

ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB

5-6

GODINA CXLVII
Zagreb
2023

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO
CROATIAN FORESTRY SOCIETY

članica
HIS

O DRUŠTVU
ČLANSTVO 2737

stranice ogranača:
BJ DE GO KA SI SP VA ZA

PRO SILVA CROATIA
SEKCIJA ZA ŽAŠTITU ŠUMA
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: hsd@sumari.hr

www.sumari.hr

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

ŠUMARSKI LIST

ŠUMARSKI LIST
Hrvatsko Šumarsko Društvo

DIGITALNA BIBLIOTEKA HŠD

slučajna knjiga

ŠUMARSKI LINKOVI

EFN HŠ ŠF HŠI
HKISD DHMZ



Naslovna stranica – Front page:
„Diagonalna,“ – fotografija Bjelovarskog salona fotografija „Šuma okom šumara“ (Foto: Sandra Crnković)
„Diagonal“ – a photograph of the Bjelovar Photography Salon „The Forest Through the Eyes of a Forester“ (Photo: Sandra Crnković)

Naklada 1660 primjeraka

**Uredništvo
ŠUMARSKOGA LISTA**
HR-1000 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 drvne 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
Graficka 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 | 13. Josip Kovačić, dipl. ing. šum. | 25. Darko Posarić, dipl. ing. šum. |
| 2. Emil Balint, dipl. ing. šum. | 14. Ivan Krajačić, dipl. ing. šum. | 26. Krasnodar Sabljić, dipl. ing. šum. |
| 3. Mr.sc. Boris Belamaric | 15. Valentina Kulaš, dipl. ing. šum. | 27. Ante Taraš, dipl. ing. šum. |
| 4. Daniela Cetinjanin, dipl. ing. šum. | 16. Prof. dr. sc. Josip Margaletić | 28. Prof.dr.sc. Ivica Tikvić |
| 5. Mr. sp. Mandica Dasović | 17. Dorica Matešić, dipl. ing. šum. | 29. Mr. sc. Dalibor Tomic |
| 6. Damir Dramalija, dipl. ing. šum. | 18. Prof. dr. sc. Stjepan Mikac | 30. Davor Topolnjak, dipl. ing. šum. |
| 7. Prof. dr. sc. Milan Glavaš | 19. Darko Mikičić, dipl. ing. šum. | 31. Mr. sc. Goran Videc |
| 8. Goran Gobac, dipl. ing. šum. | 20. Damir Miškulinić, dipl. ing. šum. | 32. Oliver Vlainić, dipl. ing. šum. |
| 9. Prof. dr. sc. Marijan Grubešić | 21. Krešimir Pavić, dipl. ing. šum. | 33. Doc. dr. sc. Dinko Vusić |
| 10. Krešimir Jakupak, dipl. ing. šum. | 22. Martina Pavičić, dipl. ing. šum. | 34. Silvija Zec, dipl. ing. šum. |
| 11. Prof. dr. sc. Vladimir Jambreković | 23. Doc. dr. sc. Sanja Perić | 35. Dražen Zvirotić, dipl. ing. šum. |
| 12. Marina Juratović, dipl. ing. šum. | 24. Marko Perković, dipl. ing. šum. | |

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. Željko Škvorc,

Šumarska botanika – Forest Botany

Doc. dr. sc. Krinoslav Sever,

Fiziologija šumskoga drveća – Physiology of Forest Trees

Doc. dr. sc. Igor Poljak,

Dendrologija – Dendrology

Prof. dr. sc. Davorin Kajba,

Genetika i oplemenjivanje šumskoga drveća –

Genetics and Forest Tree Breeding

Prof. dr. sc. Darko Bakšić,

Šumarska pedologija i ishrana šumskoga drveća –

Forest Pedology and Forest Tree Nutrition

Prof. dr. sc. Marijan Grubešić,

Lovstvo – Hunting Management

2. Uzgajanje šuma i hortikultura – Silviculture and Horticulture

Akademik Igor Anić,

urednik područja – Field Editor

Silvikultura – Silviculture

Urednici znanstvenih grana – Editors of scientific branches:

Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković,

Ekologija i biologija šuma, bioklimatologija –

Forest Ecology and Biology, Bioclimatology

Doc. dr. sc. Sanja Perić,

Šumske kulture – Forest Cultures

Dr. sc. Vlado Topić,

Melioracije krša, šume na kršu –

Karst Amelioration, Forests on Karst

Izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac,

Uzgajanje šuma – Forest Silviculture

Doc. dr. sc. Vinko Paulić,

Urbane šume – Urban Forests

Prof. dr. sc. Ivica Tikvić,

Opća i krajobrazna ekologija, općekorisne funkcije šuma –

General and landscape ecology, Non-Wood Forest Functions

Izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić,

Sjemenarstvo i rasadničarstvo –

Seed Production and Nursery Production

Prof. dr. sc. Damir Barčić,

Zaštićeni objekti prirode, Hortikultura –

Protected Nature Sites, Horticulture

3. Iskorištavanje šuma – Forest Harvesting

Prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky,

urednik područja – Field Editor

Urednici znanstvenih grana – Editors of scientific branches:

Prof. dr. sc. Tibor Pentek,

Šumske prometnice – Forest Roads

Prof. dr. sc. Dubravko Horvat,

Mehanizacija u šumarstvu – Mechanization in Forestry

Prof. dr. sc. Tomislav Sinković,

Nauka o drvu, Tehnologija drva –

WoodScience, Wood Technology

4. Zaštita šuma – Forest Protection

Prof. dr. sc. Boris Hrašovec,
urednik područja –field editor
Fitofarmacija u zaštiti šuma –
Plant protection products in forestry

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

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

5. Izmjera i kartiranje šuma – Forest Mensuration and Mapping

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

6. Uređivanje šuma i šumarska politika –

Forest Management and Forest Policy

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

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

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

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

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

Doc. dr. sc. Radek Pokorný, Češka 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* 622 + 564 (001)	
https://doi.org/10.31298/sl.147.5-6.1	
Alkan Akinci H., F. Erşen Bak	
Dendroctonus micans (Kugelann, 1794) establishment on host: parental females attack Vigorous oriental spruce trees in Artvin, Turkey – Pojava ženki velikog smrekinog likotoča <i>Dendroctonus micans</i> (Kugelann, 1794) na vitalnim stablima kavkaske smreke u Artvinu, Turska	207
UDK 630* 811 (001)	
https://doi.org/19.31298/sl.147.5-6.2	
Ergül Bozkurt A., K. Coşkunçelebi, S. Terzioglu	
Variation in needle anatomy of Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) populations according to habitat and altitudinal zones in Turkiye – Varijacije u anatomiji iglica običnog bora (<i>Pinus sylvestris</i> L.) s obzirom na staništa i nadmorsku visinu u Turskoj	215
UDK 630* 114.6 (001)	
https://doi.org/110.31298/sl.147.5-6.3	
Karaklić V., Z. Galić, M. Samardžić, L. Kesić, S. Orlović, M. Zorić	
Carbon dioxide (CO₂) emissions from soils during the regeneration of pedunculate oak (<i>Quercus robur</i> L.) stand in the summer period – Emisije ugljikovog dioksida (CO ₂) iz tla tijekom obnove sastojine hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.) u ljetnom razdoblju	227

Prethodno priopćenje – Preliminary communication

UDK 630* 969	
https://doi.org/10.31298/sl.147.5-6.4	
Šporčić M., D. Mijoč, M. Bakarić, Z. Pandur, M. Bačić, M. Landekić	
Izazov regrutiranja šumarske radne snage u Europi i svijetu – The challenge of recruiting forestry workforce in Europe and worldwide	239

Pregledni članci – Reviews

UDK 630* 907.1 + 934	
https://doi.org/10.31298/sl.147.5-6.5	
Bakarić M., M. Landekić, M. Šporčić	
Struktura prihoda javnih ustanova za upravljanje zaštićenim područjima u Republici Hrvatskoj – Revenue structure of public institutions for the management of protected areas in Republic of Croatia	251
UDK 630* 686+463	
https://doi.org/10.31298/sl.147.5-6.6	
Janeš D., I. Papa, S. Matijašević, I. Žarković, M. Lovrinčević, A. Đuka	
Korisni GIS alati pri utvrđivanju dostupnosti šumske površine – Useful GIS tools in defining forest accessibility	261
UDK 630* 156	
https://doi.org/10.31298/sl.147.5-6.7	
Popović M., H. Mihaylov, N. Mihajlović, Z. Popović	
Incomes of roe deer management in the hunting grounds of Central Serbia – Profiti gospodarenja srnećom divljači u lovištima Središnje Srbije	275

Zaštita prirode – Nature protection

- Arač, K.:
Sokol lastavičar (*Falco subbuteo* L.) 282

Popularizacija šumarske struke – Popularizing the Forestry Profession

- Drvodelić, D.:
Programirani uzgoj stabala u kontejnerima na popločenim površinama 283

Iz HŠD-a – From the Croatian forestry association

- Vlainić, V.:
Susret Europske šumarske mreže u državi bez šuma – Islandu 286
- Delač, D.:
Zapisnik
1. sjednice Upravnog odbora HŠD 2023. godine 295

In memoriam

- Milković, M.;
Marija Ivančević, dipl. ing. šum. (1934.–2022.) 299

RIJEČ UREDNIŠTVA

SVEUČILIŠE U ZAGREBU FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE – NOSITELJ OBRAZOVANJA U ŠUMARSKOJ I DRVNOTEHNOLOŠKOJ STRUCI

Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije (FŠDT) je međunarodno prepoznatljiva institucija u školovanju visokostručnih kadrova za potrebe šumarstva, prerade drva i proizvodnje namještaja. Intenzivni razvoj visokoškolske šumarske nastave započet je 1898. godine kada počinje izvođenje visokoškolske nastave na Šumarskoj akademiji u okviru Mudroslovnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Od tada pa do danas FŠDT je fakultet u stalnom usponu te sustavno razvija izvrsnost u obrazovanju i istraživanju u šumarstvu,drvnoj tehnologiji i srodnim područjima, koja se temelji na uspostavi sustava kvalitete te prijenosu i primjeni znanja za dobrobit i prosperitet svih sastavnica društvene zajednice.

FŠDT je predvodnik u kreiranju promjena u šumarskom i drvnatehnoškom području, s prepoznatljivim znanstvenicima i studentima visokih moralnih i etičkih kvaliteta spremnih na rad i unaprjeđenje društvene zajednice, a kao zalog stvaranju bolje i kvalitetnije budućnosti. Polazeći od nepobitne činjenice da su studenti smisao, odnosno bit postojanja svakoga fakulteta, nastavno osoblje FŠDT odlučno je u nastojanju da u potpunosti opravda povjerenje onih koji su prepoznali njegove studijske programe kao izvrsne, šumarsku struku kao struku koja odgovorno gospodari jednim od najvažnijih i površinom najvećih prirodnih resursa naše države, a drvnatehnošku struku kao struku iznimno važnu za gospodarstvo, BDP i izvoz. Njihovo zadovoljstvo

studiranjem, motiviranost, ali i studentski standard, kao i kasnija stopa zapošljavanja na temelju stečenih znanja, vještina i kompetencija, važne su smjernice djelovanja FŠDT. U poslijedenje tri akademske godine upisne kvote na svim studijskim programima prijediplomskih sveučilišnih studija i prijediplomskoga stručnoga studija su popunjene. Rezultat je to brojnih aktivnosti dobro pripremljene i ostvarene promidžbe prijediplomskih studijskih programa Fakulteta u javnosti i u medijima, promidžbi Fakulteta u srednjim školama RH, te organizacijom i provedbom pripreme maturanata za polaganje ispita državne mature za učenike koji su zainteresirani za upis prijediplomskih studijskih programa na FŠDT.

Revidirani sadržaji svih prijediplomskih i diplomskih studija, poslijediplomskog specijalističkog studija Šumarstvo, poslijediplomskog specijalističkog studija Drvna tehnologija i poslijediplomskoga doktorskoga studija Šumarstvo i drvna tehnologija, usklađeni su s potrebama tržišta. Poslijediplomski specijalistički studiji su vrlo atraktivni u sustavu cjeloživotnog obrazovanja magistara inženjera šumarstva, magistara inženjera urbanoga šumarstva, zaštite prirode i okoliša te magistara inženjera drvne tehnologije. Akademска diploma mora ostati prestižni document, kao jamstvo kvalitete budućih djelatnika u javnim i privatnim tvrtkama te državnim institucijama.

Uredništvo

EDITORIAL

UNIVERSITY OF ZAGREB, FACULTY OF FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY – PROVIDER OF EDUCATION IN FORESTRY AND WOOD TECHNOLOGY

The Faculty of Forestry and Wood Technology (FFWT) of the University of Zagreb is an internationally recognized institution in the training of highly skilled personnel for the needs of forestry, wood processing and furniture manufacture. The intensive development of higher education began in 1898, when university-level education was organized at the Academy of Forestry within the Faculty of Philosophy of the University of Zagreb. The FFWT has since been a faculty in constant growth that systematically develops excellence in education and research in forestry, wood technology and related fields, which is based on the establishment of a quality system and the transfer and application of knowledge for the benefit and prosperity of all components of the social community.

The FFWT is a forerunner in creating changes in the field of forestry and wood technology, where renowned scientists and students of high moral and ethical principles are dedicated to working and improving the social community as a pledge for a better future.

Starting from the undeniable fact that students are the reason and the essence of the existence of every faculty, the teaching staff of the FFWT is determined to fully justify the trust of those who perceive its study programs as excellent, who are aware that the forestry profession responsibly manages one of the most important and largest natural resources of our country, and who regard wood technology as a profession that is extremely important for the economy, GDP and export. Their satisfaction with study programs,

their motivation and student standards, as well as the subsequent employment rate based on acquired knowledge, skills and competences, are important guidelines for the activities of the FFWT.

In the last three academic years, enrolment quotas in all study programs of undergraduate university studies and undergraduate specialist studies have been filled up. This is the result of numerous activities geared towards promoting undergraduate study programs of the Faculty in the public and in the media, promoting the Faculty in secondary schools of Croatia, and organizing and preparing high school graduates interested in enrolling in undergraduate study programs at the FFWT to take the state matriculation exam.

The revised contents of all undergraduate and graduate studies, the postgraduate specialist study of Forestry, the postgraduate specialist study of Wood Technology and the postgraduate doctoral study of Forestry and Wood Technology are devised to meet the needs of the market. Postgraduate specialist studies are highly attractive in the system of life-long learning of masters of forestry engineering, masters of engineering in urban forestry, nature and environment protection, and masters of engineering in wood technology. The academic diploma must remain a prestigious document and a guarantee of the quality of future employees in public and private companies and state institutions.

Editorial Board

DENDROCTONUS MICANS (KUGELANN, 1794) ESTABLISHMENT ON HOST: PARENTAL FEMALES ATTACK VIGOROUS ORIENTAL SPRUCE TREES IN ARTVIN, TURKEY

POJAVA ŽENKI VELIKOG SMREKINOG LIKOTOČA *DENDROCTONUS MICANS* (KUGELANN, 1794) NA VITALNIM STABLIMA KAVKASKE SMREKE U ARTVINU, TURSKA

Hazan ALKAN AKINCI^{1*}, Funda ERŞEN BAK²

SUMMARY

Dendroctonus micans (Kugelann, 1794), which was first discovered in 1966 in Turkey, has established almost in all oriental spruce forests in the Eastern Black Sea region until the late 2000s. In its expanding front it is responsible for killing spruce trees representing millions of cubic meters of wood. In recent years, oriental spruce forests have endemic population of this pest. But extreme climatic conditions that cause extreme weather circumstances may trigger suitable environment that favors *D. micans* outbreaks. In this study, we aimed to examine tree vitality of naturally infested and uninfested trees in the forest. Field studies were performed at a pure spruce stand in Taşlıca Forest Sub-District, Artvin Directorate of Forestry in 2016. Both infested and uninfested trees were selected in the stand closure. One core per tree was extracted from 30 naturally infested and 30 uninfested oriental spruce trees at the same stand. Core samples were taken at the second week of September. Phloem thickness, recent tree growth rates, diameter of breast height and the average number of xylem cells in a radial file formed until the sampling date were studied. Phloem thickness, recent tree growth rates and number of xylem cells were higher in infested trees. Host selection of *D. micans* was discussed in relation to characteristics of infested and uninfested trees.

KEY WORDS: Tree vitality, growth and increment, *Picea orientalis*, phloem thickness, host selection

INTRODUCTION UVOD

The appearance of bark beetles date back 280 million years (Ross, 1965). Conifer-inhabiting bark beetle species that infest and kill apparently healthy standing trees are the most economically important forest insects. The Greater European Spruce Bark Beetle, *Dendroctonus micans* (Kugelann, 1794), with the spruce bark beetle *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) are the

most economically important forest pests in their distribution area in Eurasia (Grégoire, 1984, 1985, 1988; Wermelinger, 2004; Özcan et al., 2011a; Alkan Akinci et al., 2014). *D. micans* has caused serious damages and tree deaths during outbreaks in spruce forests since the first half of the 19th century to date (Grégoire, 1988; Özcan et al., 2011b; Fraser et al., 2014; Alkan Akinci et al., 2018; Büyükerzi et al., 2022). It attacks apparently healthy trees besides forked, wounded and overthrown spruce trees (Granet and Perrot, 1977; Grégoire, 1988; Alkan Akinci et al., 2014).

*Assoc. Prof. Dr. Hazan ALKAN AKINCI, PhD, Artvin Çoruh University, Faculty of Forestry, Department of Forestry Engineering, 08000, Artvin, Turkey. Corresponding author: hazan.akinci@artvin.edu.tr

² Assoc. Prof. Dr. Funda ERŞEN BAK, PhD, Artvin Çoruh University, Faculty of Forestry, Department of Forestry Engineering, 08000, Artvin, Turkey.

During *D. micans* swarming period solitary females infest trees and construct egg galleries (Grégoire, 1985, 1988). Wounded trees, forked trees and trees at the stand edges are the most infested individuals in the forest (Granet and Perrot, 1977; Alkan Akinci, 2017). Successful establishment of the beetles to trees with wounds are documented in oriental spruce forests (Alkan Akinci et al., 2014). In a stand, there may be uninjected trees besides trees with multiple attacks. Also, some trees may have a number of successful and unsuccessful attacks together on their trunk (Bevan and King, 1983; Grégoire, 1984, 1985; Wainhouse et al., 1998). The lack of aggregation pheromone results in solitary attacks on trees but there are also high number of attacks reported by Turkish researchers (Eroğlu, 1995; Alkan Akinci et al., 2014). Beetles mainly infest root collars (Grégoire, 1984). Almost 70% of the entrances are below 1 m at the trunk of the trees in Turkey. The percentage of the aborted attacks is 25% (Alkan Akinci et al., 2014). The percentage of the aborted attacks is higher in Europe; in Belgium it is 70% (72-78%) (Grégoire, 1984). Radial and vertical resin ducts are cut by females during the construction of maternal galleries that cause resin flow, and consequently result in aborted attacks by beetles (Lieutier et al., 1992; Lieutier, 2007). *D. micans* attacks do not kill its host in a short period of time so infested trees are alive throughout different beetle generations (Grégoire, 1988).

In various studies, trees are artificially forced to induce susceptibility to bark beetles (Moeck et al., 1981; Coulson et al., 1986; Miller and Berryman, 1986; Storer and Speight, 1996; Alkan Akinci, 2016). Freezing the base of the host trees (Moeck et al., 1981), damaging trees by artificial lightning strikes (Coulson et al., 1986) and artificial mechanical wounds (Miller and Berryman, 1986; Storer and Speight, 1996; Alkan Akinci, 2016) attracted bark beetles on these trees mostly followed by tree death or successful colonization by the bark beetles.

Some tree parameters affect bark beetle brood survival or reproductive success. Wagner et al. (1979) presents data that bark moisture content affects brood survival of *Dendroctonus frontalis*. Stressed trees such as windthrows, wounded trees or trees at stand edges have lower host defenses and greater nutritional quality (Reid and Robb, 1999; Alkan Akinci et al., 2018). When mean annual increment in the last year, phloem thickness and several parameters of recent tree growth rate were studied on freshly dead *Pinus banksiana* to assess the reproductive performance of *Ips pini*, the results showed that tree growth rate parameters were positively related to beetle reproductive performance (Reid and Robb, 1999). Relationships between *D. micans* successful establishment and survival in its host are investigated experimentally in some studies (Alkan Akinci and Erşen Bak, 2016; Alkan Akinci et al., 2018). The role of phloem thickness, tree size and recent tree growth rate were used

as tree vigor parameters in the study that parental *D. micans* females were inserted on healthy oriental spruce trees. Parental females were established successfully mostly on thicker phloem and trees that are growing vigorously (Alkan Akinci and Erşen Bak, 2016). In another experimental study again parental *D. micans* females were inserted on healthy oriental spruce trees. In the study, periodic growth, phloem thickness, tree size, crown length, phloem moisture and amount of C, N in phloem have been compared between trees that *D. micans* females successfully established in the host tree or aborted. Results demonstrated that *D. micans* parental females successfully established on the codominant trees that have grown vigorously and have decreasing growth in the last 10 years, shorter crown length and higher N in the phloem (Alkan Akinci et al., 2018).

In this study, oriental spruce trees that were naturally infested by *D. micans*, and uninjected trees in the forest are investigated. Phloem thickness, recent tree growth rates (the mean annual increment in the past five and ten years, and annual increment in the last year until the sampling date, diameter of breast height (DBH) and the average number of xylem cells (tracheids) in a radial file formed in the last year were studied to figure out tree characteristics of naturally infested and uninjected trees in the forest. We have tried to reveal the nature of the *D. micans* attacks and the characteristics of the naturally infested trees. In addition, we would like to compare our results with the results of the experimental studies that were formerly performed on oriental spruce.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Field studies were performed at a naturally regenerated pure spruce stand that was at 1683 m a.s.l. and in southwest aspect in Taşlıca Forest Sub-District, Artvin Directorate of Forestry in 2016. In the stand examined, the estimated tree age was 90, the tree heights were about 20 m, slope was 3% and crown closure was about 70%. The stand is located in the Eastern Black Sea Mountains that has a rainy and foggy climate during whole year and also snowy winters. Both naturally infested and uninjected trees were selected in the stand closure. In the infested trees, *D. micans* was established and broods were developed under the bark. The broods were at the larval or pupal stage or there were young adults under the bark.

Measurements – Mjerenja

To determine the vitality of the naturally infested trees, we designated 30 naturally infested and 30 uninjected oriental spruce trees at the same stand in the field. Diameter of the breast height (DBH) was $33.20 \text{ cm} \pm 0.57$ and $33.77 \text{ cm} \pm 0.62$ at infested and uninjected trees, respectively. On each tree, cores were extracted. Annual growth ring widths were

Table 1. Values of the measured characteristics at the sampled infested trees

Tablica 1. Vrijednosti izmjereneh značajki na uzorkovanim napadnutim stablima

No. of trees Broj stabala	DBH Prsní promjer staba (cm)	Phloem thickness Debljina floema (mm)	MAI-5 Srednji godišnji priраст у задњих pet godina (mm)	MAI-10 Srednji godišnji priраст у задњих deset godina (mm)	PGR Omjer periodičnog rasta	Annual increment in the last year Godišnji priраст у posljednjoj godini (mm)	Number of xylem cells Broj stanica ksilema
1	33	6.47	0.76	1.47	0.29	1.46	16
2	35	4.53	1.57	1.57	1.00	1.53	51
3	34	5.13	0.91	1.01	0.82	1.16	39
4	38	3.40	2.75	2.75	1.00	3.40	112
5	38	3.33	0.40	0.35	1.30	2.43	13
6	26	5.37	1.02	1.03	0.98	0.74	25
7	35	3.77	0.78	0.72	1.19	0.79	35
8	32	3.53	1.21	1.20	1.05	1.16	46
9	36	8.80	1.40	1.32	1.24	1.33	50
10	29	7.33	1.71	1.71	1.00	1.66	51
11	32	4.17	1.83	1.72	1.13	1.87	66
12	32	3.00	0.61	0.63	0.94	1.37	13
13	34	5.29	1.13	1.22	0.87	0.96	24
14	31	6.21	3.36	3.54	0.90	2.42	79
15	35	2.63	1.92	1.91	1.01	1.37	47
16	39	3.68	2.11	2.02	1.09	1.89	47
17	36	1.63	1.62	1.52	1.14	1.63	51
18	34	4.74	2.65	1.91	2.27	2.89	85
19	36	2.37	1.82	1.68	1.18	2.26	76
20	30	2.83	0.92	0.99	0.86	0.88	35
21	30	1.95	1.09	1.06	1.07	1.37	51
22	34	3.95	2.92	3.06	0.91	2.63	88
23	30	3.00	1.60	1.68	0.90	1.53	58
24	37	2.21	0.98	0.95	1.03	1.16	40
25	36	5.33	0.20	0.32	0.46	0.24	13
26	31	3.37	0.60	0.68	0.78	0.57	30
27	29	2.16	0.91	0.92	0.99	0.77	24
28	30	6.32	0.60	0.95	0.46	0.68	29
29	33	5.16	1.65	1.56	1.13	1.42	48
30	31	4.00	3.01	2.71	1.25	1.37	46

measured in the last ten years to provide increment for the last five (MAI-5) and ten years (MAI-10) (Reid and Robb, 1999). Mean annual increment in the past five years divided by the mean annual increment of the preceding five years to determine periodic growth ratio (PGR) (Mahoney, 1978; Reid and Robb, 1999; Wainhouse, 2005). The number of xylem cells (tracheids) in a radial file formed in the last year until the sampling date were studied on cross sections. Phloem thickness was measured on core samples. Leica M60 stereomicroscope was used to make measurements and Olympus BX53 light microscope to take photographs. Values of the measured characteristics are presented in Table 1-2.

Analysis – Analiza

Data were analyzed using IBM SPSS statistics version 19.0. Measured variables were compared between naturally in-

fested and uninfested trees by t test. Standard error of mean (SEM) and minimum and maximum values were given with means.

RESULTS

REZULTATI

Phloem thickness, MAI-5, MAI-10, mean annual increment in the last year until the sampling date and number of xylem cells were higher in infested trees (Table 3).

Phloem thickness was $4.19 \text{ mm} \pm 0.31$ (1.63 – 8.80 mm) and $3.01 \text{ mm} \pm 0.23$ (1.43 – 7.07 mm) in infested (Figure 1d) and uninfested trees, respectively. The difference between infested and uninfested trees was significant (t test, $t = 3.071$, $df = 58$, $p < 0.05$).

MAI-5 and MAI-10 was $1.47 \text{ mm} \pm 0.15$ (0.20 – 3.36 mm) and $1.47 \text{ mm} \pm 0.14$ (0.32 – 3.54 mm) in infested, and 1.08

Table 2. Values of the measured characteristics at the sampled uninfested trees

Tablica 2. Vrijednosti izmjerenih značajki na uzorkovanim nenapadnutim stablima

No. of trees Broj stabala	DBH Prsnji promjer stabla (cm)	Phloem thickness Debljina floema (mm)	MAI-5 Srednji godišnji priраст u zadnjih pet godina (mm)	MAI-10 Srednji godišnji priраст u zadnjih deset godina (mm)	PGR Omjer periodičnog rasta	Annual increment in the last year Godišnji priраст u posljednjoj godini (mm)	Number of xylem cells Broj stanica ksilema
31	30	3.00	1.33	1.15	1.16	1.60	49
32	30	3.07	0.27	0.42	0.46	0.57	17
33	32	4.58	0.61	0.68	0.80	0.71	22
34	33	4.17	0.55	0.46	1.50	0.50	24
35	38	5.46	1.64	1.55	1.23	2.27	79
36	28	3.17	0.37	0.32	1.37	1.50	17
37	31	2.67	0.80	0.81	0.98	0.75	24
38	38	7.07	1.24	1.34	0.82	0.92	33
39	37	3.94	1.03	0.94	1.20	1.20	32
40	33	3.04	0.63	0.68	0.88	0.54	17
41	30	3.21	3.26	2.61	1.67	2.42	88
42	34	1.57	1.23	1.08	1.33	1.23	38
43	32	1.87	1.39	1.34	1.08	1.17	49
44	35	1.43	0.93	0.90	1.05	0.73	34
45	28	2.08	2.05	2.04	1.01	2.04	77
46	38	3.16	0.34	0.38	0.81	0.34	17
47	35	2.03	0.90	0.85	1.12	0.89	35
48	34	2.27	1.80	1.93	0.87	1.17	39
49	38	3.16	1.93	1.47	1.91	1.04	67
50	36	1.58	1.20	0.84	2.53	1.16	37
51	36	2.42	0.46	0.55	0.71	0.46	19
52	34	2.50	1.38	1.36	1.03	1.09	44
53	39	2.50	1.28	1.26	1.03	1.57	55
54	30	3.13	1.07	1.21	0.79	0.83	31
55	37	2.92	1.77	1.89	0.88	1.02	68
56	38	1.54	0.76	0.84	0.83	0.58	20
57	37	2.13	0.22	0.25	0.79	0.16	11
58	29	2.17	0.33	0.36	0.84	0.30	9
59	31	4.17	0.69	0.75	0.86	0.67	27
60	32	4.17	0.93	0.88	0.86	0.80	21

Table 3. Mean \pm SEM values of characters measured on infested and uninfested treesTablica 3. Srednje \pm SEM vrijednosti značajki izmjerenih na napadnutim i nenapadnutim stablima

Measured characters Izmjerene značajke	Infested trees Napadnuta stabla	Uninfested trees Nenapadnuta stabla	p
Phloem thickness (mm) Debljina floema (mm)	4.19 \pm 0.31	3.01 \pm 0.23	0.003*
MAI-5 (mm) Srednji godišnji priраст u zadnjih pet godina (mm)	1.47 \pm 0.15	1.08 \pm 0.12	0.0049*
MAI-10 (mm) Srednji godišnji priраст u zadnjih deset godina (mm)	1.47 \pm 0.14	1.04 \pm 0.10	0.016*
PGR Omjer periodičnog rasta	1.01 \pm 0.06	1.08 \pm 0.07	0.455ns
Mean annual increment in the last year until the sampling date (mm) Godišnji priраст u prošloj godini (mm)	1.50 \pm 0.13	1.01 \pm 0.10	0.005*
DBH (cm) Visina prsnog promjera (cm)	33.20 \pm 0.57	33.77 \pm 0.62	0.504ns
Number of xylem cells Broj stanica ksilema	46.27 \pm 4.39	36.67 \pm 3.89	0.107ns

*Significant at 0.05 level, nsNon-significant at 0.05 level.

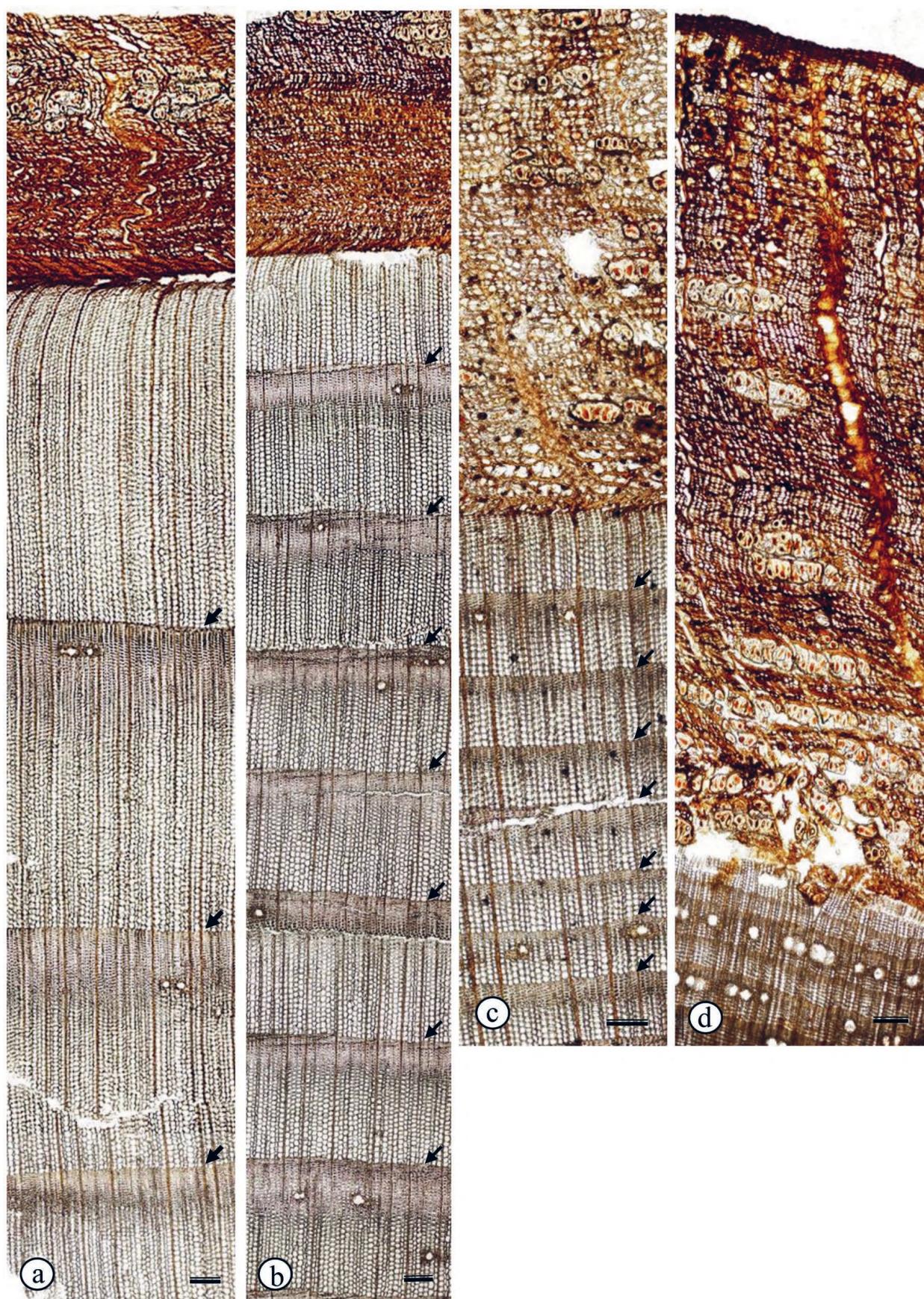


Figure 1. Cross sections. a-b: growth ring widths sampled from infested trees (no. 19 and 27) and c: uninfested tree (no. 46); d: phloem thickness from an infested tree (no. 25). Scale bars = 200 μm .

Slika 1. Poprečni presjeci. a-b: širine godova uzorkovanih s napadnutih stabala (br. 19 i 27) i c: nenapadnuto stablo (br. 16); d: deblijina floema napadnutog stabla (br. 25). Mjerila = 200 μm .

$\text{mm} \pm 0.12$ (0.22 – 3.26 mm) and $1.04 \text{ mm} \pm 0.10$ (0.25 – 2.61 mm) in uninfested trees, respectively (Figure 1a, b, c). Values were significantly different between infested and uninfested trees (*t* test, $t = 2.013$, $df = 58$, $p < 0.05$ for MAI-5 and $t = 2.484$, $df = 58$, $p < 0.05$ for MAI-10).

In the infested and uninfested trees PGR was $1.01 \text{ mm} \pm 0.06$ (0.29 – 2.27 mm) and $1.08 \text{ mm} \pm 0.07$ (0.46 – 2.53 mm), respectively. The difference was not significant (*t* test, $t = 0.752$, $df = 58$, $p > 0.05$).

Mean annual increment in the last year until the sampling date was $1.50 \text{ mm} \pm 0.13$ (0.24 – 3.40 mm) and $1.01 \text{ mm} \pm 0.10$ (0.16 – 2.42 mm) in infested and uninfested trees, respectively. The difference in mean annual increment in the last year until the sampling date for infested and uninfested trees was significant (*t* test, $t = 2.934$, $df = 58$, $p < 0.05$).

DBH was $33.20 \text{ cm} \pm 0.57$ (26 – 39 cm) and $33.77 \text{ cm} \pm 0.62$ (28 – 39 cm) in infested and uninfested trees, respectively. The difference was not significant (*t* test, $t = 0.672$, $df = 58$, $p > 0.05$).

In the infested and uninfested trees number of xylem cells was 46.27 ± 4.39 (13 – 112) and 36.67 ± 3.89 (9 – 88), respectively. The difference between the infested and uninfested trees was not significant (*t* test, $t = 1.637$, $df = 58$, $p > 0.05$).

DISCUSSION RASPRAVA

As a whole, oriental spruce trees that had higher phloem thickness, MAI-5, MAI-10, mean annual increment in the last year until the sampling date and number of xylem cells were infested successfully by *D. micans*. Within the scope of our study, we can remark that spruce trees with higher recent tree growth rates in the same stand are more likely to be infested by *D. micans* than others.

Phloem thickness of the infested trees was 4.19 mm on average, and it was 1.18 mm thicker than uninfested trees. There are other studies that have indicated the positive effect of phloem thickness for bark beetles (Amman, 1972; Berryman, 1976; Haack et al., 1987a, b; Alkan Akıncı and Erşen Bak, 2016; Alkan Akıncı et al., 2018). Storer and Speight (1996) expresses that *D. micans* host selection may be determined in part by the suitability of the substrate for larval development. So, by attacking trees with thicker phloem, *D. micans* parental females may assure their larvae to have enough nourishment throughout development stages. There was a contrasting result that phloem thickness had no unique effect on a bark beetle species -pine engraver- reproduction reported by Reid and Robb (1999). In their case, the mean thickness of phloem in the focal stand was 1.07 mm that is less than 1.45 mm the body width of

pine engravers, and required beetles also to consume outer bark and xylem of the trees (Reid and Robb, 1999).

MAI-5 and MAI-10 in the infested trees was higher than the uninfested ones. *D. micans* preferred vigorously growing trees during attacks. In the former experimental studies that *D. micans* females were inserted on healthy oriental spruce trees, parental females were tended to be successful on vigorously growing trees (Alkan Akıncı and Erşen Bak, 2016) or codominant trees that have decreasing growth in the last 10 years (Alkan Akıncı et al., 2018). These trees provide thicker phloem and larger phloem surface area to *D. micans* larvae for feeding. And being stressed in some way also benefits beetles. Reid and Robb (1999) have reported comparable results for *Ips pini*. Their results showed that tree growth rate parameters are positively related to beetle reproductive performance on freshly dead *Pinus banksiana* (Reid and Robb, 1999).

There was also a significant difference between mean annual increment in the last year until the sampling date in infested and uninfested trees. Mean annual increment in the last year until the sampling date in infested trees was 0.49 mm higher than the uninfested ones. Infested trees have grown vigorously until the sampling date in the last year as well.

The difference between the DBH of the trees and number of xylem cells in infested and uninfested trees was not significant. The number of xylem cells was higher in infested trees (Figure 1a, b, c). Infested trees have higher cambium activity so they have higher wood and phloem formation.

Oriental spruce is one of the dominant conifer species in Artvin and Eastern Black Sea region, and natural spruce forests are of great economic and ecological importance in its distribution area. Tree mortalities associated with outbreaks cause reductions in tree density that cause changes in microclimate that favor beetles (Fettig and Hilszczański, 2015). Such a microclimate alteration in a stand involves changes in reproduction of beetles such as phenology, and voltinism (Fettig and Hilszczański, 2015) and trees' exposure to direct sunlight. Death of larger trees in a stand creates neighboring trees to get more sunlight. Trees at the stand edges and in sun-exposed patches are preferably infested by bark beetles (Schopf and Köhler, 1995; Mezei et al., 2012). Eventually, loss of vigorously growing larger trees reduces resistance of remaining living trees in the stand.

CONCLUSION ZAKLJUČAK

In our study scale, we can conclude that parental females that start attacks on new hosts have preferred vigorously growing oriental spruce trees. *D. micans*, during its natural

attack behavior, has established on trees with thicker phloem and higher recent tree growth rates that had higher cambium activity. Our results contribute to the results obtained from former experimental studies (Alkan Akinci and Erşen Bak, 2016; Alkan Akinci et al., 2018) in oriental spruce forests.

REFERENCES LITERATURA

- Alkan Akinci, H., 2016: The Effect of Phloem Moisture on *Dendroctonus micans* (Kugelann, 1794) (Coleoptera: Curculionidae) for Successful Establishment to Mechanically Wounded Oriental Spruce Trees in Turkey, J. Entomol. Res. Soc., 18(3): 61-68.
- Alkan Akinci, H., 2017: *Dendroctonus micans* (Kugelann) (Coleoptera: Curculionidae)'in Artvin ladin ormanlarındaki güncel populasyonunun ve *Rhizophagus grandis* Gyllenhal (Coleoptera: Monotomidae)'in istila oranın araştırılması, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 18 (1): 103-108.
- Alkan Akinci, H., F., Erşen Bak, 2016: Assessment of Tree Vigor Parameters in Successful Establishment of *Dendroctonus micans* on *Picea orientalis* in Turkey, J. Entomol. Res. Soc., 18(1): 119-125. <https://www.entomol.org/journal/index.php/JERS/article/view/995>
- Alkan Akinci, H., M., Eroğlu, G.E., Özcan, 2014: Attack strategy and development of *Dendroctonus micans* (Kug.) (Coleoptera: Curculionidae) on oriental spruce in Turkey, Turk. Entomol. Derg., 38(1): 31-41.
- Alkan Akinci, H., F., Erşen Bak, B.A., Çalışkan, 2018: *Dendroctonus micans* (Kugelann) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)'in konukça seçimini etkileyen bazı özellikler: Artvin ladin ormanlarından deneyel sonuçlar, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 19 (2): 186-193.
- Amman, G.D., 1972: Mountain pine beetle brood production in relation to thickness of lodgepole pine phloem, J. Econ. Entomol., 65:138-140. <https://doi.org/10.1093/jee/65.1.138>
- Berryman, A.A., 1976: Theoretical explanation of mountain pine beetle dynamics in lodgepole pine forests, Environ. Entomol., 5: 1225-1233.
- Bevan, D., C.J., King, 1983: *Dendroctonus micans* Kug. - A new pest of spruce in UK, Commonw. For. Rev., 62: 41-51.
- Büyükerzi, A., G.E., Özcan, O.E., Sakıcı, 2022: Variations in the attack pattern of *Dendroctonus micans* and the colonization rate of *Rhizophagus grandis* in *Picea orientalis* stands, Biologia, 77: 2475 – 2485.
- Coulson, R.N., R.O., Flamm, P.E., Pulley, T.L., Payne, E.J., Rykiel, T.L., Wagner, 1986: Response of the southern pine bark beetle guild to host disturbance Environ. Entomol., 15: 859 – 868.
- Eroğlu, M., 1995: *Dendroctonus micans* (Kug.) (Coleoptera, Scolytidae)'in populasyon dinamiğine etki eden faktörler üzerine araştırmalar, I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 3. Cilt, 23-25 Ekim 1995, Trabzon, 148-159.
- Fettig, C.J., J., Hilszczański, 2015: Management Strategies for Bark Beetles in Conifer Forests, in: Vega FE, Hofstetter RW (ed) Bark Beetles Biology and Ecology of Native and Invasive Species. Elsevier Academic Press, London, UK, pp 555-584.
- Fraser, C.I., O., Brahy, P., Mardulyn, L., Dohet, F., Mayer, J.C., Grégoire, 2014: Flying the nest: male dispersal and multiple paternity enables extrafamilial matings for the invasive bark beetle *Dendroctonus micans*, Heredity, 113, 327-333.
- Granet, A.M., J.M., Perrot, 1977: *Dendroctonus micans* Kug. dans le sud-est du Massif central. Aires d'extension et premier essai d'interprétation des dommages, Mémoire de 3ème année, Ecole Nationale Des Ingénieurs Des Travaux Des Eaux Et Forêts, Les Bars, France, 127.
- Grégoire, J.C., 1984: *Dendroctonus micans* in Belgium: The situation today, The EEC Seminar Biological Control of Bark Beetles (*Dendroctonus micans*), 3-4 October 1984, Brussels, Belgium, 48-62.
- Grégoire, J.C., 1985: Host colonization strategies in *Dendroctonus*: larval gregariousness or mass attack by adults? In: Safranyik LS (ed) The Role of the Host in the Population Dynamics of Forest Insects. Canadian Forest Service, Banff, 240 pp. Symposium of IUFRO Working Parties S2.07-05 and S2.07-06, Banff, Canada, September 1983, Canadian Forestry Service and USDA Forest Service, Victoria, Canada, pp 147-154.
- Grégoire, J.C., 1988: Greater European Spruce Beetle, *Dendroctonus micans*. In: Berryman AA (ed) Dynamics of forest insect populations: patterns, causes, implications. Plenum Pres, New York, pp 455-478.
- Haack, R.A., R.C., Wilkinson, J.L., Foltz, 1987a: Plasticity in life-history traits of the bark beetle *Ips calligraphus* as influenced by phloem thickness, Oecologia, 72:32-38.
- Haack, R.A., R.C., Wilkinson, J.L., Foltz, J.A., Corneil, 1987b: Spatial attack pattern, reproduction, and brood development of *Ips calligraphus* (Coleoptera: Scolytidae) in relation to slash pine phloem thickness: a field study, Environ. Entomol., 16: 428.
- Lieutier, F., 2007: Host resistance to bark beetles and its variations, in: Lieutier F, Day KR, Battisti A, Grégoire JC, Evans HF (ed) Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis. Springer, Dordrecht, pp 135-180.
- Lieutier, F., G., Vouland, M., Pettinetti, J., Garcia, P., Romary, A., Yart, 1992: Defence reactions of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) to artificial insertion of *Dendroctonus micans* Kug. (Col., Scolytidae), J. Appl. Entomol., 114: 174-186.
- Mahoney, R.L., 1978: Lodgepole pine/mountain pine beetle risk classification methods and their application, In: Kibbee DL, Berryman AA, Amman GD, Stark RW (ed) Proceedings, Theory and Practice of Mountain Pine Beetle Management in Lodgepole Pine Forests. 25-27 April, Pullman, Wash. University of Idaho, pp 106-113.
- Mezei, P., R., Jakub, M., Blaženec, S., Belánová, J., Šmidt, 2012: The relationship between potential solar radiation and spruce bark beetle catches in pheromone traps, Ann. For. Res., 55 (2): 243-252.
- Miller, R.H., A.A., Berrymann, 1986: Carbohydrate allocation and mountain pine beetle attack on girdled lodgepole pine trees, Can. J. For. Res., 16: 1036-1040.
- Moeck, H.A., D.L., Wood, K.Q. Jr, Lindahl, 1981: Host selection behavior of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) attacking *Pinus ponderosa*, with special emphasis on the western pine beetle, *Dendroctonus brevicomis*, J. Chem. Ecol., 7: 49-83.
- Özcan, G.E., M., Eroğlu, H., Alkan Akinci, 2011: *Ips typographus* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae)'un Zarar Düzeyi, Saldırı Yoğunluğu ve Feromon Tuzaklarına Yakalanma Oranı, Türkiye I. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, 21-27, 23-25 Kasım, Antalya, Turkey.

- Özcan, G.E., M., Eroğlu, H., Alkan Akinci, 2011: Use of pheromone-baited traps for monitoring *Ips sexdentatus* (Boerner) (Coleoptera: Curculionidae) in oriental spruce stands, African Journal of Biotechnology, 10 (72): 16351–16360.
- Reid, M.L., T., Robb, 1999: Death of vigorous trees benefits bark beetles, Oecologia, 120: 555 - 562.
- Ross, H., 1965: A textbook of entomology, Wiley, New York.
- Schopf, R., U., Köhler, 1995: Untersuchungen zur Populationsdynamik der Fichtenborkenkäfer im Nationalpark Bayerischer Wald, 25 Jahre auf dem Weg zum Naturwald. Passavia Druckerei (ed. by H Bibelriether H.) Passau, pp. 88-111.
- Storer, A.J., M.R., Speight, 1996: Relationships between *Dendroctonus micans* (Kug.) (Coleoptera: Scolytidae) survival and development and biochemical changes in Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst., phloem caused by mechanical wounding, J. Chem. Ecol., 22: 559-573.
- Wagner, T.L., J.A., Gagne, P.C., Doraiswamy, R.N., Coulson, K.W., Brown, 1979: Development time and mortality of *Dendroctonus frontalis* in relation to changes in tree moisture and xylem water potential, Environ. Entomol., 8: 1129-1138.
- Wainhouse, D., 2005: Ecological Methods in Forest Pest Management, Oxford University Press Inc., New York, 228.
- Wainhouse, D., R., Ashburner, E., Ward, R., Boswell, 1998: The effect of lignin and bark wounding on susceptibility of spruce trees to *Dendroctonus micans*, J. Chem. Ecol., 24(9): 1551-1561.
- Wermelinger B., 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research, For. Ecol. Manag., 202, 67–82.

SAŽETAK

Dendroctonus micans (Kugelann, 1794), koji je prvi put otkriven 1966. godine u Turskoj, do kasnih 2000-ih zahvatio je gotovo sve šume kavkaske smreke u istočnoj crnomorskoj regiji. Tijekom svog širenja, uništilo je milijune kubičnih metara šume stabala smreke. Posljednjih godina šume kavkaske smreke sadrže endemušku populaciju ovih štetnika. No, ekstremni klimatski uvjeti koji uzrokuju ekstremne vremenske uvjete, mogu stvoriti uvjete koji pogoduju naglom razvoju *D. micans*. Ovim se istraživanjem željelo ispitati vitalnost stabala prirodno zaraženih i nezaraženih stabala u šumi. Terenska istraživanja obavljena su 2016. godine na čistoj sastojini smreke u šumskom podokrugu Taşlıca, Uprave za šumarstvo Artvin. U sklopu sastojina odabrana su i zaražena i nezaražena stabla. Jezgre su uzete iz 30 prirodno zaraženih i 30 nezaraženih stabala smreke u istom sklopu. Uzorci jezgre uzeti su u drugom tjednu rujna. Proučavana je debljina floema, stopa (debljinskog) prirasta stabala, prsni promjer stabla i prosječan broj ksilemskih stanica u radijalnom redu formiranom do dana uzorkovanja. Debljina floema, nedavna stopa prirasta stabala i broj stanica ksilema bili su veći kod zaraženih stabala. O izboru domaćina *D. micans* raspravljaljalo se u odnosu na značajke zaraženih i nezaraženih stabala.

KLJUČNE RIJEČI: vitalnost stabla, rast i prirast stabala, *Picea orientalis*, debljina floema, izbor domaćina

VARIATION IN NEEDLE ANATOMY OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) POPULATIONS ACCORDING TO HABITAT AND ALTITUDINAL ZONES IN TURKIYE

VARIJACIJE U ANATOMIJI IGLICA OBIČNOG BORA
(*Pinus sylvestris* L.) S OBZIROM NA STANIŠTA I NADMORSKU VISINU U TURSKOJ

Arzu Ergül BOZKURT^{1*}, Kamil COŞKUNÇELEBI², Salih TERZİOĞLU³

SUMMARY

In this study, eight Scots pine populations from Turkiye were studied to explore the influence of different habitats and altitudinal zones on the needle anatomical traits. A total of 496 needles belonging to 64 individuals were examined using light microscopy with the aim to score variability of sixteen needle anatomical traits. Variance analysis showed significant differences in needle thickness, needle width, resin canal number, resin canal diameter, central cylinder width, central cylinder thickness, endodermis cell number, endodermis width and endodermis thickness of eight populations depending on habitat zones. However, only resin canal diameter, endodermis width and endodermis thickness differ significantly in examined populations depending on altitudinal gradients. Cluster analysis showed the greatest similarities between the Bolu-Aladağ and Ardahan-Yalnızçam populations, and the most distinguishable population was the Giresun-Espiye population based on the anatomical characteristics of the needles. Although principal component analysis showed that needle width, central cylinder width, needle thickness, and central cylinder thickness had the greatest influence on the delimitation of Scots pine populations distributed in Turkiye, discrimination analysis did not separate the examined populations depending on the anatomical characteristics of the needles.

KEY WORDS: Anatolia, altitude, needle anatomy, *Pinus sylvestris*, variation

INTRODUCTION UVOD

Scots pine (*Pinus sylvestris* L., Pinaceae) occupies large areas in relatively dry regions within the Mediterranean basin, from the Iberian Peninsula to Turkiye (Martínez-Vilalta *et al.* 2009). It is the third most widespread conifer tree spe-

cies in Turkiye after *Pinus brutia* Ten. and *Pinus nigra* J. F. Arnold (Davis *et al.* 1984; Kandemir and Mataraci 2018).

Pinus sylvestris naturally spreads in different habitat zones of three geographical regions in Turkiye. The distribution of plant species mostly depends on competitive abilities and environmental factors (Friend and Woodward 1990; Scho-

^{1*} Asst. Prof Azrul Bozkurt, Artvin Çoruh University, Faculty of Forestry, Department of Forest Botany, Artvin, Türkiye;

² Prof. Dr. Kamil Coşkunçelebi, Karadeniz Technical University, Faculty of Sciences, Department of Biology, Trabzon, Türkiye;

³ Prof. Dr. Salih Terzioğlu, Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Botany, Trabzon, Türkiye-mail for the

* corresponding author: ergul_arzu@yahoo.com

ettle and Rochelle 2000). The plant communities, plant physiology and morphology, gene ecology, life history characteristics are adversely affected by the altitude-related theory of biological phenomenon (Körner 2007; Klimes 2003; Hoch and Körner 2003; Reisch *et al.* 2005). Needle morphology is often affected by the ecosystem's characteristics (Tiwari *et al.* 2013). However, Taleshi *et al.* (2013) reported that there are no significant differences based on leaf morphological properties among tree oak population distributed in Zagros (Iran) depending on altitudinal gradient. Change in leaf anatomy is another important mode of adaptation of plants (slow evolutionary process) and acclimation (shorter-term adjustment) to new environmental conditions (Kivimäenpää *et al.* 2017). Anatomical changes in pine needles have been observed in connection with changes in light conditions and the content of nutrients in the soil (Nininemets *et al.* 2001). Nikolić *et al.* (2016) reported that morpho-anatomical needle properties supported geographic delimitation of distant populations of *Pinus heldreichii* Christ distributed in Montenegro and Serbia. Boratyńska *et al.* (2008) investigated the effect of tree age (seedlings, saplings and adult trees) on needle morphology and anatomy of *Pinus uliginosa* Neumann. The results showed that needles of all three *P. uliginosa* generations differ significantly among each other.

Scots pine is an undemanding species and grows both on fertile and infertile soils (Mandre 2003). Ergül Bozkurt *et al.* (2021) reported that needle length, needle width and the ratio of needle length to needle width of Scots pine distri-

buted in Turkiye showed variation in response to altitudinal gradients. However, there is no study on variability of the needle anatomy depending on habitat zones and altitudinal gradients of Scots pine distributed in Turkiye. To fill this gap, the present study aims to provide a comprehensive analysis of the influence of habitat zones and altitudinal boundaries on the needle anatomical characteristics of Scots pine distributed in Turkiye.

MATERIAL AND METHODS MATERIJALI I METODE RADA

Needle samples for anatomical analysis were collected from eight natural Scots pine populations (Figure 1) selected according to habitat zones of Kantarcı (2005) in the year of 2013 and 2014. All samples were fixed in FAA (5 parts stock formalin 5 parts glacial acetic acid, 90 parts 70% ethanol) for 24 h and stored in 70% ethanol as suggested by Özban and Özden (1991).

Five to 10 needles were sampled from six to 12 trees per population (Table 1). In total 496 needles belonging to 64 individuals from eight populations were used for anatomical investigation. In order to determine the anatomical needle variation within selected populations, all samples were firstly grouped in habitat zones according to Kantarcı (2005) and following altitudinal limits: 0–300 m, 300–600 m, 1000–1300 m, 1300–1600 m, 1600–1900 m, 1900–2100 m and 2100–2400 m (Table 1). The following anatomical traits were analysed: needle thickness (NT), needle width

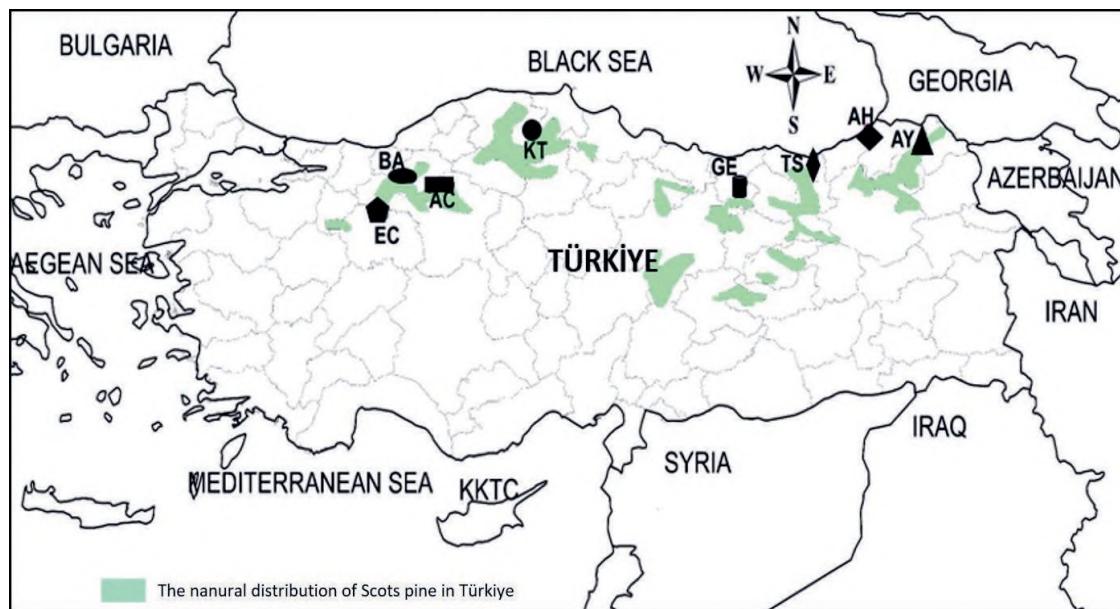


Figure 1. The distribution map of the Scots pine populations in Turkiye: ▲ – Ardahan-Yalnızçam (AY), ◆ – Artvin-Arhabi, Hopa (AH), ♦ – Trabzon-Sürmene (TS), ■ – Giresun-Espiye (GE), ● – Kastamonu-Taşköprü (KT), ● – Bolu-Aladağ (BA), ■ – Ankara-Çamlıdere (AC), ♠ – Eskişehir-Çatacık (EC) (Adapted from Anonymous 2009).

Slika 1. Karta rasprostranjenosti bijelog bora u Turskoj: Ardahan-Yalnızçam (AY), Artvin-Arhabi, Hopa (AH), Trabzon-Sürmene (TS), Giresun-Espiye, Kastamonu-Taşköprü, Bolu-Aladağ, Ankara-Çamlıdere, Eskişehir-Çatacık (Preuzeto iz Anonymous 2009).

Table 1. Eight analysed Scots pine stands distributed in Turkiye
Tablica 1. Ispitanih osam sastojina običnog bora raspoređenih u Turskoj

Populations (Acronym) Populacija	Individuals Jedinke	Altitudinal range (m) Visinske granice	Geographical region of Turkiye (Avcı, 2014) Geografsko područje	Habitat zones (Kantarcı (2005)) Stanište
Ardahan-Yalnızçam (AY)	10	1900–2100 2100–2400	Eastern Anatolia	Habitat zone of the Kars
Artvin-Arhavi, Hopa (AH)	6	0–300 300–600	Black Sea	Habitat zone of the Rize – Kaçkar Mountains, Rize-Hopa Sub-Region
Trabzon-Sürmene (TS)	7	0–300 300–600	Black Sea	Habitat zone of the Trabzon Mountains
Giresun-Espiye (GE)	12	1600–1900 1900–2100 2100–2400	Black Sea	Habitat zone of the Çanik – Giresun Mountains
Kastamonu-Taşköprü (KT)	9	1000–1300 1300–1600 1600–1900	Black Sea	Habitat zone of the Mountainous area
Bolu – Aladağ (BA)	6	1300–1600 1600–1900	Black Sea	
Ankara- Çamlıdere (AC)	7	1300–1600 1600–1900	Central Anatolia	Habitat zone of behind the Western Black Sea Region
Eskişehir-Çatacık (EC)	7	1000–1300 1300–1600	Central Anatolia	Habitat zone of the West Central Anatolia

(NW), cuticle thickness (CT), epidermis width (EW), epidermis thickness (ET), sclerenchyma width (SW), sclerenchyma thickness (ST), mesophyll thickness (MT), resin canal number (CN), resin canal cell number (CCN), resin canal diameter (CD), central cylinder width (CW), central cylinder thickness (CCT), endodermis cell number (ECN), endodermis width (ENW) and endodermis thickness (ENT).

Cross sections of a needle (20–25 μm) were taken by a freezing microtome using a small part of the needle blade. All sections were stained with hematoxylin and fast green for 30 min and mounted in entellan to create permanent slides (Vardar 1987). Well stained sections were examined with an Olympus BX51 light microscope (LM). Sixteen anatomical traits were measured (μm) using a BX51 LM equipped with the Bs200Pro analysis system software. All measurements and observations were checked at least three or four times from sections taken from selected specimens of examined populations. A raw data matrix generated by the measurements of sixteen traits was used for statistical analysis. Minimal and maximal values of characters were determined, and arithmetical means, standard deviation and variation coefficients were calculated and analysed for each population and elevation limits (Table 2, Table 3). Analysis of variance (ANOVA) was performed to determine the differences between populations and between trees within populations. The relationship between average values of anatomical traits and altitude were tested using Spearman's coefficient (Sokal and Rohlf 2012). Multivariate statistical methods (cluster analysis and discriminant analysis) were used to identify structure of investigated po-

pulations. The cluster analysis resulted in a hierarchical tree, where the unweighted pair-group method with arithmetic mean (UPGMA) was used to join the clusters, and the Euclidean distance to define the distance between the studied populations. Principal component analysis was used to identify the best discriminating components and the best anatomical traits allowed the grouping of the investigated populations. Standardized data were used for the principal component analysis. The plot was constructed by two components (DF-1 and DF-2) showing analysed individuals (trees) and populations. The above statistical analyses were conducted using the SPSS Statistics 23.0 (Nie *et al.* 1975; IBM Corp 2015), SYNTAX 2000 (Podani 2001), and Past 3 (Hammer *et al.* 2001) statistical programs.

RESULTS

REZULTATI

Descriptive statistics of needle anatomical traits of the 64 trees belonging to eight natural Scots pine populations from Turkiye are given in Table 2. The highest mean values for NT, NW, EW, ET, MT, CW, CCT, ECN and ENT were observed in GE population (Figure 2). In contrast, the lowest mean values for NT, NW, ET, CCN, CW and CCT were observed in the EC and KT populations (Figure 2). Almost all measured needle anatomical traits correlated with each other at a statistically significant level. Using Spearman's correlation coefficient (r_s), a highly positive correlation was found between altitude and the mesophile thickness of ($r_s: 0.83$).

As a result of the ANOVA, significant differences in needle anatomical traits among the examined eight populations

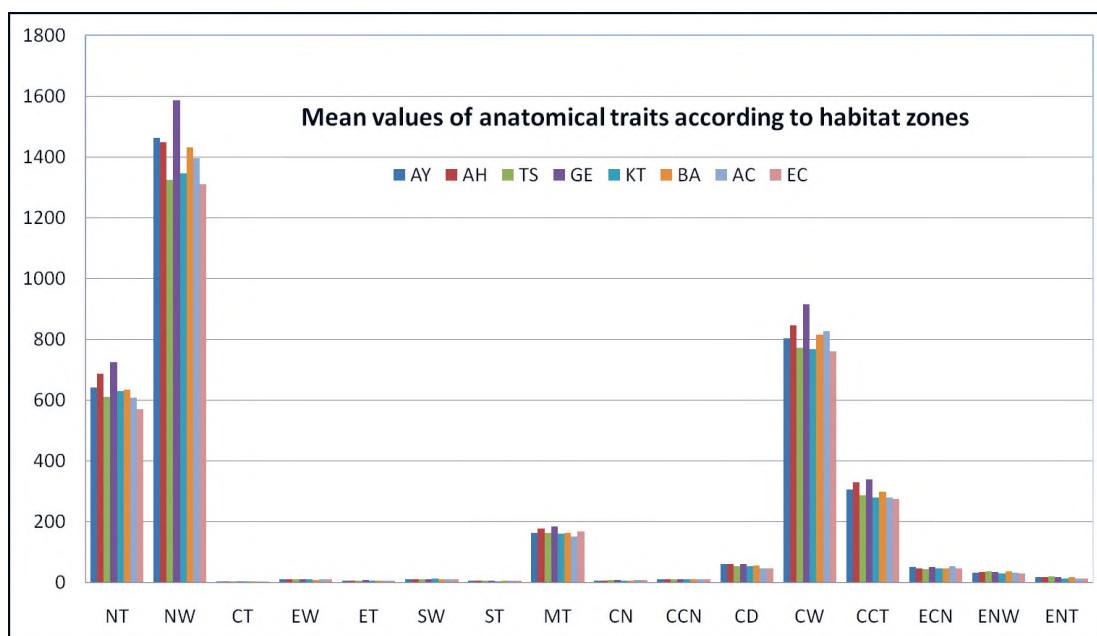


Figure 2. Mean value of needle anatomical traits according to habitat zones of Kantarcı (2005).
Slika 2. Srednje vrijednosti anatomskih svojstava iglica prema zonama staništa u Kantarcu (2005)

Table 2. Descriptive statistical parameters of anatomical needle traits according to habitat zones (Kantarcı, 2005)

Tablica 2. Deskriptivni statistički parametri za anatomska svojstva iglica (μm) prema zonama staništa (Kantarcı, 2005)

Traits	Descriptive statistics	AY	AH	TS	GE	KT	BA	AC	EC
NT	Min	529.89	576.19	488.27	613.51	503.55	552.61	487.30	448.92
	Max	788.77	786.96	658.88	827.17	748.77	718.41	756.07	628.68
	Mean	642.43	687.53	611.87	725.65	628.91	633.63	607.44	570.20
	SD	79.39	74.35	60.40	83.44	71.97	66.52	89.54	61.35
	CV (%)	12.35	10.81	9.87	11.49	11.44	10.49	14.74	10.75
NW	Min	1134.19	1327.82	1196.29	1317.41	1092.70	1258.44	1176.37	1112.54
	Max	1719.75	1688.84	1402.41	1832.72	1537.39	1626.58	1627.72	1465.60
	Mean	1461.41	1448.79	1323.29	1586.69	1344.89	1431.47	1395.20	1309.25
	SD	179.60	132.17	79.40	149.69	144.30	121.87	171.47	122.86
	CV (%)	12.28	9.12	6.00	9.43	10.72	8.51	12.28	9.38
CT	Min	2.76	3.20	2.24	3.37	3.03	3.20	3.83	3.12
	Max	4.83	4.64	4.82	6.00	5.25	4.85	5.31	5.01
	Mean	3.84	3.79	3.61	4.34	4.35	4.03	4.32	4.12
	SD	0.69	0.56	0.81	0.77	0.72	0.57	0.48	0.74
	CV (%)	17.96	14.77	22.43	17.74	16.55	14.14	11.11	17.96
EW	Min	7.49	7.08	8.61	7.21	9.97	9.34	7.84	5.80
	Max	14.20	14.53	13.65	16.20	14.93	11.12	18.14	21.77
	Mean	11.36	11.83	10.96	12.27	12.23	10.23	11.19	11.49
	SD	1.98	2.78	1.86	2.74	1.61	0.86	3.24	5.11
	CV (%)	17.42	23.49	16.97	22.33	13.16	8.40	28.95	44.47
ET	Min	4.95	5.29	5.98	4.23	5.71	6.80	5.21	4.10
	Max	9.70	10.08	8.36	11.55	9.88	9.10	10.60	12.27
	Mean	6.97	7.48	7.09	8.10	7.33	7.71	7.74	6.62
	SD	1.43	1.61	1.00	2.14	1.36	0.92	1.76	2.72
	CV (%)	20.52	21.52	14.10	26.42	18.55	11.93	22.74	41.09
SW	Min	10.26	9.84	8.15	8.87	10.53	9.22	9.68	8.71
	Max	14.86	15.08	14.79	17.18	16.76	16.46	15.89	15.33
	Mean	12.62	11.29	11.83	12.32	12.72	12.32	11.21	11.79
	SD	1.59	1.93	2.37	2.70	1.99	2.47	2.20	2.21
	CV (%)	12.60	17.09	20.03	21.92	15.64	20.05	19.63	18.74

Traits	Descriptive statistics	AY	AH	TS	GE	KT	BA	AC	EC
ST	Min	4.40	4.65	5.01	3.35	3.87	4.18	4.51	3.56
	Max	7.65	7.40	6.64	9.28	6.76	8.11	7.44	9.28
	Mean	6.36	5.89	6.07	5.81	5.20	6.27	5.57	5.61
	SD	1.01	0.91	0.58	1.58	1.03	1.42	1.07	1.89
	CV (%)	15.88	15.45	9.56	27.19	19.81	22.65	19.21	33.69
MT	Min	107.98	125.09	127.35	138.60	132.50	141.70	119.54	140.37
	Max	211.46	200.55	220.73	230.20	193.08	203.70	190.88	192.32
	Mean	164.35	179.12	162.53	183.97	161.20	164.16	152.58	167.81
	SD	30.76	27.51	31.16	24.60	22.01	26.53	26.70	16.76
	CV (%)	18.72	15.36	19.17	13.37	13.65	16.16	17.50	9.99
CN	Min	3.75	7.25	5.00	6.25	3.00	5.50	7.00	6.25
	Max	7.50	8.75	10.75	10.75	10.00	11.50	11.00	10.50
	Mean	6.21	7.75	8.03	8.06	7.11	7.50	9.09	8.42
	SD	1.11	0.54	2.13	1.53	2.03	2.12	1.47	1.84
	CV (%)	17.87	6.97	26.53	18.98	28.55	28.27	16.17	21.85
CCN	Min	8.29	10.00	9.17	9.64	9.00	9.25	9.17	8.91
	Max	14.83	15.25	14.30	14.83	13.44	14.50	13.45	11.60
	Mean	12.56	12.25	11.59	11.93	11.18	11.18	11.38	10.29
	SD	1.81	1.97	1.81	1.56	1.39	2.36	1.67	0.87
	CV (%)	14.41	16.08	15.62	13.08	12.43	21.11	14.67	8.45
CD	Min	44.50	46.78	46.83	45.02	38.58	41.70	22.07	39.76
	Max	80.18	73.88	63.67	75.32	69.72	72.70	63.92	60.23
	Mean	62.51	61.45	54.31	61.59	54.96	56.33	46.68	46.84
	SD	12.09	9.83	6.38	9.00	10.30	13.83	13.27	6.88
	CV (%)	19.34	16.00	11.75	14.61	18.74	24.55	28.43	14.69
CW	Min	616.59	725.04	678.30	773.38	506.28	700.67	615.09	633.89
	Max	943.62	1054.10	889.69	1102.05	940.03	887.77	1017.71	815.37
	Mean	803.81	846.56	772.95	916.35	766.96	814.85	826.31	761.75
	SD	124.67	113.91	72.84	92.62	128.60	66.71	130.92	63.38
	CV (%)	15.51	13.46	9.42	10.11	16.77	8.19	15.84	8.32
CCT	Min	261.96	285.26	238.41	275.87	241.66	251.58	205.51	240.60
	Max	348.94	381.36	324.57	392.97	317.17	344.26	368.74	311.36
	Mean	306.21	330.31	288.29	338.55	280.40	299.19	281.08	275.36
	SD	33.27	34.10	32.74	38.97	29.31	35.55	54.35	22.75
	CV (%)	10.87	10.32	11.36	11.51	10.45	11.88	19.34	8.26
ECN	Min	42.25	42.00	41.50	41.50	32.75	39.00	45.50	40.25
	Max	59.00	58.00	54.75	61.00	54.50	51.75	64.25	50.75
	Mean	51.20	47.29	45.42	51.87	46.31	48.08	54.28	46.50
	SD	5.23	5.68	4.63	5.53	6.88	4.56	7.46	4.08
	CV (%)	10.21	12.01	10.19	10.66	14.86	9.48	13.74	8.77
ENW	Min	25.80	33.00	32.18	27.68	22.65	30.40	26.24	26.92
	Max	39.73	40.90	43.05	43.97	38.77	42.38	43.63	34.17
	Mean	32.28	36.42	37.64	36.35	29.93	36.86	33.43	30.78
	SD	4.61	3.33	3.39	4.63	4.20	4.25	5.34	3.05
	CV (%)	14.28	9.14	9.01	12.74	14.03	11.53	15.97	9.91
ENT	Min	12.87	14.08	16.77	14.94	12.06	14.58	12.05	11.62
	Max	24.38	19.89	25.31	23.81	19.58	24.51	16.97	16.72
	Mean	18.39	17.72	20.11	18.89	14.14	19.29	14.30	14.47
	SD	3.46	2.09	3.08	3.31	2.44	3.80	2.03	1.77
	CV (%)	18.81	11.79	15.32	17.52	17.26	19.70	14.20	12.23

selected according to habitat zones were found for NT, NW, CN, CD, CW, CCT, ECN, ENW and ENT characters (Table 3). However, no significant differences were found for CT, EW, ET, SW, ST, MT and CCN values.

According to Duncan's test results, in terms of needle width, AH, AY and BA were in the same group, TS, KT, AC and EC populations were in the same group and GE was in a different group. In terms of needle thickness, AY, TS, KT,

Table 3. Statistically significant results of variance analysis depending on habitat zones ($P < 0.05^*$)Tablica 3. Rezultati analize varijance ovisno o stanišnim zonama (Vrijednosti $P < 0,05^*$ smatraju se statistički značajnima)

Needle traits Značajke iglica	Populations Populacija	Individuals (n) Jedinke	Mean±Standard Deviation Srednja vrijednost±standardna devijacija	F	Significance Level (P) Nivo različitosti
NW	AY	10	1461,41±179,60 a,b	3,835	,002*
	AH	6	1448,80±132,17 a,b		
	TS	7	1323,29±79,40 a		
	GE	12	1586,70±149,70 b		
	KT	9	1344,90±144,30 a		
	BA	6	1431,47±121,88 a,b		
	AÇ	7	1395,20±171,48 a		
	EÇ	7	1309,25±122,86 a		
	Total	64	1425,53±165,74		
NT	AY	10	642,43±79,39 a,b	3,753	,002*
	AH	6	687,53±74,35 b,c		
	TS	7	611,87±60,40 a,b		
	GE	12	725,65±83,44 c		
	KT	9	628,91±71,97 a,b		
	BA	6	633,63±66,52 a,b		
	AÇ	7	607,44±89,54 a,b		
	EÇ	7	570,20±61,35 a		
	Total	64	644,47±85,99		
CN	AY	10	6,21±1,11 a	2,322	,037*
	AH	6	7,75±0,54 a,b,c		
	TS	7	8,03±2,13 a,b,c		
	GE	12	8,06±1,53 a,b,c		
	KT	9	7,11±2,03 a,b		
	BA	6	7,50±2,12 a,b,c		
	AÇ	7	9,09±1,47 c		
	EÇ	7	8,42±1,84 b,c		
	Total	64	7,70±1,78		
CD	AY	10	62,51±12,09 b	2,891	,012*
	AH	6	61,45±9,83 b		
	TS	7	54,31±6,38 a,b		
	GE	12	61,59±9,00 b		
	KT	9	54,96±10,30 a,b		
	BA	6	56,33±13,83 a,b		
	AÇ	7	46,68±13,27 a		
	EÇ	7	46,84±6,88 a		
	Total	64	56,25±11,46		
CCT	AY	10	306,21±33,27 a,b	3,796	,002*
	AH	6	330,31±34,10 b		
	TS	7	288,29±32,74 a		
	GE	12	338,55±38,97 b		
	KT	9	280,40±29,31 a		
	BA	6	299,19±35,55 a,b		
	AÇ	7	281,08±54,35 a		
	EÇ	7	275,36±22,75 a		
	Total	64	302,16±41,31		
CW	AY	10	803,81±124,67 a,b	2,393	,032*
	AH	6	846,56±113,91 a,b		
	TS	7	772,95±72,84 a		
	GE	12	916,35±92,62 b		
	KT	9	766,96±128,60 a		
	BA	6	814,85±66,71 a,b		
	AÇ	7	826,31±130,92 a,b		
	EÇ	7	761,75±63,38 a		
	Total	64	819,26±112,38		

Needle traits Značajke iglica	Populations Populacija	Individuals (n) Jedinke	Mean±Standard Deviation Srednja vrijednost±standardna devijacija	F	Significance Level (P) Nivo različitosti
ECN	AY	10	51,20±5,23 a,b	2,508	,026*
	AH	6	47,29±5,68 a		
	TS	7	45,42±4,63 a		
	GE	12	51,87±5,53 a,b		
	KT	9	46,31±6,88 a		
	BA	6	48,08±4,56 a,b		
	AÇ	7	54,28±7,46 b		
	EÇ	7	46,50±4,08 a		
	Total	64	49,17±6,11		
	AY	10	18,39±3,46 b		
ENT	AH	6	17,72±2,09 b	5,614	,000*
	TS	7	20,11±3,08 b		
	GE	12	18,89±3,31 b		
	KT	9	14,14±2,44 a		
	BA	6	19,29±3,80 b		
	AÇ	7	14,30±2,03 a		
	EÇ	7	14,47±1,77 a		
	Total	64	17,22±3,57		
	AY	10	32,28±4,61 a,b		
	AH	6	36,42±3,33 b,c		
ENW	TS	7	37,64±3,39 c	3,924	,002*
	GE	12	36,35±4,63 b,c		
	KT	9	29,93±4,20 a		
	BA	6	36,86±4,25 b,c		
	AÇ	7	33,43±5,34 a,b,c		
	EÇ	7	30,78±3,05 a		
	Total	64	34,08±4,89		

Letters (a,b,c) showed the significant differences ($P \leq 0.05$) among populations.

BA and AÇ were in the same group. In terms of resin canal number, AH, TS, GE and BA were in the same group. There were 3 different groups in terms of central cylinder width. First was AY, AH, BA, AÇ, second was TS, KT, EÇ, third was GE.

ANOVA resulted in significant differences in CD, ENW and ENT needle anatomical characters among the seven elevation limits (Table 4). However, no significant results were found for NT, NW, CT, EW, ET, SW, ST, MT, CN, CCN, CW, CCT and ECN characters.

The structure of the 64 individuals and eight populations of Scots pine inferred by the cluster analysis (UPGMA) are presented with the hierarchical tree (Figure 3). These results clearly show that trees collected from the same habitat zones are not clustered together however they (64 individuals) are divided into more than seven distinct subclusters belonging to different habitat zones (Figure 3A). However, the structure of eight Scots pine populations inferred by the cluster analysis clearly indicated that studied populations can be divided into three distinct subclusters (Figure 3B). The first subcluster only consisted of GE population and the second subcluster consisted of TS, KT and EÇ populations. Finally, the third sub-cluster consisted of the remain-

ning five populations (BA, AY, AC and AH). As seen in Figure 2B, the most similar populations were BA and AY, and the most distinct population was GE.

The results of the discriminant analysis are presented in two-dimensional plot in the Figure 3. The first discriminant function (DF-1) explained 90.03% of the total variation, and the second discriminant function (DF-2) explained 5.15%. The discriminant analysis showed that the sixty-four trees from eight natural populations of Scots pine in Turkiye can not be clearly separated based on needle anatomical properties. PCA also verified that some anatomical traits are more important in delimiting the investigated taxa (Letters at the end of bars at Figure 4). According to Figure 4, the needle anatomical traits contributing most to separation of examined population are NW, CW, NT and CCT which is also among the significant traits revealed by ANOVA.

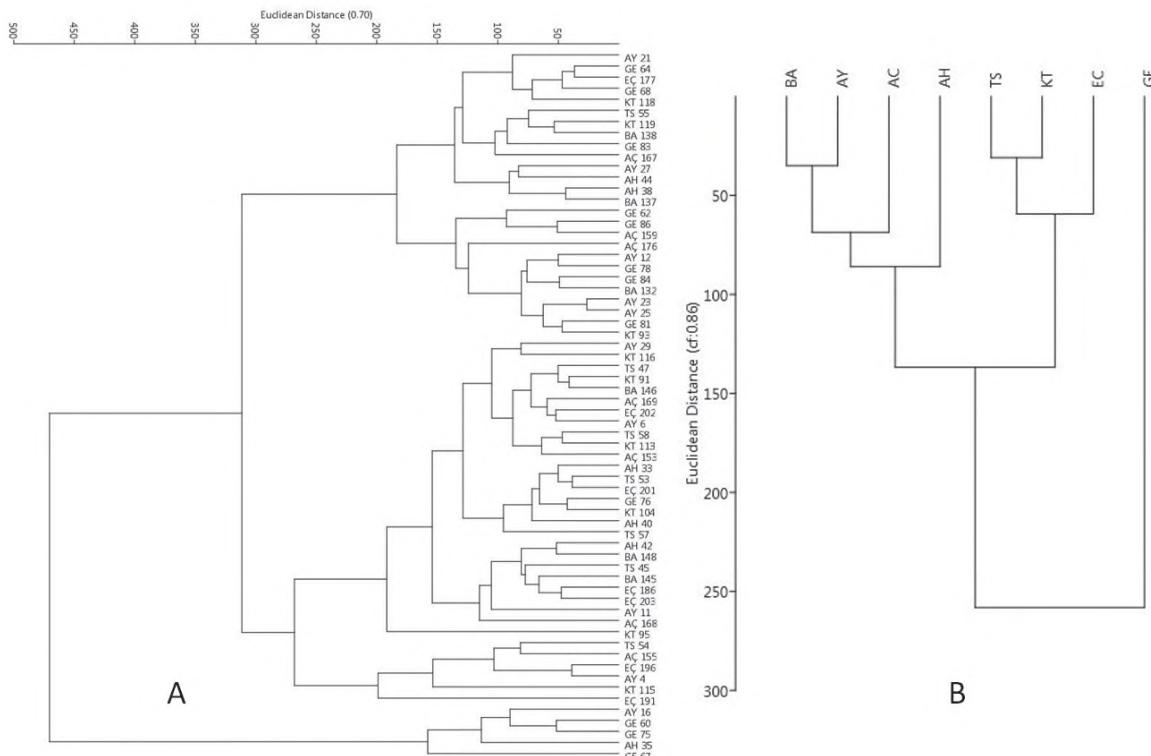
DISCUSSION AND CONCLUSION

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Altitude and climate have a decisive influence on the distribution of plant taxa. The altitude is one of the most im-

Table 4. Statistically significant results of the Variance analysis depending on altitude ($P < 0.05^*$)Tablica 4. Rezultati analize varijance ovisno o nadmorskoj visini (vrijednosti $P < 0,05^*$ smatrane su statistički značajnim)

Needle Characters Karakteristike iglica	Altitude (asl.) Visina	Individuals (n) Jedinke	Mean±Standard Deviation Srednja vrijednost±standardna devijacija	F	Significance Level (P) Nivo različitosti
CD	0-300	7	57,6543±9,26066 a,b,c	2,889	,016*
	300-600	6	57,5533±8,70441 a,b,c		
	1000-1300	8	48,0150±8,42505 a		
	1300-1600	13	51,3592±12,73242 a,b		
	1600-1900	14	55,9364±11,38879 a,b,c		
	1900-2100	8	60,0086±8,05295 b,c		
	2100-2300	8	67,0900±11,19489 c		
	Total	64	56,2592±11,46764		
ENT	0-300	7	7,0557±0,82609 c	3,434	,006*
	300-600	6	7,5317±1,71918 b,c		
	1000-1300	8	6,6790±1,29544 a		
	1300-1600	13	7,4708±2,11700 a,b		
	1600-1900	14	8,0214±1,67281 b,c		
	1900-2100	8	7,0753±1,52559 b,c		
	2100-2300	8	7,5700±2,26304 b,c		
	Total	64	7,4155±1,71150		
ENW	0-300	7	11,5043±2,23267 c	2,705	,022*
	300-600	6	11,2050±2,52793 c		
	1000-1300	8	11,1162±2,14756 a		
	1300-1600	13	11,8654±3,58906 a,b		
	1600-1900	14	11,6979±2,99878 b,c		
	1900-2100	8	11,6380±2,71304 a,b,c		
	2100-2300	8	11,4063±1,94554 a,b,c		
	Total	64	11,5479±2,66579		

Letters (a,b,c) showed the significant differences ($P \leq 0.05$) among population.**Figure 3.** Horizontal hierarchical tree diagram of trees (A) and populations (B) based on needle anatomical traits (cf: cophenetic correlation coefficient). The letters before the sample number at Figure 3A (AY, AH, TS, GE, KT, BA, AC, EC) indicate the population from which the tree was collected.

Slika 3. Horizontalni hijerarhijski dijagram stabala (A) i populacija (B) na temelju anatomskeh svojstava iglica (usp.: kofenetski korelacijski koeficijent).

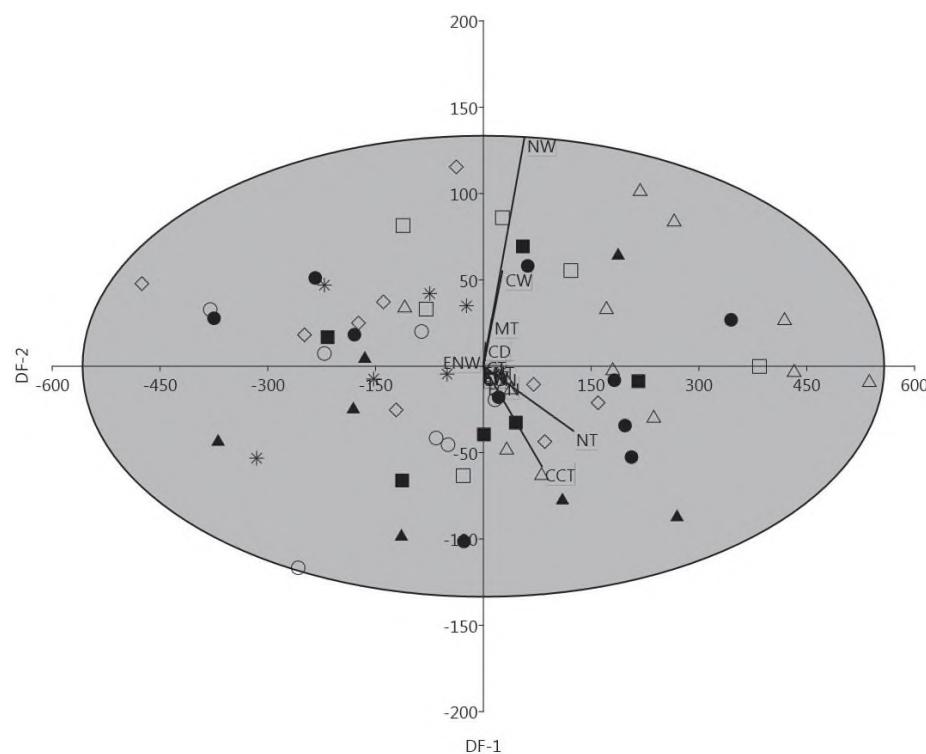


Figure 4. Scatterplot of the principal component scores of investigated populations for the first two discriminant functions (Dot: AY, Square: AH, Star: TS, Triangle: GE, Diamond: KT, Filled square: BA, Filled triangle: AC, Circle: EC, NW: needle width, CW: central cylinder width, NT: needle thickness and CCT: central cylinder thickness)

Slika 4. Dijagram raspršenosti rezultata glavne komponente istraživanih populacija za prve dvije diskriminante funkcije (točka: AY, kvadrat: AH, zvijezda: TS, trokut: GE, dijamant: KT, popuni kvadrat: BA, popuni trokut: AC, krug : EC)

portant factors, and is revealed various climate types. Vegetation can be changed by climatic differences in a very short distances (Duran and Günek 2010; Randin et al. 2009). As a result of this, some morphological and anatomical changes occur on the plants (Husain 2016). For instance, Hengxiao et al. (1999) report the changes of needle anatomy of *Pinus yunnanensis* Franch depending on the altitude. In this study, epidermal thickness and resin canal diameter showed statistically significant differences in upper (2000 asl.), middle (1850 asl.) and lower altitude (1700 asl.). Meicenheimer et al. (2008) examined the *Pinus nigra* Arnold and *P. resinosa* Ait. taxa in terms of needle anatomy. The authors determined the epidermal cell thickness varied depending on altitude. Tiwari et al. (2013) determined that the anatomical traits of needles are affected by environmental factors and they were directly correlated with altitude. In addition, they pointed out that the number of resin channels and the location of resin channels vary significantly when going from a low altitude to a high altitude. Similarly, the present study showed that the needles from different altitude levels of the research areas (0-300 asl., 300-600 asl., 1000-1300 asl., 1300-1600 asl., 1600-1900 asl., 1900-2100 asl., 2100-2400 asl.) had significant differences according to anatomical characters (resin canal diameter, endodermis thickness, and endodermis width) depending on altitude.

Previous studies reported the morphological differences depending on the habitat conditions which was supported by anatomical studies (Niinemets and Lukjanova 2003; Lukjanova and Mandre 2006). Donahue and Upton (1996) investigated the *Pinus greggii* Engelm., in terms of needle anatomy and determined the significant differences between the populations of the colder northern part of Mexico and the southern part of the country, depending on the climate and altitude. Nikolić et al. (2016) determined the significant statistical differences on needle anatomy and morphology according to habitat, as a result of their morphological and anatomical studies on the needles of *Pinus heldreichii* in the regions of Montenegro and Serbia. Their study also statistically determined that the resin canal diameter and the width of endodermis were affected by both altitudinal and climatic difference. Bączkiewicz et al. (2005) examined the *Pinus mugo* Turra species in terms of thirteen quantitative needle characteristics (resin canal number, leaf thickness and width, feature of epidermal cell etc.) and they found that the populations were significantly different from each other, but the variation within the populations was low and similar, regardless of habitat types. Luomala et al. (2005) found in their studies about the needle anatomy of Scots pine that adaptations developed in the anatomical structure of the needle according to the habitat. The needle surface area and the needle width are affected by different habitat

conditions and different altitudes (Soudani *et al.* 2002; Schoettle and Rochelle 2000; Xiao 2003). Similarly, this study supported the influence of habitat and elevation limits on the needle anatomical properties in Scots pine populations distributed in Turkiye (Table 4).

ACKNOWLEDGMENTS

ZAHVALA

This study was supported by Artvin Çoruh University Scientific Research Project Department with grant no: 2018.F10.02.05. We would like to express our special appreciation and thank to staff of Forest Enterprises of Ardahan, Artvin (Arhavi, Hopa), Trabzon (Sürmene), Giresun (Es-
piye), Kastamonu (Taşköprü), Bolu (Karacasu-Aladağ), Ankara (*Çamlıdere*) and Eskişehir (*Çatacık*) for their kind help during the field studies.

REFERENCES

LITERATURA

- Anonymous, 2009: Ormanlarımızda Yayılış Gösteren Aslı Ağaç Türleri. Orman Genel Müdürlüğü, Ormancılıkta 170 yil 1839-2009.
- Bączkiewicz, A., K. Buczkowska, W. Wachowiak, 2005: Anatomical and morphological variability of needles of *Pinus mugo* Turra on different substrata in the Tatra Mountains. Biological Letters, 42 (1): 21-32.
- Boratyńska, K., A. K. Jasińska, E. Ciepluch, 2008: Effect of tree age on needle morphology and anatomy of *Pinus uliginosa* and *Pinus sylvestris*-species-specific character separation during ontogenesis. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 203(8), 617-626.
- Davis P.H., J. Cullen, M.J.E. Coode, 1984: *Pinus L.* – In: Davis, PH, Cullen, J. & Coode, MJE. (eds.), Flora of Turkiye and the East Aegean Islands, volume 1 (Suppl.): 72-75. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Donahue, J.K., J.L. Upton, 1996: Geographic variation in leaf, cone and seed morphology of *Pinus greggii* in navite forests. Forest Ecology and Management, 82 (1-3): 145-157.
- Duran, C., H. Günek, 2010: Effects of the Ecological Factors on Vegetation in River Basins of Northern Part of Mersin City (South of Turkiye), Biological Diversity and Conservation, ISSN 1308-8084 Online; ISSN 1308-5301 Print, 137-152.
- Ergül Bozkurt, A., K. Coskuncelеби, S. Terzioglu, 2021: Population variability of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Turkiye according to the needle morphology. Šumarski list, 145 (7-8): 347-353.
- Friend A.D., F.I. Woodward, 1990: Evolutionary and ecophysiological responses of mountain plants to the growing season environment, Advances in Ecological Research 20: 59–124.
- Hammer, Ø., D.A. Harper, P.D. Ryan, 2001: PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis, Palaeontology electronica, 4: 9.
- Hengxiao, G., J.D. Mcmillin, M.R. Wagner, J. Zhou, Z. Zhou, X. Xu, 1999: Altitudinal variation in foliar chemistry and anatomy of yunnan pine, *Pinus yunnanensis*, and pine sawfly (Hym., Diprionidae) performance. Journal of Applied Entomology, 123 (8): 465-471.
- Hoch, G., C. Körner, 2003: The carbon charging of pines at the climatic treeline: a global comparison, Oecologia, 135 (1): 10-21.
- Husain, D., 2016: Morphology and Anatomy of Dwarf Shoots of Some Exotic Species of *Pinus* Linn. in Kumaon Hills, Western Himalayas. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, 5 (9): 219-233.
- IBM Corp., 2015: IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. IBM corp: Armonk, NY. Available online at: <http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg24038592>.
- Kandemir, A., T. Mataracı, 2018: *Pinus L.*, Resimli Türkiye Flora (Illustrated Flora of Turkiye), Vol 2. (eds., A. Güner, A. Kandemir, Y. Menemen, H. Yıldırım, S. Aslan, G. Ekşi, I. Güner, A.Ö. Çimen), ANG Vakfı Nezahat Gökyigit Botanik Bahçesi Yayınları, 324–354 pp., İstanbul, Turkiye.
- Kantarcı, M.D., 2005: Türkiye'nin yetişme ortamı bölgesel sınıflandırması ve bu birimlerdeki orman varlığı ile devamlılığının önemi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayımları, İ.Ü. Yayın Nu: 4558, OF. Yayın Nu: 484, İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü, ISBN Nu: 975-404-752-9, İstanbul, Turkiye.
- Kivimäenpää, M., S. Sutinen, H. Valolahti, E. Häikiö, J. Riikonen, A. Kasurinen, R.P. Ghimire, J.K. Holopainen, T. Holopainen, 2017: Warming and elevated ozone differently modify needle anatomy of Norway spruce (*Picea abies*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*). Canadian Journal of Forest Research, 47(4), 488-499.
- Klimes, L., 2003: Life-forms and clonality of vascular plants along an altitudinal gradient in E Ladakh (NW Himalayas), Basic and Applied Ecology, 4 (4): 317-328.
- Körner, C., 2007: The use of 'altitude' in ecological research, Trends in ecology & evolution, 22 (11): 569-574.
- Lukjanova, A., M. Mandre, 2006: Anatomical features and localization of lignin in needles of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on dunes in South-West Estonia, Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Biology, Ecology, 55: 173-184.
- Luomala, E.M., K. Laitinen, S. Sutinen, S. Kellomäki, E. Vapaa-vuori, 2005: Stomatal density, anatomy and nutrient concentrations of Scots pine needles are affected by elevated CO₂ and temperature, Plant Cell Environ. 28 (6): 733-749. doi:10.1111/j.1365-3040.2005.01319.x.
- Mandre, M., 2003: Conditions for mineral nutrition and content of nutrients in Scots pine (*Pinus sylvestris*) on dunes in Southwest Estonia, Metsanduslikud uuringused, 39: 32.42.
- Martínez-Vilalta, J., H. Cochard, M. Mencuccini, F. Sterck, A. Herrero, J.F.J. Korhonen, P. Llorens, E. Nikinmaa, A. Nole, R. Poyatos, F. Ripullone, U. Sass-Klaasen, R. Zweifel, 2009: Hydraulic adjustment of Scots pine across Europe, New Phytologist, 184 (2): 353-364. doi: 10.1111/j.1469-8137.2009.02954.x.
- Meicenheimer, R.D., D.W. Coffin, E.M. Chapman, 2008: Anatomical basis for biophysical differences between *Pinus nigra* and *P. resinosa* (Pinaceae) leaves, American Journal of Botany, 95 (10): 1191-1198.
- Nie, N.H., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner, D.H. Bent, 1975: SPSS: statistical package for the social sciences, 2nd ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Niinemets, U., A. Lukjanova, 2003: Needle longevity, shoot growth and branching frequency in relation to site fertility and within-canopy light conditions in *Pinus sylvestris*, Annals of Forest Science, 60: 196-208.

- Niinemets, U., D.S. Ellsworth, A. Lukjanova, M. Tobias, 2001: Site fertility and the morphological and photosynthetic acclimation of *Pinus sylvestris* needles to light, *Tree Physiology*, 21: 1231–1244.
- Nikolić, B., S. Bojović, P. D. Marin, 2016: Morpho-anatomical properties of *Pinus heldreichii* needles from natural populations in Montenegro and Serbia. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 150(2), 254–263.
- Özban, N., O. Özden, 1991: Mikropreparasyon Yöntemleri, İstanbul Üniversitesi yayınlarından, Sayı: 2584, Fen Fakültesi, No:170.
- Podani, J., 2001: SYN-TAX 2000, Computer programs for data analysis in ecology and systematics, User's manual, Scientia, 452 pp., Budapest, Hungary.
- Randin, C.F., Engler, R., Normand, S., Zappa, M., Zimmermann, N.E., Pearman, P.B., Vittoz, P., Thuiller, W., Guisan, A. 2009. Climate change and plant distribution: local models predict high-elevation persistence. *Global Change Biology*, 15: 1557-1569.
- Reisch, C., A. Anke, M. Rohl, 2005: Molecular variation within and between ten populations of *Primula farinosa* (Primulaceae) along an altitudinal gradient in the northern Alps. *Basic of Applied Ecology*, 6: 35–45.
- Schoettle, A.W., S.G. Rochelle, 2000: Morphological variation of *Pinus flexilis* (Pinaceae), a bird-dispersed pine, across a range of elevations, *American Journal of Botany*, 87: 1797–1806.
- Sokal, R.R., F.J. Rohlf, 2012: Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, 4th edition, W.H. Freeman and Co., 937 pp., New York.
- Soudani, K., J. Trautmann, J.M. Walter, 2002: Leaf area index and canopy stratification in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *International Journal of Remote Sensing*, 23 (18): 3605–3618.
- Tiwari, S.P., P. Kumar, D. Yadav, D.K. Chauhan, 2013: Comparative morphological, epidermal, and anatomical studies of *Pinus roxburghii* needles at different altitudes in the North-West Indian Himalayas, *Turkish Journal of Botany*, 37: 65–73.
- Taleshi, H., M. M. Babarabi, 2013: Leaf morphological variation of *Quercus brantii* Lindl. along an altitudinal gradient in Zagros forests of Fars Province, Iran. *European Journal of Experimental Biology*, 3(5), 463-468.
- Vardar, Y., 1987: Botanikte preparasyon teknigi, Ege Üniversitesi, Izmir.
- Xiao, Y., 2003: Variation in needle longevity of *Pinus tabulaeformis* forests at different geographic scales. *Tree Physiology*, 23 (7): 463-471.

SAŽETAK

U ovoj studiji proučavano je osam populacija običnog bora iz Turske, kako bi se istražio utjecaj zona staništa I admorske visine na anatomske značajke iglica. Svjetlosnim mikroskopom promatrano je ukupno 496 iglica uzorkovanih sa 64 stabla, s ciljem utvrđivanja varijabilnosti dieciséis anatomskih karakteristika. Analiza varijance pokazuje da postoje značajne razlike u debljini iglica, *širini* iglica, broju smolnih kanala, promjeru smolnih kanala, *širini* središnjeg cilindra, debljini središnjeg cilindra, broju stanica endoderme, *širini* endoderme i debljini endoderme u osam populacija ovisno o zonama staništa. Međutim, jedino se promjer smolnog kanala, *širina* endodermisa i debljina endodermisa značajno razlikuju u ispitivanoj populaciji, ovisno o visinskim gradijentima. Klasterska analiza pokazala je najveće sličnosti između populacija Bolu-Aladağ i Ardahan-Yalnızçam, a najistaknutija populacija bila je populacija Giresun-Espiye na temelju anatomskih značajki iglica. Iako je analiza glavnih komponenti pokazala da *širina* iglice, *širina* središnjeg cilindra, debljina iglice i debljina središnjeg cilindra imaju najveći utjecaj na razlikovanje populacija običnog bora rasprostranjenih u Turskoj, diskriminantnom analizom ispitivane populacije nisu razdvojene uzimajući u obzir anatomske značajke iglica.

KLJUČNE RIJEČI: Anatolija, nadmorska visina, anatomska iglica, *Pinus sylvestris*, varijabilnost.



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.

CARBON DIOXIDE (CO_2) EMISSIONS FROM SOILS DURING THE REGENERATION OF PEDUNCULATE OAK (*Quercus robur* L.) STAND IN THE SUMMER PERIOD

EMISIJE UGLJIKOVOG DIOKSIDA (CO₂) IZ TLA TIJEKOM OBNOVE SASTOJINE HRASTA LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.) U LJETNOM RAZDOBLJU

Velisav KARAKLIĆ^{1,*}, Zoran GALIĆ¹, Miljan SAMARDŽIĆ¹, Lazar KESIĆ¹, Saša ORLOVIĆ¹, Martina ZORIĆ¹

SUMMARY

The loss of soil organic carbon stock and increased CO_2 emission from soil are induced by various human activities. The aim of this study was to examine whether an anthropogenic influence during the regeneration of a pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stand can affect the increment of CO_2 emission from the soil. The research was carried out within three plots, out of which two were exposed to different degrees of anthropogenic influence. The air samples were collected using the soil respiratory chambers and analysed using the gas chromatograph Agilent 8890. Based on the obtained results, soil temperature and moisture as the most dominant drivers of the CO_2 emission had different effects on the CO_2 flux from soil depending on the intensity of anthropogenic influences and environmental conditions. Within the experimental plot with the significant soil alteration, a reliable positive correlation was detected for the CO_2 flux with the soil temperature ($r = 0.77$, $p < 0.05$). High significant correlation was observed considering soil moisture ($r = 0.85$, $p < 0.05$) in the natural soil where the application of pesticides was conducted. The results showed that both soils that were exposed to the anthropogenic influences had notably higher values of the CO_2 flux in comparison to the reference natural soil without anthropogenic impacts.

KEY WORDS: CO_2 , pedunculate oak, anthropogenic influence, soil temperature, soil moisture

INTRODUCTION

UVOD

Forest ecosystems play a crucial role in global carbon cycle and are highly important factor in decreasing the negative effects of the ongoing climate change (Kuznetsova et al., 2019). Net ecosystem production is defined as the difference between the amount of organic carbon that is fixed by process of photosynthesis and total ecosystem respira-

tion (Lovett et al., 2006). Soils are the biggest carbon pools in terrestrial ecosystems (Amundson, 2001), where amount of soil organic carbon is estimated at 3 000 Pg (Köchy et al., 2015). Soil respiration reaches 55–85% of the total ecosystem respiration in various forests (Knohl et al., 2008). The total flux of carbon dioxide (CO_2) from the soil is one of the largest emissions in the global carbon cycle (Wang et al., 2011), which releases 66–100 Pg C year⁻¹ (Chiang et al., 2021). Soil respiration is divided on autotrophic respiration caused by

¹ MSc. Velisav Karaklić, Dr. Zoran Galić, Dr. Miljan Samardžić, Dr. Lazar Kesić, Prof. Dr. Saša Orlović, MSc. Martina Zorić, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: velisav.karaklic@uns.ac.rs

root respiration and heterotrophic respiration where microorganisms have the greatest role. The contribution of the soil macrofauna to total CO₂ emission from soils is almost insignificant (Teramoto et al., 2019; Kuzyakov, 2005).

Key drivers of greenhouse gases (GHG) emissions from soils are soil temperature, humidity (soil water content), nutrients (C/N-ratios), soil pH value, land use, land cover, type and age of vegetation, local and regional climate, and hydrology (Oertel et al., 2016). Soil temperature and soil water content are the most dominant factors that affect GHG emissions from the soils (Fang and Moncrieff, 2001; Tang et al., 2003; Dilustro et al., 2005; Tang et al., 2006; Teramoto et al., 2017; Prasad and Baishya, 2019; Yu et al., 2021; Mühlbachova et al., 2022). Higher soil temperature leads to higher CO₂ emissions and higher soil respiration, which is a consequence of increased microbial activity (Oertel et al., 2016). Soil organic carbon accumulation largely depends on the vegetation cover, where land-use changes affect soil organic carbon stocks and can lead to sequestration or emission of CO₂ (Poeplau and Don, 2013). The conversion of natural vegetation to cropland and deforestation usually leads to loss of carbon storage in soils (Poeplau et al., 2011). Also, the use of some pesticides, dominantly herbicides can increase the emission of CO₂ from the soil (Kara et al., 2004).

Anthropogenic soils are formed by human activity whose diagnostic horizons are significantly modified or destroyed (Capra et al., 2014). Anthropogenic soils, more precisely Anthrosols cover more than 500.000 ha in north-western

Europe (IUSS Working Group WRB, 2015). Nine-year research which was carried out in the northern Germany showed that Luvisol had lower microbial activity compared to Anthrosol (Dilly et al., 2003). Also, previously published research showed that the CO₂ flux from urban soils is predominantly greater than the one originated from natural soils (Sarzhanov et al., 2015; Sarzhanov et al., 2017).

The sustainable management of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) forests refers to the successful regeneration of oak stands, as well as maintenance and protection of stands, especially in younger developmental stages (Rađević et al., 2020). The aim of this study was to examine whether the anthropogenic activity during silvicultural treatments has an impact on the increment of CO₂ flux during summer period.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

The research was carried out in the Srem region, Autonomous Province of Vojvodina, Republic of Serbia (45°2'10.06" N, 19°13'1.29" E), (Figure 1). In this country, pedunculate oak forests (*Quercus robur* L.) cover about 32 400 ha, whereas the share of *Quercus robur* L. in total volume of growing stock, is 2.5%. The largest complex of these forests is situated in the Srem region, along the left bank of the Sava River, where pure and mixed forests of pedunculate oak are formed. In this region, alluvial hydrophilic floodplain oak forests are even-aged, but are also in different developmental stages (Banković et al., 2009).

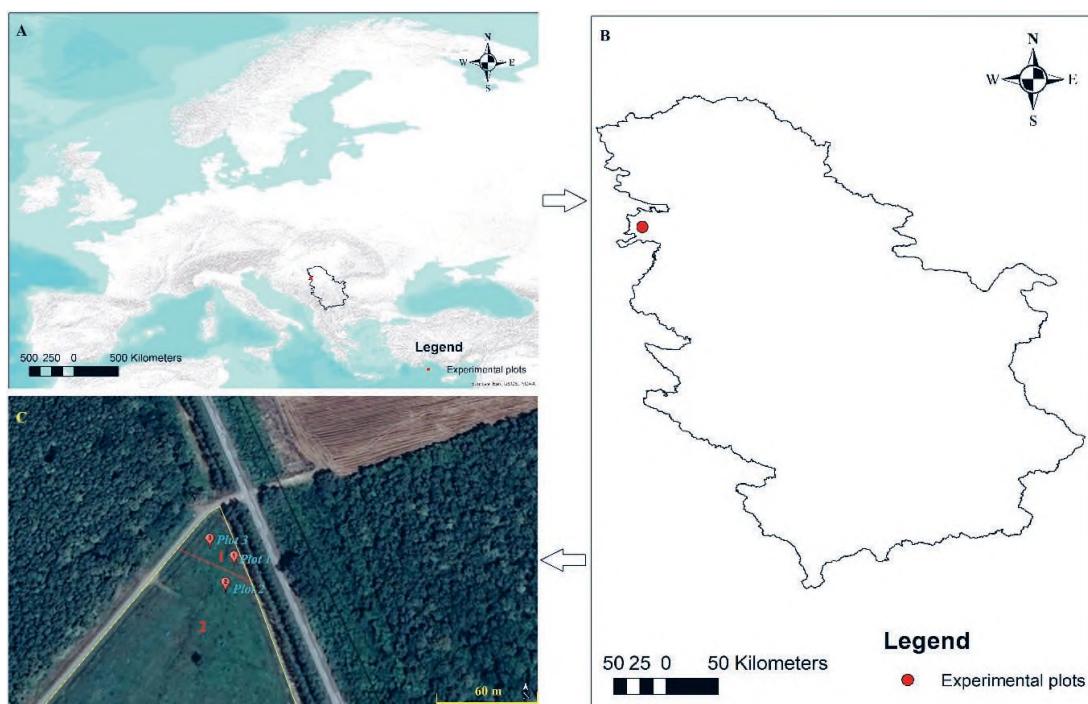


Figure 1. The geographical location of the research area in the study.
Slika 1. Geografski položaj područja istraživanja

Pedunculate oak and other forest species form different plant communities in the area of Srem such as: communities of pedunculate oak and narrow-leaved ash (*Fraxino angustifoliae-Quercetum roboris* Jov. et Tom. 1979.), then monodominant pedunculate oak forests (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Horv. 1938.), communities of pedunculate oak, narrow-leaved ash and hornbeam (*Carpino-Fraxino-Quercetum roboris* Miš. et Broz 1962.). On the other hand, the associations of pedunculate oak and hornbeam (*Carpino-betuli-Quercetum roboris* Anić 1959.), as well as phytocenoses of pedunculate oak, hornbeam and Turkey oak (*Carpino betuli-Quercetum roboris quercetosum cerris* Rauš 1969.) are related with zonal vegetation (Tomić and Jović, 2002; Tomić, 2004). Appropriate silvicultural treatments are carried out based on the features of stand's development stages. Planned rotation length of the pedunculate oak is 160 years. (Rađević et al., 2020). Considering ecological conditions, soil type, rotation period, and type of stand regeneration, the area of these forests is convenient to examine the influence of forest management on CO₂ emission from soils.

The data of climate characteristics of research area was obtained from the Republic Hydrometeorological Service of Serbia (<https://www.hidmet.gov.rs/>) for the observation period from 1991 to 2020. The average annual temperature in the research area was 11.8 °C, while the absolute maximum temperature was 40.7°C. The precipitation in the vegetation period (April-September) amounted to 355.5 mm i.e., 57.6% of the average annual precipitation (617.1 mm). The average monthly temperature was the highest in July (22.1 °C), whereas the largest amount (75.4 mm) of precipitation was recorded in June. The mean annual relative humidity is 76.4%.

Three plots, dimensions of 5x5m, have been chosen for research within the alliance of *Alno-Quercion roboris* Horv. 1938. in the Srem region. Experimental plots were situated within the regeneration area of oak stand in a non-flooded zone managed by public enterprise "Vojvodinašume". All phases of regeneration cutting were carried out on this area, more precisely, all mature trees were removed, while the acorn sowing was conducted in 2020. The regeneration area of oak stand is divided on two parts (Figure 1C). The first smaller part (1) was not under pesticide treatments, while the rest of the stand was treated. In order to conduct the successful regeneration of pedunculate oak, the pesticides

Table 1. Average monthly temperature and precipitation during the summer period in 2021.

Tablica 1. Srednje mjesecne temperature i oborine tijekom ljetnog razdoblja 2021. godine

	VI	VII	VIII
Average monthly temperatures	22.7	22.4	21.4
Precipitation	7.2	105.9	30.1

application was performed on the second greater part (2) of stand. During 2018-2020, before the acorn sowing, this part of stand was treated with Triclopyr and Glyphosate. The systemic selective herbicide (Nicosulfuron) and Pro-piconazole fungicide were applied after the sowing within the regenerated stand. Two plots were established within the first part of the stand, while the one plot was within the second part of the stand. The distance between experimental plots was about 25m (Figure 1C). The plots were located about 40m from the main road. Between the regenerated stand and road there is the poplar (*Populus x euroamericana* (Dode) Guinier) buffer strip. Considering the plots are established close to each other, microclimatic conditions were uniform on all experimental plots. The values of soil temperature and soil water content were measured during the air sampling (Figure 3), and the average monthly temperature and amount of precipitation were obtained from the nearest weather station (Sremska Mitrovica) for study period (<https://www.hidmet.gov.rs/>), (Table 1).

The soil pits were dug on each experimental plot. The World Reference Base for Soil Resources (IUSS Working Group WRB, 2015) was used for the identification of three soil profiles. The soil samples were taken from topsoils (0-10 cm depth) in each of three profiles and used for determination of physico-chemical properties of soils. Particle size distribution (%) was determined by the international B-pipette method with the preparation in sodium pyrophosphate. Based on particle size distribution, soil textural classes were determined using Atteberg's classification. Kopecky's cylinders (volume of 100cm³) were used for the determination of soil bulk density (Bošnjak et al., 1997). Soil pH value was measured electrometrically using pH meter apparatus. The determination of organic carbon content was performed on the Elementar Vario EL III, while the CaCO₃ content was determined volumetrically using Scheibler calcimeter. Physico-chemical properties of soils are shown in Table 2 for each plot.

Table 2. Physico-chemical properties of soils within experimental plots.

Tablica 2. Fizičko-kemijska svojstava tla na pokusnim plohama

	Bulk density g/cm ³	Total sand %	Silt + Clay %	Textural class	C %	CaCO ₃ %	pH (H ₂ O)
Plot 1	1.45	24.7	75.3	clay loam	0.929	7.57	7,78
Plot 2	1.04	26.7	73.3	clay loam	4.056	0.04	7,21
Plot 3	1.34	24.8	75.2	clay loam	0.110	0.50	7,65



Figure 2. Soil profiles within the experimental plots. A-Gleysol (*Plot 1*); B-Gleysol (*Plot 2*); C- Anthrosol (*Plot 3*).

Slika 2. Profili tla na pokusnim ploham. A-Gleysol (*Plot 1*); B-Gleysol (*Plot 2*); C- Anthrosol (*Plot 3*).

Within the first plot (*Plot 1*) there was no anthropogenic influence, so this plot was defined as the control plot, while the treatment of pesticides was previously carried out on the second plot (*Plot 2*) during regeneration period. According to Rađević et al. (2020), on this plot, the pesticides application was conducted in order to protect oak seedlings from weeds, different pests and diseases. Rapid growth of weed vegetation can have adverse effects on the natural regeneration of oak stands (Posarić, 2010; Vasić et al., 2014; Vasić et al., 2022). Pesticide treatments were performed in accordance with the FSC policy (Rađević et al., 2020). The main goal of pesticides application was a successful regeneration of oak stands. Both plots (*Plot 1* and *Plot 2*) were placed on natural soils. Based on the morphological features of the observed soil profiles, Gleysol was detected within the first and the second plot (Figure 2A and Figure 2B). The third location (*Plot 3*) was established on the anthropogenic soil, where the treatment of pesticides was not conducted. On the third plot, Gleysol as natural soil was under considerable anthropogenic influence, which diagnostic horizons are significantly altered and modified. Therefore, this soil type was determined as Anthrosol (Figure 2C). This soil type was formed during a site preparation for regeneration of stand. Soil organic carbon content in topsoil (0–10 cm depth) at *Plot 1*, *Plot 2* and *Plot 3* ranged from 0.93%, 4.1% and 0.11%, respectively. Ratio between CO₂ flux and carbon stock is widely used parameter for determination of carbon sustainability in soil (Sarzhanov et al., 2017).

The total soil respiration (autotrophic and heterotrophic respiration) was measured using the closed chambers method. According to Schindlbacher et al. (2009) the contribution of autotrophic soil respiration to total soil respiration is the greatest in summer period. The field observation of CO₂ emission was conducted during summer season (Jun, July and August) in 2021. The air sampling was per-

formed using soil respiratory chambers (Avilov et al., 2014). The plastic base of each chamber was installed in the soil at the depth of 10 cm within each plot. The installation of bases was done two weeks before observation period in order to stabilize fluxes after soil disturbance (Buchmann, 2000). The first air sampling was carried out two weeks after insertion of bases to minimize the influence of severed fine roots on soil respiration (Laganière et al., 2012). Before sampling, the cylindrical chambers were attached on the top of the base, in hermetic condition. The air inside the chambers was homogenized by small fan, fixed at the top of the chamber. During sampling period, five chambers were placed at each plot. Gas extraction valve was installed on the chamber, and the sampling of air was carried out with a medical syringe. Three air samples were taken from each chamber. The air was sampled at 15, 30 and 45-min intervals (Heinemeyer and McNamara, 2011; Ming et al., 2018), after placing the chambers on the bases. Air samples were injected into glass vials and sent to the laboratory for analyses. The sampling was conducted at each plot once in every ten days. Samples collection was performed from 8:00 a.m. to 9:00 a.m. (five times during the season) as well as between 12:00 p.m. and 13:00 p.m. (two times during the season). Sampling was carried out at the same time on all experimental plots. Collected samples were analysed using the gas chromatograph Agilent 8890 (Agilent Technologies, Santa Clara, California, USA). A total of 315 samples was collected and analysed. CO₂ flux was calculated for each plot using the formula according to Ming et al. (2018) based on the linear increase of the gas concentration inside closed chambers during the sampling time. The average values of CO₂ flux were obtained based on values of emissions from five chambers placed within each plot. The obtained values of flux are expressed in g CO₂ m⁻² per day (Sarzhanov et al., 2015).

During the air sampling, soil temperature was measured by soil thermometer at the depth of 5 cm. Soil moisture content was determined by gravimetric method. The soil samples were taken and put into aluminium tins. Afterwards, the samples were dried to constant weight in the oven at the temperature between 103–105 °C.

The relationship between CO₂ emission, soil temperature and soil water content was analysed through Pearson's correlation test, simple and multiple linear regressions. Statistical analysis of the obtained data was carried out by Statistica 12 program package and R statistical software. Microsoft Exel 2016, "ggplot2" (Version 3.3.2), (Wickham, 2016) and "scatterplot3d" (Version 0.3-41), (Ligges and Mächler, 2003) packages in the R environment were used for the graphic design.

RESULTS

REZULTATI

Soil temperature at the depth of 5 cm and soil water content are given in Figure 3. The values of soil temperature and soil water content were changing distinctly during the research period. The highest soil temperature values were recorded on the 14th of July (34 °C) and 4th of August (33 °C), (Figure 3). The lowest soil temperature was measured at the beginning of the research period. The soil water content ranged from 4.81% to 30.32%. The decrease of soil water content was followed by an increase of soil temperature. Sharp decline of soil moisture was recorded when the

highest values of soil temperature were measured (Figure 3). The inverse correlation was found between soil temperature and soil moisture ($r = -0.533$, $p < 0.05$), where after a rainfall, soil water content was considerably increased and affected the reduction of soil temperature.

Soil respiration at *Plot 1*, *Plot 2* and *Plot 3* ranged from 4.28–10.86 g CO₂ m⁻² day⁻¹, 5.22–17.96 g CO₂ m⁻² day⁻¹ and 3.60–15.29 g CO₂ m⁻² day⁻¹, respectively (Figure 4). At the beginning of study period, the emission of CO₂ within the second plot (*Plot 2*) was slightly higher than CO₂ emission within the third plot (*Plot 3*), while CO₂ flux within the control plot (*Plot 1*) was the lowest. At the end of June, the greatest value of flux was recorded on *Plot 3* and was higher for 40% compared to other two plots. The values of soil respiration were similar on 2nd of July at all three plots. In the middle of July, soil respiration from *Plot 3* was greater compared to the other research plots, while the highest value of flux was recorded in the last decade of July within the second plot. The study showed that the greatest difference in the CO₂ emission between plots was recorded on 4th of August when the value flux on the third plot was over 50% higher than on *Plot 1* and *Plot 2*. At the end of the study period, the values of CO₂ flux were very similar within all experimental plots. During sampling period, the greatest value of CO₂ emission was measured at *Plot 2*, while the values of CO₂ flux were very similar in the middle of July and in the first decade of August within the third location. The emissions of CO₂ within the control plot were predomi-

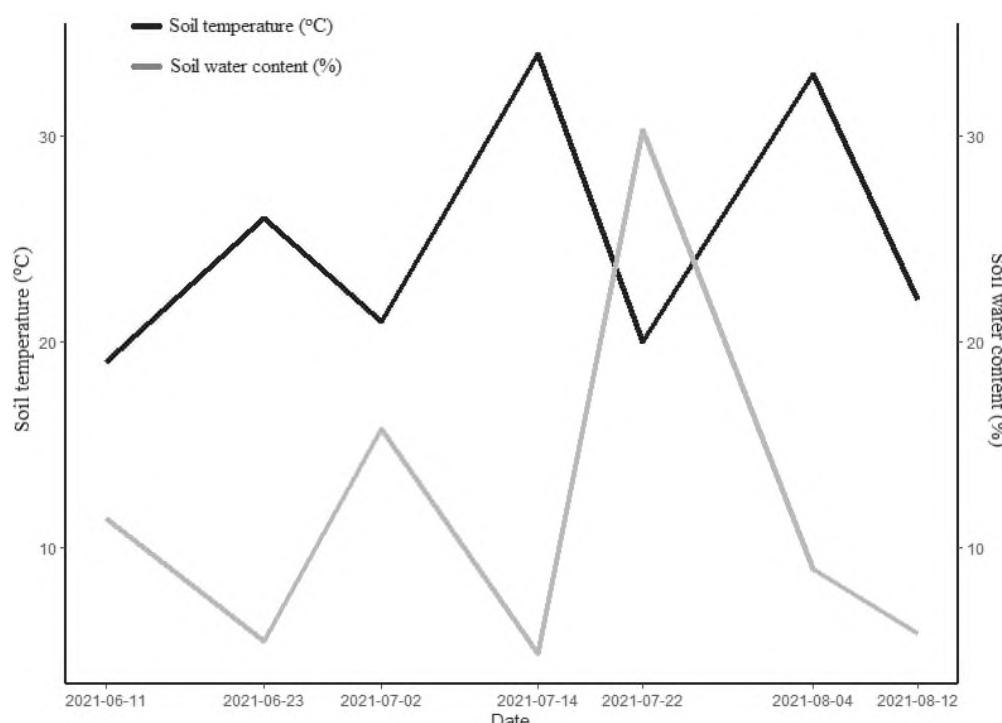


Figure 3. Dynamics of soil temperature (°C) and soil water content (%) during the summer period in 2021.

Slika 3. Dinamika temperature tla (°C) i sadržaja vode (%) u tlu tijekom ljetnog razdoblja 2021. godine

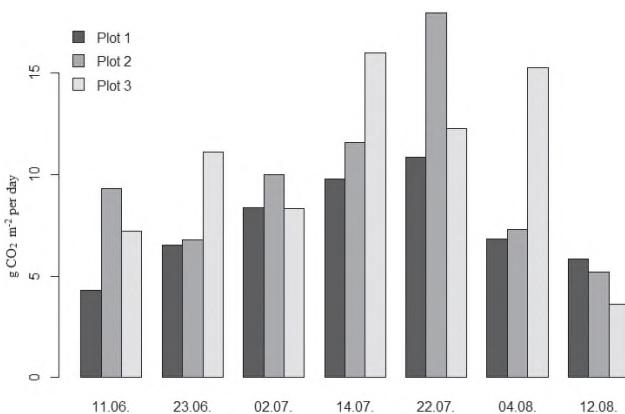


Figure 4. Average daily CO_2 emissions ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) from soils for each plot during the summer season in 2021.

Slika 4. Prosječna dnevna emisija ugljikovog dioksida ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$) iz tla za svaku parcelu tijekom ljetnog razdoblja 2021. godine

nantly lower compared to the other two plots during the summer season.

The two-month-long monitoring during summer within survey plots showed that the variability of seasonal dynamics of the soil respiration usually depends on the changes in soil temperature and moisture (Figure 5). Within the *Plot 1* and *Plot 2*, the most important environmental driver which affected the CO_2 flux was soil water content. High positive correlation was found for the CO_2 flux with soil moisture ($r = 0.85, p < 0.05$) within the second plot, while moderate correlation was observed within the first plot ($r = 0.55, p < 0.05$). At the same time, low correlation was re-

vealed with the soil temperature within both plots. Considering the third plot, reliable positive correlation was observed with the soil temperature ($r = 0.77, p < 0.05$), while no correlation was found among the CO_2 flux and the soil moisture ($r = 0.05$). During the survey season, the average emission of CO_2 within the control plot (*Plot 1*) was increasing until the last decade of July. The CO_2 flux reached the maximum value at the same time when the greatest value of soil water content was recorded, then the emission of CO_2 began to decrease gradually until the end of the summer season. Similar dynamic of CO_2 flux was observed within the second plot (*Plot 2*), but changes of soil moisture more significantly affected the emission compared to the control plot. The slight decline of the CO_2 emission at the beginning of the season was followed with the decrease of soil water content. From the last decade of June, the values of flux were increasing and have reached the maximum on the 22nd of July. Due to the increase of the soil temperature that caused the reduction of soil water content, a rapid drop of CO_2 emission happened. It reached to the minimum value ($5.22 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) at the end of the observation period. Within the both plots (*Plot 1* and *Plot 2*), the CO_2 flux had different values when soil water content was low (about 5%). In that case, the increased soil temperature caused the greater emission. The most significant factor within the third plot (*Plot 3*) affecting the CO_2 flux was the soil temperature. The greatest values of the flux were recorded in the middle of July and during the first decade of August when the soil temperature was over 30°C . All decreases of

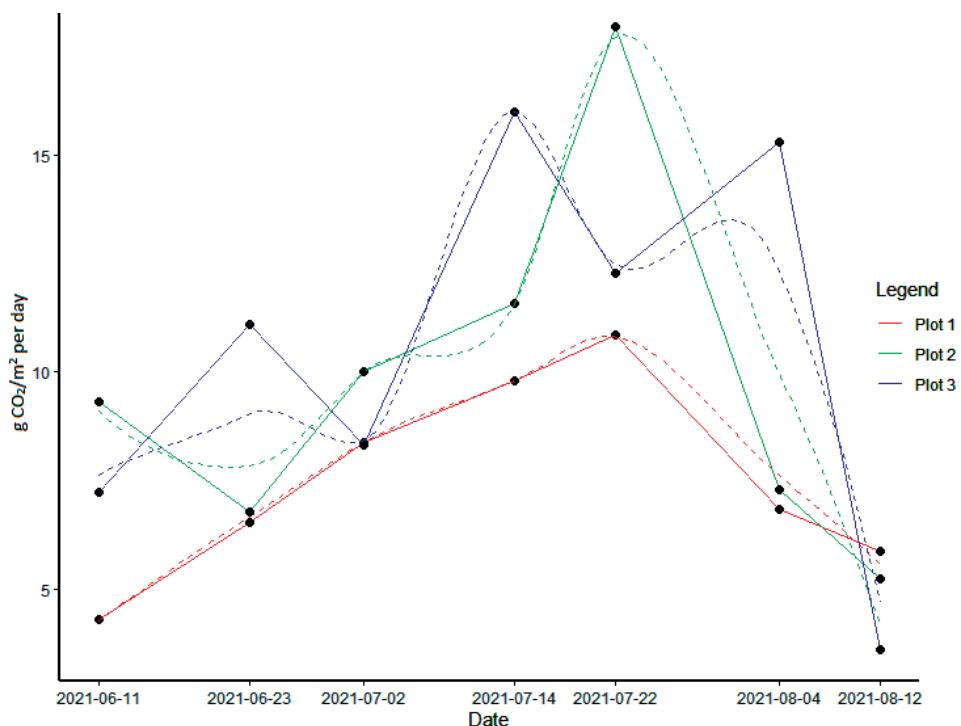
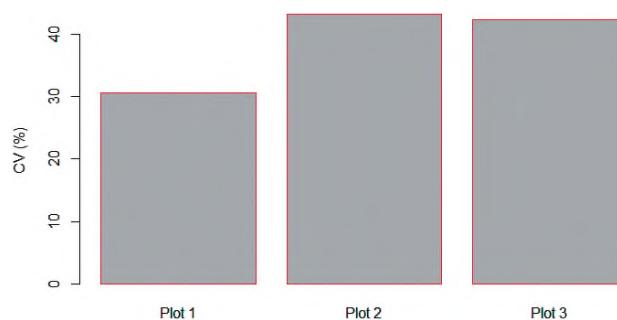


Figure 5. Dynamics of CO_2 emissions during the summer period in 2021.

Slika 5. Dinamika emisije ugljikovog dioksida (CO_2) tijekom ljetnog razdoblja 2021. godine

**Figure 6.** Coefficient of variation (%) for soil respiration.

Slika 6. Koeficijent varijacije (%) za disanje tla.

the soil temperature were followed by the reduction of CO₂ emission. With soil temperature of 21±2 °C, soil water content had additional effect on the CO₂ flux, where the values of flux were greater when soil moisture was increased. Obtained values of the flux on each plot were low at the end of the observation period, since soil temperature and soil moisture were significantly reduced.

The coefficient of variation for CO₂ flux is illustrated in Figure 6 for each plot. The average emission varied the least (CV = 30.64%) within the control plot, while the greatest value of coefficient of variation (CV) was detected within the *Plot 2* (43.23%). Similar variation around the middle value (CV = 42.40%) was obtained within the third plot. The plots which were under the anthropogenic influences had generally higher emission compared to the control plot. The greatest average value of CO₂ flux as well as the least organic carbon content in anthropogenic soil indicate that the stability of the organic carbon is very low compared to Gleysol (*Plot 1* and *Plot 2*).

The simple linear relationship of soil respiration and soil temperature at the depth of 5 cm for each plot is shown in Figure 7. The coefficient of determination (R²) ranged from 0.04 to 0.60, whereas the greatest value of R² is obtained for the *Plot 3*. Reliable relationships between CO₂ flux and soil water content were observed within the *Plot 1* and *Plot 2* (R² = 0.30 and R² = 0.72, respectively), (Figure 8). Soil mo-

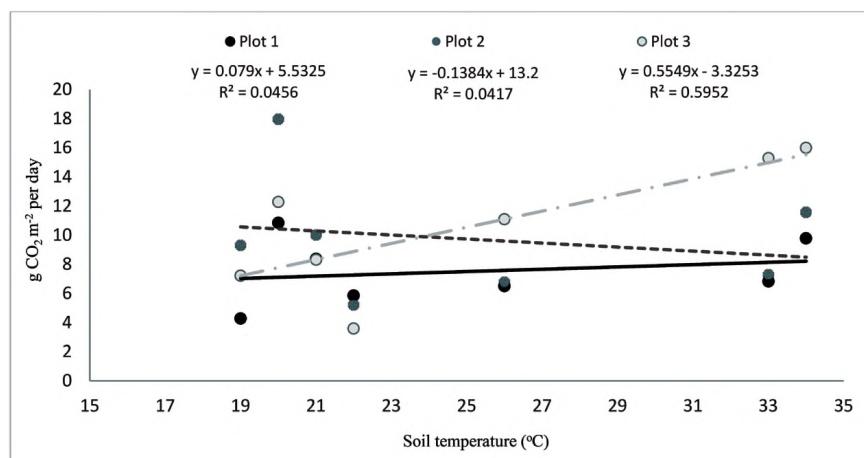
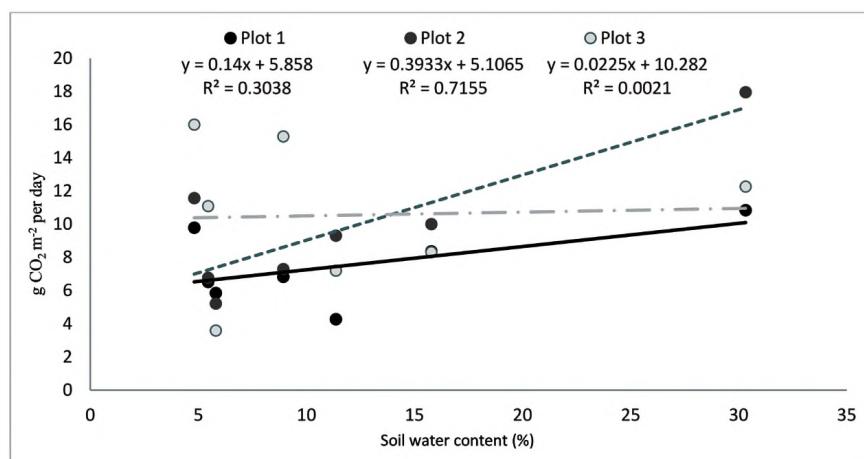
**Figure 7.** Relationship between soil respiration (g CO₂ m⁻² day⁻¹) and soil temperature at the 5cm depth (°C).Slika 7. Odnos između respiracije tla (g CO₂ m⁻² dan⁻¹) i temperature tla na dubini od 5 cm (°C)**Figure 8.** Relationship between soil respiration (g CO₂ m⁻² day⁻¹) and soil water content (%).Slika 8. Odnos između respiracije tla (g CO₂ m⁻² dan⁻¹) i sadržaja vode u tlu (%)

Table 3. Empirical equations developed from multiple linear regression analysis and R² values.

Tablica 3. Empirijske jednadžbe razvijene multilinearom regresijskom analizom i R² vrijednosti

Experimental plots	Model	R ²
Plot 1	Sr = -1.8278 + 0.2622 St + 0.2360 Swc	0.66
Plot 2	Sr = -1.7293 + 0.2332 St + 0.4786 Swc	0.80
Plot 3	Sr = -13.1514 + 0.7994 St + 0.3150 Swc	0.89

Legend: Sr—Soil respiration ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$); St—Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$); Swc—Soil water content.

isture was the dominant factor affecting the CO_2 emission from natural soil, but its influence was stronger on the plot where the treatment of pesticides was carried out. With the rise of soil moisture, the plot that was under the influence of pesticides had more intensive increase of the CO_2 emission in comparison to the control plot.

For each plot, multiple linear regression models were obtained for CO_2 flux as a function of soil temperature and mo-

isture (Figure 9). The best multiple linear regression model was found for the third plot ($R^2 = 0.89$), whereas the lowest value of R^2 amounted to 0.66 and was obtained within control plot (Table 3). Furthermore, the significant value of coefficient of determination ($R^2 = 0.80$) was determined for the Plot 2. Multiple linear regression showed that the CO_2 emission from the soil was primarily controlled by soil moisture within the plots on natural soil, while the effect of soil temperature, as a secondary factor, was weaker for the second plot. For the anthropogenic soil, temperature of soil was dominant factor affecting the CO_2 flux. However, soil water content as additional factor of emission had stronger effect in comparison to the soil temperature within the plot which was under treatment of pesticides.

DISCUSSION RASPRAVA

Soil temperature and water content are the most responsible environmental drivers which affect the variation of car-

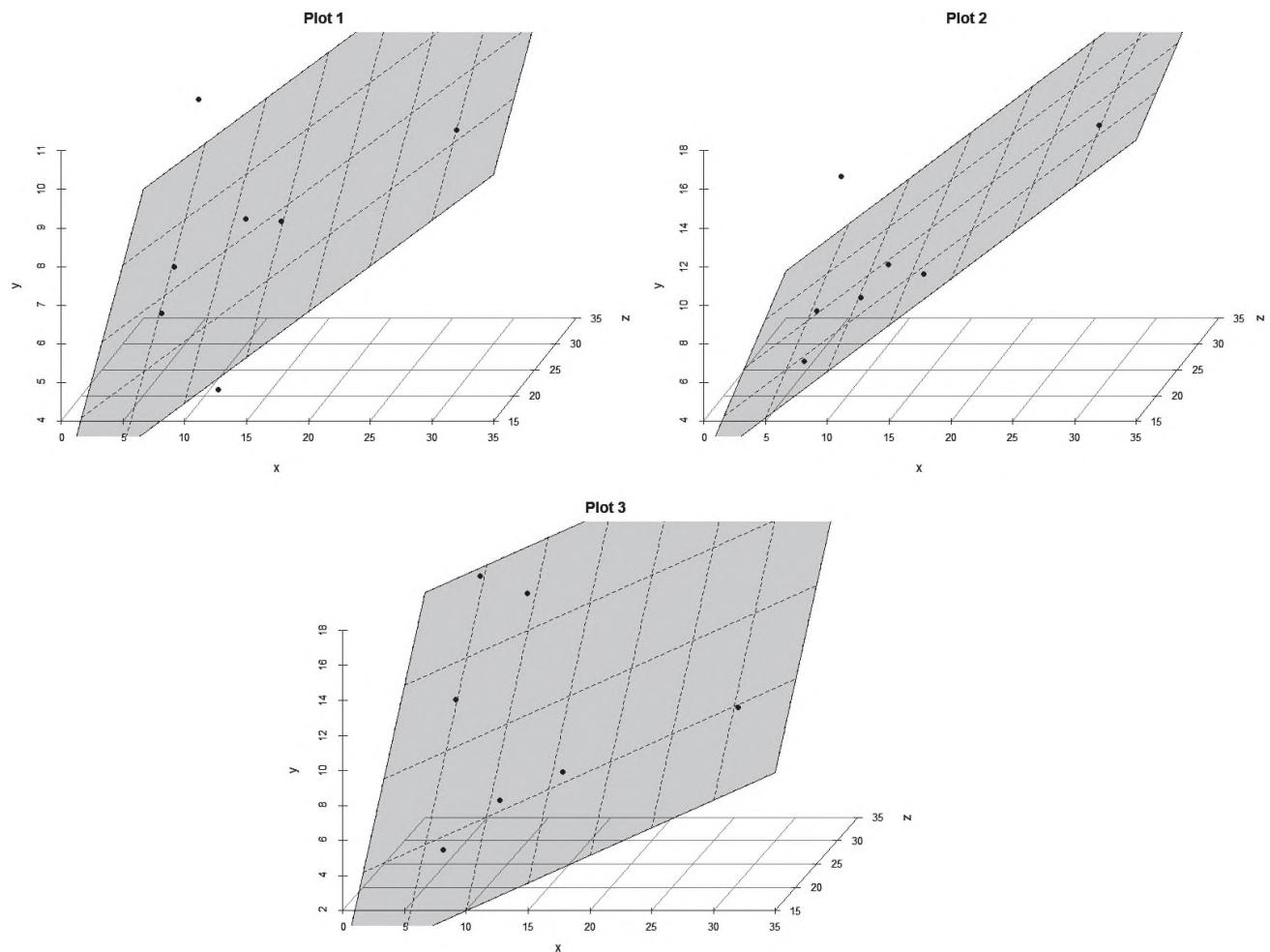


Figure 9. Combined effect of soil temperature and water content on soil respiration for each experimental plot. Y-axis (soil respiration ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)); X-axis (soil water content (%)); Z-axis (soil temperature ($^{\circ}\text{C}$)).

Slika 9. Kombinirani učinak temperature tla i sadržaja vode u tlu na disanje tla za svaku pokušnu plohu. Y-os (disanje tla ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$))); X-os (sadržaj vode u tlu (%)); Z-os (temperatura tla ($^{\circ}\text{C}$))

bon dioxide emission from soil (Adachi et al., 2006). The results of the the presented study show that soil temperature and moisture had different influence on the CO₂ flux, also depending on the anthropogenic and environmental factors. The influence of topography and vegetation cover can be very important for soil respiration rate, since they significantly affect microsite factors, such as soil temperature and soil moisture (Li et al., 2008). Also, silvicultural treatments can change the microclimate conditions of the stand (Ma et al., 2010). The effect of thinning the forest stand contribute to the evapotranspiration increment within the ecosystem (Boczoń et al., 2016). During the last phase of regeneration cutting of pedunculate oak, all mature trees were removed. Consequently, it enabled larger quantity of sunlight and rainfall to reach the surface of the soil. The negative correlation between soil temperature and soil water content was detected in temperate mixed hardwood forest in central Massachusetts (Davidson et al., 1998). Increased insolation had an influence on a quick warming of soil as well as more intensive soil evaporation, while rapid drop of soil water content was recorded due to the rise of soil temperature.

Within the various type of soils, soil temperature and soil moisture can have different influence on soil respiration, where one of these two factors can be more dominant than another (Koizumi et al., 1999). Presented results showed that CO₂ flux gave different responses to soil temperature and moisture within various type of soil. The soil water content was dominant driver in natural soils, but for the anthropogenic soil, the main limitation factor of the CO₂ emission was soil temperature.

In deciduous and coniferous forests, the contribution of soil respiration to total ecosystem respiration varied during different seasons (Curiel Yuste et al., 2005). The variation of CO₂ emission was pronounced during the summer period, especially within the plots that were under the anthropogenic influence. Tang et al. (2006) suggested that within successional forests, CO₂ flux was significantly lower during the cool and dry season, compared to the hot and humid one. Our study was carried out during the warmest period of the year. At the beginning, as well as at the end of the observation period, the low values of CO₂ flux appeared as consequence of decreased temperature and moisture of the soil.

Some pesticides can intensify CO₂ emission from the soil, whereas others reduce it, or do not have any effect (Jezierska-Tys et al., 2021). Herbicides which were used to control broadleaf weeds in agricultural crops caused significant raise of CO₂ emission from the soil during the two-year study (Shi et al., 2020). Glyphosate, widely used herbicide in agriculture, stimulated microbial activity which resulted in increased soil respiration (Araújo et al., 2003). The application of herbicides in the regeneration of oak forests such as nicosulfuron, imazamoxare and cycloxydim can cause

an increase in number of actinomycetes and fungi (Vasić et al., 2018). The largest part of heterotrophic respiration from the soil is evolved by microorganisms, so they are the one of the most important agents in the soil which produce CO₂ (Kuzyakov, 2005). For dry habitats, such as steppes, precipitation is limiting factor which affects soil microbial respiration. Soil heterotrophic respiration in these regions is being increased with the rise of precipitation (Zhao et al., 2016). The increased emission of CO₂ within the plot which was under the influence of pesticides (*Plot 2*) application compared to the control plot (*Plot 1*) can be explained by stimulating effect of pesticides on the microbial activity in the soil. Furthermore, within *Plot 2*, more intensive increase of the CO₂ flux was recorded with the rise of soil water content in comparison to *Plot 1*.

The average value of CO₂ emission from urban soil was 20 g CO₂ m⁻² day⁻¹ in Beijing (China) (Fu et al., 2013), whereas 17 g CO₂ m⁻² day⁻¹ was recorded in Boston (USA) (Decina et al., 2016). However, Sarzhanov et al. (2017) suggested that CO₂ emission from urban soil was substantially greater in comparison to Chernic Phaeozem (natural soil), which is the result of low sustainability of organic carbon in the urban soil. Our study showed similar results, where the CO₂ flux from anthropogenic soil (*Plot 3*) was higher compared to the natural soil (*Plot 1*). High soil temperatures caused emissions which were approximately equal to the emissions in the urban environments. It indicates that the modification of soil in natural ecosystems can induce a similar emission of CO₂ like in urban areas.

CONCLUSION ZAKLJUČAK

The change of microsite conditions due to the trees removal in the last phase of regeneration cutting had a very important influence on the key drivers of emission (soil temperature and soil moisture). The plots which were under anthropogenic influence (*Plot 2* and *Plot 3*) had predominantly higher values of CO₂ flux compared to the control plot (*Plot 1*) during the observation period.

The soil temperature and moisture as the most dominant factors of the emission had various impact on the soil respiration depending on the soil type. The main limitation factor of emission within natural soils (Gleysol), (*Plot 1* and *Plot 2*) was soil water content, whereas CO₂ flux from anthropogenic soil (Anthrosol), (*Plot 3*) was primarily controlled by the soil temperature. The simple linear models showed that the strongest relationship was obtained between CO₂ emission and the soil water content within the plot where the treatment of pesticides was conducted (*Plot 2*), while the best multiple linear regression model for CO₂ flux as a function of the soil temperature and moisture was found for the third plot (*Plot 3*).

Our study showed that the plot which was exposed to the treatment of pesticides (*Plot 2*) had more intensive increase of the CO₂ flux with the rise of soil moisture compared to control plot (*Plot 1*). Also, due to the low stability of organic carbon in anthropogenic soil (*Plot 3*), higher CO₂ emission from this soil type was recorded in comparison to the reference natural soil (*Plot 1*) during the summer period.

REFERENCES LITERATURA

- Adachi, M., Y. S. Bekku, W. Rashidah, T. Okuda, H. Koizumi, 2006: Differences in soil respiration between different tropical ecosystems, *Applied Soil Ecology*, 34: 258-265.
- Amundson, R., 2001: The carbon budget in soils, *Annual Review of Earth Planetary Sciences*, 29: 535-562.
- Araújo F. S. A., R. T. R. Monteiro, R. B. Abarkeli, (2003): Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils, *Chemosphere*, 52: 799-804.
- Avilov, K. V., V. A. Barkov, I. I. Vasenev, V. I. Vasenev, M. M. Vizirskaja, A. A. Paskarev, A. V. Terekhov, J. A. Kurbatova, M. Samardzhich, 2014: Device for measuring emission of greenhouse gas from soil and plants. Russian Federation's Federal Service for Intellectual property, No. RU 2 518 979 C1., Moscow.
- Banković, S., M. Medarević, D. Pantić, N. Petrović, 2009: National forest inventory of the Republic of Serbia-The growing stock of the Republic of Serbia. Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of the Republic of Serbia-Forest Directorate, 1-238., Belgrade.
- Boczoń, A., M. Dudzińska, A. Kowalska, 2016: Effect of thinning on evaporation of Scots pine forest, *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(2): 367-379.
- Bošnjak, Đ., S. Dragović, V. Hadžić, D. Babović, N. Kostić, Č. Burlica, M. Đorović, M. Pejković, D. T. Mihailović, S. Stojanović, G. Vasić, R. Stričević, B. Gajić, V. Popović, G. Šekularac, Lj. Nešić, M. Belić, A. Đorđević, B. Pejić, L. Maksimović, D. Karagić, B. Lalić, I. Arsenić, 1997 Methods of research and determination of physical properties of soil, Yugoslav Society for the Study of Soils, Soil Physics Commission, 1-278, Novi Sad.
- Buchmann, N., 2000: Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in *Picea abies* stands. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1625-1635.
- Capra, F. G., A. Ganga, E. Grilli, S. Vacca, A. Buondonno, 2015: A review on anthropogenic soils from a worldwide perspective, *Journal of Soils and Sediments*, 15: 1602-1618.
- Chiang, N. P., J. C. Yu, Y. J. Lai, 2021: Soil respiration variation among four tree species at young afforested sites under the influence of frequent typhoon occurrences, *Forests*, 12 (6): 1-13.
- Curiel Yuste, J., M. Nagy, I. A. Janssens, A. Carrara, R. Ceulemans, 2005: Soil respiration in mixed temperate forest and its contribution to total ecosystem respiration, *Tree Physiology*, 25: 609-619.
- Davidson, A. E., E. Belk, R. D. Boone, 1998: Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest, *Global Change and Biology*, 4: 217-227.
- Decina, M. S., L. R. Hutyra, C. K. Gately, J. M. Getson, A. B. Reinmann, A. G. Short Gianatty, P. H. Templer, 2016: Soil respiration contributes substantially to urban carbon fluxes in the greater Boston area, *Environmental Pollution*, 212: 433-439.
- Dilly, O., H. P. Blume, J. C. Munch, 2003: Soil microbial activities in Luvisols and Anthrosols during 9 years of region-typical tillage and fertilization, *Biogeochemistry*, 65: 319-339.
- Dilustro, J., B. Collins, L. Duncan, C. Crawford, 2005: Moisture and soil texture effects on soil CO₂ components in southeastern mixed pine forest, *Forest Ecology and Management*, 204: 85-95.
- Fang, C., J. B. Moncrieff, 2001: The dependence of soil CO₂ efflux on temperature, *Soil Biology & Biochemistry*, 33: 155-165.
- Fu, Z. H., Q. J. Huyan, F. Li, S. Y. Song, D. Zhao, H. Li, 2013: Impacts of different surface covers on soil respiration in urban areas, *Acta Ecol. Sin.*, 33: 5500-5508.
- Heinemeyer, A., N. P. McNamara, 2011: Comparing the closed static versus the closed dynamic chamber flux methodology: Implications for soil respiration studies. *Plant Soil*, 346: 145-151.
- IUSS Working Group WRB, 2015: World reference base for soil resources 2014 (update 2015). International soil classification system for naming soils and creating legends. World Soil Resources Report No. 106., Food and Agriculture Organization of United Nations, 1-192., Rome.
- Jezierska-Tys, S., J. Joniec, J. Bednarz, E. Kwiatkowska, 2021: Microbial nitrogen transformations in soil treated pesticides and their impact on soil greenhouse gas emissions, *Agriculture*, 787: 1-12.
- Kara, E. E., M. Arli, V. Uygur, 2004: Effect of herbicide Topogard on soil respiration, nitrification, and denitrification in potato-cultivated soils differing in pH, *Biology and Fertility of Soils*, 39: 474-478.
- Knohl, A., A. R. B. Søe, W. L. Kutsch, M. Göckede, N. Buchmann, 2008: Representative estimates of soil and ecosystem respiration in an old beech forest, *Plant and Soil*, 302: 189-202.
- Köchy, M., R. Hiederer, A. Freibauer, 2015: Global distribution of soil organic carbon-Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world, *Soil*, 1: 351-365.
- Koizumi, H., M. Kontturi, S. Mariko, T. Nakadai, Y. Bekku, T. Mela, 1999: Soil respiration in three soil type in agricultural ecosystems in Finland, *Acta Agriculturæ Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science*, 49: 65-74.
- Kuznetsova, I. A., N. V. Lukina, E. V. Tikhonova, A. V. Gornov, M. V. Gornova, V. E. Smirnov, A. P. Geraskina, N. E. Shevchenko, D. N. Tebenkova, S. I. Chumachenko, 2019: Carbon stock in sandy and loamy soils of coniferous-broadleaved forests at different succession stages, *Eurasian Soil Science*, 52 (7): 756-768.
- Kuzyakov, Y., 2005: Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods, *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 426-448.
- Laganière, J., D. Paré, Y. Bergeron, H. Y. H. Chen, 2012: The effect of boreal forest composition on soil respiration in mediated through variations in soil temperature and C quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 53: 18-27.
- Li, J. H., J. X. Yan, X. F. Yue, M. B. Wang, 2008: Significance of soil temperature and moisture for soil respiration in Chinese mountain area, *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 490-503.
- Ligges, U., M. Mächler, 2003: scatterplot3d - an R Package for Visualizing Multivariate Data, *Journal of Statistical Software*, 8(11): 1-20.

- Lovett, M. G., J. J. Cole, M. L. Pace, 2006: Is net ecosystem production equal to ecosystem carbon accumulation? *Ecosystems*, 9: 152-155.
- Ma, S., A. Concilio, B. Oakley, M. North, J. Chen, 2010: Spatial variability in microclimate in mixed-conifer before and after thinning and burning treatments, *Forest Ecology and Management*, 259: 904-915.
- Ming, A., Y. Yang, S. Liu, H. Wang, Y. Li, H. Li, Y. Nong, D. Cai, H. Jia, Y. Tao, D. Sun, 2018: Effects of near natural forest management on soil greenhouse gas flux in *Pinus massoniana* (Lamb.) and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. plantations. *Forests*, 9(5): 1-14.
- Mühlbachova, G., H. Kusá, P. Ružek, R. Vavera, 2022: CO₂ emissions in a soil under different tillage practices, *Plant, Soil and Environment*, 68 (6), 253-261.
- Oertel, C., J. Matschullat, K. Zurba, F. Zimmermann, S. Erasmi, 2016: Greenhouse gas emissions from soils-A review, *Geochemistry*, 76(3): 327-352.
- Poeplau, C., A. Don, 2013: Sensitivity of soil organic carbon stock and fractions to different land-use changes across Europe, *Geoderma*, 192: 189-201.
- Poeplau, C., A. Don, L. Vasterdal, J. Leifeld, B. V. Wesemael, J. Schumacher, A. Gensior, 2011: Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone-carbon response functions as a model approach, *Global Change Biology*, 17: 2415-2427.
- Posarić, M., 2010: The most important reasons for the loss of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) from forest stands up to first thinnings, Šumarski list, 3-4: 151-158.
- Prasad, S., R. Baishya, 2019: Interactive effects of soil moisture and temperature on soil respiration under native and non-native tree species in semi-arid forest of Delhi, India, *Tropical Ecology*, 60: 252-260.
- Rađević, V., P. Pap, V. Vasić, 2020: Management of the common oak forests in Ravnji Srem: yesterday, today, tomorrow, *Topola/Poplar*, 206: 41-52. In Serbian.
- Sarzhanov, A. D., V. I. Vasenev, I. I. Vasenev, Y. L. Sotnikova, O. V. Ryzhkov, T. Morin, 2017: Carbon stocks and CO₂ emissions of urban and natural soils in Central Chernozemic region of Russia, *Catena*, 158: 131-140.
- Sarzhanov, A. D., V. I. Vasenev, Y. L. Sotnikova, A. Tembo, I. I. Vasenev, R. Valentini, 2015: Short-term dynamics and spatial heterogeneity of CO₂ emission from the soils of natural and urban ecosystems in the central chernozemic region. *Euroasian Soil Science*, 4: 469-478.
- Schindlbacher, A., S. Zechmeister-Boltenstern, R. Jandl, 2009: Carbon losses due to soil warming: Do autotrophic and heterotrophic soil respiration respond equally? *Global Change Biology*, 15: 901-913.
- Shi, L., Y. Guo, J. Ning, S. Lou, F. Hou, 2020: Herbicide applications increase greenhouse gas emissions of alfalfa in the inland arid region of northwest China, *PeerJ*, 8: 1-17.
- Tang, J., D. D. Baldocchi, Y. Qi, L. Xu, 2003: Assessing CO₂ efflux continuous measurements of CO₂ profiles in soils with small solid-state sensors, *Agricultural and Forest Meteorology*, 118: 207-220.
- Tang, L. X., G. Y. Zhou, S. G. Liu, D. Q. Zhang, S. Z. Liu, J. Li, C. Y. Zhou, 2006: Dependence of soil respiration on soil temperature and soil moisture in successional forests in Southern China, *Journal of Integrative Plant Biology*, 48 (6): 654-663.
- Teramoto, M., N. Liang, J. Zeng, N. Saigusa, Y. Takahashi, 2017: Long-term chamber measurements reveal strong impacts of soil temperature on seasonal and inter-annual variation in understory CO₂ fluxes in a Japanese larch (*Larix kaempferi* Sarg.) forest, *Agricultural and Forest Meteorology*, 247: 194-206.
- Teramoto, M., N. Liang, Y. Takahashi, J. Zeng, N. Saigusa, R. Ide, X. Zhao, 2019: Enhanced understory carbon flux components and robustness of net CO₂ exchange after thinning in larch forest in central Japan, *Agricultural and Forest Meteorology*, 274: 106-117.
- Tomić, Z., 2004: Forest phytocoenology. University of Belgrade-Faculty of Forestry, 1-261. Belgrade.
- Tomić, Z., N. Jović, 2002: Recent succession of the pedunculate oak and narrow-leaved ash forest in the unflooded part of Gornji Srem, *Bulletin of the Faculty of Forestry*, 85: 101-112.
- Vasić, V., B. Konstantinović, S. Orlović, 2014: Application of post-emergence herbicides in the regeneration of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) forests. *Forestry*, 87: 407-415.
- Vasic, V., S. Djuric, T. Jafari-Hajnal, S. Orlovic, S. Vasic, L. Poljakovic Pajnik, V. Galovic, 2018: The microbiological response of forest soils after application of nicosulfuron, imazamox and cycloxydim. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16: 2305-2312.
- Vasić, V., T. Hajnal-Jafari, S. Djurić, B. Kovačević, S. Stojnić, S. Vasić, V. Galović, S. Orlović, 2022: Effect of herbicide clopyralid and imazamox on dehydrogenase enzyme in soil of regenerated pedunculate oak forests, *Forests*, 13, 926: 1-11.
- Wang, B., Y. Jiang, X. Wei, G. Zhao, H. Guo, X. Bai, 2011: Effects of forest type, stand age, and altitude on soil respiration in subtropical forests of China. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26: 40-47.
- Wickham, H., 2016: *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. 2nd Edition. Springer-Verlag. New York.
- Yu, C. J., P. N. Chiang, Y. J. Lai, M. J. Tsai, Y. N. Wang, 2021: High rainfall inhibited Soil Respiration in an Asian monsoon forest in Taiwan. *Forests*, 12 (2): 1-16.
- Zhao, C., Y. Miao, C. Yu, L. Zhu, F. Wang, L. Jiang, H. Dafeng, S. Wan, 2016: Soil microbial community composition and respiration along an experimental precipitation gradient in a semiarid steppe. *Scientific Reports*, 6: 1-9.

ACKNOWLEDGMENTS ZAHVALA

This paper is supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 451-03-68/2022-14/200197. We acknowledge the “Vojvodinašume” public enterprise.

SAŽETAK

Gubitak organskog ugljika i povećana emisija ugljikovog dioksida (CO_2) iz tla uzrokovani su raznim ljudskim aktivnostima. Cilj ovoga rada bio je ispitati antropogeni utjecaj na emisije ugljikovog dioksida iz tla tijekom obnove sastojine hrasta lužnjaka (*Quercus robur L.*). Istraživanje je provedeno u Sremskom okrugu (Autonomna Pokrajina Vojvodina, Republika Srbija) tijekom ljeta 2021. godine (Slika 1). Postavljene su tri pokusne plohe, od kojih je na dvije primjetan antropogeni utjecaj. Prva ploha (*Plot 1*) osnovana je na prirodnom tlu (Gleysol), (Slika 2A) i nije bila izložena antropogenom utjecaju, dok je druga (*Plot 2*) osnovana na istom tipu tla (Slika 2B) na kojem je obavljeno tretiranje pesticidima zbog zaštite hrastovog pomlatka tijekom procesa obnove sastojine. Treća ploha (*Plot 3*) je osnovana na antropogenom tlu (Anthrosol), (Slika 2C), koje je nastalo uslijed pripreme staništa za obnovu sastojine, bez tretiranja pesticidima. Uzorci zraka prikupljeni su pomoću cilindričnih komora, dok su analize obavljene na plinskom kromatografu (Agilent 8890).

Dinamika temperature i vlažnosti tla kao najvažniji čimbenici (Slika 3) značajno su utjecali na emisiju ugljikovog dioksida tijekom ljetnog razdoblja. Na plohi na kojoj je formirano antropogeno tlo, dobivena je pouzdana pozitivna korelacija između protoka ugljikovog dioksida i temperature tla ($r = 0.77$, $p < 0.05$), dok je visoka značajna korelacija između protoka i vlažnosti tla dobivena na prirodnom tlu koje je bilo pod utjecajem pesticida ($r = 0.85$, $p < 0.05$). Plohe koje su bile pod antropogenim utjecajem (*Plot 2* i *Plot 3*) imale su veće vrijednosti toka tijekom ljetnog razdoblja u odnosu na prvu plohu (*Plot 1*) (Slika 4) i (Slika 5). Prosječna emisija najmanje je varirala ($\text{CV} = 30.64\%$) na prvoj plohi (*Plot 1*), dok je najveća vrijednost koeficijenta varijacije (CV) zabilježena na drugoj plohi (43.23%), (Slika 6). Vrijednosti koeficijenta determinacije (R^2) u običnoj linearnoj regresiji, gdje je prikazana ovisnost između protoka ugljikovog dioksida i temperature, bile su u rasponu od 0.04 do 0.60, a najveća vrijednost dobivena je na trećoj plohi (*Plot 3*) (Slika 7). Na plohamu koju su bile postavljene na prirodnom tlu (*Plot 1* i *Plot 2*) emisija ugljikovog dioksida uglavnom je ovisila o vlažnosti tla. S povećanjem vlažnosti tla, ploha koja je bila pod utjecajem pesticida (*Plot 2*) imala je intenzivniji porast emisija u odnosu na prvu plohu (*Plot 1*), (Slika 8). Najbolji multilinearni regresijski model, gdje je ispitivan kombinirani učinak temperature i vlažnosti tla na emisiju ugljikovog dioksida, dobiven je na trećoj plohi (Slika 9), gdje je vrijednost koeficijenta determinacije (R^2) iznosila 0.89 (Tablica 3).

Kao posljedica primjene pesticida, kao i stvaranja antropogenog tla tijekom obnove hrastove sastojine, došlo je do značajnog povećanja emisije ugljikovog dioksida (CO_2) iz tla u odnosu na referentno prirodno tlo bez antropogenog utjecaja.

KLJUČNE RIJEČI: CO_2 , hrast lužnjak, antropogeni utjecaj, temperatura tla, vlažnost tla

IZAZOV REGRUTIRANJA ŠUMARSKE RADNE SNAGE U EUROPI I SVIJETU

THE CHALLENGE OF RECRUITING FORESTRY WORKFORCE IN EUROPE AND WORLDWIDE

Mario ŠPORČIĆ¹, David MIJOČ², Matija BAKARIĆ¹, Zdravko PANDUR¹, Marin BAČIĆ¹, Matija LANDEKIĆ^{1*}

SAŽETAK

Rad u šumarstvu razumijeva sve ljudske aktivnosti koje su prijeko potrebne za obavljanje planiranih šumarskih poslova, a radi ostvarivanja dobrobiti od šume i šumskoga zemljišta. U skladu s tim šumarski radnici, tj. ljudi s potrebnim znanjima, vještinama i sposobnostima, uz odgovarajuća sredstva za rad i predmet rada predstavljaju temeljni čimbenik šumarske proizvodnje. Stručno osposobljeni, odgovorni, savjesni i motivirani šumarski radnici imaju odlučujuću ulogu u ostvarivanju uspješnih proizvodnih i poslovnih rezultata te čine neodvojivu sastavnicu u suvremenoj, općeprihvaćenoj paradigmi održivoga gospodarenja šumama. Međutim, danas u svijetu stalnih promjena šumarstvo se neprestano nalazi pred izazovom osiguranja kvalificirane i održive radne snage. Nedostatak šumarskih radnika postaje sve učestaliji problem u europskom i svjetskom šumarstvu, a razlog tomu su različiti globalni demografski, ekonomski, tehnološki i politički procesi, kao i specifičnosti samog sektora. U radu se stoga, uz opće značajke šumarskog rada prikazuju neki pokazatelji stanja i položaja radne snage u šumarstvu Europe i svijeta. Posebno se obrađuju aktualna pitanja i problemi u regрутiranju potrebne šumarske radne snage (nedostatak radnika, manjak interesa kod mlađih ljudi, starenje postojeće radne snage, šumarski poduzetnici, neformalno zapošljavanje i sl.) te određeni alati i instrumenti važni za uspješno privlačenje i zadržavanje šumarskih radnika (razumijevanje motivacije, kompenzacije za rad, obrazovanje i trening radnika, nove tehnologije i sl.). Svrha rada se sastoji u pružanju podloga koje mogu biti važan doprinos u unapređenju stanja i održivosti radne snage u šumarstvu.

KLJUČNE RIJEČI: šumarstvo, šumarski rad, regрутiranje radnika, održivost radne snage

1. UVOD INTRODUCTION

Radna se snaga može definirati kao ukupnost čovjekovih fizičkih i duhovnih sposobnosti koje se mogu koristiti za proizvodnju uporabnih vrijednosti bilo koje vrste (Hrvatska enciklopedija, 2021). Opseg, odnosno veličina radne snage ovisi o ukupnom broju stanovnika i njihovih brojnih struktturnih obilježja. Prema Wertheimer-Baletić (1999) radna snaga, kao ekonomski aktivni dio stanovništva, naj-

značajniji je čimbenik procesa proizvodnje u svim tipovima društva bez obzira na promjene koje su se tijekom povijesnoga razvoja zbivale u njezinoj ulozi pokretača i nositelja procesa proizvodnje.

U šumarstvu proizvodni šumarski radnici, tj. kvalitetna, stručno osposobljena i održiva radna snaga temeljni je preduvjet za uspješnu šumarsku proizvodnju te sastavna i neodvojiva komponenta u suvremenoj, općeprihvaćenoj paradigmi održivog gospodarenja šumama. Unutar načela

¹ prof. dr. sc. Mario Šporčić, doc. dr. sc. Matija Bakarić, izv. prof. dr. sc. Zdravko Pandur, doc. dr. sc. Marin Bačić, izv. prof. dr. sc. Matija Landekić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije, Svetošimunska 23, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: sporcic@sumfak.hr, mbakaric@sumfak.hr, zpandur@sumfak.hr, mbacic1@sumfak.hr, mlandekic@sumfak.hr

² dr. sc. David Mijoč, SGD Hercegbosanske šume d.o.o. Kupres, Splitska bb, 80320 Kupres, Bosna i Hercegovina, e-mail: dmijoc@gmail.com

*autor za korespondenciju – corresponding author

održivosti radna snaga se s ekonomskog gledišta očituje kao neizostavni input u šumarskoj proizvodnji o kojem ovisi većina prihoda u šumarstvu. Isto se sa socijalnog gledišta ogleda u koristima koje se ostvaruju od zapošljavanja u šumarstvu, tj. izvoru zarade za zaposlenike i njihove obitelji, zadržavanju ruralnog stanovništava i sl. S ekološkog gledišta pak, uslijed sve izraženijih prirodnih nepogoda (učestale suše, šumski požari, poplave, napadi šumskih štetnika i bolesti), šumarstvo je pod sve intenzivnijim pritiskom zaštite i očuvanja šumskih ekosustava, a formiranje novih poslova i nove radne snage postaje sastavni dio zelene ekonomije kao budućeg razvojnog puta šumarstva (OECD 2011, UNEP i dr. 2008). Osim što ima veliku važnost s ekonomskog, socijalnog i ekološkog gledišta, radna snaga u šumarstvu se može promatrati i kao njihova poveznica, odnosno kao sastavni dio cjelovitog održivog gospodarenja šumama (Slika 1).

Rad u šumarstvu, posebno pridobivanje drva, kao visokorizična, tjelesno intenzivna i stručno vrlo zahtjevna djelatnost zahtijeva zdrave, fizički spremne i spretne, stručno osposobljene, odgovorne, savjesne i motivirane radnike. Šumarski sektor u Europi i svijetu danas se međutim sve više suočava s problemom nedostatka proizvodnih šumarskih radnika te izazovom osiguranja kvalificirane i održive radne snage. Tržište rada pritom kroz svoje mehanizme ponude i potražnje ima težak zadatak osiguranja ljudskog kapitala potrebnog za šumarsku proizvodnju te daljnji rast i razvoj sektora.

S obzirom na navedeno, u ovome će se radu prikazati značajke šumarskog rada te pokazatelji stanja i položaja radne

snage u šumarstvu Europe i svijeta. Posebno će se izložiti problemi i izazovi s kojima se šumarski sektor susreće u pribavljanju i osiguranju potrebne radne snage (nedostatak radnika, manjak interesa za rad u šumarstvu, starenje radne snage, šumarski poduzetnici i sl.) te određeni alati i instrumenti važni za uspješno privlačenje i zadržavanje radnika (razumijevanje motivacije, kompenzacije za rad, obrazovanje i trening radnika, nove tehnologije i sl.). Svrha rada se sastoji u pružanju podloga koje mogu biti važan doprinos u unapređenju stanja i održivosti radne snage u šumarstvu.

1.1 Značajke šumarskog rada – *Forestry work features*

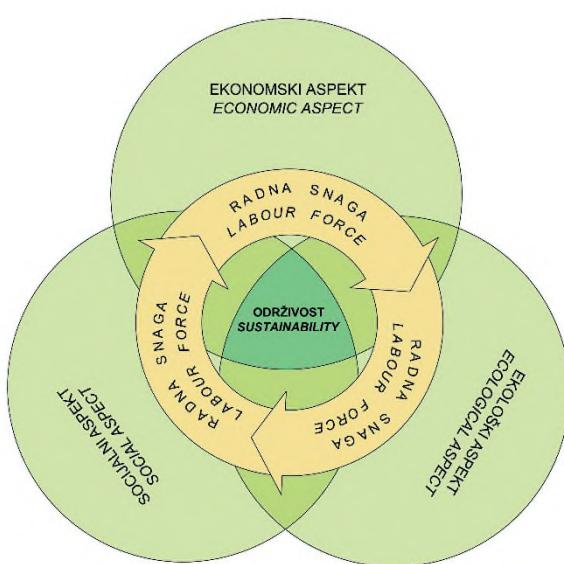
Zbog rada u prirodnom okruženju i učestale upotrebe ručnih alata i strojeva šumarski su radnici izloženi značajnim fizičkim, psihičkim i okolišnim čimbenicima, odnosno njihovu nepovoljnem utjecaju (Landekić i dr. 2013). Opasni radni uvjeti, česte ozljede i profesionalne bolesti, obilježja radnoga mjesta i predmeta rada, nepovoljan položaj tijela pri radu, trajanje i struktura radnoga vremena te izuzetan fizički napor trajni su rizik za očuvanje radne sposobnosti i zdravlja radnika (Landekić 2010, Landekić i dr. 2023).

Rad u šumarstvu traži iznimno tjelesni napor. Rad se smatra fizički zahtjevnim i teškim kada uključuje visoku energetsku potrošnju i intenzivne mišićne napore ili kombinaciju ova dva elementa. Takve poslove ne može obavljati svatko, jer mnogi zaposlenici u industrijama koje zahtijevaju težak fizički rad nisu u stanju postići visoku razinu izdržljivosti i snage da bi na siguran i učinkovit način obavljali svakodnevne tjelesno iscrpljujuće zadatke (Sharkey i Davis 2008). Sposobnost obavljanja fizički teškoga posla može biti smanjena zbog nepravilna držanja tijela pri obavljanju radnih operacija, izostanka fizičke aktivnosti u duljim prekidima rada, konzumiranja tvari štetnih za zdravlje, promjene nadmorske visine (Sharkey i Davis 2008), ali i ostalih čimbenika, kao što su povećanje tjelesne mase radnika (Martinić i dr. 2006).

Osim toga što je fizički težak, rad u šumarstvu je i iznimno opasan. Poslovi šumarskoga radnika u većini zemalja svijeta svrstavaju se među najopasnije poslove s visokim udjelom teških ozljeda i smrtnih slučajeva te učestalom profesionalnim bolestima (EU-OSHA 2008, Adams i dr. 2014) koje su povezane s mišićnim, koštanim, nervnim i kardiovaskularnim sustavom te oštećenjima sluha (Gallis 2006, Bovenzi 2008, Arman i dr. 2022, Camargo i dr. 2022.).

Proizvodni šumarski radnici najčešće se ozljeđuju pri ručno-strojnoj sjeći i izradi drva. Analiza nesreća u šumarstvu pokazala je da su ti poslovi daleko najrizičniji te se na njima događa do 80 % svih nesreća u sektoru (ILO 1998, Efthymiou 2008, Robb i dr. 2022).

Incidencija ozljeda u šumarstvu znatno je viša u odnosu na druge gospodarske sektore. U šumarstvu SAD-a stopa oz-



Slika 1. Odnos radne snage i održivosti gospodarenja šumama (prilagođeno prema IS 1987)

Figure 1. Relationship between the workforce and sustainability of forest management (adapted from IS 1987)

ljeda sa smrtnim ishodom 19 puta je veća nego u drugim sektorima (Lefort i dr. 2003, Bell 2002). U Njemačkoj je zabilježena tri puta veća stopa ozljeda sa smrtnim ishodom u odnosu na građevinarstvo i dva puta veća u odnosu na poljoprivredu, dok je u Španjolskoj stopa ozljedivanja tri do četiri puta veća nego u ostalim sektorima (Cabeças 2007). Neke procjene govore da broj ozljeda u profesionalnom šumarskom radu u svijetu prelazi 170 000 slučajeva godišnje (Garland 2018).

Šumarski rad također često razumijeva izoliranost radnika i odvojenost od obitelji. Kao posljedica toga u pitanje mogu biti dovedeni kvaliteta življenja, socijalizacija i psihičko stanje radnika, osobna higijena i dr. Neka istraživanja dokazuju da radni uvjeti u poslovima pridobivanja drva negativno utječu na mentalno zdravlje radnika izazivajući tjeskobu, nervozu, nesanicu i sl. (Lotfalian i dr. 2012). Radni uvjeti u šumarstvu izuzetno su teški, posebno u zemljama u razvoju, gdje je nerijetko prisutno sezonsko zapošljavanje, boravak radnika u izoliranim kampovima (kontejnerima u šumi), bez kontinuirane opskrbe strujom i vodom, ograničenim pristupom medicinskim i ostalim uslugama i sl. (ILO 2019).

2. PROBLEM OSIGURANJA RADNE SNAGE U ŠUMARSTVU

PROBLEM OF ENSURING THE WORKFORCE IN FORESTRY

Prema nekim procjenama danas u svijetu preko 90 % ukupnoga prometa roba i usluga u šumarskom sektoru izravno je vezano uz poslove pridobivanja drva (TBRC 2020). Isto se tako procjenjuje da se godišnje u svijetu, primjenom raznih tehnika i sustava pridobivanja drva, posijeće oko 3,5 milijardi m³ drveta (Garland 2018). Pritom se drži da je u svijetu u šumarstvu formalno (legalno) zaposleno oko 13,7 milijuna radnika, što čini 0,4 % ukupne svjetske radne snage (ILO 2021). Naglašava se pritom da su službeni podaci o zaposlenosti u šumarstvu često manjkavi, ponajviše zbog neformalnoga i povremenoga oblika zapošljavanja.

Šumarski radnici tradicionalno najvećim dijelom dolaze iz ruralnih sredina bogatih šumom (Whiteman i dr. 2015, UNECE/FAO 2020). U razdoblju od 2015. do 2030. godine, međutim, u Europi se očekuje znatno snažniji rast stanovništva u gradovima u odnosu na ruralna naselja te se predviđa da će zbog iseljavanja ruralnoga stanovništva gotovo četvrtina poljoprivrednoga zemljišta biti napuštena, posebno u sredozemnim i planinskim područjima niske gustoće naseljenosti, velike izoliranosti i otežanih uvjeta života (Perpiñá Castillo i dr. 2019). Neka istraživanja ističu rast useljavanja migranata u ruralne sredine, koji u nekim djelatnostima, kao što su hortikultura i poljoprivreda, čine većinu fizičke radne snage (Rye i Scott 2018).

Osim iseljavanja ruralnih područja i ostale strukturne promjene poput globalizacije i starenja populacije nesumnjivo djeluju na šumarski sektor i njegovu radnu snagu. Prema UNECE/FAO (2020) ukupan se broj šumarskih radnika u Europi od 2008. do 2016. godine smanjio za 18 %. U skandinavskim zemljama i Njemačkoj smanjenje broja šumarskih radnika uglavnom je uzrokovano značajnjom mehanizacijom rada. U Švedskoj je u 40-godišnjem razdoblju broj šumarskih radnika s 100 000 pao na 10 000, što je smanjenje od 90 % (Axelsson 1998). Salminen i dr. (1999) navode da se broj šumarskih radnika u Finskoj samo u pet godina, od 1990. do 1995. smanjio za 50 %. U Francuskoj je u 2004. godini evidentirano oko 11 000 sjekača, dok je 2013. godine taj broj pao na 7 000, a smanjenje se nije zau stavilo ni zapošljavanjem migrantske radne snage (Cacot i dr. 2015). U Hrvatskoj je od 2001. do 2021. godine broj šumarskih radnika u državnom šumarskom poduzeću smanjen s 5 129 na 2 595 (Hrvatske šume 2001, 2021). Prema Tsiorasu (2010, 2012) preko 85 % šumarskih stručnjaka u Grčkoj drži da će nedostatak radnika u budućnosti biti značajan problem, budući istraživanja indiciraju kontinuirani pad njihova broja uslijed smanjenja interesa za šumarske poslove i rastuće migracije mladih u velike gradove. Bernasconi i Schroff (2011) ističu manjak interesa mladih ljudi za trening i profesionalni razvoj šumarskog radnika u Europi i Sjevernoj Americi. U SAD-u Egan i Taggart (2004) zaključuju da gotovo 70 % sjekača u šumama Nove Engleske ne želi taj posao preporučiti svojoj djeci, iako su i sami potekli iz šumarskih obitelji. Novija istraživanja pokazuju da se šumarski sektor u SAD-u suočava s ozbiljnim strukturnim problemom nedostatka radne snage u djelatnosti pridobivanja drva, ponajprije zbog manjka mladih radnika (He i dr. 2021). U Mainu je od 2010. do 2018. godine zabilježen pad broja šumarskih radnika za 9,4 % (PLCM 2019). U Britanskoj Kolumbiji u Kanadi broj radnika u šumarstvu se od 1994. do 2005. smanjio za 30 % (LINK 2008).

2.1 Promjena prirode i organizacije šumarskog rada – *Change in the characteristics and organization of forestry work*

Velike strukturne promjene koje su od 1960-ih, pa kroz 1980-te, 1990-te i nastavljajući u 2000-im, značajno djelovale na radnu snagu u šumarskom sektoru su mehanizacija rada, industrijska reorganizacija, višefunkcionalno i višedioničko upravljanje šumama, organizacija rada i privatno poduzetništvo u šumarstvu (UNECE/FAO 2020).

Najveća promjena pri zapošljavanju u šumarstvu, dogodila se prelaskom rada iz državnoga/javnoga u privatni sektor, odnosno transformacijom velikih multifunkcionalnih organizacija u mnoštvo malih poduzeća. Počevši od sedamdesetih godina prošloga stoljeća te su promjene bile okarakterizirane prepustanjem poslova vanjskim pružateljima usluga u Europi, Kanadi i SAD-u, što je dovelo do pojave

znatnoga broja privatnih poduzeća koja su preuzela glavnu šumarsku poslovnu, posebice u pridobivanju drva (Blombäck i dr. 2003). S dolaskom takvih organizacija na knade za rad počele su znatno ovisiti o proizvodnosti, a povećanje obujma proizvodnje u nekim zemljama nije uzrokovalo veću potražnju za radnicima, uglavnom zbog razvoja šumarske mehanizacije (Nair 2004). Također, postupnim odvajanjem sporednih od glavnih šumarskih djelatnosti uvelike je pao broj izravno zaposlenih radnika i sredstava rada u mnogim šumarskim upravama i poduzećima kojima je bilo povjerenog gospodarenje državnim šumama (Šporčić i dr. 2009).

U prošlosti su bila naglašena vremena snažne korporativne odanosti i predanosti doživotnom poslovnom kontinuitetu, što je razumjevalo da radnik cijeli radni vijek provede u jednom poduzeću. Tako su se tijekom pedesetih i sedamdesetih godina prošloga stoljeća radnici zapošljavali kao sječači u velikim vertikalno integriranim poduzećima, nadajući se da će postupno napredovati do boljih radnih mjeseta. Međutim, osamdesetih i devedesetih godina prošloga stoljeća potpuno se promijenio dotad dominantni sustav zapošljavanja, što je razumjevalo mnogobrojne otkaze radnih odnosa te prodaju i transformaciju poduzeća. Zatečeni radnici pritom su izgubili povjerenje u upravitelje, direktore i sindikate (Sweeney 2010). Radi snižavanja troškova i povećanja fleksibilnosti neka su državna šumarska poduzeća otpustila zaposlene radnike da bi ih opet angažirala kao samostalne izvoditelje radova, što je rezultiralo lošim radnim uvjetima te nezadovoljavajućom razinom sigurnosti na radu (Strehlke 2003). Sindikati su izgubili značenje koje su imali ranije kada su igrali ključnu ulogu u poboljšanju položaja šumarskih radnika (Robbins 2008). U novonastalom okruženju prevladao je sasvim drugačiji menadžment te komunikacijska i organizacijska kultura kojima su se radnici morali prilagoditi (UNECE/FAO 2020).

Broj privatnih izvoditelja šumarskih radova otada se pričinio povećao i danas zauzima znatan udio u poslovima pridobivanja drva u europskom i svjetskom šumarstvu. Iako ih karakterizira relativno mali broj radnika i sredstava za rad te lošije kompetencije u administraciji i financijama u odnosu na javna poduzeća, oni posjeduju značajne tehničke i praktične vještine te visoku fleksibilnost i učinkovitost u obavljanju šumarskih operacija (Šporčić i dr. 2009, Moss i Hedderick 2012, UNECE/FAO 2020). Neki podaci govore da u Europi postoji približno 50 000 šumarskih poduzetnika koji obave oko 80 % svih poslova pridobivanja drva, a pritom zapošljavaju otprilike 250 000 radnika (ENFE 2021). Privatni izvoditelji šumarskih radova u Njemačkoj posjeduju oko dvije trećine proizvodnih kapaciteta za pridobivanje drva, vode oko 2 700 poduzeća s oko 9 000 zaposlenika i gotovo polovica su obiteljski poslovi koji često kombiniraju poljoprivredu i šumarstvo. U Norveškoj je u 2014. godini bilo oko 250 izvoditelja šumarskih radova,

većinom obiteljskih poduzeća s dva do pet zaposlenika (UNECE/FAO 2020). U Švedskoj je broj privatnih izvoditelja u šumarstvu od 1993. do 2009. godine narastao za 80 % odnosno na 2 488 pretežno malih poduzeća s jednim do nekoliko zaposlenika (Häggström i dr. 2012). Broj privatnih izvoditelja u Hrvatskoj je 2016. godine iznosio 339, uglavnom manjih poduzeća s godišnjim kapacitetom proizvodnje ispod 10 000 m³ (Šporčić i dr. 2017).

Radni uvjeti u privatnim šumarskim poduzećima, posebno u nerazvijenim i u zemljama u razvoju, često su loši i manjkavi, s naglaskom na niske sigurnosne standarde, loš sustav osposobljavanja, visoku fluktuaciju radnika, male plaće i nedovoljnu socijalnu zaštitu, povremene i teške zadatke s kratkim rokovima, lošu opremljenost i dr. (Šporčić i dr. 2009, Tsioras 2010). U razvijenim zemljama radni su uvjeti osjetno bolji te se u mnogim državama mogu uočiti primjeri dobre prakse, kao npr. cjenovni sporazumi koji u Njemačkoj, Finskoj, Norveškoj, Švedskoj i Švicarskoj čine osnovu ugovora o radu između poduzetnika (poslodavca) i šumarskih radnika (FAO 2011).

Poseban trend koji je utjecao na industrijsku reorganizaciju šumarskog sektora je prijelaz prema višefunkcionalnom gospodarenju šumama. Ciljevi gospodarenja šumama pritom odgovaraju, od 1990-ih godina na ovamo, na promjene političkih i socijalnih očekivanja. Fokus u šumarstvu se pomakao od prvenstvenog korištenja prirodnih resursa do prihvaćanja puno šireg raspona različitih funkcija šuma (usluga ekosustava). To se odrazilo u višestrukim promjenama upravljačkog pristupa, kroz višenamjensko gospodarenje šumama, adaptivno upravljanje i u novije vrijeme širi fokus na zeleno gospodarstvo i bioekonomiju. Ove promjene zahtijevaju nove vještine i traže da šumarska poduzeća, osoblje, radnici, poduzetnici i prerađivači budu fleksibilni i inovativni – opremljeni sposobnostima koje će biti sve važnije (UNECE/FAO 2020).

2.2 Neformalno zapošljavanje i izrabljivanje radnika – *Informal employment and exploitation of workers*

Novija istraživanja govore da je u svijetu u šumarstvu neformalno zaposleno između 36 i 66 milijuna ljudi (Lippe i dr. 2021). Neformalno zapošljavanje ili »rad na crno« obično se odnosi na radnike koji rade izvan formalnih propisa, odnosno na obiteljske, samozaposlene i zaposlene radnike koji nisu pod pravnom i socijalnom zaštitom te poslodavce zaposlene u svojim neregistriranim poduzećima (ILO 2013). Takvi radnici najčešće rade na poslovima pridobivanja drva s naglaskom na proizvodnju ogrjevnoga drva i ugljena, ali i na poslovima sakupljanja nedrvnih šumskih proizvoda (Whiteman i dr. 2015). U većini slučajeva rad na crno u šumarstvu obilježen je lošim radnim uvjetima u kojima su radnici uskraćeni za primjerenu kompenzaciju i ostala prava kao što su socijalna sigurnost, adekvatna razina

zaštite na radu, obrazovanje, trening i ostale beneficije, te se opravdano mogu smatrati vrlo ranjivom radnom snagom (Ackernrech 2010, ILO 2019). U takvim okolnostima izravljanje šumarskih radnika postaje uobičajen i sveprisutan problem, posebno u nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju (ILO 2018, 2019).

U šumarstvu razvijenih europskih zemalja izravljanje radnika također postaje sve učestalija praksa i u neformalnom i u formalnom dijelu zapošljavanja. Agencija Evropske unije za temeljna prava naglašava rastući trend izravljanja radnika migranata u građevinskom i šumarskom sektoru EU-a, u kojem je više od polovice radnika bilo potplaćeno, radilo prekomjerne sate bez pauze, u neprikladnom radnom okruženju te boravilo i spavalо u objektima bez osnovnih životnih uvjeta (FRA 2019). U Češkoj je u državnim šumama radilo na stotine migranata koji su bili iskorištavani tako da im se plaćao samo mali dio njihova rada, te su bili izloženi stalnim prijetnjama i ucjenama (Křížková i Čaněk 2011). Izravljanje radnika u šumarskom sektoru također je zabilježeno i u nekim od najrazvijenijih zemalja svijeta poput Finske, Švedske i Velike Britanije, posebno u ruralnim sredinama (Rye i O'Reilly 2021).

Ipak, treba istaknuti da neformalna ekonomija može imati iznimno važnu ulogu u pribavljanju ukupne radne snage raspoložive za formalno zapošljavanje (Economist Intelligence Unit, 2015). Naime, kada formalno tržište zakaže u zadovoljavanju potražnje za poslovima, odnosno kada nezaposlenost naraste, neformalna ekonomija može postati najbolja dostupna opcija za osobe koje zbog nedostatka kvalifikacija, edukacije, legalnoga statusa ili nekoga drugoga razloga imaju prepreke pri ulasku na tržište rada (ILO 2014). Radnici u neformalnoj ekonomiji mogu imati velik poduzetnički potencijal, a njihova kreativnost, vještine i inovacije mogu se u potpunosti razviti prelaskom na formalnu ekonomiju (ILO 2014).

2.3 Starenje radne snage – *Aging of the workforce*

Veličina i dobna struktura europskoga stanovništva doživljava dramatične promjene, ponajprije zbog niske stope fertiliteta, kontinuiranoga povećanja životne dobi i umirovljenja tzv. *baby-boom* generacije (EC 2006). Proces ubrzanoga starenja populacije širom Europe negativno se odražava i na šumarske radnike s obzirom da starenje stanovništva ima izravan utjecaj na budući opseg, dobnu strukturu i tržišnu ponudu radne snage (Wertheimer-Baletić 1999, Calvo-Sotomayor i dr. 2019). Sabadi (1992) je u Hrvatskoj već ranije pisao da čemo početkom trećega tisućljeća na šumarskim strojevima imati »djedice« od 50 godina. Kvaliteta i opseg radne snage u budućnosti će opadati, posebno među radnicima preko 50 godina, kod kojih vjerojatnost sudjelovanja u ukupnoj radnoj snazi ima ten-

denciju pada zbog raznih čimbenika, kao što su utjecaj bolesti, invaliditet i dr. (Marešová i dr. 2015).

Za radnike na sjeći i izradi drva motornom pilom Ranogajec (1999) navodi kako im je radni vijek uvjetovan ukupnom starošću te da je opća granica njihove radne sposobnosti do 50. godine života zbog narušenog zdravstvenoga stanja i teških uvjeta rada u šumarstvu. Za poslove privlačenja drva također je utvrđeno da mlađi radnici u odnosu na starije pokazuju manja fizička naprezanja te se preporučuje, posebice starijim radnicima omogućavanje dužih pauza u radu uz prihvaćanje manje produktivnosti (Aalmo i dr. 2016). Vondra (1998) ističe da nakon 40. godine života 80 % šumarskih radnika dnevno trpi bolove tijekom ili nakon završenoga rada.

Starenju radne snage u šumarstvu, osim demografskih razloga, uvelike pridonosi i sve prisutniji manjak interesa mladih ljudi za teške fizičke poslove (Ackernrech 2010). Tako se u Europi udio šumarskih radnika starijih od 50 godina u razdoblju od 2000 – 2010. godine povećao za 30 %. U Švedskoj je npr. do 2010. godine polovica svih radnika bila u dobi od 50 i više godina. U zemljama kao što su Francuska, Njemačka, Irska i Norveška broj radnika starijih od 50 godina u istom se razdoblju povećao za preko 15 % i dosegao je između 37 % i 46 % ukupne šumarske radne snage (UNECE/FAO 2020). U Mainu u SAD-u također je prisutna sve nepovoljnija dobna struktura šumarskih radnika, gdje udio radnika ispod 45 godina u ukupnom broju iznosi tek 38 %, a onih ispod 25 godina manje je od 4 % (PLCM 2019). Udio radnika dobne skupine 55–64 godine u SAD-u je od 1997. do 2017. narastao za 22 %, što otprilike odgovara trendu starenja tamošnje sveukupne populacije (He i dr. 2021). U nekim pokrajinama u Kanadi više od polovice radnika starije je od 50 godina te se posebno ističe manjak interesa mladih ljudi za poslove u šumarstvu i nemogućnost njihova zadržavanja u sektoru (LINK 2008).

3. PRIVLAČENJE, ZADRŽAVANJE I PREDANOST RADNIKA

RECRUITMENT, RETENTION AND COMMITMENT OF WORKERS

Uspješno privlačenje, zadržavanje te motiviranje i predanost radnika ponajprije zahtijevaju razumijevanje koncepta ljudskog kapitala i ljudskog potencijala. Ljudski kapital podrazumijeva sva ljudska svojstva o kojima ovisi radna učinkovitost pojedinca i organizacije, odnosno znanje, obrazovanje, vještine, kompetencije, tjelesno zdravlje, fizičke i mentalne sposobnosti te motiviranost za rad i razvoj (Bogdanović 2008). Dakle, ljudski kapital obuhvaća ono što je već raspoloživo u poduzeću te se može upotrijebiti u gospodarske svrhe, samo ga treba iskoristiti na odgovarajući način. Ljudski potencijal čini ono što još nije

raspoloživo ili spremno za ekonomsku eksploraciju, ali može postati uz određena poboljšanja ljudskog kapitala, npr. obrazovanjem, treningom, motivacijom i sl. (Bahtija-rević-Šiber 1999).

Upravljanje ljudskim potencijalima tema je koja sve više zaokuplja menadžment, a ima zadatku odgovoriti na uvek izazovna i aktualna pitanja regrutiranja, selekcije, zadržavanja, motiviranja, nagradivanja, sposobljavanja i razvoja radnika. Kao takvo, nesumnjivo ima važnu ulogu i u šumarstvu te će se u nastavku kratko izložiti neki elementi menadžmenta ljudskih potencijala bitni za pitanja radne snage u šumarstvu. Dodatno će se istaknuti važnost obrazovanja i treninga radnika te primjene novih tehnologija u šumarstvu.

3.1 Razumijevanje motivacije radnika – *Understanding workers' motivation*

Motivacija radnika može se definirati kao ponašanje usmjerenog prema nekom cilju koji pobiđuje potrebe izazvane u čovjeku, a razlog ponašanja je zadovoljenje tih potreba (Marušić 2006). Drugim riječima, razumijevanje motivacije nedvojivo je povezano s razumijevanjem ljudskih potreba, koje se mogu jednostavno prikazati kroz jednu od najpoznatijih teorija motivacije ili Maslowljevu hijerarhiju potreba (Slika 2). Maslow (1981) je definirao pet općih potreba koje motiviraju naše ponašanje, na način da se prvo zadovoljavaju osnovne potrebe, a zatim one više razine. Poredane po rangu (prema gore) to su: fiziološke potrebe, potrebe za sigurnošću, socijalne potrebe, poštovanje i samoostvarenje. Kratki opis potreba prema Marušiću (2006) je sljedeći:

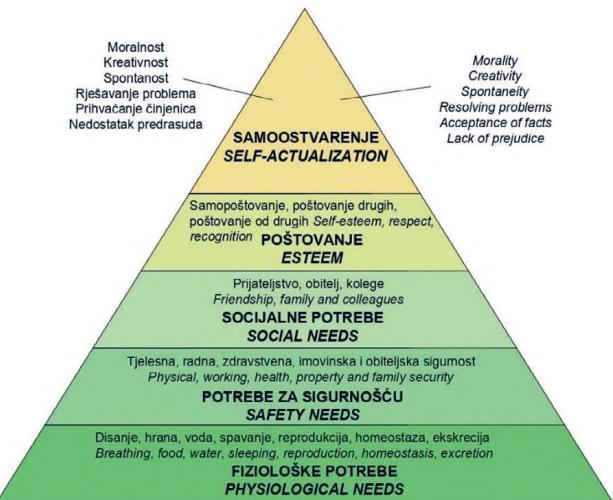
Fiziološke potrebe su na najnižoj stepenici i obuhvaćaju hranu, vodu, odjeću, spavanje, izlučivanje i druge potrebe bez kojih se život ne bi mogao održati. Zadovoljenje fizioloških potreba obično se povezuje s novcem, odnosno s onim što novac može kupiti.

Potrebe za sigurnošću počinju se manifestirati nakon ispunjenja fizioloških potreba, a obuhvaćaju tjelesnu, radnu, zdravstvenu, imovinsku i obiteljsku sigurnost. Zaštita od opasnosti kao što su požar, poplava, ozljedivanje, izrabljivanje i sl. primjer su takvih potreba.

Socijalne potrebe postaju značajni pokretači nakon što su zadovoljene prethodne dvije razine. Sastoje se u tome da svaki čovjek želi primati (i davati) znakove prihvatanja, prijateljstva, osjećaja te kao društveno biće ima esencijalnu potrebu za druženjem.

Poštovanje je potreba višeg ranga, dvostrukog naravi: čovjek mora osjećati da je po nečemu značajan, važan, da nešto dobro radi. U isto vrijeme, od okoline mora dobiti neku vrstu potvrde tog značaja ili važnosti.

Samoostvarenje je potreba najvišeg ranga. Ona znači da čovjek želi postići sve što može, želi primijeniti sva svoja



Slika 2. Maslowljeva hijerarhija potreba (prema Marušić 2006)
Figure 2. Maslow's hierarchy of needs (according to Marušić 2006)

znanja i sposobnosti, želi razvoj do mogućih granica i slobodu kreativnosti.

Motivacijski se sustav u kontekstu organizacije može promatrati sa stajališta pojedinca (radnika) i menadžera, gdje je motivacija pojedinca unutarnje stanje koje ga pokreće prema ostvarenju cilja, a motivacija menadžera postupak kojim radnike dovodi u stanje težnje ka postavljenim ciljevima i njihovom ostvarenju (Ugarković 2019). Marušić (2006) je utvrdio da je: (1) za postizanje prosječne proizvodnosti – potrebno zadovoljiti sve ili većinu ekstrinzičnih potreba (plaće, uvjeti rada, rukovođenje i dr.); (2) za postizanje iznadprosječne proizvodnosti – potrebno zadovoljiti ekstrinzične i makar pokrenuti (djelomično zadovoljiti) intrinzične motive kao što su potvrđivanje, prihvatanje, obrazovanje i napredovanje.

3.2 Kompenzacija kao glavni instrument uspješnog privlačenja i zadržavanja radnika – *Compensation as the main instrument of successful worker recruitment and retention*

Kompenzacija, kao transfer dijela prihoda poduzeća na njegove zaposlenike, prema Bubble i Bakotić (2015), može imati razne aspekte kao što su osnovna plaća, dodaci na plaću, naknade plaće, stimulativni dio plaće i drugi kratkoročni i dugoročni oblici stimulativnog plaćanja te beneficija. Deessler (2015) kompenzacije radnika dijeli na izravne novčane isplate (nadnice, mjesecne plaće, poticaje, provizije, bonusi i dr.) i neizravne novčane isplate (zdravstveno i mirovinsko osiguranje, godišnji odmor i sl.).

U šumarstvu, kao i u mnogim drugim profesijama, najučinkovitijim sredstvom za uspješno privlačenje i zadržavanje radnika najčešće se smatraju odgovarajuće naknade i adekvatni sustav nagrađivanja radnika. Rezultati istraživanja u SAD-u pokazali su da postoji snažna veza između

odabira profesije i visine početne plaće (DeVaro 2005). U američkoj državi Maine, zbog sve prisutnijeg problema nedostatka radne snage u pridobivanju drva, kao osnovni instrument privlačenja i zadržavanja radnika ističe se povećanje kompenzacija (PLCM 2019). Slično potvrđuju i druga istraživanja, gdje se posebno naglašava problem otežanog povećanja kompenzacija u šumarstvu, za razliku od drugih sektora u kojima su plaće više i radni uvjeti bolji (He i dr. 2021). U Grčkoj, kao mjeru koje bi promovirale i doprinijele većem zapošljavanju u šumarstvu, radnici najvažnijima ističu poticaje na plaću tj. veće plaće (Tsioras 2010). U pogledu relevantnosti primjerene kompenzacije, radnici u hrvatskom šumarstvu kao njihovo najznačajnije svakodnevno psihičko opterećenje pri radu iskazuju upravo nisku plaću (Šporčić i dr. 2015). Blombäck i dr. (2003) također naglašavaju da su razina plaća i radni uvjeti u šumarstvu, u odnosu na druge u pogledu radne snage konkurentne (nešumarske) sektore, odlučujući za mogućnost privlačenja dovoljnog broja kvalitetnih radnika.

3.3 Ostali instrumenti za uspješno privlačenje i zadržavanje radnika – *Other instruments for successful worker recruitment and retention*

Iako se primjerena novčana kompenzacija smatra najvažnijim čimbenikom, nemonetarni odnosno nekompenzaciji sustav nagradivanja može imati izuzetnu važnost u atraktivnosti zaposlenja. Među mnogim komponentama, ističu se radni uvjeti, ravnoteža poslovnog i privatnog života, sigurnost posla, status u društvu i dr. (Jencks i dr. 1988). Neki od njih kratko su opisani u nastavku.

Trajanje radnog odnosa je neposredno vezano za pojам "sigurnosti zaposlenja". Stabilni radni odnosi, u kojima se izgrađuje iskustvo i povjerenje radnika i poslodavca, smanjuju transakcijske troškove kao što su provjera i obrazovanje, a stimulativne plaće se računaju dugoročno. Błuszkowska i Nurek (2014) naglašavaju važnost zapošljavanja šumskih radnika na neodređeno vrijeme što ohrabruje zaposlenike na daljnje napredovanje, a stimulira poslodavce na investiranje u edukaciju radnika i unaprjeđenje njihovih vještina. S druge strane kao opcije staje velika fluktuacija radnika i potrebna visoka fleksibilnost organizacija. Danas se po tom pitanju sve više traži "zlatna sredina", stoga neki autori upotrebljavaju pojам "fleksigurnost", što podrazumijeva fleksibilnije tržište rada s dobrom socijalnom zaštitom, nudeći visoku sigurnost prihoda praćenu aktivnim politikama zapošljavanja (Cazes i Nesporova 2007).

Radno vrijeme je jedan od osnovnih radnih uvjeta, a podrazumijeva vremenski period u kojemu je radnik, prema ugovoru o radu, obvezan obavljati poslove za poslodavca. Općenito je poznato da se prekomjeran rad može negativno odraziti na mentalno i fizičko zdravlje radnika te loše utjecati na obiteljski i društveni život (Rhoads 1977). Neka

istraživanja povezuju prekomjeran rad s pojavom određenih bolesti pa čak dovode u vezu i sa smrtnim slučajevima (Michie i Cockcroft 1996). U tom smislu, dnevno i tjedno radno vrijeme šumarskih radnika treba biti ograničeno na razinu koja osigurava zdravlje i koja ostavlja adekvatno vrijeme za obitelj, društveni život i rekreaciju (FAO 2011). Povezano, neki autori također ističu važnost beneficiranog radnog staža odnosno ranijeg umirovljenja za šumarske radnike, omogućavajući dostojanstven život u starijoj dobi (Tsioras 2010). U većini zemalja, pojам radnog vremena, njegovu dužinu i druge odrednice (prekovremeni rad, gođišnji odmor, radni staž i sl.) reguliraju Zakon o radu, kolektivni ugovori i drugi pravni propisi. Uspostavljanjem i provođenjem radnog vremena unutar zakonskih okvira minimiziraju se negativni utjecaji prekomjernog rada i omogućava ravnotežu privatnog i poslovnog života.

Ugled profesije može značajno djelovati na privlačenje radnika uslijed javne predodžbe i percepcije određene struke u društvu. Težak i opasan posao, neformalno zapošljavanje i percepcija sektora kao pogodnog za razvoj sive ekonomije, posebno u zemljama u razvoju (Wallace i Latcheva 2006, Bouriaud i Marzano 2014, Yeshanew 2018), stigmatiziraju rad u šumarstvu kao lošu i nepoželjnu profesiju. Prema Hobergu i dr. (2003) šumarski obrazovni sustav u Kanadi bježi padajući trend polaznika zbog pogrešne predodžbe šumarske industrije kao zaostale po pitanju tehnologije, uniformnosti ljudskih resursa i opisa posla. Poboljšanje javne slike sektora stoga predstavlja važno sredstvo za privlačenje mladih ljudi u šumarstvo (Arndt 2015).

3.4 Važnost obrazovanja i treninga radnika – *Importance of worker education and training*

Posao u kojemu su teške ozljede i smrtni slučajevi relativno česta pojava, teško će pripadati skupini atraktivnih zanimanja. Razina sigurnosti u šumarstvu međutim, može se značajno povećati s razinom stručne sposobljenosti. Trening i periodično provjeravanje kompetentnosti rukovatelja šumarskim radnim sredstvima i strojevima, ključni su u poboljšanju kvalitete i sigurnosti rada u operativnom šumarstvu Europe (Smith i Thomas 1993, Axelsson 1998, Martinić i dr. 2011, Landekić i dr. 2017, Musić i dr. 2019). Obrazovne institucije pritom imaju nemjerljivu ulogu, posebno u pogledu unaprjeđenja široko prilagođljivih metoda prenošenja znanja na svim razinama obrazovanja te primjene novih tehnologija u šumarstvu (Rodríguez-Piñeros i dr. 2020). Tsioras (2010) naglašava potrebu uvođenja novog sustava obuke s ciljem osposobljavanja i licenciranja mladih radnika, ali i drugih čije dugogodišnje iskustvo može biti nesustavno i loše organizirano. Landekić i dr. (2018) u hrvatskom šumarstvu predlažu poboljšanja treninga u sustavu zaštite i sigurnosti na radu u smislu primjene najboljih međunarodnih praksi, snažnije promocije

prema svim interesnim skupinama i formiranja jedinstvenog sustava certificiranja.

Također, danas se javlja sve veća potreba za proširenjem vještina radnika u kontekstu tranzicije na "zelenu" odnosno okolišno prihvatljiviju ekonomiju (Strietska-Illina i dr. 2011). Tako se sve više govori o "zelenim poslovima" kao alternativnim rješenjima ili nadopunama za tradicionalne poslove u šumarstvu. To podrazumijeva brojne nove dje-latnosti u području obrazovanja, istraživanja, proizvodnje, planiranja, menadžmenta, ruralnog razvoja, agro-šumarstva, biološke raznolikosti, zdravlja i rekreacije, pri čemu će specijalizirani programi obrazovanja i treninga imati ključnu ulogu (UNECE/FAO 2018, 2019).

3.5 Primjena novih tehnologija – *Application of new technologies*

Neki autori ističu kako povećanje proizvodnje u šumarstvu vjerojatno neće biti popraćeno povećanjem raspoložive radne snage, nego ponajprije povećanjem produktivnosti kroz unaprjeđenje tehnologija (Nair 2004). Na primjer, u Švedskoj je u periodu od 1970-1990. razina mehanizirano-sti sječe povećana s 25 na 85 %, a u prorjedama s 0 na 60 % (Axelsson 1998). U Francuskoj je udio mehanizirane sječe od 2004. do 2013. godine povećan s 24 na 44 % (Cacot i dr. 2015). Isti autori predviđaju dalji rast mehanizirane sječe kao posljedice nedostatka sjekača. Treba istaknuti da u šumarstvu mnogih zemalja, uključujući Hrvatsku, još uvijek prevladava ručno-strojni način rada.

Primjena novih tehnologija i povećanje stupnja mehaniziranosti šumarskih radova, u pravilu podrazumijeva smanjenje potrebe za ljudskim radom i većim brojem radnika (Błuszkowska i Nurek 2014), osiguravajući pritom višu razinu sigurnosti pri obavljanju radnih zadataća (Bonauto 2019, Landekić i dr. 2019). Isto može djelovati na problem pri-vlačenja i zadržavanja radnika, no postavlja potrebu za visokokvalificiranim radnicima, što uključuje specijalizirane i dugotrajne treninge.

U mnogim industrijskim zemljama sve prisutnija pojava postaje primjena tehnologija robotike i umjetne inteligencije. Time se nastavlja trend porasta ustupanja ljudskog rada strojevima (Weise i dr. 2018), a roboti obavljaju različite opasne, repetitivne i jednostavne zadatke koje ljudi ne bi trebali ili ne žele raditi, te snižavaju troškove i do 90 % (Stewart 2015). Najnovija tehnološka dostignuća u području robotike, također bi dalnjim razvojem i usavršavanjem svoje mjesto mogla naći i u raznim šumarskim operacijama.

4. RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Nedostatak radne snage u šumarstvu nije nov i nepoznat problem. Još je Čop (1948) pisao o manjku radnika u hr-vatskom šumarstvu, nesustavnom pribavljanju i nezado-

voljstvu šumarskih radnika, naglašavajući važnost osigura-nja veće plaće i boljih radnih uvjeta te zadržavanju i selekciji radnika iz tradicionalnih šumarskih ruralnih područja. Da-kle, stanje, položaj i održivost radne snage već su duže vri-jeme značajan problem šumarskog sektora, a pretpostavlja se da će u budućnosti biti još izraženiji.

Današnje iseljavanje stanovništva iz ruralnih sredina, za-jedno s ostalim demografskim (starenje populacije, pad na-taliteta, negativan prirodni priraštaj i dr.), ekonomskim, tehnološkim i političkim trendovima, znatno otežava pri-bavljanje potrebne radne snage u šumarstvu, posebno u Eu-ropi, gdje je taj trend u posljednje vrijeme sve izraženiji (Blombäck i dr. 2003). Poznato je pritom da većina šumarskih radnika dolazi iz manjih mjesta i sela, tj. ruralnih sredina (Strehlke 2003, Blombäck i dr. 2003, Lippe i dr. 2021). Isto tako, smatra se da će od 2015. do 2060. godine opće starenje populacije imati najveći utjecaj na demografsku sliku i radnu snagu Europe, posebno u šumarstvu i ostalim manje atraktivnim sektorima (Nair 2004, Acke-rknecht 2010).

Svijet rada danas izrazito obilježava manjak interesa za tzv. 3D (*dirty, dangerous and demeaning*) ili »black collar« poslove što podrazumijeva fizički zahtjevne, opasne i prljave poslove. Treba naglasiti da je rad u šumarstvu, po mnogim pokazateljima, jedna od najtežih i najrizičnijih profesija, s brojnim nesrećama na radu, visokim udjelom smrtnih oz-ljeda i učestalim profesionalnim oboljenjima (EU-OSHA 2008, Adams i dr. 2014). Uslijed toga radno mjesto šumarskog radnika i poslovi pridobivanja drva u društvu nisu atraktivni i poželjni (Błuszkowska i Nurek 2014). Negativnoj percepciji rada u šumarstvu dodatno pridonose i mnogi drugi čimbenici kao što su izoliranost radnoga mjesta, od-vojenost od obitelji, sezonsko zapošljavanje, neprikladno vrednovanje rada, nedostatak poštovanja prema fizičkom poslu (Taggart i Egan, 2002), loš ugled šumarskog sektora i sl. Šumarski sektor, naime, prema podacima o zaposlenosti u svijetu, osobito u zemljama u razvoju, karakterizira visoka prisutnost rada na crno, izrabljivanje radnika te zna-čajan broj neformalnih mikropoduzeća i obiteljskih gospodarstava (Yeshanew 2018, ILO 2018, Rye i O'Reilly 2021).

U mnogim tranzicijskim zemljama, uključujući Hrvatsku, prijelazom na tržišnu ekonomiju krajem 20. stoljeća pri-vatni su poduzetnici, kao novorazvijeni poslovni segment u šumarstvu, postali nezaobilazna sastavnica gospodarenja šumama (Šporčić i dr. 2009). Ipak, povremeno i kratkoročno ugovaranje tj. angažiranje poduzetnika, u većini slučajeva nije im omogućilo dugoročno planiranje i razvoj u stabilne subjekte s velikim brojem zaposlenika i visokim socijalnim i sigurnosnim standardima. Glavna obilježja toga dijela radne snage u šumarstvu uglavnom su nedostatak ili tek ograničena skrb za radnike, niske plaće, nedovoljna socijalna zaštita, sezonsko zapošljavanje, loša obuka i dr.

(Šporčić i dr. 2018). Sve navedeno čini zanimanje za rad u šumarstvu sve manjim, postojeću radnu snagu sve ranjivijom te ugled šumarstva sve lošijim.

Opisano stanje naglašeno otežava privlačenje i zadržavanje radnika u šumarstvu te neizbjegno vodi znatnom smanjenju radnog potencijala, tj. nedostatku ljudskog kapitala u šumarskom sektoru. U tom smislu, unapređenje održivosti radne snage u šumarstvu je krucijalno, ali i vrlo složeno pitanje koje uključuje različita područja kao što su ekonomija, demografija, organizacija, sociologija rada, specifičnosti sektora i sl. Da bi u šumarstvu imali kvalitetnu, pouzdanu i održivu radnu snagu, tj. zdrave, fizički spremne i spretne, stručno sposobljene, motivirane i zadovoljne radnike te osigurali njihovu normalnu dobnu strukturu, potrebno je dublje poznavanje i razumijevanje mnogobrojnih čimbenika koji neposredno ili posredno utječu na radnu snagu, njezin obujam, raspoloživost, dobnu strukturu, fluktuaciju i dinamiku, okolnosti u kojima djeluje i sl. Okvirno se te čimbenike može podijeliti na: vanjske (opće) – na koje sam sektor ne može djelovati ili tek zanemarivo (globalni demografski, ekonomski, politički i drugi procesi); i unutarnje (specifične) – na koje šumarski sektor može djelovati vlastitim aktivnostima (karakteristike radnog mesta, radni uvjeti, naknade za rad, odnos rukovodstva i radnika, ugled profesije i sl.).

Među sredstvima koja svakako mogu pridonijeti održivosti radne snage treba istaknuti odgovarajuće novčane naknade za rad kao glavni instrument uspješnijeg privlačenja i zadržavanja radnika, ali isto tako i bolje razumijevanje motivacije radnika, važnost obrazovanja i treninga radnika, primjenu novih tehnologija te ostale nenovčane naknade, odnosno uvjete koji imaju utjecaj na intelektualnu, emocijonalnu, fizičku i psihološku dobrobit radnika (sigurnost posla, radni uvjeti, ravnoteža poslovnog i privatnog života, status u društvu i sl.).

U skladu s navedenim, disciplina upravljanja ljudskim potencijalima treba zadobiti mnogo istaknutije mjesto u gospodarenju šumama i postati glavna zadaća šumarskih menadžera. Djelotvorno upravljanje ljudskim potencijalima se u brojnim izvorima ističe kao glavni čimbenik uspjeha suvremenih organizacija (Jambrek i Penić 2008, Bahtijarević-Šiber 2014, Aksentijević i dr. 2015, Starčević i Jambrek Petrac 2016). Jednako tako ono u šumarstvu nesumnjivo ima odlučujuću ulogu u rješavanju pitanja održivosti radne snage. Također, šumarski sektor bi trebao prilagođavati svoje politike i aktivnosti s globalnim procesima koji djeluju na radnu snagu, posebno u pogledu socijalnih, ekonomskih i ostalih trendova, i to kroz razvoj novih vještina i tehnologija, uspostavu fleksibilnih organizacijskih struktura, reorganizaciju rada, prilagodljive oblike zapošljavanja, uvođenje „zelenih poslova“ i druge postupke koji mogu pridonijeti boljoj održivosti i konkurentnosti samoga sektora.

5. LITERATURA

REFERENCES

- Aalmo, G.O., N. Magagnoli, R. Spinelli, 2016: Forest workers and steep terrain winching: the impact of environmental and anthropometric parameters on performance. Croatian Journal of Forest Engineering, 37(1): 97-105.
- Ackernacht, C., 2010: Work in the forestry sector: some issues for a changing workforce. Unasylva, 61(234-235): 60-65.
- Adams, G., H. Armstrong, M. Cosman, 2014: Independent forestry safety review – An agenda for change in the forestry sector. Final report – Summary of recommendations, 12 str.
- Arman, Z., M. Nikooy, P. Tsioras, M. Heidari, B. Majnouian, 2022: Mental workload, occupational fatigue and musculoskeletal disorders of forestry professionals: The case of a Loblolly plantation in Northern Iran. Croatian Journal of Forest Engineering 43(2):403-424. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2022.1639>
- Arndt, T., 2015: Threats to sustainability of the forest sector workforce. Presentation at UNECE/FAO 37th joint working party on forest statistics, economics and management, 18-20 March, Geneva, Switzerland.
- Axelsson, S.Å., 1998: The mechanization of logging operations in Sweden and its effect on occupational safety and health. International Journal of Forest Engineering, 9(2): 25-31. <https://doi.org/10.1080/08435243.1998.10702715>
- Bahtijarević-Šiber, F., 2014: Strateški menadžment ljudskih potencijala – suvremeni trendovi i izazovi. Školska knjiga, Zagreb, 667 str.
- Bell, J.L., 2002: Changes in logging injury rates associated with use of feller-bunchers in West Virginia. Journal of Safety Research, 33(4): 463-471. [https://doi.org/10.1016/s0022-4375\(02\)00048-8](https://doi.org/10.1016/s0022-4375(02)00048-8)
- Bernasconi, A., U. Schöff, 2011: Professions and training in Forestry. Results of an inquiry in Europe and northern America. Federal Office for the Environment, Bern, 84 str.
- Blombäck, P., P. Poschen, M. Lövgren, 2003: Employment trends and prospects in the European forest sector. Geneva Timber and Forest Discussion Papers, FAO-UNECE, Geneva, Switzerland, 37 str.
- Bluszkowska, U., T. Nurek, 2014: Effect of mechanization level on manpower needs. Folia Forestalia Polonica, series A 56(4): 194-201. <https://doi.org/10.2478/ffp-2014-0022>
- Bogdanović, M., 2008: Prilog teoriji ljudskog kapitala: Koja svojstva radne snage treba smatrati bitnim sastojcima ljudskog kapitala. Ekonomija/Economics, 15(1): 45-82.
- Bonauto, D.K., S.E. Wuellner, J.L. Marcum, D.A. Adams, 2019: Injury rate comparisons for nonmechanized and mechanized logging operations, Washington State, 2005-2014. Journal of Agromedicine, 24(2):205-214.
- Bouriaud, L., M. Marzano, 2014: Conservation, extraction and corruption: Is sustainable forest management possible in Romania? Natural Resource Extraction and Indigenous Livelihoods: Development Challenges in an Era of Globalization, Ashgate, 221-239.
- Bovenzi, M., 2008: A follow up study of vascular disorders in vibration-exposed forestry workers. International Archives of Occupational and Environmental Health, 81: 401-408. <https://doi.org/10.1007/s00420-007-0225-9>
- Buble, M., D. Bakotić, 2013: Kompenzacijiski menadžment. Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet, 312 str.

- Cabeças, J.M., 2007: An approach to health and safety in E.U. forestry operations – Hazards and preventive measures. *Enterprise and Work Innovation Studies*, 3(3): 13-34.
- Cacot, E., S. Grulouis, A. Thivolle-Cazat, P. Magaud, 2015: Mechanization of French logging operations: challenges and prospects in 2020. *Proceedings of the 48th FORMEC Symposium*, Oct 4-8, 2015, Linz, Austria, str. 23-30.
- Calvo-Sotomayor, I., J.P. Laka, R. Aguado, 2019: Workforce ageing and labour productivity in Europe. *Sustainability*, 11(20): 5851. <https://doi.org/10.3390/su11205851>
- Camargo, D.A., R.A. Munis, G.C. Batistela, D. Simões, 2022: Exposure to occupational noise: machine operators of full tree system in Brazil. *Croatian Journal of Forest Engineering* 43(2): 391-402. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2022.1437>
- Cazes S., A. Nesporova, 2007: *Fleksigurnost – relevantan pristup za srednju i istočnu Europu*. TIM press Zagreb, 266 str.
- Dessler, G., 2015: Upravljanje ljudskim potencijalima. MATE d.o.o. Zagreb, 785 str.
- DeVaro, J., 2005: Employer recruitment strategies and the labor market outcomes of new hires. Cornell University, Department of Labor Economics, USA. 1-36.
- EC – European Commission, 2006: The impact of ageing on public expenditure: projections for the EU25 Member States on pensions, health care, long term care, education and unemployment transfers. The report of the Economic Policy Committee and the Directorate General. <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/01/17/the-eu-11-in-an-aging-europe>
- Economist Intelligence Unit, 2015: Global Trends Impacting the Future of HR Management: Engaging and Integrating a Global Workforce. <https://www.shrm.org/hr-today/news/hr-magazine/Documents/3-15%20eiu%20theme%2020%20report-final.pdf>
- Efthymiou, P.N., 2008: Wood Harvesting. Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki.
- Egan, A., D. Taggart, 2004: Who will log? Occupational choice and prestige in northern New England. *Journal of Forestry*, 102(1): 401-406.
- ENFE – European Network of Forest Entrepreneurs, 2021: Presentation. <https://slidetodoc.com/download.php?id=338871>
- EU-OSHA, 2008: E-fact 29 – Occupational safety and health in Europe's forestry industry. European agency for safety and health at work, 1-13.
- FAO, 2011: Guide to good practice in contract labour in forestry. Report of the UNECE/FAO team of specialists on best practices in forest contracting. FAO, Rome, 61 str.
- FRA – European Union Agency for Fundamental Rights, 2019: Protecting migrant workers from exploitation in the EU: workers' perspectives. Report, Vienna, Austria, 104 str.
- Gallis, C., 2006: Work-related prevalence of musculoskeletal symptoms among Greek forest workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(8): 731-736. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2006.05.007>
- Garland, J.J., 2018: Accident reporting and analysis in forestry: guidance on increasing the safety of forest work. *Forestry Working Paper*, No. 2. FAO, Rome, 77 str.
- Häggström, C., A. Kawasaki, G. Lidestad, 2012: Profiles of forestry contractors and development of the forestry-contracting sector in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(4): 395-404. <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.738826>
- He, M., M. Smidt, W. Li, Y. Zhang, 2021: Logging industry in the United States: employment and profitability. *Forests* 12(12): 1720. <https://doi.org/10.3390/f12121720>
- Hoberg, G., R. Guy, S. Hinch, R.A. Kozak, P. McFarlane, S.B. Watts, 2003: Image and Enrolments. *Forum* 10(6): 22-23.
- Hrvatska enciklopedija, 2021: Mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=51522>
- Hrvatske šume, 2001: Godišnje izvješće 2001. Hrvatske šume p.o. Zagreb, 113 str.
- Hrvatske šume, 2021: Poslovno izvješće za 2021. Hrvatske šume d.o.o., 47 str.
- ILO, 1998: Safety and health in forestry work. International Labour Office, Geneva, Switzerland, 118 str.
- ILO, 2013: Measuring informality: a statistical manual on the informal sector and informal employment. International Labour Office, Geneva, Switzerland, 324 str.
- ILO, 2014: Transitioning from the informal to the formal economy. Report V(1) for the International Labour Conference, 103rd Session. International Labour Office, Geneva, Switzerland, 83 str.
- ILO, 2018: Women and men in the informal economy: A Statistical Picture. International Labour Office, Geneva, Switzerland, 156 str.
- ILO, 2019: Promoting decent work and safety and health in forestry. Report for discussion at the Sectoral Meeting on Promoting Decent Work and Safety and Health in Forestry. International Labour Office, Geneva, Switzerland, 45 str.
- ILO, 2021: Industries and sectors – Forestry, Wood, Pulp and Paper. <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/forestry-wood-pulp-and-paper/lang--en/index.htm>
- IS – Imperatives Strategic, 1987: Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future. 300 str. <http://www.ask-force.org/web/Sustainability/Brundtland-Our-Common-Future-1987-2008.pdf>
- Jencks, C., L. Pearlman, L. Rainwater, 1998: What is a good job? A new measure of labor market success. *American Journal of Sociology*, 93(6): 1322-1357.
- Křížková, M., M. Čaněk, 2011: Czech state forestry and exploitation of migrant workers. *Migrationonline.cz*, Multicultural Center Prague, 9 str.
- Landekić, M., 2010: Organizacijska kultura i sigurnost pri radu u hrvatskom šumarskom sektoru. *Šumarski list*, 134(11-12): 613-622.
- Landekić, M., I. Martinić, M. Bakarić, M. Šporčić, 2013: Work ability index of forestry machine operators and some ergonomic aspects of their work. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34(2): 289-298.
- Landekić, M., I. Martinić, M. Bakarić, R. Ricart, M. Šporčić, 2017: Stručno ospozobljavanje radnika u sektoru šumarstva – stanje u Hrvatskoj i trendovi u Europi. *Šumarski list*, 141(7-8): 395-407.
- Landekić, M., I. Martinić, M. Bakarić, T. Pentek, T. Poršinsky, M. Šporčić, 2018: Current state and improvement potential of forestry workers training in Croatia. *Croatian Journal of Forest engineering*, 39(2): 289-298.
- Landekić, M., M. Šporčić, M. Bačić, Z. Pandur, M. Bakarić, 2023: Workability and physical wellbeing among chainsaw operators in Croatia. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 44(1): 83-94. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2023.2073>
- Landekić, M., S. Katuša, D. Mijoč, M. Šporčić, 2019: Assessment and comparison of machine operators' working posture in forest thinning. *South-east European Forestry*, 10(1): 29-37.
- Lefort, A.J., C.P. de Hoop, J.C. Pine, 2003: Characteristics of injuries in the logging industry of Louisiana, USA: 1986 to 1998.

- International Journal of Forest Engineering, 14(2): 75-89. <https://doi.org/10.1080/14942119.2003.10702480>
- LINK – Linking Innovations & Networking Knowledge, 2008: Future shortage of forest workers drives home need for recruitment efforts, 9(3): 1-3.
 - Lippe, R.S., S. Cui, J. Schweinle, 2021: Estimating global forest-based employment. *Forests*, 12(9): 1219. <https://doi.org/10.3390/f12091219>.
 - Loftalian, M., S.F. Emadian, N.R. Far, M. Salimi, F.S. Moonesi, 2012: Occupational stress impact on mental health status of forest workers. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 11(10): 1361–1365. <https://doi.org/10.5829/idosi.mesr.2012.11.10.64170>
 - Marešová, P., H. Mohelská, K. Kuča, 2015: Economics aspects of ageing population. *Procedia Economics and Finance*, 23: 534-538.
 - Martinić, I., M. Landekić, M. Šporčić, M. Lovrić, 2011: Šumarstvo na pragu Europske unije – koliko smo spremni na području sigurnosti pri šumskom radu? *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32(1): 431-441.
 - Martinić, I., Šegotic, K., Risović, S., Goglia, V., 2006: The effect of body mass on physiological indicators in the performance of forestry workers. *Collegium antropologicum*, 30(2): 305-311.
 - Marušić, S., 2006: Upravljanje ljudskim potencijalima. ADECO, Zagreb, 451 str.
 - Maslow, A.H., 1981: Motivation and Personality. Prabhat Prakashan, 330 str.
 - Michie, S., A. Cockcroft, 1996: Overwork can kill. *British Journal of Medicine*, 312: 921-922.
 - Moss, S.A., D.B. Hedderick, 2012: An economic evaluation of a small-scale timber harvesting operation in western Maryland, USA. *Small-scale Forestry*, 11: 101–117. <https://doi.org/10.1007/s11842-011-9171-1>
 - Mušić, J., V. Halilović, A. Lojo, M. Šporčić, A. Đonlagić, 2019: Analiza sigurnosti pri radu u šumarstvu Federacije BiH – studij slučaja. *Nova mehanizacija šumarstva*, 40: 31-41. <https://doi.org/10.5552/nms.2019.4>
 - Nair, C.T.S., 2004: What does the future hold for forestry education? *Unasylva*, 55(216): 3-9.
 - OECD, 2011: Towards green growth: A summary for policy makers. <https://www.oecd.org/greengrowth/>
 - Perpiñá Castillo, C., C. Jacobs-Crisioni, B. Kavalov, C. Lavalle, 2019: Socio-economic and demographic trends in EU rural areas: An indicator-based assessment with LUISA territorial modelling platform. *Proceedings of the 5th International Conference GISTAM 2019*, 250-258.
 - PLCM – Professional Logging Contractors of Maine, 2019: Maine logger and log trucker employment availability and wage analysis report – Data appendix. Maine Center for Business and Economic Research, University of Southern Maine, 33 str.
 - Ranogajec, B., 1999: Sigurnost i zdravlje šumskih radnika – poticaj za njihovo unapređenje u Hrvatskoj (2). *Šumarski list*, 123(7-8): 339-343.
 - Rhoads, M.J., 1977: Overwork. *JAMA* 237(24): 2615-2618.
 - Robb, W., T. Zemánek, N. Kaakkurivaara, 2022: An analysis of chainsaw operator safety between Asian and European countries. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 43(2): 373-389. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2022.1539>
 - Rodríguez-Piñeros, S., K. Walji, M. Rekola, J. Owuor, A. Lehto, S. Tutu, L. Giessen, 2020: Innovations in forest education: Insights from the best practices global competition. *Forest Policy and Economics*, 118: 102260. <https://doi.org/10.1016/j.forepol.2020.102260>
 - Rye, J.F., K. O'Reilly, 2021: International labour migration to Europe's rural regions. *Routledge Advances in Sociology*, Routledge, 257 str.
 - Rye, J.F., S. Scott, 2018: International labour migration to/in rural Europe: A Review of the Evidence. *Sociologia Ruralis*, 58(4): 928-952. <https://doi.org/10.1111/soru.12208>
 - Sabadi, R., 1992: Šumarska politika. Hrvatske šume, Zagreb, 118 str.
 - Salminen, S., T. Klein, K. Ojanen, 1999: Risk taking and accident frequency among finnish forestry workers. *Safety Science*, 33(3): 143-153. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(99\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(99)00029-6)
 - Sharkey, B.J., P.O. Davis, 2008: Hard Work – Defining Physical Work Performance Requirements. *Human Kinetics*, 256 str.
 - Smith, L.A., R.E. Thomas, 1993: Ergonomics research in the Southern United States. *Unasylva*, 44 (172): 38-44.
 - Stewart, H., 2015: Robot revolution: rise of “thinking” machines could exacerbate inequality. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/technology/2015/nov/05/robot-revolution-rise-machines-could-displace-third-of-uk-jobs>
 - Strehlke, B. 2003: How we work and live – Forest workers talk about themselves: A global account of working and living conditions in the forestry sector. *ILO Working Papers*, Geneva, Switzerland, 115 str.
 - Strietska-Illina, O., C. Hofmann, M. Durán Haro, J. Shinyoung, 2011: Skills for green jobs: a global view. Synthesis report based on 21 country studies. ILO, Geneva, Switzerland, 456 str.
 - Sweeney, B., 2010: Comparing employment relations in a cross-border region: The case of Cascadia's forest products industry. Thesis, Queens University, Ontario, 377 str.
 - Šporčić, M., I. Martinić, M. Landekić, M. Lovrić, M. Svakidan, 2009: Prikaz stanja poduzetništva u šumarstvu srednje i istočne Europe. *Nova mehanizacija šumarstva*, 30: 37-46.
 - Šporčić, M., M. Landekić, I. Papa, K. Lepoglavec, H. Nevečerel, A. Seletković, M. Bakarić, 2017: Current status and perspectives of forestry entrepreneurship in Croatia. *South-east European forestry*, 8(1): 21-29. <https://doi.org/10.15177/seefor.17-01>
 - Šporčić, M., M. Landekić, M. Lovrić, M. Bakarić, H. Nevečerel, I. Lukec, 2015: Promjene nekih vrijednosnih kriterija šumskih radnika u 15-godišnjem razdoblju. *Nova mehanizacija šumarstva*, 36: 5-18.
 - TBRC – The Business Research Company, 2020: Forestry and logging – global market opportunities and strategies report. TBRC Business Research Pvt Ltd. <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/forestry-and-logging>
 - Tsioras, P.A., 2010: Perspectives of the forest workers in Greece. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 3(5): 118-123. <https://doi.org/10.3832/ifor0547-003>
 - Tsioras, P.A., 2012: Status and job satisfaction of Greek forest workers. *Small-scale Forestry*, 11: 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11842-011-9164-0>
 - Ugarković, M., 2019: Motivacija zaposlenika. Diplomski rad, Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin, 64 str.
 - UNECE/FAO, 2018: Green Jobs in the Forestry sector. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 71, UN, Geneva. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/DP71_WEB.pdf
 - UNECE/FAO, 2019: Guidelines on the Promotion of Green Jobs in Forestry. UN, Geneva, 34 str.

- UNECE/FAO, 2020: Forest sector workforce in the UNECE region – Overview of the social and economic trends with impact on the forest sector. Geneva timber and forest discussion paper 76. United Nations, Geneva, Switzerland, 77 str.
- UNEP/ILO/IOE/ITUC, 2008: Green jobs: Towards decent work in a sustainable, low-carbon world. Worldwatch Institute, Washington DC, 352 str.
- Vondra, V., 1998: Promišljanje šumskih radnika o vlastitoj profesiji. Mehanizacija šumarstva, 23(3-4): 101-129.
- Wallace, C., R. Latcheva, 2006: Economic transformation outside the law: Corruption, trust in public institutions and the informal economy in transition countries of Central and Eastern Europe. Europe-Asia Studies, 58: 81-102.
- Weise, M., A. Hanson, R. Senn, Y. Saleh, 2018: Robot-ready: human+skills for the future of work. Strada Institute for the Future of Work & Emsi, 39 str.
- Wertheimer-Baletić, A., 1999: Stanovništvo i razvoj. Mate d.o.o., Zagreb, 660 str.
- Whiteman, A., A. Wickramasinghe, L. Pinā, 2015: Global trends in forest ownership, public income and expenditure on forestry and forestry employment. Forest Ecology and Management, 352: 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.011>
- Yesanew, S., 2018: Regulating labour and safety standards in the agriculture, forestry and fisheries sectors. Legislative study No. 112, FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/3/CA0018EN/ca0018en.pdf>

SUMMARY

We can define workforce as the totality of human physical and mental abilities that is used to produce values of any kind. The scope or size of the workforce depends on the total number of inhabitants and their numerous structural characteristics. As an economically active part of the population, it is the most significant factor in the production process in all types of society, regardless of the changes that took place during historical development in its role as the initiator and bearer of the production process. Work in forestry includes all human activities that are necessary for the performance of planned forestry tasks, in order to achieve benefits from the forest and forestland. In accordance with this, forestry workers, i.e. people with the necessary knowledge, skills and abilities, along with the appropriate work means and the subject of work, represent a fundamental factor in forestry production. Professionally trained, responsible, conscientious and motivated forestry workers have a crucial role in achieving successful production and business results and are an inseparable component in the modern, generally accepted paradigm of sustainable forest management.

Forestry work, especially wood harvesting, is a high-risk, physically intensive and professionally demanding activity, which requires a qualified and sustainable workforce. However, today in a world of constant changes, forestry is faced with the challenge of securing the necessary workforce. The lack of forestry workers is becoming an increasingly frequent problem in European and global forestry, and the reason for this are different demographic, economic, technological and political processes, as well as the specifics of the sector itself. Therefore, in addition to the general characteristics of forestry work, the paper presents some indicators of the status and position of the forestry workforce in Europe and the world. Special attention is paid to current issues and problems in obtaining and securing the necessary forestry workforce (shortage of workers, lack of interest among young people, aging of the existing workforce, forestry entrepreneurs, informal employment, etc.) and to certain tools and instruments important for successful recruitment and retention of forestry workers (understanding of their motivation, work compensation, education and training of workers, new technologies, etc.). It is emphasized that the discipline of human resources management should gain a much more prominent place in forest management and become the main task of forestry managers in efforts to solve the issue of workforce sustainability. Equally, the forestry sector should adapt its policies and activities to global processes affecting the workforce, especially in terms of social, economic and other trends, through the development of new skills and technologies, the establishment of flexible organizational structures, reorganization of work, adaptive forms of employment, introduction of "green jobs" and other procedures that can contribute to sustainability and competitiveness of the sector itself. The purpose of the paper includes provision of basis that can be an important contribution in improving the condition and sustainability of the workforce in forestry.

KEY WORDS: forestry, forestry work, worker recruitment and retention, workforce sustainability

STRUKTURA PRIHODA JAVNIH USTANOVA ZA UPRAVLJANJE ZAŠTIĆENIM PODRUČJIMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

REVENUE STRUCTURE OF PUBLIC INSTITUTIONS FOR THE MANAGEMENT OF PROTECTED AREAS IN REPUBLIC OF CROATIA

Matija BAKARIĆ^{1*}, Matija LANDEKIĆ¹, Mario ŠPORČIĆ¹

SAŽETAK

Zaštićena područja imaju za cilj očuvanje bioraznolikosti, razvoj područja na kojem se nalaze te kontinuirano financiranje javnih ustanova osnovanih za njihovo upravljanje. Održivo financiranje ima temelj u međunarodnim i nacionalnim finansijskim mehanizmima, te u koncesijama i drugim naknadama koje čine vlastite prihode javnih ustanova. Finansijsko poslovanje javnih ustanova, neovisno o kategoriji osnivača, propisano je zakonima i pravilnicima na nacionalnoj razini. Pregledom dostavljenih izvješća za poslovnu 2019. godinu uočavaju se obilježja financiranja pojedinih javnih ustanova te njihova usmjerenost prema izvorima novca za njihov razvoj.

Polučeni rezultati strukture prihoda javnih ustanova na temelju razmatranja javno dostupnih finansijskih obrazaca, ukazuju na potrebu privlačenja projektnih finansijskih sredstava, posebice kod javnih ustanova na županijskoj/ lokalnoj razini, kako bi se parkovni sustav intenzivno razvijao i unaprjeđivao. Drugi najzastupljeniji izvor prihoda u zaštićenim područjima predstavljaju sredstva iz proračuna države ili županije u ovisnosti o osnivaču, te su dosta na za osnovno funkcioniranje javne ustanove i plaće zaposlenika.

KLJUČNE RIJEČI: zaštićena područja, prihodi, razina upravljanja, projekti, proračun

1. UVOD INTRODUCTION

Ključna posebnost zaštićenih područja u Republici Hrvatskoj je njihova biološka i krajobrazna raznolikost, uz mogućnost doživljavanja prostora u turističkom, edukativnom i rekreacijskom smislu (Martinić 2021). Sva tri navedena oblika posjećivanja provode se u organizaciji i pod nadzorom javnih ustanova koje njime upravljaju ili daju pojedine aktivnosti vanjskom izvoditelju. Martinić 2021. ističe posebnu važnost edukacije za očuvanje prirodne i druge vrijednosti u zaštićenim područjima, ali i izvan posebno zaštićenih područja, kao ključa opstanka prirodne i drugih vrijednosti za buduće generacije.

Sa današnjeg gledišta pojedinca, sustavi zaštićenih područja u globalnom kontekstu imaju za cilj očuvanje globalne, a poslijedično tomu i nacionalne bioraznolikosti. U lokalnom kontekstu jedna od primarnih zadaća je razvoj ruralnih područja u kojima se najčešće nalaze, i sve to uz održivo financiranje javnih ustanova osnovanih za njihovo funkcioniranje.

Perspektiva kontinuiranog financiranja parkovnog sustava polazi od pretpostavke da koncept upravljanja mora biti oslonjen na jasne finansijske mehanizme i diverzificirane novčane izvore, kao što su transferi javnih proračuna, koncesijske i druge naknade, vlastiti prihodi parkovnih uprava i dr. Pritom se svi prihodi od naknada u parkovnom sustavu

¹ doc. dr. sc. Matija Bakarić, izv. prof. dr. sc. Matija Landekić, prof. dr. sc. Mario Šporčić, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvene tehnologije, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije, Svetosimunska 23, 10000 Zagreb, e-mail: mbakaric@sumfak.unizg.hr, mlandekic@sumfak.unizg.hr, msportcic@sumfak.unizg.hr
*autor za korespondenciju - corresponding author

moraju striktno reinvestirati u očuvanje, održavanje i razvoj sustava (Martinić, 2015). Značajnom razvoju uz finansijsku stabilnost pridonosi velik broj u tijeku, kao i ostvarenih projekata, ponajprije iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova na temeljima europske kohezijske politike kao što su izgradnja posjetiteljskih centara i uređenje atrakcija u zaštićenim područjima. Velik dio javnih ustanova je aplciralo na poziv tadašnjeg Ministarstva regionalnog razvoja i fondova Europske unijena poziv pod nazivom Promicanje održivog korištenja prirodne baštine u nacionalnim parkovima i parkovima prirode, za prijavu projekta u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija za razdoblje 2014.-2020. Opći cilj projekta bio je održivo korištenje odredišta prirodne baštine te doprinos održivom društveno-gospodarskom razvoju na lokalnoj/regionalnoj razini, dok je specifični cilj povećanje privlačnosti i obrazovnog kapaciteta te uspostava boljeg upravljanja posjetiteljima. Kao realizirani primjeri, ovdje se mogu navesti posjetiteljski centar „Poklon“ u parku prirode Učka, Staza kroz krošnje Zelenjak kojom upravlja javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Krapinsko-zagorske županije te vidikovac „Nebeska šetnica-Skywalk“ kojom upravlja park prirode Biokovo. Prema Martiniću 2015. nužno je na stručnim osnovama i s ministarske razine odrediti prag finansijske održivosti sustava zaštićenih područja, pri čemu treba uzeti u obzir ne samo njihove izravne i neizravne tržišne vrijednosti, već i netržišne i neuporabne koristi, dobrobiti i usluge.

Javna ustanova u Hrvatskoj osniva se prema Zakonu o ustanovama (NN 127/19) za trajno obavljanje djelatnosti od javnog interesa te stječe svojstvo pravne osobe upisom u sudski registar. Ustanova obavlja djelatnost radi koje je osnovana pod uvjetima i na način određen zakonom, na zakonu utemeljenom propisu, aktom o osnivanju, statutom i drugim općim aktom ustanove te sukladno suvremenim znanstvenim postignućima i pravilima struke (Zakon o ustanovama NN 127/19).

Zaštićenim područjima, prema Zakonu o zaštiti prirode (NN 127/19) upravljaju javne ustanove za upravljanje zaštićenim područjima. Osnova njihova djelovanja je: zaštita, održavanje i promicanje zaštićenog područja u cilju zaštite i očuvanja izvornosti prirode, osiguranje neometanog odvijanja prirodnih procesa i održivog korištenja prirodnih dobara, nadziranje provođenja uvjeta i mjera zaštite prirode na zaštićenom području kojim upravljaju te sudjelovanje u prikupljanju podataka u svrhu praćenja očuvanosti prirode.

Trenutno u Republici Hrvatskoj u segmentu zaštite prirode djeluje 19 javnih ustanova na državnoj, 21 javna ustanova na županijskoj te 5 javnih ustanova na lokalnoj razini (www.haop.hr). Ovdje valja napomenuti kako je početkom 2021. godine osnovan još jedan Park prirode u Republici Hrvatskoj „Dinara“, koji nije obuhvaćen istraživanjem u ovom

članku jer nije osnovana javna ustanova za upravljanje koju prema članku 130. Zakona o zaštiti prirode (NN 127/19) mora osnovati Vlada Republike Hrvatske u roku od jedne godine.

2. CILJ I METODA ISTRAŽIVANJA

GOALS AND METHODS OF RESEARCH

Cilj ovoga rada je analiza prihodovnih podataka obrasca o izvještaju proračuna, proračunskih i izvanproračunskih korisnika. Za ostvarenje postavljenog cilja potrebno je obaviti sljedeće zadatke:

- Analizirati obrasce izvještaja proračuna, proračunskih i izvanproračunskih korisnika;
- Utvrditi prihodovne skupine s obzirom na razinu osnivača javne ustanove za upravljanje zaštićenim područjem;
- Utvrditi mogućnosti i perspektive boljeg korištenja projektnih sredstava za intenzivniji razvoj parkovnih sustava u Republici Hrvatskoj.

Rezultati rada predstavljat će osnovu za objektivno sagledavanje prilika, kako bi se bolje i svrshishodnije iskorištavala finansijska sredstva, a posebice sva ona koja ne pripadaju prihodima iz nadležnog proračuna. Dobiveni rezultati identificirat će ključne probleme jednolikog razvoja parkovnog sustava s gledišta stjecanja finansijskih sredstava u ovisnosti o osnivaču, i kao takvi predstavljat će pregled za ponajprije stručnjake koji rade u zaštiti prirode za povravljanje trenutnog stanja i moguće bolje iskorištavanje prilika.

Istraživanje je provedeno na javnim ustanovama u Republici Hrvatskoj koje upravljaju zaštićenim područjima. Obuhvaćeno je svih 19 ustanova koje upravljaju dobrima od državnog interesa (nacionalnim parkovima i parkovima prirode), 21 ustanova za upravljanje županijskim zaštićenim vrijednostima te 5 lokalnih javnih ustanova.

Podaci o prihodima zaštićenih područja preuzeti su iz javno dostupnih izvještaja o prihodima i rashodima, primicima i izdacima (Obrazac PR-RAS VP 151), za razdoblje od 1. siječnja do 31. prosinca 2019. godine. Navedeni obrazac javne ustanove su obvezne sastaviti uz još Izvještaj o rashodima prema funkcionalnoj klasifikaciji, Bilancu, Izvještaj o promjenama u vrijednosti i obujmu imovine i obveza, Izvještaj o obvezama i Bilješke koji nisu predmet ovog istraživanja. Finansijski izvještaji predaju se instituciji ovlaštenoj za obradu podataka koja je trenutno u Republici Hrvatskoj Finansijska agencija (FINA) i Državnom uredu za reviziju do konca siječnja tekuće godine za prethodnu godinu.

Javne ustanove obvezne su kod vođenja poslovnih knjiga i sastavljanja finansijskih izvještaja primjenjivati proračunsko računovodstvo propisano odredbama Zakona o pro-

Tablica 1. Prihodovne skupine prema obrascu PR-RAS VP 151

Table 1 Revenue groups according to the PR-RAS form VP 151

Pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna <i>Assistance from abroad and from entities within the budget</i>	Tekuće pomoći od institucija i tijela EU <i>Ongoing assistance from EU institutions and bodies</i>
Prihodi od upravnih i administrativnih pristojbi, pristojbi po posebnim propisima i naknadama <i>Revenues from administrative and administrative fees, fees under special regulations and fees</i>	Kapitalne pomoći od institucija i tijela EU <i>Capital assistance from EU institutions and bodies</i>
Prihodi od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga i prihodi od donacija <i>Revenues from sales of products and goods and services provided and revenues from donations</i>	Tekućeg prijenosa između proračunskih korisnika istog proračuna <i>Current transfer between budget users same budget</i>
Prihodi od nadležnog proračuna <i>Revenues from the competent budget</i>	Prihodi od ulaznica <i>Ticket revenue</i>
Ostali prihodi <i>Other income</i>	Prihoda s naslova osiguranja, refundacija štete i totalne štete <i>Insurance income, damages and total damages</i>
	Prihodi od prodaje suvenira <i>Revenues from the sale of souvenirs</i>
	Prihodi od vodiča <i>Revenue from guides</i>
	Prihodi od zakupa plovila <i>Proceeds from the charter of the vessel</i>
	Prihodi od zakupa prostora i opreme <i>Income from lease of space and equipment</i>
	Prihodi od koncesija ¹ <i>Revenue from concessions</i>
	Prihodi od zakupa autobusa <i>Revenues from bus rental</i>
	Prihodi od ugostiteljstva <i>Revenues from catering</i>
	Prihodi od radionica <i>Revenue from workshops</i>
	Prihod od prodaje drvnih sortimenata <i>Revenue from the sale of wood assortments</i>
	Prihod od ribolovnih dozvola <i>Revenue from fishing licenses</i>
	Prihod za redovne rashode poslovanja <i>Revenue for regular operating expenses</i>
	Prihod za plaće, doprinose, te ostale rashode za zaposlene <i>Revenue for salaries, contributions, and other expenses for employees</i>
	Prihodi od sudskih presuda, povrata trošarina i ostalih pristojbi <i>Revenues from court rulings, refunds of excise duties and other fees</i>

računu (NN 87/08, 136/12 i 15/15), Pravilnika o proračunskom računovodstvu i Računskom planu (NN 124/14, 115/15, 87/16 i 3/18) i Pravilnika o finansijskom izvještanju u proračunskom računovodstvu (NN 3/15, 93/15, 135/15, 2/17, 28/17 i 112/18).

Razrada obrasca PR-RAS VP 151 napravljena je prema Izvešću o obavljenoj finansijskoj reviziji Javnih ustanova koje upravljaju Nacionalnim parkovima i Parkovima prirode izrađenom od Državnog ureda za reviziju Republike Hrvatske. Ured obavlja reviziju na način i prema postupcima utvrđenim Zakonom o Državnom uredu za reviziju (NN 25/19), Okvirom revizijskih standarda Međunarodne or-

ganizacije vrhovnih revizijskih institucija (INTOSAI) (NN 31/19) i Kodeksom profesionalne etike državnih revizora. Promatrani podaci iz navedenog obrasca spadaju u prihodovne skupine prikazane u (tablici 1).

Za obradu materijala navedenih obrazaca odabrana je 2019. godina kao referentna. Navedena godina predstavlja posljednju godinu prije pojave pandemije uzrokovane virusom COVID-19. Usljed COVID-19 pandemije i epidemioloških preporuka koje uključuju ponajprije fizičko, ali i socijalno distanciranje, turizam u svim tipovima destinacija je u fazi stagnacije ili pada. Isto se događa i u destinacijama zaštićenih prirodnih područja koja u biti predstavljaju pro-

¹ Sukladno članku 186. Zakona o Zaštiti prirode (NN 127/19) naknada za koncesiju koju daje Ministarstvo plaća se u korist državnog proračuna, a naknada za koncesiju koju daje nadležno tijelo jedinice područne (regionalne) samouprave uplaćuje se u korist proračuna te jedinice. Sredstva ostvarena od naknada za koncesijska odobrenja, sukladno članku 192. Zakona o zaštiti prirode (NN 127/19) prihod su javne ustanove koja upravlja zaštićenim područjem na kojem je izdano koncesijsko odobrenje i namijenjena su zaštiti prirode.

stor za boravak u zdravom okolišu sa smanjenom socijalnom interakcijom. No zbog ograničenog kretanja kako stranih, tako i domaćih turista i posjetitelja, ovaj potencijal zaštićenih područja ne može se ostvariti (Marković Vukadin i dr. 2020). Prema mišljenju autora ovoga članka svaka iduća godina uslijed pandemiskih okolnosti daje nerealnu prihodovnu stranu, te je stoga odabrana 2019. godina za promatranje tijeka prihoda javnih ustanova. Također ovdje valja napomenuti kako prihodovnu stranu javnih ustanova značajno čine višegodišnji projekti financirani iz Europske unije i domaćeg Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, te su sredstva doznačivana pojedinim ustanovama u ovisnosti o dinamici provođenja radova na projektu.

3. REZULTATI I RASPRAVA

RESULTS AND DISCUSSION

Javne ustanove ostvaruju finansijska sredstva kroz prihod iz državnog proračuna, vlastitih prihoda, pomoći međunarodnih organizacija te institucija i tijela Europske unije, kao i drugih prihoda (imovine, donacije). Ukupni prihodi svih analiziranih javnih ustanova ostvareni su iznos od 115.909.384,63 € raspodjelom prema osnivaču prikazano u (tablici 2).

Iznosi za ustanove na lokalnoj razini prikazani su u ukupnom iznosu bez prikazane raspodjele po kategorijama prihoda zbog različitih kategorija ulaznih financija, što je posljedica mogućnosti registracije kao neprofitne organizacije, što su iskoristile dvije javne ustanove.

Pomake je učinilo tadašnje nadležno Ministarstvo koje je 2017. godine donijelo Pravilnik o mjerilima i načinu korištenja donacija i vlastitih prihoda nacionalnih parkova i parkova prirode (NN 65/17). Navedeni pravilnik propisuje obvezu da javne ustanove prihode od naplate ulaznica uplaćuju u visini od 3,0 % u državni proračun na izdvojeni izvor

sredstava pod nazivom Zajednička sredstva parkova Hrvatske, dok preostalih 97 % ostvarenih prihoda ostaje javno ustanovi za rashode osnovne djelatnosti. Na ovaj način je u 2019. godini u zajednička sredstva parkova Hrvatske uplaćen iznos od oko 1.725.000,00 € ili 13 milijuna kuna koji nije beznačajan za ostala zaštićena područja koja nemaju reguliranu naplatu ulaza zbog raznih čimbenika koji onemogućavaju takav način korištenja područja.

3.1. Struktura i obilježja prihoda nacionalnih parkova u 2019. godini – *Structure and characteristics of national parks revenues in year 2019*

Javne ustanove za upravljanje nacionalnim parkom Uredom osniva Vlada Republike Hrvatske te su iste pod nadležnosti resornog ministarstva. U (tablici 3) jasno se uočava kako u prihodima svih nacionalnih parkova osim NP Risnjak najveći udjel imaju vlastiti prihodi koji su evidentirani u okviru prihoda od upravnih i administrativnih pristojibi, pristojbi po posebnim propisima i naknadama te prihodi od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga.

Iznosi dobiveni od svih vrsta pristojbi u nacionalnim parkovima potječu od uređenog sustava posjećivanja i naplate ulaza, što omogućuje intenzivan razvoj korištenjem tih sredstava koja se mogu upotrijebiti za zapošljavanje sezonskih djelatnika te nabavu opreme potrebne za provođenje svih aktivnosti zbog kojih je područje i zaštićeno. Prikazana sredstva u navedenoj kategoriji itekako potiču pozitivan rezultat u kategoriji prihodi od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga i prihodi od donacija kroz provođenje sastavnih elemenata u toj skupini prikazanih u tablici 1. Ovdje svakako treba navesti elemenat prihoda od koncesija kroz koje posluju pravne i fizičke osobe koje se bave raznim djelatnostima u zaštićenim područjima. Naime, zaštićeno područje je generator gospodarskog razvoja regija u kojima se nalazi, te zasigurno ima veliki utjecaj na poduzetničku klimu.

Tablica 2. Ukupni prihodi javnih ustanova u 2019. godini

Table 2 Total revenues of public institutions in year 2019

Osnivač javne ustanove <i>Founder of public institution</i>	Pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna <i>Assistance from abroad and from entities within the budget</i> (€)	Prihodi od upravnih i administrativnih pristojbi, pristojbi po posebnim propisima i naknadama <i>Revenues from administrative and administrative fees, fees under special regulations and fees</i> (€)	Prihodi od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga i prihodi od donacija <i>Revenues from sales of products and goods and services provided and revenues from donations</i> (€)	Prihodi iz nadležnog proračuna <i>Revenues from the competent budget</i> (€)	Ostali prihodi <i>Other income</i> (€)	Ukupni prihodi <i>Total income</i> (€)
Država <i>State</i>	12.826.934,62	57.596.307,87	30.074.516,64	5.266.170,12	964.687,65	106.728.616,90
Županija <i>County</i>	2.420.408,94	127.105,45	122.508,86	6.332.769,83	177.974,65	9.180.767,73
Lokalna <i>Local</i>	–	–	–	–	–	3.465.532,16

Tablica 3. Pregled prihoda nacionalnih parkova za 2019. godinu

Table 3 Review of revenues of national parks for year 2019

Nacionalni park National park	Pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna Assistance from abroad and from entities within the budget (€)	Prihodi od upravnih i administrativnih pristojbi, pristojbi po posebnim propisima i naknadama Revenues from administrative and administrative fees, fees under special regulations and fees (€)	Prihodi od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga i prihodi od donacija Revenues from sales of products and goods and services provided and revenues from donations (€)	Prihodi iz nadležnog proračuna Revenues from the competent budget (€)	Ostali prihodi Other income (€)	Ukupni prihodi Total income (€)	Omjeri ukupnih prihoda Revenues of total income (%)
Sjeverni Velebit	72.264,65	105.057,54	63.852,28	395.128,28	407,33	636.710,07	0,69
Paklenica	394.134,32	673.260,3	284.120,78	264.271,02	181,96	1.615.968,41	1,75
Mljet	785.793,48	1.948.602,43	124.682,73	264.092,11	7.624,13	3.130.794,88	3,40
Krka	2.047.150,57	19.165.635,15	483.466,45	0,00	279.477,74	21.975.729,91	23,85
Plitvička jezera	7.065,23	30.065.177,38	22.890.211,16	0,0	620.984,40	53.583.438,18	58,14
Risnjak	403.214,41	83.811,80	375.776,89	367.520,47	1,46	1.230.325,04	1,33
Brijuni	486.379,99	2.733.577,15	5.047.865,55	265.445,62	16.258,15	8.549.526,45	9,28
Kornati	95.738,27	1.043.410,18	10.828,72	286.982,02	490,41	1.437.449,60	1,56

Kategorija pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna je u većini nacionalnih parkova u finansijskom smislu slabije zastupljena, osim kod pojedinih koji provode kapitalne projekte kao što je NP Krka, koja je imala povećanu dinamiku radova na projektu „Nepoznata Krka-skrirena blaga srednjeg i gornjeg dijela rijeke Krke“ kojemu je jedan od ciljeva rasterećenje glavnih ulaza u park, uz mogućnost povećanja kroz vrijeme prihoda u kategoriji administrativnih pristojbi.

3.2. Struktura i obilježja prihoda parkova prirode u 2019. godini – *Structure and characteristics of nature parks revenues in year 2019*

Javne ustanove za upravljanje parkom prirode također Uredbom osniva Vlada Republike Hrvatske na čelu s Premijerom, te su one pod nadležnosti resornog ministarstva. Finansijski znatniji prihodi većine javnih ustanova koje upravljaju parkovima prirode su prihodi iz proračuna za financiranje redovite djelatnosti (tablica 4).

Tablica 4. Pregled prihoda parkova prirode za 2019. godinu

Table 4 Review of revenues of nature parks for year 2019

Park prirode Nature park	Pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna Assistance from abroad and from entities within the budget (€)	Prihodi od upravnih i administrativnih pristojbi, pristojbi po posebnim propisima i naknadama Revenues from administrative and administrative fees, fees under special regulations and fees (€)	Prihodi od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga i prihodi od donacija Revenues from sales of products and goods and services provided and revenues from donations (€)	Prihodi iz nadležnog proračuna Revenues from the competent budget (€)	Ostali prihodi Other income (€)	Ukupni prihodi Total income (€)	Omjeri ukupnih prihoda Revenues of total income (%)
Učka	1.480.759,17	360,34	40.563,14	330.447,54	566,73	1.852.696,93	12,71
Telašćica	197.741,71	728.367,59	32.700,46	278.038,59	37,71	1.239.267,44	8,50
Žuberak-Samoborsko gorje	247.009,22	557,44	8.076,05	331.504,81	7.786,58	594.934,10	4,10
Medvednica	648.266,24	34.236,25	57.526,31	379.249,19	153,96	1.119.431,95	7,68
Papuk	2.337.575,42	67.410,84	58.776,83	330.165,77	3.434,07	2.797.362,93	19,20
Kopački rit	490.263,85	22.350,65	302.198,02	343.612,85	17.824,01	1.176.249,39	8,07
Velebit	222.806,42	60.166,70	34.984,54	300.097,55	463,07	618.518,28	4,24
Lastovsko otočje	294.096,22	411.192,91	73.047,05	212.684,05	251,64	991.271,88	6,80
Biokovo	1.192.828,85	290.518,28	5.328,95	173.075,19	113,61	1.661.864,89	11,40
Vransko jezero	1.069.362,67	74.150,64	66.353,31	341.881,08	5.966,42	1.557.714,12	10,70
Lonjsko polje	354.483,91	88.464,26	114.157,41	401.973,99	2.664,28	961.743,84	6,60

Prihodi od upravnih i administrativnih pristojbi, pristojbi po posebnim propisima i naknadama imaju znatno manji udio nego u prethodnoj kategoriji zaštićenog područja, što ukazuje na bitno smanjene prihode od naplate ulaza. Znatične prihode od ulaznica (tablica 4) ostvaruju zaštićena područja koja karakteriziraju vodena staništa, što ukazuje na organizaciju nekoliko ulaza na kojima se vrlo lako vrši naplata.

Financijska kategorija pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna u ovoj razini zaštite prirode ima sve veće značenje u sredstvima za razvoj ovih područja. Mnogi parkovi prirode provode razne projekte, čije su ključne sastavnice aktivnosti poboljšanja posjetiteljskog kapaciteta u svrhu održivog upravljanja zaštićenim područjem te promicanje održivog korištenja prirodne baštine.

Prihode od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga i prihode od donacija čine, između ostalih prikazanih u tablici 1 i ribolovne dozvole koje u primjeru PP Kopački rit (tablica 4) imaju iznos od okvirno 10 % ukupnog prihoda u ovoj kategoriji financiranja, što u korelaciji sa prethodno navedenom kategorijom koja uključuje poboljšanje posjetiteljskih kapaciteta ukazuje na velik potencijal razvoja ovakvih zaštićenih područja.

3.2. Struktura i obilježja prihoda županijskih i lokalnih ustanova za upravljanje zaštićenim područjima u 2019. godini – Revenue structure and characteristics of county institutions for the management of protected areas in year 2019

Javne ustanove za upravljanje zaštićenim područjima na području odredene županije osniva županijska skupština,

Tablica 5. Pregled prihoda županijskih javnih ustanova za 2019. godinu

Table 5 Review of revenues of county public institutions for year 2019

Javna ustanova (županija) Public institution (county)	Pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna Assistance from abroad and from entities within the budget (€)	Prihodi od upravnih i administrativnih pristojbi, pristojbi po posebnim propisima i naknadama Revenues from administrative and administrative fees, fees under special regulations and fees (€)		Prihodi od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga i prihodi od donacija Revenues from sales of products and goods and services provided and revenues from donations (€)	Prihodi iz nadležnog proračuna Revenues from the competent budget (€)	Ostali prihodi Other income (€)	Ukupni prihodi Total income (€)	Omjeri ukupnih prihoda Revenues of total income (%)
Bjelovarsko-bilogorska	3.088,73	0,00	245,54	124.310,17	48,05	127.692,48	3,68	
Brodsko-posavska	2.279,25	3.278,25	0,00	122.387,15	0,00	127.944,65	3,69	
Dubrovačko-neretvanska	72.983,61	19.009,09	419,80	350.450,99	0,40	442.863,89	12,78	
Grad Zagreb	0,00	7.582,45	84.853,54	1.735.940,54	3,85	1.828.380,38	52,76	
Istarska županija	65.381,51	628,58	2.171,35	268.439,98	33.522,07	370.143,47	10,68	
Karlovačka županija	55.924,08	0,00	487,09	138.563,01	0,00	194.974,19	5,63	
1.044.003,00						1.469.033,00		
Koprivničko-križevačka	46.071,14	0,00	0,00	101.544,63	1,99	147.617,76	4,26	
Krapinsko-zagorska	91.491,83	–	–	239.352,08	–	330.843,91	9,55	
Ličko-senjska	–	–	–	–	–	–	–	
Medimurska	302.025,2	0,0	9.102,93	210.242,88	725,60	581.860,50	16,79	
Osječko-baranjska	83.884,53	0,00	0,0	269.930,32	0,0	353.814,8	10,21	
Požeško-slavonska	17.552,86	0,00	265,45	107.500,96	0,0	125.319,2	3,62	
Primorsko-goranska	–	–	–	–	–	–	–	
Sisačko-moslavačka	17.300,29	0,00	0,00	182.565,13	0,00	199.865,42	5,77	
Splitsko-dalmatinska	820.175,33	4.495,45	0,00	559.178,58	132.836,42	1.516.685,79	43,76	
Šibensko-kninska	228.088,92	62.884,46	1.207,78	814.130,60	9.249,59	1.115.561,35	32,19	
Varaždinska	81.596,5	0,00	79,63	154.654,06	1.568,52	237.898,73	6,86	
Virovitičko-podravska	470.284,96	43,13	4.093,70	256.851,68	15,66	731.289,14	21,10	
Vukovarsko-srijemska	–	–	–	–	–	–	–	
Zadarska	0,00	29.184,0	19.436,06	228.315,61	0,00	276.935,70	7,99	
Zagrebačka	2.554,91	0,0	146,00	468.411,44	2,52	471.114,8	13,59	

odnosno za lokalne javne ustanove jedinice lokalne samouprave.

Kategorija prihoda u finansijskom izvješću, a koja uključuje pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna za većinu ustanova osnovanih na županijskoj razini koje imaju iznose veće od 65.000,00 € u promatranoj godini, uključuje započeti višegodišnji projekt izrade plana upravljanja nekim područjima Ekološke mreže u cijeloj Hrvatskoj, a koji je posredstvom današnjeg Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja financiran iz EU sredstava. Kroz projekt su nadomještena nedostatna materijalna sredstva neophodna za terenski rad u obliku pokretinja u ovisnosti na kojem području se nalazi zaštićeno područje.

Ovdje valja kao pozitivan primjer nавesti kapitalni projekt „Veze prirode“, koji je ukupne vrijednosti 2.533.000,00 € i u čijem portfelju sudjeluje pet ustanova. Cilj im je osigurati održivost očuvanja i obnove ciljnih vrsta na zaštićenim područjima Natura 2000: Sutla, Kupa, Nacionalni park Risnjak, Radensko polje i kanjon Kamačnik. Također kao pozitivan primjer je projekt *Enjoyheritage* koji je u sklopu programa suradnje *Interreg V-A Slovenia Hrvatska* sufinanciran iz sredstava Europskog fonda za regionalni razvoj. Postoji još puno projekata u kojima su sudjelovale javne ustanove koje upravljaju zaštićenim područjima. Iz prethodna dva projekta vidi se primjenjivost projekata na sve

razine osnivača javne ustanove, te također i njihovo sudjelovanje na istom projektu. Ovakav pristup je nadogradnja na kvalitetno odrađen posao prilagođavanja nacionalnog legislativnog paketa pravnom nasljeđu europske unije.

Sljedeća kategorija prihoda pripada uglavnom naplati ulaznica u pojedina područja. Pogledom u tablicu 5 uočava se kako velik broj županijskih ustanova nema naplatu ulaznika u svoja zaštićena područja. Najčešća naplata se vrši za ulazak u šipanje, geomorfološke rezervate, značajne krajobraze i park šume. Ovakav trend će se zasigurno popravljati provedbom projekata od kojih mnogi kao cilj imaju uređenje poučnih staza i ostalih znamenitosti na kojima će se lakše kontrolirati ulazak i izlazak posjetitelja.

U dalnjem dijelu članka prikazane su javne ustanove osnovane na lokalnoj razini (tablica 6 i tablica 7) koje podliježu Uredbi o računovodstvu neprofitnih organizacija, te su im obrasci izmijenjeni u skladu s navedenom Uredbom, osim javnih ustanova Marjan i Pečinski park Grabovača koji predaju obrasce prema PR-RAS VP 151 (slika 1).

Na kraju obrade prihodovnog segmenta Javnih ustanova valja napomenuti u kratkim crticama i rashodovni segment pregledanih i razrađenih obrazaca, iako nije uključen u ciljeve ovoga rada. Rashodovna strana proizlazi iz plana upravljanja zaštićenim područjem i godišnjim programom, uz pretpostavku da podaci ponekad nisu usporedivi u pla-

Tablica 6. Pregled prihoda javnih ustanova osnovanih na lokalnoj razini za 2019. godinu

Table 6 Review of revenues of local public institutions for year 2019

Javna ustanova Public institution	Prihodi od prodaje roba i pružanja usluga Revenues from sales of products and services provided (€)	Prihodi od članarina i članskih doprinosa Income from membership fees and membership contribution (€)	Prihodi po posebnim propisima Income according to special regulations (€)	Prihodi od imovine Income from property (€)	Prihodi od donacija Income from donations (€)	Ostali prihodi Other income (€)	Prihodi od povezanih neprofitnih organizacija Income from affiliated non-profit organization (€)
Baraćeve šipilje	115.736,15	0,00	0,00	0,00	247.815,25	3.222,65	0,00
Kamenjak	17.218,53	0,00	1.202.589,69	1.704,69	122.425,91	48.197,10	0,00
Lokrum	29.209,64	0,00	550,67	270.592,74	25.376,07	7.359,88	0,00

Tablica 7. Pregled prihoda javnih ustanova osnovanih na lokalnoj razini za 2019. godinu sa računovodstvom neprofitnih organizacija

Table 7 Review of revenues of local public institutions for year 2019 with accounting of non-profit organizations

Javna ustanova Public institution	Pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna Assistance from abroad and from entities within the budget (€)	Prihodi od upravnih i administrativnih pristojbi, pristojbi po posebnim propisima i naknadama Revenues from administrative and administrative fees, fees under special regulations and fees (€)	Prihodi od prodaje proizvoda i robe te pruženih usluga i prihodi od donacija Revenues from sales of products and goods and services provided and revenues from donations (€)	Prihodi iz nadležnog proračuna Revenues from the competent budget (€)	Ostali prihodi Other income (€)
Marjan	88.642,78	0,00	41.516,89	1.133.331,87	1,19
Pečinski park Grabovača	50.580,66	0,00	59.463,76	0,00	0,00

novima i programima, što je razumljivo pošto planovi predstavljaju dugoročno, a programi kratkoročno planiranje. Ovu finansijsku kategoriju čine najviše rashodi za zapoštene i materijalni rashodi, potom rashodi za nabavu nefinansijske imovine (ulaganja u građevinske objekte kao što su centri za posjetitelje), prijevozna sredstva te postrojenja i oprema.

4. ZAKLJUČCI CONCLUSION

Ulogu i značenje zaštićenog područja treba promatrati kroz ispunjavanje ciljeva očuvanja prirode te kroz značajan doprinos održivom razvoju i jačanju gospodarstva lokalnih zajednica. Funkcioniranje razvijenih Javnih ustanova temelji se na apliciranju i provođenju nacionalnih i međunarodnih projekata. Za potpuno finansijsko funkcioniranje Javnih ustanova posebice u segmentu apliciranja na projektna sredstva potrebni su parkovni ljudi (zaposlenici) kojih će biti dovoljno i koji imaju potrebna znanja i vještine za privlačenje i realizaciju projektnih sredstava. Javne ustanove koje uspješno provode svoje ciljeve imaju koncept koji se temelji na organizaciji i provođenju projekata za ostvarivanje poslovnih ciljeva, čime su ostvareni temelji za kontinuirani razvoj svih ciljeva zaštite. Razvoj i unaprjeđenje parkovnog sustava i zaštićenih područja u Republici Hrvatskoj uz uskladeni legislativni okvir treba počivati na stabilnom finansijskom poslovanju bez ovisnosti o državnom proračunu, već na velikom udjelu vlastitih sredstava ostvarenih od dopuštenih djelatnosti u pojedinoj kategoriji zaštite. Nakon razmatranja dostupnih finansijskih izvješća mogu se iznijeti sljedeći zaključci:

- U strukturi prihoda javnih ustanova koje upravljaju nacionalnim parkovima značajan udjel imaju vlastiti prihodi ostvareni od prodaje ulaznica i suvenira te pružanja ugostiteljskih i hotelijerskih usluga;
- Prihode javnih ustanova parkova prirode čine prihodi iz nadležnog proračuna koji se upotrebljavaju za plaće zaposlenika i osnovno funkcioniranje ustanove;
- Segment financiranja kategorije pomoći iz inozemstva i od subjekata unutar proračuna ukazuje na izrazitu potrebu apliciranja uprava parkova prirode i županijskih javnih ustanova na projekte Europske unije i Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti, kako bi mogli pratiti trendove razvoja zaštite prirode i povećavati svoju konkurentnost sadržajima bogatijim zaštićenim područjima. Ovakav pristup korištenju EU sredstava počiva na kohezijskoj politici Europske unije kroz omogućavanje razvoja slabije razvijenih područja, ali ne na štetu razvijenih područja;
- Županijske javne ustanove imaju nedostatak vlastitih finansijskih sredstava za sufinanciranje sudjelovanja u europskim projektima (jedan od načina njihovog stje-

canja je dobivanje od Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost);

- Nedovoljna zastupljenost finansijskih sredstava za zaštitu prirode u proračunima županija. Također, znatno finansijsko olakšanje bilo bi sudjelovanje lokalnih samouprava na čijem se području nalazi zaštićeno područje kojim upravlja županijska ustanova.

LITERATURA REFERENCES

- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Bjelovarsko-bilogorske županije „Priroda“ <https://www.zastita-prirode-bbz.hr/wp-content/uploads/2020/03/Finansijsko-izvjesce-2019.pdf> (Acessed on 10 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Dubrovačko-neretvanske županije <https://www.zastita-prirode-dnz.hr/dokumenti/> (Acessed on 10 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na području Karlovačke županije „Natura viva“ http://www.naturaviva.hr/Karlovac_media/2020/FI-2019.pdf (Acessed on 10 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na području Koprivničko-križevačke županije https://www.zastita-prirode-kckzz.hr/images/stories/FINANC_IZV_1_PROGRAM/2019/juzdpkkz_fin%20izv_1.1.-31.12.19.pdf (Acessed on 10 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU Maksimir <https://park-maksimir.hr/wp-content/uploads/2020/02/Finansijsko-izvje%C5%A1%C4%87e-2019.pdf> (Acessed on 10 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU More i krš <http://moreikrs.hr/Izvjestaji/Godisnji%20finansijski%20izvjestaj%202019.pdf> (Acessed on 10 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU Priroda medimurska zaštićena <https://www.medimurska-priroda.info/o-ustanovi/pristup-informacijama/dokumenti/arhiva/>
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU Priroda Šibensko-kninske županije <https://priroda-szk.hr/o-nama/dokumenti/> (Acessed on 11 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU Natura Histrica <http://www.natura-histica.hr/hr/katalog-informacija> (Acessed on 11 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU Natura Slavonica https://www.natura-slavonica.hr/images/financije/fin_izvjesce2019.pdf (Acessed on 11 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim područjem Požeško-slavonske županije <https://priroda-psz.hr/dokumenti.html> (Acessed on 11 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU Agencija za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Osječko-baranjske županije http://www.obz-zastita-prirode.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=263&Itemid=141 (Acessed on 11 February 2022.)
- Finansijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Sisačko-moslavačke županije <https://zastita-prirode-smz.hr/wp-content/uploads/2020/02/JU-BILJE%C5%A0KE.pdf> (Acessed on 11 February 2022.)

- Financijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Varaždinske županije Priroda <https://priroda-vz.hr/wp-content/uploads/2020/02/JU-Financijski-izvjestaji-2019.pdf> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Virovitičko-podravske županije Virovitica nature <http://virovitica-nature.hr/dokumenti/> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Zadarske županije Natura Jadera <https://natura-jadera.com/dokumenti/> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu JU za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Zeleni prsten Zagrebačke županije <https://zeleni-prsten.hr/web/wp-content/uploads/2020/02/Zeleni-prste-J.U.-Prorac.xls2019..pdf> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Nacionalni park „Brijuni“ <https://www.np-brijuni.hr/hr/o-nama/dokumenti-izvjesca?page=3> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Nacionalni park „Kornati“ http://www.np-kornati.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=228&lang=hr (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Nacionalni park „Medvednica“ <https://www.pp-medvednica.hr/o-nama/pristup-informacijama/> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Nacionalni park „Risnjak“ <https://np-risnjak.hr/wp-content/uploads/2020/02/Izvje%C5%A1taj-i-potvrda1.pdf> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Park prirode „Lastovsko otoče“ <https://pp-lastovo.hr/interni-akti/> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Park prirode „Lonjsko polje“ <https://pp-lonjsko-polje.hr/wp-content/uploads/2020/02/Godi%C5%A1nje-financijsko-izvje%C5%A1taj-C4%87e-za-2019.-godinu.pdf> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Park prirode „Kopački rit“ <https://pp-kopacki-rit.hr/financijska-izvjesca/> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Park prirode „Papuk“ <https://www.pp-papuk.hr/download/financijski-izvjestaji-za-2019-godinu/?wpdmld=8163&refresh=61a9fb755b8f71638529909> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Park prirode „Učka“ <http://www.pp-ucka.hr/wordpress/wp-content/uploads/Financijsko-izvje%C5%A1taj-C4%87e-JU-PPU-2019.pdf.pdf> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Park prirode „Velebit“ <https://www.pp-velebit.hr/images/dokumenti/Financijski%20izvje%C5%A1taj-C4%87e-za-201.1.2019.%20god.%20do%2031.%20202019.%20god..pdf> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Park prirode „Vransko jezero“ <http://www.pp-vransko-jezero.hr/hr/documents/financije/godisnje-financijsko-izvjesce-za-2019-godinu.pdf> (Accessed on 11 February 2022.)
- Financijski izvještaj za 2019. godinu Park prirode „Žumberak-Samoborsko gorje“ <https://www.pp-zumberak-samoborskogorje.hr/wp-content/uploads/2020/09/Financijski-izvjestaj-za-2019.pdf> (Accessed on 1 February 2022.)
- Institut za turizam http://www.iztzg.hr/files/file/RADOVI/2020/COVID-19/Markovi%C4%87%20Vukadin-I_Cari%C4%87-H_Ozimec-R_2020.pdf (Accessed on 25 November 2021.)
- <http://www.haop.hr/hr/tematska-područja/zasticena-područja/upravljanje-zasticenim-područjima/javne-ustanove-za> (Accessed on 25 November 2021.)
- Martinić, I., 2015: Vizija razvoja sustava zaštićenih područja Republike Hrvatske – Nacionalni park „Krka“ kao predvodnik trendova, Znanstveno – stručni skup Vizija i izazovi upravljanja zaštićenim područjima prirode u Republici Hrvatskoj, Aktivna zaštita i održivo upravljanje u Nacionalnom parku „Krka“, Javna ustanova „Nacionalni park Krka“, 342. – 352., Šibenik
- Martinić, I., 2021: Priručnik za edukatore i vodiče u prirodi, Kako voditi edukativne šetnje i šumske radionice?, Fakultet šumarstva i drvene tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, 146 str., Zagreb
- Zakon o javnim ustanovama NN 151/22 (Accessed on 16 Februar 2023.)
- Zakon o zaštiti prirode NN 127/19 (Accessed on 25 November 2021.)

SUMMARY

Introduction describes basic principles of existence of the park system, characteristics of national classification and number of public institutions per founder. Basic legal framework for functioning of park system in Republic of Croatia is also stated. The chapter on materials and methods presents a detailed elaboration of legislative framework in protected areas. The audit reports on which the elaboration of form is used for processing in results of work is also given. The chapter results and discussions provides a summary of all revenues of protected areas in the Republic of Croatia. The subchapter related to public institutions that manage national parks shows the elaboration of a form for all items with a detailed explanation of the characteristic financial characteristics. In the following subchapters related to nature parks and county and local public institutions, elements of form with explanations of specific activities for individual areas are elaborated according to the same principle. Conclusions presents precise conclusions related to the characteristics of financing protected areas in the Republic of Croatia, which show both the strengths and weaknesses of certain categories of founders.

KEY WORDS: protected areas, revenues, level of management, projects, budget

KORISNI GIS ALATI PRI UTVRĐIVANJU DOSTUPNOSTI ŠUMSKE POVRŠINE

Useful GIS tools in defining forest accessibility

David JANEŠ*, Ivica PAPA, Sandi MATIJAŠEVIĆ, Ivan ŽARKOVIĆ, Mihael LOVRINČEVIĆ, Andreja ĐUKA

SAŽETAK

Svrha ovog članka detaljno je pojašnjenje problematike funkcionalnog pristupa utvrđivanja dostupnosti šumske površine, odnosno jednoznačnog i ujednačenog utvrđivanja gustoće cesta i relativne otvorenosti promatrane šumske površine koja se najčešće prikazuje na razini gospodarske jedinice. Navedena dva parametra predstavljaju neizostavne čimbenike u kasnijoj fazi planiranja optimalne mreže šumske prometnice. Kao vodič postupka otvaranja šuma poslužio je važeći Pravilnik o provedbi mјere M04 »Ulaganje u fizičku imovinu«, podmјere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017 i 84/2018), koji propisuje način izrade Elaborata učinkovitosti mreže šumske prometnice – primarne šumske prometne infrastrukture. U ovome radu prikazani su korisni alati unutar dva najzastupljenija GIS programska paketa: komercijalnog ArcGIS programa te besplatnog QGIS programa (eng. *open source*). Detaljno su prikazani i pojašnjeni GIS alati unutar oba programa, a koji mogu pomoći pri izradi Elaborata učinkovitosti mreže šumske prometnice – primarne šumske prometne infrastrukture. Ovaj stručni rad sadrži korisne informacije za sve koji se bave problematikom utvrđivanja dostupnosti šumske površine, odnosno optimalnog planiranja šumske cesta, te za utvrđivanje stvarnog stanja gustoće cesta i relativne otvorenosti šuma kojom gospodare.

KLJUČNE RIJEČI: GIS, gustoća cesta, relativna otvorenost, planiranje primarnih šumske prometnice, ArcGIS, QGIS

UVOD INTRODUCTION

Mogućnost pristupa šumi temeljni je preduvjet uspješnog gospodarenja šumom, a koja je s obzirom na prometne karakteristike šumarstva temeljena na postojanju određene količine primarnih šumske prometnice. Stoga je za postojanje kvalitetne mreže primarnih šumske prometnice neophodno prije projektiranja i izgradnje šumske cesta provesti opsežni postupak planiranja, odnosno odlučivanja gdje će se buduća šumska cesta najbolje uklopiti u prostor te na taj način omogućiti obavljanje radnih zadataka predviđenih planom gospodarenja (Picchio i dr. 2018).

Uspostava optimalne mreže šumske prometnice odvija se kroz četiri osnovne faze: planiranje, projektiranje, izgradnja s nadzorom i održavanje, tj. popravak, a o čemu detaljnije pišu Ryan i dr. (2004) u Priručniku za šumske ceste (eng. *Forest Road Manual*). Faze međusobno predstavljaju logični niz, pri čemu je završetak jedne ujedno i početak iduće faze. Uz spomenute faze postoje i dvije dodatne radne faze (Pentek i dr. 2014): faza rekonstrukcije šumske prometnice (radi povećanja njihova standarda) i faza zatvaranja/stavljanja izvan funkcije izgrađenih šumske prometnice. Planiranje izgradnje šumske cesta podrazumijeva određivanje lokacije njihove izgradnje, pri čemu treba voditi ra-

¹ Dr. sc. David Janeš*, e-pošta: djanes@sumfak.hr, Doc. dr. sc. Ivica Papa, e-pošta: ipapa@sumfak.hr, Sandi Matijašević, mag. ing. silv., e-pošta: sandi.matijsavic@gmail.com, Ivan Žarković, mag. ing. silv., e-pošta: izarkovi@sumfak.hr, Mihael Lovrinčević, mag. ing. silv., e-pošta: mlovrin@sumfak.hr, Doc. dr. sc. Andreja Đuka, e-pošta: aduka@sumfak.hr, Fakultet šumarstva i drvene tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije, Svetosimunska 23, 10 000 Zagreb, HRVATSKA

* Glavni autor – Corresponding author

čuna o kvantiteti postojeće mreže šumskih prometnica, odabranim sustavima pridobivanja drva, zaštićenim/osjetljivim područjima, kao i o ostalim brojnim ciljevima i ograničenjima (Acar i dr. 2017, Picchio i dr. 2018, Zhang i dr. 2020). Misao vodila pri planiranju, projektiranju i izgradnji šumskih prometnica mora biti smanjenje negativnih utjecaja planirane ceste na šumski ekosustav (Bertolotto i dr. 2016), čime će prednosti njihovog postojanja nadilaziti negativne utjecaje šumskih cesta (Acar i dr. 2017). Sličnog mišljenja su i Lugo i Gucinski (2000) koji navode kako prilikom uspostavljanja optimalne mreže šumskih prometnica, ceste treba smatrati sastavnim dijelom šumskog ekosustava (tehnički dio ekosustava), zbog čega je neophodno provesti odgovarajuće analize njihovog utjecaja na okoliš, čime će se formirati odluka o ispravnosti njihovog projektiranja i građenja.

Razvoj GIS tehnologije započinje 1960-ih u sklopu nekoliko projekata, među kojima se ističe kanadski geografski informacijski sustav (CGIS) razvijan od IBM-a (Coppock i Rhind 1991, Foresman 1998, Goodchild 2018), zbog čega se smatra kako je razvoj GIS-a paralelan razvoju računala i računalne tehnologije. Budući da su računala sposobna za integriranje, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje vrlo širokog raspona informacija, ista su se počela koristiti za obradu informacija o Zemljinoj površini, koje nazivamo geografskim informacijama.

Početak suvremenog planiranja mreže šumskih cesta započinje usporedno razvojem računala i računalnih sustava, odnosno GIS tehnologije (Heinmann 2017). Suvremeno planiranje izgradnje šumskih prometnica podrazumijeva korištenje modernih tehnologija, odnosno GIS programskih paketa (Burrough i McDonnell 1998, Petković i Potočnik 2018) za čije je uspješno korištenje potrebno prikupiti podatke o terenskim i sastojinskim značajkama kao na primjer nagib terena, površinske prepreke (stjenovitost/kamenitost, mreža vodotoka), nosivosti podlage, podatke o drvojnoj zalihi, etatu, bonitetu staništa, ali i postojećoj mreži primarne šumske prometne infrastrukture.

Unatoč postojanju različitih računalnih programa za obradu geografskih informacija, najistaknutiji su ESRI ArcGIS računalni program koji je komercijalan, te GRASS QuantumGis – program otvorenog koda, namijenjen besplatnom korištenju (*eng. open source; freeware*) (Österman 2014, Flenniken i dr. 2020).

Na službenim internetskim stranicama tvrtka Esri (2022) navodi da GIS tehnologija koristi razne alate za razumijevanje, ali i daljnju analizu geografskih podataka. Zadaća tehnologije je steći koristi (zaključke) iz različitih vrsta analiziranih podataka. Kao odlike tehnologije, ističu četiri riječi: mape, podaci, analize i GIS aplikacije.

Geografski informacijski sustav generalno funkcioniра sa dva fundamentalno različita modela geografskih podataka:

vektorski model i rasterski model podataka (Lusch 1999, Chiang i dr. 2014).

U vektorskome modelu podataka, informacije o točkama, linijama i poligonima šifrirane su i spremljene kao skup sastavljen od x i y koordinata (<https://www.esri.com/en-us/home>, 2022). Podaci o lokaciji točke spremljeni su u obliku koordinate (x i y). Linijski podaci, poput cesta i rijeka, uglavnom su spremljeni kao skup točaka s pripadajućim koordinatama (Perković 2010). Poligonski oblik podataka (teritoriji, jezera, katastarske čestice, itd.) spremljen je kao zatvorena petlja koordinata, odnosno sadrži podatke o svim linijama i čvorovima od kojih je sastavljen (Čekolj 1999).

Rasterski grafički prikaz temelji se na primjeni slikovnih elemenata, odnosno točkica – piksela (*eng. Pixel*), pri čemu raspored piksela u slikovnoj matrici definira izgled rastera. Rasterski model razvio se za modeliranje kontinuiranih značajki, poput vrste tla, nagiba terena itd. (Scott i Jennings 1998, Loveland i dr. 1999, Vogelmann i dr. 2001, Wade i dr. 2003).

Najvažnija komponenta GIS-a su izvori podataka i njihova dostupnost te točnost. Geografski podaci i s njima povezani tabelarni dio prikaza mogu se prikupiti kroz sljedeće faze (Anon. 2011): 1. primarno prikupljanje geografskih podataka (daljinska istraživanja – satelitske snimke, aerofotografije, lidarski snimci; snimanje na terenu), 2. sekundarno prikupljanje geografskih podataka (skeniranje postojećih karata/planova), 3. vanjski izvori (prijenos podataka), 4. prikupljanje atributnih podataka (etat, srednji prsnji promjer, itd.), 5. prikupljanje podataka dijeljenih od strane građana (npr. Google Maps), i 6. prikupljanje podataka kroz upravljanje projektom (različite suradnje i slično).

U šumarstvu se u velikoj mjeri oslanjamo na prikupljanje podataka GPS-om, čemu primjer mogu biti lokacije središta primjernih ploha, lokacije plus stabala, položenost primarnih i sekundarnih šumskih prometnica u prostoru, itd. Ovaj navod potkrjepljuju Evans i dr. (1992) spominjući kako su GPS prijemnici najčešće korišteni uređaji koji služe šumarskim inženjerima pri prikupljanju podataka vezanih uz inventuru šuma i šumskog cestovnog inventara.

Razvojem suvremenih geodetskih mjernih uređaja postupno se povećao udio i korištenje istih i u području šumarstva Republike Hrvatske, pa tako Pernar (2000) navodi da će upravo u šumarstvu, odnosno u dijelu koji se bavi optimizacijom transporta navedena tehnologija u budućnosti imati najveću ulogu. Potreba za njenom upotrebljom proizlazi iz želje za bržom proizvodnjom, smanjenjem troškova, povećanjem kapaciteta proizvodnje, itd. Povoljan utjecaj korištenja GIS-a pri planiranju mreže šumskih prometnica na troškove izgradnje šumskih prometnica potvrđili su Acosta i dr. (2023), koji navode da je upotrebljom GIS-a troškove izgradnje primarnih šumskih prometnica moguće umanjiti za 23,14 %. Osim toga, korištenjem računalno pot-

pomognutih sustava, odnosno GIS aplikacija pri izradi planova prijevoza šumskih proizvoda (određivanje optimalnih izvoznih ruta), moguće je značajno vremenski i finansijski uštedjeti (Akay i dr. 2021).

Dostupnost šumske površine – *Forests accessibility*

Postupak otvaranja šuma odnosno uspostave optimalne mreže šumskih prometnica na terenu je kompleksan proces koji se odvija kroz četiri osnovne faze rada: planiranje, projektiranje, izgradnja s nadzorom i održavanje. Temeljni preduvjet otvaranja šuma je nedostatna količina (ili u izrazito rijetkim slučajevima nepostojanje) primarnih šumskih prometnica u promatranoj gospodarskoj jedinici ili šumskom kompleksu. Upravo radi toga, kroz Pravilnik o provedbi mjere M04 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017 i 84/2018), propisana je izrada Elaborata učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture za gospodarsku jedinicu koja je predmet otvaranja šuma.

Glavne sastavnice Elaborata učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture su:

- A. OPĆI PODACI
- B. ANALIZA POSTOJEĆE MREŽE PRIMARNE ŠUMSKE PROMETNE INFRASTRUKTURE
- C. PLANIRANJE/PROJEKTIRANJE IDEJNE TRASE ŠUMSKE CESTE NA KARTI I NA TERENU
- D. ANALIZA UNAPRIJEĐENE MREŽE PRIMARNE ŠUMSKE PROMETNE INFRASTRUKTURE
- E. REKAPITULACIJA I OCJENA OPRAVDANOSTI PRIMARNOG OTVARANJA ŠUMA (VREDNOVANJE IDEJNE TRASE BUDUĆE ŠUMSKE CESTE)

Navedeni Pravilnik o provedbi mjere M04 propisuje da se uspostava grafičkih dijelova spomenutog Elaborata izrađuje u odgovarajućoj GIS aplikaciji, a što se ponajprije odnosi na B, C i D sastavnice Elaborata učinkovitosti mreže šumskih prometnica – primarne šumske prometne infrastrukture.

U ovome radu bit će predstavljeni korisni alati za otvaranje šuma u komercijalnom programu ArcGIS te u QGIS programu otvorenog koda.

Osnovne smjernice – *Basic guidelines*

Kvalitetnom planiranju novih cesta prethodi poznavanje trenutnog stanja, odnosno analiza postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture. Glavni pokazateli kvalitete i kvantitete mreže primarnih šumskih promet-

nica su: 1. Gustoća cesta, 2. Relativna otvorenost površine, 3. Geometrijska (euklidska) udaljenost privlačenja drva i 4. Međusobni razmak šumskih cesta.

U tu svrhu potrebno je utvrditi duljinu primarnih šumskih prometnica koje ulaze u obračun otvorenosti šuma, za potrebe određivanja gustoće šumskih cesta (m/ha, km/1000 ha) kao i relativne otvorenosti (%) te geometrijske udaljenosti privlačenja drva (m).

Pravilnik o provedbi mjere M04 u sklopu djela: *Kriteriji određivanja gustoće primarne šumske prometne infrastrukture gospodarske jedinice ili većeg šumskog kompleksa (grupa odjela/odsjeka) koja je predmet zahvata primarnog otvaranja šuma* propisuje sljedeće:

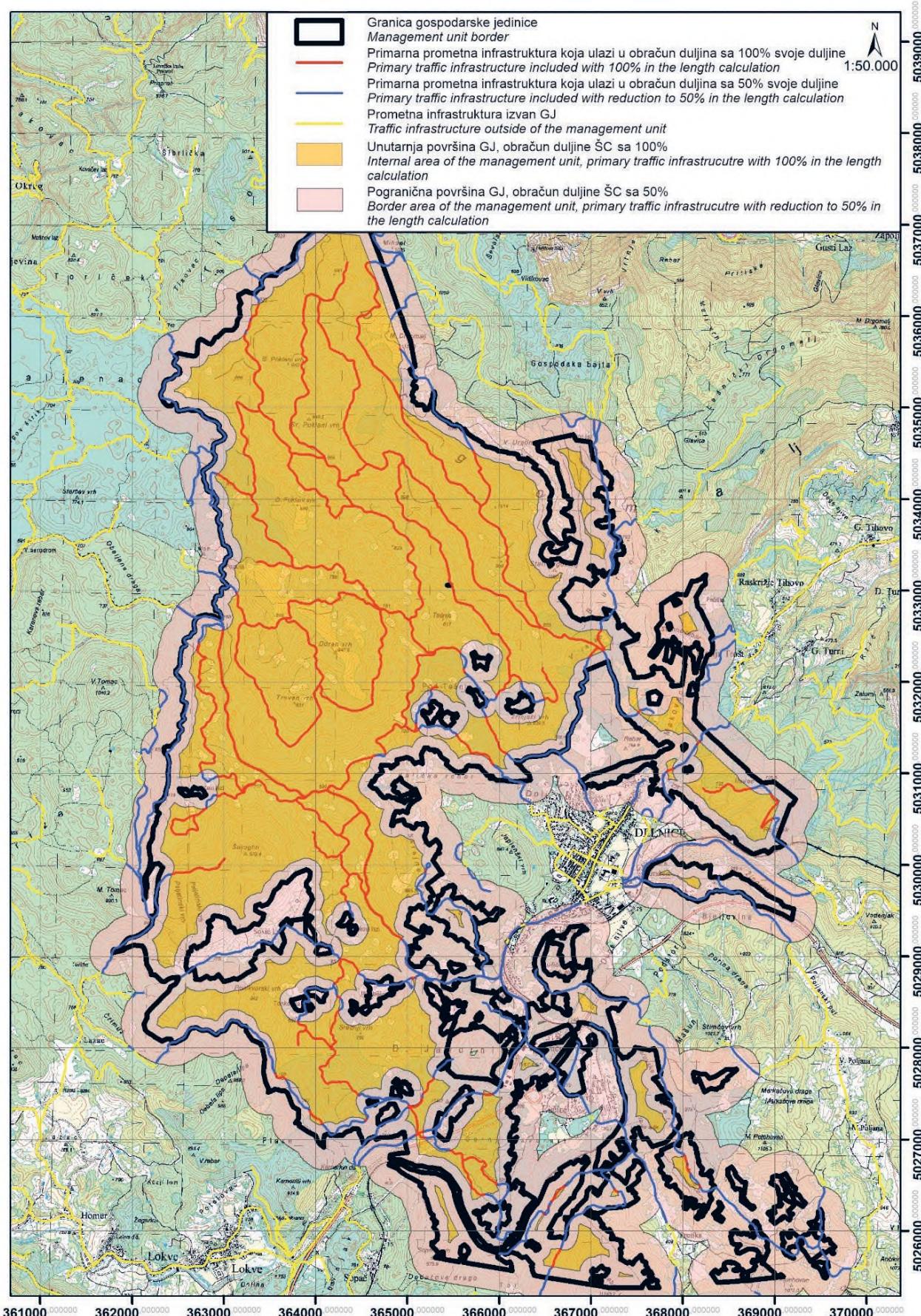
– Šumska, javna ili nerazvrstana cesta, odnosno njezina pojedina dionica, koja se može koristiti pri održivom gospodarenju šumama, a poglavito za utovar šumskih drvnih proizvoda, koja prolazi granicom gospodarske jedinice ili granicom većeg šumskog kompleksa (grupa odjela/odsjeka), koja je predmet zahvata primarnog otvaranja šuma (dalje: granica), ili najviše do 250 m udaljenosti od granice s njene vanjske ili najviše do 125 m udaljenosti od granice s njene unutarnje strane, a čija trasa generalno prati smjer pružanja granice, uzima se u obračun gustoće primarne šumske prometne infrastrukture s polovicom svoje duljine (50% duljine).

Uz citat stavka Pravilnika o provedbi mjere M04 važno je nadodati i kako autoceste te brze ceste nikada ne ulaze u obračun otvorenosti šuma.

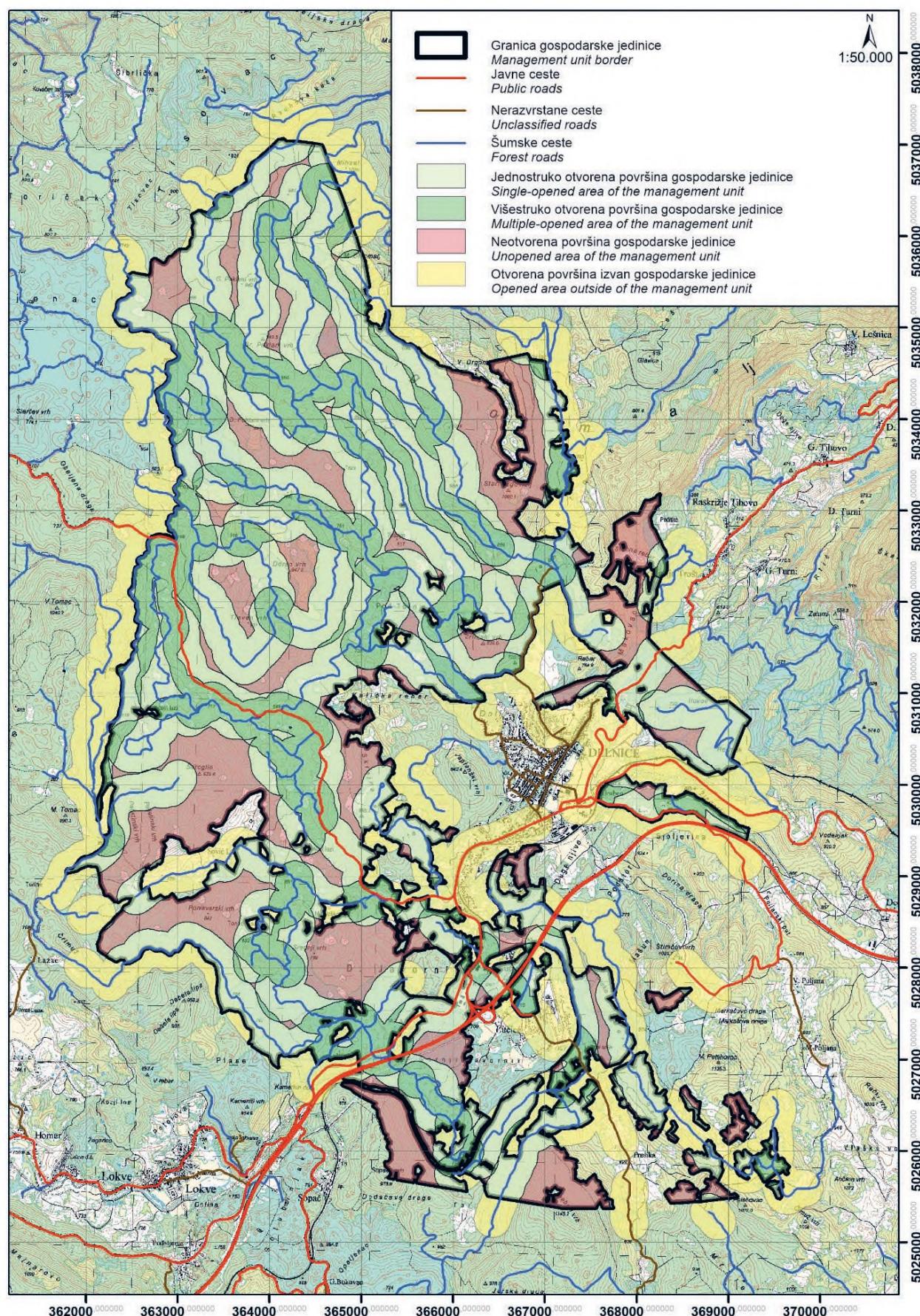
Programski paket Esri ArcGIS – *Esri ArcGIS software*

Za potrebe utvrđivanja graničnog područja (250 m s vanjske strane granice gospodarske jedinice i 125 m s unutarnje strane GJ) koristi se alat omeđenih površina (eng. *Buffer*). Ovaj alat podrazumijeva polaganje plohe (površine) oko analizirane točke, linije ili poligona, pri čemu je zadana širina plohe na svim dijelovima jednakom udaljena od predmetnog objekta. Kako bismo formirali omeđenu površinu širine 250 m samo izvan ruba gospodarske jedinice, unutar spomenutog alata u izborniku *Side Type* odabire se opcija *Outside Only*, a u izborniku *Distance* upisuje se vrijednost od 250 m. Za formiranje omeđene površine širine 125 m samo s unutarnje strane granice gospodarske jedinice koristi se isti alat, ali se u izborniku *Distance* upisuje „– 125“ m. Spajanje tih dviju omeđenih površina obavlja se pomoću alata *Union*.

Budući da se primarne šumske prometnice smještene unutar rubnog (ograničnog) dijela GJ uzimaju u obračun s 50%, a one koje se nalaze u unutarnjem dijelu gospodarske jedinice sa 100 % svoje duljine, potrebno je utvrditi kojim dijelovima GJ pripadaju. Prvo je potrebno formirati „unutarnju“ površinu gospodarske jedinice (površina udaljena



Slika 1. Prikaz postojeće mreže primarnih šumske prometnice pri postupku određivanja gustoće cesta na primjeru gospodarske jedinice Delnice
Fig. 1. Existing primary forest traffic infrastructure network during the process of determining road density on the example of management unit Delnice



Slika 2. Prikaz postojeće relativne otvorenosti šuma na primjeru gospodarske jedinice Delnice

Fig. 2. Existing relative forest openness on the example of management unit Delnice

najmanje 125 m od unutarnje granice gospodarske jedinice), što je moguće korištenjem alata *Erase*. Tako formirane površine (poligoni) preduvjet su za analizu prometnika koje ulaze u daljnji obračun otvorenosti šuma. Registr cesta (linijski podaci) se uz pomoć alata *Intersect* dijeli u obračunske zone, tj. ceste koje ulaze u obračun sa 100 % i 50 % svoje duljine, odnosno one koje uopće ne ulaze u obračun gustoće cesta (slika 1).

Gustoća cesta iskazana je kao broj u obliku sumarne duljine sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture iskazane po jedinici površine (m/ha, km/1000 ha) zbog čega ne vrednuje kvalitetu prostornog rasporeda prometnika u smislu iskazivanja kvantitete i kvalitete mreže primarnih šumskih prometnica. Zbog toga se dodatno koristi relativna otvorenost, koja predstavlja omjer prometnicama otvorene i ukupne površine šuma. Pod terminom primarne relativne otvorenosti šuma podrazumijevamo postotak dostupne površine za odabranu tehnologiju privlačenja drva. Otvorenom se smatra ona površina koja se nalazi unutar određenoga pojasa otvaranja, a koji nastaje povlačenjem linija razmaka na određenoj udaljenosti s obje strane prometnice paralelno s njegovim tokom (Đuka 2014).

Shodno tome, sljedeći postupak u analizi postojećih primarnih šumskih prometnica jest utvrđivanje relativne otvorenosti šuma. Postupak se također sastoji od polaganja omeđenih površina (eng. *Buffer*) oko sastavnica mreže primarnih šumskih prometnica koje otvaraju šumu (širina omeđene površine ovisi o pripadnosti promatranog područja pojedinom reljefnom području, a čije vrijednosti su definirane Pravilnikom o provedbi mjere M04). Alat *Buffer* zahtjeva unos širine omeđene površine (eng. *distance*) u metrima, te daje mogućnosti odabira strane (lijeva, desna ili obostrano) polaganja površine, zaobljenja završetka omeđene površine oko linije (zaobljeno ili kvadratno), kao i mogućnosti kod preklapanja većeg broja površina (ostavljanje većeg broja slojeva (eng. *layer*) preklopljenih površina ili spajanje preklopa u jednu površinu). Za potrebe utvrđivanja relativne otvorenosti ostavlja se veći broj slojeva preklopljenih površina, nakon čega se uz pomoć alata *Intersect* izdvoje samo preklopljene površine, koje predstavljaju višestruko otvorene površine otvaranog područja. Alatom *Erase* omedenim površinama oduzmemo (brišemo) višestruko otvorene površine, što rezultira dobivanjem jednostruko otvorenih površina gospodarske jedinice odnosno otvaranog područja. Istim alatom moguće je utvrditi i neotvorene površine te otvorene površine izvan analiziranog područja, gdje se od otvarane površine (npr. gospodarske jedinice) oduzima područje omeđenih površina (slika 2).

Za utvrđivanje geometrijske (euklidske) udaljenosti privlačenja drva koristi se alat *Euclidean Distance* (slika 3). Kao ulazni podaci odabiru se šumske te one javne ceste koje utječu na otvorenost šuma, nakon čega se zadaje najveća

udaljenost koju želimo prikazati (od mreže cesta), kao i razlučivost (rezoluciju) za koju je sukladno preporuci Bumbera (2011) najpoželjnija mreža točaka razmaka 10×10 m (svaka točka (eng. *pixel*) ima površinu jednoga araa) što je prema autorovom zaključku temeljeno na Segebadenovim (1964) osnovama određivanja srednje geometrijske udaljenosti privlačenja drva.

Pravilnik o provedbi mjere M04 za izradu Elaborata učinkovitosti mreže šumskih prometnica – sekundarne šumske prometne infrastrukture u sklopu analize mreže sekundarne šumske prometne infrastrukture propisuje izradu prikaza postojeće stvarne udaljenosti privlačenja drva. Izračun srednje stvarne (eng. *Path distance*) udaljenosti privlačenja drva idejno se zasniva na kretanju vozila isključivo po postojećoj mreži sekundarnih šumskih prometnica. Taj način izračuna podrazumijeva i ravnomjerno posjećeno drvo na cijeloj površini sjećne jedinice te uključuje nagib terena koje vozilo svladava pri kretanju po mreži sekundarnih šumskih prometnica i udaljenosti traktorskih putova ili vlaka do najbliže šumske ili javne ceste. Tako izračunate vrijednosti bit će stvarne udaljenosti privlačenja, jer se u obzir uzima i faktor vertikalne korekcije terena ($f = 1/\cos \alpha$), odnosno nagib koji sredstvo privlačenja drva svladava kretanjem po mreži sekundarnih šumskih prometnica.

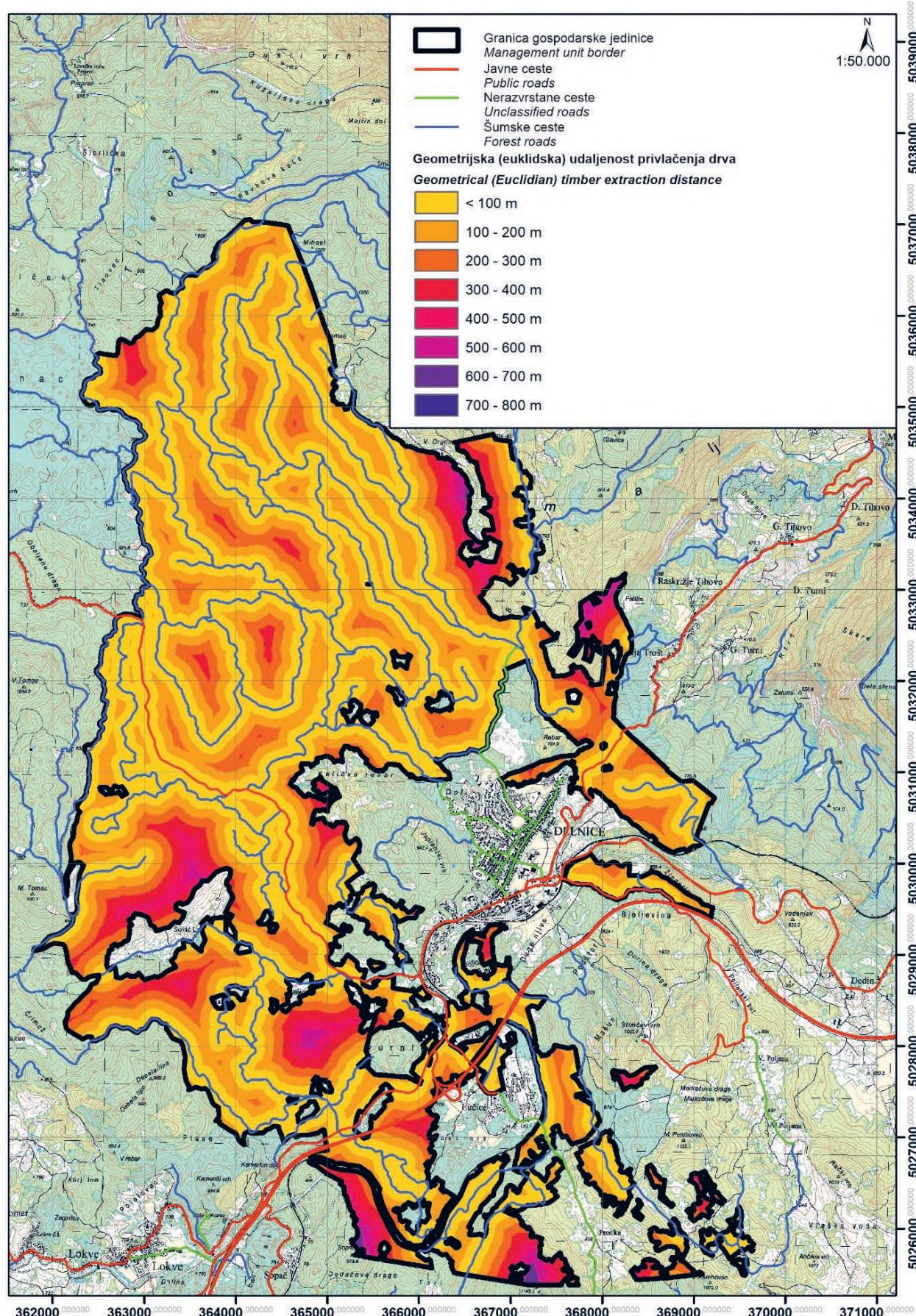
Postupak se sastoji od pretvaranja mreže sekundarnih šumskih prometnica u rasterski oblik podataka korištenjem alata *Polyline to Raster* (modul *Conversion Tools* → *To Raster*). Kako bi sve sastavnice spomenute mreže prometnica imale jednaku rastersku vrijednost, pomoću alata *Reclassify* (modul *Spatial Analyst Tools* → *Reclass*) svim sastavnicama pridjeljuje se vrijednost „1“. Tek tada pristupa se alatu *Path distance* smještenom unutar modula *Spatial Analyst Tools* → *Distance* (slika 4).

Esri ArcMap omogućuje značajno ubrzavanje navedenih analiza funkcijom automatiziranih modela (eng. *ModelBuilder*). Pod pojmom *ModelBuilder* (Anon. 2022) podrazumijeva se aplikacija unutar ArcMap računalnog programa koja se koristi za stvaranje, uređivanje i upravljanje modelima. Modeli predstavljaju tokove podataka povezanih nizom alata za geoprocесuiranje, formiranih tako da rezultat jednog alata (eng. *Output*) predstavlja ujedno i ulaz (eng. *Input*) za sljedeći alat u nizu (slika 5). *ModelBuilder* se također može smatrati vizualnim programskim jezikom za izgradnju tokova podataka.

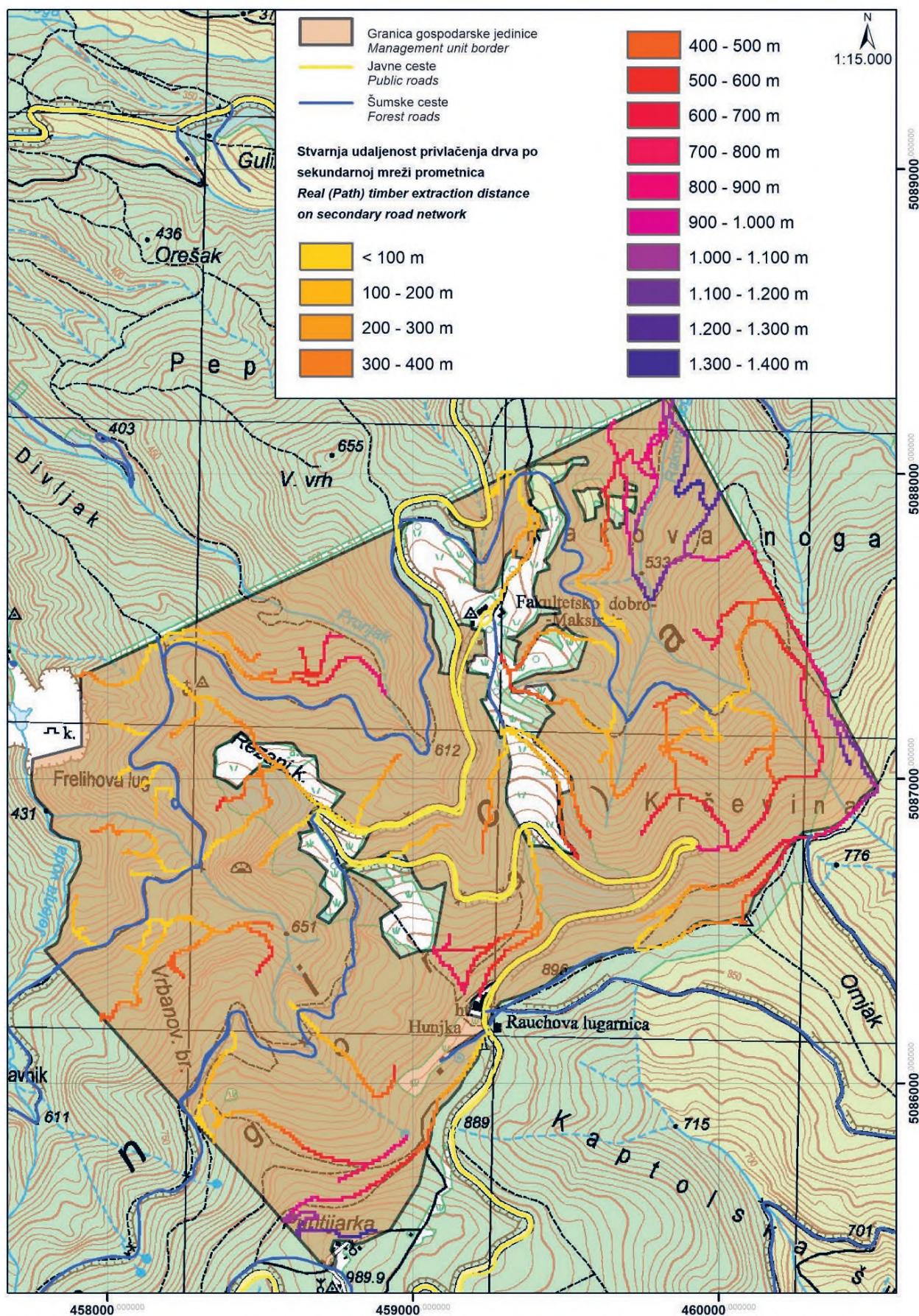
U nastavku je prikaz dvaju shema nastalih u alatu *Model builder* (ArcGIS) konstruiranih za potrebe otvaranja šuma, u kojima su korišteni prethodno opisani alati.

Programski paket QGIS – *QGIS software*

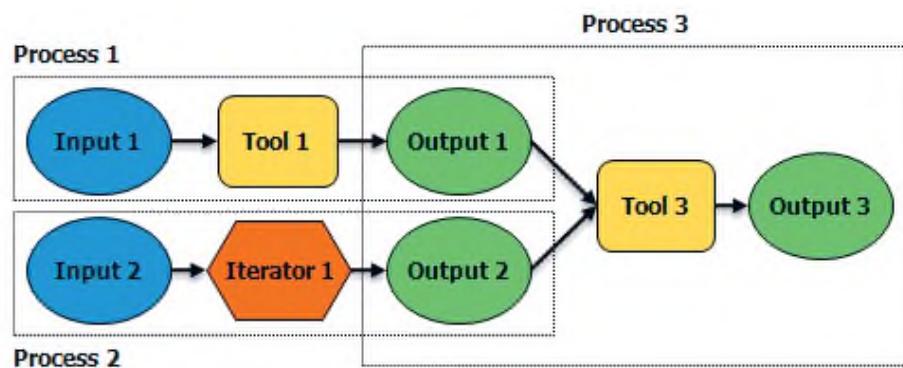
QGIS je profesionalna GIS aplikacija izrađena temeljem besplatnog i otvorenog softvera (FOSS), zbog čega je otvorenog koda (<https://www.qgis.org>).



Slika 3. Prikaz postojeće geometrijske (euklidске) udaljenosti privlačenja drva na primjeru gospodarske jedinice Delnica
Fig. 3. Existing geometrical (Euclidean) timber extraction distance on the example of management unit Delnica



Slika 4. Prikaz postojeće stvarne udaljenosti privlačenja drva na primjeru gospodarske jedinice Sljeme
Fig. 4. Existing real timber extraction distance on the example of management unit Sljeme



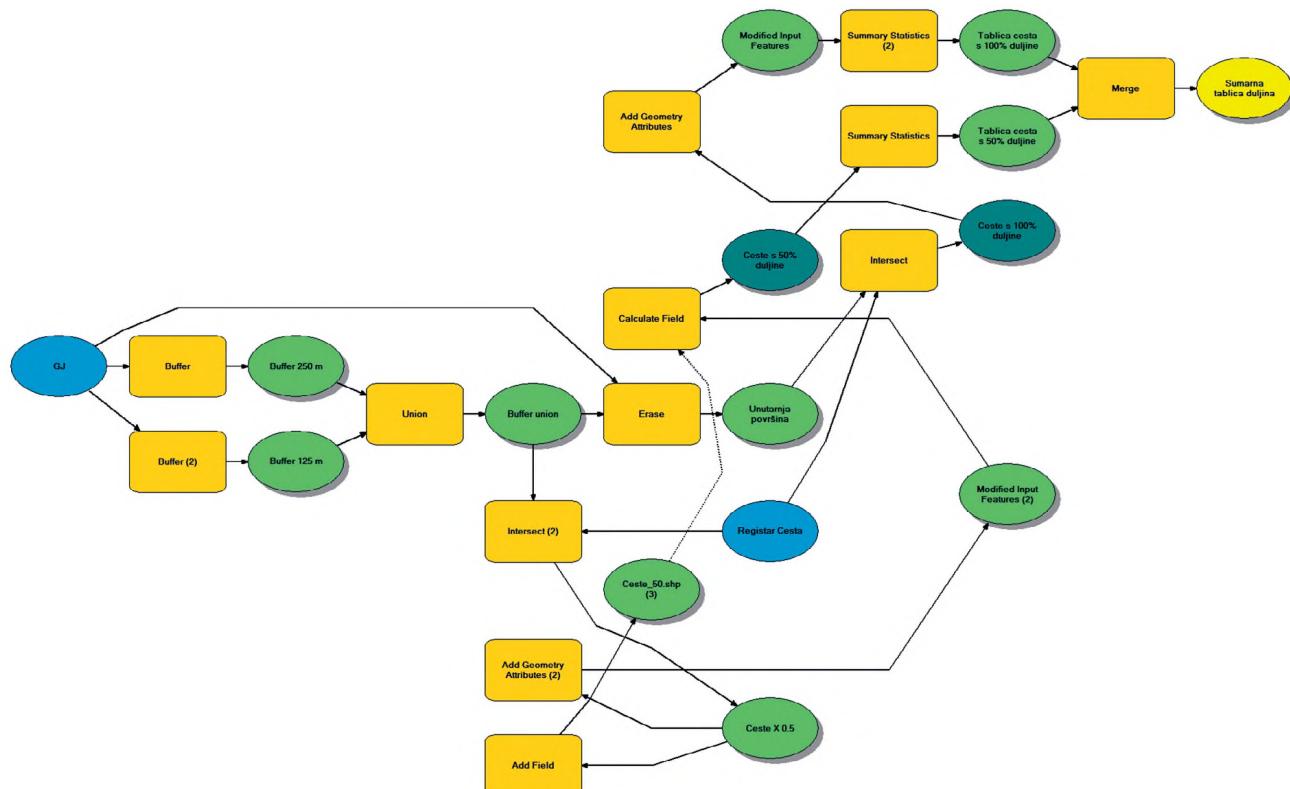
Slika 5. ModelBuilder – primjer funkcioniranja; IZVOR: <https://desktop.arcgis.com/>

Fig. 5. ModelBuilder – example of functioning; SOURCE: <https://desktop.arcgis.com/>

Kao i kod prethodnog računalnog programa za potrebe utvrđivanja graničnog područja u QGIS programu, koristi se alat *Buffer*, smješten unutar modula *Vector geometry*. Postupak se provodi korištenjem više alata, u odnosu na ArcMap. Najprije se pristupa uspostavi omeđenih površina oko granice gospodarske jedinice, sa vrijednošću 250 m i „-125“ m (alat: *Buffer*). Potom se omedenim površinama briše dio smješten unutar odnosno izvan gospodarske jedinice (preklop) pomoću alata *Difference* smještenog u modulu *Vector overlay*. Rezultat tog alata su dva poligona, prvi širine 250 m izvan granice GJ, a drugi širine 125 m unutar granice GJ. Spajanje tih dvaju poligona vrši se alatom *Union* unutar modula *Vector overlay*, nakon čega se novoformirani poli-

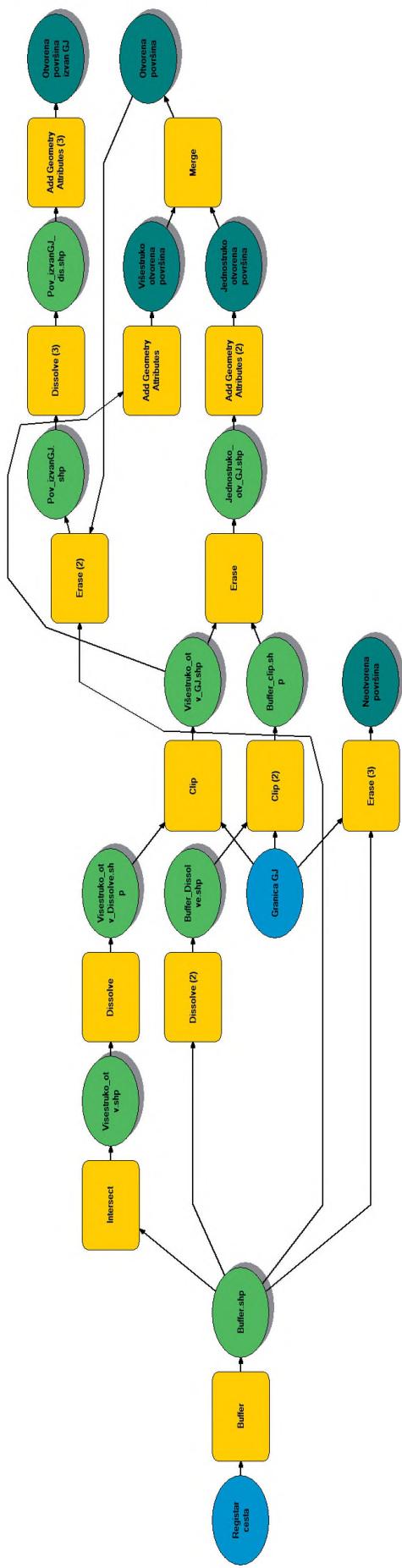
gon uz pomoć alata *Dissolve* u modulu *Vector geometry* homogenizira (uklanjaju se granice (linije) između dvaju spojenih poligona). Nakon što su ovi preduvjeti zadovoljeni, odnosno navedenim alatima su formirane pogranična površina te unutarnja površina gospodarske jedinice, pristupa se utvrđivanju pripadnosti primarnih šumskih prometnica svakoj od tih dviju zona (površina). Navedeno se provodi pomoću alata *Intersection* smještenog unutar modula *Vector overlay*. Navedenim alatom utvrđene su prometnice koje u obračun ulaze sa 100 % odnosno s 50 % svoje duljine, kao i one koje ne ulaze u obračun gustoće cesta.

Postupak utvrđivanja relativne otvorenosti šuma provodi se pomoću spomenutog alata *Buffer*. Nakon unosa željene



Slika 6. Automatizirani model za izračun gustoće cesta u Esri ArcGIS programu

Fig. 6. ModelBuilder for calculating road density in the Esri ArcGIS program



Slika 7. Automatizirani model za izračun primarne relativne otvorenosti šuma u Esri ArcGIS programu
Fig. 7. ModelBuilder for calculating the primary relative forest openness in the Esri ArcGIS program

širine omedene površine formira se novi poligon oko prometnica. Preklopljene odnosno višestruko otvorene površine utvrđuju se alatom *Polygon Self-Intersection* smještenog u modulu SAGA → *Features – Polygons*. Novo dobiveni *shapefile* sadrži višestruko i jednostruko otvorene površine, koje je potrebno razdvojiti. Svi *layeri* koji unutar atributne tablice imaju vrijednost FID-a nula (eng. *Null*) predstavljaju višestruko otvorene površine, stoga ih označimo te izvezemo u zasebni *shapefile*, kojega dodatno provedemo kroz alat *Fix geometries* smještenog u modulu *Vector geometry*. Konačno korištenjem alata *Dissolve* unutar istoga modula dolazi do zaglađivanja i spajanja dodirnih granica većeg broja *layera*, čime je uspostavljena višestruko otvorena površina. Alatom *Difference* dobiva se i jednostruko otvorena površina gospodarske jedinice.

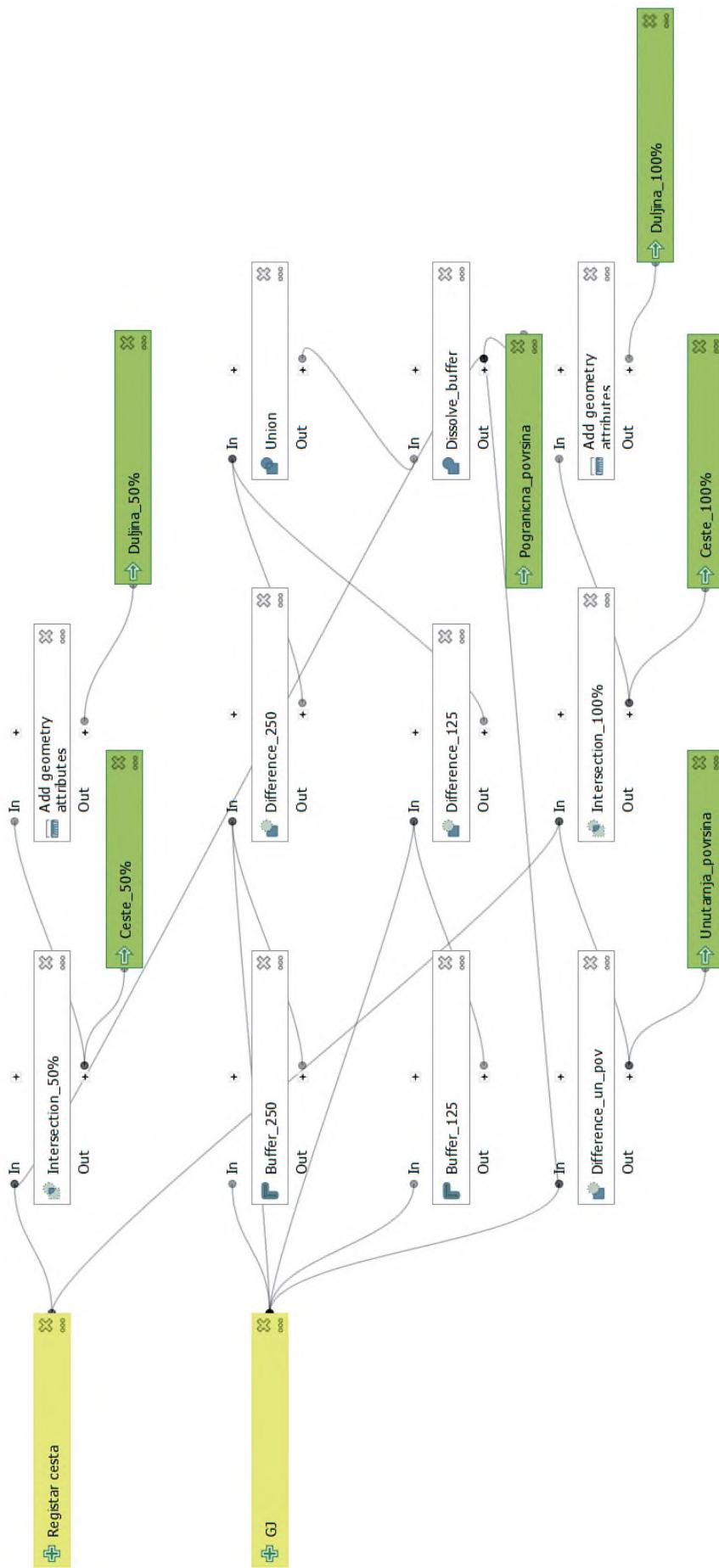
Utvrdjivanje geometrijske (euklidske) udaljenosti privlačenja drva u QGIS programu provodi se kroz dva postupka. Prvi predstavlja pretvaranje (konverziju) primarne šumske prometne infrastrukture iz vektorskog u rasterski oblik podataka. Navedeno se provodi pomoću alata *Rasterize (vector to raster)* smještenog unutar modula: *GDAL* → *Vector conversion*. Drugi dio predstavlja izračun geometrijske (euklidske) udaljenosti privlačenja drva, što se vrši pomoću alata *Proximity (raster distance)*, u modulu: *GDAL* → *Raster analysis*. Važno je ponoviti kako je preporuka razlučivosti karte geometrijske (euklidske) udaljenosti privlačenja drva 10×10 m.

Mogućnost izrade automatiziranih modela postoji i u QGIS programu (slika 8). Opcija se naziva *Graphical Modeler*, a funkcioniра na način da se nakon izrade samog modela, isti ugrađuje u alatnu kutiju (eng. *Toolbox*), kao jedan od alata. Postupak izrade i djelovanje podjednako je automatiziranim modelima Esri ArcMap računalnog programa.

Umjesto zaključka – *Instead of a conclusion*

Primjena GIS tehnologije u šumarstvu postoji dulji niz godina, što najbolje potvrđuju Crain i MacDonald svojim radom iz 1983. godine – Od popisa zemljišta do upravljanja zemljištem: evolucija operativnog GIS-a (eng. *From land inventory to land management: The evolution of an operational GIS*). Primjena ove tehnologije u šumarstvu svakim danom raste, zbog čega je jasno da je nezaobilazni segment toga i postupak otvaranja šuma. Navedeno potkrjepljuje i Pernar (2000) koji navodi da će upravo u šumarstvu, odnosno u dijelu koji se bavi optimizacijom transporta navedena tehnologija u budućnosti imati najveću ulogu.

Kvalitetne GIS analize postojećeg stanja otvorenosti šuma rezultiraju utvrđivanjem neotvorenih odnosno slabo otvorenih površina promatranog područja, a daljnjom primjenom GIS-a kroz višekriterijske analize moguće je utvrditi najpotrebitija područja za upotrebu funkcionalnog pristupa otvaranju šuma. Neki od najvažnijih kriterija su: drvna zaliha, ukupni desetogodišnji bruto etat, opasnost od požara,



Slika 8. Automatizirani model za izračun gustoće cesta u QGIS program
Fig. 8. Automated model (Graphical Modeler) for calculating road density in the QGIS program

postojeće stanje otvorenosti (gustoća cesta, relativna otvorenost šuma te geometrijska udaljenost privlačenja drva). Osim toga, uz odgovarajuće podloge (slojničke karte, digitalne modele terena) te uz uvažavanje gore navedenih kriterija moguće je utvrditi optimalno razvijanje nulte linije neotvorenog područja, u sklopu taktičkog planiranja, na razini gospodarske jedinice. Tako isplanirana nulta linija u sklopu taktičkog planiranja predstavlja kvalitetan temelj kasnije fazi operativnog planiranja konkretne šumske ceste i svakako predstavlja jedan od osnovnih preduvjeta pri uspostavi optimalne mreže primarne šumske prometne infrastrukture na terenu.

U ovome radu pokazane su osnovne korisne značajke GIS tehnologije u postupku utvrđivanja dostupnosti površine, na primjeru dva najzastupljenija GIS računalna programa: Esri ArcGIS i QGIS. Prikazanim alatima utvrđeno je kako se korištenjem bilo kojeg od ova dva programska paketa mogu analizirati područja otvaranja u svrhu utvrđivanja neotvorenih površina, a koja nam služe kao temelj pri dalnjim fazama rada planiranja mreže šumske prometnice. Prikaz crtanja nultih linija u radu nije prikazan, ali se kod oba programa podrazumijeva postojanje alata za unos odnosno ucrtavanje prostornih objekta (korištenjem tri osnovna vektorska modela podataka: točka, linija i poligon). Automatizirani modeli izrazito su korisni dio sučelja pri analizama dostupnosti šumske površine, a što se najbolje očituje u slučajevima kada je potrebno analizirati veći broj gospodarskih jedinica, odnosno otvaranih područja.

Esri ArcGIS programski paket u upotrebi je dulje vrijeme, zbog čega je dobro poznat u stručnim i znanstvenim područjima koja se bave kartiranjem prostornih podataka (Anon. 2020). Osim toga ima širok raspon alata koji pomažu u detaljnoj studiji (analizama) ili kartiraju, i svakako bolje je prilagođen korisniku pri formiranju karata za ispis. Budući da je komercijalan bolja mu je i podrška službe za korisnike. U odnosu na QGIS značajno je sporiji, ne samo pri učitavanju podloga nego i pri provedbi analiza, a kao najveći nedostatak ovog programa svakako treba istaknuti njegovu visoku nabavnu cijenu, kao i dodatne troškove kroz otključavanje brojnih dodataka – alata.

S druge strane QGIS je jednostavna i brza verzija ArcGIS-a otvorenog koda. Jednostavniji je od ArcGIS-a, te je savršen za manje zahtjevne projekte koji koriste manji broj podataka (ima ograničen raspon alata). Važno je napomenuti kako je kompatibilan s ArcGIS-om, tako da korisnici QGIS-a mogu koristiti ArcGIS datoteke (eng. *shapefile*). Poput mnogih programa otvorenog koda, ima mnogo dodataka i proširenja (eng. *plugins*) koja se ne nalaze u samom programu, ali se brzo i jednostavno mogu preuzeti i instalirati. Tako je primjerice moguće preuzeti SEILAPLAN dodatak, koji služi za projektiranje trasa šumskih žičara (Bont i dr. 2022). Podrška korisnicima postoji, ali u vidu velike zajednice korisnika koji razmjenjom informacija brzo uklanjanju poteškoće.

U konačnici, ova programa su kvalitetni i nezaobilazni alati pri otvaranju šuma, dok sam odabir ovisi isključivo o korisniku, odnosno njegovim preferencijama i prethodnom iskustvu u radu s pojedinim programom.

Literatura – References

- Acar, H., Dursun, E., Gulci, S., Gumus, S., 2017: Assessment of road network planning by using gis-based multi-criteria evaluation for conversion of coppice forest to high forest. Fresenius Environmental Bulletin, 26, 2380-2388 .
- Acosta, F. C., Rengifo, S. P., García, M. L., Trondoli Matricardi, E. A., Castillo, G. B., 2023: Road Network Planning in Tropical Forests Using GIS. Croatian Journal of Forest Engineering 44 (1): 1-17. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2023.1742>
- Akay, A. E., Serin, H., Sessions, J., Bilici, E., Pak, M., 2021: Evaluating the effects of improving forest road standards on economic value of forest products. Croatian Journal of Forest Engineering 42 (2), 245-258. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.851>
- Anon., 2011: “Clickable” Lectures, Readings, & Web Resources, Winter 2011, On-Campus. GEO 465/565 Geographic Information Systems and Science.
- Anon., 2020: ArcGIS vs QGIS. TrustRadius – research and review platform for business leaders to find and select the right software for their needs. <https://www.trustradius.com/comparison-products/arcgis-vs-qgis>
- Anon., 2022: What is ModelBuilder? Službena stranica Esri ArcGIS programskog paketa. <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.5/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm>
- Bertolotto, P., Calienno, L., Conforti, M., D’Andrea, E., Lo Monaco, A., Magnani, E., Marinšek, A., Micali, M., Picchio, R., Sicuriello, F., Spina, R., Venanzi, R., 2016: Assessing indicators of forest ecosystem health. Ann. Silvic. Res., 40, 64–69.
- Bont, L. G., Moll, P. E., Ramstein, L., Frutig, F., Heinemann, H. R., Schweier, J., 2022: SEILAPLAN, a QGIS plugin for cable road layout design. Croatian Journal of Forest Engineering 43 (2): 241-255. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2022.1824>
- Bumber, Z., 2011: Primjena GIS-a pri analizi otvorenosti GJ Šiljakovačka dubrava II kroz strukturu prihoda drva u prostoru i vremenu. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–139.
- Burrough, P., McDonnell, R., 1998: Spatial information systems and geostatistics. P. Burrough, & R. McDonnell, Principles of Geographical Information Systems, 333.
- Chiang, Y.-Y., Leyk, S., Knoblock, A. C., 2014: A Survey of Digital Map Processing Techniques. ACM Computing Surveys. 47.
- Coppock, J. T., Rhind, D. W., 1991: The history of GIS. Geographical information systems: Principles and applications, 1(1), 21-43.
- Crain, I.K., MacDonald, C.L., 1983: From land inventory to land management: The evolution of an operational GIS. In Automated Cartography: International Perspectives on Achievements and Challenges, Vol. 1, B.S. Weller, ed. Ottawa: Steering Committee for the Sixth International Symposium on Automated Cartography, 41-50.
- Čekolj, T., 1999: Obrada katastarskih planova ARC/INFO-m. Diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Đuka, A., 2014: Razvoj modela prometnosti terena za planiranje privlačenja drva skiderom. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-303.
- Esri, 2022: Službena internet stranica tvrtke Esri. <https://www.esri.com/>.

- Evans, D., Carraway, R., Simmons, G., 1992: Use of global positioning system (GPS) for forest plot location. *Southern Journal Applied Forestry* 16(2): 67–70.
- Flenniken, J. M., Stuglik, S., Iannone, B. V., 2020: Quantum GIS (QGIS): An introduction to a free alternative to more costly GIS platforms. *EDIS*, 2020(2), 7-7.
- Foresman, T. W., 1998: The history of geographic information systems: perspectives from the pioneers (Vol. 397). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR.
- Goodchild, M. F., 2018: Reimagining the history of GIS. *Annals of GIS*, 24(1), 1-8.
- Heinemann, H. R., 2017: Forest road network and transportation engineering—state and perspectives. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 38(2), 188-173.
- Loveland, T.R., Zhu, Z., Ohlen, D.O., Brown, J.F., Reed, B.C., Yang, L., 1999: An analysis of the IGBP global land-cover characterization process. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 65(9):1021–1032.
- Lugo, E. A., Gucinski, H., 2000: Function, effects, and management of forest roads. *Forest Ecology and Management* 133 (2000), 249-262.
- Lusch, D. P., 1999: Fundamentals of GIS. Emphasizing GIS Use for Natural Resource Management, Department of Geography, Michigan state University.
- Österman, A., 2014: Map visualization in ArcGIS, QGIS and MapInfo. Disertacija.
- Pentek, T., Nevečerel, H., Ecimović, T., Lepoglavec, K., Papa, I., Tomašić, Ž., 2014: Strategijsko planiranje šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj–raščlamba postojecega stanja kao podloga za buduće aktivnosti. Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva, 35(1), 63-78.
- Perković, D., 2010: Osnove geoinformatike. Kartografija u GIS-u (predavanje). Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-40.
- Pernar, R., 2000: Globalni pozicijski sustav (GPS) – Nove mogućnosti studija radnoga vremena u šumarstvu. Mehanizacija šumarstva 25(1–2): 59–62.
- Petković, V., Potočnik, I., 2018: Planning forest road network in natural forest areas: a case study in northern Bosnia and Herzegovina. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 39(1), 45-56.
- Picchio, R., Pignatti, G., Marchi, E., Latterini, F., Benanchi, M., Foderi, C., Venanzi, R., Verani, S., 2018: The Application of Two Approaches Using GIS Technology Implementation in Forest Road Network Planning in an Italian Mountain Setting. *Forests*, 9(5), 277.
- Ryan, T., Phillips, H., Ramsay, J., Dempsey, J., 2004: Forest Road Manual: Guidelines for the design, construction and management of forest roads. Dublin: COFORD.
- QGIS, 2022: Službena internet stranica QGIS-a. <https://www.qgis.org/en/site/>
- Scott, J.M., Jennings, M.D., 1998: Large-area mapping of biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85:34–47.
- Segebaden, G., 1964: Studies of Cross-Country Transport Distances and Road Net Extension. *Studia Forestalia Suecica* 18: 1–70.
- Vogelmann, J.E., Howard, S.M., Yang, L., Larson, C.R., Wylie, B.K., Van Driel, N., 2001: Completion of the 1990s National Land Cover Data Set for the Conterminous United States from Landsat Thematic Mapper data and ancillary data sources. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 67:650–662.
- Wade, T. G., Wickham, J. D., Nash, M. S., Neale, A. C., Riitters, K. H., Jones, K. B., 2003: A comparison of vector and raster GIS methods for calculating landscape metrics used in environmental assessments. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(12), 1399–1405.
- Zhang, F., Dong, Y., Xu, S., Yang, X., Lin, H., 2020: An approach for improving firefighting ability of forest road network. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35(8), 547–561.
- * Pravilnik o provedbi mjere 4 »Ulaganja u fizičku imovinu«, podmjere 4.3. »Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano uz razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva«, tipa operacije 4.3.3. »Ulaganje u šumsku infrastrukturu« iz programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014. – 2020. (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017, 84/2018, 91/2019).

SUMMARY

The purpose of this paper is a detailed explanation of determining the accessibility of the forest area by calculating road density and the relative forest openness on the examples of two management units. The mentioned two parameters represent indispensable factors in the later phase of planning the optimal forest traffic infrastructure network. As a guide for increasing forest accessibility, a valid Bylaw on measure implementation M04 »Investments in physical assets«, by-measure 4.3 »Grant for investments in development, modernization and customization of agriculture and forestry«, operation type 4.3.3 »Investments in forest infrastructure« from the Program of Rural Development in the Republic of Croatia in the period from 2014 to 2020 (NN 106/15) (NN 106/2015, 65/2017, 77/2017 and 84/2018), which in its appendix No. 1 – Form for the Effectiveness Study of Primary Forest Road Traffic Infrastructure prescribes the preparation of the Effectiveness study of the forest road network. This paper presents valuable tools within the two most common GIS software packages: the commercial ArcGIS program and QGIS, an open-source program. The GIS tools within both programs, which are necessary for preparing the Effectiveness study of the forest road network, are presented and explained in detail. This professional paper contains valuable information for all who deal with the problem of determining the availability of forest area, i.e. the optimal planning of forest road layout, as well as for determining the actual state of road density and the relative openness of the forests

KEY WORDS: GIS, road density, relative openness, planning of primary forest roads, ArcGIS, QGIS



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, obnavlja 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 interese 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.

INCOMES OF ROE DEER MANAGEMENT IN THE HUNTING GROUNDS OF CENTRAL SERBIA

PROFITI GOSPODARENJA SRNEĆOM DIVLJAČI U LOVIŠTIMA SREDIŠNJE SRBIJE

Marija POPOVIĆ¹, Hristo MIHAYLOV², Nikola MIHAJLOVIĆ³, Zoran POPOVIĆ⁴

SUMMARY

The aim of this paper is to analyze the total breeding stock market in 2021/2022, an estimate of the value of the stock of this type of game, the culling value and income per 100 ha of total hunting areas of all hunting grounds in Central Serbia. This research covered the roe deer breeding stock in the hunting grounds of central Serbia. Based on the analysis, the directions and possibilities for increasing the income in all hunting areas of Serbia has been considered. The assessment of the value of the roe deer breeding stock was determined according to the Rulebook (Official Gazette, No. 18/19), while the income from roe deer culling was calculated using the market price list given by the Hunting Association of Serbia for 2021/2022. It was determined that the value of the male roe deer stock is 6.506.000 €, while the value of the female and offspring stock is approximately 3.615.000€. Total income of culled game in 2017/2018 was 480.626 €, while the income per 100 ha of the total area of all hunting areas is 9€. The highest total income is generated by the Central Hunting ground and it amounts to 191.785 €. In order to achieve a higher profit from the management of roe deer at the hunting grounds of central Serbia, it is necessary to completely fulfill the planned culling with an increased inclusion of roebucks that have higher trophy mass.

KEY WORDS: roe deer, culling, economic aspects, income, Serbia.

INTRODUCTION

UVOD

According to the Serbian Game and Hunting Act (Anon., 2010), roe deer (*Capreolus capreolus* L.) is classified as a big game protected by Close Season. Roe deer is a highly adaptable mammalian species, widespread in Europe, as well as in parts of the Asian continent (Stubbe, 2008).

Game populations in Serbia are managed through various hunting ground users, where the largest number of hunting grounds and the largest areas (almost 90 %) are managed by hunting associations. In Serbia, roe deer live in a large number of different habitats ranging from the Pannonian

lowlands to mountain massifs, but their population numbers differ in some areas and vary depending on habitat conditions (Gajić and Popović, 2010). On 1000 ha of hunting-productive hunting area, the average density of roe deer varies from 48.67 to 74 individuals (Popović et al., 2021). From the aspect of the hunting tourism development roe deer is also very important, moreover, roe deer is attractive to the hunters not only because of the trophy (Popović et al., 2020) but also because of the tasty and nutritious meat (Ivanović et al., 2020).

The goal of managing the roe deer population is raising and maintaining their populations as well as trophy values in

¹ Marija Popović, Ph.D., candidate, Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Nemanjina no. 6, 11080 Zemun, Serbia, e-mail: marija.popovic11@gmail.com

² Hristo Mihaylov, Ph.D., Associate Professor, University of Forestry, 10 Bul. Kliment Ohridski, 1797 Sofia, Bulgaria, e-mail: h_mihajlov@abv.bg

³ Nikola Mihajlović, Master engineer of Agriculture, Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Nemanjina no. 6, 11080 Zemun, Serbia, e-mail: nikola.mihajlovic@agrif.bg.ac.rs

⁴ Zoran Popović, Ph.D., Full Professor, Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Nemanjina no. 6, 11080, zpopovic@agrif.bg.ac.rs

*Glavni autor – Corresponding author

accordance with the ecological possibilities of the habitat, by culling the certain number of trophy-mature individuals. The goal is to achieve an ideal relationship between age categories. In a population of roe deer with an optimal sex ratio of 1:1, the optimal structure of roe deer is 48% young, 26% middle age, 26% mature (Gajić and Popović, 2010). Moreover, one of the goals of hunting ground management in the Republic of Serbia is to preserve the stability of ecosystems, to have progressive and sustainable hunting management in a way that it maintains biological diversity, reproductive capacity, production, vitality, to fulfill ecological, managerial and social functions without harming other ecosystems (Keča et al., 2018).

The roe deer participates with 63.40% of the total production value at the hunting ground "Brajevska reka" size of 21.312 ha, out of which 52.22% of the value is the roebuck trophy, venison sale and hunting services, whereas 11.18% is the value of does and fawns (Popović et al. 2014). Roe deer is of special economic importance for Serbia, whose economic benefit derives from all three determinants of the hunting values (trophies, culls and weights).

Roe deer (*Capreolus capreolus* L.) is an autochthonous representative of wild ungulates and inhabits over 90% of the total hunting area of Serbia (Popović and Gačić, 2006). One of the basic goals of roe deer hunting management is to maintain high quality and vital populations with all the elements of the structure, that ensure successful breeding and valuable trophies (Gačić, 2006).

The aim of the research is to estimate the value of the breeding stock of roe deer in 2021/2022 and to conduct the analysis of the total income from roe deer culling and income per 100 ha of total hunting area in hunting year 2017/2018 in all hunting areas of Central Serbia. Based on this analysis, the directions and possibilities for increasing the income in all hunting areas of Serbia will be perceived.

MATERIAL AND METHODS

MATERIJAL I METODE

The research of economic aspects of management includes the roe deer game stock in the hunting grounds of central Serbia. With the Decree on the Establishment of Hunting Areas on the territory of the Republic of Serbia (Anon., 2020), sixteen hunting areas were formed, of which five hunting areas are located in central Serbia: Belgrade hunting district, Western hunting district, Central hunting district, Eastern hunting district and Southern hunting district (Figure 1). Within the hunting district, the boundaries of individual hunting district are determined on the total area (<https://upravazasume.gov.rs/lovstvo/dokumenti-i-propisi-lovstvo/>). Considering these data issued by the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, the analysis of income will be expressed on the total area of the hunting district.



Figure 1: Established hunting areas in central Serbia
Slika 1: Utvrđena lovna područja u središnjoj Srbiji

The assessment of the value of the roe deer game stock was determined on the basis of data from the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management. Forest Administration for 2021, according to the form of the Rule for calculating the fee for the use of Closed season protected game species for the next hunting year (Anon., 2019), determines the fee, 200 € for males, 66.67 € for females and offspring. Revenue from roe deer culling is calculated for hunting year 2017/2018, according to the market price list given by the Hunting Association of Serbia for hunting year 2021/2022 (<http://www.lss.rs/wp-content/uploads/2021/04/LSS-ce-novnik-2021-2022.pdf> Table 1) Moreover, the income per 100 ha of the total hunting area was determined, as well as the percentage of realized roe deer culling in 2017/2018.

Roe deer culling data for 2017/2018 were taken from the central database of the Ministry of Agriculture, Forestry and Water Economy, Forest Administration, wherein 41.33% roebucks, 41.33% does and 17.33% fawns were culled. Based on previous research, the average trophy value shown in Table 2 was calculated on the basis of nine hunting grounds (Barajevska river, Jadar, Takovo, Dubrava, Klisura, Kamenica, Majsinska mountains, Resava, Krilas). According to CIC trophy scoring system, 1184 roe deer trophies were scored (Beuković and Popović, 2014; Ristić and Todorović, 2009; Trencs et al., 1981; Frković, 1989).

The average body weight of roebucks without internal organs, head and legs below the knees is 20.08 kg (Popović et

Table 1: Market prices of roe deer for 2021/22. Source: <http://www.lss.rs/wp-content/uploads/2021/04/LSS-cenovnik-2021-2022.pdf>
Tablica 1: Tržišne cijene srnečne divljači za 2021/22. godinu. Izvor: <http://www.lss.rs/wp-content/uploads/2021/04/LSS-cenovnik-2021-2022.pdf>

Weight of antlers (grams) / <i>Masa rogovanja (grama)</i>	Culling (€ per animal) / <i>odstrel (€ po grlu)</i>	Price / <i>Cijena</i>	
		Roebucks with the trophy / <i>srnjaci sa trofejem</i>	meat (€ per kg) / <i>meso (€ po kg)</i>
up to/do 200	50,00		2,00
from/od 200 to/do 249	100,00		2,00
from/od 250 to/do 299	150,00		2,00
from/od 300 to/do 349	200,00		2,00
from/od 350 to/do 399	250,00		2,00
from/od 400 to/do 449	500,00		2,00
from/od 450 to/do 499	800,00		2,00
from/od 500 to/do 549	1.200,00		2,00
Does / srne	30,00		2,00
Fawns / lanad	15,00		2,00

Table 2: Average roe deer weight of antlers structure based on the basis of nine hunting grounds

Tablica 2: Struktura prosječnih masa rogova srnjaka dobivena na temelju devet lovišta

Weight of antlers (grams) / <i>Masa rogova (grama)</i>	Up to/do 200,0	From/od 200,0 to/do 249,0	From/od 250,0 to/do 299,0	From/od 300,0 to/do 349,0	From/od 350,0 to/do 399,0	From/od 400,0 to/do 449,0	From/od 450,0 to/do 499,0	From/od 500,0 to/do 549,0
Average (%) / <i>Prosek (%)</i>	17,30	15,42	23,56	20,22	13,67	6,83	1,67	1,33

al., 2017), while for does and fawns average weights are 17.25 kg respectable 12.60 kg (Popović, 1998; Popović et al., 2003). The calculation of average roebuck prices starts from the fact that the total catch is made by hunters (70 % members of the hunting association, and 30 % hunting tourists) and that the market price of individual animal is the composite value of the meat and the price of trophies, which is different depending on the trophy scale (Tomić et al., 2005). Culled does price is calculated with a discount of 30 % of the market price list for the members of the association.

RESULTS AND DISCUSSION

REZULTATI I RASPRAVA

Based on roe deer data for hunting year 2021/2022 the total value of the roebuck breeding stock is 6,506,000€, while the

value of the does and fawns stock is 3,615,000€. The highest value of the does and fawns stock is 3,615,000€. The highest value of the breeding stock is in the Central Hunting district, which includes about 28% of the total stock of males, females and offspring. Considering that the Central Hunting district does not have the largest hunting area, but has a large number of roe deer (24,532 in total), thus, the largest value of the breeding stock is justified (Table 3).

In the structure of the value of culled individuals in 2017/2018, the largest share belongs to roebucks 84.47%, followed by does 12.83% and fawns 2.69% (Table 4). Improving the economic results of managing game populations can be done by improving the age structure of the roe deer population, by increasing the share of roebucks that have trophy weight over 450 g, which is achieved by a greater participation of mature roe deer, considering that the weight of the trophy depends on the age of the individual

Table 3: Area, abundance and values of roe deer 2021 according to the hunting districts

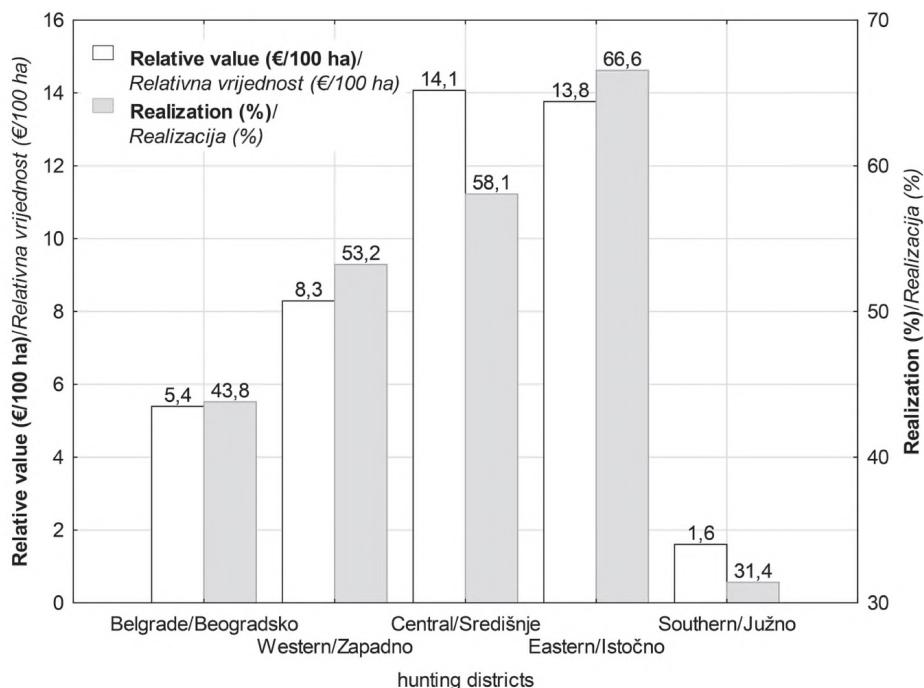
Tablica 3: Ploština, brojnost i vrijednost srnečne divljači u 2021. godini

Nº/ red. br	Hunting districts / <i>lovna područja</i>	area (ha) / <i>ploština (ha)</i>	Does OPT number / <i>srna OPT brojnost</i>	Abundance (animals) / <i>brojnost</i>	Bucks (animals) / <i>srnjaci (grla)</i>	Does and fawns (animals) / <i>srne i lanad (grla)</i>	Stock value – bucks (€) / <i>vrijednost fonda srnjaka (€)</i>	Stock value – does and fawns (€) / <i>vrijednost fonda – ženke i lanad</i>
1.	Belgrade / Beogradsko	442.220,93	9.550	8.912	3.388	5.524	677.600	368.267
2.	Western / Zapadno	1.188.869,39	17.870	15.926	5.923	10.003	1.184.600	666.867
3.	Central / Središnje	1.362.951,99	22.208	24.532	9.258	15.274	1.851.600	1.018.267
4.	Eastern / Istočno	1.046.462,97	21.440	21.554	8.121	13.433	1.624.200	895.533
5.	Southern / Južno	1.551.366,01	17.872	15.831	5.840	9.991	1.168.000	666.067
	Total / <i>Ukupno</i>	5.591.871	88.940	86.755	32.530	54.225	6.506.000	3.615.000

Table 4: Number and value of culled roe deer in hunting year 2017/2018

Tablica 4: Brojnost i vrijednost odstreljene srneće divljači u 2017/2018.

Nº/ red. br.	Hunting districts / Lovna područja	Fawns/Lanad		Does/Srne		Bucks/Srnjaci		Total/Ukupno	
		Animals / Grla	Value (€) / Vrijednost (€)	Animals / Grla	Value (€) / Vrijednost (€)	Animals / Grla	Value (€) / Vrijednost (€)	Animals / Grla	Value (€) / Vrijednost (€)
1	Belgrade / Beogradsko	43	645	102	3.060	102	20.161	247	23.866
2	Western / Zapadno	177	2.655	422	12.660	422	83.257	1.020	98.572
3	Central / Središnje	344	5.160	820	24.600	820	162.025	1.985	191.785
4	Eastern / Istočno	258	3.870	616	18.480	616	121.702	1.491	144.052
5	Southern / Južno	45	675	107	3.210	107	21.059	258	24.944

**Graph 1:** Percentage of realized roe deer culling and relative income in hunting year 2017/2018 according to hunting districts

Grafikon 1: Postotak ostvarenog odstrela srneće divljači i relativnog prihoda u lovnom godini 2017/2018. po lovnim područjima

(Popović and Popović, 2021; Popović et al., 2020; Popović and Bogdanović, 2004). It can be made a correlation between the value of the trophy and the age that the animal had from which it was harvested (Lazar et al., 2014). The Central Hunting districts has the greatest value because of the participation of roebucks with a trophy weight over 450 and 500 g.

Culling realization expressed in percentage terms can be seen in Graph 1 and it shows that the culling target was not met in hunting year 2017/2018 and that there is a huge space for meeting the planned culling target. The highest percentage of utilization is in the Eastern hunting district about 67%, followed by the Central 58%, Western 53%, Belgrade 44% and the Southern hunting districts 31%.

It was determined that the highest total income from roe deer culling in 2017/2018 was at the Central Hunting district 191.785 €, while the Belgrade Hunting district had the lowest income of 23.866 € (Table 4). The major difference

in income between hunting district is explained by the lower culling plan realization.

In order to get a more realistic picture of the income from culling in the observed hunting grounds, the income per 100 ha of total hunting area was observed (Chart 1). The total income per 100 ha on the entire hunting area of 5.595.090 ha is 9 euros. It should be noticed, the very small income of only 2 euros per 100ha from the Southern Hunting ground, considering that it has one of the largest hunting areas around 1.361.250 ha, this can only be explained by the low percentage of realized culling which shown in Graph 1.

Members of the hunting association perform 70 % of game culling, while tourist hunters perform 30 %. When calculating the value of the culling, the price of the individual was determined according to the market price list, where a discount of 30% is provided for the members of the hunting association. Since the roe deer trophy value is calcula-

Table 5: Number and value of roe deer and venison culled in hunting year 2017/2018, from members of the hunting association and tourist hunters according to the market price list

Tablica 5: Brojnost i vrijednost odstrela srneča divljači i mesa u lovnoj godini 2017/2018. od članova lovačkih udruženja i lovaca turista po tržišnom cjeniku

Parameter / Parametar	Members of the hunting association / članovi lovačkih udruženja		Tourist hunters / Lovci turisti		Total / Ukupno
	Number of culled individuals / br. odstreljenih grla	Value (€) / Vrijednost (€)	Number of culled individuals / br. odstreljenih grla	Value (€) / Vrijednost (€)	
trophy/do 200	250	3.755	107	5.363	9.118
200,0–249,0 g.	223	6.694	96	9.560	16.254
250,0–299,0 g.	341	15.341	146	21.911	37.252
300,0–349,0 g.	293	17.555	125	25.073	42.628
350,0–399,0 g.	198	14.835	85	21.789	36.624
400,0–449,0 g.	99	14.825	42	21.173	35.998
450,0–499,0 g.	24	5.800	10	8.283	14.083
500,0–549,0 g.	19	6.928	8	9.895	16.823
Total trophy/ukupno:	1.447	85.733	620	122.447	208.180
Venison value roebucks / vrednost mesa srnjaci	2.067	83.011	—	—	83.011
Venison value does / Vrednost mesa srne	2.067	71.312	—	—	71.312
Venison value fawns / Vrednost mesa lanad	867	21.848	—	—	21.848

ted according to its weight, the highest income is generated from the highest weight trophies.

The weight of the trophy increases with the age of the individual and reaches its culmination in the seventh year. Individuals aged six and seven have the highest quality antlers, and that is when they are deemed to be culled (Popović et al., 2020; Urošević et al. 2018). Trophy hunting is thought to be the reason for the reduction in length and thickness of trophies as well as body size in several Bovidae species. This is indicated by the analyzes of the shooting of trophy bucks, which were followed in three categories of hunters: local, regional, or national, depending on the origin and access to the hunting permits (Garcia-Ferrer et al., 2019). It is showed that foreign trophy stalkers select for larger antlers when hunting roe deer (*Capreolus capreolus*) than local hunters, but that close to half of the difference in selectivity was due to foreigners hunting earlier in the season and in locations with larger males. The relationship between antler size and age was nevertheless fairly similar based on whether deer was shot by foreign or local hunters (Mysterud et al., 2006). Looking at Table 5, it can be noticed that the largest number of culled roebuck trophy weigh between 200 – 349 g. The value of roe deer culled by association member hunters and tourist hunters is 85.733 € and 122.447 €, respectively. While the total value is 208.180 €. Also, the value of venison was calculated for members of the hunting association, amounting to 83.011 € from roebucks, 71.312 € from does and 867 € from fawns.

In order to increase the economical basis of hunting associations, it is necessary to increase hunting tourism especially in district with relative low realization of hunting bag. Hunting tourism, as a very specific branch of tourism, is a very significant source of income (Beuković et al. 2004),

according to the data in our research it is obviously hunting tourism is still underutilized.

Some small localities in the interior of the larger roe deer breeding habitat yield higher quality trophies compared to other localities. The habitat factors of these smaller localities have a more important role than age when it comes to the increase in trophy value (Degmečić et al., 2010). However, it is stated that the correlation between the age of the bucks and the mass of the trophy is 0,67. The coefficient of determination that explains the proportional share of the total variability of the trophy mass caused by the age of the bucks is 45.09% (Popović and Bogdanović, 2003).

According to the research the value of the roe deer breeding stock in Serbia is around 8 million euros, and the value of the annual culling is over 400.000 €. Significant improvement of economic results can be done by improving the way of game population management, from one side and raise hunting tourism. This is indicated by the research of the roe deer's breeding stock in Serbia during the 2003/2004 hunting business year (Tomić et al. 2005).

CONCLUSION ZAKLJUČAK

Roe deer is the most important and most widespread large game in all hunting grounds of the territory of the Republic of Serbia. Estimated value of the roe deer breeding stock in 2021/2022 is 10.121.100 €, while the return of roe deer culling in 2017/2018 amounts to 480.626 €. In the structure of culled individuals, the largest share is occupied by roebucks 84.47%, followed by does 12.83 % and fawns 2.69 %. The Central Hunting ground has the highest total income from roe deer culling 191.785€. The determined income

per 100ha of hunting ground for the area of Central Serbia is 9 €. The Southern hunting district has one of the largest hunting areas of about 1,361,250ha, however, it has the lowest culling value of 2 €, which hinders the progress at the level of Central Serbia due to low percentage realized culling of 31 %. The value of roe deer culled by hunters, members of the association is 85.733 € and tourist hunters 122.447 €.

In order to achieve higher returns from roe deer management in all areas, it is necessary that the planned culling is fully realized. In addition to fulfilling the culling plan, a significant improvement in economic results can be achieved by reaching the optimal number of game at the hunting grounds, reducing losses and realizing a higher percentage of roe deer culling in hunting tourism.

ACKNOWLEDGEMENT ZAHVALA

This research was supported by Ministry of Education, Science, and Technological Development, Republic of Serbia grant 451-03-9/2021-14/200116.

REFERENCES LITERATURA

- Anon., 2019: Pravilnik o obrascu za obračun naknade za korišćenje lovostajem zaštićenih vrsta divljači za narednu lovnu godinu, Službeni glasnik RS, broj 18/19.
- Anon., 2010: Zakon o divljači i lovstvu, Službeni glasnik RS, broj 18/10.
- Anon., 2020: Uredba o ustanovljavanju lovnih područja na teritoriji Republike Srbije, Službeni glasnik RS, 88/20.
- Beuković, M., Popović, Z. 2014: Lovstvo, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 103, Novi Sad.
- Beuković, M., Popović, Z., Zeremski, M., Đaković D. 2004: Sadašnje stanje i perspektiva lovnog turizma u Vojvodini, Međunarodni simpozijum „Savremene tendencije u turizmu, hotelijerstvu i gastronomiji 2004“, Lovačke novine XI 2004, 24-26.
- Degmećić, D., Florijančić, T., Krapinec, K., Domić, D. 2010: Roe deer antlers as a guideline for managing the local population. *Šumarski list*, 134(7-8), 335-346.
- Frković, A. 1989: Lovačke trofeje. Obrada, ocenjivanje i vrednovanje. Evropska divljač. Lovački savez Hrvatske, 1-239.
- Gajić I., Popović Z. 2010: Lovna privreda, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, 352, Beograd.
- García-Ferrer, D., Herrero, J., Jimeno-Brabo, P., Arnal, M. C., García-Serrano, A., de Luco, D. F. 2019: Can roe deer hunting be selective? A case study from the Pyrenees. *Galemys*, 31, 27-34.
- Gačić, D. 2006: Antler growth in male roe deer in field hunting grounds in Vojvodina: Effect of age on trophy value, *Glasnik Šumarskog fakulteta* (94), 109-122, Beograd.
- Ivanović S., Pisinov B., Pavlović M., Pavlović I. 2020: Quality of meat from female fallow deer (*Dama dama*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) hunted in Serbia, *Annals of Animal Science* 20 (1): 245-262.
- Keča, Lj., Lazarević, D., Marčeta, M. 2018: Ekonomski efekti gazdovanja srnećom divljači na primeru lovačkih udruženja iz Šumadije, *Šumarsko 3-4*, 169-178, Beograd.
- Lazăr, M., Şindilar, E. V., Paşa, S., Lazăr, G., Boișteanu, P. C. 2014: Roe deer (*Capreolus capreolus*) age-dentition-trophy correlation. *Lucrări Științifice*, 309.
- Mysterud, A., Tryjanowski, P., Panek, M. 2006: Selectivity of harvesting differs between local and foreign roe deer hunters: trophy stalkers have the first shot at the right place. *Biology letters*, 2(4), 632-635.
- Popović Z. 1998: Lovno-proizvodne karakteristike srneće divljači. Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, str.1-96, Beograd.
- Popović Z., Gačić D. 2006: Trofejna vrednost i starost srndača u različitim tipovima lovišta. *Savremena poljoprivreda*, Vol. 55,(3-4), str. 1-5, Novi Sad.
- Popović Z., Bogdanović V. 2003: Uticaj mernih elemenata na ukupnu ocenu trofeja srndača (*Capreolus capreolus* L.). *Savremena poljoprivreda*, Vol. 52, 3-4, 73-75.
- Popović Z., Bogdanović V., Gajić I. . 2003: Ocena varijabilnosti telesnih mera srneće divljači, Institut PKB Agroekonomik Vol. 9 (1), 365-371, Beograd.
- Popović Z., Božičković I., Beuković M., Beuković D. 2017: Slaughter characteristics of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) In a hilly type of hunting ground of Central Serbia. International symposium on animal science (ISAS) 2017 05th - 10th June 2017, 363-368 Montenegro, Herceg Novi.
- Popović Z., Lavadinović V., Stepić S., Beuković D. 2021: Management of roe deer populations (*Capreolus capreolus* L.) in Serbia. 56 th Croatian & 16 th International Symposium on Agriculture, September 5 - 10, 2021, p. 239, Crotia, Vodice.
- Popović, M., Popović, Z. 2021: Microeconomic analysis of management in hunting grounds in Serbia. International scientific conference, Sustainable agriculture and rural development, Belgrade, Serbia, 17-18 December 2020. Thematic proceedings 2021 pp.183-194.
- Popović, Z., Davidović, V., Božičković, I., Stojanović, B., Ivanović, B., Bojanović Rašović, M. 2020: Change of antlers morpho-metric parameters and total trophy score in roe deer (*Capreolus capreolus* l.) in relation to age, *Biotechnology in Animal Husbandry*, vol. 36 (2), 225-237, Belgrade.
- Popović, Z., Živković, D., Lavadinović, V. 2014: Microeconomic analysis of game population management in hunting grounds. In 3rd international symposium on hunting „Modern aspects of sustainable management of game population”, 26-28 Septembar, 2014, pp. 89-95, Beograd.
- Popović, Z., Bogdanović, V. 2004: Uticaj starosti na merne elemente ocene trofeja srndača. *Glasnik Šumarskog fakulteta*, Banja Luka, 2, 75-85.
- Ristić, Z., Todorović, R. 2009: Ocenjivanje lovačkih trofeja, SA-JNOS Novi Sad, str.1-324, Novi Sad.
- Stubbe, Ch., 2008: Rehwild – Biologie, Ökologie, Bewirtschaftung. 5., neubearbeitete Auflage. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH. 1-398, Stuttgart.
- Tomić R., Popović Z., Perišić P. 2005: Ekonomski efekti gazdovanja srnećom divljači u multifunkcionalnom razvoju ruralnog područja Srbije, Međunarodni naučni skup "Multifunkcionalna

poljoprivreda i ruralni razvoj”, 08. i 09 decembar 2005, str. 292-300. Beograd.

- Trense W., Hettier de Boislambert A. J., Whitehead G. K. 1981: Les Trophées de Chasse du Monde, Formules Internationales pour la mensuration et le classement des Trophées, 48-52.
- Urošević, M., Drobnjak, D., Urošević, M., Živković, B. 2018: Osnovni morfometrijski parametri parogova srndača (Capreolus capreolus L.) sa područja Homolja. Osmi naučni skup o lovstvu i lovnom turizmu, 21. april 2018, Žagubica. Zbornik radova, 254-259.
- <https://upravazasume.gov.rs/lovstvo/dokumenti-i-propisi-lovstvo/>.
- <http://www.lss.rs/wp-content/uploads/2021/04/LSS-cenovnik-2021-2022.pdf>.

SAŽETAK

Istraživanjem je obuhvaćen fond srneće divljači, u lovištima središnje Srbije. Cilj rada je analiziranje ukupnog matičnog fonda u 2021/2022. godini, procijena vrijednosti fonda ove vrste divljači, vrijednost odstrela i prihoda na 100 hektara ukupne površine lovišta u svim lovnim područjima središnje Srbije. Na osnovi analize razmotrit će se smjernice i mogućnosti za uvećanje prihoda u svim lovnim područjima Srbije. Procjena vrijednosti matičnog fonda srneće divljači utvrđena je prema Pravilniku (Službeni glasnik, br. 18/19), dok je prihod od odstrela srna izračunat je po tržišnom cjeniku koji propisuje Lovački savez Srbije za lovnu 2021/2022. godinu. Utvrđeno je da vrijednost fonda mužjaka koji iznosi 6.506.000 eura, te vrijednosti fonda ženki i podmladka oko 3.615.000 eura. Ukupan prihod odstrijeljene divljači u 2017/2018. iznosi 480.626 eura, dok je prihod na 100 hektara ukupne površine svih lovnih područja 9 eura. Najveći ukupan prihod ostvaruje Središnjo lovno područje i iznosi 191.785 eura. Prihodi po jedinici površine se razlikuju između različitih lovnih područja Srbije i dosta ovisi od intenziteta gospodarenje populacijama srneće divljači. Kako bi se ostvario veći profit od gospodarenja srnom običnom u lovištima središnje Srbije, potrebno je u potpunosti ostvariti planirani odstrel s povećanim učešćem srndača veće trofejne mase.

KLJUČNE REČI: srna, odstrel, ekonomski aspekti, prihod, Srbija.

SOKOL LASTAVIČAR (*Falco subbuteo* L.)

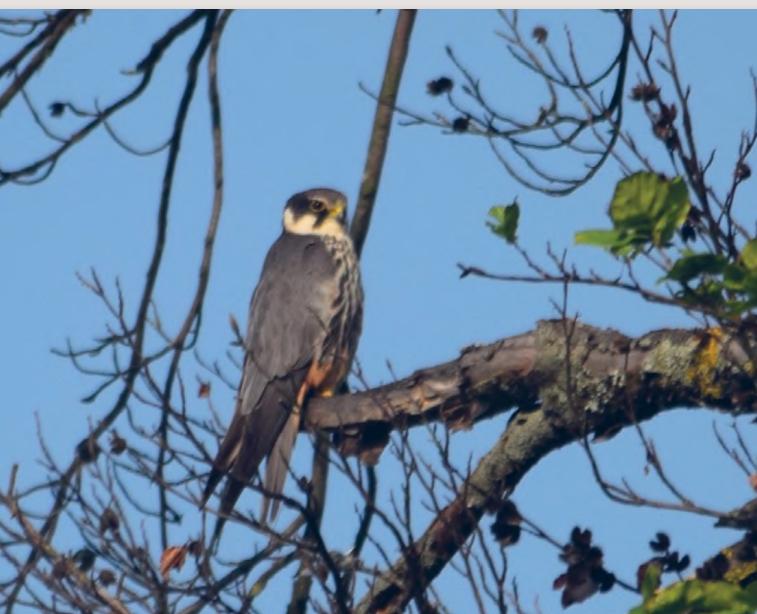
Dr. sc. Krunoslav Arač, dipl. inž. šum.



Opisano su dvije podvrste, a na području Hrvatske susrećemo nominalnu koja se gnijezdi u većem dijelu Europe, osim sjeverne Skandinavije, Škotske, Irske i Islanda. Priпадa u skupinu malih sokolova koji narastu u dužinu 30-36 cm s rasponom krila 74-84 cm, te ima od 130 g (mužjak) do 340 g (ženka) težine, pa ga po veličini tijela možemo usporediti s vjetrušom. Spolovi su slični. Odrasle jedinke su odozgo tamno plavkaste prošarane malobrojnim tamnim prugama, a odozdo su bjelkasti s uzdužnim krušnjkim crnim prugama. Bokovi i podrepak ističu se zbog svoje crvenkasto smeđe obojenosti. Glava je crnasta s izraženim crnim brkom poput onog u sivog sokola koji je naglašen u odnosu na bijelo lice i grlo. Mlada jedinka su općenito smedjive, te su im bokovi i podrepak žučkasto smeđi. Krila su duga i srpsasta, odozgo su primarna letna pera crnasta, dok su odozdo krila intenzivno crno bjelkasto isprugana. Kada ptice sjede na granama vrhovi krila dosežu do kraja repa, a u letu zbog svog dugačkog srpastog oblika daju nam obris sličan čiopama. Rep je četvrtast, jasno poprečno crnasto bijelo prugast. Noge su žute s crnim pandama. Naseljava otvorena područja s manjim šumarcima, obradive površine s dovoljnim brojem pojedinačnim stablima, rubove šuma, otvorene šumske

dijelove poput rubova zrelih sastojina okruženih s površinama u stadiju pomlatka i mladika, te slična staništa. Gnijezdi od svibnja do kolovoza, većinom u napuštenim ili starim gnijezdima vrana ili drugih ptica. Nese 2 - 4 svijetlih jaja sa brojnim i gustim sitnim tamno smeđim pješama veličine oko 30 x 40 mm. Na jajima sjedi uglavnom ženka 28 - 31 dan. Mlade ptice u gnijezdu hrane oba roditelja do oko jednog mjeseca starosti. Hrani se manjim pticama do veličine ševe, šišmišima i insektima koje lovi u brzom letu uz akrobatska skretanja. Ulovljene insekte, poput vretenaca, skakavaca često pojede u lebdećem letu, te nastavlja s dalnjim letom i lovom. U Hrvatskoj redovita gnjezdara u kontinentalnom dijelu i preletnica kada je možemo opaziti i u primorju i priobalju, prisutna od travnja do listopada kada seli u manjim jatima u širokom pojasu preko Sredozemlja u Afriku južnije od ekvatora. Nije mnogobrojan, ukupna gnjezdeća populacija u Hrvatskoj procijenjena je na 500-600 jedinki.

Sokol lastavičar je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj, a prema crvenom popisu gnjezdeća populacija je gotovo ugrožena (NT), preletnička je neprikladna (NA) za procjenu, dok je europska gnjezdeća populacija stabilna (LC) sa stabilnim populacijskim trendom.



Odrasla jedinka s karakterističnim crvenkastim bedrima i podrepkom, crnim brkom, te dugim krilima koje dosežu kraj repa snimljena neposredno uz Stankov vrh, najviši vrh Biogradske greda kod Koprivnice



Obris siluete u letu zbog dugih srpastih krila podsjeća na obris čiopa

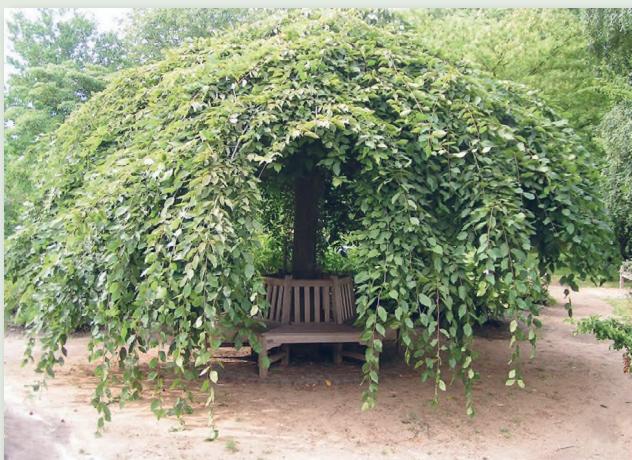
PROGRAMIRANI UZGOJ STABALA U KONTEJNERIMA NA POPLOČENIM POVRŠINAMA

Izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić

Uzgoj stabala na popločenim površinama oduvijek je predstavljao određeni kompromis. Općenito, moguća su dva načina uzgoja stabala na opločnicima. Prvi, koji se tradicionalno najčešće koristi su otvori za sadnju ispod, u ravnini i iznad popločene površine. Otvori bi trebali biti minimalne veličine od $1,5\text{m}^2$, a ponajprije ovise o konačnim dimenzijama stabla i promjeru stabla u razini tla. Kod onih vrsta gdje je promjer stabla u razini tla puno veći od promjera u prsnoj visini (1,30 m) ili kod cijepljenih stabala gdje se razvija veliko oteknuće na mjestu spoja (guka) otvori bi trebali biti većih dimenzija. Otvori mogu biti prekriveni i ne-prekriveni. Puno su češći oni prekriveni opekom, kamenom ili pijeskom, metalnim rešetkama i betonskim pločama. Veličina otvora na pločnicima utječe na rast stabla. Što su otvori na pločnicima veći, stablo u konačnici postiže veće dimenzije.

Drugi način uzgoja stabala na popločenim površinama je u velikim posudama-kontejnerima koji spadaju u grupu nadzemnih kontejnera.

Arborikultura je znanstvena disciplina u okviru urbanog šumarstva koja uključuje selekciju, sadnju, njegu i znanstveno kultiviranje drveća i drvenaste vegetacije u nešumarskom kontekstu, odnosno aktivnosti na upravljanju sa samostojećim stablima, kao i na malim grupama stabala. Najkraće možemo reći da pojам arborikultura uključuje gospodarenje stablima u urbanim područjima.



Uzgoj stabala na popločanim površinama

Moguća su dva pristupa s obzirom na uređenje eksterijera parkovnim elementima. Prvi je definirati parkovne elemente i prema njima uskladiti vrste, a drugi je obrnuti pristup.

Kod izbora vrsta za sadnju u arborikulturi postoje dvije teze-načela koja glase „*Prava vrsta na pravom mjestu*“ ili „*Ako se zna mjesto sadnje, prema tome treba odabratи vrste*“. Dakle, prije svakog idejnog projekta potrebno je postaviti pitanje namjene uzgoja drveća na popločenim površinama.

Kod uzgoja sadnica u kontejnerima vrlo je važno postići kompatibilnost sadnice s kontejnerom ili zgradom (okolišem). Veličina i oblik kontejnera ovise ponajprije o izabranoj vrsti, što znači da prije uzgoja sadnica u kontejnerima prvo treba napraviti popis vrsta i kultivara, a nakon toga uskladiti ekološke zahtjeve i biološka svojstva vrsta i kultivara s ostalim čimbenicima (kontejner, supstrat, gnojivo, voda, mikoriza...). Veličina stabla je obično proporcionalna korijenskom sustavu. Kao primjer može se navesti kod nas parkovno i drvoređno rijetka vrsta *Acer rubrum*, koja posađena u drvene kontejnere svojim brzim rastom korijenskog sustava za kratko vrijeme ispunjava raspoloživi volumen supstrata i potrebna je presadnja u sadnu jamu ili veći kontejner, što je puno skuplja metoda. Kod programiranog uzgoja drveća u kontejnerima na popločenim površinama potrebno je poznavati mikroklimu mesta sadnje, pravilno odabratи vrste i kultivare te parkovnu infrastrukturu. Posebno je važna zaštita korijenskog sustava tijekom zimskih mjeseci. Postoje dva rješenja, prvi i složeniji je čuvanje kontejnera u zaštićenom prostoru, a drugi uporaba izolacijskih materijala kojima se zaštićuju kontejneri tijekom najhladnijih mjeseci. Postoje dvije vrste nadzemnih kontejnera s obzirom na mobilnost - mobilni i trajni - nepokretni. Ovisno o situacijama biraju se tipovi kontejnera glede mobilnosti. Bolji su mobilni kontejneri, ali treba voditi brigu o njihovoj ukupnoj težini. Oni bi trebali biti izgrađeni od uv stabilnog materijala i ne bi smjeli pucati na negativnim temperaturama zraka. Također bi trebali imati dobre ojačane ručke za njihovo premještanje. Kontejneri i sadnice za uređenje krajobraza na popločenim površinama raspoloživi su u brojnim stilovima, oblicima i bojama. Prilikom izbora kontejnera treba voditi brigu o konačnoj veličini stabla, što je izuzetno važno za pravilan rast

stabala i korijenskog sustava. Općenito kontejner treba biti širi od visine kako bi se omogućila što bolja izolacija korijenskog sustava. Važna je ukupna težina kontejnera, što podrazumijeva samu težinu kontejnera, ali i supstrata, stabla i vode za navodnjavanje. Postoji puno materijala za izradu nadzemnih kontejnera (glina, terakota, plastika, drvo,...). Glineni kontejneri su teži od plastičnih, ali su stabilniji na vjetrovitim mjestima, posebno kod velikih stabala. Kontejneri od terakote su teški i stabilni, ali bi trebali biti otporni na smrzavanje. Lagani, plastični kontejneri su idealni ako se želi postići mobilnost biljaka, posebno na velikim balkonima ili krovnim vrtovima. Drveni kontejneri se estetski i ekološki najprikladniji. Najbolji efekt postižu oni od drvenih poluoblica, tako da s vanjske strane bude izražena dekorativnost kore. Trebali bi biti od vrsta s trajnim drvom. Važna je debljina stijenki drvenih kontejnera zbog zaštite korijenskog sustava, tako da se predlaže konstrukcija onih s duplim stjenkama između kojih se stavlja dobar izolacijski materijal. Unutarnji zidovi kontejnera trebali bi imati vertikalna rebra za prisilno usmjeravanje rasta korijena pozitivno geotropno. Rebra služe da spriječe deformacije korijenskog sustava, što je glavni problem uzgoja biljaka u posudama. Na popločenim površinama kontejneri bi trebali biti izdignuti 20 cm iznad razine pločnika kako bi se spriječilo pregrijavanje supstrata i uginuće korijenja na dnu kontejnera.

Kod programiranog uzgoja biljaka u kontejnerima važno je oblikovati kontejner s obzirom na izabranu vrstu. Izbor prave veličine kontejnera upravo ovisi o izboru biljne vrste. Puno je čimbenika o kojima treba voditi brigu kod projektiranja nadzemnih velikih kontejnera. Posebice je važna drenažna na dnu kontejnera, što se postiže bušenjem dovoljnog broja rupa za odvodnju viška vode kod kiše ili navodnjavanja. Za rast korijenskog sustava najvažnije je dovoljno kisika, a zamočvareno tlo ili supstrati istiskuju kisik iz mакro i mikro pora tla, što dovodi do hipoksije odnosno gurenja korijenja zbog viška vode u zoni rizosfere.

Tlo ili supstrat jako je važan za dobro zdravstveno stanje stabala. Ono bi trebalo biti dovoljno prozračno i propustljivo (drenirano) za vodu, ali treba biti sposobno zadržavati određenu količinu vode koja je potrebna biljci. Neki stavljaju na dno kontejnera sloj drobljene cigle, crijepe, terakote, keramike, šljunka i sl. što će osigurati dobru drenažu. Vrlo je važan pH supstrata, jer o njemu ovisi usvajanje biljnih hraničiva, rast i razvoj biljke. Kod acidofilnih vrsta posebno je važan niski pH supstrata i meka voda za navodnjavanje. Dobri supstrati za kontejnere zadržavaju dovoljne količine vode, pri čemu ne dolazi do hipoksije zbog viška vode. Najčešće se koristi kao supstrat kompost u koji se može dodati određeni postotak treseta, pijeska ili perlita, već prema zahtjevima biljke. Na površinu supstrata treba dodati sloj od 8 cm organskog malča od kore ili drva koji zadržava vlagu i pojavi korovskih biljaka ili mahovine na

površini supstrata. Postoje i malčevi koji su tretirani s herbicidom (*Oryzalin*) pa imaju bolje djelovanje u smislu sprječavanja rasta korovskih biljaka. Osim toga malč tijekom ljetnih mjeseci čuva korijenski sustav od pregrijavanja. Malč je potrebno udaljiti od debla najmanje 10 cm što je preventivna mjera kojom se sprječava trulež u zoni žilišta stabla. Danas na tržištu postoji puno vrsta bojanih organskih malčeva čijom se uporabom može postići dobar efekt u smislu kontrasta biljke i malča ili malča i boje zgrade.

Kontejnerski način uzgoja stabala je različit od uzgoja na polju. Veliki problemi kontejnerskog uzgoja povezani su s isušivanjem supstrata. Navedeni problem rješava se programiranim navodnjavanjem s obzirom na zahtjeve vrste. Navodnjavanje treba biti redovito i temeljito. Cijela dubina kontejnera treba biti vlažna sve do dna. Važno je projektirati sustave navodnjavanja koji se koriste kod pametnih vrtova. Kod drveća u kontejnerima najčešći način navodnjavanja je kap na kap. Bez sustava navodnjavanja nemoguć je kontejnerski uzgoj biljaka na popločenim površinama. Svakoj vrsti i kultivaru potrebno je osigurati njegov vlastiti sustav navodnjavanja. Postoje uređaji za navodnjavanje biljaka (Daisy.si) gdje vlasnik sa smartphonea može vidjeti parametre svoje biljke i daljinski reagirati na njih. Kada je zemlja presuha, pokrenut će se sustav s dovodom vode iz spremnika, a može se obavljati i unos gnojiva. Riječ je o novijem sustavu daljinske konfiguracije i kompjuterske tehnologije.

Supstrat treba godišnje implementirati s takozvanim pametnim gnojivima s kontroliranim otpuštanjem ciljanih biljnih hranjiva u određenom vremenskom roku (npr. *Osmocote*). Tako gnojiva dolaze u različitim formama, trajanju otpuštanja i načinu otpuštanja, što se može prilagoditi zahtjevima rasta i razvoja pojedine vrste. Unaprijed definiranu dozu gnojiva s obzirom na promjer debla u razini tla najbolje je aplicirati u izbušene rupe u koncentričnim krugovima oko biljke. Osim krutih, može se koristiti i ciljano tekuće gnojivo u pravilnim intervalima. Svakog proljeća potrebno je zamijeniti površinski sloj supstrata i dodati svježi kompost koji u sebi sadrži hraničive tvari. Sljedeći problem je što korijenski sustav stabala u nadzemnim kontejnerima tijekom ljeta može uginuti ukoliko temperatura supstrata postane prevruća, a temperatura zraka je iznad prosjeka. Zagrijavanje i toplina popločenih površina (posebno asfalta i betona) tijekom ljetnih mjeseci može brzo dovesti do toga da se supstrat u kontejnerima pretjerano zagrije, pri čemu se korijenje isušuje kao i supstrat. Supstrati na bazi treseta postaju vodni repelenti ako se sadržaj vode u njima spusti ispod 34%. Vjetar također može u značajnoj mjeri isušivati supstrat u kontejnerima. Hortikulturno uređenje atrija zgrada ima pozitivne strane, jer su kontejneri zaštićeni od vjetra, a negativne strane očituju se u pretjeranom zagrijavanju popločenih površina i stagnaciji vrućeg zraka te odbijanja topline od staklenih površina zgrada.

Za uspješan rast i razvoj te dobro zdravstveno stanje sadnica kod sadnje u kontejnere potrebno ih je inokulirati (ukoliko već nisu u rasadniku) mikoriznim cjeplivima s posebno izoliranim gljivljim vrstama za taj rod ili vrstu drveća. Mikoriza je prirodna simbioza drveća-biljke domaćina i gljive poznata više od stotinu godina. Primjenjuje se samo jednom za cijeli život biljke. Mikorizirane kontejnerske sadnice otpornije su na vodne stresove, štodi se ukupna količina vode za navodnjavanje i potrebna biljna hranjiva. Mikorizirane sadnice imaju brži visinski i debljinski rast, brže dolaze do reproduktivne faze, imaju obilniju cvatnju i plodonošenje, otpornije su na biljne bolesti i štetnike, posebno bolesti korijenskog sustava (razne truleži) te štite biljku od svih nepovoljnih vanjskih ekoloških i biotskih čimbenika (sol, posolica, štetnici i sl.). Inokuliranim sadnicama potrebno je kraće vrijeme da počnu ispunjavati svoje funkcije u prostoru i dostignu konačne dimenzije. Preiske ljetne temperature, posebno na južnim i jugozapadnim eksponicijama i na dnu kontejnera ukoliko nije uzdignut mogu uništiti stvorene micelije mikoriznih gljiva, što može dovesti do sporijeg rasta ili čak uginuća biljke. Zbog toga je važna grada i debljina zidova kontejnera koji bi trebali biti, kao što je rečeno, izolirani.

Najveći izazov kod izbora vrsta i kultivara za kontejnere je u tome da se izaberu one koje su otporne na ekstremne temperature i ograničeni rast za razvoj korijenskog sustava. Sadni materijal treba nabavljati u rasadnicima koji se koriste evropskim standardima za sadni materijal (ENA- European Nurserystock Association). Kod odabira vrsta, temperatura je jedan od glavnih čimbenika. Kod uzgoja stabala na polju, tlo štiti korijenski sustav od ekstremnih hladnih temperatura. Korijenski sustav je osjetljiviji na hladnoću od ostalih organa biljke. Kao rezultat navedenoga, korijenje stabala koje se sadi u nadzemne kontejnere može uginuti kad se temperature spuste ispod točke smrzavanja. U uvjetima smrznutog tla, korijenski sustav ne može apsorbirati vodu. Izbor prikladne vrste za uzgoj u kontejnerima ovisi o konačnoj visini, zahtjevima održavanja i lokaciji. Potrebno je birati stabala s minimalnom njegom u smislu orezivanja, zaštite od štetnih biotskih i abiotskih čimbenika i sl. Treba poznati ekološke zahtjeve vrste ili kultivara kako bi se kontejneri držali na ispravnom mjestu u smislu svjetla, što može biti u izravnoj vezi s preživljnjem, vitalitetom i oštećenjima na asimilacijskim organima (npr. rubne spržotine na listovima japanskih favora) i tankoj kori nekih drugih vrsta.

Stabla manjeg rasta i patuljaste vrste i kultivari prikladniji su za kontejnerski uzgoj. Neke od vrsta prikladne za uzgoj

u kontejnerima su šimširi, tise, patuljaste kamelije, božike, japanski favori, magnolije i sl. U zadnje vrijeme na tržištu ima puno novih patentiranih kultivara drveća koji dobro podnose sušu, pa svakako njima treba dati prednost kod selekcije. Općenito gledano stabla trebaju biti kompatibilna s kontejnerom i okolišem. Budući da je veličina stabla obično proporcionalna veličini njegovog korijenskog sustava, kontejneri će u većini slučajeva ograničiti konačnu veličinu stabla. Ako stablo preraste kontejner postoje dvije mogućnosti. Prva je orezivanje korijena i presadnja u isti kontejner ili na drugu lokaciju. Slično se radi kod uzgoja bonsaija. Druga mogućnost je presadnja istog stabla u volumenom veći kontejner. Zimzelene vrste i agrume treba saditi u mobilne kontejnere i tijekom zime premjestiti ih u zaštićene negrijane prostore. Potrebno je provesti zaštitu korijenskog sustava od zimskih hladnoća držanjem kontejnera u zaštićenim područjima ili upotrijebiti izolacijski materijal specijalno proizveden za zaštitu kontejnera tijekom zimskih mjeseci.

Projektirani vrt s programiranim uzgojem drveća u kontejnerima na popločenim površinama može se nadzirati putem video nadzora. Hikvision je jedan od lidera na svjetskom tržištu video nadzora koji je razvio mobilnu aplikaciju kojom se u svakom trenutku, sa bilo kojeg dijela svijeta možete spojiti na Vaš sustav video nadzora i u realnom vremenu gledati streaming s Vaših kamera ili pregledati snimljeni sadržaj.

Iako smo na početku rekli da je uzgoj stabala na popločenim površinama stvar kompromisa te kako se radi o ekstremnim ekološkim uvjetima rasta stabala, ovim načinom programiranog uzgoja drveća u kontejnerima na popločenim površinama ono može rasti i uspijevati bez da okoliš značajno utječe na sama stabla. Kod pravilnog izbora vrsta drveća i kultivara, kontejnera i mjesta držanja istoga, stabla rastu bez značajnijeg utjecaja čovjeka. Projektirani programirani uzgoj drveća na popločenim površinama zahtijeva veća početna ulaganja, ali su kasnije u svim godinama troškovi njegove održavanja svedeni na minimum, uz napomenu kako u centrima velikih urbanih sredina čovjek može u svakom trenutku uživati u prirodnom okruženju stabala koja ispunjavaju sve svoje funkcije te urbane infrastrukture, koja poput mikorize ostvaruje simbiozu sa stablima. Ovako projektiranim uzgojem drveća koji može biti izведен u atrijima zgrada, na većim ili manjim popločenim površinama na trgovima gradova, urbani čovjek se oslobođa stresa i svakodnevne napetosti, pri čemu se poboljšava njegov radni učinak i zdravstveno stanje.

SUSRET EUROPSKE ŠUMARSKE MREŽE U DRŽAVI BEZ ŠUMA – ISLANDU

Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.



Delegacija Hrvatskoga šumarskog društva sudjelovala je od 15. do 18. rujna 2022. na Islandu na susretu Europske šumarske mreže (EFN-European Forestry Network). EFN je neslužbena mreža nacionalnih šumarskih društava i udruženja Europe. Glavni cilj mreže je promicanje razmjene informacija relevantnih za šume, šumarstvo i šumarsku politiku među svojim članicama. Domaćin susreta bilo je Islandsko šumarsko udruženje (islandska Skógræktarfélag Íslands, engleski Icelandic Forestry Association-IFA). Prvobitni termin susreta bio je 2020. godine kada su islandski domaćini slavili 90 godina osnutka svoga udruženja, ali pandemija bolesti COVID-19 prolongirala je susret za dvije godine. Island je već bio domaćin skupa EFN 2009. godine, dok je Hrvatska imala čast domaćinstva 2010. godine u vrijeme održavanja Svjetskog prvenstva sjekača na Jarunu u Zagrebu.

Delegaciju HŠD-a činili su predsjednik Oliver Vlainić, dopredsjednica mr. sp. Mandica Dasović i prof. dr. sc. Stjepan Mikac. **Prvi dan 15. rujna 2022.** protekao je uglavnom u putovanju zrakoplovima od Zagreba do Amsterdama i od Amsterdama do Reykjavika, tj. do zračne luke Keflavik koja je udaljena 50 km od središta glavnog islandskog grada Reykjavika. Inače, riječ Reykjavik u prijevodu znači „dimni zaljev“ po parama iz toplih izvora vode, a naziv mu je dao 870. godine njegov osnivač norveški Viking Ingólfur Arnarson. Već sam pogled iz aviona na krajolik Islanda dočarao je posebnost toga udaljenog otoka u Atlantskom oceanu. Za naše pojmove pusta zemlja s puno bijelih ledenjačkih površina ne izgleda privlačno na prvi pogled. Vožnja autobusom ponudila je vizure tla, s puno vulkan-



Fig. 1. Reljef Islanda

skog kamenja, uglavnom obraslo mahovinom s ponešto grmlja i drveća. (slika 1.) I sami Islandani pišu da su zemlja bez drveća, pa su na Poljoprivrednom sveučilištu Islanda organizirali kolegij pod nazivom „Šumska ekologija u zemlji bez drveća“. U šali kažu da kod njih za pronaći izlazak iz šume treba samo ustati. Dolazak u Reykjavik odmah nas je uvjerio kako je i za najmanju uslugu, poput posjeta toaletu, potrebna bankovna kartica jer je to preferirani način plaćanja. Prije smještaja obišli smo možda najznačajniju znamenitost glavnog grada, luteransku Hallgrímuovu crkvu (Hallgrímskirkja), izgrađenu na uzvisini u središtu grada. Nazvana je po pjesniku i svećeniku Hallgrímu Péturssonu, koji je djelovao u 17. stoljeću tijekom luteranske reforme Islanda. Crkva je građena od 1945. do 1986. godine. Neobičan izgled crkve inspiriran je vulkanskom lavom koja se hlađi nakon vulkanske erupcije. Unutrašnjost crkve je potpuno jednostavna, a krase ju velike orgulje. Budući je s preko 70 m najviša građevina na Islandu, zvonik ima lift do vidikovca s kojeg se pruža pogled na grad. Ispred crkve nalazi se kip vikinga Leifa Erikssona, prvog Europljuna koji je stigao u Sjevernu Ameriku i to stotinu godina prije Kristofora Kolumba. Kip je dar Sjedinjenih Američkih Država Islandu povodom proslave islandskoga tisućljetnog jubileja 1930. godine. (slika 2.)



Fig. 2. Hallgrímuova crkva i kip vikinga Leifa Erikssona u Reykjaviku

Island je otočna zemlja i pripada europskom kontinentu. To je vulkanski i geološki vrlo aktivno područje, ali i područje puno ledenjaka pa se naziva i zemljom vatre i leda. Ima više aktivnih vulkana, od kojih je najznačajniji vulkan Hekla. Unutrašnjost otoka se sastoji od visoravnki koje karakteriziraju polja pijeska i lave, planine i ledenjaci, a mnoge ledene rijeke teku u more kroz nizine. Island je grivanj Golfskom strujom i ima umjerenu klimu, unatoč velikoj zemljopisnoj širini neposredno izvan Arktičkog kruga. Island su u 9. i 10. stoljeću naselili norveški i keltski doseđenici. Nakon neovisnosti od tristotinjak godina njime su vladali Norveška i Danska. Unutrašnju neovisnost dobio je 1918. godine, dok je vanjska i dalje bila u rukama Danske. Potpunu neovisnost stekao je 1944. godine osnutkom Republike Island. Budući nema svoju vojsku, nadležnost za obranu je 1950. godine predana Sjedinjenim Američkim Državama. Na otoku živi oko 350 tisuća stanovnika i to uglavnom u obalnom pojasu, dok je unutrašnjost većinom nenaseljena. U glavnom i najvećem gradu Reykjaviku živi oko 120 tisuća stanovnika, a s okolicom oko 200 tisuća (blizu 60 % stanovništva Islanda).

Sudionici skupa okupili su se prve večeri u radnim prostorijama domaćina, odakle se otišlo na zajedničku večeru s islandskim specijalistima i upoznavanje u neformalnom druženju. Osim domaćina i hrvatske delegacije stigli su još predstavnici Austrije, Latvije, Poljske, Škotske i Švedske. Domaćine su predstavljali direktor Udruženja i urednik Šumarskog časopisa Brynjólfur Jonsson te urednica web medija Udruženja i zamjenica urednika Šumarskog časopisa Ragnhildur Freysteinsdottir, koja je vodila organizaciju skupa od poziva za okupljanje do završne zahvale.

Drugog dana, 16. rujna 2022., svi sudionici su se odvezli mini busom dvadesetak kilometara od Reykjavika do **Móglilsá**, istraživačkog centra Islandske šumarske službe.

Direktorica Centra dr. sc. Edda Sigurdís Oddsdóttir (slika 3.) održala je predavanje o šumarstvu i šumarskim istraživanjima na Islandu. Oko 900. godine na Islandu je bilo najmanje 25 % (možda i do 40 %) površine pod šumama koje su obrastale četiri vrste: *Betula pubescens*, *Salix* spp., *Sorbus aucuparia* i *Populus tremula*. Od tada dolazi do obešumljavanja i erozije tla zbog ljudskih aktivnosti krčenja šuma radi povećavanja poljoprivrednih površina, ispaše stoke, povećane vulkanske aktivnosti, smanjenja temperature i vrste tala. Slijedom toga u 19. stoljeću šumski pokrov je manji od 1 % s velikim erodiranim površinama. Pošumljavanje Islanda počinje krajem 19. stoljeća kada se 1899. godine podiže prva šumska plantaža u Thingvelliru. Zakon o šumarstvu i zaštititi tla donesen je 1907. godine. Veliki projekti pošumljavanja započinju 1990. godine. Tijekom 2021. godine posađeno je preko 5 milijuna biljaka na 2.109 ha. Struktura sađenih vrsta je: *Betula pubescens* 38 %, *Pinus contorta* 31 %, *Picea sitchensis* 12 %, *Populus*



Fig. 3. Direktorica Istraživačkog centra dr. sc. Edda Sigurdís Oddsdóttir

trichocarpa 8 %, *Larix sibirica* 7 % i druge vrste 4 %. Prvo stablo koje je u novije doba na Islandu preraslo 30 m zabilježeno je 2022. godine, a to stablo sitkanske smreke (vrste Sjeverne Amerike koja prirodno raste od Aljaske do Kalifornije) posađeno je 1949. godine. Problem obnove šuma na Islandu je klima, pa je prirast vrsta manji nego u Nordijskoj i Baltičkoj regiji. Jedino veći prirast na Islandu ima *Populus trichocarpa* (kalifornijska topola ili crno pamučno drvo) koje godišnje prirašće 6–20 m³/ha. Na Islandu se ta vrsta drveća sadi od 1944. godine i postala je jako rasprostranjena. *Picea sitchensis* također ima dobar godišnji prirast od 14 m³/ha. Prirodne šume breze danas pokrivaju 1,5 % površine Islanda, a preostalih 0,4 % su umjetne šume. Plan je do 2100. godine podići šumovitost otoka na 12 %. Bitan razlog pošumljavanja je smirivanje tla sastavljenog od vulkanskih materijala.

U centru smo vidjeli okamine s otiscima listova. Fosilni dokazi govore da je prije 5–15 milijuna godina klima na Islandu bila umjereno topla, što je pogodovalo šumovitosti otoka pa su postojali rodovi drveća *Sequoia*, *Magnolia*, *Sassafras*, *Pterocarya* i mnoge druge. U jednom razdoblju postojale su i bukove šume, a prije 2,5–3 milijuna godina prevladavale su šume borealnog tipa, smreke, breze i johe, što ukazuje na hladniju klimu. Te su šume rasle u središnjem vulkanskom pojasu Islanda, gdje su sačuvane i fosilizirane između slojeva lave. Nakon toga u ledenom dobu islandska flora postala je sve siromašnija vrstama. Borovi su preživjeli prvih nekoliko glacijalnih razdoblja do prije otprilike 1,1 milijun godina, a fosilni dokazi johe pronađeni su tijekom međuledenog doba do otprilike prije pola milijuna godina.

Državnim šumama na Islandu upravlja **Islandska šumarska služba** (islandski Skógræktin, engleski Icelandic Forest Service-IFC) kao vladina institucija koja surađuje s vladom i za nju, ali i s javnošću i drugim zainteresiranim stranama, na temu istraživanja, razvoja, savjetovanja i distribucije znanja unutar šumarstva. Služba je i predstavnica Islanda u suradnji s drugim zemljama u području šumarstva. Osnovana je 1908. Godine temeljem Zakona o šumarstvu i zaštiti tla iz 1907. godine. Prošla je više reorganizacija. Posljednja je bila 2016. godine kada je služba spojena s institucijom Regionalni projekti pošumljavanja odgovornima za davanje bespovratnih sredstava za pošumljavanje poljoprivrednih gospodarstava, u novu instituciju pod nazivom Skógræktin. Podređena je Ministarstvu prehrane, poljoprivrede i ribarstva. (slika 4.)

Državnih šuma na preko 50 područja ima oko 7 tisuća ha, što je 4% islandskih šuma i to su većinom zaštićene autohtone šume breze, ali ima i umjetnih šuma. Ukupna površina Islanda je 10,3 milijuna ha, a pod šumom je 194 tisuće ha (1,9 % ukupne površine). Procjenjuje se da najmanje 4 milijuna ha može biti pošumljeno. Između 1950. i 1990. godine Služba je najviše radila na pošumljavanju. Tada je većinom u državnim šumama zasađena otprilike polovica stabala na Islandu. Služba je imala šest rasadnika u raznim dijelovima otoka. Nakon 1990. godine proizvodnja sadnica se postupno privatizirala, a sadnju su preuzeли drugi akteri kao šumarska društva. Sadnja drveća sada je relativno manji dio aktivnosti Službe, ali se nastavlja po stopi od 50-100 hektara godišnje. Država je od 1970. godine poticala pošumljavanje na poljoprivrednim gospodarstvima. Od 1990. godine počeli su regionalni projekti pošumljavanja. Sklopljeno je 635 ugovora s poljoprivrednicima za 55 tisuća ha, a dosad je pošumljeno 22 tisuće ha. U okviru sheme bespovratnih sredstava za pošumljavanje poljoprivrednih gospodarstava izrađuju se planovi pošumljavanja za svako poljoprivredno gospodarstvo koje sudjeluje, koordinira se proizvodnja i distribucija sadnica, pružaju se usluge obrazovanja i savjetovanja te se dijele bespovratna sredstva.



Fig. 4. Predavanje o islandskom šumarstvu

Svaka potpora za pošumljavanje poljoprivrednog gospodarstva pokriva 97% troškova osnivanja, uključujući ograde, ceste, pripremu mjesta, sadnju i prvo prorjeđivanje. Pojedinačni zemljoposjednik je vlasnik nastale šume i snosi svu zakonsku odgovornost. Vlasnici zemljišta često dio posla obavljaju sami, ali ostale dijelove obično obavljaju izvođači. Tako je shema bespovratnih sredstava dovela do osnivanja malih poduzeća koja pružaju usluge vlasnicima šuma, kao što su održavanje ograda, radovi na cestama, priprema mjesta, sadnja i prorjeđivanje. Prije jednog stoljeća većina Islandana nikada nije ni vidjela drvo, a prije šezdeset godina malo ih je vjerovalo da na Islandu mogu rasti stabla bilo koje veličine. Sadnja drveća smatrala se bezazlenim hobijem nekolicine zanesenjaka. Danas se tisuće ljudi diljem Islanda bavi šumarstvom za proizvodnju drva, radi melioracije zemljišta, ali i zbog rekreativskih funkcija šume.

Današnja struktura vlasništva islandskih šuma je sljedeća: privatne šume financirane od Vlade 32 %, šume šumarskih društava 24 %, šume Islandske šumarske službe (državne šume) 17 %, općinske šume 15 %, privatne šume 7 % i šume neprofitnih organizacija 5 %.

Istraživački centar Móglisá osnovan je 1967. godine i norveški je dar islandskom šumarstvu. U zgradama Centra se nalaze laboratoriji, uredi osoblja, soba za sastanke i knjižnica, a izvana je sagrađen istraživački staklenik. Centar je 1967. godine imao dva znanstvenika, dok danas ima 14 zaposlenika. Područja istraživanja su: šume i klimatske promjene, šumski genetski resursi i uzgoj, podizanje šuma i zaštitnih pojaseva, uzgoj šuma i šumski proizvodi, šumska ekologija, zdravlje šuma te šume i društvo. Budući istraživački izazovi su im vezani za to kako klimatske promjene utječu na sekvestraciju ugljika, vrste drveća te štetnike i bolesti.

Sljedeće mjesto za posjet bio je **Muzej Perlan** na brdu iznad Reykjavika u kojem se mogu vidjeti prirodna čuda Islanda. (slika 5.) Muzej je otvoren 1991. godine i ima jedinstven izgled. Na nekadašnjih šest spremnika za vodu, svaki kapaciteta četiri milijuna litara tople vode, postavljena je sta-



Fig. 5. Muzej Perlan u Reykjaviku



Fig. 6. Pošumljeni okoliš Muzeja Perlan

klena kupola gdje su kafić, restoran i vidikovac. Šuplji čelični okvir povezuje spremnike i kupolu te služi za grijanje i hlađenje. U muzeju se mogu vidjeti ledena špilja dužine 100 m izrađena od 350 t leda, izložbe o ledenjacima, vulkanima, potresima i geotermalnoj energiji, maketa najveće litice morskih ptica u Europi, polarna svjetlost i virtualni akvarij. Domaćini nisu predviđali vrijeme za obilazak muzeja već su željeli pokazati okoliš muzeja gdje je posađeno više od 176 tisuća stabala. (slika 6.) Pokraj muzeja pogledali smo i držali u rukama vulkansko kamenje koje je lagano unatoč svojoj veličini. (slika 7.)

Nakon muzeja uputili smo se u **Guðmundarlundur**, područje za rekreaciju nazvano po svom prethodnom vlasniku. (slika 8.) Posjed je pripadao obitelji Guðmundura Jónssona koja je na pustom zemljишtu 1967. godine počela saditi drveće. Trideset godina kasnije 1997. predali su zemljишte od 6,5 ha Šumarskom društvu Kópavogur osnovanom 1969. godine. U proljeće 2008. godine započeli su radovi na stvaranju vrta nazvanog Hermannsgardur u spomen na Hermanna Lundholma, bivšeg savjetnika za hortikulturu. Vrt se uglavnom sastoji od višegodišnjega vrtnog cvijeća iz Hermannova vrta. (slika 9.) Unutar područja nalazi se nova društvena i uslužna zgrada koja je ujedno i obrazovni centar. Šumarsko društvo Kópavogur brine se za njegu, održavanje, odvoz smeća i održavanje sanitarnih čvorova, a troškove namiruje iz najma roštilja i zgrade. U zgradi nas je čekao ručak, a nakon kraćeg odmora počele su prezentacije. Predstavnici sudionika prezentirali su šumarstvo i šumarska društva svojih država s posebnim naglaskom na klimatske promjene. Ovdje će se navesti samo prezentacije domaćina Islanda i Hrvatske. (slika 10.)

Domaćine je predstavila Ragnhildur Freysteinsdottir. **Islandsko šumarsko udruženje** nacionalno je udruženje šumarskih udruga na Islandu, osnovano 27. lipnja 1930. na Festivalu Althingi u Tingvelliru. Glavni cilj im je raditi na napretku šumarstva i arborikulture u zemlji, obnoviti vegetaciju i šumu. Udruga je savez islandskih šumarskih društava kojih ima 63 s preko 7 tisuća članova, što ih čini naj-



Fig. 7. Lagano vulkansko kamenje u ruci Mandice Dasović



Fig. 8. Direktor Islandskog šumarskog udruženja Brynjólfur Jonsson u Guðmundarlunduru

većom ekološkom nevladinom udrugom na Islandu. Udruga izdaje časopis Icelandic Forestry koji izlazi dva puta godišnje, a sadrži kombinaciju znanstvenih radova i



Fig. 9. Vrt Hermannsgardur unutar Guðmundarlundura



Fig. 10. Hrvatska delegacija na EFN u Guðmundarlunduru Stjepan Mikac, Mandica Dasović i Oliver Vlainić

općenitijih članaka. Najnovije činjenice o islandskom šumarstvu su osnivanje Islandskog klimatskog vijeća 2018. godine, donošenje novog zakona o šumama 2019. godine, prvog nacionalnog melioracijskog i šumskog plana 2022. godine te nova organizacija ministarstva zaduženog za šumarstvo također 2022. godine. Pošumljavanja su najveće brojke imale od 2000. do 2009. godine s 4 do 6 milijuna sadnica godišnje. Nakon toga zbog finansijske krize dolazi do smanjenja sadnje na razinu od 3 milijuna sadnica godišnje, da bi ponovno došlo do većeg ulaganja i sadnje od 2019. godine. Sveučilišno šumarsko obrazovanje se stječe na Poljoprivrednom sveučilištu Islanda i to tek od 2004. godine. (slika 11.)

Hrvatsku je prezentirao prof. dr. sc. Stjepan Mikac s Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.



Fig. 11. Prezentacija Ragnhildur Freysteinsdottir o Islandskom šumarskom udruženju



Fig. 12. Prezentacija prof.dr.sc. Stjepana Mikca

Nakon kraćih podataka o šumama RH pokazao je utjecaj klimatskih promjena na njih. Opožarena površina od 1958. do 2018. godine iznosila je 600 tisuća ha, a na posljednjih 20 godina odnosi se 400 tisuća ha. Ledolom iz 2014. godine u Gorskom kotaru napravili su štetu od 406 tisuća m³. U posljednjih 100 godina veći ledolomi zabilježeni su još šest puta. Štete od vjetroloma u razdoblju od 1995. do 2021. godine veće su od 3 milijuna m³. Potkornjaci su od 2001. do 2021. godine napravili štetu na jeli i smreci oko 2,6 milijuna m³. Štete na hrastu mjere se u veličini oko 10 milijuna m³. Velike probleme čine i invazivne vrste. Zbog bolesti jasena (*Hymenoscyphus fraxineus*) sanitarna sjeća je preko 1,7 milijuna m³. Ukupna šteta na drvnoj masi iznosi 16,4 milijuna m³ od čega na hrast lužnjak otpada 5,9 milijuna m³, bukvu 2,2 milijuna m³, hrast kitnjak 900 tisuća m³, poljski jasen 1,7 milijuna m³, jelu 4,1 milijun m³ i smreku 1,6 milijuna m³. (slika 12.)

Nakon povratka u Reykjavik slobodno vrijeme je iskorišteno za kraći obilazak grada. Dan je završio zajedničkom večerom sudionika u hotelu nasuprot sjedišta Udruženja. (slika 13.)

Trećeg dana, 17. rujna 2022., ponovno smo se okupili ispred zgrade Udruženja i krenuli prema Nacionalnom



Fig. 13. Sudionici EFN skupa



Fig. 14. Pogled s vidikovca unutar planinskog lanca Hengill

parku Tingvellir. Pridružio nam se i predsjednik Islandskog šumarskog udruženja Jónatan Gardarsson. Budući na Islandu nema puno šumarskih stručnjaka, u šumarska društva se uključuju osobe raznih zanimanja, zaljubljenici u šume, koje volontiraju i uglavnom se bave pošumljavanjem i melioracijom tla. Tako je predsjednik Udruženja poznati islandski radijski i TV voditelj. Bio je osam godina predsjednik Šumarske udruge Hafnarfjörður.

Vožnja islandskim cestama kroz uglavnom pusta područja nudila je pogled na pojedinačne kuće i imanja, tople izvore, toplovod kojim se dovodi geotermalna energija u naselja. Zastali smo na vidikovcu u području vulanskog **planinskog lanca Hengill** južno od Tingvellira. Područje je prepuno dimnih fumarola i toplih izvora pa se koristi kao izvor energije za južni Island preko dvije geotermalne elektrane. Iako je to aktivran vulkan posljednja erupcija bila je prije dvije tisuće godina. Danas je popularno planinarsko odredište s puno obilježenih staza. U tom dijelu vidjeli smo i islandske ovce na slobodnoj ispaši. Smatra se da su tu pasminu veće građe sa sobom donijeli doseljeni Víkinzi krajem 9. ili početkom 10. stoljeća. Islandske ovce su prilagođene hladnijoj klimi s dvostrukim slojem vune. Vrlo su

plodne pa im se brojnost lako održava. Danas se koristi meso i vuna dok se nekad više koristilo i mlijeko. Islandske ovce su stoljećima bile jedan od razloga nemogućnosti prirodne i umjetne obnove šuma na otoku. Danas više ne predstavljaju taj problem. (slika 14. i 15.)

Slijedio je nastavak vožnje uz drugo najveće islandsko prirodno jezero Tingvallavatn (84 km^2) do mjesta **Vinaskógr ili Gaj prijateljstva** (Friendship grove). To je mali ograđeni šumarak uz cestu nasuprot jezeru u neposrednoj blizini ulaza u Nacionalni park Tingvellir, ali unutar granica parka. Osnovan je povodom inicijative za pošumljavanje zemljišta na Islandu pod pokroviteljstvom tadašnje islandske predsjednice Vigdís Finnbogadóttir, koja je bila prva žena na svijetu demokratski izabrana za predsjednicu 1980. godine i ostala na toj funkciji do 1996. godine. Vinaskógr je određen kao mjesto gdje će šefovi stranih država posaditi drvo u ime prijateljstva i mira. Čast da posadi prvo drvo pripalo je 26. lipnja 1990. kraljici Ujedinjenog Kraljevstva Velike Britanije i Sjeverne Irske Elizabeti II. Od tada brojni su državnici zasadili drvo, što je zabilježeno malim pločicama na kamenim stupovima. Islandsko šumarsko udruženje nadzire sadnju i njegu šumarka. (slika 16. i 17.)



Fig. 16. Vinaskógr ili Gaj prijateljstva



Fig. 15. Islandske ovce



Fig. 17. Hrvatska delegacija s Ragnhildur Freysteinsdottir u Gaju prijateljstva



Fig. 18. Nacionalni park Thingvellir

Sljedeća postaja bio je najatraktivniji dio putovanja i srce Islanda, **Nacionalni park Tingvellir** (islandski Þingvellir ili Skupštinsko polje). Tingvellir je povijesni lokalitet, ustvari rodno mjesto islandske nacije, jer je na njemu 930. godine osnovana najstarija postojeća skupština na svijetu koja je trajala do 1799. godine kada su je ukinuli Danci, ali je obnovljena 1844. godine i počela s radom u Reykjaviku gdje je i danas. Naseljenici Islanda, uglavnom norveški Víkinzi, jednom godišnje kroz dva tjedna u lipnju sastajali su se na tradicionalnoj zakonodavnoj i sudskoj skupštini, tzv. Althingu (Vijeće). Na tom mjestu je 1000. godine usvojeno kršćanstvo kao jedina religija na Islandu (dan je ustavom propisana Evangelička luteranska Crkva Islanda kojoj pripada skoro 2/3 stanovništva Islanda). Također je na istom mjestu 17. lipnja 1944. Republika Island proglašila neovisnost. Povodom tisućljetne obljetnice prve skupštine 1930. godine tu je osnovano i Islandsko šumarsko udruženje, a iste godine je proglašen i Nacionalni park Thingvellir. Od 2004. godine park je dio UNESCO-ve svjetske baštine. Zbog svoje važnosti za povijest Islanda i islandske nacije danas je Tingvellir zaštićeno nacionalno svetište. Osim povijesne vrijednosti Thingvellir ima i velike prirodne značajke jer njime pro-



Fig. 20. Volonterski centar Úlfhljótsvatn

lazi Srednjoatlantski hrbat, koji je granica euroazijske i sjevernoameričke kontinentalne ploče koje se svake godine međusobno udaljavaju oko 2 cm. Kroz rasjed teče rijeka Öxará koja se ulijeva u jezero Tingvallavatn. Na ulazu u park nalazi se posjetiteljski centar u kojem se može vidjeti interaktivna izložba parka „Srce Islanda“. Naš obilazak parka krenuo je od platforme za gledanje preko šetnje kroz rasjed, ustvari granicu dvaju kontinentalnih ploča, do mjesta održavanja skupština. Šetnja je završila na parkiralištu gdje nas je čekao mini bus spremjan za nastavak putovanja uz obalu jezera s druge strane i uz nastavak vulkanskih krajolika. (slika 18. i 19.)

Vožnja je završila na jezeru **Úlfhljótsvatn**, uz čiju obalu ima dosta vikendica, ali i jedna hidroelektrana. Uz jezero od 1940. godine postoji nacionalni izviđački centar, ali i farma s kućom Islandskoga šumarskog udruženja u kojoj preko ljeta borave međunarodni volonteri. Tamo nas je čekao ručak koji smo mogli pojesti bez žurbe i odmoriti u prostorijama kuće. (slika 20.)

Posljednja postaja toga dana bilo je **gospodarstvo Snæfoksstadir** kojim upravlja Šumarsko društvo Árnesing. Dočekao nas je šumar i upravitelj Árnesinga Böðvar



Fig. 19. Pogled na povijesni dio Thingvellira gdje je 930. godine osnovana Islandska skupština



Fig. 21. Gospodarstvo Snæfoksstadir s malom pilanom i strojevima za šumarstvo



Fig. 22. Pošumljeni dijelovi gospodarstva Snaefoksstaðir prekrili su vulkansko tlo

Guðmundsson. Nakon upoznavanja poveo nas je u obilazak područja na kojem je zasađeno mnogo šume. Na zemljištu veličine oko 700 ha pod šumom je 500 ha. Time je postignuta samoodrživost prihoda od šumarstva kako od božićnih drvca, tako i od drvnih sortimenata. Tu je i mala pilana koja prodaje proizvode piljenja. Vidjeli smo i stabla

sitkanske smreke najvećih dimenzija unutar gospodarstva. Prije polaska za Reykjavika popili smo kavu skuhanu vani na vatri poput kaubojske kave i pojeli nešto poput islandskih fritula. (slika 21., 22. 23. i 24.)

Na povratku promatrali smo nove vizure otoka s ponekim naseljem i manjim površinama pod šumom. Vidjeli smo dosta islandskih konja na ispaši. Ti su konji manjeg rasta, ali izdržljivi i ranije su se koristili kao teretni konji, dok se danas koriste za sportsko i rekreacijsko jahanje. (slika 25.)

Po dolasku u Reykjaviku prošetali smo uz bivši francuski konzulat, nazvan Höfði, koji je bio mjesto održavanja sastanka na vrhu u Reykjaviku 1986. godine između američkog predsjednika Ronalda Reagana i glavnog tajnika Komunističke partije Sovjetskog Saveza Mihaila Gorbačova. Razgovori su propali u posljednji trenutak, ali napredak koji je postignut na kraju je rezultirao Sporazumom o nuklearnim snagama srednjeg dometa između Sjedinjenih Država i Sovjetskog Saveza iz 1987. godine. (slika 26.) Uređenom obalom uz Atlantski ocean stigli smo do skulpture od nehrđajućeg čelika u obliku broda pod nazivom Sunčev putnik (The Sun Voyager) postavljene 1990. godine. Skul-



Fig. 23. Najstarija šuma na gospodarstvu Snaefoksstaðir



Fig. 25. Pogled na islandski krajolik s naseljem i pošumljenim dijelovima



Fig. 24. Šumar Árnesinga Böðvar Guðmundsson i predsjednik IFA Jó-natan Gardarsson



Fig. 26. Mjesto održavanja sastanka Ronald Regana i Mihaila Gorbačova 1986. godine



Fig. 27. Skulptura Sunčev putnik u Reykjaviku

ptura predstavlja brod iz snova ili odu Suncu. (slika 27.) Vrijeme do večere prekratili smo šetnjom trgovackom ulicom. (slika 28.) Za kraj domaćini su sve sudionike skupa odveli u hotel Hilton na tradicionalnu islandsku večeru. Uz govore zahvale domaćinima, zaključeno je da Hrvatska bude domaćin sljedećeg skupa u rujnu 2023. godine.



Fig. 28. Jedna od trgovackih ulica u starom dijelu Reykjavika

Posljednji dan, **18. rujna 2022.**, valjalo se rano ustati i po mraku krenuti iz Reykjavika prema zračnoj luci Keflavik. Obaleta do Amsterdama i Zagreba dobro su prošla, te smo u zagrebačku zračnu luku stigli u rano popodne s dovoljno vremena za odlazak kućama i odmor prije novoga radnog tjedna.

ZAPISNIK

1. SJEDNICE UPRAVNOG ODBORA HŠD 2023. GODINE

održane 14. i 15. travnja 2023. godine na prostoru UŠP Požega

Nazočni: Dražen Abramović, dipl. ing. (umjesto Marka Perkovića, dipl. ing.), akademik Igor Anić, Emil Balint, dipl. ing., mr. sp. Mandica Dasović, Damir Dramalija, dipl. ing., Anto Glavaš, dipl. ing., prof. dr. sc. Marijan Grubešić, Krešimir Jakupak, dipl. ing., prof. dr. sc. Vladimir Jambreković, Tihomir Kolar, dipl. ing. (umjesto Marine Juratović, dipl. ing.), Josip Kovačić, dipl. ing., Valentina Kulaš, dipl. ing., Predrag Magdić, dipl. ing. (umjesto Dorice Matešić, dipl. ing.), prof. dr. sc. Josip Margaretić, Darko Mikičić, dipl. ing., Krešimir Pavić, dipl. ing., dr. sc. Sanja Perić, Darko Posarić, dipl. ing., Ante Šimić, dipl. ing., mr. sc. Dalibor Tonc, Davor Topolnjak, dipl. ing., Oliver Vlainić, dipl. ing., doc. dr. sc. Dinko Vusić, Silvija Zec, dipl. ing., Slavica Zemljic, dipl. ing. (umjesto Gorana Gobca, dipl. ing.), Dražen Zvirotić, dipl. ing., Mario Bošnjak, dipl. ing., Goran Bukovac, dipl. ing., Branko Meštrić, dipl. ing., Davor Prnjak, dipl. ing., mr. sc. Damir Delač.

Ispričani: mr. sc. Boris Belamarić, Daniela Cetinjanin, dipl. ing., prof. dr. sc. Milan Glavaš, Ivan Krajačić, dipl. ing., Dora Matešić, dipl. ing., Damir Miškulin, dipl. ing., izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac, dipl. ing., Martina Pavičić, dipl. ing., prof. dr. sc. Ivica Tikvić.

Gosti: Milan Jurković, dipl. ing., Matej Begić, dipl. ing., Marko Barukčić, dipl. ing., Aleksandar Teodorović, dipl. ing., Damir Nuić, dipl. ing., Dario Marčetić, dipl. ing. Vladislav Dvoraček, dipl. ing., Boris Miler, dipl. ing., Stjepan Blažičević, dipl. ing. Prigodnim riječima skup je u ime domaćina pozdravio Krešimir Pavić dipl. ing., predsjednik HŠD ograna Požega.

Nakon što je utvrdio kvorum predsjednik HŠD akademik Igor Anić predložio je sljedeći

Program:

14. travanj 2023.

- 11⁰⁰ sati – okupljanje u rasadniku Hajderovac
- 12⁰⁰ sati – sjednica Upravnog odbora HŠD
- 13³⁰ sati – ručak
- 15³⁰ sati – terenski obilazak (tema: pomlađivanje sastojina hrasta kitnjaka)
- 17⁰⁰ sati – posjet vinariji Kujevo i vinariji Galić
- 19⁰⁰ sati – dolazak i smještaj u objektu NPŠO Duboka
- 20⁰⁰ sati – večera i druženje

15. travanj 2023.

- 8⁰⁰ – doručak
- 9⁰⁰ – obilazak znamenitosti grada Požege
- 12³⁰ – ručak i odlazak

u Dnevni red:

1. Ovjera zapisnika 1. elektroničke sjednice Upravnog odbora HŠD 2023. godine i 1. elektroničke sjednice Skupštine HŠD 2023. godine

2. Obavijesti

3. Aktualna problematika

4. Šumarski list i ostale publikacije

5. Rasprava po izvješćima i zaključci

6. Pitanja i prijedlozi

Nakon jednoglasnog usvajanja Programa i Dnevnog reda 1. sjednice, a prije početka rada po točkama Dnevnog reda, akademik Anić pozvao je nazočne da minutom šutnje odaju počast nedavno preminulom članu Upravnog odbora HŠD mr. sc. Goranu Videcu.

Ad. 1. Zapisnik 1. elektroničke sjednice Upravnog odbora HŠD 2023. godine i 1. elektroničke sjednice Skupštine HŠD 2023. godine jednoglasno su usvojeni.

Ad. 2. Obavijesti

– Krajem siječnja 2023. godine predsjednik i tajnik HŠD bili su na sastanku s novom Upravom HŠ d.o.o. Nazočni su bili predsjednik Uprave HŠ Nediljko Duić, član Uprave Ante Sabljić i direktor sektora za proizvodnju Krešimir Žagar. Dogovoren je nastavak i unapređenje suradnje koje je HŠD imalo s dosadašnjom Upravom (preplata na Šumarski list, zajedničke aktivnosti na promidžbi šumarske struke, obilježavanje obljetnica Svjetski dan šuma, Dan hrvatskoga šumarstva), sudjelovanje šumara na susretima europskih šumara (EFNS, AlpeAdria) i domaćim manifestacijama (maraton lada).

– 13. i 14. siječnja 2023. održan je 17. AlpeAdria susret šumara Italije, Austrije, Slovenije i Hrvatske u pokrajini Koruška, gradu Weissensee (izvješće podnio Oliver Vlainić)

- 19. siječnja 2023. u Velikoj vijećnici Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije održano je završno predstavljanje rezultata projekta Mjere prilagodbe klimatskim promjenama za održivo upravljanje prirodnim resursima. Predstavljene su provedene aktivnosti projekta i informirani sudionici o ostvarenim ciljevima i rezultatima. Voditelj projekta je izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac, a partneri prof. dr. sc. Milan Poljak i doc. dr. sc. Andreja Brigić sa suradnicima. Organizacija konferencije sufinancirana je u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija, iz Europskog fonda za regionalni razvoj.
- 7. veljače 2023. u prostoru Uprave Parka prirode Velebit održana je prezentacija znanstveno-stručnog projekta Hrvatskoga šumarskog instituta Problematika gospodarenja panjačama na području UŠP Gospić (izvješće podnijela Sanja Perić).
- 53. EFNS održan je u Sarajevu 5. – 11. veljače 2023. godine (izvješće podnio Oliver Vlainić)
- 8. veljače 2023.g. u 11 sati u zgradи UŠP Vinkovci održan je inicijalni sastanak povodom obilježavanja 150. obljetnice osnivanja Brodske imovne općine i gospodarenja šumama jugoistočne Slavonije (izvješće podnijeli Igor Anić i Darko Posarić).
- Kako se 2. lipnja 2023. godine u Vinkovcima planiraju održati tradicionalna natjecanja šumarskih radnika po-praćena i ostalim sadržajima predloženo je da se to poveže s obilježavanjem Dana hrvatskog šumarstva (20. lipanj), a HŠD će tom prigodom organizirati nekoliko stručnih i znanstvenih predavanja. Prijedlog je prihvaćen.
- 10. veljače 2023. godine održana je u kongresnom centru Princess u Jastrebarskom Prva međunarodna znanstvena konferencija mladih istraživača Jugoistočne Europe u organizaciji Hrvatskog šumarskog instituta i Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. Konferencijom je obilježena 25. godišnjica tragične pogibije u prometnoj nesreći hrvatskih šumarskih znanstvenika: dr. sc. Nikole Komlenovića, dr. sc. Branimira Mayera, dr. sc. Petra Rastovskog, prof. dr. sc. Ante Krstinića, mr. sc. Zlatka Perića i mr. sc. Gorana Bušića. Ovogodišnja tema konferencije bila je Šumarska znanost: razvoj i napredak na temeljima prošlosti. Poseban fokus stavljen je na ulogu mladih znanstvenika u razvoju i napretku šumarske znanosti u našoj regiji. Stoga su u znanstvenom dijelu konferencije mladi znanstvenici izložili svoja istraživanja (izvješće podnijela Sanja Perić).
- 16. veljače 2023. na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu održana je završna konferencija projekta Razvoj i provedba stručne prakse na studijima Šumarskog fakulteta. Nositelj projekta bio je Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu s partnerima Hrvatskom komorom inženjera šumarstva i drvne tehnologije, Drvnim klasterom Slavonski hrast i Centrom kompetencija d.o.o. za istraživanje i razvoj (izvješće podnijela Silvija Zec).
- 2. ožujka 2023. Hrvatski inženjerski savez u Staroj gradskoj vijećnici Grad Zagreba organizirao je obilježavanje Dana inženjera Republike Hrvatske. Skup je održan u suradnji s Akademijom tehničkih znanosti Hrvatske, te pod pokroviteljstvom Ministarstva prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine. Ovogodišnji Dan inženjera RH održao se pod nazivom Urbanizam i arhitektura – pokretači održivog razvoja Hrvatske. Održana su 4 predavanja: prof. emeritus dr. sc. Tihomir Jukić: Zašto urbanizam i kako dalje?, Nikša Božić, dipl. ing. arh.: Postojeći zakonski okvir i njegova prilagodba, doc. dr. sc. Lea Pelivan: Održivost u arhitekturi i kružno gospodarenje i prof. dr. sc. Sanja Gašparović: Ususret izazovima grada budućnosti (izvješće podnio Oliver Vlainić).
- 9. ožujka 2023. Odbor za poljoprivredu Hrvatskog Sabora održao je povodom Međunarodnog dana žena tematsku sjednicu na kojoj je Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije predstavila rezultate međunarodnog projekta Šume u rukama žena (izvješće podnijela Silvija Zec).
- Damir Dramalija, predsjednik Sekcije za urbano šumarstvo, izvjestio je o aktivnostima sekcije:
 - u veljači je održan inicijalni sastanak vezano uz organizaciju 5. hrvatskog stručnog skupa o urbanom šumarstvu – Karlovac, 2023. s predsjednikom Gradske vijeća Grada Karlovca (Marin Svetić, dipl. ing. šum.) gdje je dobivena potpora, nakon čega je poslana i pisana zamolba za suorganizaciju gradonačelniku Grada Karlovca i županici Karlovačke županije.
 - 9. ožujka 2023. organiziran je 3. okrugli stol In memoriam Viktor Lochert s temom Urbano šumarstvo i zagonodavstvo – stanje u Hrvatskoj
 - sekcija se javila s dva projekta ukupne vrijednosti oko 11.000,00 € na natječaj koji je Grad Zagreb raspisao za sufinanciranje aktivnosti udrug-a:
 - a) "Čuvajmo naše urbane šume" gdje se planira niz edukativnih radionica za djecu, ali i odrasle, te izrada i tisk promidžbenih materijala, kao i prigodna sadnja parkovnih sadnica na području urbanih šuma u Zagrebu.
 - b) Uređenje poučne staze i zelene učionice na području urbanog šumskog kompleksa Jelenovac.
 - u sklopu priprema za održavanje Europskog foruma o urbanom šumarstvu, EFUF 2024., kojem smo suorganizatori, a pri kraju je izrada promotivnog video materijala kojim će se na EFUF Krakow 2023. najaviti naše domaćinstvo iduće godine.
 - pozivaju se svi ogranci HŠD da u suradnji s JLS i ili odgojno obrazovnim ustanovama organiziraju prigodnu sadnju parkovnih sadnica povodom Dana urbanog šu-

- marstva (15. studeni) kako bi u javnosti ovaj datum što prije zaživio
- Povodom međunarodnog Dana šuma i Dana kvalitete Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu 22. ožujka 2023. godine, od 11 do 13 sati, u Velikom amfiteatru Fakulteta održan je 1. CROFOR – Croatian Forestry Forum na temu Inovacije i održivi razvoj.
 - 21. – 24. rujna 2023. HŠD će biti domaćin skupa Mreža šumarskih društava Europe.
 - Davor Topolnjak izvijestio je o planu ogranka da tijekom jeseni 2023. godine otvore spomen ploču Vladoju Köröskenyiu, prvom uredniku Šumarskog lista, čime bi obilježili 150 godina izdavanja njegove knjige Opće Šumarstvo iz 1873. godine, koja kao prvo takvo djelo pisano na hrvatskom jeziku obuhvaća sve grane šumarstva. Tom prigodom planiraju napraviti i reprint ove knjige.
 - Predrag Magdić izvijestio je o aktivnostima ogranka Karlovac povodom obilježavanja 70. godišnjice osnutka ogranka. Tom prigodom obišli su počivališta pokojnih šumara i zapalili im svjeće. Isto tako godišnjicu su obilježili sadnjom klona gubčeve lipe pokraj info ploče u muzeju domovinskog rata na Turnju.
 - Oliver Vlainić izvijestio o promociji knjige Nikola Tesla Experience Center 2. lipnja 2023. u Karlovcu, kao i o planu HŠD ogranka Sisak da izda knjigu o svom ogranku čiji je on glavni urednik.
 - Dalibor Tonc izvijestio je angažmanu osječkog ogranka na festivalu cvjeća u sklopu projekta Natura vita i posjetu mađarskim kolegama.
 - Josip Kovačić izvijestio je o posjetu članova svog ogranka kolegama u Češkoj.

Ad. 3. Aktualna problematika

- Pod ovom točkom ponovno su upozoreni predsjednici ogranaka da se, posebice pri organizaciji šumarskih aktivnosti, pridržavaju zakonske regulative tj. Statutom HŠD definiranih regula.
 - **Imenik hrvatskih šumara** jedinstvena je zbirka kojom se kao struka možemo ponositi. Na jednom mjestu skupljeno je (trenutno, travanj 2023.) 14046 imena, sa životopisima i opusom kolegica i kolega koji su ostavili traga u hrvatskom šumarstvu. Zahvala ide autorskoj ekipi Hrvatskog šumarskog životopisnog leksikona prof. Biškupa (Biškup, Skoko, Frković), a potom i Branku Meštriću, koji je najprije prebacio Leksikon u računalnu bazu podataka, isprogramirao potrebne aplikacije za njeno korištenje i održavanje, a potom je i dopunjavao i održavao dalnjih 18 godina.
- GDPR uredba Famozna GDPR uredba (General Data Protection Regulation) o zaštiti osobnih podataka nas je silno unazadila. Iako su inicijalni podaci Imenika zapravo javni – objavljeni su uz privolu samog subjekta u formi knjiga Hrvatskog šumarskog životopisnog leksikona, izlaskom uredbe odlučili smo poduzeti ograničene akcije. Za početak svi živući subjekti su anonimizirani na način da im je uklonjeno prezime i datum rođenja. Time najosnovniji podatak potreban za identifikaciju subjekta više nije javno eksponiran. Naravno, time je onemogućeno i pretraživanje Imenika po prezimenu, što znatno umanjuje njegovu upotrebljivost, ali znalci i poznavatelji i dalje mogu doći do biografija preko imena i drugih atributa.
- Deanonimizacija, naknadno je uvedena mogućnost da se pojedinci vrate u Imenik uz uvjet da za to daju osobnu suglasnost. Da bi to što više pojednostavili privola se daje slanjem odgovarajuće izjave isključivo mailom konkretnе osobe (npr. ime.prezime@hrsume.hr) na mail imenik@sumari.hr . Pristigne izjave se arhiviraju u sustavu, a nakon provjere vrši se deanonimizacija zapisa u bazi podataka, odnosno vraća se prezime, a po potrebi i datum rođenja. Izjava je slobodnog tipa, ali mora izričito izražavati suglasnost pošiljatelja za objavu njegovih osobnih podataka.
- Primjeri:
- Suglasan/suglasna sam da se svi moji osobni podaci vrate u Imenik hrvatskih šumara.
 - Suglasan/suglasna sam da se moje prezime vrati u Imenik hrvatskih šumara.
 - Suglasan/suglasna sam da se moje prezime i datum rođenja vrati u Imenik hrvatskih šumara.
- Držimo da bi kolegama šumarima trebala biti čast da se pridruže bazi od preko 14000 šumara koji su ikad djelovali u Hrvatskoj. Također preporučujemo da osobe koje obavljaju funkciju u HŠD - barem članovi UO - budu u Imeniku kojeg vodi HŠD, radi podrške samom Imeniku, ali i radi predstavljanja samom članstvu kojeg zastupaju. Dodatno, osobe koje se bave kreativnim radom i objavljaju knjige, javljaju se u medijima ili objavljaju u Šumarskom listu dobivaju automatsku bibliografiju, jer je Imenik povezan s bibliotekom/mediatekom HŠD i arhivom radova u Šumarskom listu.
- Napominjemo da je Imenik živa baza podataka, a to znači da svaka osoba može sama doradivati i dopunjavati svoj životopis i bibliografiju. Naravno da to nitko ne želi, ali postojanje ažurnog životopisa, kojega je osoba sama bila u mogućnosti oblikovati, znatno podižu kvalitetu informacija, a i olakšavaju rad nekome tko će na kraju pisati završnu stavku u svakom životopisu – In memoriam. A zapis u Imeniku ostat će vječni zapis (vjerujemo u računalnu tehnologiju) i spomen u hrvatskoj šumarskoj povijesti.
- Novi pristupnici u Imenik, uz osnovni uvjet da su hrvatski šumari (završili ŠF u Zagrebu, radili u hrvatskom šu-

marstvu – HŠ, institucije, privatno) – dovoljno je da posalju mail na adresu imenik@sumari.hr s osnovnim podacima, životopisom i fotografijom. Nakon provjere, rado ćemo ih uključiti u Imenik.

- Smrću kolege Gorana Videca mjesto predstavnika resornog ministarstva u Upravnom odboru HŠD ostalo je upražnjeno. Upućen je dopis Ministarstvu poljoprivrede kojim se traži prijedlog novog predstavnika.
- Novi članovi Upravnog odbora HŠD-a na temelju izbornih sjednica Skupština ogranka Split i Vinkovci su i novi članovi Upravnog odbora te predsjednici ogranka Dalmacija Split, Ante Šimić, dipl. ing. šum. i predsjednik ogranka Vinkovci, Anto Glavaš, dipl. ing. šum.
- Upravni odbor jednoglasno je prihvatio kolege Glavaša i Šimića kao članove Upravnog odbora HŠD.
- akademik Anić je iznio prijedlog da se umjesto dugogodišnjeg predsjednika Sekcije za zaštitu šuma prof. dr. sc. Milana Glavaša za novog predsjednika ove sekcije izabere prof. dr. sc. Boris Hrašovec.

Upravni odbor jednoglasno je prihvatio ovaj prijedlog.

- Izvješće Povjerenstva za izbor tajnika HŠD. Kako tajnik Hrvatskog šumarskog društva mr. sc. Damir Delač odlazi u mirovinu, u skladu sa Statutom HŠD, raspisan je natječaj za izbor novog tajnika HŠD. Natječaj je objavljen u oglašnim stranicama Narodnih novina (NN 26/2023) 3. ožujka 2023., s rokom prijave od 15 dana. Do zadanog roka HŠD je zaprimio samo natječajnu dokumentaciju Olivera Vlainića, dipl. ing. šum. Povjerenstvo u sastavu akademik Igor Anić, predsjednik HŠD, prof. dr. sc. Josip Margaretić, glavni urednik Šumarskog lista i mr. sc. Damir Delač, tajnik HŠD, sastalo se dana 29. ožujka 2023. godine u 9.⁰⁰ sati i utvrđilo da je priložena dokumentacija Olivera Vlainića, dipl. ing. šum. potpuna. Nakon provedenog obavjesnog razgovora Povjerenstvo predlaže Upravnom odboru HŠD osnivanje radnog odnosa s Oliverom Vlainićem, dipl. ing. šum., na neodređeno vrijeme, uz probni rad od 3 mjeseca, s početkom od 1. lipnja 2023. godine.

Upravni odbor jednoglasno je prihvatio prijedlog Povjerenstva da se za novog tajnika HŠD imenuje Oliver Vlainić, dipl. ing. šum.

- S obzirom da novoizabranom tajniku Oliveru Vlainiću radni odnos započinje 1. lipnja 2023. godine predlaže se da se radni odnos s Damirom Delačem zaključi s 31. svibnjem 2023. te da se sklopi sporazumno raskid radnog odnosa.

Upravni odbor jednoglasno je prihvatio ovaj prijedlog.

- U skladu sa Statutom HŠD mjesto u Upravnom odboru HŠD ima i najmanje jedan ugledni član struke. Do sada

Mr. sc. Damir Delač, tajnik HŠD

je to mjesto zauzimao novoizabrani tajnik HŠD, kolega Vlainić, dipl. ing., a sada se predlaže da se na to mjesto izabere dosadašnji tajnik HŠD, mr. sc. Damir Delač.

Upravni odbor jednoglasno je prihvatio ovaj prijedlog.

- U skladu s Ugovorom Akademija šumarskih znanosti (AŠZ) plaća najam Hrvatskom šumarskom društvu za korištenje jedne prostorije u iznosu od 200 kn godišnje. Kako AŠZ zbog pandemije Covid-19 taj prostor nije koristila kroz duži period, predlaže se da se isti ne fakturira.

Upravni odbor jednoglasno je prihvatio ovaj prijedlog.

- Stanje s predmetom tužba protiv Fakulteta kemiskog inženjerstva i tehnologije. Kako smo dobili pravomoćnost za presudu po drugoj tužbi u ukupnom iznosu od 1,7 mil. kuna, a nikakvog dogovora s predstavnicima fakulteta nije bilo, poslana im je ovrha.
- U Šumarskom domu u tijeku je adaptacija dijela prizmlja zgrade s krila Perkovčeve ulice za potrebe kirurgije Stomatološke poliklinike Zagreb.

Ad. 4. Šumarski list i ostale publikacije

Glavni urednik prof. dr. sc. Josip Margaretić izvijestio je da se brojevi Šumarskog lista redovno popunjavaju. Broj 1-2/2023 je izašao, dok je broj 3-4/2023 u završnoj fazi pripreme. Znanstvenim radovima popunjeni su brojevi 5-6 i 7-8, a u tijeku je popunjavanje broja 9-10. U različitim stupnjevima recenzije u procesu je 10 radova od kojih su 4 rada u završnoj fazi i njima će se popuniti broj 9-10/2023. Od 1. siječnja ove godine na adresu uredništva pristiglo je 29 radova, a od kada je preuzeo mjesto glavnog urednika u svibnju 2015. godine pristiglo je ukupno 712 radova, od kojih se svaki trebao procesuirati na daljnji postupak u vezi objave, što zahtijeva veliki angažman. On to sve sa zadovoljstvom obavlja. Na kraju se zahvalio dosadašnjem predsjedniku i tajniku društva Oliveru Vlainiću i Damiru Delaču, kao i tehničkom uredniku Hranislavu Jakovcu na potpori i izuzetnoj suradnji.

Ad. 5. Rasprava po izvješćima i zaključci

Kako smo raspravili i usvojili sve stavke kroz Aktualnu problematiku po ovoj točki Dnevnoga reda nije bilo potrebno ništa iznositi.

Ad. 6. Pitanja i prijedlozi

Po ovoj točki Dnevnoga reda nitko se nije javio za riječ, pa je predsjednik akademik Anić zaključio radni dio sjednice.

Izvješće s ostalog dijela Programa 1. sjednice Upravnog odbora HŠD 2023. godine objavit će se u idućem broju Šumarskoga lista.

Akademik Igor Anić, predsjednik HŠD

Marija Ivančević, dipl. ing. šum. (1934.-2022.)

Marina Milković

*Oni nisu mrtvi koji žive u srcima
koja ostavljaju za sobom (Tuscarora)*

Dobri ljudi moraju umrijeti, ali njihova smrt, prema jednoj mudroj izreci „ne može sahraniti njihova imena“. Ljudski vijek ne mjeri se samo godinama života, nego njegovim plodovima i davanjima življenja, koji su zasigurno kod moje majke dostoјno ispunili njezin bogati životni vijek. Odlasci naših najmilijih, bez obzira na dob, ponovno nam donose neizmjernu bol, suze i veliku prazninu u našim srcima.

Tužna vijest o smrti moje majke, zbog korone i preporuka za što manje okupljanje, javno je objavljena tek ujutro na dan ukopa. Međutim, tužne vijesti brzo se šire, pa se na groblju okupio velik broj Senjana. Uz vjerski obred i tužne melodije trubača, od bake Mare oprostio se mladić Luka, unuk šire obitelji. Tom prilikom pročitao je svoje dirljivo pismo, koje joj je kao školarac napisao prije 13 godina za uspješnu rehabilitaciju nakon teške operacije, a zatim, prema njezinoj želji položio stručak crvenih ruža u njezin grob. Ovaj tužni rastanak nastavljen je pjevanom misom, u prikladnom ambijentu crkvice sv. Vida.

Marija, rođena Šebalj, posvojena Samaržija i udata Ivančević, rođena je u višečlanoj obitelji oca Dane i majke Franrike rođene Šimunić u Dabru kraj Otočca 26.09.1934.g. Nakon prerane smrti majke dvogodišnju Maru usvojila je tetka Marija udata Samaržija u Krasnu. Ovaj događaj utjecao je na njezin daljnji život, a novi roditelji odgajaju je u duhu uzajamne ljubavi, koja će potrajati do kraja njihovog života. Osnovnu školu završava u Krasnu s odličnim uspjehom 1947.g., a zatim u Senju, kao podstanarka, sedmoletku i poznatu gimnaziju (1947-1955.g.). Svojom neposrednošću, uvažavanjem i izrazitom empatijom prema Senju i njezinim stanovnicima, ali i pozitivnih povratnih vibracija, ubrzo je prihvaćena kao „naša“ Mara Šebaljka. Ovaj posebni odnos još će se više intenzivirati za dugogodišnjeg boravka njezine obitelji u Senju u razdoblju od gotovo polovice njenog životnog vijeka.

Po završetku gimnazije odlučuje se za šumarski studij, u čemu je podržavaju i njezini roditelji. Na takvu odluku pozitivno je utjecalo zanimanje njezinog oca kao manipulanta „škrivana“ kod privatnih trgovaca drvom, kao i česti susreti



sa šumarskim inženjerima, koje je za terenskih obilazaka pratilo njezin otac. Sve te okolnosti odlučno su utjecale na njenu odluku o upisu na Poljoprivredno-šumarski fakultet, šumarskog odsjeka i biološkog smjera 1955.godine. Bila je to hrabra odlluka puna nepoznanica, na izrazito dominirajućem muškom studiju, sa zanemarivo malim brojem studentica. Odlaskom na studije, skromni materijalni prihodi njene četveročlane obitelji, samo od očeve mirovine, još su više otežavali njihovo nezavidno stanje. U takvim okolnostima studentica Mara svojom nadarenošću oblikuje, šiva i plete odjeću za vlastite potrebe, a pred kraj studija koristi skromni povratni studentski kredit i tako donekle ublažava nepovoljno materijalno stanje svoje obitelji.

Nakon završetka studija zapošljava se u zajedničkim službama Šumskog gospodarstva Senj na radno mjesto pripravnika (1963-1964.g.), potom planera – analitičara (1965-1979.g.), referenta za uređivanje šuma (1980-1989.g.), stručnog suradnika za ekologiju (1990.g.) i stručnog suradnika za uzgoj šuma od 1991.god. do odlaska u mirovinu 1998.godine. Sve su to bila radna mjesta visoke stručne spreme prevladavajućeg uredskog i zanemarivog terenskog karaktera. Cijelog radnog vijeka priželjkivala je rad u operativi, koji se nažalost nije ostvario zbog nesklonosti kolega dominirajućih vodećih struktura prema kolegicama. Stručni ispit položila je pred Republičkom komisijom 1969. god., a u dugo vremena predavala je prvu pomoć kao predmet u sklopu povjerenstva za osposobljavanje radnika na siguran način. Istim se u radu područnog ogranka šu-

marskog društva kao tajnica u jednom mandatu i blagajnica u nekoliko mandata. Njezin doprinos nije prošao nezapamćeno, pa 1976.god. dobiva priznanje od republičkog Saveza inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije. Od područnog sindikata delegirana je u republički sindikat šumarstva u dva mandata. Iskazuje osobit interes za kulturu gradske i republičke samoupravne interesne zajednice i pripadajućih komisija u dva mandata. U tom sklopu donira Šumarskom muzeju Krasno 2005.g. prilikom njegovog otvaranja nekoliko svojih etnoloških eksponata. Bila je član Izvršnog vijeća Skupštine općine Senj u dva mandata, gradskog poglavarstva Senj u jednom mandatu i dugogodišnji sudac porotnik. Aktivni je član nekoliko udruga, i to: "Senjskog muzejskog društva", "Kluba senjskih maturanata", "Lijepo naše", planinarskog društva "Zavižan", uredništva poznatog humorističnog lista „Metla i škavacera“ i „Matice hrvatske“ učlanjenjem 1971.g. za turbulentnih vremena hrvatskog proljeća.

Kao osoba moja majka bila je jednostavna, izravna, svestrana, karakterna, etična, otvorena, dobra, posebna i po-

štovana od njenih prijatelja, ali i od pojedinaca, koji je nisu simpatizirali.

Stoga draga majko počivaj u miru i zagrljaju tebi najdražeg Senja, a na tvom putu u vječnost neka te prate posebno osjećajni stihovi o Senju domaćeg pjesnika Krešimira Stanovišića, tvoga istinskog prijatelja.

Senju, ča god san dalje
sve mi se više čini
da je svugdi bolje
ali nigdi lipše ni!

I kad umren
dragi grade
ja ču jopet
gledat tvoju sliku svetu
tebi tepat kaj malon
ditetu

Hvala i slava našoj krasnarskoj Senjkinji,
"šumarici" Mari Šebalj.

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 napisi o zaštiti prirode povezane uz šume, o obljetcima, 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 – fuznote 10), sam tekst normalno, naslovi bold i velikim slovima, podnaslovi bold i malim slovima, autori bold i malim slovima bez titula, a u fuznoti s titulama, adresom i električnom adresom (E-mail). Stranice treba obrožati.

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 mjesta 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 magistarski 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:

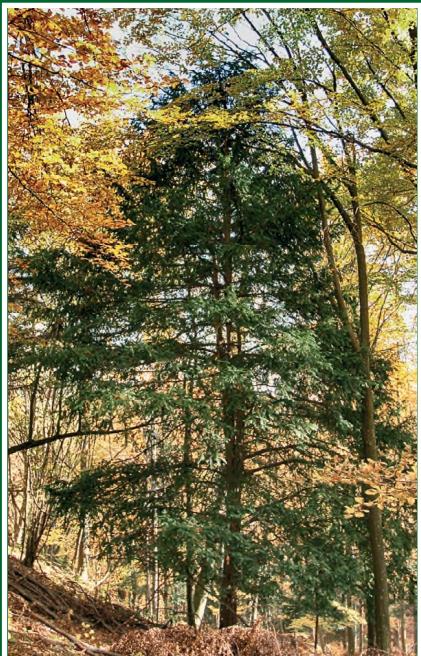
Journal article: Last name, F., F. Last name, 2005: Title of the article, Journal abbreviated title, Volume number: p.–p., City of publication

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)



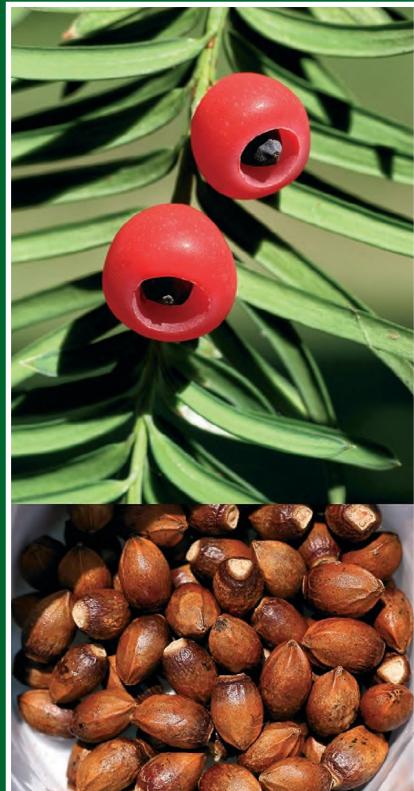
Slika 1. Obična tisa na prirodnom staništu, u Parku prirode Medvednica. ■
Figure 1. Common yew in its natural habitat, Medvednica Nature Park (Croatia).



Slika 2. Iglice su spiralno raspoređene, dvoredne, linearne, savitljive, 1,5–3 cm dugačke, 2–2,5 mm široke, odozgo tamnozelene i sjajne, odozdo s dve široke, blijeđozelene pruge puči; mekano ušiljenog vrha. ■
Figure 2. Needles are spirally arranged, two-ranked, linear, flexible, 1.5–3 cm long, 2–2.5 mm wide, shiny dark green on the upper side, with two broad, pale green stomatal bands on the underside; apex is soft-pointed.



Slika 3. Muški cvjetovi su kuglasti, blijeđozuti, promjera 4 mm, pojedinačni na kratkim izbojcima, u pazušcu listova, s donje strane prošlogodišnjih izbojaka. Cvjetanje je u ožujku i travnju, prije listanja. ■ Figure 3. Male cones are globose, pale yellow, 4 mm in diameter, solitary on short shoots, in axils of leaves, on underside of previous year's shoots. Pollination is in March to April, before leaves.



Slika 4. Sjemenke su jajaste, tamnosmeđe, sjajne, 6–7 mm dugačke, 3–5 mm široke, djelomično ovijene crvenim, mekanim ovojem; dozrijevaju u rujnu i listopadu. ■ Figure 4. Seeds are ovoid, dark brown, shiny, 6–7 mm long, 3–5 mm wide, partly enclosed by red, soft aril; maturing in September to October.

Taxus baccata L. – obična tisa (Taxaceae)

Obična tisa je vazdazeleno, dvodomno, anemofilno, ornitohorno drveće koje ne sadrži smolu, sporo raste i dugo živi. Prirodno je rasprostranjena u Evropi (uključujući Hrvatsku), sjevernoj Africi, Maloj Aziji i na Kavkazu. Naraste u visinu 10–20 (~30) m, prsnog promjera debla 1–2 (~4) m. Kora tise je crvenkastosmeđa, tanka i ljuškava. Europske šume u kojima raste tisa proglašene su posebno zaštićenim područjima. U Hrvatskoj je tisa strogo zaštićena vrsta (IUCN kategorija VU - osjetljiva). Svi dijelovi bilje, osim sočnog ovoja oko sjemenke, sadrže alkaloid taksin pa su vrlo otrovni za ljude, stoku i posebno konje. Često je sađena ukrasna četinjača u parkovima i vrtovima. Ima veliku sposobnost regeneracije. Tolerira orezivanje te je često korištena za formiranje živica i topijar. Tolerira zasjenu i onečišćenost zraka, a odrasle biljke toleriraju povremenu sušu. Drvo tise je vrlo tvrdo, gusto, trajno i elastično. Selekcionirani su brojni kultivari, a jedan od najpopularnijih je 'Fastigiata', u mladosti usko stupolikog, kasnije šireg habitusa.

Taxus baccata L. – Common Yew, English Yew (Taxaceae)

Common yew is an evergreen, dioecious, anemophilous, ornithochorous, non-resinous, shade-tolerant, slow-growing and long-living tree. It is naturally distributed in Europe (including Croatia), northern Africa, Asia Minor and Caucasus. It reaches a height of 10–20(~30) m, with dbh of 1–2(~4) m. The bark is reddish-brown, thin and scaly. Forests harbouring yew have been designated as special protection areas in Europe. It is strictly protected species in Croatia (IUCN category VU - vulnerable). All parts except the fleshy aril contain the alkaloids taxines, and are therefore very poisonous to humans, cattle and especially horses. As an ornamental conifer, it is widely planted in parks and gardens. It has a high regenerative ability. It is tolerant to pruning and therefore used for hedging and topiary. It is tolerant to shade and air pollution, and established trees are tolerant to drought. Its wood is very hard, dense, durable and elastic. Numerous cultivars have been selected. 'Fastigiata' is one of the most popular cultivars, with narrowly columnar habit when young, later becoming broader.