s cvjetanjem, odnosno plodonosenjem dulji niz godina; cijepljenjem novonastala biljka zadržava dob biljke s koje je uzeta plemka te "preskače" dugo razdoblje sazrijevanja; 2. očuvanje genotipa ozlijedene biljke – u slučaju truleži ili oštećenja korijena i/ili debla, uzimanjem plemke s postojećeg stabla i ucijepljivanjem u novu podlogu moguće je spasti ozlijedenu biljku, odnosno očuvati genotip (kultivar); 3. cijepljenjem je također moguće popraviti oštećenja kore te povezati nestabilne grane; 4. kontrola dimenzija biljke – određene podloge mogu uzrokovati patuljasti rast plemke te time osigurati željene dimenzije konačnog stabla (npr. voćkarice); 5. otpornost na stresne čimbenike – odabir podloge otporne na patogene i/ili negativne okolišne čimbenike osigurava uspješan rast biljke.

Uspješnost cijepljenja ovisi o većem broju čimbenika, no najvažnija je svakako genska kompatibilnost plemke i podloge (Mudge i sur. 2009). Osim toga, na uspješnost cijepljenja utjecat će i odabrani način cijepljenja, starost plemke, vrijeme cijepljenja te okolišni uvjeti (Singh i Rehman 2019). Taksonomska srodnost biljaka glavni je preduvjet uspješnosti ove metode, a postotak uspješno cijepljenih biljaka je manji što su one genski različitije (manje srođne). Općenito može se reći kako će spajanje biti uspješno između podloge i plemke istoga genotipa ili vrste, a rijetko ako je razlika na razini roda ili porodice. Cijepljenje biljaka između različitih porodica u praksi je najčešće nemoguće. Ova generalizacija podliježe iznimkama, budući da je kompatibilnost biljaka vrlo varijabilna na svim razinama srodnosti (Mudge i sur. 2009).

Cijepljenje pitomog kestena uspješnija je metoda razmnožavanja od propagacije povaljenicama ili zakorijenjivanja reznica (Clapper 1954) te se općenito smatra najuspješnijom metodom makroppropagacije (Nelson i sur. 2014). Osim toga, odlikuje se uspješnošću koja omogućava isplativu proizvodnju maruna (Oraguzie i sur. 1999).

Tehnike cijepljenja pitomog kestena i maruna – *Grafting techniques for sweet chestnut and marrons*

Postoje različite tehnike cijepljenja (slika 2), a svaki rasadnikar će se opredijeliti za jednu ili dvije koje mu najviše odgovaraju, uzimajući u obzir uspješnost i vrijeme potrebno za provođenje postupka. Najčešće korištene tehnike

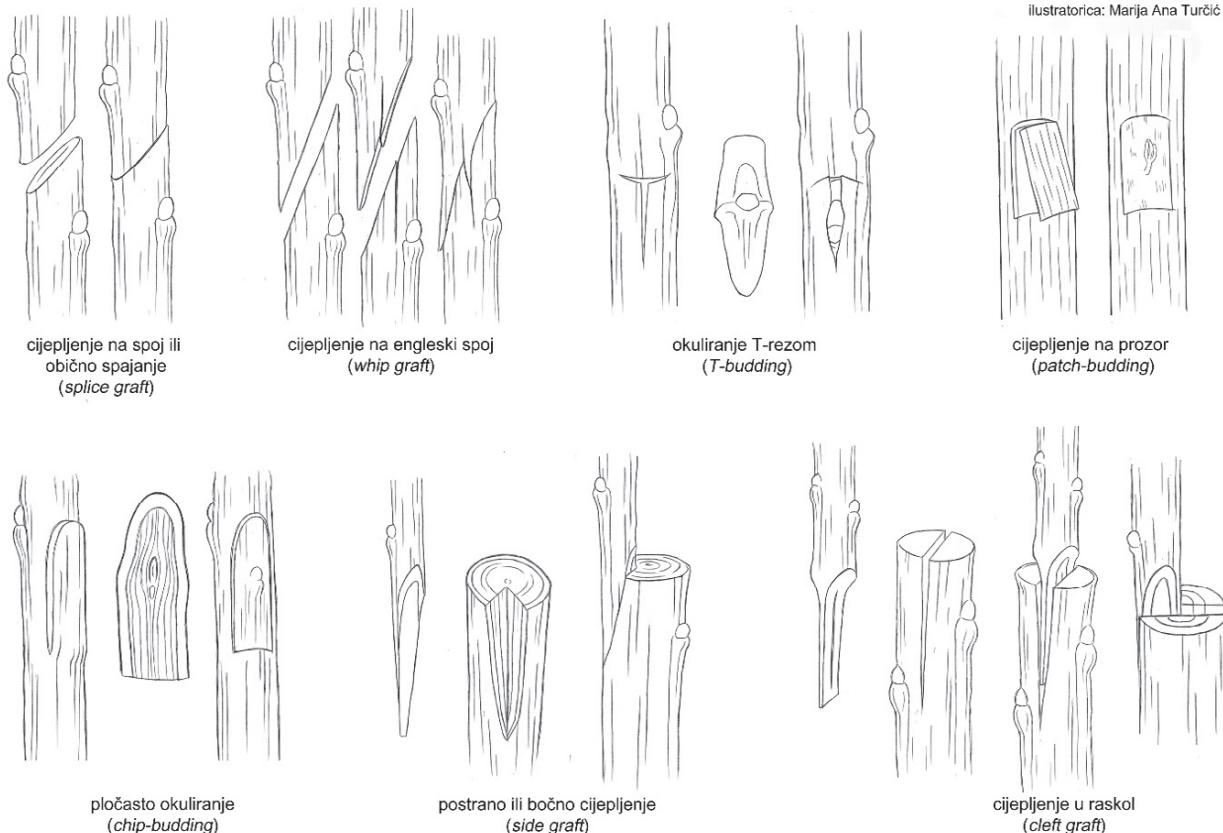


Slika 1. Plantaža euro-japanskih hibrida pitomog kestena.
Figure 1 Chestnut plantation with Euro-Japanese hybrids.

cijepljenja su prema Keysu (1978), Pereira-Lorenzo i Fernandez-Lopez (1997), Serdar i Soylu (2005) i Mayfieldu (2009):

A) Cijepljenje na spoj ili obično spajanje (*splice*) – podloga i plemka odrezane su dijagonalno te se prisljaju pažeći na dodirivanje kambijalnih slojeva; ako je podloga deblja od plemke, podloga se najprije reže vodoravno te zatim dijagonalno, kako bi se postiglo spajanje što većeg dijela kambijalnih zona.

- B) Cijepljenje na engleski spoj (*whip*) – podloga i plemka režu se dijagonalno te se na tim rezovima dodaju komplementarni zarezi (jezičci), pomoću kojih se plemka čvršće uglavljuje na podlogu.
- C) Cijepljenje u raskol (*cleft*) – sredinom podlove urezuje se okomiti rez, u koji se umeće klinasto odrezana plemka.
- D) Postrano ili bočno cijepljenje (*side*) – na podlozi se s bočne strane urezuje dijagonalan rez, prema središtu stabljike (izbojka) te se u tako nastao utor umeće klinasto odrezana plemka, pazeći pritom da se kambijalni slojevi dodiruju.
- E) Okuliranje T-rezom (T-okuliranje) i obrnutim T-rezom – na kori podlove vodoravnim te okomitim rezom stvara se pukotina uspravnog ili preokrenutog oblika slova "T", u koju se umeće pup plemke. Pupovi trebaju biti posve razvijeni i dormantni, a okuliranje se vrši ljeti, kako bi mjesto cijepa stiglo srasti do zime.
- F) Pločasto okuliranje (*chip*) – s podloge se uklanja "pločica" zrele kore do kambijalnog sloja; na ovo se mjesto stavlja "pločica" kore plemke s pupom te se kambijalni slojevi pažljivo namještaju (Bilderback i sur. 2014).
- G) Cijepljenje na prozor (*patch*) – s podloge se uklanja veći kvadrat kore i kambijalnog sloja te se na njegovo mjesto



Slika 2. Načini cijepljenja pitomog kestena (autorica Marija Ana Turčić).
Figure 2 Sweet chestnut grafting techniques (author Marija Ana Turčić).



Slika 3. Lovranski marun: (A) plodovi; (B) spoj između podloge i plemke.

Figure 3 Lovran marron: (A) fruits; (B) graft union between rootstock and scion.



stavlja komplementaran kvadrat kore s kambijem plemke, koji na sebi ima pup. Ova je metoda primjerena u slučaju već odebljale kore starijih izbojaka, kada su pločasto okulirane i T-okuliranje neizvedivi (Carroll 2017).

Cijepljenje na spoj najjednostavniji je, a prema Keysu (1978) i najuspješniji način cijepljenja pitomog kestena. Perreira-Lorenzo i Fernandez-Lopez u svome istraživanju iz 1997. godine utvrdili su da je cijepljenje na prozor najuspješniji način cijepljenja križanaca europskog i azijskih pitomih kestena, dok su Serdar i Soylu (2005) zaključili kako se turski kultivari pitomog kestena najuspješnije cijepe obrnutim T-rezom ili cijepljenjem na engleski spoj. Pločasto okuliranje te cijepljenje na spoj pokazali su se najboljim načinima cijepljenja američkog pitomog kestena, uz uspješnost do čak 100 % (Mayfield 2009).

Nakon samog spajanja plemke i podloge, mjesto cijepa se omata čistom, plastičnom vezicom, odnosno elastičnom folijom (*stretch* folija), pazeci pritom da pup ostaje nepokriven. Zarastanje rane, odnosno srastanje kambijalnih slojeva plemke i podloge, brže je ako su njihove dodirne površine veće (Maltoni i sur. 2001). Nakon cijepljenja, mjesto cijepa potrebno je premazati voćarskim voskom, a prije cijepljenja alat za cijepljenje sterilizirati. Mjesto cijepa po-

trebno je redovito pregledavati. Nakon mjesec dana, kambijalni slojevi trebali bi srasti te je potrebno skinuti vezicu, pazeci pritom da se ne ošteti mjesto spoja. Ako je spoj dobro kalusirao te su plemka i podloga srasle, ponovno omatanje elastičnom folijom nije potrebno. Sve pupove i izdanke iz panja podloge potrebno je ukloniti, a ovaj se postupak ponavlja barem još jednom prije sušnog razdoblja ljeti, čime se poboljšava rast plemke. Ako je rast plemke prebrz, moguće je odrezati njezin vrh i time usporiti rast (Maltoni i sur. 2001).

Za pravilno cijepljenje bitno je plemku uzeti u optimalno doba godine, kao i odabrati plemku dobre starosti, odnosno zrelosti tkiva. Prema Bilderbacku i sur. (2014), optimalni mjeseci za uzimanje plemki pitomog kestena su veljača i ožujak. Plemke trebaju biti tridesetak centimetara duge, a nakon sakupljanja potrebno ih je držati u gotovo suhome tresetu ili u dobro zatvorenim plastičnim vrećicama, na temperaturi od oko 1–2 °C. U većemu je broju istraživanja (Galic i sur. 2014; Nelson i sur. 2014) utvrđeno kako se plemke sakupljane s izdanaka iz panjeva te mlađih stabala uspješnije spajaju s podlogama u odnosu na izbojke sa starijih stabala. Glavni razlog koji dovodi do problema sa spajanjem te srastanjem kambijalnih slojeva na mjestu cijepa nakupljanje je tvari koje neutraliziraju učinak biljnog hormona indol-3-octene kiseline (IAA od eng. *indole-3-ace-*



Slika 4. Cijepljenje u raskol.
Figure 4 Cleft graft.

tic acid). Osim pravilno izvedenog cijepljenja, velik je utjecaj pravilne njegе te uzgoja cijepljenih biljaka. Niske temperature usporavaju kalusiranje spoja cijepa te oslabljuju ili umanjuju uspješnost primanja plemke na podlogu. Također, utvrđena je razlika u uspješnosti pojedine tehnike cijepljenja turskih kultivara europskog pitomog kestena na hibridne podloge, ovisno o načinu uzgoja sadnica (Serdar i Soylu 2005). Prilikom uzgoja na otvorenome polju, uspješnjim se pokazalo cijepljenje na engleski spoj, dok je u biljaka uzgajanih u kontejnerima veći uspjeh postignut Tokuliranjem. Odabir pravilnog načina uzgoja stoga ovisi o proizvodnome planu – biljke uzgajane u kontejnerima imaju veći uspjeh u prilagodbi nakon presadnje, no spremne su za prodaju tek u trećoj uzgojnoj godini. Biljke uzgajane na otvorenome u prodaju mogu već najesen, ako su cijepljene u proljeće.

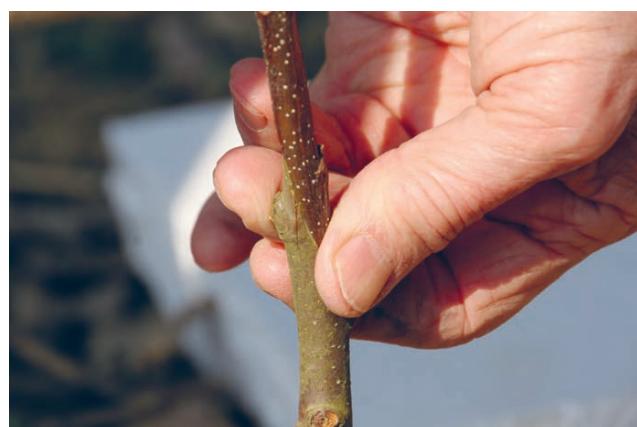
Osim cijepljenja plemke na izbojak podloge, u sjevernoameričkom šumarstvu uobičajeno je i cijepljenje u sjeme (*nut grafting*). Ovaj način relativno je jednostavan i jeftiniji je od okuliranja, no nije primjenjiv za cijepljenje velikog broja biljaka. Razvijen je u SAD-u, gdje se aktivno koristi u svrhu očuvanja američkog pitomog kestena, značajno oštećenog pojavom tintne bolesti (*Phytophthora* spp.) početkom 20. stoljeća (Mayfield 2009). Podloga za cijepljenje, sjeme, je pitomi kesten iste vrste kao i plemka. Nakon klijanja i pojave hipokotila, izbojak se razreže te se time uklanjuju hipokotil i radikula. Pomoću noža, između supki se umeće klinasto oblikovana plemka. Prema Mooreu (1963), početna uspješnost spajanja plemke s podlogom iznosi 60-80 %, no uspješnost zakorjenjivanja značajno opada s vremenom te prezivljivanje nakon dva tjedna iznosi 38 %. Prema Mayfieldu (2009) dugoročno prezivljavanje iznosi 10-25 %. Sličan način naziva se cijepljenje na negativno geotropnu radikulu, a razvijen je 1968. godine za primjenu na japanskom pitomom kestenu. I u ovome se slučaju sjeme pušta da proklije, no vrh radikule uklanja se prije pojave korjenčića i probijanja epikotila. Radikula se razrezuje te se u tako

nastao utor umeće plemka. Ovaj je način nešto komplikiraniji od klasičnog cijepljenja u sjeme, no zabilježeno je prezivljivanje od gotovo 100 % u stakleničkim pokusima (Keys 1978).

Razmnožavanje povaljenicama – *Propagation by layering*

Razmnožavanje povaljenicama (polijeganje) podrazumijeva zakorjenjivanje izbojaka matične biljke te naknadno odsijecanje ukorijenjenog izbojaka od matične biljke (Clapper 1954). Tri su najčešća načina polijeganja: 1. obično (lučno) polijeganje – najjednostavniji i ujedno najčešći način polijeganja primjenjiv na velikome broju vrsta; 2. polijeganje u jarak (kontinuirano ili kinesko polijeganje); 3. složeno polijeganje (zmijoliko ili valovito). Prednost polijeganja očituje se u jednostavnoj primjeni te većem broju dobivenih biljaka, no metoda nije primjenjiva za sve vrste.

Polijeganje kao metodu razmnožavanja pitomog kestena često primjenjuju francuski uzgajivači. Međutim, rezultati istraživanja na povaljenicama značajno se razlikuju. U istraživanju Landalucea (1952) nije postignut dobar uspjeh u zakorijenjivanju povaljenica na mladim biljkama, dok su izbojci starijih panjeva imali uspješnost zakorijenjivanja od samo 20 %. Pri tomu se primjena auksina nije pokazala uspješnom, dok je prstenovanje kore vremenski i tehnički vrlo zahtjevno. U kasnijem istraživanju iz 1953. godine (Vitetiez 1953), zabilježen je uspjeh u razmnožavanju povaljenicama. U 15 različitih tretiranja, uspješnost zakorijenjivanja bila je različita, a najuspješnijim su se pokazala tri tretmana: 5 mg/g indol-3-maslačne kiseline (IBA od eng. *indole-3-butryric acid*) i 5 mg/g IAA; 10 mg/g IBA; 4 mg/g IAA i 4 mg/g 2,4-diklorofenoksioctene kiseline (2,4-D od eng. *2,4-dichlorophenoxyacetic acid*). Postupak je proveden u proljeće, uz primjenu auksina u lanolinskoj pasti te uz prekrivanje grana vlažnim mahom tresetarom. Korijen koji se razvio bio je najčešće debeo i bez korjenovih dlačica i time



Slika 5. Cijepljenje na engleski spoj.
Figure 5 Whip graft.

uglavnom neprimjenjiv za presadnju. Najbolje rezultate postigli su Vietiez i sur. (1955). U njihovome istraživanju također su primijenjeni auksini u lanolinskoj pasti, u različitim koncentracijama, kao i prekrivanje tresetom te tlom. Najbolje rezultate razvoja korijena postigli su izbojci iz panja, u svim koncentracijama auksina. Vlaknasti korijen razvio se u 100 % biljaka tretiranih s 12 mg/g IBA. Najveći izazov prilikom razmnožavanja povaljenicama, kao i cijepljenjem, velik je broj radnih sati potrebnih za obavljanje razmnožavanja. Osim toga, potreban je velik broj matičnih biljaka za dobivanje dovoljnog broja klonova. Odumiranje prilikom presadnje također je značajno (Keys 1978).

Poliđeganju sličan način razmnožavanja je i nagrtanje, odnosno razmnožavanje grebenicama. Obično se primjenjuje u proizvodnji podloga za voćkarice. U proljeće se nadzemni dio biljke reže na 3 cm od tla, izbojci se povezuju žicom te nagrću zemljom. U jesen tlo se uklanja, a iz adventivnih pupova tijekom vegetacijske sezone razvija se veći broj izbojaka. Ovaj je postupak složen te ga često primjenjuju francuski uzgajivači. Prednost ove metode je što se od jedne matične biljke, u slučaju nekih voćkarica, može dobiti i do 12 zakorijenjenih izbojaka, dok se jedna biljka, uz odgovarajuću njegu može koristiti za razmnožavanje do 20 godina (Benković-Lačić 2013). Nagrtanje pitomog kestena opisuju i Singh i Rehman (2019). U njihovome istraživanju, europski pitomi kesten razmnožavan ovom metodom, davao je do 90 % zakorijenjenih izbojaka uz primjenu IBA i ozljedivanje matične biljke žicom.

Razmnožavanje reznicama – *Propagation by cuttings*

Razmnožavanje reznicama, podrazumijeva uzgoj nove jedinke zakorjenjivanjem dijela matične biljke, najčešće lista, odrezane stabljike ili korijena. Osim zdravstvenog stanja biljnog materijala, prilikom zakorjenjivanja značajnu ulogu imaju supstrat za zakorjenjivanje, vlažnost supstrata, svjetlost, prisutnost hranjiva i hormona za zakorjenjivanje. Osnovna zadaća supstrata je osigurati čisto, po mogućnosti sterilno, okruženje za razvoj korijena, kao i dobru drenažu viška vode. Reznice je potrebno pikirati i staviti na dobro osvjetljeni položaj, osim u slučaju korjenskih reznic, koje se zakorjenjuju u mraku. Većina se reznica ne prihranjuje u početnim fazama uzgoja, dok je primjena hormona za zakorjenjivanje moguća i poželjna u nekim vrsta (Relf i Ball 2009).

Pitomi kesteni se teško zakorjenjuju, za što je odgovorno više razloga. U istraživanju iz 1964. godine (Vietiez i sur. 1964), utvrđeno je da *C. sativa* i *C. mollissima* sadrže vrlo malo ili nimalo IAA, hormona koji stimulira razvoj adventivnih korjenčića. Osim toga, *C. sativa* sadrži organske kiseline koje vjerojatno inhibiraju zakorjenjivanje (Clapper 1954). Budući da se koncentracija IAA smanjuje starenjem tkiva, mlađe reznice (zelene) će se lakše zakorjeniti. Izbojci

iz panja također se dobro zakorjenjuju (Galic i sur. 2014). Zakorjenjivanje se dodatno može potaknuti ispiranjem inhibitornih tvari iz reznica prije zakorjenjivanja držanjem u tekućoj vodi šest mjeseci; ovaj postupak dakako usporava proces i nije pogodan za masovnu proizvodnju (Clapper 1954). Osim unutarnjih, na zakorjenjivanje utječu i okolišni čimbenici, koje je lakše kontrolirati. Pritom je posebno važno kontrolirati i minimalizirati isušivanje te osigurati optimalnu temperaturu (Galic i sur. 2014). U istraživanju iz 1992. godine, usprkos uspješnom zakorjenjivanju, reznice su odumrle u fazi presadnje zbog isušivanja lišća te truleži osnove reznice (Fernandez-Lopez i sur. 1992).

Mikropropagacija pitomog kestena – *Chestnut micropropagation*

Gore navedene metode makropropagacije skupe su, ograničene učinkovitosti te zahtijevaju dulje proizvodne cikluse. Uzgoj kulture tkiva, odnosno razmnožavanje *in vitro*, omogućava proizvodnju superiornih klonova za proizvodnju drva i/ili plodova, kao i uzgoj jedinki otpornih na bolesti i napadaje štetnika. Osim toga, mikropropagacija je učinkovit način očuvanja ugroženih genotipova metodom *ex situ*. Kada je riječ o pitomom kestenu, metode mikropropagacije koje se primjenjuju su diferencijacija adventivnih pupova, somatska embriogeneza te, kao najčešća metoda koja će ovdje biti i opisana, proliferacija postranih pupova. Riječ je o najlakšoj te najprimjerenoj metodi za kratkoročno *ex situ* očuvanje vrsta. Europski i američki pitomi kesteni najčešće su vrste obuhvaćene ovim načinom razmnožavanja (Oakes i sur. 2016a; Corredoira i sur. 2017; Gomes i sur. 2017; Vietiez i sur. 2007).

Vietiez i Vietiez (1980b) uzgojile su izdanke kestena iz postranih pupova 3-4 mjeseca starih biljaka uzgojenih *in vitro*. Za optimizaciju umnažanja izdanaka *in vitro* (Vietiez i Vietiez 1983), korištene su različite hranidbene podloge, s različitim koncentracijama iona NO_3^- i benzilaminopurina (BAP od eng. 6-benzylaminopurine). Primjena BAP-a u koncentraciji 0,1-0,5 mg/l u hranidbenoj podlozi pokazala se optimalnom za multiplikaciju zdravih izdanaka, dok je zakorjenjivanje najuspješnije potaknuto na hranidbenim podlogama s polovičnom koncentracijom iona NO_3^- od one optimalne za umnožavanje izdanaka uz dodatak IBA-e.

Miranda i Fernandez (1992) razvile su tehniku mikropropagacije koja može biti korištena u masovnoj proizvodnji genotipova kestena otpornih na tintnu bolest. Biljke uzgojene tehnikom *in vitro*, imale su bolji omjer podzemnog i nadzemnog dijela biljke u usporedbi s biljkama uzgojenih povaljenicama (polijeganjem).

Manje je uspješna mikropropagacija i zakorjenjivanje postranih pupova uzetih izravno iz krošnje starijih stabala. Glavni razlog tomu je fiziološka starost tkiva, odnosno mikropropagacija je uspješnija koriste li se pupovi s tkiva koje

ima juvenilna svojstva, kao što su živići (postrani izbojci na deblima odraslih stabala) ili izdanci iz panja (Vidal i sur. 1994; Corredoira i sur. 2017).

Za razliku od europskog pitomog kestena, američki pitomi kesten znatno je teže propagirati i zakorijeniti *in vitro*, dok je naknadno preživljenje biljaka također smanjeno (Oakes i sur. 2016b). Autori navode kako se do 50 % biljaka gubi pri svakoj fazi presadnje, odnosno prilikom presadnje na podlogu za zakorjenjivanje te u konačan supstrat za rasadnički uzgoj. Uspjeh konačne aklimatizacije u nekim je slučajevima iznosio samo 10 %. Kao moguće rješenje predloženo je dodavanje huminske kiseline te aktivnog ugljena u medij za zakorjenjivanje, budući da je tijekom pokusa ovaj postupak udvostručio broj razvijenih korjenčića izbojaka. Autori također navode i vermiculit kao alternativni supstrat, no nužna su dodatna istraživanja prije njegova uvođenja u praksi. Dodatan izazov primjeni vermiculita predstavlja i njegova visoka cijena.

Istraživanje somatske embriogeneze kao metode mikropagacije pitomog kestena započelo je 80-ih i 90-ih godina prošloga stoljeća (Vieitez i Vieitez 1980a; Vieitez i sur. 1990; Merkle i sur. 1991; Carraway i Merkle 1997). Istraženi su čimbenici koji utječu na indukciju somatskih embrija (vrsta eksplantata, uvjeti rasta, hranidbene podlage i biljni regulatori rasta), održavanje i razmnožavanje embriogenih kultura te sazrijevanje, uzgoj i aklimatizaciju kestena dobivenih somatskom embriogenezom (Corredoira i sur. 2005). Osim za propagaciju, somatska embriogeneza pitomog kestena primjenjuje se danas pri krioprezervaciji vrijednih genotipova i genskoj transformaciji pitomog kestena. Genska transformacija omogućila je dobivanje biljaka otpornih na određene patogene (Zhang i sur. 2013) uvođenjem transgena u somatske embrije (Zhang i sur. 2011; Corredoira i sur. 2016).

ISKUSTVA IZ HRVATSKE EXPERIENCES FROM CROATIA

Iako se pitomi kesten ubraja među najdugovječnije vrste jestivih plodova, organiziranog uzgoja na većim površinama u Hrvatskoj nema (Maretić 2018). Najveći se dio plodova kestena uvozi, dok se domaći plodovi, koji su najčešći na tržnicama, uglavnom sakupljaju u prirodi pa količina i kakvoća plodova varira svake godine. Pod plantažnim uzgojem maruna u Hrvatskoj nalazi se svega nekoliko desetaka hektara, najviše u Istri; veće nasade kestena nalazimo i u okolini Karlovca te Ozlja, dok se veći rasadnici za uzgoj sadnica nalaze u Rovinju, Lučkom, Topuskom, kao i u Starom Petrovom Selu.

Najznačajnije područje uzgoja u Hrvatskoj obronci su Učke, područje Lovrana, Dobreća, Lignja, Tuliševice i Lovranske Drage. Na ovome se području od davnina užgaja tzv. lovranski marun (slika 3). Prema ranijim istraživanjima

(Idžojočić i sur. 2012), na ovome području zabilježeno je devet različitih genotipova stabala koja se vode pod nazivom lovranski marun. Ipak, glavnina uzorkovanih jedinki pripada je jednome genotipu, odnosno kultivaru (MG01) (Ježić i sur. 2014; Poljak i sur. 2017). Ovakav rezultat govori o ciljanome razmnožavanju, odnosno cijepljenju toga kultivara.

Za razliku od plodova stabala iz prirodnih populacija, lovranski marun odlikuje se krupnim, crvenkastosmeđim i sjajnim plodovima s tamnjim i uzdužno izraženim prugama (Poljak i sur. 2016). Osim toga, plodovi lovranskog maruna slatkog su okusa, lako se čiste te najčešće sadrže samo jednu sjemenku. Iako se većina plodova prodaje na tržnicama te konzumira svježa, ove ga karakteristike čine pogodnim i za obradu (proizvodnja brašna, kandiranje) (Poljak i sur. 2021).

Maruni su i okosnica turističke ponude ovoga kraja, s Marunadom kao najznačajnijom manifestacijom u listopadu (Medak i sur. 2009). O značaju maruna na lovranskom području najbolje govori podatak kako su u 17. stoljeću, uz masline, vinovu lozu i trešnje, upravo maruni bili važan izvozni proizvod (Poljak i sur. 2016). Njihov značaj postupno se gubi zapuštanjem nasada u 20. stoljeću (Idžojočić i sur. 2012). Naime, pedesetih godina prošloga stoljeća na području Hrvatske proširila se invazivna patogena gljiva *Cryphonectria parasitica*, koja napada stabla pitomog kestena, a čije spore ulaze kroz rane na kori, uzrokujući raste tvorevine i ljuštenje kore. Nakon što micelij gljive prstenuje distalne dijelove biljke, uzrokuje odumiranje tih dijelova ili cijelih stabala. Bolest je prvi puta zabilježena upravo u okolini Lovrana 1955. godine (Kišpatić 1956), odakle se idućih godina i desetljeća proširila po cijeloj Hrvatskoj (Halambek 1986).

Lovranski marun posebno je ugrožen, jer je dokazano osjetljiviji na zarazu gljivom *C. parasitica* od prirodne populacije pitomog kestena iz istoga područja. Stabla lovranskog maruna teško se oporavljaju čak i u prisutnosti virusa *Cryphonectria hypovirus 1* (CHV1), koji atenuira viruletnost gljive *C. parasitica* i oslabljuje simptome bolesti na pitomom kestenu (Ježić i sur. 2014). Ipak, u posljednjih dvadesetak godina vidljiv je trend obnove zapuštenih nasada, kao i podizanje novih.

Lovranski užgajivači uglavnom sami cijepe svoja stabla. Pri tome neki užgajivači cijepe tzv. talijanskim načinom, koristeći jednogodišnje plemke i jednogodišnje podlage. Drugi užgajivači pak primjenjuju tradicionalne lovranske tehnike cijepljenja. Kao glavni razlog navode vrlo nisku stopu uspješnosti cijepljenja talijanskim načinom, od svega 5 %, dok je uspješnost cijepljenja tradicionalnom metodom do 100 %. Najuspješniji način cijepljenja je cijepljenje u raskol (slika 4), no tako cijepljene biljke iznimno su podložne razvoju raka kestenove kore na mjestu cijepa, koji predstavlja

otvorenu ranu, podložnu za ulazak infektivnih spora gljive *C. parasitica*. Cijepljenje se provodi u četvrtoj godini uzgoja podloge, a prvi se plodovi dobivaju u sedmoj godini. Koristi se također i metoda cijepljenja na engleski spoj (slika 5), no postotak preživljjenja biljaka je varijabilan. Osim cijepljenja plemki na mlade podloge, na području Lovrana primjenjuje se i cijepljenje na starije jedinke, odnosno kao podloge koriste se odrasla stabla. Pritom je mjesto cijepa visoko na deblu, na visini od nekoliko metara. Ovim se načinom cijepljenja revitaliziraju postojeća stabla, a iz novonastalih cijepova se razvijaju plodne grane koje su već na visini krošnja okolnih stabala.

U novije vrijeme također se sade i hibridi europskog i japanskog kestena koji, zahvaljujući otpornosti japanskog kestena, mogu preživjeti infekciju vrstama *Phytophthora* spp. (Pereira-Lorenzo i sur. 2010). Najčešći su 'Bouche de Betizac', koji je također otporan i na osu šiškaricu (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu), te 'Marsol', 'Marigoule', 'Maraval' i 'Preccoce Miguele'. Budući da se ovo svojstvo može očuvati jedino vegetativnim putem, hibridi se također razmnožavaju heterovegetativno, ksenovegetativno, transplacijom ili cijepljenjem neotpornih (manje otpornih) plemki na otporne podloge. Neki rasadnici u Hrvatskoj cijepaju ove otporne hibride na klonske podloge koje nabavljaju izravno iz europskih rasadnika. Takve su podloge također i mikorizirane (Drvodelić 2019). Najbolje rezultate postiže hibrid 'Bouche de Betizac', koji se najčešće i sad, dok se 'Maraval', 'Marsol' i 'Preccoce Miguele' sade kao opršivači nasada. Ova su četiri hibrida i na sortnoj listi Republike Hrvatske. Prikladni opršivači također su i kulтивari 'Soutovello', 'Almofrei', 'Marigoule' i 'Grandiosa'. Za nasade površina od dva do deset hektara, moguće je ostvariti državne poticaje, dok je za ekološki uzgoj iznos poticaja još i veći (NN 21/2019, Pravilnik o provedbi izravne potpore poljoprivredi i IAKS mjera ruralnog razvoja za 2019. godinu).

Osim hibridnih kulтивara, na području Hrvatske moguće je, preko zastupništva, uvesti i talijanske, španjolske te portugalske kulтивare, mikorizirane micelijima jestivog vrganja (*Boletus edulis* Bull.). Prednost mikoriziranih biljaka veća je otpornost na stres u okolišu, kao i povećana otpornost na patogene. Između ostalih, moguće je nabaviti talijanske kulтивare 'Hifas', 'Terra', 'Soutovello', 'Almofrei', 'Patron', 'Grandiosa' i 'Robusta', te portugalske i španjolske 'Judia', 'Boaventura', 'Longal', 'Famosa de Rios', 'Negral del Bierzo', 'Bouche Rougue', 'Luguesa', 'Paredé', 'Ventura' i 'Belle Epine'.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Cijepljenje, uključujući okuliranje, najisplativija je metoda makropropagacije križanaca i kulтивara pitomog kestena. Osim u svrhu uzgoja istovjetnih, gospodarski važnih klo-

nova i križanaca za pridobivanje plodova i drva, cijepljenje se koristi i u svrhu očuvanja genskog fonda i bioraznolikosti, kao i za obnovu te očuvanje ugroženih vrsta pitomih kestena na njihovome prirodnom staništu.

Najučinkovitije tehnike cijepljenja variraju, ovisno o vrsti, kultivaru i križancu koji se cijepi, no svima je zajednička potreba za što većom genskom kompatibilnošću plemke i podloge. Osim toga, pravilna njega biljaka nakon cijepljenja od iznimne je važnosti, što uključuje ponajprije odgovarajuću temperaturu, koja osigurava uspješno kalusiranje mjesta ozljede te time srastanje kambijalnih slojeva plemke i podloge.

Uzgoj stabala maruna u Hrvatskoj također se oslanja na vegetativno razmnožavanje, ponajprije cijepljenje. Posebno je zanimljiva očuvanost tradicionalnog načina cijepljenja, koji postiže odlične rezultate te, uz pravilnu njegu mjesta cijepa, osigurava zdrave biljke. Nasadi maruna u Hrvatskoj su zbog svojeg gospodarskog, ekološkog te tradicijskog značenja vrijedna baština te ih je nužno očuvati i promovirati.

ZAHVALE ACKNOWLEDGEMENTS

Rad je izrađen u okviru projekta Hrvatske zaklade za znanost (projekt IP-2018-01-1295) i hrvatsko-švicarskog istraživačkog programa koji provode Hrvatska zaklada za znanost i Švicarska nacionalna zaklada za znanost (projekt IZHRZ0_180651).

LITERATURA REFERENCES

- Benković-Lačić, T., 2013: Razmnožavanje voćaka, Predavanja sa studija Bilinojstvo, Veleučilište u Slavonskom Brodu, 44, Slavonski Brod.
- Bilderback, T., R.E. Bir, T.G. Ranney, 2014: Grafting and Budding Nursery Crop Plants, URL: <https://content.ces.ncsu.edu/grafting-and-budding-nursery-crop-plants>.
- Bounous, G., 2002: Il Castano. Cultura, Ambiente ed Utilizzazioni in Italia e Nel Mondo. Edagricole, 311, Bologna.
- Bounous, G., G. Beccaro, 2002: Chestnut Culture: Directions for Establishing New Orchards, FAO-CIHEAM - Nucis-Newsletter, 11: 30–34.
- Breisch, H., 1995: Châtaignes et Marrons, CTIFL, 240, Francuska.
- Carraway, D.T., S.A. Merkle, 1997: Plantlet Regeneration from Somatic Embryos of American Chestnut, Can. J. Forest Res., 27 (11): 1805–1812.
- Carroll, B., 2017: Propagating Fruit Trees by Budding, URL: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-1045/HLA-6227web2014.pdf>.
- Clapper, R.B., 1954: Chestnut Breeding Techniques and Results, J. Hered., 45: 107–114.
- Corredoira, E., A. Ballester, F.J. Vieitez, A.M. Vieitez, 2005: Somatic Embryogenesis in Chestnut, U: A. Mujib, J. Šamaj (ur.),

- Somatic Embryogenesis, Plant Cell Monography 2, Springer-Verlag, 177–199, Berlin Heidelberg.
- Corredoira, E., M.T. Martínez, M.J. Cernadas, M.C. San José, 2017: Application of Biotechnology in the Conservation of Genus *Castanea*, Forests, 10 (8): 394–408.
 - Corredoira, E., M.C. San Jose, A.M. Vieitez, I. Allona, C. Arag-oncillo, A. Ballester, 2016: Agrobacterium-Mediated Transformation of European Chestnut Somatic Embryos With a *Castanea sativa* (Mill.) Endochitinase Gene, New Forest., 47 (5): 669–684.
 - Drvodelić, D., 2019: Cijepljenje sorti kestena za dobivanje visokokvalitetnog ploda (2), Gospodarski list, 178: 62–63.
 - Fernandez-Lopez, J., S. Pereira, E. Miranda, 1992: Fog and Substrate Conditions for Chestnut Propagation by Leafy Cuttings, Symposium Proceedings Mass Production Technology for Genetically Improved Fast Growing Forest Tree Species, AFOCEL/IUFRO, 379–383, Burdeos, Francuska.
 - Galic, D., A. Dale, M. Alward, 2014: Vegetative Propagation of American Chestnut, Acta Hortic., 1019: 99–103.
 - Gomes, F., M. Clemente, P. Figueiredo, F. Placito, H. Machado, C. Santos, R. Costa, 2017: *Castanea* spp. Hybrid clones *in vitro* conservation: synthetic seeds vs. Slow growth storage, Acta Hortic., 1155: 37–44.
 - Halambek M., 1986: Chestnut blight in Yugoslavia, EPPO Bulletin 16: 533–535.
 - Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija, Stanbiro, 470, Zagreb.
 - Idžoitić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 671, Zagreb.
 - Idžoitić, M., M. Zebec, I. Poljak, Z. Šatović, Z. Liber, 2012: Analiza genetske raznolikosti „lovranskog maruna“ (*Castanea sativa* Mill.) korištenjem mikrosatelitnih biljega, Šumari. list, 136 (11–12): 577–585.
 - Ježić, M., L. Krstić, I. Poljak, Z. Liber, M. Idžoitić, M. Jelić, J. Meštrović, M. Zebec, M. Čurković-Perica, 2014: *Castanea sativa*: Genotype-Dependent Recovery From Chestnut Blight, Tree Genet. Genomes, 10 (1): 101–110.
 - Johnson, G.P., 1988: Revision of *Castanea* sect. *Balanocastanion* (Fagaceae), J Arnold Arboretum, 69: 25–49.
 - Keys, R.N., 1978: Prospects for vegetative propagation in the genus *Castanea*, U: W.L. Macdonald, F.C. Cech, J. Luchok, C. Smith (ur.), Proceedings of the American Chestnut Symposium, 10–17, Morgantown, West Virginia, SAD.
 - Kišpatić, J., 1956: Rak kestenove kore (*Endothia parasitica* Anders.), Zavod za zaštitu bilja, Zagreb, Uputstva iz zaštite bilja 19: 1–12.
 - Laratta, B., F.M. Vella, L. De Masi, A. Morana, F. La Cara, 2016: Biochemical Characterization of Leaves, Burs and Shells of ‘Bouche De Betizac’ Chestnut Cultivar, Acta Hortic., 1242: 575–580.
 - Landaluce, P.V., 1952: Multiplicacion asexual de castanos, An. De Invest. Agron., 1 (2): 317–323.
 - Lang, P., F. Dane, T.L. Kubisiak, 2006: Phylogeny of *Castanea* (Fagaceae) based on chloroplast *trnT*-L-F sequence data, Tree Genet. Genomes, 2 (3): 132–139.
 - Maretić, M., 2018: Podizanje nasada pitomog kestena, Gospodarski list, 1: 54–55.
 - Mellano, M.G., G.L. Beccaro, D. Donno, D. Torello Marinoni, P. Boccacci, S. Canterino, A. K. Cerutti, G. Bounous, 2012: *Castanea* spp. Biodiversity Conservation: Collection and Characterization of the Genetic Diversity of an Endangered Species, Genet. Resour. Crop Evol., 59: 1727–1741.
 - Merkle, S.A., A.T. Wiecko, B.A. Watson-Pauley, 1991: Somatic Embryogenesis in American Chestnut, Can. J. Forest Res., 21 (11): 1698–1701.
 - Miranda, M.E., J. Fernandez, 1992: Micropropagation as a Nursery Technique for Chestnut Hybrid Clones, U: R.D. Wallace , L.G. Spinella (ur.), Proceedings of the World Chestnut Industry Conference, 54–60, Morgantown, West Virginia, SAD.
 - Maltoni, A., A. Pierguidi, P. Piussi, A. Tani, 2001: Grafting Chestnut Guide, DISTAF Universita degli Studi di Firenze, Firenca.
 - Mayfeld, C., 2009: Nut-Grafting, URL:<https://www.acf.org/wp-content/uploads/2016/09/Mayfeld-Nut-Grafting-Mar-07.pdf>.
 - Medak, J., M. Idžoitić, S. Novak-Agbaba, M. Čurković-Perica, I. Mujić, I. Poljak, D. Juretić, Ž. Prgomet, 2009: Croatia. Following Chestnut Footprints (*Castanea* spp.) – Cultivation and Culture, Folklore and History, Traditions and Use, U: D. Avanzato (ur.), Scripta Horticulture, 9: 40–43.
 - Mudge, K., J. Janick, S. Scofield, E.E. Goldschmidt, 2009: A History of Grafting, Horticultural Reviews, Volume 35, John Wiley & Sons, Inc., 437–493, Hoboken.
 - Moore, J.C., 1963: Propagation of Chestnuts and Camellia by Nurse Seed Grafts, Int. Plant Prop. Soc., 13: 141–143.
 - Nelson, C.D., W.A. Powell, S.A. Merkle, J.E. Carlson, F.V. Hebard, N. Islam-Faridi, M.E. Staton, L. Georgi, 2014: Biotechnology of Trees: Chestnut, Biology and Biotechnology, 2–35.
 - Oakes, A.D., T.R. Desmarais, W.A. Powell, C.A. Maynard, 2016a: Ex vitro Rooting of American Chestnut Improves Acclimatization Survival and Plantlet Quality, J. Environ. Hortic., 34 (3): 75–79.
 - Oakes, A.D., T.R. Desmarais, W.A. Powell, C.A. Maynard, 2016b: Improving Rooting and Shoot Tip Survival of Micropropagated Transgenic American Chestnut Shoots, Hortic. Sci., 51 (2): 171–176.
 - Oraguzie, N., A.M. Paterson, D. McNeil, 1999: Origin and Relationships of New Zealand Chestnut (*Castanea* sp., Fagaceae) Selections Reflect Patterns Of Graft Failure, Plant Syst. Evol., 218 (3): 193–204.
 - Pereira-Lorenzo, S., R.M.L. Costa, A.M. Ramos-Cabrera, C.A. Marques Ribeiro, M.F. Serra da Silva, G. Mazano, T. Barreneche, 2010: Variation in Grafted European Chestnut and Hybrids by Microsatellites Reveals Two Main Origins in the Iberian Peninsula, Tree Genet. Genomes, 6(5): 701–715.
 - Pereira-Lorenzo, S., J. Fernandez-Lopez, 1997: Propagation of Chestnut Cultivars by Grafting: Methods, Rootstocks and Plant Quality, J. Hortic. Science, 72 (5): 731–739.
 - Poljak, I., 2014: Morfološka i genetska raznolikost populacija i kemijski sastav plodova europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj, Doktorski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 231, Zagreb.
 - Poljak, I., M. Idžoitić, Z. Šatović, M. Ježić, M. Čurković Perica, B. Simovski, J. Acevski, Z. Liber, 2017: Genetic Diversity of the Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Central Europe and the Western Part of the Balkan Peninsula, and Evidence of Marron Genotype Introgression Into Wild Populations, Tree Genet. Genomes, 13: 18.
 - Poljak, I., N. Vahčić, M. Gačić, M. Idžoitić, 2016: Morphological Characterization and Chemical Composition of Fruits of the Traditional Croatian Chestnut Variety ‘Lovran Marron’, Food Technol Biotechn., 54 (2): 189–199.
 - Poljak, I., N. Vahčić, M. Gačić, A. Vidaković, K. Tumpa, I. Žarković, M. Idžoitić, 2021: Traditional Sweet Chestnut and

- Hybrid Varieties: Chemical Composition, Morphometric and Qualitative Nut Characteristics, *Agronomy*, 11 (3): 516.
- Pravilnik o provedbi izravne potpore poljoprivredi i IAKS mjera ruralnog razvoja za 2019. godinu (NN 21/2019).
 - Relf, D., E. Ball, 2009: Propagation by Cuttings, Layering and Division, Virginia Cooperative Extension, 6, Petersburg, Virginia, SAD.
 - Rothenberger, R.R., C.J. Starbuck, 2008: Horticultural MU Guide – Grafting, University of Missouri Extension, 8, Columbia, Missouri, SAD.
 - Serdar, U., A. Soylu, 2005: The Effect of Grafting Time and Methods on Chestnut Nursery Tree, *Acta. Hort* 693: 187-194.
 - Singh, S.R., M.U. Rehman, 2019: *Castanea*, U: S.N. Ghosh, A. Kumar (ur.), Cultivate Minor Temperate Fruits Scientifically, Part 1., Jaya Publishing House, 567, Delhi, Indija.
 - Vidal, N., A. Ballester, A.M. Vietiez, C. Kevers, Th. Caspar, 1994: Biochemical characteristics of chestnut shoots related to *in vitro* multiplication and rooting capacities, *Adv. Hort. Sci.*, 8: 19–24.
 - Vietiez, E., 1953: Estudios sobre la reproducción vegetativa del castaño. i. enraizamiento en el acodo alto mediante el empleo de fitohormonas, *An. de Edafol. Y Fisio. Veg.*, 12 (4): 337–373.
 - Vietiez, E., E. Seoane, M.D.V. Gesto, J. Mendez, M.C. Mato, A. Vazquez, 1955: El empleo de sustancias de acción hormonal en el enraizamiento del castaño por acodo bajo, *An. de Edafol. Y Fisio. Veg.*, 14 (9/10): 483–518.
 - Vietiez, E., E. Seoane, M.D.V. Gesto, J. Mendez, M.C. Mato, A. Vazquez, 1964: The First Steps in the Isolation of Plant Hormones Associated With the Rooting Capacity of the Woody Cuttings, *An. de Edafol. Y Agrobiol.*, 23 (11/12): 777–798.
 - Vietiez, A.M., M.C. Sanchez, M.L. Garcia-Nimo, A. Ballester, 2007: Protocol for Micropropagation of *Castanea sativa*, Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits, Springer Books, 559, Berlin.
 - Vieitez, F.J., M.C. San-José, A. Ballester, A.M. Vieitez, 1990: Somatic Embryogenesis in Cultured Immature Zygotic Embryos in Chestnut, *J. Plant Physiol.*, 136: 253–256.
 - Vieitez, A.M., E. Vieitez, 1983: *Castanea sativa* plantlets proliferated from axillary buds cultivated *in vitro*, *Sci. Hortic.*, 18 (4): 343–351.
 - Vieitez, A.M., E. Vieitez, 1980a: Plantlet Formation from Embryogenic Tissue of Chestnut Grown *in vitro*, *Physiol. Plantarum*, 50: 127–130.
 - Vieitez, A.M., M.L. Vieitez, 1980b: Culture of chestnut shoots from buds *in vitro*, *J. Hortic. Sci.*, 55: 83–84.
 - Zhang, B., A. Newhouse, L. McGuigan, C. Maynard, W. Powell, 2011: Agrobacterium-Mediated Co-transformation of American Chestnut (*Castanea dentata*) Somatic Embryos with a Wheat Oxalate Oxidase Gene, *BMC Proc* 5 (Suppl 7): 043.
 - Zhang, B., A.D. Oakes, A.E. Newhouse, K.M. Baier, C.A. Maynard, W.A. Powell, 2013: A Threshold Level of Oxalate Oxidase Transgene Expression Reduces *Cryphonectria parasitica*-Induced Necrosis in a Transgenic American Chestnut (*Castanea dentata*) Leaf Bioassay, *Transgenic Res.*, 22:973nsge.

SUMMARY

Selected varieties of sweet chestnut called marrons are cultivated for their large and exquisite fruits. Most of the countries with native sweet chestnut populations have their autochthonous varieties that were arduously created through selective breeding over many centuries. Marron cultivation has a long history in Croatia, mostly in the Lovran area and its surroundings. Although threatened by pests and diseases, as well as land abandonment, some growers still practice the traditional cultivation methods. This paper provides an overview of the most common vegetative propagation methods utilized for the sweet chestnut and marrons sapling production, as well as a shorter overview of cultivation methods, breeding, and the importance of marron plantations in Croatia. Identical fruit characteristics can be inherited by progenies only through faithful passing on of the parent's genotype, thus marrons are propagated vegetatively. Grafting is the most common method of vegetative propagation of marrons in tree nurseries. Other vegetative methods discussed are propagation by layering, cuttings and tissue culture, occasionally used in the reproduction of sweet chestnut.

KEY WORDS: vegetative propagation, grafting, marrons, sweet chestnut, varieties

VUGA (*Oriolus oriolus* L.)

Dr. sc. Krunoslav Arač, dipl. ing. šum.

Naraste u dužinu 22 – 25 cm s rasponom krila do 35 cm te ima oko 55 grama težine. Po veličini tijela možemo je usporediti s čvorkom. Spolovi su različiti. Kod mužjaka dominira žuta boja perja tijela s crnim krilima i repom, a kod ženki zelenkasta sa svijetlim ispruganim trbuhom i crnim krilima. Ponekad su neke odrasle ženke gotovo posve žute kao i mužjaci, ali im je uzda (perje između očiju i korijena kljuna) sive boje, dok je ona kod mužjaka crne boje. Perje kod mladih ptica je zelenkasto i gušće tamno isprugano. Kljun je ružičast, snažan, ravan i šljast. Noge su tamne i kratke. Leti brzo i valovito poput djetlovnika. Glasa se izrazito glasno, zvonko i melodično poput flaute pa je zbog njezine plahosti češće čujemo nego vidimo, unatoč upadljivoj boji perja. Boravi u šumskim sastojinama s otvorenim površinama, naročito voli šume vrba i topola, koje se protežu uz vodotoke te voćnjake i parkove. Rasprostranjena je na području gotovo cijele Europe, osim krajnjeg sjevera (Skandinavski poluotok, Velika Britanija, Irска i Island). Gnijezdo gradi od slamki i drugih vlakana duljine i do 40 cm, obloženo mahovinom, lišajevima i perjem visoko na stablu prema rubu krošnje između vodoravnih rašlji, o koje je s rubovima pričvršćeno lijepo sat-

kano gnijezdo polutorbastog oblika. Gnijezdi od svibnja do kraja srpnja. Nese 3 – 4 (6) bjelkastih jaja s rijetkim tamnim krupnim pjegama veličine oko 21x30 mm. Na njima sjedi mužjak (tijekom dnevnog hranjenja ženke) i ženka oko dva tjedna. Mladunci su čučavci i o njima se brinu oba roditelja još oko dva tjedna, nakon čega mладunci napuštaju gnijezdo te su zajedno s roditeljima do selidbe. Hrani se insektima i njihovim ličinkama, voćem i mesnatim bobicama koje pronalaze unutar krošnja drveća i grmlja, dok se na tlu rijetko hrane.

U Hrvatskoj je prisutna na cijelom području kao redovita gnijezdarica i preletnica (tijekom selidbe sjevernijih populacija). Zadržava se od travnja do rujna. Proljetna selidba traje od ožujka do svibnja, a jesenska od kolovoza od rujna. Seli se uglavnom tijekom noći, a na zimovanje europske populacije odlazi u Afriku većinom na područja južno od ekvatora, gdje stiže sve do kraja prosinca. Nalazi prstenovanih ptica potvrđuju eliptičnu selidbu europskih populacija s jugoistočnim sredozemnim smjerom tijekom jeseni i zapadnim sredozemnim smjerom tijekom proljeća.

Vuga je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj.



Odrasla jedinka ženke kod koje prevladava žuta boja perja nalik na mužjaka



Gnijezdo između rašlji visoko u krošnji poljskog jasena

TIHI VELIKAN – 70. GODINA OD KAKO NAS JE NAPUSTIO KARLO MALY

Prof. dr. sc. Sead Vojniković



Ove godine se navršava 70. godina kako nas je napustio velikan prirodoslovnih, posebno florističkih istraživanja u Bosni i Hercegovini (BiH) Karlo Maly. Iako po prezimenu Maly (Mali) njegov životni i radni opus pokazuje da je uz Beck von Mannagetta-u bio jedan on najvećih i najznačajnijih istraživača flore BiH.

Karlo (njem. Carl) Maly rođen je u Beču 24. 10. 1874. godine. Bio je sin botaničara i nadglednika dvorskih vrtova Franje Malya. Njegova majka bila je kći poznatog botaničara Hillebrandt-a. Rana mladost i okruženje prirodom i istraživačima u prirodnim znanostima utjecali su zasigurno na njega da zavoli prirodnji i znanstveni svijet.

Iako mu je školovanje bilo općeg karaktera i vrlo kratko (bez formalnog prirodoslovnog ili botaničkog obrazovanja) uspio je napraviti uspjeh svjetskih razmjera u botanici i floristici. Nakon šestoga razreda realne gimnazije u Beču napušta školovanje i kreće u službu kao činovnik bivše Južne željeznice u Bolcanu (Italija), gdje je službovao od 1895. do 1897. Iste godine prelazi u Bosnu u kojoj ostaje do smrti 1951. godine. U Bosni i Hercegovini je od 1897. sve do 1913. godine službovao kao željeznički komesar i šef skladišta materijala.

Naslijedivši od svojih roditelja naklonost botaničkim istraživanjima, od svoje je mladosti započeo istraživati floru. Oko 1892. godine istraživao je biljni svijet u okolici Tuzle (u koju dolazi u posjet svojoj sestri), a godine 1893. godine (sa 19. godina) objavljuje prvi botanički rad u Raspravama Zoološko – botaničkog društva u Beču. Od tada sve svoje slobodno vrijeme posvećuje florsitičkim istraživanjima. Za nekoliko godina rada i istraživanja postao je poznati i priznati botaničar i florističar, čije je poznavanje biljnog svijeta bilo na zavidnoj visini. Nije nikakvo čudo da su njegove brojne publikacije toga vremena pobudile interes drugih austrijskih botaničara. Dolaskom u Bosnu i Hercegovinu 1897. godine bavio se herbariziranjem i proučavanjem flore okolice Sarajeva. U Zemaljskom muzeju u Sarajevu (jedina znanstvena ustanova u BiH u to vrijeme) postojao je botanički odjel kojim je rukovodio poznati botaničar Franjo Fiala (umro je 1898. godine). Nakon njegove smrti, kao volonter suradnik, u tom odjelu pojavljuje se Karlo Maly, a već sljedeće godine tiska u Glasniku Zemaljskog muzeja opsežan rad o flori okolice Sarajeva.

II internacionalni kongres botaničara održao se u Beču 1905. godine, a stručna ekskurzija sudionika odvijala se kroz Bosnu i Hercegovinu (Dubrovnik – Sarajevo – Banja Luka). Ekskurziju je uz Dr. A. Ginzberger-a organizirao Maly koji tada piše stručni vodič u kojemu obrađuje floru i vegetaciju „ilirskih zemalja“.

Godine 1913. godine izabran je za kustosa botaničkog odjela sarajevskog Zemaljskog muzeja, u kojem svojstvu je ostao sve do godine 1937. godine kada odlazi u mirovinu. Za vrijeme svoga rada u Zemaljskom muzeju unaprijedio je rad botaničkog odjela. Zanimljivo je da je prilikom izbora za rukovodioca botaničkog odjela imao vrhunske protukandidate (Dr. A. Ginzberger i Dr. L. Adamović). Predsjednik Komisije za izbor Dr. Beck von Mannagetta izabrao je Malya. Nakon izbora unaprijedio je rad botaničkog odjela muzeja stvaranjem herbarskih zbirk, botaničke biblioteke i botaničkog vrta. Ubrzo je botanički odjel Zemaljskog muzeja u Sarajevu prerastao u prepoznatljivu znanstvenu ustanovu na regionalnoj i europskoj razini.

Osim biblioteke i botaničkog vrta (jedinog i sada u BiH) posebno se treba osvrnuti na rad na herbarskoj zbirci. Osim biljaka koje je on sakupljaо na terenu u zbirku su uvršteni i mnogi herbariji drugih botaničara koji su radili i sakupljali herbarijski materijal po BiH npr.: najstarija i kompletna zbirka najstarijeg BiH herbara pruskog konzula O. Blau-a i botaničara Hillebrandt-a. Također je putem razmjene sa drugim europskim institucijama stvorio solidan komparativni materijal. Posebnu vrijednost zbirke koju je Maly stvorio je ta, jer je herbarijski materijal slao specijalistima na reviziju te je ova zbirka postala jedna od najvrijednijih i najrespektabilnijih na Balkanu.

Karlo Maly je obišao cijelu Bosnu i Hercegovinu osim zapadnih i sjeverozapadnih dijelova. Osim okolice Sarajeva (posebno Trebevića) istražio je sljedeće planine: Bjelašnicu, Treskavicu, Jahorinu, Vranicu, Bukovik, Prenj, Čvrsnicu, Bitovnju, Preslicu, Zelengoru, Visočicu te prokrstario okolice sljedećih mjesta: Foče, Višegrada, Tuzle, Zavidovića, Konjica, Jablanice, Dobruna.

Opisao je velik broj novih vrsta nepoznatih za svijet i BiH npr.: *Pedicularis Hoermanniana*, *Satureia (Calamitha) Bosniaca*, *Hieracium Trebevićeanum*, *Satureia (Calamitha) Varbossania*, *Edreianthus Hercegovinus*, *Leontodon illyri-*



Crtež Karla Maly-a (Roman Petrović, 1944.)

cus, Hypochoeris illyrica, Silene Reiseri, Seseli bosnense (= Seseli elatum subsp. Gouanii), Euphorbia montenegrina, Centaurea dobrunae (= Centaurea derventana var. Dobrunae), Stachys serpentinus, Micromeria (Satureia) albanica, Satureia majoranifolia (=Clinopodium majoranifolium (Mill.) Iamonico et Bogdanović), Seseli hercegovinum, Iris varbosania (=Iris × germanica L.), Scrophularia tristis, Euphorbia Gregersenii, Satureia (Calamintha) oronthia (=Acinos orontius (K. Maly) Šilić), Campanula tarana (=Campanula hercegovina Degen et Fiala), Thymus jugoslavicus (= Thymus jankae var. jugoslavicus (K. Maly) Ronniger), Carduus illyricus (=Carduus malyi Greuter), Salvia varbossania (=Salvia pratensis L. var. varbossania K. Maly.), Myosotis Ronnigeri. Osim navedenih vrsta Maly opisuje preko stotinu novih vrsta, podvrsta i varijeteta npr.: *Vicia oroboides var. Sarajvoensis, Euphorbia carniolica var. Varbossania, Euphrasia liburnica var. bosnensis, Crepis aurea var. bosniaca, Knautia Pančićii var. hercegovinica...*

Njegov rad su prepoznali brojni svjetski poznati floristi, tako da su po njegovom imenu davali imena biljnim vrstama npr.: *Hieracium Maly Caroli G. Schneider, Thymus Malyi Ronniger, Moehringia Malyii Hayek, Alchemilla Malyi Rothmaler, Potentilla Malyana Borbas (= Potentilla australis var. malyana (Borb s ex K. Maly) Beck, Knautia dinarica (Murb.) Borb. var. Malyana Szabo., Melampirum ambiguum Soo var. Malyi Ronniger, Phoma Maly Kirschstein, ...*

U dendrološkom smislu posebno se ističe njegov rad o novom bosanskom varijetu javora gluhača (*Acer obtusatum var. bosniacum*) kao i opsežna monografija o Pančićevoj omorici. Bio je jedan od pionira zaštite prirode

u BiH. Pomagao je akademiku Nedeljku Košaninu u pisanju trećeg dijela Flore Bosne i Hercegovine. Nakon njegove smrti dobio je zadatak da napiše četvrti dio Flore BIH, ali uspio je objaviti samo prvi tom četvrtog dijela Flore (sa četiri obrađena roda). Kod završavanja drugog toma zatekla ga je iznenadna smrt. Nekim slučajem posljednja stranica na kojoj je radio ostala je otvorena na rodu *Stachys*, za koji je bio zasigurno jedan od najboljih poznavatelja u ondašnjoj Europi.

Kao čovjek Karlo Maly je bio povučen i skroman. Za njega gotovo da nije postojao neki drugi svijet osim svijeta biljaka.

Njegov znanstveni opus od 90 radova govori o velikoj produktivnosti bez čijih se znanstvenih rezultata danas ne može zamisliti ozbiljniji botanički rad u Bosni i Hercegovini. Volio je Bosnu i Hercegovinu i grad Sarajevo, što se može vidjeti po brojnim nazivima vrsta, podvrsta ili varijeteta biljaka kojima je dao naziv po Bosni ili Hercegovini ili Sarajevu. Pred kraj II svjetskog rata 1944. godine napsutio je BiH i otišao je u Austriju. Tamo nije mogao izdržati bez Zemaljskog muzeja i svijeta biljaka BiH te se na njegovu molbu vlastima FNRJ vratio 1945. godine.

Među znanstvenicima postoji nekoliko skupina koje se međusobno razlikuju, ne samo po predmetu svog istraživanja flore, načinu sakupljanja i sređivanja herbarskog materijala, načinu uređivanja muzejskog botaničkog rada, nego i po načinu na koji rezultate rada iznose u javnost. Dok jedni svaki svoj, pa i najmanji uspjeh uveličavaju, dotle drugi u tišini i daleko od dnevnih reklama daju nauci značajne i važne priloge. Za njih šira javnost uglavnom i ne zna. O njima se obično piše najčešće nakon što završe svoj tih i povučeni život. U ovu drugu skupinu znanstvenika pripada Karlo Maly, čije ime zauzima vrlo važno mjesto u nizu istaknutih svjetskih florista. Kada čovjek vidi sve ono što je učinio ovaj marljivi i daroviti čovjek, onda se mora zapitati: „Je li moguće da je to sve učinio jedan čovjek, i to za nešto više od pet decenija svoga rada? Zar je moguće sve to savladati, sav sakupljeni materijal klasificirati, obraditi mnoge kritične biljne skupine, obići tolike bosansko-hercegovačke planine, formirati botanički vrt, uspostaviti herbarijsku zbirku, formirati botaničku biblioteku?!“

Ponekad se stječe dojam da zaboravljamo ovakve velikane koji su postavili znanstvene temelje u BiH. Potrebno je napomenuti da su na dva mjesta postavljena obilježja o ovom znanstveniku. Prvo obilježje je spomen ploča na Ravnoj planini kod Pala (koju su postavili jugoslavenski biolozi povodom 100. godina od njegovog rođenja), a drugo mjesto je ulica na Ilidži koja od 2014. godine nosi njegovo ime. Sada i na ovome mjestu sjećamo ga se povodom njegove 70.-godišnjice smrti i zahvaljujemo mu za njegov cjelokupni radni i znanstveni opus.

ŠUMARSKA POVIJEST GRADA KARLOVCA



Akademik Igor Anić

Nedavno je iz tiska izašla nova knjiga **Olivera Vlainića, dipl. ing. šum.**, predsjednika Hrvatskog šumarskog društva i istaknutog karlovačkog šumara, pod naslovom Šumarska povijest grada Karlovca.

Knjiga je objavljena povodom vrijednih obljetnica koje je hrvatsko šumarstvo obilježilo 2020. godine: 255 godina od osnutka Uprave šuma Karlovačkog generalata i Šumarije Petrova gora (jedne od tri tada osnovane šumarije) što se smatra početkom hrvatskoga šumarstva, 100 godina od početka rada Šumarije Karlovac nadležne za državne šume, 60 godina od osnutka Šumskog gospodarstva Karlovac, 30 godina djelovanja Uprave šuma Podružnice Karlovac u sastavu Hrvatskih šuma d. o. o. te 160 godina od rođenja karlovačkog šumara Stjepana Frkića, koji je ostavio upečatljiv trag u svom šumarskom vijeku, radeći 42 godine kao šumar i 34 godine kao upravitelj Slunjske imovne općine.

Knjigu su recenzirali akademik Igor Anić i dr. sc. Karlo Beljan. Predgovore su napisali Marina Burić, direktorica Turističkog ureda Turističke zajednice grada Karlovca i mr. sc. Ivan Grginčić, predsjednik karlovačkog ogranka Hrvatskog šumarskog društva. Autor knjige u svom predgovoru navodi kako je ovim djelom zaokružena trilogija povijesti karlovačkog šumarstva. Naime, krajem 2012. godine, povodom 50. obljetnice osnutka Šumskog gospodarstva Karlovac, objavljena je monografija Šumsko gospodarstvo Karlovac 1960. – Uprava šuma Podružnica Karlovac 2010., autora i urednika Jadranke Šalek-Grginčić i Olivera Vlainića. Početkom 2018. godine, prilikom obilježavanja 65 godina djelovanja karlovačkog ogranka Hrvatskoga šumarskog društva, Oliver Vlainić je objavio drugu monografiju posvećenu toj šumarskoj udruzi.

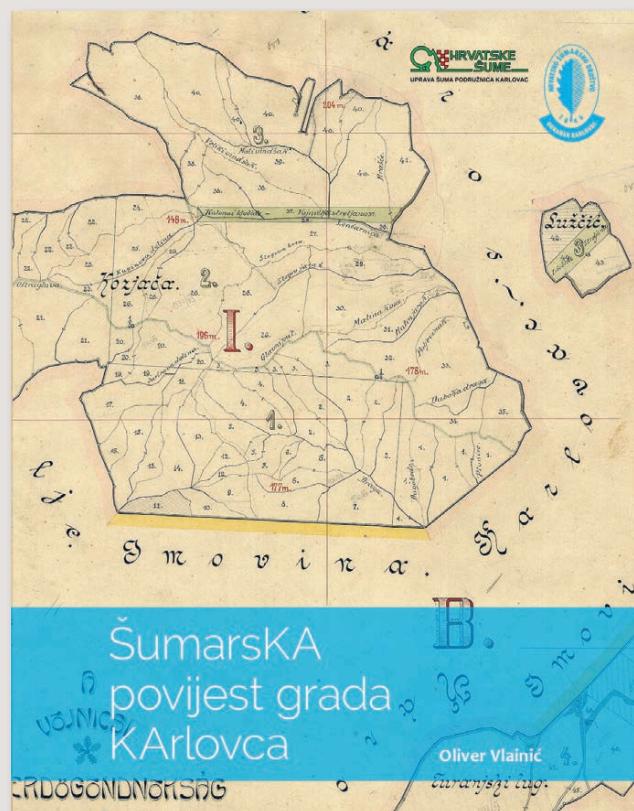
U knjizi Šumarska povijest grada Karlovca autor je manjom vrsnog istraživača uspio skupiti, pregledati, analizirati i logički povezati obimnu arhivsku građu o mjestima, ljudima i događajima u dugoj povijesti šumarstva grada Karlovca i Hrvatske, jer je prije 255 godina u Karlovcu ujedno počela i povijest organiziranog hrvatskog šumarstva. Svaka takva obljetnica trebala bi biti naš istaknuti kulturni događaj.

Autor je ovako obrazložio svrhu knjige: „Ovo djelo prvenstveno je bilo motivirano stvaranjem svojevrsnoga šumarskog vodiča po gradu Karlovcu za razne grupe šumarskih posjetitelja iz zemlje i inozemstva. Obim prikupljene građe, i želja da se nešto ne izostavi, zamišljenu džepnu brošuru

pretvorili su u nešto veću knjigu koja može poslužiti i kao dar posjetiteljima Karlovca.“

Navest ćemo glavna poglavљa: Početak šumarstva u Karlovcu (1765. – 1874.), Državne šume (1874. – 1945.), Šume Slunjske imovne općine (1874. – 1941.), Općinske i privatne šume (1858. – 1945./1947.), Veleposjedničke šume (1872. – 1945.), Državne šume (1945. – 2020.), Privatne šume (1945. – 2020.), Ostale institucije u gradu, Korištenje šuma i drva, Znameniti karlovački šumari, Površine šuma šumarije u Karlovcu, Zapis iz šumarskih novina i časopisa.

Između ostalog, u knjizi možemo pročitati o početku šumarstva u Karlovcu, a time i u Hrvatskoj u veljači 1765. godine, lokacije i opise 20 najvažnijih šumarskih institucija i mesta vezanih uz šumarstvo u Karlovcu od 1765. godine koje su prikazane u kartografskom obliku, povijest i odnos prema šumama različitim vlasnika, životopise i doprinose znamenitih šumara koji su rođenjem ili djelovanjem vezani uz Karlovac te mnoge druge zanimljivosti. Tekst je obogaćen s čak 120 slika, a temelji se na obimnoj literaturi koja sadrži 163 navoda.





Promocija održana u Atriju znanja Veleučilišta u Karlovcu 7. srpnja 2021. s recenzentima knjige akademikom Igorom Aničem i doc. dr. sc. Karлом Beljanom s Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.

Knjiga Šumarska povijest grada Karlovca zanimljivo je štivo mnogim čitateljima, ne samo šumarima. Svi mogu prepoznati lokacije grada i šire okolice i pronaći poveznice sa sadašnjosti. Iz knjige je jasno vidljiva poznata činjenica kako je šumarstvo višestoljetno organizirana i jedna od naših najdugovječnijih djelatnosti. Šumarstvo su oduvijek obilježavali

strogi hijerarhijski ustroj, poštivanje reda i propisa, što je tijekom duge povijesti omogućilo očuvanje obimne i vrijedne arhivske građe. Ta je građa do danas ostala nepresušan izvor za istraživanje ne samo šumarstva kao znanosti, struke i umijeća gospodarenja i očuvanja šuma, već i kartografije, cestogradnje, gradnje šumskih željeznica, obešumljenja, posumljavanja, toponomije, običaja, političkih i uopće životnih prilika u Hrvatskoj. U toj građi brojne korisne informacije mogu pronaći stručnjaci svih područja. Zato mislim kako će knjiga Šumarska povijest grada Karlovca imati široku čitalačku publiku koju zanimaju grad Karlovac, karlovačka županija, Hrvatska, njezine šume, šumarstvo te duga i bogata povijest odnosa prema prirodnim bogatstvima.

Knjiga Šumarska povijest grada Karlovca promovirana je 7. srpnja 2021. u Atriju znanja Veleučilišta u Karlovcu, u onoj istoj zgradi u kojoj se nalazilo sjedište Generalata i u kojoj je 23. veljače 1765. osnovana Uprava šuma karlovačkog generalata s tri šumarije – Baške Oštarije, Krasno i Petrova gora, što se smatra danom utemeljenja hrvatskog šumarstva.

Čestitamo kolegi Oliveru Vlainiću na još jednoj vrijednoj i poučnoj knjizi, na ponos i diku hrvatske domovine i njezina šumarstva.

PRIRUČNIK ZA EDUKATORE I VODIČE U PRIRODI

- KAKO VODITI EDUKATIVNE
ŠETNJE I ŠUMSKE RADIONICE?

Dr. sc. Matija Landekić

Izdavač:

Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu

Autor: prof. dr. sc. Ivan Martinić

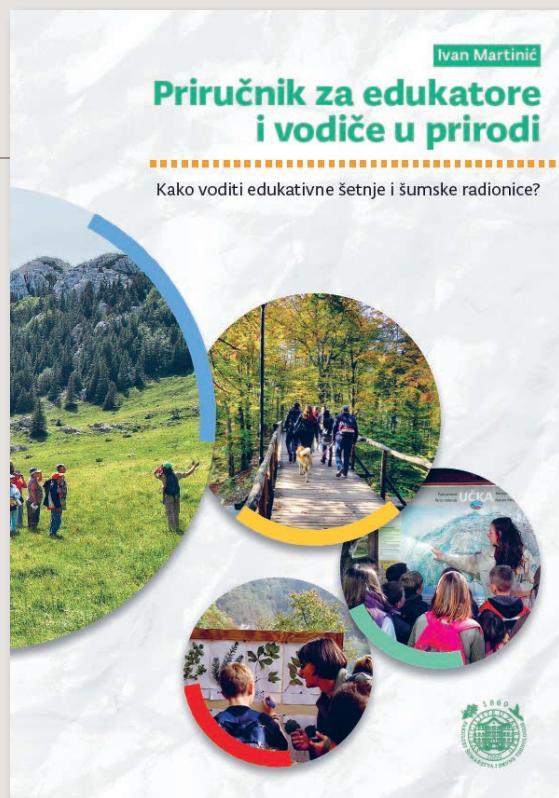
Recenzenti:

prof. dr. sc. Boris Hrašovec
dr. sc. Drago Marguš
dr. sc. Ivan Vučković

156 stranica, 93 slike

ISBN 978-953-292-071-0

Publikacije, a pogotovo priručnička građa u području ekološke edukacije, rijetka su pojava u Hrvatskoj. Stoga se svaka nova objava dočekuje kao važna i dobrodošla. Ovdje



Savjet kako pridobiti naklonost publike i napraviti dobru atmosferu?



Naklonost ćete postići ako pokažete da ste vjerodostojan vodič i govornik. Vjerodostjni postajte kada slušatelji prepoznaju vašu stručnost i kvalificiranost za govor o određenoj temi. Kvalificiranim se ne postaje isključivo formalnim obrazovanjem i iskustvom, već se kompetentnost stječe čitanjem o određenoj temi, slušanjem seminarova, usvajanjem iskustava drugih ili sudjelovanjem u projektima vezanim za zaštićena područja i sl.

Kad je to prikladno, npr. pri uvodnom predstavljanju sudionicima vođene šetnje, poželjno je prikazati se vjerodostojnim, ali s dozom skromnosti, ali opet ne preskomorno jer se time može omaložiti vlastito znanje i stručnost.

Uvodno je najbolje započeti srdačnom dobrodošlicom, a ne dosadnim tehničkim pojednostinama. Pritom treba izraziti zadovoljstvo zbog prilike da se može podijeliti zajednički doživljaj prirode sa svim sudionicima i veseliti se novom iskustvu svakog od njih.

Upamtite, dobra atmosfera je kao čamac u moru – prevest će vas na određene u svakom programu. Potražite taj čamac – inače ćete morati plivati!

Savjeti edukatoru – primjer iz priručnika

se skreće pozornost na jednu takvu – Priručnik za edukatore i vodiče u prirodi, autora Ivana Martinića.

U ovodobnim civilizacijskim izazovima (pitanja klime, bio-raznolikosti, održivosti resursa i dr.) kako to autor uvodno navodi, tumačenje prirode postaje temeljno sredstvo u formiranju naših vrijednosnih stajališta i obrazaca djelovanja u očuvanju prirode i razvoju društva. Više od drugih načina edukacija u prirodi nadahnjuje nas da pronađemo svoje mjesto u brizi za naše prirodno i kulturno nasljeđe (citrano iz Predgovora).

U Predgovoru i uvodnom poglavlju **Zašto je pisan i koja je svrha priručnika za edukatore**, autor ističe kako ovim priručnikom želi osnažiti područje tumačenja prirode kao važnog umijeća o kojem izravno ovisi koje će se poruke i s kakvim uspjehom prenijeti na „publiku“, bez obzira na to je li riječ o stručnom informiranju, interpretacijskom vođenju, edukativnim radionicama ili predavanjima u školama.

Priručnik je osmišljen kao otvoreni skup informacija, ali i praktičan „navigator“, namijenjen svima koji žele obogatiti svoje edukativne programe u prirodi modernim pristupima, rezultatima istraživanja i iskustvima drugih. Priručnik donosi načela, pristupe, modele i razmišljanja u okviru 7 poglavlja, u kojima se redom iznose važni aspekti tumačenja prirode:

- **Što svaki edukator mora znati**
- Kako postati dobar edukator
- Interpretacija – što treba znati
- Vođene šetnje
- Kako planirati i izvesti uspješnu vođenu šetnju
- Kako u edukaciji koristiti poučne staze
- **Šumska pedagogija i šumske radionice**.

Naglašeni dijelovi u strukturi priručnika su **Savjeti edukatoru-vodiču**, koji su rezervirani za ideje, savjete i preporuke, s namjerom da vodičima - edukatorima olakšaju korake prema uspješnom vođenju te **Primjeri dobre prakse** u kojima se donose detalji konkretnih programa i radio-nica, s ciljem prijenosa iskustva terenskog i grupnog rada. Pritom se u raznim elementima upućuje na primjere koji se mogu lako prilagoditi, npr. istraživački zadaci ili tematski radni listići. U **Dodatku** priručnika predstavlja se kratka povijest najzanimljivijih razdoblja u razvoju američkih nacionalnih parkova. Odabrana su područja i teme koje su odavno nepresušni izvor nadahnuća brojnom parkovnom osoblju i posebno interpretatorima prirode širom svijeta.

Autor priručnika je dr. sc. Ivan Martinić, redoviti profesor na studijima Šumarstvo i Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša na Fakultetu šumarstva i drvene tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Različitim pitanjima zaštite prirode i upravljanjem zaštićenim područjima prirode bavi se više od dva desetljeća, a kao voditelj projekata i konzultant angažiran je u razvoju zaštićenih područja u Hrvatskoj, Federaciji Bosne i Hercegovine i S. Makedoniji. U programu hrvatsko-američke suradnje **The Jobs in Parks** boravio je u US National Park Service centru za interpretaciju Harpers Ferry te u nacionalnim parkovima Shenandoah, Grand Canyon i Zion. Stečena znanja i iskustva ugradilo je u projekte i stručna usavršavanja u području edukacije i interpretacije u hrvatskim zaštićenim područjima, kao npr. sustav trening seminara za interpretaciju šume u NP Krka, razvoj edukacijske platforme Risov kviz u NP Risnjak, program interpretacijskih kataloga s priručnicima za potrebe NP Plitvička jezera i dr. Autor je koncepta i voditelj osposobljavanja malih čuvara prirode u programu Ptiček, koji se neprekidno provodi od 2008. godine. Do sada je objavio više priručnika iz područja ekološke edukacije i šumske bioraznolikosti.

Vjerujem da će obuhvatom sadržaja, načinom obrazlaganja i oblikovanjem, **Priručnik za edukatore i vodiče u prirodi** naći put do širokog kruga korisnika, nudeći pritom svježe perspektive i nove metode tumačenja te na taj način obogatiti njihova razmišljanja.

Priručnik je moguće nabaviti putem Fakulteta šumarstva i drvene tehnologije Sveučilišta u Zagrebu – poveznica za narudžbenicu: <https://www.sumfak.unizg.hr/hr/znanstveni-rad-i-medjunarodna-suradnja/publikacije/udzbenici/>.

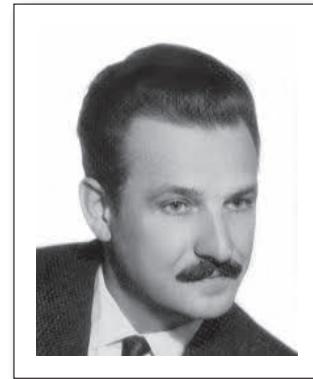
Ugodno služenje Priručnikom vam želim!

ZVONIMIR TOMAC, dipl. ing. šum. (1919.-2021.)

Mr. sc. Damir Delač

U kolovozu 2021. godine u 103. godini života napustio nas je Zvonimir Tomac, dipl. inž. šum. Sin Mihovila i Vincente iz ugledne trgovačke obitelji rođen je 1919. godine u Koprivnici. Pučku i srednju školu završio je u Koprivnici, maturiravši na Državnoj realnoj gimnaziji 1937. godine. Studirao je na Poljoprivredno šumarskom fakultetu u Zagrebu gdje je i diplomirao kao odličan student 1941. godine. Državni stručni ispit položio je 1944., napisavši rad "Lugarnice i lugarska služba". Šumarsku praksu započeo je kao praktikant u Pilani "Deutsch i sin", a zatim u Ravnateljstvu šuma Zagreb. Zatim je kao vježbenik radio u šumarijama Koprivnica i Gola. Nakon II svjetskog rata bio je šumarski referent u Kotarskom NO Kostajnica, šumarski pripravnik u šumariji Krasnić i upravitelj šuma u KNO Kostajnica. Nakon 1947. kraće je vrijeme upravitelj šumarije Delnice, pa zamjenik upravitelja šumarije Oguulin, a nakon toga upravitelj šumarije Klana. Obavljao je poslove pomoćnika šefa planskog odjela u Šumskom gospodarstvu Sušak, kasnije ŠG "Viševica" Rijeka, a sredinom svibnja 1949. ponovno je postavljen za upravitelja šumarije Klana tada pod nazivom Kotarsko šumsko poduzeće Klana. Slijedi referentsko mjesto u Šumarskom inspekto-ratu Rijeka (1955.-1956.) te taksatora u Sekciji za uređivanje šuma koje od 1963. godine djeluje kao Poslovno udruženje šumsko privredne organizacije Zagreb sa sjedištem u Rijeci. Izradio je više od 20 osnova gospodarenja za šume i šum. zemljišta Gorskoga kotara, Hrv. primorja i Istre te desetak studija i projekata iz uređivanja okoliša. Od 1972. do 1975. godine pomoćnik je direktora ŠG Bu-zet, a nakon toga, do umirovljenja 1977., direktor je OOUR-a "Florainžinjering" Rovinj.

Njegovo golemo šumarsko znanje i iskustvo preneseno je i na stranice Šumarskoga lista brojnim radovima: Palerija u GJ Suho i izmjena vrsta (ŠL 5-6/1955); Specijalizirani pogoni u šumarstvu (ŠL 5-6/1955); Razmatranja o fitoceno-



loškoj terminologiji (ŠL 7-8/1963); Premjer kao indikator sjećne zrelosti (ŠL 1-2/1965); Ispitivanje i utvrđivanje vremena prolaženja (ŠL 5-6/1966), Prilozi problemu računa-nja vrijednosti šuma (ŠL 3-4/1969); Opisi staništa u gospodarskim elaboratima (ŠL 5-6/1969) ; Uloga omjera smjese u određivanju smjernica gospodarenja pomoću tabela nor-malnih masa u prebornim šumama (ŠL 7-8/1970); Zaštita čovjekove okoline i šumarski kadrovi (ŠL 8-9/1977). Svoje radove objavljivao je i u drugim stručnim izdanjima.

Zvonimir Tomac bio je obdaren brojnim talentima te se bavio i pisanjem i slikarstvom. Napisao je 13 knjiga poezije i proze koje je objavio u vlastitoj nakladi, a njegove umjetničke slike, između ostalih prostora, krase šumariju Klana kojoj je donirao veliku kolekciju.

Njegovu životnu filozofiju, mudrost i skromnost ocrtava rečenica koju je „sokratovski“ izrekao u posljednjem inter-vjuu časopisu Hrvatske šume „Nakon sto godina premi-šljanja i postojanja mogu reći da sam naučio neke sitnice, no ostao je jedan golemi balon neznanja i sa sigurnošću mogu potvrditi da ništa ne znam“.

Lik i djela Zvonimira Tomca, dipl. inž. šum. zauvijek će ostati na ponos i slavu njega i cjelokupne šumarske struke.

MLADEN PLEŠE, dipl. ing. šum. (1950.–2021.)

Mr. sc. Božidar Pleše

Vijest o smrti drage nam osobe s kojom smo na bilo koji način dijelili dio života nikada ne putuje sama. Uvijek je prati tuga i nelagoda. Rađaju se sjećanja i uspomene.

Mladen Pleše rođen je 8. 01. 1950. godine u Delnicama. Sin Ivana i Anice rođ. Majnarić. Otac mu je bio službenik, a majka kućanica.

Osnovnu i srednju školu pohađao je u Delnicama. Maturirao je u gimnaziji „Ilonka Golik“ 1969. godine u Delnicama.

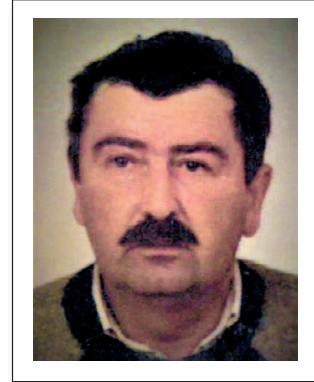
Šumarstvo je studirao na Šumarskom fakultetu u Zagrebu. Polaznik je poslijediplomskog studija iz ekonomije i organizacije rada na istom fakultetu.

Po završetku studija prvo zaposlenje dobiva u ŠG Delnice – Šumariji Delnice. 1. 06. 1974. nakon pripravnika staže radi kao referent za uzgajanje i iskorištavanje šuma, zatim kao tehnički rukovoditelj šumarije.

U Šumariji Delnice proveo je osam godina, a 1983. godine imenovan je upraviteljem Šumarije Skrad.

Reorganizacijom šumarstva i osnivanjem PŠG Delnice, prelazi na dužnost pomoćnika direktora za proizvodnju u OOUR-u za iskorištavanje šuma Delnice (1985. – 1990.).

Kad je osnovano JP „Hrvatske šume“, bio je postavljen na godinu dana za upravitelja Šumarije Delnice (1991.).



Od 1992. do 1995. godine bio je stručni suradnik za uzgajanje šuma u Odjelu za proizvodnju UŠ Delnice, a od 1. 11. 1996. godine zamjenik upravitelja u istoj Upravi. Od 2006. do 2013. god. radi na mjestu savjetnika u Upravi šuma Podružnici Delnice, kada odlazi u mirovinu.

Kad prođu godine, ostaje mnogo više od sjećanja, a takav je život i djelo našeg kolege Mladena Pleše.

Mladen je otišao, no nije nas napustio. Svetli lik, uvijek pozitivan, ostavio je trajan trag u sredinama u kojima je živio i radio.

Hvala za dobrotu i znanje koje si nesebično prenosio na mlađe generacije.

IVAN PUŠKAR, dipl. ing. šum.

(Dol, Krašić, 27. 1. 1933. – Karlovac, 12. 8. 2021.)

Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.

Dana 12. kolovoza 2021. u 89. godini života napustio nas je Ivan Puškar, još jedan karlovački šumar, pripadnik generacije koja je nakon Drugoga svjetskog rata započela stvaranje stabilnih šumarskih institucija šumarija i šumskog gospodarstva u Karlovcu što baštine današnji zaposlenici karlovačke podružnice trgovačkog društva Hrvatske šume. Njegovim odlaskom nema više živućih direktora nekadašnjega Šumskog gospodarstva Karlovac. U krugu rodbine i prijatelja pokopan je 16. kolovoza 2021. na karlovačkom katoličkom groblju Dubovac.

Život Ivana Puškara započeo je 27. siječnja 1933. u mjestu Dol općine Krašić. Potekao je iz zemljoradničke obitelji, od oca Andrije i majke Barbare. Školovanje je započeo u mjestu Pribić, gdje je 1946. godine završio osnovnu školu. Nastavio je sa strukovnim obrazovanjem koje je uspješno završio 1951. godine u jedinoj odškolovanoj generaciji Srednje šumarske škole u Plaškom. Četrdeset godina kasnije kao direktor Exportdrv-a pomogao je izdavanje knjige o toj šumarskoj školi. Sa zvanjem šumarskog tehničara zaposlio se 1. kolovoza 1951. u Šumariji Krašić tadašnjega Šumskog gospodarstva „Šamarica“ Zagreb, gdje je proveo sljedeće dvije godine. Nakon odsluženja vojnog roka novo zaposlenje našao je od 15. rujna 1954. u Šumariji Draganići, tada ustanovi sa samostalnim financiranjem. U Šumariji je radio kao poslovoda te referent za uzgoj i iskorištavanje šuma. Osnutkom Šumskog gospodarstva Karlovac, iako je bio šumarski tehničar, ukazano mu je povjerenje te je 15. ožujka 1960. postavljen za upravitelja Šumarije. Tada je izabran i za člana prvoga Upravnog odbora ŠG Karlovac. Na mjestu upravitelja ostao je do kolovoza 1964. godine kada se ponovno vraća na prijašnje poslove. Iste je godine započeo izvanredni studij šumarstva te je 6. siječnja 1970. diplomirao na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. S akademskim obrazovanjem uskoro je dobio ponudu da se prihvati mesta direktora ŠG Karlovac. Na toj zahtjevnoj funkciji bio je od 1. studenoga 1972. do 31. listopada 1978. Prema vlastitim riječima u tom razdoblju imao je nekoliko složenih situacija šireg društvenog značaja, poput nastojanja izgradnje retencija u Pokupskom bazenu nizvodno od Karlovca, pokušaja predaje šumskog kompleksa Petrove gore (cca 10.000 ha) na upravljanje Memorijalnom parku Petrova gora, kao i pokušaj izdvajanja šuma Pokupskog bazena (također cca 10.000 ha) radi pretvaranja u vojni raketni poligon JNA, što zahvaljujući



zalaganju njega i njegovoga stručnog tima, ali i nekih tadašnjih političkih struktura, nije provedeno na korist struke, šumskog gospodarstva, kao i šire zajednice. U isto vrijeme pod njegovim rukovođenjem realizirani su važni projekti izgradnje pogona Kamenoloma Krašić u Slapnici, radničkog odmarališta u Sv. Filipu i Jakovu te domova za smještaj radnika u Kostanjevcu i Vrginmostu. Od 1. studenoga 1978. do 31. prosinca 1984. karijera mu je bila vezana uz sindikalni posao u Zagrebu te je bio predsjednik Republičkog odbora Sindikata radnika industrijske prerade drva i šumarstva Hrvatske, koji je tada brojao oko 65 tisuća članova. Bio je član predsjedništva i predsjednik Saveza sindikata Hrvatske, kada je u njegovom mandatu izgrađena Sindikalna škola Sljeme. Početkom 1985. godine postao je direktor Poslovne zajednice „Exportdrv“ Zagreb. Tu se je zadržao do odlaska u mirovinu 4. kolovoza 1991. Umirovljeničke dane kratio je baveći se i slikarstvom.

Bio je član Hrvatskoga šumarskog društva i redoviti sudionik okupljanja karlovačkih šumarskih veterana. U razdoblju od 1980. do 1990. godine sudjelovao je na skupštinama tadašnjeg Saveza inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske te sudjelovao u raspravama o strukovnoj problematici.

Mi iz mlađe generacije pamtit ćemo Ivana kao tihu, nenačinljivu i skromnu osobu, koja je na miran način znala iskazati svoj stav, ali uvijek braneći stajališta struke.

U tuzi za kolegom Ivanom ostaju supruga Jelica, sin Damir, snaha Jadranka, unučad Vedrana i Dinko, braća Stjepan i Nikola s obitelji.

Dragi Ivane laka ti bila hrvatska zemlja. Počivao u miru.

SINIŠA ARH, dipl. ing. šum (1968. – 2021.)

Dr. sc. Josip Malnar

Vijest da nas je iznenada 18. lipnja 2021. godine, u 53 godini života napustio Siniša Arh, duboko je potresla sve koji su poznavali tog iznimnog šumara, lovca, a ponajprije velikog čovjeka.

Siniša Arh rođen je 30. studenog 1968. godine. Osnovnu školu završio je u Tršću, a srednju šumarsku u Delnicama. Na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je 1994. godine, nakon čega u Šumariji Prezid održuje pripravnički staž. Potom se zapošljava u Šumariji Gerovo, na radno mjesto revirnika, gdje provodi svoj cijeli radni vijek. Treba reći da je revirničku dužnost obavljaо u poznatom reviru, GJ Lividraga. Bio je sudionik Domovinskog rata.

Svi koji su poznavali Sinišu, našeg Sineta, znaju da je bio vrstan šumar, ujedno i član Hrvatskog šumarskog društva i veliki zaljubljenik u lov. Teško da ćemo pronaći kutak Gorskoga kotara u koji Siniša nije kročio, koji nije poznao. Kao aktivnan lovac bio je i dugogodišnji tajnik LD-a „Tetrijeb” Čabar, te vrlo uspješan stručni pratitelj u mnogim lovovima. Nesebično je svoje znanje prenosio i na mlade naraštaje kao predavač i ispitivač za osposobljavanje lovaca. Bio je stručna osoba za provedbu lovnogospodarskih osnova na Cresu i u Gorskem kotaru.

Rado se odazivao na mnoge lovačke radne akcije i sudjelovao u izgradnji i sanaciji mnogih lovnotehničkih objekata. Samo dan prije preranog odlaska radio je na novoj čeki, koju će sada pohoditi neki drugi lovci...



Od mladosti je bio aktivan skijaš i član skijaškog kluba „Rudnik” Tršće, sudionik mnogih državnih i međunarodnih natjecanja te stalni član ekipa Hrvatskih šuma na FNS natjecanjima.

Snažan, veseo, zabavan, svojom je nazočnošću ispunio svaku prostoriju. Uvijek spremjan pomoći, uskočiti kada zatreba, bio je osoba na koju se čovjek uvijek mogao oslobiti. Zato će odlazak ovog jedinstvenog čovjeka mnogim kolegama i prijateljima ostaviti neizrecivu prazninu. Ne možemo se ne zapitati zašto odlaze ljudi na vrhuncu životne snage, ljudi koji mogu dati još toliko toga. Sigurno znamo da je Siniša svojim radom i postojanjem ostavio neizbrisiv trag i u životu svoje obitelji, roditelja, supruge Marine, sina Martina, sestre Sanje, kao i u životu sviju nas koji smo s njim dijelili privatne i profesionalne trenutke.

Ostaje nam vjerovati da je odlazak samo kratak rastanak i da nas Siniša čeka u nekoj skrivenoj šumi, na nekoj skrivenoj čeki...

UPUTE AUTORIMA

Šumarski list objavljuje znanstvene i stručne članke iz područja šumarstva, odnosno svih znanstvenih grana pripadajućih šumarstvu, zatim zaštite prirode i lovstva. Svaki znanstveni i stručni članak trebao bi težiti provedbi autorove zamisli u stručnu praksu, budući da je šumarska znanost primjenjiva. U rubrikama časopisa donose se napis o zaštiti prirode povezane uz šume, 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 napisi koji se dostavljaju Uredništvu, zbog objavljivanja moraju biti napisani na hrvatskom jeziku, a znanstveni i stručni radovi na hrvatskom ili engleskom jeziku, s naslovom i podnaslovima prevedenim na engleski, odnosno hrvatski jezik.

Dokument treba pripremiti u formatu A4, sa svim marginama 2,5 cm i razmakom redova 1,5. Font treba biti Times New Roman veličine 12 (bilješke – fusnote 10), sam tekst normalno, naslovi bold i velikim slovima, podnaslovi bold i malim slovima, autori bold i malim slovima bez titula, a u fusnoti s titulama, adresom i elekroničkom adresom (E-mail). Stranice treba obrojati.

Opseg teksta članka može imati najviše 15 stranica zajedno s prilozima, odnosno tablicama, grafikonima, slikama (crteži i fotografije) i kartama. Više od 15 stranica može se prihvati uz odobrenje urednika i recenzentata. Crteže, fotografije i karte treba priložiti u visokoj rezoluciji.

Priloge opisati dvojezično (naslove priloga, glave tablica, mjerne jedinice, nazive osi grafikona, slika, karata, fotografija, legende i dr.) u fontu Times New Roman 10 (po potrebi 8). Drugi jezik je u kurzivu. U tekstu označiti mesta gdje se priložio moraju postaviti.

Rukopisi znanstvenih i stručnih radova, koji se prema prethodnim uputama dostavljaju uredništvu Šumarskoga lista, moraju sadržavati sažetak na engleskom jeziku (na hrvatskome za članke pisane na engleskom jeziku), iz kojega se može dobro indeksirati i abstraktirati rad. Taj sažetak mora sadržavati sve za članak značajno: dio uvoda, opis objekta istraživanja, metodu rada, rezultate istraživanja, bitno iz rasprave i zaključke. Sadržaj sažetka (Summary) mora upućivati na dvojezične priloge – tablice, grafikone, slike (crteže i fotografije) iz teksta članka.

Pravila za citiranje literaturе:

Članak iz časopisa: Prezime, I., I. Prezime, 2005: Naslov članka, Kratko ime časopisa, Vol. (Broj): str.-str., Grad

Članak iz zbornika skupa: Prezime, I., I. Prezime, I. Prezime, 2005: Naslov članka, U: I. Prezime (ur.), Naziv skupa, Izdavač, str.-str., Grad

Članak iz knjige: Prezime, I., 2005: Naslov članka ili poglavlja, Naslov knjige, Izdavač, str.-str., Grad

Knjiga: Prezime, I., 2005: Naslov knjige, Izdavač, xxxx str., Grad

Disertacije i magisterski radovi: Prezime, I., 2003: Naslov, Disertacija (Magisterij), Šumarski fakultet Zagreb. (I. = prvo slovo imena; str. = stranica)

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Forestry Journal publishes scientific and specialist articles from the fields of forestry, forestry-related scientific branches, nature protection and wildlife management. Every scientific and specialist article should strive to convert the author's ideas into forestry practice. Different sections of the journal publish articles dealing with a broad scope of topics, such as forest nature protection, anniversaries, scientific and professional gatherings, books and magazines, activities of the Croatian Forestry Association, meetings and conclusions of the Managing Board, annual and extraordinary meetings, announcements on the branches of the Association, etc.

All articles submitted to the Editorial Board for publication must be written in Croatian, and scientific and specialist articles must be written in Croatian and English. Titles and subheadings must be translated into English or Croatian.

Documents must be prepared in standard A4 format, all margins should be 2.5 cm, and spacing should be 1.5. The font should be 12-point Times New Roman (notes – footnotes 10). The text itself should be in normal type, the titles in bold and capital letters, the subheadings in bold and small letters, and the authors in bold and small letters without titles. Footnotes should contain the name of the author together with titles, address and electronic address (e-mail). The pages must be numbered.

A manuscript with all its components, including tables, graphs, figures (drawings and photographs) and maps, should not exceed 15 pages. Manuscripts exceeding 15 pages must be approved for publication by editors and reviewers. The attached drawings, photographs and maps should be in high resolution.

All paper components should be in two languages (titles of components, table headings, units of measure, graph axes, figures, maps, photographs, legends and others) and the font should be 10-point Times New Roman (8-point size if necessary). The second language must be in italics. Places in the text where the components should be entered must be marked.

Manuscripts of scientific and specialist papers, written according to the above instructions and submitted to the Editorial Board of Forestry Journal, must contain an abstract in English (or in Croatian if the article is written in English). The abstract should allow easy indexation and abstraction and must contain all the key parts of the article: a part of the introduction, description of research topic, method of work, research results, and the essentials from the discussion and conclusions. The summary must give an indication of bilingual components – tables, graphs and figures (drawings and photographs) from the article.

Rules for reference lists:

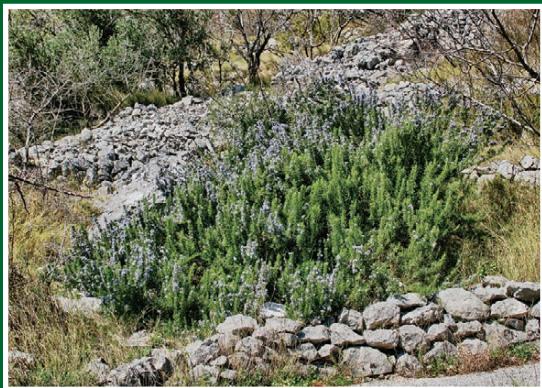
Journal article: Last name, F., F. Last name, 2005: Title of the article, Journal abbreviated title, Volume number: p.–p., City of publication

Conference proceedings: Last name, F., F. Last name, 2005: Title of the article, In: M. Davies (ed), Title of the conference, Publisher, p.–p., City of publication

Book article: Last name, F., 2005: Title of the article or chapter, Title of the book, Publisher, p.–p. City of publication

Book: Last name, F., 2005: Title of the book, Publisher, xxxx p., City of publication

Dissertations and master's theses: Last name, F., 2003: Title, Dissertation (Master's thesis), Faculty of Forestry, Zagreb) (F. = Initial of the first name; p. = page)



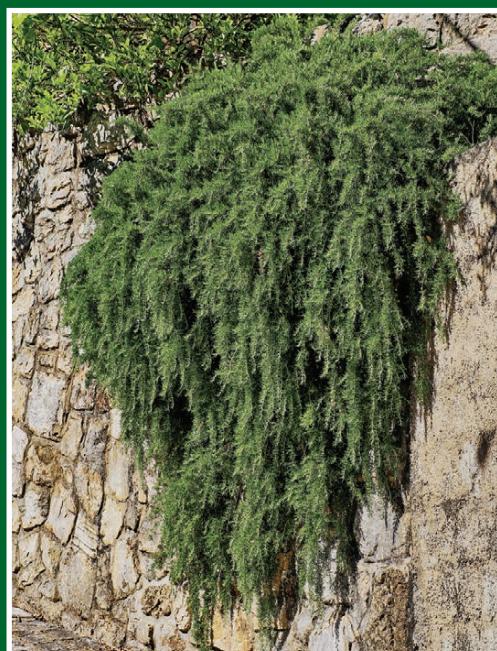
Slika 1. Habitus ružmarina. ■ Figure 1. The habit of the rosemary.



Slika 2. Listovi su kožasti, 2–3 (1,5–4) cm dugački, 2–4 mm široki, sjedeći, odozgo tamnozeleni i sjajni, odozdo gusto, bijelo dlakavi; cijelog, prema dolje povicnutog ruba.
■ Figure 2. Leaves are leathery, 2–3 (1.5–4) cm long, 2–4 mm wide, sessile, dark green and glossy above, densely whitish-tomentose below; margin is entire, revolute.



Slika 3. Cvjetovi su blijeđo plavi do ljubičastoplavi; vjenčić je dvousnat, 10–12 mm dugačak. Cvjetanje je gotovo cijele godine, najintenzivnije u proljeće i jesen. ■ Figure 3. Flowers are pale blue to violet-blue; corolla is bilabiate, 10–12 mm long. Flowering is nearly all year round, with main display in spring and autumn.



Slika 4. Kultivar 'Prostratus' je nižeg rasta, polegnut. ■ Figure 4. 'Prostratus' is a low-growing, spreading cultivar.

Rosmarinus officinalis L. – ružmarin (Lamiaceae)

Rod *Rosmarinus* L. sadrži tri vrste vazdazelenih, sredozemnih grmova: *R. eriocalyx* Jord. et Fourr., *R. officinalis* L. i *R. tomentosus* Hub.-Mor. et Maire, od kojih je najpoznatiji *R. officinalis*. Ružmarin je aromatičan, uspravan, 1–1,5 m visok grm, vrlo često uzgajan kao začinska, ljekovita i ukrasna biljka. Listovi ružmarina su jednostavni, nasuprotni i linearni. Cvjetovi su dvospolni, zigomorfni, entomofilni, uočljivi i mirisni, u (2–) 5–10-cvjetnim grozdovima, na vrhovima kratkih izbojaka. Plodovi su kalavci s 4 valjkasta, smeđa, tvrda, 2–2,5 mm dugačka, orašasta merikarpa, ovijeni suhom, smeđom čaškom. Ružmarin tolerira ljetne vrućine i sušu te preferira dobro propusna, alkalna tla. Selekcionirani su brojni ukrasni kultivari, od kojih je u Hrvatskoj u uzgoju najčešći 'Prostratus'.

Rosmarinus officinalis L. – Rosemary (Lamiaceae)

The genus *Rosmarinus* L. comprises three species of evergreen shrubs, native to the Mediterranean region: *R. eriocalyx* Jord. et Fourr., *R. officinalis* L. and *R. tomentosus* Hub.-Mor. et Maire. The best known species *R. officinalis* is an aromatic, erect shrub 1 to 1.5 m high, widely cultivated as a culinary and medicinal herb, as well as an ornamental plant. It has simple, opposite, linear leaves. Flowers are bisexual, zygomorphic, entomophilous, conspicuous and fragrant, in (2–)5–10-flowered racemes, terminal on short lateral shoots. Fruits are schizocarps of 4 mericarps, enclosed by dry, brown calyx; each mericarp is nut-like, cylindrical, brown, hard, 2–2.5 mm long. It is tolerant of heat and drought and prefers well-drained, alkaline soils. Numerous ornamental cultivars have been selected. The most commonly used cultivar in Croatia is 'Prostratus'.