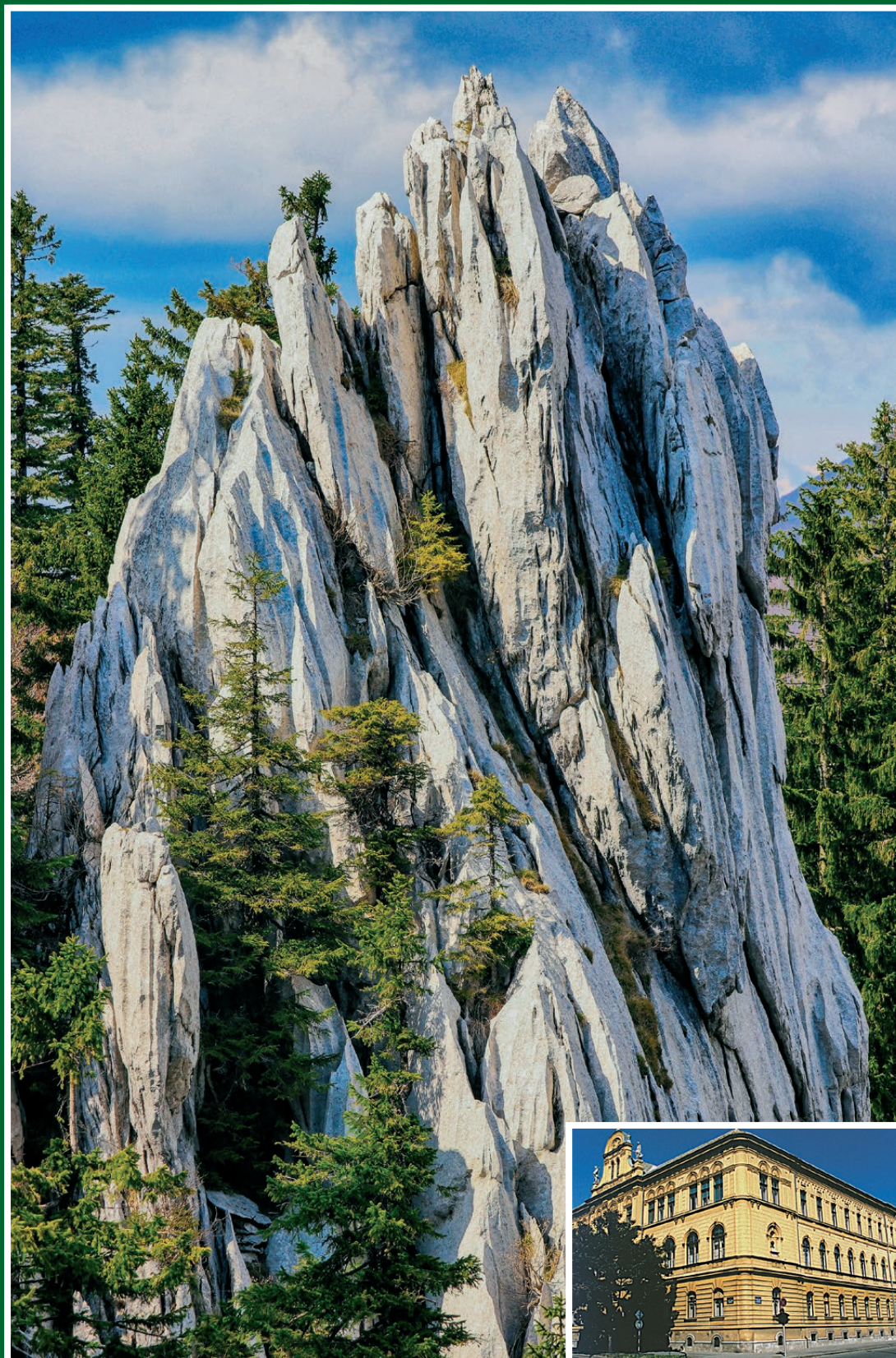


ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB

9-10

GODINA CXLVII
Zagreb
2023



HRVATSKO ŠUMARSKO
DRUŠTVO

CROATIAN FORESTRY
SOCIETY

članica
HIS

O DRUŠTVU
ČLANSTVO 2737

stranice ogranaka:
BJ DE GO KA SI SP VA ZA

PRO SILVA CROATIA
SEKCIJA ZA ZAŠTITU 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

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

177. godina djelovanja
19 ogranaka diljem Hrvatske
oko 2700 članova

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

14053 osoba
22423 biografskih činjenica
14832 bibliografskih jedinica

ŠUMARSKI LIST

147. godina neprekidnog izlaženja
1114 svezaka na 85452 stranica
16330 članaka od 3348 autora

DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

4488 naslova knjiga, časopisa i medija
na 26 jezika od 3162 autora
izdanja od 1732. do danas

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA



ŠUMARSKI LIST



DIGITALNA BIBLIOTEKA HŠD



slučajna knjiga



ŠUMARSKI LINKOVI



EFN HŠ ŠF HŠI
HKISD DHMZ



Naslovna stranica – Front page:

„Zub života“ – fotografija Bjelovarskog
salona fotografija „Šuma okom šumara“
(Foto Domagoj Palčić)

„The Tooth of Life“ – a photograph of
the Bjelovar Photography Salon „The Forest
Through the Eyes of a Forester“
(Photo: Domagoj Palčić)

Naklada 1660 primjeraka

Uredništvo
ŠUMARSKOGA LISTA
HR-10000 Zagreb
Trg Mažuranića 11

Telefon: +385(1)48 28 359,
Fax: +385(1)48 28 477
e-mail: urednistvo@sumari.hr

Šumarski list online:
www.sumari.hr/sumlist

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

Izdavač:
HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO

Suizdavač:
Hrvatska komora inženjera šumarstva
i 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

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

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

1. Šumski ekosustavi – Forest Ecosystems

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

2. Uzgajanje šuma i hortikultura – Silviculture and Horticulture

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

- 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-Blažina

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*182 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.147.9-10.1>
Pandža M., M. Milović, V. Krpina, D. Tafra
The flora of the island of Rivanj and the vegetation of the macchia and forest of Rivanj and the Sestrice islets – Flora otoka Ravnja te vegetacija makije i drveća Ravnja i otočićâ Sestrice 417
- UDK 630* 383 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.147.9-10.2>
Sokolović Dž, Z. Dupovac, A. Karišik, J. Knežević, V. Halilović, J. Musić
Oštećenja na šumskim cestama kao posljedica nepravilne izgradnje – Damage on forest roads as a result of improper construction 433
- UDK 630*810 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.147.9-10.3>
Dukić V., S. Bilić, D. Petrović, G. Jović
Applicability of different regression models for estimation of merchantable wood volume of Sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in Bosnia and Herzegovina – Primjenjivost različitih modela regresije za procjenu volumena krupnog drva stabala hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) u Bosni i Hercegovini 445
- UDK 630*453 (001)
<https://doi.org/10.31298/sl.147.9-10.4>
Drekić M., B. Kovačević, L. Poljaković-Pajnik, A. Pilipović, M. Milović, V. Rađević
Impact of oak lace bug *Corythucha arcuata* on the height of Pedunculate oak plants depending on the way of regeneration – Utjecaj hrastove mrežaste stjenice *Corythucha arcuata* na visinu biljaka hrasta lužnjaka ovisno o načinu podmlađivanja. 457

Pregledni članci – Reviews

- UDK 630*145.7
<https://doi.org/10.31298/sl.147.7-8.5>
Cvek M., D. Šegota, K. Piletić, G. Begić, M. Knežević, D. Tomić Linšak, M. Šantić
Komarci u Hrvatskoj bolesti koje prenose, načini prevencije i suzbijanja – Mosquitoes in Croatia, transmitting diseases, ways of prevention and control. 465
- UDK 630* 431
<https://doi.org/10.31298/sl.147.9-10.6>
Živanović S.
Determining the fire season by analyzing climatic conditions in northeastern Serbia – Određivanje sezone šumskih požara analizom klimatskih uvjeta na području sjeveroistočne Srbije 477

Zaštita prirode – Nature protection

- Arač, K.:
Kopnena kornjača (*Testudo hermanni* Gmelin, 1789)..... 485

Popularizacija šumarske struke – Popularizing the Forestry Profession

- Drvodelić, D.
Razmnožavanje australskog stribora (*Wollemia nobilis* W. G. Jones, K. D. Hill & J. M. Allen)..... 486

Međunarodna suradnja – International communication

Grubešić M., S. Zec

Proširena suradnja hrvatskih i slovačkih šumara

Posjet delegacije Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije Slovačkoj šumarskoj komori 489

Iz HŠD-a – From the Croatian forestry association

Meštrić, B.

Uz 125. obljetnicu Šumarskog doma 493

In memoriam

Čavlović, B.:

Goran Klos, dipl. inž. šum. (1959.–2023.) 495

Tomić, I.:

Marijan Aladrović, dipl. inž. šum. (1956.–2023.) 496

Tomić, I.:

Zorislav Kajtar, dipl. ing. šum. (1950.–2023.) 497

RIJEČ UREDNIŠTVA

TREBA LI SE BRINUTI ZA BUDUĆNOST Ljudskih POTENCIJALA U ŠUMARSTVU?

Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, već više godina provodi promidžbu fakulteta odlaskom u srednje škole diljem Hrvatske, kao i putem oglasa na web stranicama. Poduzete aktivnosti bile su uvijek smanjenim interesom za upis na jedini fakultet u državi koji obrazuje stručnjake u šumarstvu i drvnjoj industriji. Popunjenost upisnih kvota posljednjih godina pokazala je opravdanost takvih radnji. U odnosu na ranija razdoblja, posebice osamdesete i devedesete godine 20. stoljeća i prvo desetljeće 21. stoljeća, kada je šumarstvo kao djelatnost bez ikakve promidžbe bilo motiv za upis na fakultet uz veći broj kandidata od potrebnog, novija vremena donijela su promjene kada se treba boriti za prepoznatljivost struke na tržištu obrazovanja i rada. Još jedna promjena vidljiva je kod novih generacija studenata kojima je privlačnije privatno poduzetništvo u šumarstvu, dok se ranije preferilo zapošljavanje u državnoj tvrtki Hrvatske šume d.o.o. Vjerojatno je bitan dio razloga u toj promjeni bila poslovna politika Hrvatskih šuma u vremenu od 2012. do 2018. godine, kada je značajno smanjen broj radnika svih profila, što je pak utjecalo na manju privlačnost obrazovanja u šumarstvu. Također i prosječna plaća u državnoj tvrtki, koja nije bitno veća od državnog prosjeka, smanjuje interes za zapošljavanjem u njoj. U zadnje vrijeme nastoji se stipendiranjem studenata privući nove kadrove i u državnu tvrtku. Prema sadašnjoj dobnoj strukturi zaposlenika Hrvatskih šuma slijedi razdoblje odlaska u mirovinu generacije koja je stasala s osnutkom tvrtke početkom 1991. godine. Da li će izgubljene godine bez pravovremenog zapošljavanja i pripremanja kadrova, posebice šumarskih inženjera/magistara i tehničara, stvoriti probleme u poslovanju državne tvrtke?

Hrvatsko šumarsko društvo bavilo se nekoliko puta temom obrazovanja i zapošljavanja u šumarstvu. Na Danima hrvatskog šumarstva održanim 1999. godine u Ogulinu i Bjelolasici, jedna od stručnih tema 103. Skupštine HŠD-a bila je „Zapošljavanje šumarskih djelatnika i razvoj poduzetništva u šumarstvu“. U sklopu 109. Skupštine

HŠD-a na Danima hrvatskog šumarstva 2005. godine u Karlovcu, održano je savjetovanje na temu „Srednjoškolska i visokoškolska šumarska nastava u Hrvatskoj s posebnim osvrtom na potrebe šumarske prakse“. Uvodnik Šumarskog lista broj 9-10 iz 2012. godine za temu je imao zapošljavanje u šumarstvu. Tada je zaključeno kako „Već unatrag nekoliko godina nema zapošljavanja inženjera na neodređeno vrijeme, nego na određeno i to na kojekakve ugovore...“. Bilo je to vrijeme kada su završeni magistri šumarstva punili zavode za zapošljavanje i teško dolazili i do pripravničkog staža. Na natječaj Hrvatskih šuma d.o.o. za prijem na revirnička mjesta početkom 2015. godine javilo se 220 kandidata, a primljeno je 79 kandidata. Ni desetak godina kasnije, natječaji za pripravnički staž u tradicionalno šumarskim krajevima kao što je Slavonija, više ne privlače mlade magistre šumarstva. Uvodnik Šumarskog lista broj 7-8 iz 2011. godine donosi „...u ovome broju Šumarskoga lista iščitavamo da je upisna kvota za šk. god. 2011/2012. za zanimanje šumarski tehničar 290 učenika u 11(!) srednjih šumarskih škola, dok je istovremeno u Hrvatskom zavodu za zapošljavanje prijavljeno preko 500 nezaposlenih šumarskih tehničara.“ Očito je to bilo vrijeme neusklađenosti obrazovanja i tržišta rada ili neprepoznavanja poslodavaca o potrebi zapošljavanja mladih šumarskih tehničara koji bi trebali zamijeniti generacije na odlasku i postati nositelji operativnog šumarstva.

Osim stručnih kadrova duže vrijeme je problem i nedostatak radne snage za obavljanje terenskih poslova od uređivanja i uzgajanja šuma do radova pridobivanja drva. Moderne tehnologije su kompenzirale dio toga nedostatka, ali neki radovi se ne mogu obaviti bez ljudskog rada. Hoće li u budućnosti postati normalno ne izvršavati propise gospodarenja zbog nemogućnosti pronalaska adekvatne i obučene radne snage? O tome bi trebali promisliti i djelovati svi čimbenici unutar šumarske struke, zajedno s resornim ministarstvom, ali i Ministarstvom znanosti i obrazovanja.

Uredništvo

EDITORIAL

SHOULD THERE BE CONCERN OVER THE FUTURE OF HUMAN RESOURCES IN FORESTRY?

For the past several years, the Faculty of Forestry and Wood Technology of the University of Zagreb has been promoting the faculty by visiting secondary schools across Croatia and by posting advertisements on websites. These activities were prompted by the reduced interest in enrolling in the only faculty in the country that educates experts in forestry and the wood industry. The justification of such measures has been confirmed by the fulfilment of enrolment quotas in recent years. In contrast to earlier periods, particularly the eighties and nineties of the 20th century and the first decade of the 21st century, when forestry itself was a motive for enrolment in the faculty by a larger number of candidates than needed, recent times have brought about changes that require efforts to make the profession recognized on the education and labour market. New generations of students find private entrepreneurship in forestry more attractive, compared to earlier preference for employment in the state company Croatian Forests Ltd. Probably an important part of the reason for this change was the business policy of Croatian Forests from 2012 to 2018 whereby there was a significant reduction in the number of workers of all profiles, which in turn made education in forestry less attractive. In addition, the average salary in a state-owned company, which is not significantly higher than the national average, also lessens interest in employment there. More recently, efforts have been made to attract new work force in the state-owned company by offering scholarships to students. The current age structure of the employees at Croatian Forest Ltd shows that the generation which started working at the company when it was established in the early 1991 is retiring. Will the lost years without timely recruitment and training of personnel, especially forestry engineers/masters and technicians, create problems in the business of this state-owned company?

The Croatian Forestry Association (CFA) has dealt with the topic of education and employment in forestry on several occasions. At the Days of Croatian Forestry, held in 1999 in Ogulin and Bjelolasica, one of the professional topics of the 103rd CFA Assembly was "Employment of forestry workers and development of entrepreneurship in forestry". As part of the 109th CFA Assembly, at the Days of Croatian

Forestry in 2005, a conference was held in Karlovac focusing on "Secondary-school and higher forestry education in Croatia with a special emphasis on the needs of forestry practice." The Editorial of Forestry Journal 9-10 from 2012 addressed employment in forestry. It was stated that "for the past several years there has been no permanent employment of forestry engineers, but rather temporary employment or employment under various contracts." This was a period in which graduates with a master's degree in forestry thronged employment agencies and had a hard time even getting an internship. When the company Croatian Forests Ltd advertised for the post of district rangers at the beginning of 2015, as many as 220 candidates applied but only 79 were accepted. Not even ten years later, job advertisements for internship in traditionally forest regions such as Slavonia, do not attract young foresters with master's degrees. According to the Editorial of Forestry Journal 7-9 from 2011 "... this issue of Forestry Journal states that the enrolment quota for the school year 2011/2012 for the profession of forestry technician was 290 students in 11 (!) secondary forestry schools, while at the same time there were over 500 unemployed forestry engineers registered with the Croatian Employment Service." Obviously, there was discord between education and the labour market, as well as the inability of employers to recognize the need to hire young forestry technician who should replace the departing generations and become the bearers of operational forestry.

Another long-lasting problem, apart from an insufficient number of professional workers, is the lack of manpower to perform field work, from forest management and silviculture to logging operations. Modern technologies have compensated for the part of this problem, but some operations cannot be done without human labour. Will it become normal in the future not to implement management regulations because it is not possible to find adequate and trained workforce? All factors within the forestry profession, including the responsible ministry and the Ministry of Science and Education, should think about it and act on it.

Editorial Board

THE FLORA OF THE ISLAND OF RIVANJ AND THE VEGETATION OF THE MACCHIA AND FOREST OF RIVANJ AND THE SESTRICE ISLETS

FLORA OTOKA RIVNJA TE VEGETACIJA MAKIJE I DRVEĆA RIVNJA I OTOČIĆÂ SESTRICE

Marija PANDŽA^{1*}, Milenko MILOVIĆ², Vesna KRPINA³, Damira TAFRA⁴

SUMMARY

According to literature data and field research conducted in 2019 and 2020, there are 346 vascular native and non-native taxa with the ability to survive outside crops (309 species, 36 subspecies and varieties) on the island of Rivanj (3,615 km²). Including 84 taxa in cultivation, we state that the total flora of Rivanj numbers 430 taxa. Those in cultivation are not included in the flora analysis. During earlier research, 45 taxa were recorded, while 385 taxa are listed for the first time in this work. In addition to the flora inventory, a taxonomic, ecological and phytogeographical analysis was performed. The results are presented in Tables 1–4 and Figure 2. The composition of the flora is dominated by angiosperms, in which dicotyledons (73.99%) are significantly more common than monocotyledons (23.99%). The flora also includes two ferns and 5 gymnosperms. By the number of taxa, the most represented families are *Poaceae* (13.01%), *Asteraceae* s.l. (11.85%) and *Fabaceae* (8.96%). The spectrum of life forms is dominated by therophytes (43.93%) and hemicryptophytes (24.28%), while plants of the Mediterranean floral element (42.77%) dominate in the phytogeographical analysis, which indicates the climatic conditions and geographical position of the island of Rivanj. Four endemics and four endangered taxa (*Lathyrus ochrus* – critically endangered, *Carex extensa* – endangered and two vulnerable taxa: *Orchis tridentata* and *Parapholis incurva*) were recorded in the flora, as well as five orchid. Eleven invasive taxa were recorded in the weed and ruderal vegetation of the settlement (3.18% of the total flora of the island).

The investigation of the macchia and forest vegetation of the island of Rivanj and the islets of Sestrice was conducted in 2019 and 2020. The relevés were produced and analyzed according to the Braun-Blanquet method. Thirty relevés presenting the vegetation of the *Quercetea ilicis* and *Pinetetea halepensis* classes were statistically analyzed and their dendrogram created. The results are shown in Tables 5–7 in accordance with the classic presentation regarding phytosociological relevés. Through the syntaxonomic analysis the *Erico arboreae-Arbutetum unedonis* Allier et Lacoste 1980 ex Foggi in Foggi et Grigioni 1999, *Myrto communis-Pistacietum lentisci* (Molinier 1954) Rivas-Martínez 1975, *Pistacio lentisci-Juniperetum turbinatae* Trinajstić 1987 ex Asensi, Díez-Garretas & Quézel 2007 and *Myrto communis-Quercetum ilicis* (Horvatić 1963) Trinajstić (1976) 1985 associations from the *Quercetea ilicis* class and the *Pistacio lentisci-Pinetum halepensis* De Marco, Veri & Caneva 1984 association. The autochthonous macchia and forest vegetation is mostly endangered by planted community of Aleppo pine on the islet of Mala Sestrica and on smaller areas on the island of Rivanj. North-west of the settlements on the Rivanj island a thick and impassable macchia grows. It is necessary to clear out the firefighting access paths and ban all activities that might cause fire.

KEY WORDS: phytosociology, the island of Rivanj and the islets of Sestrice, Northern Dalmatia, the Zadar archipelago, vascular flora

¹ doc. dr. sc. Marija Pandža Primary school Murterski školji, Put škole 8, HR-22243 Murter, Croatia (marija.pandza@si.t-com.hr)

² dr. sc. Milenko Milović Antun Vrančić Grammar school, Put gimnazije 64, HR-22000 Šibenik, Croatia (milenko.milovic@si.t-com.hr)

³ dr. sc. Vesna Krpina Hrvatske šume d.o.o. Ulica Kneza Branimira 1, HR-10 000 Zagreb (vesna.krpina@hrsume.hr)

⁴ mr. sc. Damira Tafra Garma 10, HR-21310 Omiš, Croatia

*Corresponding author

INTRODUCTION

UVOD

Preliminary analyses show that the islands of the Adriatic archipelago stand out as one of the main centres of floristic diversity in Croatia (Nikolić *et al.* 2008, Nikolić 2014b). The islands of the Zadar archipelago are floristically the least explored. There are 23 islands, 177 islets and 65 rocks and reefs in the Zadar archipelago - a total of 265 (Anonymous 2007).

Although intensive floristic research on the islands of the Zadar archipelago has been carried out for the last 15 years, the flora of the larger islands: Premuda, Sestrunj, Zverinac, Škrda, Maun, Iž, Rivanj, Ugljan and Pašman, is still insufficiently researched or almost unknown. In the last 10 years, Perinčić *et al.* (2016) studied the horticultural flora of the islands of the Zadar archipelago, including Rivanj. They recorded 21 taxa for Rivanj.

The most extensive years-long phytosociological investigations of the littoral vegetation were conducted in the second half of 20th century by Horvatić (1961–1962, 1963). He investigated the vegetation of garrigues and rocky grassland on the islands of Kornati, Dugi otok, Korčula, Hvar, Brač, Šolta, Vis, the Zadar archipelago and others. On several occasions in 1958, 1959 and 1960, while investigating the vegetation of garrigue, Horvatić visited the islands of Ugljan, Pašman, Rivanj and Sestrunj of the Zadar archipelago,

as well as the eastern parts of the islands of Korčula and Badija. Horvatić presented the floristic composition of the investigated garrigue in Table 1 in 8 relevés. Relevés 1, 3 and 5 were produced on the island of Rivanj where Horvatić identified 24 taxa. At the time of Horvatić's investigations, 79 people lived on the island of Rivanj (Faričić 2012). The depopulation process reduced farming activities and vineyards and olive groves became overgrown by macchia. The absence of cutting, mowing, grazing and fires has contributed to the successional processes and development of forest vegetation. In recent past, there were three fires on the island of Rivanj. The last one happened on July 25, 2007 when a third of the island's vegetation was destroyed (Radulić 2010).

Floristic and vegetation investigations of the island of Rivanj and the islet of Sestrica Mala started in 2019 (Pandža *et al.* 2019). The aim of the investigations is to complete data regarding vegetation characteristics on the island of Rivanj and the Sestrice islets and to propose conservation measures for the endangered habitat types.

Research area – Područje istraživanja

The island of Rivanj (3,615 km²; Duplančić-Leder *et al.* 2004) is located in the Zadar archipelago and is located between the islands of Sestrunj and Ugljan (Fig. 1). It has a Dinaric northwest-southeast direction. It is 3.4 km long, and the greatest width is 1.4 km. Its coastline is 10.3 km

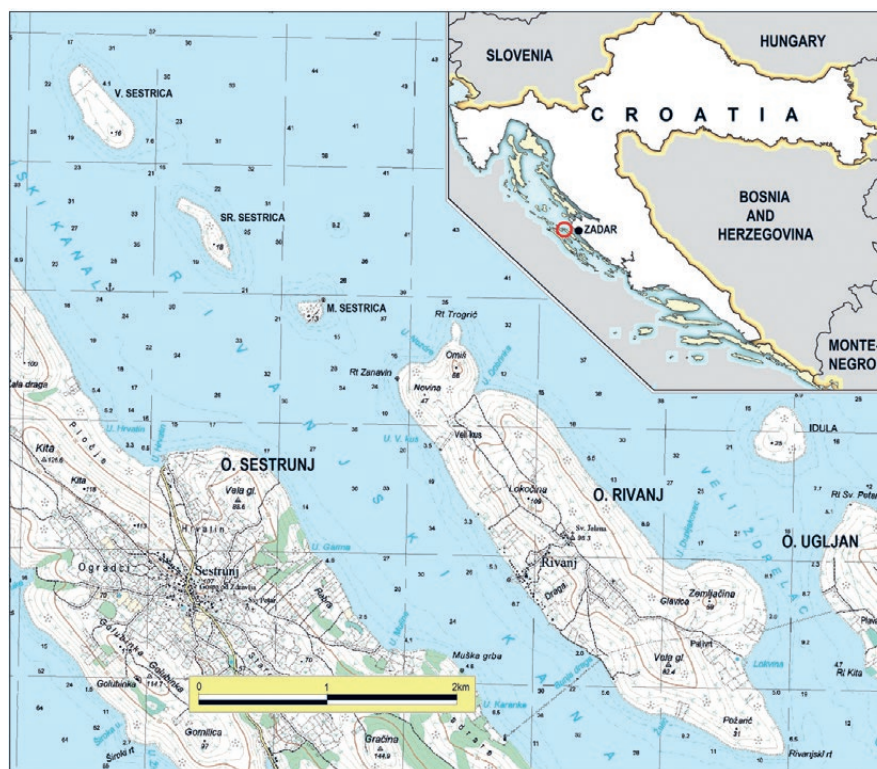


Figure 1 Geographic position of the island of Rivanj and the Sestrice islets.

Slika 1. Geografski položaj otoka Rivanja i otočića Sestrice.

(Radulić 2010). The highest point of the island is peak Lokočina, 112 m a.s.l. In terms of size, it belongs in the group of small inhabited Croatian islands. According to the 2021 census (Institute of Statistics of the Republic of Croatia), 23 inhabitants live on the island of Rivanj.

North-west of the Rivanj island and north of the Sestrinj island several islets stretch Sestrice (Fig. 1): Mala Sestrica (33 732 m²), Sridnja Sestrica (104 837 m²) and Vela Sestrica (187 520 m²) (Duplančić-Leder *et al.* 2004). These islets are uninhabited.

Rivanj, like the other islands of the Zadar archipelago, has a Mediterranean climate, which according to the Köppen classification is designated as a Csa climate type (Seletković *et al.* 2011). The average annual air temperature is 15.6 °C, and the average annual precipitation is 888.7 mm (data for the Zadar meteorological station, provided by the Croatian Meteorological and Hydrological Service for 1989 – 2018). The largest area of the island is made up of macchia. Phytogeographically, the island is in the Eu-Mediterranean vegetation (*Fraxino ornii-Quercion ilicis* alliance) while in the southern and protected positions it is in the Steno-Mediterranean vegetation (alliance *Oleo sylvestris-Ceratonion siliquae*).

The Rivanj channel, together with the islets of Sestrice, is included in the Ecological Network of Croatia Natura 2000 as an area important for species and habitats (site code HR 3000074). The related Natura codes are: 1120 and 1170. Natura code 1120 is a habitat type of interest for the European Union, which is an endangered and priority habitat of *Posidonia*. The other Natura code 1170 are reefs (Anonymous 2019).

MATERIAL AND METHODS

MATERIJAL I METODE

FLORA

The study was carried out in the period between April 2019 and August 2020 in all seasons. Floristic surveys were conducted using the standard method described by Nikolić *et al.* (1998) and Nikolić (2006). Taxa were determined using the standard keys, books and guides (Tutin *et al.* 1968-1980, Trinajstić 1975-1986, Pignatti 1982, Tutin *et al.* 1993, Domanac 1994, Delforge 2006). The nomenclature of plant taxa mainly follows *Flora Croatica Database* (Nikolić 2023), with the exception of some cultivated taxa, where *European Garden Flora* (Cullen & Knees 2011) was used. The nomenclature of taxa that are not according to Nikolić (2023) are marked with the symbol (*) in front of the taxa name. Their biological (*sensu* Raunkiaer 1934, Pignatti 1982) and chorological forms (geoelement) were determined according to Horvatić (1963) and Horvatić *et al.* (1967-1968). Life forms are marked with abbreviations: Ch (Chamaephyta), G (Ge-

ophyta), H (Hemicryptophyta), P (Phanerophyta), T (Therophyta) and Hy (Hydrophyta). The names of floral elements (geoelements) and the corresponding abbreviations used in the list of flora are shown in table 3. Family, life form and geoelement were attributed to each taxon, while other, more local characteristics (endemic, threatened, strictly protected, invasive) are given if they exist. Taxa that are considered endemic in the Croatian flora according to Nikolić *et al.* (2015), are marked with the abbreviation “end”

Strictly protected (“sp”) taxa in Croatia were defined according to Anonymous (2013b, 2016). Invasive plant taxa (IAS) have been defined according to Boršić *et al.* (2008) and Nikolić *et al.* (2014a). Categorization of endangered taxa was done according to the *Red Book of Vascular Flora of the Republic of Croatia* (Nikolić & Topić 2005). They are marked with international abbreviations that indicate the degree of endangerment: CR (*Critically endangered*), EN (*Endangered*), VU (*Vulnerable*) and NT (*Near Threatened*). The species noted by Horvatić (1961/1962) and Perinčić *et al.* 2016 are especially indicated in the list of flora (abbreviation: Ho = Horvatić, Pe = Perinčić *et al.*).

VEGETATION

The vegetation researches of the island of Rivanj and tree Sestrice islets were carried out in 2019 and 2020. The vegetation investigations were conducted according to the Zürich-Montpellier school method (Braun-Blanquet 1964). Thirty phytosociological relevés of the shrubs and forest vegetation were produced during personal investigations. In the phytosociological tables (Tables 5–7) the nomenclature of taxa follows Nikolić (2023). The phytosociological nomenclature follows the „International Code of Phytosociological Nomenclature“ (Theurillat *et al.* 2020). Habitat types and Natura code based on the *Regulation on the Ecological Network* and *List of Habitat Types* (Anonymous 2013a, 2014). Classification into particular syntaxonomical categories is based on Mucina *et al.* (2016) and Škvorc *et al.* (2017). The coordinates of the phytosociological relevés are next to the dates in Appendix 1, produced in accordance with Gauss-Krüger.

Classification of relevés was done using cluster analysis in the PC-ORD 5.0 (MjM Software Design, Gleneden Beach, OR, US). Square root transformation of percentage cover values of species, Beta flexible ($\beta = -0.25$) for group linkage with Relative Sørensen index as the distance measure was used (Van der Maarel 1979).

FLORA: RESULTS – REZULTATI

On the island of Rivanj, 346 taxa of vascular flora have been recorded that grow nativ on the island or spread spontaneously outside of cultivation. Also, 84 taxa were recorded

that grow on Rivanj only in cultivation and were not included in the flora analysis. The overall flora of Rivanj numbers 430 taxa. Of the total number of taxa, 45 taxa were previously recorded, while 385 taxa are listed for the first time in this paper. In addition to the flora inventory, a taxonomic, ecological and phytogeographical analysis was performed. Special attention is focused on analyses of endemic, endangered, strictly protected and invasive taxa. The results are presented in Tables 1-4 and Figures 1 and 2.

Floristic list – Popis flore

PTERIDOPHYTA

Aspleniaceae

- H *Asplenium ceterach* L.; 2
H *A. trichomanes* L.; 7

SPERMATOPHYTA – GYMNOSPERMAE

Cupressaceae

- P *Cupressus horizontalis* Mill.; 8
P *C. sempervirens* L.; 8
P *Juniperus oxycedrus* L. ssp. *oxycedrus* (Ho as *J. oxycedrus* L.); 1
P *J. phoenicea* L. (Ho); 1

Pinaceae

- P *Pinus halepensis* Mill.; 1

SPERMATOPHYTA

MAGNOLIOPSIDA

Aizoaceae

- Ch *Carpobrotus acinaciformis* (L.) L. Bolus; 8
Ch *Mesembryanthemum cordifolium* L. f.; 8

Amaranthaceae

- T *Amaranthus albus* L.; 7; IAS
T *A. deflexus* L.; 7; IAS
T *A. graecizans* L.; 7
T *A. retroflexus* L.; 7; IAS

Anacardiaceae

- P *Pistacia lentiscus* L. (Ho); 1

Apiaceae

- T *Bupleurum veronense* Turra; 1
H *Daucus carota* L. ssp. *major* (Vis.) Arcang.; 2
Ch *Crithmum maritimum* L.; 1
H *Eryngium campestre* L.; 2
H *Foeniculum vulgare* Mill. (Pe); 1
T *Tordylium apulum* L.; 1
T *Torilis arvensis* (Huds.) Link ssp. *purpurea* (Ten.) Hayek; 1

Apocynaceae

- Ch **Catharanthus roseus* (L.) G. Don; 8
Ch *Vinca major* L.; 8

Araliaceae

- P *Hedera helix* L.; 4

Asteraceae

- Ch *Artemisia caerulescens* L.; 1

- T *Aster squamatus* (Spreng.) Hieron.; 8; IAS
T *Bidens subalternans* DC.; 8; IAS
T *Calendula arvensis* (Vaill.) L.; 2
T *C. officinalis* L. (Pe); 8
H *Carduus micropterus* (Borbás) Teyber ssp. *micropterus*; 1, end, sp
H *C. pycnocephalus* L. ssp. *pycnocephalus*; 1
H *Carlina corymbosa* L.; 1
T *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist; 8; IAS
T *C. sumatrensis* (Retz.) E. Walker; 8; IAS
H **Dimorphotheca jucunda* E. Phillips; 8
H *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter; 1
T *Filago vulgaris* Lam.; 7
Ch *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don; 1
Ch *Inula crithmoides* L.; 1
T *Pallenis spinosa* (L.) Cass.; 1
Ch *Senecio bicolor* (Willd.) Tod. ssp. *cineraria* (DC.) Chatter; 8
T *S. vulgaris* L.; 7
T *Zinnia elegans* Jacq.; 8

Bignoniaceae

- P *Campsis radicans* (L.) Seem.; 8

Boraginaceae

- T *Anchusella cretica* (Mill.) Bigazzi, E. Nardi; 1
T *Heliotropium europaeum* L.; 1

Brassicaceae

- Ch *Aethionema saxatile* (L.) W. T. Aiton; 2
T *Alyssum simplex* Rudolphi; 1
T *Cakile maritima* Scop.; 7
T *Capsella rubella* Reut.; 1
T *Cardamine hirsuta* L.; 7
H *Cardaria draba* (L.) Desv.; 7
H *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.; 7
T *Eruca vesicaria* (L.) Cav. ssp. *sativa* (Mill.) Thell.; 8
H *Lobularia maritima* (L.) Desv.; 8
Ch *Matthiola incana* (L.) W. T. Aiton; 8
T *Raphanus sativus* L.; 8

Campanulaceae

- T *Campanula erinus* L.; 1

Caprifoliaceae

- P *Lonicera implexa* Aiton; 1
P *Viburnum tinus* L. (Ho); 1

Caryophyllaceae

- T *Arenaria leptoclados* (Rchb.) Guss.; 5
T *Cerastium glomeratum* Thuill.; 7
H *Herniaria incana* Lam.; 2
H *Petrorhagia saxifraga* (L.) Link; 2
T *Polycarpon tetraphyllum* (L.) L.; 2
H *Saponaria officinalis* L.; 8
T *Silene gallica* L.; 7
H *S. vulgaris* (Moench) Garcke ssp. *angustifolia* Hayek; 2
T *Stellaria media* (L.) Vill.; 7
T *S. pallida* (Dumort.) Piré; 5

Chenopodiaceae

- Ch *Arthrocnemum fruticosum* (L.) Moq.; 2
 Ch *A. macrostachyum* (Moric.) K. Koch; 2
 T *Atriplex prostrata* DC.; 7
 H *Beta vulgaris* L. ssp. *maritima* (L.) Arcang.; 1
 T *B. vulgaris* L. ssp. *vulgaris*; 8
 T *Chenopodium album* L.; 7
 T *Ch. murale* L.; 7
 T *Ch. strictum* Roth; 7
 T *Ch. vulvaria* L.; 2
 Ch *Halimione portulacoides* (L.) Aellen; 6

Cichoriaceae

- G *Aetheorhiza bulbosa* (L.) Cass.; 1
 H *Chondrilla juncea* L.; 5
 T *Cichorium endivia* L.; 8
 H *C. intybus* L.; 7
 T *Cirsium arvense* (L.) Scop.; 5
 H *C. vulgare* (Savi) Ten.; 5
 H *Crepis biennis* L.; 3
 T *C. foetida* L.; 2
 T *C. sancta* (L.) Bornm.; 1
 T *C. vesicaria* L. ssp. *vesicaria*; 1
 T *C. zacintha* (L.) Loisel.; 1
 T *Hedypnois cretica* (L.) Dum. Cours.; 1
 H *Hieracium praealtum* Vill. ex Gochnat ssp. *bauhinii* (Besser) Petunn.; 5
 H *Lactuca viminea* (L.) J. Presl et C. Presl; 2
 H *Leontodon tuberosus* L.; 1
 H *Picris hieracioides* L. ssp. *spinulosa* (Guss.) Arcang.; 5
 H *Reichardia picroides* (L.) Roth; 1
 T *Rhagadiolus stellatus* (L.) Gaertn.; 1
 T *Sonchus asper* (L.) Hill ssp. *glaucescens* (Jord.) Ball; 1
 T *S. tenerrimus* L.; 1
 H *Tragopogon porrifolius* L.; 1
 T *Urospermum picroides* (L.) F. W. Schmidt; 1

Cistaceae

- P *Cistus incanus* L. (Ho as *C. villosus* ssp. *villosus*); 1
 P *C. monspeliensis* L. (Ho); 1
 P *C. salviifolius* L. (Ho); 1
 Ch *Fumana ericifolia* Wallr.; 1
 Ch *F. thymifolia* (L.) Webb; 1

Clusiaceae

- H *Hypericum perforatum* L.; 2

Convolvulaceae

- H *Convolvulus althaeoides* L. ssp. *tenuissimus* (Sm.) Batt.; 1
 G *Convolvulus arvensis* L.; 7
 H *Convolvulus cantabrica* L.; 2

Crassulaceae

- Ch *Sedum sexangulare* L.; 2
 Ch *Sempervivum tectorum* L.; 8

Dipsacaceae

- H *Sixalix atropurpurea* (Forssk.) Greuter et Burdet ssp. *maritima* (L.) Greuter et Burdet; 1

Ericaceae

- P *Arbutus unedo* L. (Ho); 1
 P *Erica arborea* L. (Ho); 1

Euphorbiaceae

- T *Euphorbia chamaesyce* L.; 2
 Ch *E. characias* L. ssp. *wulfenii* (Hoppe ex W. D. J. Koch) Radcl.-Sm.; 1
 T *E. exigua* L.; 2
 T *E. falcata* L.; 2
 Ch *E. fragifera* Jan; 1
 T *E. helioscopia* L.; 7
 T *E. marginata* Pursh; 8
 T *E. pepus* L.; 7
 T *E. prostrata* Aiton, 8; IAS
 T *Mercurialis annua* L.; 7

Fabaceae

- H *Anthyllis vulneraria* L. ssp. *praepropera* (A. Kern.) Bornm.; 1
 P *Coronilla emerus* L. ssp. *emeroides* Boiss. et Spruner (Ho as *C. emeroides* Boiss. et Sprung.); 1
 T *C. scorpioides* (L.) W. D. J. Koch; 1
 Ch *Dorycnium hirsutum* (L.) Ser. (Ho as *D. hirsutum* (L.) Ser. var. *italicum* (Jord. et Fourr.) A. et G.); 1
 Ch *D. pentaphyllum* Scop.; 1
 T *Hippocrepis unisiliquosa* L.; 1
 T *Lathyrus aphaca* L.; 2
 T *L. cicera* L.; 1
 T *L. ochrus* (L.) DC.; 1, CR, sp
 H *Lotus corniculatus* L. ssp. *hirsutus* Rothm.; 2
 T *L. ornithopodioides* L.; 1
 T *Medicago arabica* (L.) Huds.; 7
 T *M. disciformis* DC.; 1
 H *M. falcata* L.; 4
 T *M. lupulina* L.; 7
 T *M. minima* (L.) Bartal.; 7
 T *M. orbicularis* (L.) Bartal.; 1
 T *M. polymorpha* L.; 2
 H *M. sativa* L. ssp. *sativa*; 7
 T *Scorpiurus muricatus* L.; 1
 P *Spartium junceum* L.; 1
 T *Trifolium angustifolium* L.; 1
 T *T. campestre* Schreb.; 7
 T *T. lappaceum* L.; 1
 T *T. scabrum* L.; 1
 T *T. stellatum* L.; 1
 T *T. tomentosum* L.; 1
 T *Trigonella esculenta* Willd.; 1
 T *Vicia angustifolia* L. ssp. *angustifolia*; 4
 T *V. hybrida* L.; 1
 T *V. parviflora* Cav.; 1

Fagaceae

- P *Quercus ilex* L. (Ho); 1

Fumariaceae

- T *Fumaria officinalis* L.; 7

T *F. parviflora* Lam.; 2

Gentianaceae

T *Blackstonia perfoliata* (L.) Huds.; 1

T *Centaureum erythraea* Rafn; 7

T *C. pulchellum* (Sw.) Druce; 5

Geraniaceae

T *Erodium malacoides* (L.) L. Hér.; 1

T *Geranium columbinum* L.; 5

T *G. purpureum* Vill.; 2

T *G. pusillum* Burm. f.; 4

T *G. rotundifolium* L.; 5

Lamiaceae

T *Ajuga chamaepitys* (L.) Schreb.; 1

H *A. genevensis* L.; 5

H *Calamintha glandulosa* (Req.) Benth.; 2

H *Mentha pulegium* L.; 5

H *M. spicata* L.; 8

Ch *Micromeria juliana* (L.) Benth. ex Rchb.; 1

Ch *Prasium majus* L.; 1

H *Prunella laciniata* (L.) L.; 2

P *Rosmarinus officinalis* L. (Ho); 1

H *Salvia pratensis* L. (incl. *S. bertolonii* Vis.); 5

H *S. verbenaca* L.; 1

T *Sideritis romana* L.; 1

H *Stachys cretica* L. ssp. *salviifolia* (Ten.) Rech. f.; 1

Ch *Teucrium chamaedrys* L. (Ho); 2

Ch *T. flavum* L.; 1

Ch *T. polium* L. ssp. *capitatum* (L.) Arcang.; 1

Ch *Thymus longicaulis* C. Presl; 1

Lauraceae

P *Laurus nobilis* L. (Pe); 1

Linaceae

H *Linum bienne* Mill.; 1

T *L. trigynum* L.; 1

Malvaceae

H *Alcea rosea* L.; 8

H *Lavatera arborea* L.; 1

T *Malva neglecta* Wallr.; 7

H *M. sylvestris* L.; 7

Meliaceae

P *Melia azedarach* L.; 8

Moraceae

P *Ficus carica* L. (Pe); 1

Myrtaceae

P *Myrtus communis* L. (Ho); 1

Nyctaginaceae

G *Mirabilis jalapa* L.; 8

Oleaceae

P *Olea europaea* L. (Pe); 8

P *O. europaea* L. var. *sylvestris* Brot.; 1

P *Phillyrea latifolia* L. (Ho); 1

P *Ph. media* L.; 1

Orobanchaceae

T *Orobanche gracilis* Sm.; 5

Oxalidaceae

G *Oxalis articulata* Savigny; 8

H *O. corniculata* L.; 7

Papaveraceae

T *Eschscholzia californica* Cham.; 8

T *Papaver rhoeas* L.; 7

Plantaginaceae

H *Plantago altissima* L.; 2

H *P. lanceolata* L.; 7

Plumbaginaceae

H *Limonium cancellatum* (Bernh. ex Bertol.) Kuntze; 1, end, sp

H *L. narbonense* Mill.; 1

H *L. virgatum* (Willd.) Fourr.; 1

Polygonaceae

T *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve; 7

T *Polygonum arenastrum* Boreau; 7

T *P. aviculare* L.; 7

H *Rumex conglomeratus* Murray; 7

H *R. pulcher* L.; 2

Portulacaceae

T *Portulaca oleracea* L.; 7

Primulaceae

T *Anagallis arvensis* L.; 7

T *Asterolinon linum-stellatum* (L.) Duby; 1

G *Cyclamen repandum* Sibth. et Sm.; 1, NT

Ranunculaceae

G *Anemone hortensis* L.; 1

P *Clematis flammula* L. (Ho); 1

T *Nigella damascena* L.; 1

H *Ranunculus neapolitanus* Ten.; 2

Resedaceae

T *Reseda phyteuma* L.; 2

Rhamnaceae

P *Rhamnus alaternus* L.; 1

Rosaceae

H *Potentilla recta* L.; 5

P *Prunus cerasifera* Ehrh. (Pe); 8

P *P. dulcis* (Mill.) D. A. Webb; 8

P *P. spinosa* L.; 5

P *Rosa canina* L.; 7

P *Rubus ulmifolius* Schott; 1

H *Sanguisorba minor* Scop. ssp. *muricata* Briq.; 2

Rubiaceae

H *Asperula aristata* L. f. ssp. *scabra* (J. Presl et C. Presl) Nyman (Ho as *A. longiflora* W. et K.); 2

T *Crucianella latifolia* L.; 1

T *Galium aparine* L.; 7

H *G. corrudifolium* Vill.; 2

H *G. lucidum* All. (Ho); 2

- P *Rubia peregrina* L.; 1
 T *Sherardia arvensis* L.; 7
 T *Valantia muralis* L.; 1

Rutaceae

- Ch *Ruta chalepensis* L.; 2

Santalaceae

- P *Osyris alba* L.; 1

Scrophulariaceae

- H *Kickxia commutata* (Rchb.) R. M. Fritsch; 1
 T *K. spuria* (L.) Dumort.; 5
 T *Linaria simplex* (Willd.) DC.; 1
 H *Scrophularia canina* L. ssp. *bicolor* (Sibth. et Sm.) Greuter; 2
 T *Verbascum phoeniceum* L.; 2
 T *Veronica arvensis* L.; 5
 T *V. cymbalaria* Bodard; 2
 T *V. persica* Poir.; 7; IAS

Solanaceae

- T *Solanum lycopersicum* L. (Pe as *Lycopersicon esculentum* Mill.); 8
 T *S. nigrum* L. ssp. *nigrum*; 7
 T *S. tuberosum* L.; 8
 T *S. villosum* Mill.; 5

Tamaricaceae

- P *Tamarix dalmatiana* B. R. Baum; 1

Theligonaceae

- T *Theligonum cynocrambe* L.; 2

Urticaceae

- H *Parietaria judaica* L.; 2
 T *Urtica urens* L.; 7

Verbenaceae

- P *Vitex agnus-castus* L.; 1

Violaceae

- T *Viola arvensis* Murray; 7

Vitaceae

- P *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planchon (Pe); 8; IAS
 P *Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera* (Pe as *V. vinifera* L.); 8

Zygophyllaceae

- T *Tribulus terrestris* L.; 2

LILIOPSIDA

Agavaceae

- P *Agave americana* L.; 8

Amaryllidaceae

- G *Allium ampeloprasum* L.; 1
 G *A. commutatum* Guss.; 1
 G *A. flavum* L.; 2
 G *A. paniculatum* L.; 2
 G *A. roseum* L.; 1
 G *A. sphaerocephalon* L.; 2
 G *A. subhirsutum* L.; 1

Araceae

- G *Arum italicum* Mill.; 1

Asparagaceae

- G *Asparagus acutifolius* L. (Ho); 1
 G *Muscari comosum* (L.) Mill.; 2
 G *Ruscus aculeatus* L.; 1

Cannaceae

- G *Canna indica* L.; 8

Cymodoceaceae

- Hy *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch., 1, sp

Cyperaceae

- H *Carex divulsa* Stokes; 7
 H *C. extensa* Gooden.; 1, EN, sp
 G *C. flacca* Schreb. ssp. *serrulata* (Spreng.) Greuter (Ho as *C. glauca* Murr. var. *cuspidata* (Host) A et G.); 1
 H *C. halleriana* Asso (Ho); 2
 H *C. otrubae* Podp.; 2
 G **Cyperus involucratus* Roottboell; 8
 G *Eleocharis palustris* (L.) R. Br.; 7
 H *Schoenus nigricans* L.; 7

Dioscoreaceae

- G *Tamus communis* L.; 2

Iridaceae

- G *Iris germanica* L.; 8
 G *Romulea bulbocodium* (L.) Sebast. et Mauri; 1

Juncaceae

- H *Juncus acutus* L., 1
 G *J. articulatus* L.; 6
 T *J. bufonius* L.; 7
 G *J. maritimus* Lam.; 7

Liliaceae

- G *Lilium candidum* L.; 8
 G **Alstroemeria ligtu* L.; 8

Orchidaceae

- G *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich.; 4, NT, sp
 G *Cephalanthera longifolia* (L.) R. M. Fritsch; 5, sp
 G *Ophrys sphegodes* Mill. ssp. *tommasinii* (Vis.) Soó; 1; end, sp
 G *Orchis tridentata* Scop.; 2, VU, sp
 G *Serapias parviflora* Parl.; 1, sp

Poaceae

- T *Aegilops neglecta* Bertol.; 1, NT
 T *Ae. triuncialis* L.; 1
 H *Agrostis castellana* Boiss. et Reut.; 1
 H *Anthoxanthum odoratum* L.; 5
 G *Arundo donax* L.; 1
 T *Avena barbata* Link; 2
 T *A. sterilis* L.; 2
 T *Brachypodium distachyon* (L.) P. Beauv.; 1
 H *B. pinnatum* (L.) P. Beauv. ssp. *pinnatum*; 7
 H *Brachypodium retusum* (Pers.) P. Beauv. (Ho as *B. ramosum*); 1
 T *Briza maxima* L.; 1
 H *Bromus erectus* Huds. ssp. *erectus*; 2

- T *B. hordeaceus* L. ssp. *molliformis* (Billot) Maire et Weiller; 2
 T *B. madritensis* L.; 1
 T *B. sterilis* L.; 7
 G *Cynodon dactylon* (L.) Pers.; 7
 T *Cynosurus echinatus* L.; 2
 H *Dactylis glomerata* L. ssp. *hispanica* (Roth) Nyman; 1
 T *Desmazeria pauciflora* Merino; 1
 T *D. rigida* (L.) Tutin; 1
 H *Dichanthium ischaemum* (L.) Roberty; 2
 T *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.; 7
 G *Elymus pycnanthus* (Godr.) Melderis; 1, NT
 T *Eragrostis cilianensis* (All.) Janch.; 7
 T *Gastridium ventricosum* (Gouan) Schinz et Thell.; 1
 H *Helictotrichon convolutum* (C. Presl) Henrard (Ho as *Avenastrum convolutum* (Presl) Fritsch); 1
 T *Hordeum murinum* L. ssp. *leporinum* (Link) Arcang.; 1
 T *Lagurus ovatus* L.; 1
 H *Lolium perenne* L.; 4
 T *L. subulatum* Vis.; 1, end, sp
 T *Lophochloa cristata* (L.) Hyl.; 1
 H *Melica ciliata* L.; 5
 T *Parapholis incurva* (L.) C. E. Hubb.; 1, VU, sp
 T *Phleum subulatum* (Savi) Asch. et Graebn.; 1
 H *Piptatherum miliaceum* (L.) Coss.; 1
 T *Poa annua* L.; 7
 H *P. bulbosa* L.; 5
 T *Psilurus incurvus* (Gouan) Schinz et Thell.; 1
 T *Setaria gussonei* Kerguelen; 7
 T *S. verticillata* (L.) P. Beauv.; 7
 T *S. viridis* (L.) P. Beauv.; 5
 G *Sorghum halepense* (L.) Pers.; 7; IAS
 H *Stipa bromoides* (L.) Dörfl.; 1
 T *Triticum aestivum* L.; 8
 T *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel.; 7

Smilacaceae

- P *Smilax aspera* L.; 1

Zosteraceae

- Hy *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1, sp.

Cultivated taxa in the flora of Rivanj (84 taxa): *Actinidia chinensis* Planch., *Albizia julibrissin* Durazz., *Allium cepa* L. (Pe), *Allium sativum* L., *Antirrhinum majus* L., *Apium graveolens* L. (Pe), **Argyranthemum frutescens* (L.) Sch. Bip., **Asparagus densiflorus* (Kunth) Jessop, *Aspidistra elatior* Blume, *Atriplex halimus* L., *Bougainvillea spectabilis* Willd., *Brassica oleracea* L. ssp. *acephala* (DC.) O. Schwarz (Pe), *Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* (L.) Duchesne, *Campanula portenschlagiana* Schult., *Capsicum annuum* L. (Pe), *Chrysanthemum coronarium* L., *Cicer arietinum* L., *Citrus deliciosa* Ten., *Citrus limon* (L.) Burm. f. (Pe), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn., *Cucumis sativus* L., **Cycas revoluta* Thunb., *Cynara cardunculus* L. (Pe), *Cynara scolymus* L., *Dahlia variabilis* (Willd.) Desf., *Daucus carota* L. ssp. *sativus* (Hoffm.) Arcang., *Dianthus*

caryophyllus L., *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl., *Eunonymus japonica* L. f., **Fortunella margarita* (Lour.) Swingle, **Fragaria x ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier, **Freesia refracta* (Jacq.) Klatt (Pe), **Gaillardia aristata* Pursh, **Gazania rigens* (L.) Gaertn., **Hedera canariensis* Willd., *Helianthus annuus* L., *Helianthus tuberosus* L., *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser. (Pe), *Iberis sempervirens* L., **Iris xiphium* L., *Jasminum nudiflorum* Lindl., *Koelreuteria paniculata* Laxm., *Lactuca sativa* L., *Lagenaria vulgaris* Ser., *Lavandula angustifolia* Mill. (Pe), *Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel., *Ligustrum lucidum* Aiton f., **Limonium sinuatum* (L.) Mill., **Lycianthes rantonnei* Carriere, *Malus pumila* Mill., *Morus alba* L., *Nerium oleander* L., *Pelargonium zonale* (L.) L'Hér., *Petroselinum crispum* (Mill.) (Pe), *Phaseolus vulgaris* L., *Phoenix canariensis* Chabaud, *Pisum sativum* L., *Pittosporum tobira* (Thunb.) W. T. Aiton, **Plumbago auriculata* Lam., *Prunus avium* (L.) L., *P. laurocerasus* L., *P. persica* (L.) Batsch, **Phyllostachys aurea* (André) Riviere et C. Riviere, *Punica granatum* L., *Pyrus communis* L., **Salvia farinacea* Benth., *S. officinalis* L., *Santolina chamaecyparissus* L., **Sedum palmeri* S. Watson, *Solanum melongena* L., *Sorbus domestica* L., *Spinacia oleracea* L., *Syringa vulgaris* L., *Tagetes patula* L., *Tetragonia tetragonoides* (Pall.) Kuntze, *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl., **Tradescantia virginiana* L., **Tulipa gesneriana* L., *Vicia faba* L., **Viola x witrockiana* Gams ex Kappert, *Yucca gloriosa* L. *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng. and *Ziziphus jujuba* (L.) Mill.

DISCUSSION

RASPRAVA

Analysis of the flora – Analiza flore

1. Taxonomic analysis of the flora – Taksonomska analiza flore

The flora analysis included 346 taxa from 231 genera and 78 families. Plants that come exclusively in cultivation (84) were not analysed. Two ferns (0.58%) and five gymnosperms (1.44%) and 339 angiosperms were recorded: (256 taxa, 73.99%) dicotyledons and 83 (23.99%) monocotyledons (tab. 1). The share of nativ and subspontaneous flora of the island of Rivanj is 6.71% of the total Croatian flora (346/ 5159; Nikolić 2023).

The families represented with the most species in the flora of Rivanj are *Poaceae* (45 taxa, 13.01%), *Fabaceae* (31, 8.96%) and jointly *Cichoriaceae* and *Asteraceae* (41, 11.85%). The mentioned families make up a third (33.82%) of the total flora of the island of Rivanj. The families *Poaceae*, *Fabaceae* and *Asteraceae* s.l. are adapted to the ecological conditions of the Mediterranean area, as shown by numerous studies of the islands of the eastern Adriatic coast: the island of Vir (Milović & Pandža 2016), the island of Olib (Milović *et al.*) 2016 and others. Genera with the highest number of

Table 1 Taxonomic analysis of flora on the Island of Rivanj.

Tablica 1. Taksonomska analiza flore na otoku Rivnju.

Taxa	Pteridophyta	Gymnospermae	Angiospermae		Total
			Dicotyledones	Monocotyledones	
Families	1	2	60	15	78
Genera	1	3	172	55	231
Species	2	4	227	76	309
Subspecies	0	1	28	7	36
Varieties	0	0	1	0	1
No. of species and infraspecific taxa	2	5	256	83	346
% of total flora	0.58	1.44	73.99	23.99	100.00

taxa were *Euphorbia* (9 taxa), *Medicago* (8), *Allium* (7) and *Trifolium* (6), followed by *Carex* and *Crepis* (five taxa in each genus).

2. Ecological analysis – Ekološka analiza

The analysis of plant life forms showed that the Rivanj flora is dominated by therophytes (152 taxa, 43.93 %) and hemicryptophytes (84, 24.28 %) (Fig. 2). The spectrum of life forms on the island of Rivanj coincides to the greatest extent with the spectrum of other Adriatic islands and the Mediterranean (see Tab. 2).

3. Phytogeographical analysis – Fitogeografska analiza

The flora of the island of Rivanj is dominated by plants of the Mediterranean (148 taxa, 42.77%) and South European floral elements (57, 16.47%), which is understandable given the Mediterranean climate and geographical location of the island. The dominance of plants of the Mediterranean flora element has also been established for the other Adriatic islands: Silba (Bogdanović *et al.* 2013), Rava (Pandža & Milović 2008), Vrgada (Piljac-Kosović & Pandža 2009). There is a large share of widespread plants (63, 18.21%), cultivated and adventitious plants (45, 13.01%) (Tab. 3). The share of cultivated and adventitious plants is the result of the author's approach that in addition to native and naturalised

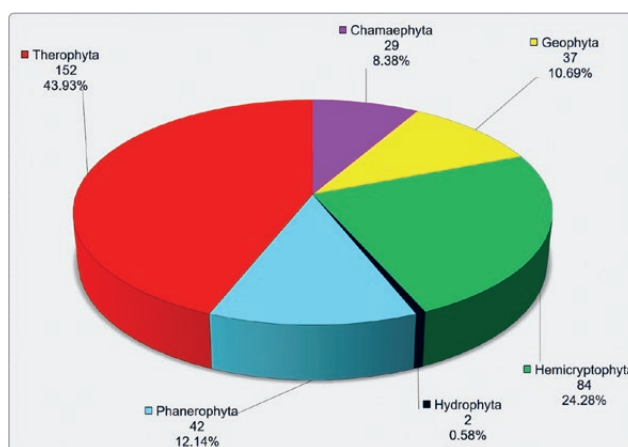


Figure 2 Life-form spectrum in the Island of Rivanj flora.

Slika 2. Spekter životnih oblika u flori otoka Rivnja.

taxa, the list of flora also includes taxa that spread spontaneously from cultivation.

4. Endemic, endangered, strictly protected and invasive taxa – Endemične, ugrožene, strogo zaštićene i invazivne svoje

There are four endemic taxa in the flora of Rivanj, and four taxa that are included in one of the IUCN categories (Nikolić & Topić 2005). Critically endangered (CR) is *Lathyrus ochrus*, endangered (EN) *Carex extensa*, and two taxa are in the vulnerable category: *Orchis tridentata* and *Parapholis incurva* (Tab. 4). Endangered taxa are mainly found in

Table 2 Comparative presentation of the spectrum of life forms on the island of Rivanj with several Adriatic islands and in the flora of the Mediterranean.

Tablica 2. Usporedni prikaz spektra životnih oblika na Rivnju s nekoliko jadranskih otoka te u flori Sredozemlja.

Island	T	Ch	H	G	P	Hy	References
	No. of taxa %	No. of taxa %	No. of taxa %	No. of taxa %	No. of taxa %	No. of taxa %	
Rava	47.02	9.00	23.14	10.28	10.28	0.26	Pandža & Milović 2008
Škarda	43.04	10.13	21.94	8.44	16.03	0.42	Milović & Pandža 2010
Silba	39.84	9.75	28.43	11.62	9.33	1.03	Bogdanović <i>et al.</i> 2013
Olib	37.63	7.10	33.33	9.89	11.40	0.65	Milović <i>et al.</i> 2016
Rivanj	43.93	8.38	24.28	10.69	12.14	0.58	This study
Vir	37.24	7.06	33.07	10.59	11.40	0.64	Milović & Pandža 2016
Vrgada	49.7	8.2	24.6	6.5	7.6	0.4	Piljac-Kosović & Pandža 2009
Sredozemlje	42	6	29	11	12	–	Horvat 1949

Table 3 Floral elements (geoelements) in the Island of Rivanj flora.**Tablica 3.** Florini elementi u flori otoka Rivnja.

Geoelements		No. of taxa	%
1.	MEDITERRANEAN (1)	148	42.77
2.	SOUTH EUROPEAN (2)	57	16.47
3.	CENTRAL EUROPEAN (3)	1	0.29
4.	EUROPEAN (4)	7	2.02
5.	EURASIAN (5)	23	6.65
6.	CIRCUM-HOLARCTIC PLANTS (6)	2	0.58
7.	WIDESPREAD PLANTS (7)	63	18.21
8.	CULTIVATED AND ADVENTIOUS PLANTS (8)	45	13.01
TOTAL		346	100.00

the vegetation of olive groves and stony pastures and in the halophilic vegetation along the sea coast. Due to the depopulation of the island's inhabitants, the grasslands and olive groves are overgrown with macchia, and the habitats along the sea coast are threatened by embankment of the coast, construction of beaches, pressure from swimmers in the summer and pollution. In the sea along and around the island of Rivanj, habitats with species of *Cymodocea nodosa* and *Posidonia oceanica* are threatened. In the Lokvina bay (Gauss-Krüger coordinates: x=5504660 y=4889220) a vegetation with the *Cymodocea nodosa* was recorded. They belong to an endangered and rare habitat type (Natura code 1110) that requires special conservation measures (Anonymous 2006). Another marine flowering plant with a larger number of sites and a larger area is *Posidonia*, which forms the vegetation of the alliance (*Posidonion oceanicae* Braun-Blanquet, Roussine & Nègre 1952) an endangered and priority habitat of EU interest. The authors of the paper note a priority habitat of EU interest for the island of Rivanj that is not registered in the lists (Anonymous 2013a, 2014, 2019). In the area of Lokvina (Gauss-Krüger coordinates: x=5504600 y=4889245, Natura code 3170) there are Mediterranean temporary ponds. Water is retained in the pond for most of the year. That pond is one of the rare habitats in the wider area with potable water for numerous organisms, which is not negligible.

Table 4 Representation of endemic, endangered, strictly protected and invasive species in the flora of the Rivanj Island.**Tablica 4.** Prikaz endemičnih, ugroženih, strogo zaštićenih i invazivnih vrsta u flori otoka Rivnja.

Category/ subcategory	No. of taxa	% of total flora (346)
Endemic (end)	4	1.16
Critically Endangered (CR)	1	0.29
Endangered (EN)	1	0.29
Vulnerable (VU)	2	0.58
End + CR + EN + VU	8	2.32
Strictly protected (sp)	13	3.76
Invasive species (IAS)	11	3.18

In the flora of Rivanj there are 13 (3.76% of the total flora) strictly protected taxa. Important species for the inhabitants of the island of Rivanj, in addition to the endangered and strictly protected species, are those that can cause them problems on arable land (by number of individuals, allergenicity, rapid growth, poisonous seeds and fruits...). When introducing alien species into cultivation (gardens, flower beds, homesteads, parks), species that spread independently without human influence should be avoided. Such species can have a negative impact on local flora and vegetation. Some of the cultivated species were found on the island of Rivanj in weed and ruderal vegetation as escapees from culture in gardens, flower beds, along the road, in cracks in the walls. These species are: *Eschscholzia californica*, *Dimorphotheca jucunda*, **Alstroemeria ligtu*, *Mesembryanthemum cordifolium*, **Catharanthus roseus*, *Melia azedarach*, *Mirabilis jalapa*, etc.

From the list of invasive taxa in Croatia (Nikolić *et al.* 2014a), 11 taxa were recorded in the flora of Rivanj. They occur in weed and ruderal vegetation around the settlement and none of them currently pose a threat to native species and habitats. It is important to pay attention to them because they spread quickly in new habitats, suppressing native species.

VEGETATION RESULTS AND DISCUSSION – REZULTATI I RASPRAVA

Through the syntaxonomic analysis, five clearly distinctive forest associations (see Tables 5–7 and Fig. 3).

Syntaxonomic review of the studied vegetation

QUERCETEA ILICIS Br.-Bl. ex A. & O. Bolos 1950

• *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martínez 1975

+ *Oleo sylvestris-Ceratonion siliquae* Br.-Bl. ex Guinochet et Drouineau 1994

Ass: *Erico arboreae-Arbutetum unedonis* Allier et La-coste 1980 ex Foggi in Foggi et Grigioni 1999

Ass: *Myrto communis-Pistacietum lentisci* (Molinier 1954) Rivas-Martínez 1975

Ass: *Pistacio lentisci-Juniperetum turbinatae* Trinajstić 1987 ex Asensi, Díez-Garretas & Quézel 2007 [NATURA 2000 habitat code 5210]

• *Quercetalia ilicis* Br.-Bl. ex Molinier 1934

+ *Fraxino orni-Quercion ilicis* Biondi, Casavecchia & Gigante in Biondi *et al.* 2013

Ass: *Myrto communis-Quercetum ilicis* (Horvatić 1963) Trinajstić (1976) 1985 [NATURA 2000 habitat code 9340]

Table 5 (Tablica 5.) *Erico arboreae-Arbutetum unedonis* Allier et Lacoste 1980 ex Foggi in Foggi et Grigioni 1999, *Myrto communis-Pistacietum lentisci* (Molinier 1954) Rivas-Martínez 1975 and *Pistacio lentisci-Juniperetum turbinatae* Trinajstić 1987 ex Asensi, Díez-Garretas & Quézel 2007

No. of relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5										
Surface (m ²)	400	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100									
Total cover (%)	100	90	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100									
Inclination (°)																						0	0	20	5-10	0									
No. of taxa	9	13	7	7	11	6	9	9	11	9	11	11	10	10	10	6	4	5	5	7		4	8	5	3	11									
	<i>Erico arboreae-Arbutetum unedonis</i>													<i>Myrto communis-Pistacietum lentisci</i>							<i>Pistacio lentisci-Juniperetum turbinatae</i>														
Char. Ass.																																			
<i>Arbutus unedo</i> L.	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	2	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Erica arborea</i> L.	2	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	+	1	+	+	1	+	.	.	.	2	3	3	4	4	4	4						3	2	2	2	3					
<i>Myrtus communis</i> L.	.	+	.	.	.	+	1	.	.	+	.	.	+	3	3	2	2	1	1	1						+	.	+	+	.					
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	.	+	+	+	.	1	1	+	.	.	+	+	.	+	.						3	4	4	4	4					
Char. All., O., Cl. Oleo sylvestris-Ceratonion siliquae, Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni; Quercetea ilicis																																			
<i>Quercus ilex</i> L.	+	+	+	.	1	+	+	1	1	1	1	+	1								
<i>Rhamnus alaternu</i> L.	+	+	.	+	+	+	.	.	1	.	1	1	+	1	.	.	+						
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	+	2	+	+	1	.	1	+	1	1	.	.	.	+					
<i>Smilax aspera</i> L.	1	2	2	+	+	1					
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	.	.	.	+	+	.	+	+	+	+	.	.	.	+				
<i>Viburnum tinus</i> L.	+	+	+	+	1	1	.	1				
<i>Clematis flammula</i> L.	.	+	+	+			
<i>Lonicera implexa</i> Aiton	+	+	+	+			
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. ssp. <i>oxycedrus</i>	.	+	.	.	.	+	+	1	+	+			
<i>Rubia peregrina</i> L.	+	+	+			
<i>Cyclamen repandum</i> Sibth et Sm.	+	+	+			
<i>Prasium majus</i> L.	1		
<i>Ruscus aculeatus</i> L.		
<i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> Brot.	.	+		
Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae																																			
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv	1	1	+	1	+	1		
Quercetea pubescentis																																			
<i>Coronilla emerus</i> L. ssp. <i>emeroides</i> Boiss. et Spruner	+	+		
<i>Tamus communis</i> L.	+		
Ononido-Rosmarinetea																																			
<i>Cistus monspeliensis</i> L.	+	+	1	1	+		
<i>Cistus incanus</i> L.	
<i>Cistus salvifolius</i> L.	
<i>Helictotrichon convolutum</i> (C. Presl) Henrad	
Festuco-Brometea																																			
<i>Euphorbia fragifera</i> Jan	
<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	+
Other																																			
<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	
<i>Carex flacca</i> Schreb. ssp. <i>serrulata</i> (Biv.) Greuter
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott
<i>Anagallis arvensis</i> L.

PINETEA HALEPENSIS Bonari et Chytrý 2020

• **Pinetalia halepensis Biondi, Blasi, Galdenzi, Pesaresi et Vagge in Biondi et al. 2014**

+ *Pistacio lentisci-Pinion halepensis* Biondi, Blasi, Galdenzi, Pesaresi et Vagge in Biondi et al. 2014

Ass: *Pistacio lentisci-Pinetum halepensis* De Marco, Veri & Caneva 1984 [NATURA 2000 habitat code 9540]

From the *Oleo sylvestris-Ceratonion siliquae* alliance related to the Steno-Mediterranean vegetation zone on the Rivanj

island and the Sestrice islets, tree associations developed (see Table 5).

The *Erico arboreae-Arbutetum unedonis* association is abundant on the island of Rivanj (Tab. 5; Fig. 3, Cluster A) and 13 phytosociological relevés were made. The vegetation spreads in the areas south-east from the settlement and along the macadam road towards the Lokvina cove in areas burnt by the fire in 2007. After the fire the garrigues dominated by the species of the *Cistus* genus grew. The *Erico arboreae-Arbutetum unedonis* vegetation developed from them. In the

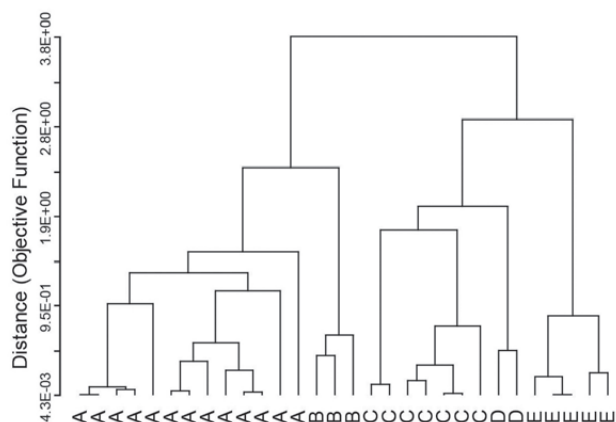


Figure 3 Dendrogram of the 30 relevés of forest vegetation and macchia.

Slika 3. Dendrogram s 30 fitocenoloških snimaka vegetacije šume i makije.

A – *Erica arborea*-*Arbutetum unedonis*; B – *Myrto communis*-*Quercetum ilicis*; C – *Myrto communis*-*Pistacietum lentisci*; D – *Pistacio lentisci*-*Pinetum halepensis*; E – *Pistacio lentisci*-*Juniperetum turbinatae*.

majority of the relevés the vegetation in thick and impassable and 1.5–2.5 m high. As shown in Table 5, 24 taxa were registered. The number of taxa ranges from 6 to 13 or in average 9.5 taxa per relevé. More than 50% of the relevés contain five species: *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* and *Viburnum tinus*. *Arbutus unedo* (ornithochor species) is dominant in terms of coverage. The *Erica arborea* species dominated in several other relevés. The vegetation coverage ranges from 90 to 100%. Only a short period of time (13 years) has passed since the last fire so it is reasonable to expect the optimum growth of this vegetation in the near future as well as a natural progression in the direction of primary Holm Oak vegetation development.

The forest vegetation of Myrte and Lentisk Pistache (ass. *Myrto communis*-*Pistacietum lentisci*) was investigated for the first time on the islet of Supetar (Jasprica & Ruščić 2013) in the Župa cave north-west from Cavtat. Floristic composition of the *Myrto communis*-*Pistacietum lentisci* association is shown in Table 5 (Fig. 3, Cluster C). All the 7 phytosociological relevés were produced on the islets of Sestrice. In 7 phytosociological relevés there are 18 species, 4 to 10 species per relevé (6.71 in average). In most of the relevés, *Pistacia lentiscus* dominated with its coverage values, except in relevé 1 where the *Myrto communis* species prevails. The coverage in all the relevés is 100%. The Myrte and Lentisk Pistache vegetation grows on uninhabited islets exposed to strong winds. The investigations of this vegetation along the eastern Adriatic coast started approximately 10 years ago. The vegetation developed mostly in southern and south-western areas of the islets and is exposed to southern winds. The floristic composition includes a small number of species with large coverage. The halophytic zone exists on a very narrow strip by the sea and it turns into a thick, impervious macchia of Myrte and Lentisk Pistache 60–120 cm high that covers more

than 60% of the islet's surface. On the Sridnja Sestrica islet a thick and impervious 1–2 m high macchia grows on more than 80% of the islet's surface. On the islet of Vela Sestrica the *Myrto communis* and *Pistacia lentiscus* vegetation develops 1–10 m from the sea and together with the *Pistacio lentisci*-*Juniperetum turbinatae* vegetation covers 80–90% of the islet. The association has been described for some islets in the Zadar archipelago (Pandža & Milović 2017) and south Croatia (Jasprica *et al.* 2014, 2015).

According to Natura 2000 the *Pistacio lentisci*-*Juniperetum turbinatae* association of the *Oleosylvestris*-*Ceratonion siliquae* alliance is an endangered habitat (Tab. 5, Fig. 3, Cluster E). A total of 5 phytosociological relevés was produced (on the island of Rivanj and on the islet of Vela Sestrica). The vegetation is dominated by *Juniperus phoenicea* that form stand 2.5–3 m tall. Another species, namely *Pistacia lentiscus*, also stands out with its coverage. According to one of the phytosociological relevés, the number of species ranges from 3 to 11, 6.2 species per relevé in average. The coverage in all the relevés is 100%. A total of 16 species was recorded. The vegetation of Lentisk Pistache and Phoenician juniper was

Table 6 (Tablica 6.) *Myrto communis*-*Quercetum ilicis* (Horvatić 1963) Trinajstić (1976) 1985

No. of relevé	1	2	3
Surface (m ²)	100	100	100
Total covered (%)	100	100	100
Inclination (°)	30	30	10
No. of taxa	13	14	9
Char. Ass.			
<i>Quercus ilex</i> L.	4	3	3
<i>Myrto communis</i> L.	1	1	2
Char. Cl. <i>Quercetea ilicis</i>			
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	1	2	+
<i>Smilax aspera</i> L.	1	1	1
<i>Viburnum tinus</i> L.	+	1	+
<i>Arbutus unedo</i> L.	.	1	1
<i>Rhamnus alaternus</i> L.	+	1	.
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	+	+	+
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	1	+	.
<i>Laurus nobilis</i> L.	1	.	.
<i>Erica arborea</i> L.	.	.	1
<i>Clematis flammula</i> L.	+	.	.
<i>Rubia peregriana</i> L.	+	.	.
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	.	+	.
<i>Lonicera implexa</i> Aiton	.	.	+
<i>Quercetea pubescentis</i>			
<i>Coronilla emeris</i> L. ssp. <i>emeroides</i> Boiss. et Spruner	+	1	.
<i>Festuco-Brometea</i>			
<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	+	.	.
<i>Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae</i>			
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv.	.	+	.
<i>Ononido-Rosmarinetea</i>			
<i>Cistus salvifolius</i> L.	.	+	.
<i>Cistus incanus</i> L.	.	+	.

investigated for the first time in Croatia by Trinajstić (1987) on the island of Unije near Lošinj and on the islet of Veli Pržnjak near Korčula. The association has been described for some islets in the Zadar archipelago (Pandža & Milović 2017). Phoenician juniper macchia covers large surface areas throughout the entire southern coastal region of Croatia (Kovačić et al. 2001; Pandža 2004).

On the island of Rivanj 3 phytosociological relevés of the *Myrto communis-Quercetum ilicis* vegetation of the *Fraxino orni-Quercion ilicis* alliance were produced (Tab. 6, Fig. 3, Cluster B). As shown in Table 6, a total of 20 species were recorded (relevés present 9–14 species, in average 12 species per relevé). Similar results were obtained through the analysis of floristic relevés from the island of Rava (Pandža 2008): in 11 phytosociological relevés there are 13 species per phytosociological relevé in average. As for the three phytosociological relevés from the island of Brač, 22 species (13 species per phytosociological relevé) were recorded by Trinajstić (1990). Regarding coverage the woody elements of the *Quercetea ilicis* class prevail: *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Rhamnus alaternus*, *Phillyrea latifolia* and *Laurus nobilis* in relevé 1. The macchia is thick and impassable so the number of companion species is quite small and their coverage insignificant. This association is common in

the warmer and drier areas along the eastern Adriatic coast and islands (Horvatić 1963).

The Aleppo pine forests belong to the *Pinetalia halepensis* order that used to belong to the *Quercetea ilicis* class (Škvorc et al. 2017), but the *Pinetalia halepensis* order has been singled out as a separate class termed *Pinetea halepensis* (Bonari et al. 2020). Two phytosociological relevés were made (Tab. 7, Fig. 3, Cluster D) one of the islet of Sestrica Mala and the other on the island of Rivanj. In both relevés the *Pinus halepensis* species dominates within the tree layer where as the *Pistacia lentiscus* species dominates within the shrub layer. In addition to the Lentisk Pistache, species of the *Quercetea ilicis* class were also identified in the shrub layer. The Aleppo pines species on the islet of Sestrica Mala have been planted by lighthouse keepers. The pine trees have been spontaneously spreading towards the dock in the southwest. On the island of Rivanj the Aleppo pine vegetation grows on small areas and for the time being there is no significant spontaneous expansion of the pine vegetation into the surrounding natural vegetation, except in the case of fire. The association is widespread along the Adriatic coasts (De Marco et al. 1984; Trinajstić & Kamenjarin 2001).

CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

Table 7 (Tablica 7.) *Pistacio lentisci-Pinetum halepensis* De Marco, Veri & Caneva 1984

No. of relevé	1	2
Surface (m ²)	100	100
Total covered (%)	100	100
No. of taxa	7	16
Char. Ass.		
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	4	4
Char. Cl. <i>Quercetea ilicis</i>		
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	3	3
<i>Myrto communis</i> L.	+	.
<i>Lonicera implexa</i> Aiton	+	+
<i>Smilax aspera</i> L.	1	1
<i>Rubia peregrina</i> L.	1	.
<i>Laurus nobilis</i> L.	.	1
<i>Quercus ilex</i> L.	.	+
<i>Viburnum tinus</i> L.	.	+
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	.	+
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	.	+
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	.	+
<i>Cyclamen repandum</i> Sibth et Sm.	.	+
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	.	+
<i>Clematis flammula</i> L.	.	+
<i>Quercetea pubescentis</i>		
<i>Tamus communis</i> L.	+	+
<i>Coronilla emerus</i> L. ssp. <i>emeroides</i> Boiss. et Spruner	.	+
<i>Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae</i>		
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv.	.	+

Rivanj Island has 346 vascular plant taxa. The total number of taxa represents about 6.71% of the Croatian vascular flora. There are 84 taxa under cultivation. The total flora of the island of Rivanj numbers 430 taxa. The flora has a Mediterranean character. It is dominated by plants with a Mediterranean floral element (42.77%) and the life forms are dominated by therophytes (43.93%). Four endemics and four endangered taxa were recorded in the vascular flora of Rivanj, of which *Lathyrus ochrus* is critically endangered. The flora includes five taxa from the orchid family (*Orchidaceae*). The above-mentioned taxa mostly occur in open habitats (grasslands and olive groves) that disappear due to the overgrowth of macchia. As succession processes advance, open habitats decrease, the number of species decreases, and thus decreases the total biodiversity of the island. In 2019 and 2020, the investigation of the shrubs and forest vegetation on the island of Rivanj and the Sestrice islets was conducted. A total of 30 phytosociological relevés were produced (tab. 5–7). Based on these relevés five associations (*Erico arboreae-Arbutetum unedonis*, *Myrto communis-Pistacietum lentisci*, *Pistacio lentisci-Juniperetum turbinatae*, *Myrto communis-Quercetum ilicis* and *Pistacio lentisci-Pinetum halepensis*). Since Horvatić's investigations (1961–1962) the island has been depopulated (cutting and grazing ended) resulting in a strong natural progression towards primary forest vegetation. There are evergreen holm-oak woods, which can be considered as the potential vegetation type (*Myrto-Quercetum ilicis*).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the two anonymous reviewers for their helpful comments.

REFERENCES

LITERATURA

- Anonymous, 2007: Hrvatski jadranski otoci, otočići i hridi. Državni program zaštite i korištenja malih, povremeno nastanjenih i nenastanjenih otoka i okolnog mora. Vlada RH, 113.
- Anonymous, 2013a: Uredba o ekološkoj mreži Republike Hrvatske. [Regulation of Ecological Network NATURA 2000 Croatia]. Narodne novine (Official Gazette) 124/2013.
- Anonymous, 2013b: Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama. [Ordinance on strictly protected species]. Narodne novine (Official Gazette) 144/2013.
- Anonymous, 2014: Pravilnik o popisu stanišnih tipova, karti staništa te ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima. [Ordinance on habitat types, habitat map and threatened and rare habitat types]. Narodne novine (Official Gazette) 88/2014.
- Anonymous, 2016: Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama [Ordinance on amendments to the ordinance on strictly protected species]. Official Gazette, 73/2016.
- Anonymous, 2019: Uredba o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže [Regulation on the ecological network and the competences of public institutions for the management of ecological network areas]. Official Gazette 80/2019.
- Bogdanović, S., Župan, D. & Mitić, B., 2013: Vaskularna flora otoka Silba. (Vascular flora of the Island of Silba). In: Mužinić, J. & Purger, J. J. (eds.), Otok Silba – prirodno i kulturno blago. (Island of Silba – Natural and Cultural Heritage), 81–94. University of Zadar.
- Bonari, G., Fernández-González, F., Çoban, S., Monteiro-Henriques, T., Bergmeier, E., ..., Chytrý, M., 2020: Classification of the Mediterranean lowland to submontane pine forest vegetation. *Applied Vegetation Science* 24:e12544
- Boršić, I., Milović, M., Dujmović, I., Bogdanović, S., Cigić, P., Rešetnik, I., Nikolić, T., Mitić, B., 2008: Preliminary Check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia, *Nat. Croat.*, 17(2), 55–71.
- Braun-Blanquet J., 1964: Pflanzensoziole. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien-New York.
- Cullen, J. & Knees, S. G. (eds. in chief), 2011: The European Garden Flora, Vols. 1–5 (2nd ed.), Cambridge University Press.
- Delforge, P. (ed.), 2006: Orchids of Europe, North Africa and the Middle East (2nd ed.). English translation, A. & C. Black, London.
- De Marco G., Veri L. & Caneva G., 1984: Analisi fitosociologica, cartografia della vegetazione e trasformazioni ambientali nel periodo 1955-1981 delle Isole Tremiti (Adriatico centro-meridionale). *Annali di Botanica (Roma)* (Suppl. 2), 17–47.
- Domac, R., 1994: Flora Hrvatske – priručnik za određivanje bilja. (Flora of Croatia – manual for plant determination). Školska knjiga, Zagreb.
- Duplančić Leder, T., Ujević, T., Čala, M., 2004: Coastline lengths and areas of islands in the Croatian part of the Adriatic Sea determined from the topographic maps at the scale of 1:25 000. *Geoadria* 9(1), 5–32.
- Faričić, J., 2012: Geografija sjevernodalmatinskih otoka. Školska knjiga, Zagreb.
- Horvat, I., 1949: Nauka o biljnim zajednicama. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb.
- Horvatić, S., 1961/62: Novi prilog poznavanju primorske vegetacije gariga i kamenjarskih pašnjaka. *Acta Bot. Croat.* 20/21, 243–259.
- Horvatić, S., 1963: Vegetacijska karta otoka Paga s općim pregledom vegetacijskih jedinica Hrvatskog primorja. (Vegetation map of the Island of Pag with a general overview of vegetation units of the Croatian coast). *Prirodoslovna istraživanja JAZU* 33, *Acta Biologica* 4, Zagreb.
- Horvatić, S., Ilijanić, Lj. & Marković-Gospodarić, Lj., 1967–1968: Biljni pokrov okolice Senja. (Vegetation of the Town of Senj surroundings). *Senjski zbornik* 3, 298–322.
- Jasprica, N. & Ruščić M., 2013: Flora i vegetacija otočića Supetra (Cavtat, južna Hrvatska). *Hrvatska misao (Sarajevo)* 46, 111–134.
- Jasprica N., Kovačić S. & Dolina K., 2014: Vegetation of the islands of the Pelješac peninsula archipelago (South Croatia, eastern Adriatic). In Čarni A., Juvan N. & Ribeiro D. (Eds.). *Book of Abstract of 23rd International Workshop of the European Vegetation Survey*. Ljubljana: Jovan Hadži Institute of Biology ZRC SAZU, Anton Melik Geographical Institute ZRC SAZU, Ljubljana, Slovenia, May 8-12, 2014.
- Jasprica N., Dolina K. & Milović M., 2015. Plant taxa and communities on three islets in south Croatia, NE Mediterranean. *Nat. Croat.* 24 (2), 191–213.
- Kovačić S., Jasprica N. & Ruščić M., 2001: Floristic characteristics of Phoenician juniper *macchia* (ass. *Pistacio lentisci-Juniperetum phoeniceae* Trinajstić1987) in Central and Southern Dalmatia (Croatia). *Nat. Croat.* 10 (2), 73–81.
- Milović, M. & Pandža, M., 2010: Vaskularna flora otoka Ista i Škarde s pripadajućim otočićima i hridima. U: Faričić, J. (ur.): *Otoci Ist i Škarde*. Sveučilište u Zadru, Zadar, 149 –186.
- Milović, M., Kovačić, S., Jasprica, N., Stamenković, V., 2016: Contribution to the study of Adriatic island flora: Vascular plant species diversity in the Croatian Island of Olib, *Nat. Croat.* 25(1), 25 –54.
- Milović, M. & Pandža, M., 2016: Flora i vegetacija otoka Vira (Flora and Vegetation of the Island of Vir), u: *Otok Vir*, D. Magaš, ur., Sveučilište u Zadru, Općina Vir. Zadar, 97 – 132.
- Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Teurillat, J. P., Raus, T., ..., Tichý, L., 2016: Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19 (Suppl. 1), 3–264.
- Nikolić, T., 2006: Flora: priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja [Flora: Handbook for inventory and monitoring]. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Nikolić, T. (ed.), 2023: Flora Hrvatske baza podataka/ Flora Croatica Database (URL: <http://hirc.botanic.hr/fcd/>). Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu (last accessed on January 27, 2023).
- Nikolić, T., Bukovec, D., Šopf, J. & Jelaska, S. D., 1998: Kartiranje flore Hrvatske – mogućnosti i standardi [The mapping of Cro-

- atian flora – opportunities and standards]. Nat. Croat. 7(1), 1–62.
- Nikolić, T. & Topić, J., 2005: Crvena knjiga vaskularne flore Hrvatske. [Red Book of Vascular Flora of Croatia]. Republika Hrvatska Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
 - Nikolić, T., Antonić, O., Alegro, A., Dobrović, I., Bogdanović, S., Liber, Z. & Rešetnik, I., 2008: Plant species diversity of Adriatic islands: An introductory survey. Plant Biosystems 142, 435–445.
 - Nikolić, T., Mitić, B. & Boršić, I., 2014a: Flora Hrvatske – invazivne biljke [Flora of Croatia Invasive plants]. Alfa d.d., Zagreb.
 - Nikolić, T., Mitić, B., Ruščić, M., Milašinović, B., 2014b: Diversity, knowledge and spatial distribution of the vascular flora of Croatia. Plant Biosystems 148 (4), 591–601.
 - Nikolić T., Milović M., Bogdanović S. & Jasprica N., 2015. Endemi u hrvatskoj flori [Endemics in the Croatian flora]. Alfa d.d. Zagreb.
 - Pandža, M., 2004: Vegetation of Phoenician juniper macchia – *Pistacio lentisci-Juniperetum phoeniceae* Trinajstić 1987 (*Oleo-Ceratonion*) on the island of Murter and the small surrounding islands. Nat. Croat., 13(3), 201–212.
 - Pandža, M., 2008: Prilog poznavanju vegetacije otoka Rave te okolnih otočića i hridi. Otok Rava. Faričić, Josip (ur.). Zadar : Sveučilište u Zadru, 265–278.
 - Pandža, M. & Milović, M., 2008: Flora otoka Rave te okolnih otočića i hridi, u: J. Faričić, ur., Otok Rava, Sveučilište u Zadru, Razred za prirodne znanosti HAZU, Matica hrvatska Zadar, Hrvatsko geografsko društvo Zadar, Zadar, 225–264.
 - Pandža, M. & Milović, M., 2017: Vegetacija Kali s i okolnim otočićima, u: Kali, J. Faričić, ur., Sveučilište u Zadru; Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zadar, 117–129.
 - Pandža, M., Milović, M., Tafra, D., Krpina, V., 2019: Flora i vegetacija otoka Rivnja i Sestrice Male. In: Jasprica, N., Car, A., (eds.), Šesti hrvatski botanički simpozij s međunarodnim sudjelovanjem. Zagreb, 56.
 - Perinčić, B., Franin, K., Marcelić, Š., Radović, I., Židovec, V., 2016: Hortikulturalna flora okućnica zadarskog arhipelaga. Agronomski glasnik 78(4), 171 – 197.
 - Pignatti, S., 1982: Flora d'Italia (Flora of Italy.). I-III, Edagricole. Bologna.
 - Piljac-Kosović, L. & Pandža, M., 2009: Flora of the island of Vrgada and the surrounding islets. Nat. Croat. 18(2), 309–333.
 - Radulić, L., 2010: Grčaj na ogrcu: zapisi o otoku Rivnju. Matica Hrvatska Zadar, 192.
 - Raunkiaer, C., 1934: The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford.
 - Seletković, Z., Tikvić, I., Vučetić, M., Ugarković, D., 2011: Klimatska obilježja i vegetacija sredozemne Hrvatske, U: S. Matic (ur.), Šume hrvatskog Sredozemlja, Akademija šumarskih znanosti, 142 – 158.
 - Škvorc, Ž., Jasprica, N., Alegro, A., Kovačić, S., Franjić, J., Krstonošić, D., Vraneša, A., Čarni, A., 2017: Vegetation of Croatia: Phytosociological classification of the high-rank syntaxa. Acta Bot. Croat. 76(2), 200–224.
 - Theurillat, J-P, Willner, W., Fernández-Gonzalez, F., Bültmann, H., Čarni, A., Gigante, D., Mucina, L., Weber, H., 2020: International Code of Phytosociological Nomenclature (4th edition) 24: e12491.
 - Trinajstić, I., 1990: Šumska vegetacija otoka Brača. Glas. šum. pokuse 26, 183 – 205.
 - Trinajstić, I., eds., 1975–1986: Analitička flora Jugoslavije, 2(1–4) [Analytical flora of Yugoslavia 2(1–4)]. Institut za botaniku Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
 - Trinajstić, I., 1987: Fitocenološko-tipološka analiza sastojine makije somine *Juniperus phoenicea* L. u Hrvatskom primorju, Acta Bot. Croat. 46, 115–121.
 - Trinajstić I. & Kamenjarin J., 2001. Fitocenološke značajke šuma alepskog bora as. *Pistacio- Pinetum halepensis* De Marco, Veri et Caneva u Hrvatskoj. Radovi - Šumarski institut Jastrebarsko 36(1), 5–14.
 - Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. & Webb, D. A. (eds.), 1968–1980: Flora Europaea 2 – 5. Cambridge University Press.
 - Tutin, T. G., Burges, N. A., Chater, A. O., Edmondson, J. R. E., Heywood, V. H., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M. & Webb, D. A. (eds.), 1993: Flora Europaea 1 (2nd ed.). Cambridge University Press.
 - Van der Maarel, E., 1979: Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. Vegetation 39(2): 97–114.

SAŽETAK

Prema literaturnim podacima i provedenim terenskim istraživanjima tijekom 2019. i 2020. na otoku Rivnju (3,615 km²) se navodi 346 domaćih i stranih svojti koje imaju sposobnost održavanja izvan uzgoja (309 vrsta, 36 podvrsta i varijetet). Pribrojivši i 84 svojte u uzgoju navodimo da sveukupna flora Rivnja broji 430 svojti. Svojte u uzgoju nisu obuhvaćene analizom flore. Tijekom ranijih istraživanja zabilježeno je 45 svojti, a 385 svojti se po prvi puta navodi u ovome radu. Osim inventarizacije flore, obavljena je taksonomska, ekološka i fitogeografska analiza. Rezultati su predloženi u tablicama 1 – 4 i slikom 2. U sastavu flore dominiraju kritosjemenjače u kojima su dvosupnice (73,99%) znatno zastupljenije od jednosupnica (23,99%). Brojem svojti najzastupljenije su porodice *Poaceae* (13,01%), *Asteraceae* s.l. (11,85%) i *Fabaceae* (8,96%). U spektru životnih oblika dominiraju terofiti (43,93%) i hemikriptofiti (24,28%), a u fitogeografskoj analizi biljke mediteranskoga flornoga elementa (42,77%), što ukazuje na klimatske prilike i geografski položaj otoka Rivnja. U flori su zabilježena četiri endema i četiri ugrožene svojte (*Lathyrus ochrus*, *Carex extensa*, *Orchis tridentata* i *Parapholis incurva*) te pet svojti orhideja. Po naselju u korovnoj i ruderalnoj vegetaciji zabilježeno je 11 invazivnih svojti (3,18%

od ukupne samonikle i subspontane flore otoka). Predlažemo da se lokva koja nije registrirana za otok Rivanj u Popisu stanišnih tipova registrira. Mediteranske povremene lokve (Natura kod 3170) su prioritetna staništa od interesa EU. Vegetacijska istraživanja šuma i makija otoka Rivnja i otočića Sestrice obavljeno su tijekom 2019. i 2020. Ukupno je napravljeno 30 fitocenoloških snimaka. Snimke su rađene i analizirane po metodi Braun-Blanquet-a. Na fitocenološkim snimkama izvršena je statistička analiza i načinjen dendrogram. Rezultati su prikazani u tablicama 5-7 klasičnim prikazom fitocenoloških snimaka. Sintaksonomskom analizom iz razreda *Quercetea ilicis* utvrđene su asocijacije: *Erico arboreae-Arbutetum unedonis* Allier et Lacoste 1980 ex Foggi in Foggi et Grigioni 1999, *Myrto communis-Pistacietum lentisci* (Molinier 1954) Rivas-Martínez 1975, *Pistacio lentisci-Juniperetum turbinatae* Trinajstić 1987 ex Asensi, Díez-Garretas & Quézel 2007 i *Myrto communis-Quercetum ilicis* (Horvatić 1963) Trinajstić (1976) 1985, a iz razreda *Pinetea halepensis* asocijacija *Pistacio lentisci-Pinetum halepensis* De Marco, Veri & Caneva 1984. Najveća opasnost za autohtonu vegetaciju grmlja i drveća su sadene sastojine alepskog bora na Maloj Sestrici i male površine pod alepskim borom na otoku Rivnju. Na Rivnju sjeverozapadno od naselja je gusta i neprohodna makija. Potrebno je iskrčiti protupožarne putove i zabraniti sve aktivnosti koje bi mogle uzrokovati požar.

KLJUČNE RIJEČI: fitosociologija, otok Rivanj i otočići Sestrice, sjeverna Dalmacija, vaskularna flora, zadarski arhipelag

APPENDIX 1

Coordinates and dates of vegetation relevés within tables.

Table 5 Ass. *Erico arboreae-Arbutetum unedonis* (Figure 3, Cluster A)

(All the relevés were produced on the island of Rivanj, relevés 1. (April 17, 2019); 2-7 (April 18, 2019); 9-13 (April 19, 2019):

1. (x= 5503478 y= 4889918), 2. (x=5503380 y=4890015), 3. (x=5503427 y= 4889973), 4. (x= 5503481 y= 4889919), 5. (x= 5503865 y= 4889481), 6. (x= 5504539 y= 4889293), 7. (x= 5504552 y= 4889280), 8. (x= 5502188 y= 4890925), 9. (x= 5502258 y= 4890779), 10. (x= 5502277 y= 4890764), 11. (x= 5502304 y= 4890676), 12. (x= 5502527 y= 4890337), 13. (x= 5503180 y= 4889545).

Ass. *Myrto communis-Pistacietum lentisci* (Figure 3, Cluster C)

1. Islet of Mala Sestrica (x = 5501243 y = 4891910; 18/04/2019),
2. Islet of Mala Sestrica (x = 5501304 y= 4891883; 18/04/2019),
3. Islet of Vela Sestrica (x= 5499648 y= 4893463; 16/05/2020),
4. Islet of Vela Sestrica (x= 5499526 y= 4893596, 16/05/2020),
5. Islet of Sridnja Sestrica (x = 5500470 y= 4892528, 17/05/2020),
6. Islet of Sridnja Sestrica (x= 5500356 y= 4892633, 17/05/2020),
7. Islet of Sridnja Sestrica (x= 5501196 y= 4891802, 17/05/2020).

Ass. *Pistacio lentisci-Juniperetum turbinatae* (Figure 3, Cluster E)

1. Islet of Vela Sestrica (x= 5499315 y= 4893682, 16/05/2020),
2. Island of Rivanj (x= 5503327 y= 4890092, 18/04/2019),
3. Islet of Vela Sestrica (x= 5499709 y= 4893105, 16/05/2020),
4. Islet of Vela Sestrica (x= 5499807 y= 4893175, 16/05/2020),
5. Island of Rivanj (x= 5503366 y = 4890043, 19/07/2020).

Table 6 Ass. *Myrto communis-Quercetum ilicis* (Figure 3, Cluster B)

All the relevés were produced on the island of Rivanj.

- 1.(x =5503135 y= 4890153, 29/08/2019) 2. (x= 5503097 y= 4890172, 29/08/2019) 3. (x= 5502351 y= 4890591, 19/04/2019).

Table 7 Ass. *Pistacio lentisci-Pinetum halepensis* (Figure 3, Cluster D)

1. Islet of Mala Sestrica (x= 5501239 y= 4891864, 18/04/2019),
2. Island of Rivanj (x= 5503149 y= 4890135, 17/04/2019).

Syntaxa quoted in the tables (in alphabetical order).

Festuco-Brometea Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947

Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae Rivas-Mart. 1978 nom. conserv. propos. (*Thero-Brachypodietea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1947)

Ononido-Rosmarinetea Br.-Bl. in A. Bolòs y Vayreda 1950
Quercetea pubescentis Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959

OŠTEĆENJA NA ŠUMSKIM CESTAMA KAO POSljedICA NEPRAVILNE IZGRADNJE

DAMAGE ON FOREST ROADS AS A RESULT OF IMPROPER CONSTRUCTION

Dževada SOKOLOVIĆ^{1*}, Zerina DUPOVAC², Amina KARIŠIK¹, Jelena KNEŽEVIĆ¹, Velid HALILOVIĆ¹,
Jusuf MUSIĆ¹

SAŽETAK

Šumske ceste kao trajni građevinski objekti zahtijevaju ispunjene minimalno propisane kvalitete i standarda tijekom izgradnje. Prema dostupnim podacima prosječni troškovi gradnje šumskih cesta u F BiH za 2019. godinu iznosili su 22.282,19 € po dužnom kilometru (Anon 2019a). Ovako niski troškovi gradnje nameću opravdano pitanje kvalitete novoizgrađenih šumskih cesta i potrebno mu je posvetiti odgovarajuću pozornost. Na području F BiH, zbog niza razloga, sve se više grade prilazne ili tzv. tehnološke šumske ceste, koje se zbog činjenice da se radi o vrsti šumskih cesta bez izvedene kolničke konstrukcije mogu koristiti samo po suhom vremenu te zbog toga ne ulaze u obračun klasične otvorenosti šuma. Osim toga, zbog nedostatka odvodnih jaraka i prevelikog uzdužnog nagiba nivelete na ovim cestama mogu nastati nesagledive ekološke posljedice. S obzirom da postojeća otvorenost šuma u F BiH nije na zadovoljavajućoj razini, cilj svih šumarskih poduzeća je njeno povećanje. Kako se gradnjom šumskih cesta bez izvedene kolničke konstrukcije ne utječe na povećanje otvorenosti, količina cesta koju je potrebno izgraditi za dostizanje ciljane klasične otvorenosti ostaje nepromijenjena. Kao rješenje za rješavanje navedene situacije, u praksi se u posljednje vrijeme sve više grade šumske ceste s elementima koji čine kombinaciju sporednih i prilaznih šumskih cesta. U ovom radu je izvršena analiza tehničkih i konstruktivnih elemenata za novoizgrađenu šumsku cestu „Bračinac - Doljanske stijene“ stacionaže 1,72 km. Na osnovi dobivenih rezultata, došlo se do saznanja o elementima koje na ovoj cesti treba unaprijediti kako bi se ista očuvala, odnosno kako bi se omogućilo njeno dugogodišnje korištenje. S tim u vezi evidentirana su odstupanja uzdužnog nagiba nivelete u odnosu na propisane veličine na 41% od ukupne dužine, na 26% od ukupne dužine nagibi škarpi usjeka nisu prilagođeni kategoriji materijala u kojoj su izgrađene, duž cijele šumske ceste nisu izgrađeni odvodni kanali. Navedena odstupanja daju za rezultat propadanje kolničke konstrukcije, s obzirom da su na 24% evidentirana manja, a na 9% veća oštećenja. Imajući u vidu da su mjerenja na terenu urađena samo godinu dana nakon izgradnje šumske ceste, nameće se zaključak da niska kvaliteta gradnje i nepridržavanje tehničkih propisa rezultira ubrzanim propadanjem ceste.

KLJUČNE RIJEČI: šumske ceste, tehnički i konstruktivni elementi, održavanje šumskih cesta.

UVOD I PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA INTRODUCTION AND RESEARCH PROBLEMS

Šumske ceste su trajni građevinski objekti koji omogućavaju stalan promet motornim vozilima radi izvršavanja zadataka predviđenih planom gospodarenja (Šikić i drugi, 1989).

Vrsta, količina i prostorni raspored svih sastavnica šumske prometne infrastrukture moraju biti pažljivo isplanirani (Pentek i drugi 2014).

Potrebna kvaliteta i tehnički elementi šumskih cesta određuju u najvećoj mjeri položaj u gospodarskoj jedinici, fre-

¹ Prof. dr. sc. Dževada Sokolović* (odgovorni autor), Mr. Amina Karišik, Doc. dr. Jelena Knežević, Prof. dr. Velid Halilović, Prof. dr. Jusuf Musić, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Katedra za iskorišćavanje šuma, projektovanje i građenje u šumarstvu i hortikulturi

² Mr. Zerina Dupovac, Sarajevo

kvenciju prometa i prometno opterećenje, ali i raspoloživa financijska sredstva za izgradnju. Iznos sredstava potrebnih za izgradnju 1 km šumske ceste ovisan je o nagibu terena i geološkoj podlozi te u F BiH varira unutar širokog intervala od 18.970,97 € do 85.436,26 € po 1 km. (Anon, 2019b). Niži troškovi gradnje karakteristični su za ravnije terene gdje je moguć odabir povoljnijih tehničkih elemenata planirane ceste uz minimiziranje troškova njene izgradnje, odnosno utjecaja na okoliš (Sokolović i Bajrić, 2008).

BugDay i Akay (2019) zaključuju da s obzirom da su šume u Turskoj općenito smještene u planinskim područjima sa strmim nagibom, teškoće koje se događaju u ovim planinskim uvjetima povećavaju troškove gradnje šumskih cesta. Prema Potočnik i drugi (2012) troškovi gradnje su veći na slabo nosivim geološkim podlogama, jer kolnička konstrukcija na dubokim podlogama mora biti izgrađena od tucanika veće debljine koja seže i do 40 odnosno 50 cm. Na terenima s velikim brojem vodotoka neminovna je gradnja većeg broja objekata, cijevnih propusta i mostova, što naravno utječe i na povećanje troškova izgradnje.

Prosječna financijska sredstva koja su uložena za izgradnju 1 km šumske ceste u 2019. godini na području F BiH iznose 22.282,19 € (Anon, 2019a). S obzirom da je prosječan iznos sredstava koja se izdvajaju za izgradnju nizak, postavlja se pitanje kakva je kvaliteta novoizgrađenih šumskih cesta.

Za određivanje troškova gradnje šumske ceste Jeličić (1981) izdvaja III kategorije uvjeta radova koje se razlikuju s obzirom na:

- volumen zemljanih radova odnosno količinu iskopa u m³ po m dužnom (1,8–3,4 za kategoriju I; 3,4–5,5 za kategoriju II; preko 5,5 za kategoriju III),
- strukturu zemljišta u kojem se izvodi izgradnja, a posebno vrsta i kvaliteta kamenog materijala (zemljište struktorno, plitko s trošnim kamenom za kategoriju I; zemljište srednje duboko, kamen trošan ili venozan za kategoriju II; zemljište srednje duboko ili duboko, padine strme formirane većim dijelom od kamena koji nije podesan za gornji ustroj puta za kategoriju III),
- nosivost donjeg ustroja mjerodavne za određivanje kolničke konstrukcije (nosivost donjeg ustroja dobra i mogu zadovoljiti kolovozi debljine 10 do 20 cm za kategoriju I; nosivost donjeg ustroja srednja i mogu zadovoljiti kolovozi debljine 15 do 25 cm za kategoriju II; nosivost donjeg ustroja loša, debljina kolovoza 10 do 30 cm za kategoriju III),
- topografska razvedenost terena u odnosu na grebene, uvale i vodotoke (mala razvedenost terena sa malo vodotoka za kategoriju I; srednja razvedenost terena, potrebni objekti za srednje veličine proticajnih otvora za kategoriju II; velika razvedenost terena s oštrim grebenima i dubljim uvalama gdje je potreban veći broj objekata za odvodnju za kategoriju III).

Troškovi izgradnje povećavaju se kategorijom uvjeta izgradnje, tj. najveći troškovi izgradnje karakteriziraju III kategoriju. Na osnovi analize troškova izgradnje velikog broja izgrađenih šumskih cesta na području BiH u periodu 1981.–1985. godine, autor daje prosječne troškove gradnje za navedene III kategorije uvjeta radova, te zaključuje da je najviše zastupljena kategorija II s postotnim udjelom od 55%, dok je najmanje zastupljena kategorija I sa postotnim udjelom od 14%.

Trenutno nije moguće provesti slična istraživanja na području BiH radi administrativnog uređenja države i šumarskih poduzeća u F BiH. Neki elementi se ipak mogu usporediti, ponajprije način organizacije odgovornosti poslova vezanih uz šumsku prometnu infrastrukturu, nekada danas. Prije devedesetih godina prošloga stoljeća za sve poslove vezane za šumsku prometnu infrastrukturu bile su zadužene posebne radne jedinice specijalizirane za navedene poslove raspoređene u svakom šumarskom poduzeću. U spomenutim organizacijskim jedinicama stručni kadar je obavljao isključivo poslove planiranja, projektiranja, izgradnje i održavanja šumske prometne infrastrukture. Poslovi su se obavljali vlastitom opremom i mehanizacijom, a materijal potreban za ugradnju u kolničku konstrukciju uzimao se iz najbližih pozajmišta duž trase šumske ceste i bio je cijenovno zanemariv. Trenutno po šumarskim poduzećima u F BiH nema posebnih organizacijskih jedinica specijaliziranih za šumsku prometnu infrastrukturu, već se za gradnju npr. glavnih i sporednih šumskih cesta, putem javnih natječaja, angažiraju tvrtke registrirane za obavljanje ovakove vrste radova, a kameni se materijal za ugradnju u kolničku konstrukciju skupo plaća i doprema često iz vrlo udaljenih kamenoloma, što značajno povećava ukupne troškove izgradnje.

Osim po kategorijama uvjeta radova na kojima se grade šumske ceste, ceste se međusobno razlikuju i po tehničkim i konstruktivnim elementima, što je dodatni razlog različitih troškova izgradnje.

Osnovna podjela šumskih cesta prema značenju je na glavne, sporedne i prilazne (Jeličić, 1957). Za gradnju glavnih šumskih cesta potreban je najveći iznos financijskih sredstava, jer se grade sa dvije prometne trake, koristeći veće radijuse krivina, manje uzdužne nagibe nivelete i veću debljinu kolničke konstrukcije. Za gradnju sporednih šumskih cesta potrebna su manja financijska sredstva u odnosu na glavne, uglavnom jer se izvode sa jednom prometnom trakom, većim uzdužnim nagibima nivelete, manjim radijusima krivina i tanjom debljinom kolničke konstrukcije. Primarni cilj gradnje prilaznih šumskih cesta, koji se u privredi F BiH nazivaju i tehnološke je smanjivanje srednje udaljenosti privlačenja drvnih sortimenata. Prilazne šumske ceste se grade s većim uzdužnim nagibom nivelete od sporednih, sa manjim radijusima krivina, najčešće bez iz-

građene količke konstrukcije, zbog čega je za njihovu izgradnju potrebno najmanje financijskih sredstava. Za razliku od glavnih i sporednih šumskih cesta koje se mogu koristiti u svim vremenskim uvjetima i svim godišnjim dobima, prilazne šumske ceste se mogu koristiti u vrijeme povoljnih vremenskih uvjeta. U slučajevima kada se one grade na dubokim zemljištima i na slabo nosivoj geološkoj podlozi, pod utjecajem prometnog opterećenja, nastaju velika oštećenja koja otežavaju njihovo korištenje. Prema Hribnik i Potočnik (2006) sadašnje stanje šumskih cesta u Republici Sloveniji je rezultat izgradnje, korištenja i održavanja, dok intenzitet oštećenja na kolniku povezuju sa niskom kvalitetom sustava površinske i podzemne odvodnje.

U posljednje vrijeme u F BiH kvaliteta izgradnje prilaznih šumskih cesta je u porastu, te se i one sastoje od kolničke konstrukcije (gornjeg ustroja), što za posljedicu ima višu cijenu izgradnje.

Nakon izgradnje, zbog prometnog opterećenja i atmosferskih utjecaja na šumskim cestama nastaju oštećenja. Prema Potočnik i drugi (2013) glavne grupe uzroka oštećenja na šumskim cestama su: posljedica lošeg planiranja, projektiranja i izgradnje, posljedica nepravilne upotrebe i posljedica djelovanja različitih prirodnih sila. Navedeno istraživanje ukazuje da se veća oštećenja javljaju na šumskim cestama koje nisu planirane, projektirane ili izgrađene u skladu sa važećim tehničkim propisima.

Održavanje šumskih cesta s obzirom na vrstu, vrijeme i intenzitet može biti: redovito i investicijsko Pičman (2007); Pentek (2012) Sokolović (2018). Prema Jeličiću (1969) iznos sredstava koji je potreban za redovno održavanje iznosi 1,5% od troškova novogradnje. Investicijsko održavanje se obavlja povremeno svakih 5 do 10 godina, što ovisi o potrebama korištenja, odnosno u direktnoj je ovisnosti o prometnom opterećenju pojedine šumske ceste. Upravo iz tog razloga glavne šumske ceste investicijski se održavaju najčešće, sporedne šumske ceste nešto rjeđe, a prilazne koje se koriste svakih 10 godina održavaju se godinu dana prije planirane sječe u odjelu koji otvaraju.

U novije vrijeme, globalne klimatske promjene uzrokuju sve češću pojavu ekstrema u količinama oborina. Prema Dodson (2021) ekstremne oborine koje su se ranije analizirale u periodu od 100 godina do kraja 21. stoljeća će se dešavati 2,5 puta češće, zbog čega posebnu pozornost treba posvetiti dimenzijama i položaju elemenata odvodnje tj. odvodnim jarcima i cijevnim propustima koji trebaju biti prilagođeni aktualnim i očekivanim količinama oborina. Kobayashi i drugi (2022) u istraživanju analiziraju koeficijent korelacije između intenziteta oborina i indeksa količine vode koja se zadržava u kolničkoj konstrukciji na troškove održavanja šumskih cesta. Autori zaključuju da su velika oštećenja šumskih cesta nastala zbog dubokog prodiranja oborinske vode u kolničku konstrukciju gdje je vidljivo kao

su potrebni troškovi održavanja u takvim slučajevima imali tendenciju povećanja.

Kakav će biti intenzitet održavanja zavisi od kategorije šumske ceste, prometnog opterećenja i trenutnog stanja šumske ceste. Novoizgrađene šumske ceste trebale bi imati takvu kvalitetu izgradnje da se uz minimalne radove redovitog održavanja te uz njihovo odgovarajuće korištenje sačuvaju sredstva uložena u njihovu izgradnju na duži niz godina.

CILJEVI ISTRAŽIVANJA I METODE RADA RESEARCH GOALS AND WORKING METHODS

Cilj i metode istraživanja – *Aim and research methods*

Cilj istraživanja je utvrditi kvantitativne i kvalitativne elemente novoizgrađenih šumskih cesta izgrađenih u posljednjih 10 godina na području gospodarske jedinice „Zujevina“, dio šumsko gospodarskog područja „Igmansko“. S tim u vezi prikupit će se i analizirati podaci o dužini novoizgrađenih šumskih cesta, o njihovim tehničkim i konstruktivnim elementima i postojećem stanju.

Metode rada – *Working Methods*

Analiza kvaliteta i kvantiteta novoizgrađenih šumskih cesta u GJ „Zujevina“ izvršena je:

- terenskim mjerenjem i prikupljanjem podataka i
- obradom prikupljenih podataka.

Terensko prikupljanje podataka – *Field data collecting*

Kako bi se izmjerila dužina primarne mreže šumskih cesta i odredio njihov prostorni položaj u GJ „Zujevina“ sve ceste snimljene su pomoću Mobile Mapper 6 Magellan GPS uređaja kretanjem u dva smjera (naprijed i nazad), pri čemu je GPS uređaj bio postavljen na snimanje trase ceste na način da je interval snimanja točaka bio 5 sekundi te je spajanjem tako snimljenih terenskih točaka dobiven trag koji je predstavljao centralnu os šumske ceste.

Za analizu tehničkih i konstruktivnih elemenata novoizgrađenih šumskih cesta izabrana je cesta „Bračinac - Doljanske stijene“ u dužini od 1,72 km. Ova tehnološka šumska cesta izgrađena je krajem 2019. godine na mjestu nekadašnjeg traktorskog puta.

Terenska mjerenja obavljena su u jesen 2020. godine, na sistematično raspoređenima točkama duž trase na međusobnoj udaljenosti od 50 m. Ukupan broj terenskih točaka iznosio je 33 a na svakoj terenskoj točki mjereni su sljedeći tehnički elementi šumske ceste: širina kolnika, širina bankina, dimenzije odvodnih jaraka, uzdužni nagib nivelete i poprečni nagib kolnika. Usporedno s mjerenjem tehničkih elemenata u svakoj terenskoj točki formirane su i površine

Tablica 1. Obrazac za prikupljanje podataka na terenu**Table 1.** Field data collection manual

Šumska cesta: Forest truck road:		Broj profila - Profile number								
Datum: Date:		1	2	3	4	5	6	7	8	...
Tehnički elementi šumske ceste – Technical features of the road	Stacionaža, hm+m - Station, hm+m									
	Širina kolnika, m - Pavement width, m									
	Širina bankina, m - Road shoulder width, m									
	Odvodni jarci, m - Side ditch, m									
	Uzdužni nagib nivelete, % - Slope of vertical alignment, %									
	Poprečni nagib kolnika, % - Crossfall slope, %									
Stanje konstruktivnih elemenata šumske ceste – The condition of the structural features of the road	Stanje kolničke konstrukcije - Condition of the pavement:									
	Bez oštećenja – BO - Without damage – BO									
	Manja oštećenja/udarne rupe – MO - Minor damage/bump holes – MO									
	Velika oštećenja/erozija kolnika/kolotrazi – VO - Major damage/removal of pavement/ruts – VO									
	Stanje kosina iskopa/nasipa - Condition of excavation slopes									
	Bez oštećenja – BO - Without damage – BO									
	Potrebna sječa – MO - Felling required MO									
	Potrebni građevinski radovi – VO - Excavation required - VO									
	Stanje odvodnih jaraka - Condition of side ditches									
	Bez oštećenja – BO - Without damage – BO									
	Potrebno čišćenje – MO- Cleaning required - MO									
	Potrebna iskopa – VO - Excavation required – VO									
	Stanje cijevnog propusta - Condition of pipe culvert									
	Bez oštećenja – BO -Without damage – BO									
	Potrebno čišćenje – MO- Cleaning required - MO									
Potrebna gradnja – VO- Excavation required - VO										
NAPOMENA: OTHER REMARKS:										

pravokutnog oblika dužine 50 m, dok je širina bila u ovisnosti sa širinom kolnika na datoj točki. Na navedenim površinama ocjenjivani su podaci o stanju konstruktivnih elemenata šumske ceste i to kako slijedi: stanje kolnika, stanje kosina iskopa/nasipa, stanje odvodnih jaraka i cijevnih propusta uz upisivanje pripadajućih oznaka u unaprijed pripremljeni obrazac. Stanja konstruktivnih elemenata šumske ceste označavana su sa tri oznake i to: BO, MO ili VO, a ponajprije su označavale da je stanje na promatranom elementu: bez oštećenja, da postoje manja oštećenja ili postoje veća oštećenja (tablica 1).

Tehnički elementi ceste mjereni su na sljedeći način:

- Širina kolnika je mjerena mjernom vrpcom okomito na centralnu os šumske ceste na način da se mjerna vrpca razvlačila između dvije krajnje točke kolnika;
- Širina bankina mjerena je mjernom vrpcom, slično kao i širina kolnika;
- Dimenzije odvodnih kanala su mjerene ručnim metrom koji je postavljan okomito na centralnu os šumske ceste, a dubina kanala je mjerena podravnjačem na sredini širine kanala, čiji je smjer okomit na pravac mjerenja širine kolnika i bankina;
- Uzdužni nagib šumske ceste mjereno je pomoću padomjera; Zbog nejednoličnog uzdužnog nagiba u okviru 50

m, pri mjerenju se nije mogao uzeti isti razmak između profila. Zbog toga su između stacionarnih tačaka postavljane dodatne tačke, na različitim dužinama puta na kojima je nagib jednoličan. Zatim, nakon snimanja na terenu, u kancelariji je, na osnovi zbroja nagiba svih tačaka i ukupnog broja tačaka unutar intervala od 50m, izračunata vrijednost prosječnog uzdužnog nagiba za svaku diionicu puta od 50m;

- Poprečni nagib puta je mjereno pomoću ravnjače, podravnjače i libele te se računao pomoću formule:

$$i_p = \frac{\Delta H}{D} \cdot 100$$

gdje je:

- i_p – poprečni nagib puta, %
- ΔH – visina na podravnjači, m
- D – dužina ravnjače, m

Obrada podataka – Data processing

Snimljeni podaci sa GPS uređaja su prebačeni u računalo koristeći softver Mobile Mapper. Podaci su konvertirani u .shp format radi daljnjeg korištenja u QGIS programu. Daljnja obrada prikupljenih terenskih podataka vezanih za snimljenu trasu šumske ceste izrađena je u QGIS Desktop

3.22.4 (FOSS) programu, pri čemu su određene granice gospodarske jedinice, definirana struktura šuma i šumskih zemljišta te analizirana klasična otvorenost područja koje se istražuje. Potom je uslijedila obrada prikupljenih podataka u programu Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

Prema Sokolović i Bajrić (2013), klasična otvorenost šuma je broj koji u odnos stavlja dužinu mreže primarne šumske prometne infrastrukture na promatranoj šumskoj površini, najčešće ŠGP, GJ ili kategoriji šume. Klasična otvorenost računa se pomoću formule:

$$O = \frac{D}{A}$$

gdje je:

- O – otvorenost gospodarske jedinice, m/ha ili km/1.000 ha
- D – produktivna dužina javnih i šumskih cesta, m
- A – površina gospodarske jedinice na kojoj se nalazi javna ili šumska cesta, ha.

Šumske ceste koje se uzimaju u obračun za računanje otvorenosti šumske površine (prema Šikić i drugi, 1989) su:

- šumska cesta koja prolazi kroz šumu uzima se u obračun cijelom dužinom (100%),
- šumska cesta koja prolazi rubom šume ili na udaljenosti od ruba šume do 300 m, a na nju je moguć utovar, uzima se sa 50% dužine,
- šumska cesta koja dolazi okomito do ruba šume i tu završava uzima se sa dužinom od 500 m,

Područje istraživanja – *Research area*

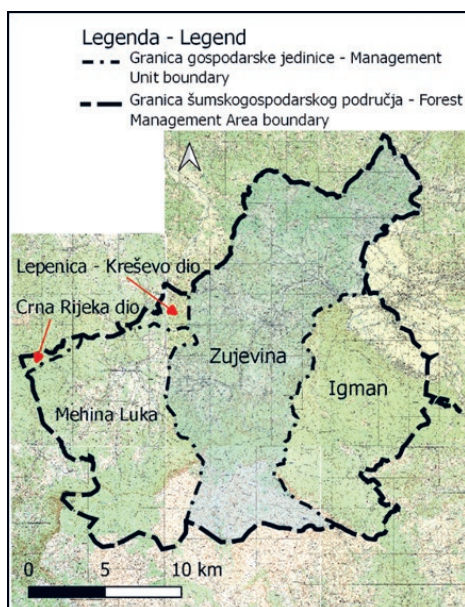
Područje istraživanja je GJ „Zujevina“ koja pripada ŠGP „Igmansko“ (slika 1) (Anon, 2014). Prema geomorfološkom

obliku, razvijenosti reljefa i konfiguraciji terena, površina „Igmanskog“ područja svrstavamo u brdsko-planinsko reljefno područje. Nagib terena usko je povezan sa svim ostalim orografskim faktorima i možemo reći da ovo područje spada u red umjereno strmih terena s gledišta nagiba terena. U hidrografskom smislu analizirano područje obiluje trajnim vodotocima, a najveće su: Krupa, Ljubovčići, Zujevina, Rakovica sa mnoštvom manjih pritoka. U orografskom smislu, izdvajaju se dvije bitno različite cjeline: brdsko-planinsko područje s nadmorskim visinama do 700 m i planinsko područje od 700 do 2.067 m nadmorske visine. Veći dio ovog područja karakterizira kontinentalna klima s izrazitim komponentama visinske klime sa dugim i ostrim zimama i toplim ljetima. Geološka građa ovog područja vrlo je složena i raznovrsna i većim dijelom pripada periodu Mezozoika. U geološkom sastavu prevladavaju područja sastavljena od vapnenca i to pretežno na padinama planine Bjelašnica, dok su na sjevernom dijelu uglavnom zastupljeni lapori, gline i pješčenjaci.

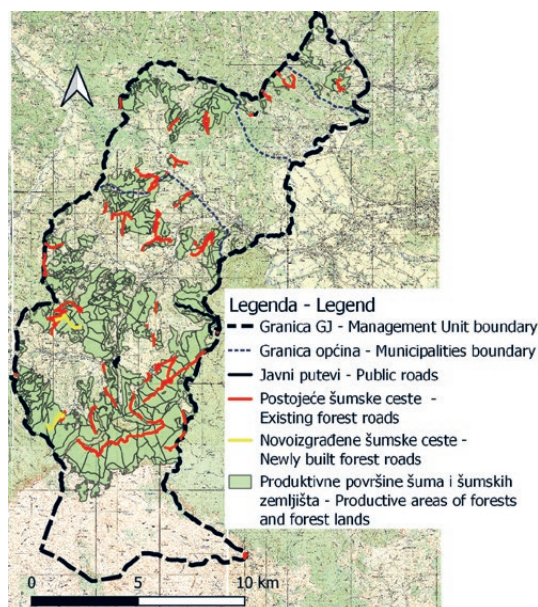
REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM RESULTS OF RESEARCH WITH DISCUSSION

Kvantiteta primarne mreže puteva u GJ „Zujevina“ – *Quantity of primary road network in the MU “Zujevina”*

Uz pomoću QGIS softvera utvrđeni su podaci o dužini šumskih cesta, njihovom prostornom rasporedu kao i granice prostornih uređajnih jedinica: ŠPP, GJ, odjela, odsjeka i dr.



Slika 1. Položaj GJ „Zujevina“ u ŠGP „Igmansko“
Figure 1. Position of the MU “Zujevina” FMR “Igmansko”



Slika 2. Gospodarska podjela GJ „Zujevina“
Figure 2. Spatial division of the MU “Zujevina”

Tablica 2. Kategorizacija primarne transportne mreže u GJ „Zujevina“**Table 2.** Categorization of the primary road network in the MU “Zujevina”

Kategorija ceste - Road category	Vrsta kolnika - Type of pavement	Dužina, km The length, km
Javne ceste - Public roads	Asfalt - Asphalt	25,06
	Makadam – Macadam	–
Šumske ceste - Forest truck roads	Asfalt - Asphalt	–
	Makadam – Macadam	61,56
Ukupno – Total		86,62

Ukupna dužina šumskih cesta u GJ „Zujevina“ je 61,56 km a dužina javnih cesta iznosi 25,06 km. Značaj kategorizacije primarne mreže cesta u nadležnosti je institucija za održavanje cesta, a jedan od zadataka im je i planiranje izvora sredstava za financiranje održavanja. Javne ceste grade i održavaju nadležne državne institucije, a gradnja i održavanje šumskih cesta je u nadležnosti šumarskih poduzeća. Prema podacima prikazanim tablici 2 vidljivo je da je najveća dužina cesta u GJ “Zujevina” izvedena s kolnikom tipa makadam i iznosi 61,56 km. Drugi, manji dio, cesta u dužini od 25,06 km izveden je s vezanim asfaltnim kolnikom, ali ovaj tip cesta cijelom svojom dužinom pripada kategoriji javnih cesta.

Novoizgrađene šumske ceste na području GJ „Zujevina“ – Newly constructed forest truck roads in the area of MU “Zujevina”

Pri realizaciji planova gospodarenja gospodarskim jedinicama propisuju se i uspoređuju realizirani planovi novogradnje i rekonstrukcije šumskih cesta u Šumskogospodarskim osnovama (ŠGO). U radu je korištena ŠGO za analizirano područje s razdobljem koje je vrijedilo od početka 2014. zaključno s krajem 2023. Godine, prema kojoj je planirana dužina za izgradnju novih cesta u dužini 4.800 m.

U posljednje vrijeme na području F BiH sve se više grade prilazne ili tzv. tehnološke šumske ceste. Jedan od mogućih razloga za navedno leži u činjenici što se projektiranje i dobivanje potrebnih suglasnosti za izgradnju tih cesta obavlja skraćanim postupkom. Drugi razlog su zasigurno niži troškovi izgradnje, koji kao posljedicu uzrokuju “lošije” vrijednosti tehničkih elemenata i vrstu vozne površine. Naime, tehnološke šumske ceste uglavnom se grade bez kolničke konstrukcije, bez odvodnih jaraka, s minimalnim brojem cijevnih propusta, te vrijednostima uzdužnih nagiba nivele do čak 10-12%. Ove šumske ceste koriste se samo za vrijeme eksploatacije drvne mase iz šumskih predjela, po suhom vremenu. Tako niski kriteriji izgradnje tehnoloških šumskih cesta predstavljaju konstantan rizik za pojavu erozije na istima, pa je ekološko gledište ovakvih cesta vrlo upitno. (Anon, 2019b).

U posljednjih 10 godina na području GJ “Zujevina” ŠGP “Igmansko” izgrađene su dvije tehnološke šumske ceste

ukupne dužine 3.020 m a to su: “Braćinac - Doljanske stijene” u dužini od 1.715 m i “Vrbice - Kraljevac” u dužini od 1.300 m, obje ceste izgrađene su na mjestima nekadašnjih traktorskih puteva. Ukoliko se u budućnosti planira rekonstrukcija traktorskih puteva u šumske ceste, treba voditi računa da uzdužni nagib ne prelazi vrijednost od 12% na kraćim dionicama, dok horizontalni elementi traktorskog puta trebaju biti prilagođeni vožnji kamionima (Jeličić, 1983). Ove tehnološke šumske ceste izgrađene su tijekom 2019. godine. Na osnovi planirane dužine za gradnju šumskih cesta, prema važećoj Šumskogospodarskoj osnovi i dužine novoizgrađenih cesta u GJ “Zujevina”, možemo zaključiti da je djelomično ispunjen plan izgradnje šumskih cesta koji iznosi 63%. Izgradnjom navedene dvije tehnološke šumske ceste otvoreni su odjeli 46, 47, 49, 55 i 56.

Na slici 2. prikazana je prostorna podjela osnovnih uređajnih jedinica GJ „Zujevina“ sa 94 odjela te ucrtanom postojećom primarnom mrežom i novoizgrađenim šumskim cestama. Utvrđeno je da produktivna površina šuma i šumskih zemljišta u GJ „Zujevina“ iznosi 6.708,4 ha, dok je ukupna dužina postojeće primarne mreže cesta 83,60 km. U posljednjih 10 godina gradnjom dvije šumske ceste ukupna dužina primarne mreže unutar gospodarske jedinice povećala za 3,02 km (tablica 3). Klasična otvorenost je izračunata na osnovi korigirane dužine primarne mreže cesta prema kriterijima Šikić i dr. (1989). Na temelju podataka iz tablice 3 zaključujemo da se klasična otvorenost GJ „Zujevina“ u posljednjih 10 godina neznatno povećala i to za 0,41 m/ha. Otvorenost gospodarske jedinice koja iznosi 9,45 m/ha nije zadovoljavajuća, jer je stupanj otvorenosti značajno manji od minimalno preporučenog stupnja otvorenosti koji iznosi 15 m/ha za kategoriju planinskih terena (Sokolović i Bajrić 2011).

Analiza tehničkih elemenata novoizgrađene šumske ceste „Braćinac-Doljanske stijene” – Analysis of technical features of the newly constructed forest truck road “Braćinac-Doljanske stijene”

Na temelju tehničkih elemenata šumske ceste prikupljenih mjerenjem na terenu, u uredu su potom izračunate minimalne, prosječne i maksimalne veličine, a podaci su predstavljeni tablicom 4.

Tablica 3. Klasična otvorenost GJ „Zujevina“**Table 3.** Forest openness of MU “Zujevina”

	Površina, ha Area, ha	Korigirana dužina cesta, m Corrected road length, m	
		Bez novoizgrađenih šumskih cesta Without newly constructed forest truck roads	Sa novoizgrađenim šumskim cestama With newly constructed forest truck roads
GJ „Zujevina“ - MU “Zujevina”	6.708,40	60.639,13	63.389,81
Klasična otvorenost, m/ha Forest openness, m/ha		9,04	9,45
	Površina, ha Area, ha	Korigirana dužina cesta, m Corrected road length, m	
		Bez novoizgrađenih šumskih cesta Without newly constructed forest truck roads	Sa novoizgrađenim šumskim cestama With newly constructed forest truck roads
GJ „Zujevina“ - MU “Zujevina”	6.708,40	60.639,13	63.389,81

Širina kolnika - Pavment width: Širina kolnika varira od 2,8 m do 4 m, s prosječnom širinom 3,24 m, što je u granicama važećih tehničkih uvjeta za kategoriju sporednih šumskih cesta (tablica 4). Minimalna širina kolnika nalazi se ispod propisanih veličina, odnosno nalazi se blizu minimalne granice propisane tehničkim uvjetima. Širina pojedinih dionica analizirane šumske ceste premašuje tehničkim uvjetima definirane širine kolnika za kategoriju sporednih šumskih cesta (3 do 3,5 m). Na osnovi obrađenih podataka vidljivo je da je na 22 profila širina kolnika unutar propisanog intervala, što čini oko 1.100 m od ukupne dužine šumske ceste. Na temelju navedenoga zaključujemo da je ova šumska cesta pogodna za odvijanje jednosmjernog prometa, zbog čega se ubraja u kategoriju sporednih šumskih cesta, a rješenje za prolazak vozila iz suprotnog smjera je osigurano postojanjem mimoilaznica na određenim dijelovima ove šumske ceste.

Širina bankina - Road shoulder width: Prosječna širina bankina na šumskom cesti „Braćinac-Doljanske stijene“ na-

lazi se u intervalu propisanih veličina važećih tehničkih uvjeta, odnosno na samoj je donjoj granici propisanog intervala (tablica 4). Jedna od funkcija bankine je održavanje stabilnosti kolnika. Na pojedinim dijelovima puta širina bankina je manja od 0,5 m, dok je registrirano kako na određenim dionicama šumske ceste, odnosno na 300 m ukupne dužine puta, bankine uopće ne postoje. Na osnovi podataka sa terena može se vidjeti da je na trećini trase šumske ceste potrebno građevinskim radovima povećati bankine do odgovarajućih veličina. To su dionice ceste gdje je širina bankine manja od 0,5 m. S obzirom da je oko 17% od ukupne dužine ceste bez bankina, potrebno je na tim mjestima istu i izgraditi. Broj dionica šumske ceste gdje širina bankine zadovoljava tehničkim uvjetima definirane veličine iznosi ukupno 19, dok na 3 dionice prelazi propisane veličine. Te proširene bankine na ovoj šumskoj cesti su iskorištene za izgradnju mimoilaznica, kako bi se osiguralo lakše odvijanje prometa.

Odvodni jarci - Side ditches: Funkcija odvodnih jaraka je prikupljanje i usmjereno vođenje vode u niže dijelove, čime

Tablica 4. Tehnički elementi šumske ceste „Braćinac-Doljanske stijene“**Table 4.** Technical features of the forest truck road “Braćinac-Doljanske stijene”

Tehnički elementi šumske ceste Technical features	Minimum Minimum	Prosječna veličina, The mean value	Maksimalno Maximum	Propisani tehnički elementi Valid technical features	Ocjena Evaluation
Širina kolnika, m – Pavment width, m	2,8	3,24	4	3 – 3,5	
Širina bankina, m – Road shoulder width, m	0	0,56	1,1	0,5 – 1	
Širina, m				0,5 – 0,75	
Odvodni jarci Width, m		Ne postoje Does not exist		0,1 – 0,15	
Dubina, m Depth, m					
Uzdružni nagib nivelete, % Slope of vertical alignment, %	0	7,18	14	do 8	
Poprečni nagib kolika, % – Crossfall slope, %	0	1,91	6	2-3	
LEGENDA LEGEND				Zadovoljava – Satisfies Nezadovoljava Dissatisfying	

se smanjuje zadržavanje vode na šumskoj cesti i sprječava štetno djelovanje na samu strukturu ceste. Odvodni kanali bitan su tehnički element šumskih cesta.

Na novoizgrađenoj šumskoj cesti "Braćinac – Doljanske stijene" odvodni jarci ne postoje (tablica 4) te zbog toga dolazi do zadržavanja vode na kolničkoj konstrukciji šumske ceste, a kao posljedica javlja se erozija gornjeg habajućeg sloja puta. Ukoliko se odvodni jarci duž šumske ceste ne održavaju u onim dimenzijama koje su predviđene projektom, dolazi do deformacija i oštećenja ceste.

Uzdužni nagib nivelete - Slope of vertical alignment: Prosječni uzdužni nagib nivelete šumske ceste „Braćinac-Doljanske stijene“ iznosi 7,18% (tablica 4). Minimalni uzdužni nagib nivelete iznosi 0% a maksimalni 14%. Pri analizi uzdužnog nagiba nivelete, sve izmjerene vrijednosti grupirane su u tri grupe: nagib 0%, nagib 0,5 do 8% i nagib preko 8% (grafikon 1). Uzdužni nagib nivelete 0% zastupljen je na 7% od ukupne dužine trase, uzdužni nagib nivelete 0,5 do 8% na 59% ukupne dužine trase, a uzdužni nagib nivelete preko 8% evidentiran je na 34% ukupne dužine trase. Prema Tehničkim propisima (Jeličić, 1957) minimalni uzdužni nagib za kategoriju sporednih šumskih cesta iznosi 0,5%, a maksimalni 8% uz mogućnost primjene uzdužnog nagiba nivelete i do 10% na kratkim dionicama puta. Značaj izbjegavanja gradnje šumske ceste bez uzdužnog nagiba nivelete navode Potočnik i drugi (2012) te iznose zaključak da je potrebno spriječiti zadržavanje oborina na kolniku, uz isticanje važnosti izgradnje sistema odvodnje dovoljnog kapaciteta da primi i na vrijeme odvede vodu s kolnika i iz tijela šumske ceste uz osiguranje njegove funkcije svim svojim profilom tokom cijele godine. Na dionicama šumske ceste gdje uzdužni nagib nivelete prelazi 8% dolazi do pojačanog djelovanja oborina u obliku oštećivanja i ispiranja kolnika, navedeni procesi posljedično mogu utjecati i na nastanak erozije kolnika (slika 7).



Grafikon 1. Udjeli grupa uzdužnog nagiba nivelete, %
Graph 1. Share of groups of slope of vertical alignment, %

Poprečni nagib kolnika - Crossfall slope: Poprečni nagib kolnika ovisi o vrsti materijala od kojeg je kolnik napravljen te uzdužnog nagiba ceste, a kreće se od 2 do 3% na pravcu, a u horizontalnim krivinama ovisi o radijusa krivine i kreće se u interval od 3 do 6% (Jeličić, 1983). Na osnovi izračunate veličine prosječnog poprečnog nagiba ceste koji iznosi 1,91% (tablica 4) i prethodno navedenih kriterija možemo zaključiti da on ne udovoljava propisanim vrijednostima, prosječna vrijednost nalazi na malo ispod donje granice intervala. Ova vrijednost poprečnog nagiba kolnika nije adekvatan pokazatelj stvarnog stanja na terenu. Odstupanje poprečnog nagiba kolnika od propisanih veličina posljedica je više čimbenika, a u konkretnom slučaju se mogu izdvojiti erozivno djelovanje vode, nedovoljno kvalitetno izgrađen gornji ustroj ceste, te nepostojanje odvodnih jaraka. Često se događa da svi ovi čimbenici djeluju istovremeno, što za posljedicu ima deformiranje kolničke konstrukcije i promjene u veličinama poprečnog nagiba kolnika.

Analiza stanja konstruktivnih elemenata novoizgrađene šumske ceste „Braćinac-Doljanske stijene“ – Analysis of the condition of the structural features of the newly constructed forest truck road "Braćinac-Doljanske stijene"

Stanje objekata odvodnje – The condition of the facilities:

Evidentirano je postojanje 5 cijevnih propusta, četiri promjera 60 cm i jedan promjera 80 cm. Na svakom cijevnom propustu izvršena je procjena stanja, a podaci su prikazani u tablici 5. Na temelju prikazanog zaključujemo da je stanje cijevnih propusta dobro, jer od ukupno pet postojećih cijevnih propusta na šumskoj cesti, četiri vrše svoju funkciju (slika 3), dok je na jednom cijevnom propustu potrebno izvršiti čišćenje ulaznog dijela, jer je začepljen ispranim materijalom (slika 4).



Slika 3. Dobro stanje cijevnog propusta
Figure 3. Good condition of the Pipe culvert



Slika 4. Začepljen ulaz cijevnog propusta
Figure 4. Buried pipe culvert entrance



Slika 5. Oštećenja na kolniku
Figure 5. Damage on the pavement



Slika 6. Erozija na kolniku ceste
Figure 6. Erosion on road pavement



Slika 7. Erozija kosina iskopa
Figure 7. Erosion of the excavation slope

Stanje kolnika – The condition of pavement: kolnik šumske ceste „Braćinac – Doljanske stijene“ je izveden od kamenog materijala tipa tucanik. Korišten je tucanik sa primjesama glinenih sastojaka, krupnoće zrna 4–6 cm kockastog oblika i oštih rubova. Zatvaranje gornje vozne površine kolnika izvršeno je dodavanjem kamena sitneži krupnoće 0–15 mm, pri čemu količina kamene sitneži iznosi 10% od debljine sloja tucanika.

Na osnovu podataka iz tablice 5 može se zaključiti da je kolnik u dobrom stanju na oko 67% ukupne površine šumske ceste. Na zamjećenim oštećenim dijelovima najzastupljenija su manja oštećenja u vidu udarnih rupa koja su evidentirana na 8 mjerenih površina odnosno na 24% od ukupne dužine šumske ceste. Veća oštećenja evidentirana su na 3 mjerene površine što čini 9% ukupne dužine šumske ceste. Na slikama 5 i 6 prikazane je kolnička konstrukcija šumske ceste „Braćinac – Doljanske stijene“ na kojoj su zamjećena veća oštećenja.

Stanje odvodnih jaraka – The condition of the side ditches: Stanje odvodnih jaraka na analiziranoj šumskoj cesti je predstavljeno tablicama 4 i 5, temeljem kojih je vidljivo da odvodni jarci na promatranoj šumskoj cesti ne postoje. Zbog nepostojanja odvodnih jaraka, oborinska voda sa okolnog terena te iz gornjih dionica ceste slijevaju se na kolnik ceste. Veća količina vode na cesti dovodi do slabljenja veza između različitih frakcija kamenog materijala, koje se razdvajaju, ispiraju i nastaju oštećenja. Na šumskoj cesti potrebno je cijelom dužinom izvršiti iskop odvodnih jaraka. Zbog nepostojanja odvodnih jaraka stanje kolničke površine na određenim dionicama je loše, jer dolazi do pojave erozije na površini kolnika uslijed nemogućnosti odvodnje vode sa ceste (slika 6).

Stanje kosina iskopa/nasipa – The condition of the excavation slope: Na osnovu dobivenih rezultata može se konstatirati da je u dužini od 1.115 m na šumskoj cesti stanje kosina iskopa/nasipa dobro (tablica 5). Na tri dion-

Tablica 5. Stanje konstruktivnih elemenata šumske ceste „Braćinac-Doljanske stijene“
Table 5. The condition of the structural features of the forest truck road „Braćinac-Doljanske stijene“

		Opis stanja – Description of the condition		
		BO	MO	VO
Stanje kolnika – The condition of pavement	Broj mjernih ploha Number of sampling plots	22	8	3
	Površina, m² – Area, m²	3.510	1.375	470
	Relativni udio, % – The share, %	67	24	9
Stanje odvodnih jaraka – The condition of side ditch	Broj mjernih ploha – Number of sampling plots	–	–	33
	Dužina šumske ceste, m – Road length, m	–	–	1.715
	Relativni udio, % – The share, %	–	–	100
Stanje kosina iskopa/nasipa – The condition of excavation slopes	Broj mjernih ploha – Number of sampling plots	21	3	9
	Dužina šumske ceste, m – Road length, m	1.115	150	450
	Relativni udio, % – The share, %	65	9	26
Stanje cijevnih propusta – The condition of pipe culvert	Broj cijevnih propusta – Number of pipe culvert	4	1	0
	Relativni udio, % – The share, %	80	20	–

Tablica 6. Troškovi sanacije šumske ceste „Braćinac– Doljanske stijene“**Table 6.** Costs of reconstruction of the forest truck road “Braćinac - Doljanske stijene”

Vrsta radova – The type of work	Ukupni troškovi, € Total costs, €	Relativni udio, % Relative share, %
Sanacija kolnika – Pavement rehabilitation	4.901,15	58,95
Sanacija kosine iskopa/nasipa – Rehabilitation of excavation slopes	870,52	10,47
Sanacija odvodnih jaraka – Rehabilitation of drainage channels	2.542,40	30,58
Ukupno – Total	8.314,07	100
Prosječno – Average	4.847,85 € / km	

ice analizirane šumske ceste zamjećena su manja oštećenja kosina iskopa/nasipa dok je na 9 analiziranih dionica uočeno veće oštećenje u vidu pojave erozije i nestabilnosti a sve kao posljedica neodgovarajućeg nagiba kosina iskopa/nasipa i nedostatka postojanja odvodnih jaraka. Izražena erozija na kosina iskopa/nasipa posljedica je djelovanja gravitacijske vode, koja je u velikoj količini prisutna na ovom području. Zbog njenog utjecaja dolazi do erozije na kosinama iskopa (slika 7) a isprani material zadržava se na voznoj površini šumske ceste. Na takvim dionicama šumske ceste neophodno je građevinskim radovima sanirati štete, te spriječiti daljnje propadanje.

Održavanje šumske ceste “Braćinac – Doljanske stijene” – *Maintenance of forest truck road “Braćinac – Doljanske stijene”*

Analizom stanja šumske ceste „Braćinac – Doljanske stijene“ zaključujemo da su određeni tehnički i konstruktivni elementi kao i objekti na cesti u dobrom stanju, što je i očekivano s obzirom da je šumska cesta tek izgrađena i nije korištena pri radovima pridobivanja drva. S druge strane, određeni elementi ne zadovoljavaju propisane kriterije, kao što je nepostojanje odvodnih jaraka i veliki uzdužni nagib nivelete na određenim dionicama šumske ceste. Iako nisu svi elementi u najboljem stanju, ovom šumskom cestom moguć je transport drvene mase tj. njome je omogućeno kretanje mehanizacije potrebne za rad u šumi. To je moguće zbog činjenice što ovu šumsku cestu odlikuje dovoljna širina kolnika za prolazak kamiona i ostale mehanizacije, uz postojanje nekoliko mimoilaznica. Osim toga kolnik nije oštećen u velikoj mjeri, odnosno na njemu nisu prisutna oštećenja koja bi ometala nesmetano odvijanje prometa. Mjestimično su prisutna oštećenja kolnika u vidu erozija, udarnih rupa i kolotruga, prije svega zbog nepostojanja odvodnih jaraka, odnosno zbog zadržavanja i otjecanja vode po kolniku. Ipak, ne treba zanemariti navedena oštećenja, budući da može doći do progresije propadanja šumske ceste. Kako na određenim dionicama šumske ceste uzdužni nagib nivelete nije zadovoljavajući zamjećene nedostatke potrebno je sanirati radi sprečavanja većih ekoloških šteta (bujice i režim voda) te s ciljem produženja vijeka trajanja šumske ceste. Na osnovi stanja konstruktivnih elemenata prikazanih u tablici 5, izrađene su mjere za sanaciju, te pred-

viđena sredstva rada i izračunat obim građevinskih radova. Izravni troškovi sanacije su izračunati na osnovi cjenovnika i normi rada mehanizacije koja se koristi prilikom održavanja šumskih cesta, koji su preuzeti iz K.J.P. “Sarajevo - šume“ (tablica 6). Najveći udio troškova otpada na sanaciju kolnika, za koji treba uložiti nešto više od polovice novčanih sredstava predviđenih za sanaciju, odnosno 59% od ukupnih troškova. 30,58% novčanih sredstava potrebno je izdvojiti za sanaciju odnosno izgradnju odvodnih jaraka i 10,47% za sanaciju planiranih kosina iskopa/nasipa. Pri računanju ukupnih troškova sanacije, troškovi sanacije cijevnih propusta nisu uzeti u obračun, jer se radi o čišćenju ulaznog dijela kod samo jednog propusta. Ukupni troškovi sanacije šumske ceste “Braćinac – Doljanske stijene“ iznose 8.314,07 €, a troškovi sanacije po kilometru šumske ceste iznose 4.847,85 €.

ZAKLJUČNA RAZMATRNJA CONCLUSIVE CONSIDERATIONS

U okviru GJ “Zujevina” u posljednjih 10 godina izgrađene su dvije šumske ceste s kolnikom tipa macadam, a to su “Braćinac - Doljanske stijene” u dužini od 1,72 km i “Vrbice - Kraljevac” u dužini od 1,3 km. Klasična otvorenost gospodarske jedinice s novoizgrađenim šumskim cestama iznosi 9,45 m/ha i nije na zadovoljavajućoj razini, jer je znatno niža od klasične otvorenosti koja se preporučuje za ovaj tip reljefnog područja, a to je 15 m/ha.

Analiza kvalitete novoizgrađenih šumskih cesta izrađena je za šumsku cestu “Braćinac – Doljanske stijene”. Na osnovi mjerenja tehničkih elemenata ceste može se zaključiti da su prosječna širina kolnika i širina bankina u intervalima propisanih tehničkih značajki. Izmjereni uzdužni nagib nivelete u skladu je sa Tehničkim značajkama na 59% ukupne dužine šumske ceste. Na 7% ukupne dužine ceste izmjeren je uzdužni nagib nivelete 0%, a na 34% ukupne dužine šumske ceste izmjeren je uzdužni nagib nivelete veći od 8%, što predstavlja odstupanje uzdužnog nagiba nivelete u odnosu na veličine propisane tehničkim uvjetima. Prema Tehničkim uvjetima minimalni uzdužni nagib ne bi smio biti manji od 0,5% radi nesmetane odvodnje. Maksimalni uzdužni nagib nivelete za kategoriju sporednih šumskih cesta propisan tehničkim uvjetima ne smije iznositi više od 10% i to na kraćim dionicama. S obzirom da je prekoračenje uzduž-

nog nagiba evidentirano na 34% od ukupne dužine šumske ceste, jasno je da se radi o dužini većoj od propisane, a ne o kratkim dionicama kao što je propisano i dozvoljeno Tehničkim uvjetima.

Na analiziranoj novoizgrađenoj šumskoj cesti nisu izgrađeni odvodni jarci, zbog čega oborinska voda nesmetano otječe po površini kolničke konstrukcije pa je kvaliteta kolničke površine na određenim dionicama loša, jer dolazi do pojave erozije na gornjem ustroju šumske ceste. Prema Tehničkim propisima za šumske ceste s kolničkom konstrukcijom neophodno je postojanje odvodnih jaraka koji se u normalnom poprečnom profilu zasjeke postavljaju samo sa strane iskopa, u normalnom poprečnom profilu usjeka s obje strane, dok u normalnom poprečnom profilu nasipa mogu biti ili samo s jedne ili sa obje strane, što uvelike ovisi o terenskim uvjetima.

Snimanjima kosina iskopa/nasipa zaključujemo da postoje dionice, na 9% od ukupne dužine šumske ceste, na kojima je potrebno izvesti sječu i čišćenje te dionice, na 26% od ukupne dužine šumske ceste, na kojima su potrebni građevinski radovi radi prilagođavanja nagiba kosina iskopa/nasipa građevinskoj kategoriji materijala u kojoj su izgrađene.

Analiziranjem konstruktivnih elemenata dobiveni su podaci koji pokazuju da je 67% površine kolnika bez oštećenja, na 24% površine zabilježena su manja oštećenja, dok su na 9% od ukupne površine kolnika evidentirana veća oštećenja.

Od ukupno pet cijevnih propusta, četiri cijevna propusta neometano obavljaju svoju funkciju dok je na jednom potrebno izvršiti čišćenje ulaznog dijela.

S obzirom da su mjerenja na terenu provedena samo godinu dana nakon izgradnje analizirane šumske ceste i prije većih radova vezanih za transport drvnih sortimenata, a koji se planiraju za predstojeći period, bilo bi interesantno obaviti ista ovakva mjerenja na cesti nakon toga te usporediti rezultate.

Generalno možemo zaključiti da rezultati o tehničkim elementima i stanju novoizgrađene šumske ceste pokazuju nisku kvalitetu izgradnje uz nepridržavanje tehničkih propisa, što za posljedicu ima ubrzano propadanje šumske ceste čak i u slučaju kada se na njoj ne odvija intenzivniji promet. Osim toga, oštećenja koja su evidentirana na šumskoj cesti mogu se pripisati i utjecaju pojačanih oborinskih voda koje se kao rezultat globalnih klimatskih promjena javljaju sve češće. Prema dobijenim rezultatima može se zaključiti da gradnja šumske ceste bez ispunjavanja nekih ili većeg broja potrebnih elemenata dovodi do ubranog propadanja, čime se umanjuje početna vrijednost, stvara mogućnost za negativne ekološke posljedice i dovodi u pitanje mogućnost dugogodišnjeg korištenja šumske ceste. Navedeno svakako treba imati u vidu prilikom projektiranja tehničkih i konstruktivnih elemenata šumskih cesta koji se planiraju graditi u budućnosti.

LITERATURA REFERENCES

- Anon 2004: Zakon o šumama F BiH („Službene novine FBiH“, broj: 20/02, 29/03 i 37/04).
- Anon 2014: Revizija šumskogospodarske osnove za „Igmansko“ šumskogospodarsko područje, Period važnosti 01.01.2014. do 31.12.2023. godine, Sarajevo,
- Anon 2019a: Informacija o gospodarenju šumama u F BiH za 2019. godinu i planovi gospodarenja za 2020. godinu https://fmpvs.gov.ba/wpcontent/uploads/2020/09/informacija-o-gospodarenju-sumama-2019-2020_28aug2020.pdf; 14.02.2023.
- Anon 2019b: Master plan šumske transportne infrastrukture FBiH, <https://fmpvs.gov.ba/wp-content/uploads/2017/Sumarstvo-lovstvo/Sumarski-program/Master-Plan-nacrt-sumarstvo.pdf>, 14.02.2023.
- Anon 2019c: Projekat izgradnje protivpožarnog puta „Bračinac – Doljanske stijene“ 2019: K.J.P. “Sarajevo – šume” d.o.o. Sarajevo.
- Anon 2019d: Projekat izgradnje protivpožarnog puta „Vrbice – Kraljevac“, K.J.P. “Sarajevo – šume” d.o.o. Sarajevo.
- Bug Day, E., Akay, A., E. 2019: Evaluation of forest road network planning in landslide sensitive areas by gis-based multi-criteria decision making approaches in Ihsangazi watershed, Northern Turkey, *Šumarski list*, 7–8, pp. 325–336.
- Dodson, E., M. 2021: Challenges in Forest Road Maintenance in North America, *Croatian Journal of Forest Engineering* Vol. 42, No. 1, pp. 107-116
- Hribernik, B., Potočnik, I. 2006: Sedanje stanje gozdnih cest kot rezultat preteklega gospodarjenja, *Zbornik gozdarstva in lesarstva* 81 pp. 83 - 89
- Jeličić, V. 1957: Privremeni tehnički propisi za projektovanje šumskih puteva u BiH, *Službeni list FNRI* br. 41.
- Jeličić, V. 1969: Ekonomski aspekti optimalne strukture mreže šumskih komunikacija u uslovima mehanizacije radova u gospodarskoj jedinici Staretina-Golija-ŠIP “Šator”, Glamoč
- Jeličić, V. 1981: Projekt unapređenja šumarstva u SR Bosni i Hercegovini, Jugoslavija, *Izgradnja šumskih puteva, Šipad – IRC – OOUR “Silva” Institut za istraživanje i projektovanje u šumarstvu i Šumarski fakultet*, str. 1-97.
- Jeličić, V. 1983: Šumske ceste i putevi, *Samoupravna interesna zajednica odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb*, str. 1-193.
- Kobayashi, R., Watanabe, I., Aruga, K. 2022: Analyses of Forest Road Damages over the Past 19 Years Using Rainfall Evaluation with Return Periods in Gunma Prefecture, Japan, *Environmental Sciences Proceedings* Np 22, 58. <https://doi.org/10.3390/IECF2022-13078>;
- Pentek, T, Poršinsky, T. 2012: Forest Transportation Systems as a Key Factor in Quality Management of Forest Ecosystems. *Forest Ecosystems – More than Just Trees / Blanco, Juan A.; Lo, Yueh-Hsin (ur.)*. Rijeka: InTech: pp. 433–464
- Pentek T., Nevečerel H., Ečimović, T., Lepoglavec, K., Papa, I., Tomašić, Ž. 2014: Strategijsko planiranje šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj – raščlamba postojećeg stanja kao podloga za buduće aktivnosti, *Nova mehanizacija šumarstva*, pp. 63-78 Zagreb
- Potočnik, I., Ljubojević S., Petković, V., Marčeta, D. 2012: Troškovi održavanja šumskih kamionskih puteva, *Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banja Luci* br 16, str. 77-89

- Potočnik, I., Poje, A. 2013: Maintenance of forest roads, Integrated Rural Road Network Re-engineering- IRRNR, Jezersko, Slovenija
- Pičman, D. 2007: Šumske prometnice, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Sokolović, Dž., Bajrić, M. 2008: Planiranje mreže šumskih puteva, Naše šume, 12-13, Sarajevo, pp. 25 – 32.
- Sokolović, Dž., Bajrić, M. 2011: Studija – Šumska transportna infrastruktura, Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, [https://fmpvs.gov.ba/wp-content/up-](https://fmpvs.gov.ba/wp-content/uploads/2017/Sumarstvo-lovstvo/Sumarski-program/12-Sumska-transportna-infrastruktura.pdf)
- loads/2017/Sumarstvo-lovstvo/Sumarski-program/12-Sumska-transportna-infrastruktura.pdf
- Sokolović, Dž., Bajrić, M. 2013: Otvaranje šuma, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, pp 1-250.
- Sokolović, Dž. 2018: Šumska transportna infrastruktura, Univerzitetski udžbenik, Šumarski fakultet Sarajevo, Sarajevo, str. 1-209.
- Šikić, D., Babić, B., Topolnik, D., Knežević, I., Božičević, D., Švabe, Z., Piria, I., Sever, S. 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste, Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb.

SUMMARY

Forest truck roads are permanent buildings that require certain kind of quality and standard for its building. Due to lack of financial resources, the quality of newly constructed forests truck roads in FBiH is becoming weaker with time.

The aim of this paper is determination of quantitative and qualitative features of newly constructed forest truck roads in the last 10 years in the area of the Management Unit (MU) “Zujevina”, Forest Management Region (FMR) „Igmansko“. The analysis of newly constructed forest roads was performed on the basis of data obtained by field measurements, which were then processed in the office and compared with the features prescribed by the Technical Regulations. In the last 10 years, two forest roads with macadam-type carriageway were built within the MU “Zujevina”, which increased the absolute accessibility of the management unit, which now amounts to 9.45 m/ha and is significantly lower than the accessibility recommended for such areas and that is 15 m/ha.

By analyzing the technical and constructive features of the newly constructed forest road “Braćinac - Doljanske stijene”, it can be concluded that the average width of the road and the road shoulder width are within the intervals of the prescribed values.

In the length of 41% of the total length of the road, this road is characterized by deviations of the slope of vertical alignment in relation to the prescribed values. On 59% of the total length of the road, the measured longitudinal slope is in accordance with the Technical Regulations.

Side ditches were not built on the analyzed forest road, which is reason why atmospheric precipitation flows on the road surface, so in certain sections the quality of the road surface is poor and erosion occurs on the upper layer of the road.

The average cross slope of the road does not meet the prescribed values for that element. From the recordings of the cut slopes, we conclude that there are sections, about 9% of the total length of the road, which need to be cut, and sections in the length of 26% of the total length, which require construction work in order to adjust the slope of the cut slopes to the category of material in which they were built.

Analyzing the structural features, we obtained data showing that 67% of the pavement surface is undamaged, minor damage was recorded on 24%, while major damage was recorded on 9% of the total surface of the road.

Out of a total of five pipe culverts, four pipe culverts perform their function without interruption, while one needs cleaning of the entrance.

Field measurements were made only one year after the construction of the forest pavement and before the transport of wood assortments from the department that opens the road. The obtained results show that the low quality of construction and non-compliance with technical regulations results in accelerated deterioration of the road.

The damage recorded on the road can be attributed to the impact of increased atmospheric precipitation, which as a result of global climate change is becoming more frequent and should be taken into account when projecting and building forest truck roads.

KEY WORDS: forest truck roads, technical and constructive features, road maintenance

APPLICABILITY OF DIFFERENT REGRESSION MODELS FOR ESTIMATION OF MERCHANTABLE WOOD VOLUME OF SESSILE OAK (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

PRIMJENJIVOST RAZLIČITIH MODELA REGRESIJE ZA PROCJENU VOLUMENA KRUPNOG DRVA STABALA HRASTA KITNJAKA (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) U BOSNI I HERCEGOVINI

Vojislav DUKIĆ¹, Srđan BILIĆ², Danijela PETROVIĆ³, Goran JOVIĆ⁴

SUMMARY

In Bosnia and Herzegovina, there are tariff tables used for estimating the volume of sessile oak trees in high forests, which were created on the basis of two-entry volume tables for oak trees from the area of Germany, authored by Schwappach in 1905. There are indications that the application of the aforementioned tariffs in forest management practice results in certain differences in the estimated amount of merchantable wood volume compared to the real situation. The material for creation of volume tables was the data concerning the measurement of 2,413 model trees in different habitat and stand conditions. A large number of widely used regression models was tested to equalize the volume of merchantable wood volume as a dependent variable in terms of the diameter at breast height and height of the tree as independent variables. Regression models such as Schumacher-Hall and Spurr II provide satisfactory accuracy, that is, they can be used to estimate the merchantable wood volume of sessile oak trees in high forests (pure and mixed) in the territory of Bosnia and Herzegovina, with a permissible deviation. By introducing the third variable into the model, diameter at seven meters height, the accuracy of the tree volume estimation increases significantly, but due to the significant increase in the volume of work on collecting the necessary data, this model is not suitable for use in forest inventories.

KEY WORDS: sessile oak, Smalian's formula, merchantable wood volume, regression model, nonlinear regression

INTRODUCTION

UVOD

Volume tables have been used to estimate the volume of standing trees since the second half of the 18th century. The

first volume tables were made by Cotta for birch in Germany, back in 1804 (Clark 1902). The first modern volume tables were the Bavarian tables published in 1846, which, according to Emrović (1960), proved to be usable not only

¹ Prof. dr Vojislav Dukić, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, Bulevar vojvode Stepe Stepanovica 75 a, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, corresponding author, e-mail: vojislav.dukic@sf.unibl.org

² Srđan Bilić, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, Bulevar vojvode Stepe Stepanovica 75 a, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

³ Dr. Danijela Petrović, University of Banja Luka, Faculty of Forestry, Bulevar vojvode Stepe Stepanovica 75 a, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

⁴ Dr. Goran Jović, PFE Forests of the Republic of Srpska, Romanijska 1, 71350 Sokolac, Bosnia and Herzegovina

in Bavaria, but also in other parts of Germany and neighboring countries. From that time, the wider application of volume tables in forestry practice begins. The Association of German Forest Research Institutes adopted a plan on the basis of which new tables were created, starting from model trees felled throughout the whole of Germany in pure and even-aged forests (Grundner and Schwappach 1922).

In previous periods, the volume tables have been made by means of graphical or analytical method in the form of hardcopy tables, and now the tables are made exclusively analytically in the form of regression equations. According to Laar and Akca (2007), an early volume equation was introduced during the 1930s by Schumacher and associates. Especially since the 1960s, when computers became readily available to allow regression analyses to be carried out, forest scientists have developed many volume functions for various tree species in many parts of the world, and they continue to do so (West 2009). Zianis et al. (2005) gave a detailed overview of the equations that were developed to estimate the volume and biomass of trees in Europe. The determined number of obtained equations for biomass estimation was 607, and 230 for tree volume estimation. They stated that a relatively small number of equations had been developed for southern Europe, to which Bosnia and Herzegovina belongs.

Until now, measuring the volume of trees directly using conventional tools has been impossible. However, with the advancements made in technologies such as terrestrial laser scanners (TLS) over the past decade, this has changed. TLS has evolved from experimental tools to established instruments in forest mensuration, offering the potential to measure tree volume directly (Calders et al. 2020; Demol et al. 2022; Abegg et al. 2023; An and Froese 2023).

A relatively small number of volume tables have been developed for the territory of Bosnia and Herzegovina. In the previous period, two-entry volume tables for Norway spruce and silver fir have been made, as well as tariff tables and two-entry volume tables for estimating the volume of trees (European beech, sessile oak, common hornbeam and manna ash) in coppice forests. (Drinić et al. 1990). In recent times, tariff tables for estimating the volume of oak and beech in coppice forests in Bosnia and Herzegovina (Koprivica and Maunaga 2004, 2004a), and two-entry volume tables, for estimating the merchantable wood volume of spruce trees in the area of Canton 10 in the Federation of Bosnia and Herzegovina, have been created in the form of functions (Balić et al. 2020).

In Bosnia and Herzegovina, tariff tables are used to estimate wood volumes during the preparation of forest management plans and implementation of annual felling plans (Drinić et al. 1990). Tariff tables that are applied in practice contain tabulated quantities for which parameters of mathe-

matical models of equalization functions are not known because they are mostly obtained by graphical equalization. Furthermore, the measures of reliability of volume estimation are not known. According to Balić et al. (2020) there are indications that the application of the aforementioned tariff tables in forest management practice in Bosnia and Herzegovina results in certain differences in the amount of wood mass of merchantable wood in relation to the actual state of those volumes.

According to the data of the second national forest inventory (2006–2009) in Bosnia and Herzegovina, the total area of forests and forest land is 3,231,000 ha, and the area of sessile oak forests (high and coppice forests) is 356,000 ha (Čabaravdić et al. 2016). In the Republic of Srpska, the area of sessile oak forests is 257,600 ha, or 70% of the total area of these forests in Bosnia and Herzegovina. Of that area, high forests cover only 76,900 ha or 30% (Dukić 2014). For the purpose of estimating the volume of oak trees in high forests, there are tariff tables (Drinić et al. 1990) used, which were created on the basis of two-entry volume tables for oak from the area of Germany authored by Schwappach from 1905 (Schwappach 1905; Grundner and Schwappach 1922), that is, tariff tables were made based on the constructed site index curves for the area of Bosnia and Herzegovina (Vukmirović 1963) and the aforementioned two-entry volume tables for the area of Germany. Tariff tables for other main types of trees (silver fir, Norway spruce, European beech, Scots pine and Austrian pine) were created in the same way. No data or written traces were found that show the applicability of the aforementioned two-entry volume tables in our conditions. The German tables do not differentiate between sessile oak and pedunculate oak, that is, they show the volume for both tree species. According to Špiranec (1975), given that the above tables were created by measurements on felled trees from pure, even-aged stands, it has been noticed long since that the above tables do not correspond to our stands (for the area of Croatia), and the need to create our tree-volume tables is evident. In particular, it is important to emphasize that in Bosnia and Herzegovina the sessile oak dominantly occurs in uneven-aged and mixed stands, in contrast to Croatia and Germany. The management of sessile oak forests in Bosnia and Herzegovina is atypical and is characterized by selection cuttings.

The issue of volume tables that are in use is always a topical one, which must be given special attention, that is, work on checking existing and creating new tables must be a continuous activity. Based on that, according to the methodology introduced by Danilović et al. (2013), the collection of data for the production of volume and assortment tables for sessile oak was started. Volume tables are made by tree species, considering the fact that the ecological conditions and silviculture treatment of the stand affect the shape of the

tree for each type of tree tables are made for a smaller or larger part of the area and for silvicultural systems. The goal of this research was to obtain regression models that can be efficiently used to estimate the merchantable wood volume in high forests (pure and mixed) in the territory of Bosnia and Herzegovina, with a permissible deviation. According to Balić et al. (2020), volume values in the tables as such are not suitable for automated computer data processing, so for these reasons, there is a need to find mathematical models for estimating the tree volume.

MATERIAL AND METHODS

MATERIJAL I METODE

The starting material for the creation of the tables was measurement data of model trees in 2020 and 2021 in different sites and stands conditions. The measurement of model trees was carried out by trained teams composed of forestry workers (chainsaw operator) and forestry engineers. On site, after determining the data that spatially determines the selected tree (Forest management area, forest management unit, compartment, etc.) and measuring diameter at breast height, the tree was felled. After felling, the branches were

pruned and sectioned, and then the measurement of the following parameters was made: the height of the stump, the total length of the trunk, the length of the clean trunk, that is, the length to the beginning of the tree crown (base of the live crown), and the length of the trunk to the spot with a diameter of 7 cm. The trunks were measured by being subdivided into sections (section-wise measurements) with a fixed length of 1.0 m along the entire trunk of the tree, by measuring two mutually perpendicular diameters (d_{i1} and d_{i2}) with millimeter precision (over bark). Smalian's formula was used to determine the volume of the trunk (v_{trunk}). The volume of the branches ($v_{large\ branches}$) was determined as the sum of the volumes of individual pieces ($v_{large\ branch}$) whose volume was determined using simple Huber's formula (Banković and Pantić 2006; Pranjić and Lukić 1997). Smalian's formula in this case gives accurate volumes due to the small length of the section. According to Kershaw et al. (2016), Smalian's formula should not be used unless it is possible to measure sections of the tree in short lengths (maximum lengths of about 1 m). For longer lengths, such as 3 or 6 m, Newton's or Huber's formula will give more accurate results. The volume of the top end (v_t), that is the last section shorter than one meter, was determined by

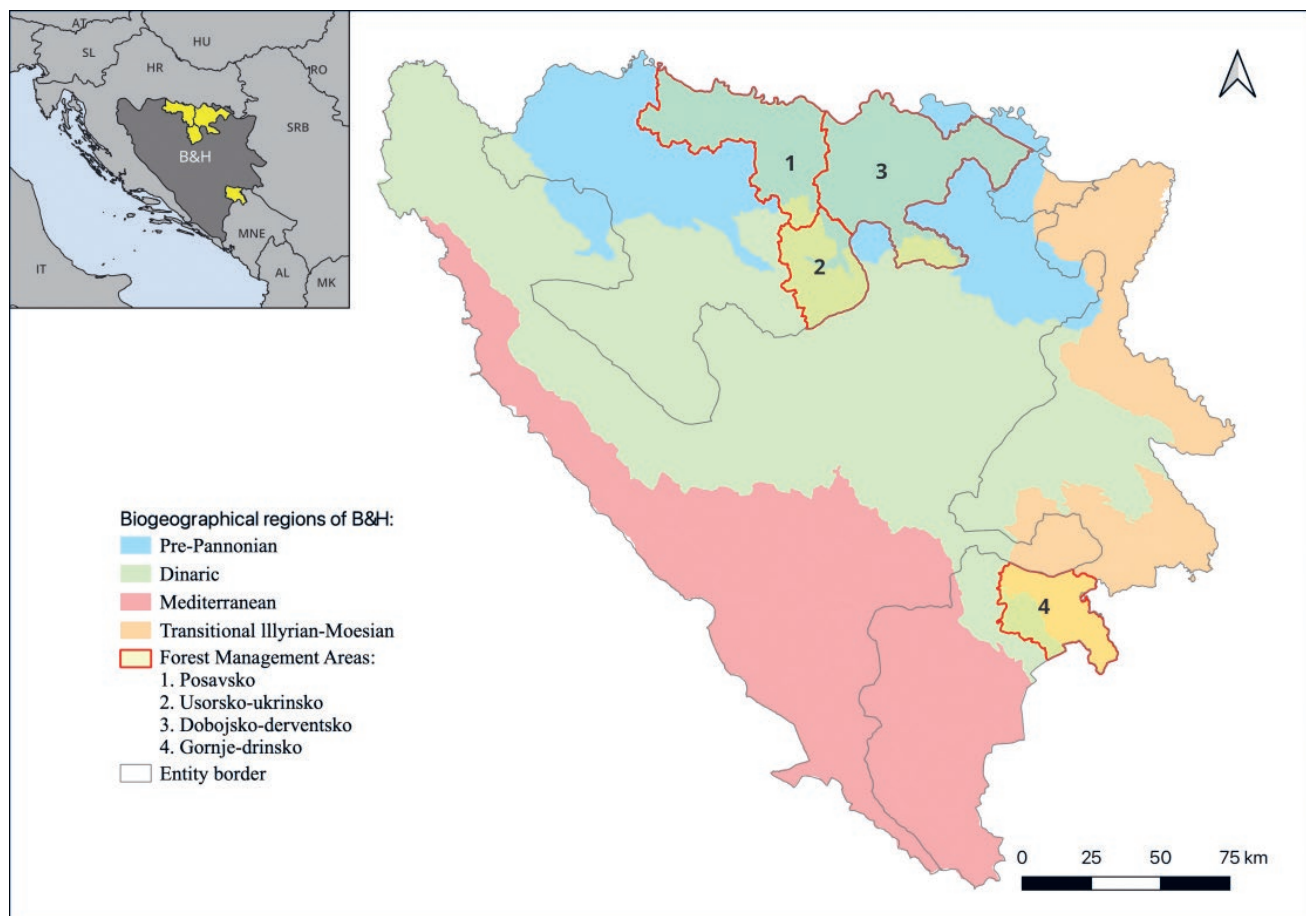


Figure 1. Research area
Slika 1. Područje istraživanja

applying Smalian's formula. The real merchantable wood volume of the tree (v_r) is obtained by summing the volume of the trunk and large branches.

$$v_r = v_{trunk} + v_{large\ branches}$$

$$v_{trunk} = l \cdot \left(\frac{g_0 + g_n}{2} + g_1 + g_2 + \dots + g_{n-1} \right) + v_t$$

– Smalian's formula/trunk subdivides into n sections (wood + bark)

$$v_t = \frac{g_n + 0,0033}{2} \cdot l_t \quad \text{– Smalian's formula}$$

$$v_{large\ branches} = \sum_{i=1}^n v_{large\ branch} \quad (\text{wood} + \text{bark})$$

$$v_{large\ branch} = g_{1/2} \cdot v_{large\ branch} \quad \text{– Huber's formula}$$

Note: $g_0, g_1, g_2, \dots, g_n$ is a cross-sectional area at the lower and upper end (m^2); $g_{1/2}$ is cross-sectional area at the midpoint; 0.0033 is a cross-sectional area for a diameter of 7 cm (m^2); l is a section length ($l = 1$ m); l_t is the length of top section; v_r is the real merchantable wood volume of tree (m^3); v_{trunk} is the volume of the trunk (m^3); v_t is the volume of top section (m^3) and $v_{large\ branches}$ is the volume of part of the branches (m^3).

Before processing the data, a detailed analysis of the sample was undertaken, checking each tree individually. The trees without visible damage are considered for modeling volume tables. The trees with severely deformed trunks and forked trees are not considered for modeling. In addition to logical control of data, visual control based on the photos of trees and the methods of statistical analysis were also used. After the first stage of sample control, the data was entered into the created database in Excel. Logical control of the entered measurement data was carried out and the necessary corrections were made. In the end, a final sample of 2,413 trees was obtained for the development of regression models.

Model trees for the creation of regression models were felled in the following forest management areas: „Posavsko“, „Dobojsko-derventska“, „Usorsko-ukrinska“ and „Gornjedrinska“. In the aforementioned forest management areas, the trees were felled in 19 stands or sub-compartments, which were distributed in 7 forest management units (Figure 1). With a focus on the distribution of oak forests, it is evident that the sample is representative in terms of the spatial distribution of model trees.

When it comes to management classes or types of forests, there are three types of forests in the aforementioned areas (Table 1):

– Forest type A: High sessile oak and European beech forests on deep acidic brown and ilimerised soils on acidic silicate and silicate-carbonate rocks,

– Forest type B: High sessile oak forests on deep soils on peridotite and serpentinite, and

– Forest type C: High sessile oak forests on predominantly deep distric brown soils on limestone and dolomite.

According to the chemical composition of the bedrock and the reaction of the soil, there are both acidophilic and basophilic sessile oak forests in the aforementioned areas. It can be concluded that the sample is not completely representative when the data is compared with the typological classification of forests in Bosnia and Herzegovina (Stefanović et al. 1977), because trees from mixed sessile oak and Scots pine forests are missing.

Table 1 also shows the distribution of the number of model trees by altitude. The distribution of model trees by altitude coincides with the distribution of high forest areas by altitude according to the data of the state forest inventory in the period from 2006 to 2009, according to Dukić (2014).

According to Laar and Akca (2007), the standard volume table uses both diameter at breast height and tree height as table entries. Several studies, however, indicate that the addition of a third predictor variable, such as a height above the ground of the base of the live crown (Nåsslund 1947) or stem diameter at 30% of the tree height (Pollanschütz 1965) or at a height of 7m (Winzeler 1986) reduces the amount of unexplained variation and makes it possible to estimate the tree volume more accurately. A larger number of independent variables ensures greater accuracy of the data in the tables, but also complicates their practical application. A large number of models have been tested that has a wide application for equalizing the merchantable tree wood volume as a dependent variable in terms of a diameter at breast height and height of the tree as independent variables [1-6]. In addition to the two-entry models, three three-entry models were tested, namely the model [7] for equalization of the merchantable oak wood volume depending on diameter at breast height, tree height, and diameter at seven meters high used in Switzerland, and two models [8-9] for equalization of the merchantable wood volume of trees depending on diameter at breast height, the height of the tree, and a height above ground at the base of the live crown

Table 1. Distributions of the number of model trees by type of forest and by altitude

Tablica 1. Distribucija broja modelnih stabala po tipovima šuma i po nadmorskoj visini

Number of model trees/Broj modelnih stabala			
Type of forest/Tip šume			
A	B	C	Total/Ukupno
1218	329	866	2.413
Altitude/Nadmorska visina (m)			
do 300	od 300 do 600	preko 600	Total/Ukupno
962	585	866	2.413

Table 2. Regression models for merchantable wood volume estimation.**Tablica 2.** Regresijski modeli za procjenu volumena krupnog drveta

No Br.	Model name Naziv modela	Mathematical form of the model Matematički oblik modela	No. of coefficient Br. koeficijenta
Two predictor variables/Dvije prediktorske varijable			
[1]	Schumacher-Hall	$v = a_0 + d_{1.3}^{a_1} h^{a_2}$	3
[2]	Meyer	$v = a_0 + a_1 d_{1.3} + a_2 d_{1.3} h + a_3 d_{1.3}^2 + a_4 d_{1.3}^2 h$	4
[3]	Spurr I	$v = a_0 + a_1 d_{1.3}^2 h$	2
[4]	Spurr II	$v = a_0 (d_{1.3}^2 h)^{a_1}$	2
[5]	Takata	$v = (d_{1.3}^2 h) / (a_0 + a_1 d_{1.3})$	2
[6]	Newham	$v = a_0 + a_1 d_{1.3}^{a_2} h^{a_3}$	2
Three predictor variables/Tri prediktorske varijable			
[7]	Swiss NFI	$v = a_0 + a_1 d_7^2 h + a_2 d_{1.3}^2 + a_3 d_{1.3}^3 + a_4 d_{1.3}^3 h$	5
[8]	Eriksson	$v = a_0 d_{1.3}^2 + a_1 d_{1.3}^2 h + a_2 d_{1.3} ch + a_3 d_{1.3} h + a_4 h + a_5 d_{1.3}^3$	6
[9]	Johansson	$v = a_0 + d_{1.3}^{a_1} + h^{a_2} + ch^{a_3}$	4

Note: $d_{1.3}$ is diameter at breast height/promjer na prsnoj visini (cm); d_7 is diameter at 7 meter height/promjer na 7 metara visine (cm); h is height/visina (m); ch is height above ground at the base of the live crown/visina iznad tla do baze krošnje (m); $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ are parameters to be estimated in this study/parametri koji se procjenjuju u ovoj studiji.

(Schumacher and Hall 1933; Meyer 1941; Newnham 1967; Spurr 1952; Laar and Akça 2007; Pranjić and Lukić 1997; Takata 1958; Emrović 1960; Banković and Pantić 2006; Kaufmann 2001; Eriksson 1973; Johansson 2005). The tested models are shown in Table 2.

To compare and analyze the usability of regression models, the criteria (Draper and Smith 1997; Wackerly et al. 2008; Chicco et al. 2021; Burnham and Anderson 2002; Symonds and Moussalli 2011) shown in table 3 were used. In addition to the criteria listed in table 3, the significance of the differences were tested using the paired sample t -test (the dependent sample t -test) between the real and estimated merchantable wood volumes of the trees, by diameter classes and in total. The percentages of deviations estimated from the real volumes by diameter classes and in total were determined as an important indicator of the applicability of the model, according to the formula (Bruce 1920, according to Pranjić and Lukić 1997):

$$p\% = \frac{v_f - v_r}{v_f} \times 100$$

v_f - tree volume estimated by function

v_r - real tree volume

RESULTS AND DISCUSSION REZULTATI I RASPRAVA

The diameter at breast height ($d_{1.3}$) ranged from 10.15 to 79.60 cm and height (h) from 8.38 to 38.65 m. Based on the distribution of trees, according to diameter classes (5-centimeter-wide diameter classes), it can be stated that there is a relatively small number of trees that are thicker than 70 cm. In other diameter classes, the number of trees is greater than 100, that is, in the interval from 111 to 316, with an average of 200 trees. According to Banković and Pantić (2006), based on some research (Germany, Czech Republic, Slovakia, Romania, Russia...), it was concluded that the optimal number of measured trees in each diameter class should not be less than 100 and more than 350. This is completely fulfilled, except in the highest diameter classes (> 70 cm). Based on the forest inventory data on large areas in Bosnia and Herzegovina (2006 - 2009), it is evident that there is a relatively small number of sessile oak trees with a thickness of 70 cm to 80 cm in high forests, which is expected, considering the way of management. The real volume of trees is in the interval from 0.04 to 8.99 m³. The variation of tree volume as a dependent variable is significantly greater than the variation of diameter at breast height, diameter at 7 meters height, crown height above ground, and tree

Table 3. Criteria for regression models comparison.**Tablica 3.** Kriteriji vrednovanja različitih regresijskih modela

No Br.	Criterion Kriterij	Formula Jednadžba	Optimum value Optimalna vrijednost
1.	Absolute mean error Srednja apsolutna greška (MAE)	$\sum_{i=1}^n \frac{|v_i - \hat{v}_i|}{n}$	0
2.	Root mean squared error Korijen prosječne kvadratne pogreške (RMSE)	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{n - p}}$	The smallest value
3.	Coefficient of determination Koeficijent determinacije (R ²)	$1 - \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}$	1
4.	Akaike Information Criterion Akaiki informacijski kriterij (AIC)	$AIC = n \times \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{n} \right) + 2p$	The smallest value
5.	AIC differences AIC razlike (Δ_i)	$\Delta_i = AIC_i - AIC_{\min}$	0

Note:

v : observed values of volume/izmjereni volumen

\hat{v}_i : estimated values of volume from the regression model/volumen procijenjen regresijskim modelom

n : number of observations/broj mjerenja

p : number of regression coefficients/broj regresijskih koeficijenata

\bar{v} : average of estimated volumes/srednji procijenjeni volumen

height as independent variables. The smallest variation is the form factor (f), which in this case was obtained as the ratio of the calculated volume of the merchantable wood of the trees in the previously described manner and the volume of the cylinder based on the breast diameter and height of the tree. The variation in the volume of trees belonging to the same diameter and height classes is the lar-

gest when it comes to the thinnest trees, that is, trees thinner than 25 cm, and the smallest when it comes to the trees thicker than 45 cm and higher than 22 m (Table 4 and Figure 2).

The estimated coefficients of functions (a_0 – a_5) are shown in table 5. All regression coefficients of all functions differ from zero at the 95% level (t -statistic). The function co-

Table 4. Descriptive statistics of the sampled trees.**Tablica 4.** Opisna statistika uzorkovanih stabala

Variable Varijabla	Mean Prosjek	Std.Dev.	Coef.Var.	Min.	Max.	Confidence interval Interval pouzdanosti	
						–95%	+95%
$d_{1.3}$ (cm)	37.10	15.53	41.85	10.15	79.60	36.48	37.72
d_7 (cm)	30.07	13.94	46.35	1.85	68.50	29.51	30.62
h (m)	22.53	6.32	28.06	8.38	38.65	22.28	22.78
ch (m)	9.57	3.83	40.03	1.50	22.20	9.41	9.72
v_r (m ³)	1.74	1.71	97.92	0.04	8.99	1.68	1.81
f	0.522	0.067	12.79	0.285	0.792	0.519	0.524

Note: f is form factor/oblični broj

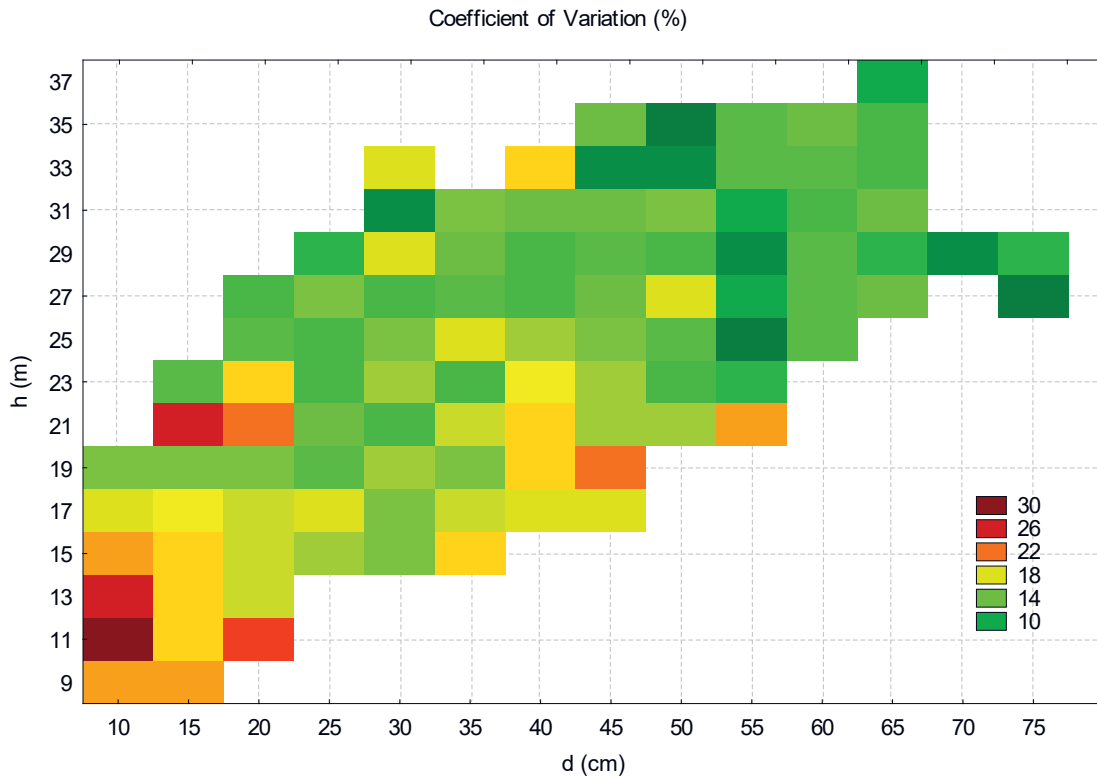


Figure 2. Coefficients of variation of merchantable wood volume of trees according to diameter and height classes
Slika 2. Koeficijenti varijacije volumena krupnog drveta stabala prema debljinskim i visinskim klasama

efficients were estimated using nonlinear regression (Gauss-Newton method) in the Statistica software package.

The comparison of regression models based on the criteria shown in Table 6 indicates approximately the same estimation accuracy, that is, the usability of the tested regression models with two and three independent variables, except for the Swiss NFI model (with $d_{1,3}$, h , and d_7 as independent variables). Due to approximately same values of the presented criteria for comparing the tested regression models, except for the mentioned Swiss NFI model, the ranking of the models was not performed. Based on the observed criteria, the Swiss NFI model enables greater accuracy in esti-

imating the volume of the tree, but at the same time implies a greater scope of field work when collecting the necessary data. In addition to measuring diameter at breast height and tree height, it is necessary to measure the diameter at the height of seven meters with special instruments (Finnish parabolic caliper, Bitterlich's mirror relascope, Bitterlich's telerelescope, Wheeler's pentaprism, etc). Regarding the accuracy of the obtained model with the diameter at 7 meters high as the third variable, the fact that in this research the specified diameter was measured with a standard diameter on a felled tree must be taken into account. It is to be expected that the same accuracy of the survey cannot be

Table 5. Coefficients of the regression models
Tablica 5. Koeficijenti regresijskih modela

Coefficients Koeficijenti	Regression models / Regresijski modeli								
	Schumacher-Hall	Meyer	Spurr I	Spurr II	Takata	Newham	Swiss NFI	Eriksson	Johansson
	Two predictor variables Dvije prediktorske varijable				Three predictor variables Tri prediktorske varijable				
a_0	0.00003669	0.08261267	-0.02414723	0.000032798	26004.03598175	0.010142005	0.0001089105	-0.00000183	0.000037453
a_1	2.09995631	-0.00433865	0.00004176	1.020427984	-32.19153832	0.000035196	0.0000418131	0.00004019	2.112073253
a_2	0.91632624	-0.00016771				2.103979308	0.0002269454	0.00008886	0.879647098
a_3		0.00013176				0.921910804	0.0000011166	-0.00020103	0.023212295
a_4		0.00004163					0.0000000309	0.00262124	
a_5								0.00000173	

Table 6. Regression models comparison - Criteria for regression models comparison**Tablica 6.** Usporedba regresijskih modela - Kriteriji za usporedbu regresijskih modela

Regression models <i>Regresijski modeli</i>	Criterion / <i>Kriterij</i>				
	Absolute mean error <i>Srednja apsolutna greška (MAE)</i>	Root mean squared error – <i>Korijen prosječne kvadratne pogreške (RMSE)</i>	Coefficient of determination <i>Koeficijent determinacije (R²)</i>	Akaike Information Criterion <i>Akaike informacijski kriterij (AIC)</i>	AIC differences <i>AIC razlike (Δi)</i>
Schumacher-Hall	0.1628	0.2776	0.9736	-6165	1764
Meyer	0.1642	0.2780	0.9736	-6158	1771
Spurr I	0.1667	0.2802	0.9731	-6120	1809
Spurr II	0.1647	0.2796	0.9732	-6131	1798
Takata	0.1638	0.2787	0.9734	-6148	1781
Newham	0.1627	0.2776	0.9736	-6166	1763
Swiss NFI	0.1081	0.1932	0.9872	-7929	0
Eriksson	0.1640	0.2786	0.9866	-6162	1767
Johansson	0.1636	0.2779	0.9867	-6175	1754

achieved with the aforementioned instruments on the living trees. According to Kaufmann (2001), the function with a diameter at 7 meters height gives more accurate estimates of volume than the function with a diameter at breast height and tree height, even when the diameter at 7 meters is measured with a larger random error than diameter at breast height.

According to Johansson (2005), to estimate the volume of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) and common alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in Sweden, functions including diameter and height and functions including diameter, height and height of the crown base were tested. The

analysis showed that no model including the height of the crown base improved the estimation of grey alder tree volume, while the estimation accuracy increased for common alder. The result with grey alder is explained by the fact that the stands were not thinned, which resulted in a reduction in the crown length. As already mentioned, in the territory of Bosnia and Herzegovina, the oak forests do not have adequate management adapted to the ecological requirements and biological properties of this type of tree, which is reflected in the form of the crown, that is, the dependence of the volume of the tree on the height of the tree crown base. As a consequence, the introduction of the crown base

Table 7. Regression models comparison - deviations estimated from the real volumes of trees by diameter classes**Tablica 7.** Usporedba regresijskih modela - odstupanja procijenjenih od stvarnih volumena stabala po debljinskim stupnjevima

Diameter <i>Promjer</i> (cm)	n	Regression models / <i>Regresijski modeli</i>								
		Schumacher-Hall	Meyer	Spurr I	Spurr II	Takata	Newham	Swiss NFI	Eriksson	Johansson
		Two predictor variables <i>Dvije prediktorske varijable</i>					Three predictor variables <i>Tri prediktorske varijable</i>			
<i>P%</i> – Percent deviation / <i>Postotak odstupanja (%)</i>										
12.5	198	-0.62	20.16	-20.77	0.28	1.85	13.71	-1.34	15.31	-0.35
17.5	194	-6.92	0.00	-13.11	-6.92	-6.11	-0.34	-3.20	-0.51	-6.71
22.5	214	-8.28	-6.94	-8.70	-7.70	-7.64	-5.61	-1.57	-5.38	-8.14
27.5	232	-4.47	-4.60	-3.09	-3.75	-4.12	-3.54	0.46	-3.26	-4.28
32.5	302	-1.42	-1.70	0.28	-0.80	-1.37	-1.19	0.60	-1.18	-1.37
37.5	316	1.80	1.61	3.12	2.02	1.44	1.75	0.77	1.60	1.80
42.5	240	1.42	1.37	2.66	1.72	1.12	1.23	-0.32	1.15	1.38
47.5	182	1.91	1.95	2.63	1.91	1.44	1.71	0.77	1.63	1.90
52.5	146	-1.72	-1.64	-1.26	-1.69	-2.05	-1.88	-0.72	-1.91	-1.68
57.5	141	-1.42	-1.35	-1.52	-1.66	-1.78	-1.52	-0.90	-1.56	-1.46
62.5	120	0.92	0.95	0.59	0.79	0.89	0.91	-0.08	0.91	0.93
67.5	111	0.35	0.31	-0.38	0.12	0.51	0.44	0.89	0.44	0.34
72.5	8	-1.82	-2.18	-3.86	-3.22	-2.27	-1.67	-1.13	-1.63	-1.90
77.5	9	-1.05	-1.54	-3.69	-2.89	-1.61	-0.84	-1.95	-0.61	-1.04
Total	2413	-0.17	0.00	0.00	-0.17	-0.32	0.00	0,00	-0.02	-0.17

height as a third variable does not increase the accuracy of the tree volume estimation.

For the usability analysis and comparison of regression models, in addition to the standard criteria shown in Table 5, the deviations estimated from the real volumes of trees by diameter classes were calculated (Table 7) and the significance of the differences was tested using a t-test of pairs between the real and estimated volumes of merchantable trees, also by diameter classes (Table 8). Based on the obtained results, with the applied regression models, larger deviations and statistically significant differences of real and estimated values are observed for thinner trees, which can be explained by the determined coefficients of volume variation by diameter and height classes shown in Figure 2.

As is the case with the previously analyzed criteria, the Swiss NFI model with three variables stands out. According to Kaufmann (2001), the volumes of individual trees can be more precisely estimated with the aforementioned three variables ($d_{1.3}$, h and d_7), because the differences in the shape of the tree can be easier distinguished with the measurement of the upper diameter. Statistically significant deviations occur only in the trees thinner than 25 cm. Concerning the specified model, the maximum deviation of the estimated values from the real ones is in the diameter degree of 17.5 cm, which makes 3.20%. In most diameter classes, the deviation is less than 1%. It is to be expected that the influence of the diameter at 7 m height on the accuracy of determining the volume of the tree is less pronounced

Table 8. Regression models comparison – Results of testing the significance of differences by t-test of pairs between real and estimated merchantable wood volumes by diameter classes

Tablica 8. Usporedba regresijskih modela – Rezultati testiranja značajnosti razlika pomoću t-testa parova između stvarnih i procjenjenih volumena krupnog drveta po debljinskim klasama

$d_{1.3}$ (cm)	n	t-test	Regression models / Regresijski modeli								
			Schumacher-Hall	Meyer	Spurr I	Spurr II	Takata	Newham	Swiss NFI	Eriksson	Johansson
			Two predictor variables <i>Dvije prediktorske varijable</i>					Three predictor variables <i>Tri prediktorske varijable</i>			
12.5	198	t	0.664	-26.969	18.720	0,300	2,036	-9.408	2.347	-18.618	0.370
		p	0.507	0.000	0.000	0,764	0,043	0.000	0.020	0.000	0.712
17.5	194	t	7.693	-0.918	14.097	-7,839	-6,983	3.490	5.361	0.603	7.526
		p	0.000	0.360	0.000	0,000	0,000	0.001	0.000	0.547	0.000
22.5	214	t	9.756	8.077	9.628	-8,683	-8,716	8.019	2.753	6.200	9.498
		p	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0.000	0.006	0.000	0.000
27.5	232	t	5.964	6.118	3.988	-4,817	-5,338	5.285	-0.945	4.339	5.736
		p	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0.000	0.346	0.000	0.000
32.5	302	t	2.155	2.612	-0.384	-1,173	-2,024	2.058	-1.430	1.758	2.068
		p	0.032	0.009	0.702	0,242	0,044	0.040	0.154	0.080	0.039
37.5	316	t	-2.547	-2.209	-4.394	2,830	2,021	-2.324	-1.555	-2.256	-2.540
		p	0.011	0.028	0.000	0,005	0,044	0.021	0.121	0.025	0.012
42.5	240	t	-1.593	-1.539	-3.008	1,932	1,248	-1.257	0.510	-1.282	-1.548
		p	0.113	0.125	0.003	0,055	0,213	0.210	0.611	0.201	0.123
47.5	182	t	-2.042	-2.054	-2.843	2,057	1,538	-1.653	-1.288	-1.737	-2.019
		p	0.043	0.041	0.005	0,041	0,126	0.100	0.199	0.084	0.045
52.5	146	t	1.569	1.511	1.159	-1,544	-1,866	1.928	1.008	1.735	1.526
		p	0.119	0.133	0.249	0,125	0,064	0.056	0.315	0.085	0.129
57.5	141	t	1.629	1.550	1.726	-1,882	-2,019	2.093	1.429	1.791	1.691
		p	0.106	0.123	0.086	0,062	0,045	0.038	0.155	0.075	0.093
62.5	120	t	-0.809	-0.842	-0.531	0,704	0,791	-0.462	0.105	-0.805	-0.823
		p	0.420	0.402	0.597	0,483	0,430	0.645	0.917	0.423	0.412
67.5	111	t	-0.349	-0.314	0.370	0,118	0,505	0.032	-1.268	-0.444	-0.349
		p	0.728	0.754	0.712	0,907	0,614	0.975	0.207	0.658	0.728
72.5	8	t	0.616	0.721	1.245	-1,031	-0,737	0.753	0.440	0.547	0.631
		p	0.557	0.494	0.253	0,337	0,485	0.476	0.673	0.601	0.548
77.5	9	t	0.346	0.495	1.241	-0,998	-0,559	0.481	0.771	0.202	0.341
		p	0.738	0.634	0.250	0,347	0,591	0.644	0.463	0.845	0.742
Total	2413	t	0.533	0.397	0.001	-0,514	-0,977	1.090	0.002	0.068	0.510
		p	0.594	0.691	0.999	0,607	0,329	0.276	0.998	0.946	0.610

in the case of thinner and, subsequently, shorter trees. Regarding the models with two variables, the Spurr II model is the most favorable. In four diameter classes, the deviation is greater than 3% (Max=-7.70%), that is, the deviations are not random ($p < 0.05$) in five diameter classes. The results are similar for the Schumacher-Hall model, in three diameter classes the deviation is greater than 3% (Max=-8.28%), that is, the deviations are not random ($p < 0.05$) in six diameter classes.

A study on the volume functions of spruce trees in Switzerland showed that, by creating regional volume functions with two variables ($d_{1,3}$ and h), the gain in precision is negligible, so the regional functions were not derived, but the aforementioned general functions with three inputs (Kaufmann 2001). It is to be expected that even in the conditions of Bosnia and Herzegovina, given the large variations in habitat and stand conditions even in small areas, the creation of regional volume functions with two variables ($d_{1,3}$ and h) would not result in great accuracy.

CONCLUSION ZAKLJUČAK

The development of regression equations (volume tables) for the estimation of the volume of sessile oak trees in the territory of Bosnia and Herzegovina, which is characterized by the specific habitat conditions and the method of management of the sessile oak forests, is necessary because in practice, for the estimation of the volume, tariff tables are used, which are made on the basis of two-entry volume tables for oak from Germany by Schwappach from 1905. A particularly significant fact for the estimation of the volume of trees in the observed area is the atypical way of managing the sessile oak forests. Selection cutting is applied and, as a consequence, uneven-aged and dominantly mixed stands are formed. The tested models with two variables that have a wide application for equalizing the volume of merchantable wood of a tree depending on the diameter at breast height and height of the tree, such as Spurr II (MAE = 0.1647, RMSE = 0.2796 and $R^2 = 0.9732$) and Schumacher-Hall (MAE = 0.1628, RMSE = 0.2776 and $R^2 = 0.9736$) functions, give satisfactory accuracy, considering the fact that these are general models intended for estimating the volume of trees in the entire area of Bosnia and Herzegovina. By introducing a third variable into the model, diameter at seven meters height, the accuracy of the tree volume estimation increases significantly (MAE = 0.1081, RMSE = 0.1932 and $R^2 = 0.9872$). Due to the measurement of the diameter at a height of seven meters, the volume of work in the field to collect the necessary data increases significantly, so this model is not suitable for use in forest inventories.

Acknowledgements – Zahvalnice

We would like to express our gratitude to numerous collaborators of Public Forest Enterprise “Forests of the Republic of Srpska” who participated in the data collection.

Funding – Financiranje

This study was financed from special purpose funds for forests of the Ministry of Agriculture, Forestry, and Water Management in the Government of the Republic of Srpska. The project is entitled „Creation of volume and assortment tables for sessile oak in the Republic of Srpska“.

Conflict of interest – Sukob interesa

The authors declare that they have no competing interests

REFERENCES LITERATURA

- Abegg, M., R., Bösch, D., Kükenbrink, F., Morsdorf, 2023: Tree volume estimation with terrestrial laser scanning—Testing for bias in a 3D virtual environment. *Agricultural and Forest Meteorology* 331: 109348, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109348>
- An, Z., R.E., Froese, 2023: Tree stem volume estimation from terrestrial LiDAR point cloud by unwrapping. *Canadian Journal of Forest Research*. 53(2): 60-70, <https://doi.org/10.1139/cjfr-2022-0153>
- Balić, B., A., Seletković, A., Lojo, A., Ibrahimspahić, J., Musić, A., Avdagić, V., Halilović, 2020: Model za procjenu volumena krupnog drveta stabala smreke (*Picea abies* Karst) na području Kantona 10 u Federaciji Bosne i Hercegovine. *Šumarski list*, 144(7-8): 379-390. <https://doi.org/10.31298/sl.144.7-8.4> [In Croatian].
- Banković, S., D., Pantić, 2006: Dendrometrija. *Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu*, 256 p. [In Serbian].
- Burnham K.P., D.R., Anderson, 2002: Model selection and inference: A practical information-theoretic approach. Springer-Verlag, 2nd Edition, New York, 488 p, <https://doi.org/10.1007/b97636>
- Čabaravdić, A., A., Dunder, A., Avdagić, S., Delić, M., Osmanović, A., Mraković, 2016: Bosnia and Herzegovina. In: Vidal, C., I., Alberdi, L., Hernández Mateo, J., Redmond, (Ur.) *National Forest Inventories*. Springer International Publishing, Cham, Switzerland: 181–196. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44015-6_9
- Calders, K., J., Adams, J., Armston, H., Bartholomeus, S., Bauwens, L.P., Bentley, J., Chave, F.M., Danson, M., Demol, M., Disney, R., Gaulton, S.M., Krishna Moorthy, S.R., Levick, N., Saarinen, C., Schaaf, A., Stovall, L., Terryn, P., Wilkes, H., Verbeeck, 2020: Terrestrial laser scanning in forest ecology: expanding the horizon. *Remote Sensing of Environment* 25: 112102, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112102>
- Chicco, D, M.J., Warrens, G., Jurman, 2021: The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science* 7:e623 <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.623>

- Clark, J.F., 1902: Volume Tables and the bases on which they may be built. *Forestry Quarterly* (1): 6-11.
- Danilović, M., D., Pantić, S., Karić, D., Stojnić, S., Kašić, 2013: Metodologija izrade zapreminskih i sortimentih tablica za pojedine vrste drveća u šumskom fondu Republike Srpske“. Istraživačko-razvojni i projektni centar, 32 p, Banja Luka. [In Serbian].
- Demol, M., P., Wilkes, P., Raunonen, S.M., Krishna Moorthy, K., Calders, B., Gielen, H., Verbeeck, 2022: Volumetric overestimation of small branches in 3D reconstructions of *Fraxinus excelsior*. *Silva Fennica* vol. 56: 10550, <https://doi.org/10.14214/sf.10550>
- Draper, N., H., Smith, 1997: Applied regression analysis. 3rd edition. Wiley and Sons, USA. 736 p.
- Drinić, P., V., Matic, J., Pavlič, N., Prolić, O., Stojanović, V., Vukmirović, M., Koprivica, 1990: Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 327 p., Sarajevo. [In Serbian].
- Dukić, V., 2014: Kitnjakove šume Republike Srpske - stanje i modeli sastojina, Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, Banja Luka, 285 p. [In Serbian].
- Emrović, B., 1960: O najpodesnijem obliku izjednažbene funkcije potrebne za računsko izjednačivanje pri sastavu dvoulaznih drvnogromadnih tablica. *Glasnik za šumske pokuse broj 14*: 49 – 126. [In Croatian].
- Eriksson, H., 1973: Volymfunktioner för stående träd av ask, asp, klibbal och contorta-tall [Tree volume functions for ash, aspen, alder and lodgepole pine in Sweden (*Fraxinus excelsior* L., *Populus tremula* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Engelm.). Royal College of Forestry, Department of Forest Yield Research. Research Notes No. 26.
- Grundner, F., A.F., Schwappach, 1922: Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. Berlin. [In German].
- Johansson, T., 2005: Stem volume equations and basic density for grey alder and common alder in Sweden. *An International Journal of Forest Research* 78(3): 249-262. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpi023>
- Kaufmann, E., 2001: Estimation of Standing Timber, Growth and Cut. In: *Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment*. Brassel P. (ed.), Lischke H. (ed.). Birmensdorf, WSL Swiss Federal Research Institute: 162-196.
- Kershaw, J.A., M.J., Ducey, T.W., Beers, B., Husch, 2016: Determination of tree volume, weight, and biomass. In: *Forest Mensuration*. Wiley-Blackwell: 135–183. <https://doi.org/10.1002/9781118902028.ch6>
- Koprivica, M., Z., Maunaga, 2004: Uredajne tarife za izdanačke šume hrasta kitnjaka u Bosni i Hercegovini. Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 52 p. [In Serbian].
- Koprivica, M., Z., Maunaga, 2004a: Uredajne tarife za izdanačke šume bukve u Bosni i Hercegovini. Šumarski fakultet Univerziteta u Banjoj Luci, 50 p. [In Serbian].
- Laar, A.V., A., Akça, 2007: Forest mensuration. Springer Dordrecht, The Netherlands, 385 p, <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5991-9>
- Meyer, H.A., 1941: A Correction for a Systematic Error Occurring in the Application of the Logarithmic Volume Equation. The Pennsylvania State Forest School, Research Paper 7.
- Nässlund, M., 1947: Functions and tables for computing the cubic volume of standing trees. *Medd. Stat. Forskn. Inst.* 36: 41–53.
- Newnham, R., 1967: A modification to the combined-variable formula for computing tree volumes. *Journal of Forestry* 65(10): 719–720.
- Pollanschütz, J., 1965: Eine neue Methode der Formzahl- und Massenbestimmung stehender Bäume. *Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn* 68, 186 p. [In German].
- Pranjić, A., N., Lukić, 1997: Izmjera šuma. Šumarski Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 410 p. [In Croatian].
- Schumacher, F., F., Hall, 1933: Logarithmic expression of timber tree volume. *Journal of Agricultural Research* 47: 719–734.
- Schwappach, A.F., 1905: Formzahlen und massentafeln für die eiche. 70 p, Berlin. [In German].
- Špiranec, M., 1975: Drvno gromadne tablice. Šumarski institut Jastrebarsko, Radovi Broj 22, 262 p, Zagreb. [In Croatian].
- Spurr, S.H., 1952: Forest inventory. 1st Edition, New York, Ronald Press Co, 476 p.
- Stefanović, V., V., Beus, L., Manuševa, J., Pavlič, M., Petrović, I., Vukorep, 1977: Tipovi šuma hrasta kitnjaka u Bosni i Hercegovini, Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu 20(1-2): 1–91, Sarajevo. [In Serbian].
- Symonds, M.R., A., Moussalli, 2011: A brief guide to model selection, multimodel inference and model averaging in behavioural ecology using Akaike's information criterion. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 65(1): 13-21. <https://doi.org/10.1007/s00265-010-1037-6>
- Takata, K., 1958: Construction of universal diameter-height-curves. *Journal of Japanese Forest Society* 40 (1): 1- 6.
- Vukmirović, V., 1963: Prirast i drugi taksacioni elementi šuma hrasta kitnjaka u Bosni. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu, Godina VIII (8): 83-146. [In Serbian].
- Wackerly, D., W., Mendenhall, R., Scheaffer, 2008: *Mathematical statistics with applications*. 7th edition. Thomson Brooks/Cole, 944 p.
- West, P.W., 2009: Tree and forest measurement. Springer Cham, 2nd Edition. Berlin, 191 p, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14708-6>
- Winzeler, K., 1986: Volumenbestimmung durch Messungen am stehenden Baum. *Mitteilungen / Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen* 62(1): 99 p. [In German].
- Zianis, D., P., Muukkonen, R., Mäkipää, M., Mencuccini, 2005: Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monographs* 4: 63 p. <https://doi.org/10.14214/sf.sfm4>.

SAŽETAK

U Bosni i Hercegovini za procjenu volumena stabala hrasta u visokim šumama koriste se uređajne tarife, koje su izrađene na temelju dvoulaznih volumnih tablica za hrast s područja Njemačke autora Schwappach iz 1905. godine. Postoje indicije da se primjenom navedenih tarifa u uređajnoj praksi dobivaju određene razlike u količini procijenjenog volumena krupnog drva u odnosu na stvarno stanje. Materijal za izradu volumnih tablica odnosno modela regresije predstavljali su podaci izmjere i izračuna stvarnog volumena drva 2.413 modelnih stabala u različitim stanišnim i sastojinskim uvjetima. Na osnovi raspodjele stabala po debljinskim stupnjevima možemo zaključiti da je relativno mali broj stabala koja su deblja od 70 cm, u ostalim debljinskim stupnjevima broj stabla veći je od 100, odnosno u intervalu od 111 do 316. Testirani su modeli koji imaju široku primjenu za izjednačenje volumena krupnog drva stabla kao zavisne varijable u ovisnosti o prsnom promjeru i visini stabla kao nezavisnim varijablama. Za usporedbu i analizu upotrebljivosti modela regresije korišten je veći broj kriterija (Srednja apsolutna greška, Korijen prosječne kvadratne pogreške, Koefficijent determinacije i Akaike informacijski kriterij). Uz navede kriterije, testirane su značajnosti razlika pomoću t-testa parova uzoraka između stvarnih i procijenjenih volumena krupnog drveta stabala te utvrđeni postoci odstupanja procijenjenih od stvarnih volumena, po debljinskim stupnjevima i ukupno. Modeli kao što su Schumacher-Hall i Spurr II daju zadovoljavajuću točnost, s obzirom na to da su u pitanju općeniti modeli namijenjeni za procjenu volumena stabala na području cijele Bosne i Hercegovine. Uvođenjem u model i treće varijable, promjer debla na sedam metara visine, povećava se značajno točnost procjene volumena stabala. Zbog izmjere promjera na sedam metara visine povećava se značajno i količina rada na terenu na prikupljanju potrebnih podataka, pa ovaj model nije pogodan za primjenu u operativnim inventurama šuma. Uvođenjem visine baze krošnje stabla kao treće varijable, nije se povećala točnost procjene volumena stabla u odnosu na analizirane dvoulazne modele.

KLJUČNE RIJEČI: hrast kitnjak, Smalianova formula, volumen krupnog drva, regresijski model, nelinearna regresija

IMPACT OF OAK LACE BUG *CORYTHUCHA ARCUATA* ON THE HEIGHT OF PEDUNCULATE OAK PLANTS DEPENDING ON THE WAY OF REGENERATION

UTJECAJ HRASTOVE MREŽASTE STJENICE *Corythucha arcuata* NA VISINU BILJAKA HRASTA LUŽNJAKA OVISNO O NAČINU PODMLAĐIVANJA

Milan DREKIĆ¹, Branislav KOVAČEVIĆ¹, Leopold POLJAKOVIĆ-PAJNIK¹, Andrej PILIPOVIĆ¹, Marina MILOVIĆ¹, Vid RAĐEVIĆ²

SUMMARY

Oak lace bug *Corythucha arcuata* represents a new pest of oaks in Europe, introduced from North America in year 2000. Damage is caused by adults and larvae that feed on the underside of leaves. The paper presents the results of investigation of impact of *Corythucha arcuata* on pedunculate oak growth. The two variant experiment was established in 2019 and included the evaluation of the effect of oak lace bug on the height of the seedlings (i) grown under the shade of the adult trees after the intermediate felling and (ii) seedlings grown unshaded after the final felling. Both variants included eight plots of which four were treated with the insecticide thiamethoxam, while other four were untreated. Assessment of the intensity of the attack was performed in June, July and August in 2019, 2020 and 2021, while the height of the plants was measured at the end of the vegetation period in 2019, 2020 and 2021.

The results indicate significant decrease in the intensity of the attack on seedlings grown unshaded by the old trees. After first year, there was no difference in average height of the treated and untreated seedlings grown after the intermediate felling, while the difference was evident after second and third year. Such results indicate cumulative effect of the oak lace bug attack on the seedlings of the pedunculate oak. On the other hand, during whole experiment, the differences between treated and untreated plant average height after the final felling were not evident.

KEY WORDS: oak lace bug, damage, *Quercus robur*, regeneration, height, seedlings

INTRODUCTION

UVOD

Oak lace bug *Corythucha arcuata* Say (Heteroptera: Tingidae) is alien invasive species introduced from its natural habitats in USA and Canada to Europe (Rabisch, 2008). First finding on European continent was recorded in Italy

in 2000 (Bernardinelli and Zandigiaco, 2000). After the introduction, the species has spread relatively fast across the continent with records in over 20 countries by 2019 (Paulin et al., 2020). After the first record in Serbia in 2013 (Poljaković-Pajnik et al., 2015), it has rapidly spread and today it is present across the entire country (Drekić et al.,

¹ Dr. sc. Milan Drekić, e-mail: mdreki@uns.ac.rs, ¹Dr.sc. Branislav Kovačević, e-mail: branek@uns.ac.rs, ¹Dr. sc. Leopold Polaković-Pajnik, e-mail: leopoldpp@uns.ac.rs, ¹Dr. sc. Andrej Pilipović, e-mail: andrejp@uns.ac.rs, ¹Dr. sc. Marina Milović, e-mail: marinakatanic44@gmail.com, Institute of Lowland Forestry and Environment, University of Novi Sad

² Dipl. ing. Vid Rađević, e-mail: vid.radjevic@sgsmitrovica.rs, FE Vojvodinašume, Petrovaradin

2021). Research conducted by Csoka et al. (2019) found that 27 of total 48 oak species are suitable for the development of oak lace bug. Besides the oak, the insect was recorded on 33 additional species from 10 plant families (Csoka et al., 2019).

Adults and nymphs cause damage to the leaves by sap feeding on the lower side of the leaves, while symptoms are expressed as yellow or pale spots to appear on the upper leaf surface and eventually spread across the entire leaf area and whole tree crown. Damage caused by this insect can result in tree weakening and defoliation (Hrašovec et al., 2013). Feeding can decrease leaf physiological activity such as net photosynthesis (-58,48%), transpiration (-21,66%) and stomatal conductance (-35,71) (Nikolić et al., 2019). In North America, in its natural habitat, there are rare reports of damage caused by *C. arcuata* on american autochthonous oak species. Only Connell and Beacher (1947) reported damage in the form of defoliation and tree weakening of oaks. The data on the impact of oak lace bug on the height and growth of pedunculate oak is very limited. During the initial phase of the development, young oak seedlings in the regenerated stand have high demand for the upper light in order to compete with the weed vegetation (Drekić et al., 2019). Considering the above mentioned, the idea of this research was to determine the effect of the oak lace bug feeding on the height of the oak seedlings at the beginning of forest regeneration process. This manuscript presents three-year study on the influence of oak lace bug feeding on an oak seedling's height in two different methods of the forest regeneration.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

The experiment was established in spring of 2019 in the forest managed by PE "Vojvodinašume" Forest Estate Sremska Mitrovica at the locality Varadin (N 44° 57' 30'' ; E 19° 15' 04'') with the aim of investigation of the influence of oak lace bug feeding on the height of young oak seedlings (Fig. 1, 2). Experimental design included two neighboring plots with different forest regeneration methods where the seedlings emerged either (i) under shelterwood system prior to the final felling (shaded seedlings) or (ii) after the final cut (unshaded seedlings).

Forest regeneration was conducted by acorn sowing in the autumn of 2017 on both plots. On each plot, we selected separated and marked 8 subplots sized 1.5 x 1.5 m of which four were treated with insecticide Actara 25 WG (thiamethoxam) in the concentration 0,02% three times during each vegetation period (10. 6. 2019; 3. 7. 2019; 1. 8. 2019; 29. 05. 2020; 30. 06. 2020; 29. 07. 2020; 3. 6. 2021; 1. 7. 2021 and 6. 8. 2021) with the aim to suppress oak lace bug adults and nymphs, while four plots remained untreated. The insecti-



Figure 1. Unshaded young oak seedlings in July 2020
Slika 1. Podmladak hrasta na čistini u srpnju 2020



Figure 2 Adult oak stand after the intermediate felling in September 2019
Slika 2. Hrast lužnjak nakon oplodne sječe u rujnu 2019

cide Actara 25WG was selected for the treatment because it was in the time of investigation allowed to be used in Serbia and proven to be efficient in suppression of the pest (Drekić et al., 2019). For the application, we used portable back sprayer (Stihl SR 420). In addition, all 16 subplots were preventively treated against the powdery mildew with the fungicide Falcon (Spiroxamine + Tebuconazole + triadimenol) and Impact (flutriafol).

The assessment of the intensity of the attack was performed on 40 selected plants within the untreated subplots and expressed by the percentage of the number of the attacked leaves. Intensity of the attack assessments were performed by the end of June, July and August in 2019, 2020 and 2021. Height measurements were performed in autumn of 2019, 2020 and 2021.

Statistical analysis included two- and three-way ANOVA and Tukey's test. Percentage of the damaged leaves was

transformed by $\arcsin\sqrt{X}$ transformation with the aim of complying with the normal distribution, as a presumption for applied parametric statistics. The average value for each subplot was the basis for further statistical analysis that was performed with the Statistica® software (TIBCO Software Inc., 2020).

RESULTS AND DISCUSSION REZULTATI I RASPRAVA

The assessment of the damage caused by the oak lace bug on untreated subplots performed at the end of June 2019 showed higher damage of the leaves on shaded seedlings compared to unshaded amounting 56,2% and 0,4% respectively (Fig 3). July assessment showed the increase of the damage on both shaded and unshaded untreated subplots, while the August results showed that 99,4% of the damaged leaves on the shaded seedlings, compared to 41,8% of the attacked leaves on the unshaded untreated seedlings.

Results of the damage assessment on the oak leaves of shaded seedlings in late June of 2019 showed higher damage intensity when compared to 2020 and 2021. On the other hand, unshaded oak seedlings showed low damage intensity in June of 2019; 2020 and 2021 indicating the lower number of overwintered adults of the oak lace bug. July assessment showed significant increase of damage on oak leaves of shaded seedlings when compared to June. The values for the August assessment of the damage intensity on shaded seedlings varied from 88,1% (2021) to 99,9% (2019) with statistical differences between 2019 and 2021 values. Highest percentage of damaged leaves at the end of the Au-

gust 2019 compared to the end of August 2020 and 2021 can be explained by warm spring in 2019 that positively affected the development and the reproduction of the oak lace bug combined with the low leaf mass of the young seedlings in 2019. Although varied, the damage intensity on unshaded seedling did not show significant difference. Obtained results for August assessments in 2019, 2020 and 2021 indicate two-fold higher damage intensity in shaded seedlings compared to unshaded ones. Such results indicate lower susceptibility to the oak lace bug leaf damage on the oak seedlings that are developing without the presence of the adult trees from the shelterwood regeneration system.

According to Paulin et al. (2021), most of the adults of oak lace bug are overwintering on the trunk and branches of the adult trees or on dead timber on the ground, with fewer number overwintering in the litter. Considering above mentioned, we hypothesize that the lack of the standing old trees and logs creates unfavorable conditions for overwintering of adults of the oak lace bug. In addition, crowns of adult trees present the source of the insects that can potentially cause damage on the young oak seedlings.

Statistical analysis showed that there was no significant difference regarding the average height of the oak seedlings in 2019 between the treated or untreated plants within both plots (shaded vs. unshaded) (Fig. 4, 6). On the other hand, differences between shaded and unshaded seedlings were significant in both treated and untreated plants. Such result can be explained by the more favorable growth conditions for unshaded seedlings, especially considering the heliophilous nature of the oaks. Such difference was even more evident in the following years.

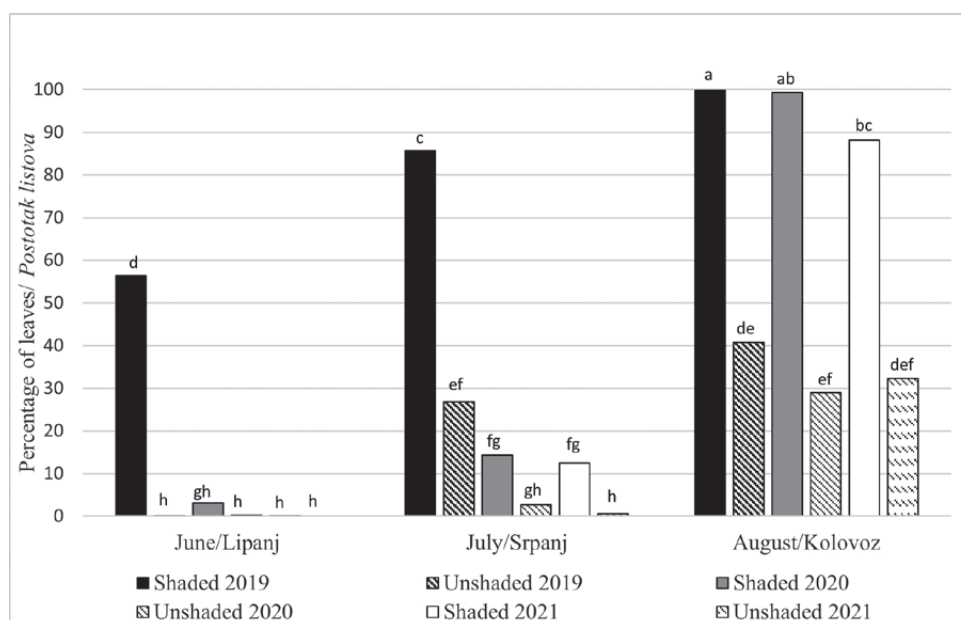


Figure 3 Results of the Tukey's on the percentage of the damaged oak leaves by *Corythucha arcuata*
Slika 3. Rezultati Tukey-evog testa postotka oštećenosti lišća hrasta od *Corythucha arcuata*

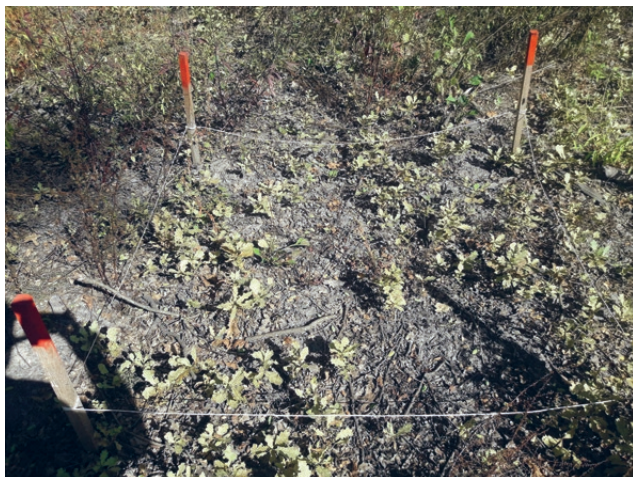


Figure 4 Shaded seedlings untreated with the insecticides on September 5, 2019

Slika 4. Podmladak hrasta lužnjaka u sjeni koji nije tretiran inkticidom (5. rujan 2019)



Figure 5 Shaded seedlings treated with the insecticides on September 8, 2020

Slika 5. Podmladak hrasta lužnjaka u sjeni tretiran inkticidom (8. rujan 2020)

Spring defoliation in oaks can lead to the decrease of the diameter increment (Muzika and Liebhold, 1999). Most of radial growth in oaks occurs in the first part of the growing season (Szónyi, L., 1962; Járó and Tátraaljai, 1985; Hirka, 1991), while oak lace bug attack happens in the second part of the growing season. Therefore, Paulin et al. (2020) concludes that oak lace bug attack will express itself cumulatively in the following years. Bălăcenoiu et al. (2021) showed that, in Romania, oak lace bug occurrence has two peaks during the growing season in July and August. Considering the above mentioned, our experiment was continued in 2020 and 2021 with the aim to test the cumulative effect of the oak lace bug on the growth of the oak seedlings.

In 2020 measurements showed significantly higher average height of the seedlings grown unshaded, when compared to shaded on both treated and untreated subplots (Fig 5, 7). Also, the height of the treated shaded seedlings was significantly higher than the shaded seedlings that were not treated by 35,3%. Such results confirm the hypothesis on the effect of the insect attack in 2019 on the growth in the following year. Average height of the unshaded plants did not significantly differ between the untreated (85,9 cm) and treated plants (93,1 cm).

Similar results were obtained in the autumn of 2021 where shaded treated plants had significantly higher height values of the shaded untreated plant by 44,6 % with the average

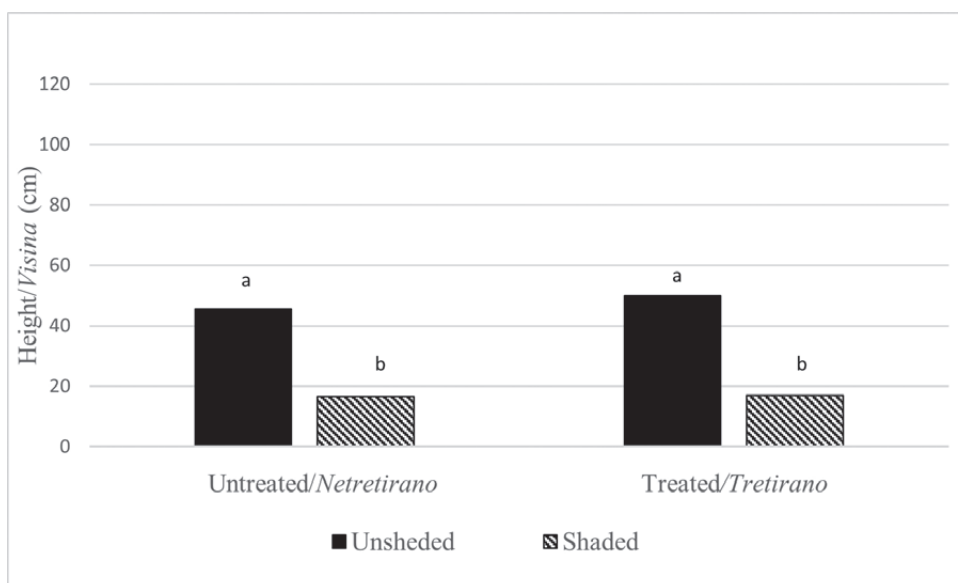


Figure 6 Results of the Tukey`s test on the average heights of the pedunculate oak seedlings in the autumn of 2019

Slika 6. Rezultati Tukey-evog testa prosječne visine podmlatka hrasta lužnjaka u jesen 2019.

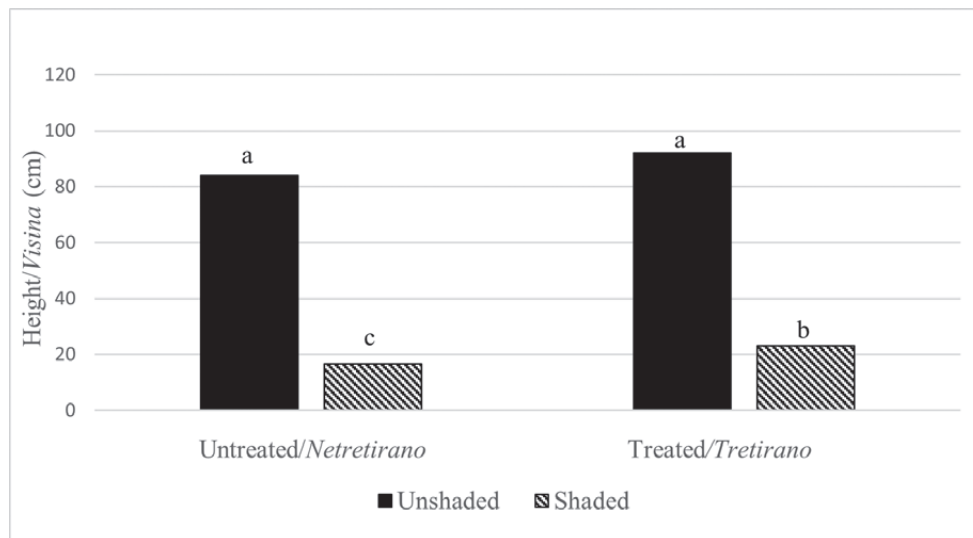


Figure 7 Results of the Tukey`s test on the average heights of the pedunculate oak seedlings in the autumn of 2020
Slika 7. Rezultati Tukey-evog testa prosječne visine podmlatka hrasta lužnjaka u jesen 2020.

height of 29,3 cm, compared to the 20,2 cm average height of the shaded untreated plants (Fig 8). Difference between the treated and untreated unshaded plant did not differ significantly in 2021 also.

The effect of the disturbance of the physiological processes in oaks during the insect attack was elaborated previously (Nikolić et al., 2019; Pilipović et al., 2020). Nikolić et al., (2019) recorded that the oak lace bug attack can cause decrease of net photosynthesis and stomatal conductance in oaks. Like other stressful processes that can lead to the disturbance of the productivity and water use efficiency (WUE) in oaks (Galle et al., 2010). Oak lace bug attack can lead to the increase of the use of the stored assimilated car-

bon for the cell respiration instead for the growth in which these losses can amount between 30% and 50% of the assimilated carbon (Ripulone et al., 2004).

Considering that the attack of the oak lace bug on unshaded oak seedlings remained in the range between 28,9% and 40,8% of damaged leaves, there was no significant decrease of average height of the investigated seedlings neither for treated nor untreated plants. Such results lead to the conclusion that there is no need for the oak lace bug suppression if the oak seedlings are developing after the final felling of the shelterwood forest regeneration system. In the case of artificial regeneration, the recommendation is to do the acorn sowing on the areas where the adult trees are re-

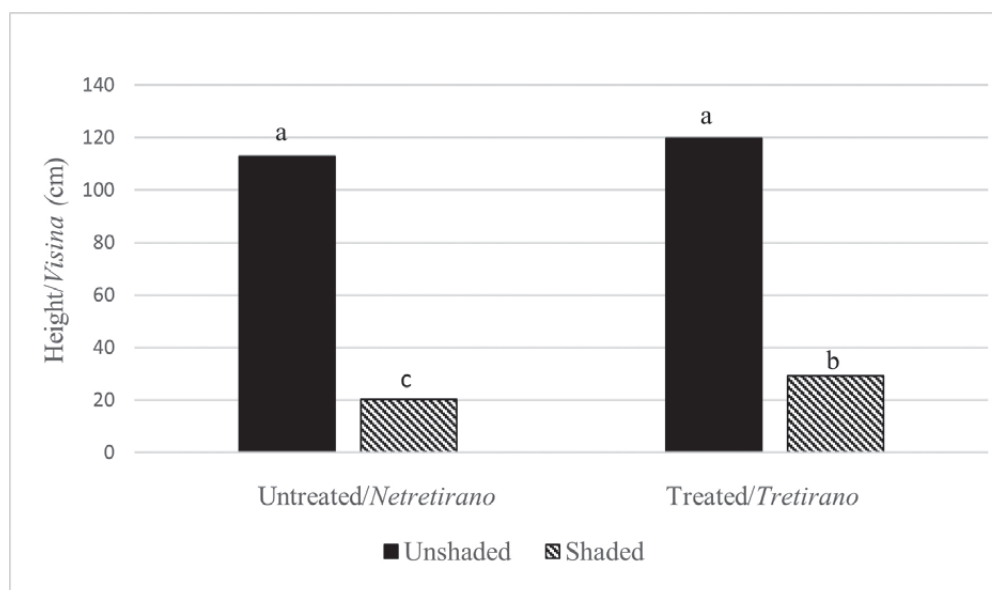


Figure 8 Results of the Tukey`s test on the average heights of the pedunculate oak seedlings in the autumn of 2021
Slika 8. Rezultati Tukey-evog testa prosječne visine podmlatka hrasta lužnjaka u jesen 2021.

moved before sowing. In that way, the damages that can be caused on young oak plants during felling would also be avoided. In the case of the necessity of the shelterwood regeneration system, it is recommended to perform final felling as soon as possible, after the acorn sowing and prior to the plant emergence. According to the presented results, in the case of the development of the oak seedlings under the shade of the remaining adult trees, there is a need to perform suppression of oak lace bug in accordance with local legislation.

CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

This research showed significantly lower intensity of the attack of oak lace bug on young oak seedlings developed unshaded, compared to the seedling shaded by the adult trees. First year of the experiment did not show difference between the average height of the treated and untreated plants, while the differences were evident after second and third year between shaded treated and untreated plants indicating the cumulative effect of the damage. On the other hand, three-year research did not show the difference between the height of the treated and untreated plants grown without the shade of the adult trees. In addition, oak seedlings grown unshaded were significantly higher than the shaded seedlings due to the more direct sunlight. Such results suggest that the regeneration should be made either after the final felling or with the shortest possible time between the acorn sowing and the final felling. In the case of the necessity of the traditional shelterwood system, the oak seedlings should be protected in accordance with local legislation from the oak lace bug during their growth under the shade of the adult trees.

ACKNOWLEDGEMENT ZAHVALA

This paper financed by the Ministry of Science and Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia (Contract number 451-03-47/2023-01/200197).

REFERENCES LITERATURA

- Bălăcenoiu, F., D. Carol Simon, S. Netoiu, D. Toma, I.C. Petrit, 2021: The Seasonal Population Dynamics of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) and the Relationship between Meteorological Factors and the Diurnal Flight Intensity of the Adults in Romanian Oak Forests. *Forests*, 12, 1774, <https://doi.org/10.3390/f12121774>
- Bernardinelli, I., P. Zandigiacomo, 2000: Prima segnalazione di *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera, Tingidae) in Europa. *Informatore Fitopatologico*, 12: 47–49.
- Connell, W.A., J.H. Beacher, 1947: Life history and control of the oak lace bug. *Bulletin of the University of Delaware Agricultural Experiment Station*, 265:28–28.
- Csóka, G., A. Hirka, S. Mutun, M. Glavendekić, A. Mikó, M. Szocs, M. Paulin, C. Béla Eötvös, C. Gáspár, M. Csepelényi, A. Szénási, M. Franjević, Y. Gninenko, M. Dautbašić, O. Muzejinović, M. Zúbrik, C. Netoiu, A. Buzatu, F. Bălăcenoiu, M. Jurc, D. Jurc, I. Bernardinelli, I. Streito, D. Avtziš, B. Hrašovec, 2019: Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) – Heteroptera: Tingidae] in Eurasia. *Agricultural and Forest Entomology*, Volume 22: 61–74.
- Drekić, M., Poljaković – Pajnik, L., Pilipović, A., Nikolić, N. (2019): Suzbijanje hrastove mrežaste stenice *Corythucha arcuata* Say, *Šumarstvo* 3-4: 215 – 223.
- Drekić, M., Poljaković – Pajnik, L., Milović, M., Kovačević, B., Pilipović, A., Pap, P. (2021): Efficacy of some insecticides for control of oak lace bug (*Corythucha arcuata* Say). *Topola* 208: 21–26.
- Galle, A., J. Esper, U. Feller, M. Ribas-Carbo, P. Fonti, 2010: Responses of wood anatomy and carbon isotope composition of *Quercus pubescens* saplings subjected to two consecutive years of summer drought. *Annals of Forest Science*, 67: 809. doi: 10.1051/forest/2010045
- Hirka, A., 1991: Bükki, luc és kocsánytalan tölgy éves kerület-növekedési menetének vizsgálata [Investigation of the annual circumference growth of beech, spruce and sessile oak]. *Erdészeti Kutatások*, 82-83: 15–23.
- Hrašovec, B., D. Posarić, I. Lukić, M. Pernek, 2013: Prvi nalaz hrastove mrežaste stenice (*Corythucha arcuata*) u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 9–10: 499–503.
- Járó, Z., Tátraaljai, E., 1985: A fák éves növekedése [Annual growth of trees]. *Erdészeti Kutatások* 76–77: 221–234.
- Muzika, R.M., Liebhold, A.M. (1999): Changes in radial increment in host and non-host tree species with gypsy moth defoliation. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 1365–1373.
- Nikolić, N., A. Pilipović, M. Drekić, D. Kojić, L. Poljaković-Pajnik, S. Orlović, D. Arsenov, 2019: Physiological responses of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) to *Corythucha arcuata* (Say, 1832) attack. *Archives of Biological Sciences*, 71(1):167–176.
- Paulin, M., A. Hirka, C.S. Eötvös, C. Gáspár, A. Fürjes-Mikó, G. Csóka, 2020: Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems – a review. *Folia Oecologia*, 47(2):131–139.
- Paulin, M., A. Hirka, M. Csepelényi, A. Fürjes-Mikó, I. Tenorio-Baigorria, C. Eötvös, C. Gáspár, G. Csóka, 2021: Overwintering mortality of the oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in Hungary – a field survey. *Cent. Eur. For. J.* 67: 108–112.
- Pilipović, A., M. Drekić, S. Stojnić, N. Nikolić, B. Trudić, M. Milović, L. Poljaković-Pajnik, M. Borišev, S. Orlović, 2020: Physiological Responses of Two Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) Families to Combined Stress Conditions - Drought and Herbivore Attack. *Šumarski list* 144 (11-12): 573–583.
- Poljaković-Pajnik, L., M. Drekić, A. Pilipović, N. Nikolić, P. Pap, V. Vasić, M. Marković, 2015: Pojava velikih šteta od *Corythucha arcuata* (Say) (Heteroptera: Tingidae) u šumama hrasta u Vojvodini. XIII savetovanje o zaštiti bilja, Društvo za zaštitu bilja Srbije Zbornik rezimea: 63, Zlatibor.

- Rabisch, W., 2008: Alien True Bugs of Europe (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). *Zootaxa* 1827: 1-44.
- Ripullone, F., M. Lauteri, G. Grassi, M. Amato, M. Borghetti, 2004: Variation in nitrogen supply changes water-use efficiency of *Pseudotsuga menziesii* and *Populus × euramericana*; a comparison of three approaches to determine water-use efficiency. *Tree Physiology*, Volume 24(6):671-679.
- Szőnyi, L., 1962: Adatok néhány fafaj vastagsági növekedéséhez [Data on the increase in thickness of some tree species]. *Az Erdő*, 97 (7): 289–300.

SAŽETAK

Hrastova mrežasta stjenica *Corythucha arcuata* novi je štetnik hrastova u Europi, unešena je 2000. godine iz Sjeverne Amerike. Štete uzrokuju imago i ličinke koje se hrane sišući biljne sokove s donje strane lišća. U radu je analiziran utjecaj hrastove mrežaste stjenice na rast mladih hrastovih biljaka. Pokus je postavljen u ožujku 2019. u dvije varijante, od kojih je prva bila praćenje utjecaja napada stjenice na prosječnu visinu podmlatka hrasta lužnjaka na površini sa završenom oplodnom sječom, odnosno u sjeni djela stare šume koji ostaje za dovršnu sječ, a druga je bio praćenje utjecaja napada stjenice na prosječnu visinu podmlatka koji je rastao na otvorenom prostoru (Slika 1,2). U obje varijante pokusa na četiri pokusne površine je uporabljen insekticid tiametoksam radi suzbijanja hrastove stjenice, a preostale četiri nisu tretirane, već su bile izložene napadu stjenice. Procjene intenziteta napada hrastove stjenice provedene su krajem lipnja, srpnja i kolovoza 2019., 2020. i 2021. godine. Mjerenje visine tretiranih i netretiranih biljaka u obje varijante pokusa obavljeno je na kraju vegetacije 2019, 2020 i 2021. godine.

Istraživanja su pokazala znatno manji intenzitet napada hrastove stjenice na podmladak hrasta koji je rastao na čistini u odnosu na podmladak ispod starih stabala hrasta lužnjaka (Slika 3). U prvoj godini nije bilo značajnih razlika u prosječnoj visini tretiranih i netretiranih mladica u sjeni, ali su značajne razlike uočene nakon dvije i tri godine, što ukazuje na kumulativni učinak napada stjenice na visinu hrastovog podmlatka (Slike 6,7,8). Tijekom trogodišnjeg istraživanja nisu utvrđene značajne razlike u prosječnoj visini biljaka između tretiranih i netretiranih pokusnih ploha na otvorenom, što je rezultat značajno slabijeg napada stjenice na čistini. Podmladak hrasta lužnjaka na čistini je puno viši od podmlatka u sjeni starih hrastova, što je izravan utjecaj svjetla na biljake. To ukazuje da je s obzirom na manji intenzitet napada hrastove stjenice i brži rast biljaka pri punoj svjetlosti, povoljnije izvršiti obnovu na čistini ili je potrebno obaviti dovršnu sječ prije pojave hrastovog podmlatka. Podmladak hrasta lužnjaka koji se razvija ispod stabala stare sastojine nakon oplodne sječe potrebno je zaštititi od stjenice dok je u sjeni.

KLJUČNE RIJEČI: hrastova mrežasta stjenica, štete, *Quercus robur*, obnavljanje, visina, podmladak



Original **STIHL**[®]
Swiss Made

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.

KOMARCI U HRVATSKOJ BOLESTI KOJE PRENOSE, NAČINI PREVENCIJE I SUZBIJANJA

MOSQUITOES IN CROATIA TRANSMITTING DISEASES, WAYS OF PREVENTION AND CONTROL

Maja CVEK¹, Doris ŠEGOTA², Kaća PILETIĆ³, Gabrijela BEGIĆ⁴, Maša KNEŽEVIĆ⁴, Dijana TOMIĆ LINŠAK^{5*},
Marina ŠANTIĆ⁴

SAŽETAK

Zaštita prirode i okoliša danas čini sastavni dio gospodarskog i šireg društvenog razvoja. Podizanjem razine svijesti, proaktivnim razmišljanjem i djelovanjem, možemo računati na 10. održivi razvoj nadolazećih generacija. Ipak, u toj namjeri promjene ekosustava posljedično utječu na brojnost pojedinih vrsta insekata. Komarci su kozmopolit-ske životinje iz porodice *Culicidae*. Prenosnici su mnogih patogena koji izazivaju brojne bolesti kod ljudi i životinja: denga groznica, žuta groznica, groznica Zapadnog Nila, tularemija, japanski encefalitis, malarija, zika groznica i dr. Cilj ovoga preglednog rada je sažeto objediniti trenutne znanstvene spoznaje o komarcima, njihovom životnom ciklusu, vrstama prisutnima u Republici Hrvatskoj, načinu prenošenja mikroorganizama, bolestima koje pojedine vrste komaraca na području Hrvatske prenose te prikaz najmodernijih rješenja prevencije i suzbijanja invazivne vektorske vrste komarca *Aedes albopictus* putem tehnike sterilnih mužjaka (SIT) koja se smatra među ekološki najprihvatljivijom i najrazvijenijom metodom suzbijanja štetočina kukaca.

KLJUČNE RIJEČI: bolesti, komarci, Hrvatska, kontrola komaraca, sterilni komarci, vektori

UVOD INTRODUCTION

Komarci (*Culicidae*) su široko rasprostranjena skupina kukaca, svrstana u red dvokrilaca. Porodica ima oko 50 rodova i obuhvaća oko 3.300 vrsta. Razvili su se prije otprilike 170 milijuna godina. U odnosu prema čovjeku i njegovu

zdravlju komarci su od velikog javnozdravstvenog značaja prepoznati kao prenositelji bolesti ili kao napasnici (molestanti).

Komarci nastanjuju gotovo sva područja na svijetu ovisno o vrsti. Izuzetak su polarna područja, pustinje i područja viša od 1500 metara nadmorske visine, ali najčešće su u bli-

¹ mr. sc. Maja Cvek, dipl.ing.biol., Nastavni zavod za javno zdravstvo Istarske županije – Istituto formativo di sanità pubblica della Regione Istriana, Nazorova 23, 52000 Pula, e-mail: maja.cvek@uniri.hr

² Doris Šegota, mag. educ. phys. et inf., Zavod za medicinsku fiziku i zaštitu od zračenja, Klinički bolnički centar Rijeka, Krešimirova 52, 51000 Rijeka; Republika Hrvatska; e-mail: doris.segota@uniri.hr

³ Kaća Piletić, dipl. sanit. ing., univ. mag. pharm., Državni inspektorat, Služba za sanitarnu inspekciju, Šubićeva ulica 29, 10000 Zagreb; Republika Hrvatska; kaca.piletic@student.uniri.hr

⁴ Gabrijela Begić, mag.med.lab.diag., Maša Knežević, mag.pharm.inv.; prof. dr. sc. Marina Šantić, dipl. sanit. ing.; Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, Zavod za mikrobiologiju i parazitologiju, Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Republika Hrvatska; e-mail: gabrijela.begic@medri.uniri.hr; masa.knezevic@medri.uniri.hr; marina.santic@medri.uniri.hr

^{5*} doc.dr.sc. Dijana Tomić Linšak, dip.san.ing.; Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, katedra za zdravstvenu ekologiju, Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Republika Hrvatska; e-mail: dijanat@uniri.hr;

* autor za korespondenciju – corresponding author

Tablica 1. Broj zabilježenih vrsta u različitim regijama Republike Hrvatske

Table 1. Number of recorded species in different regions of the Republic of Croatia

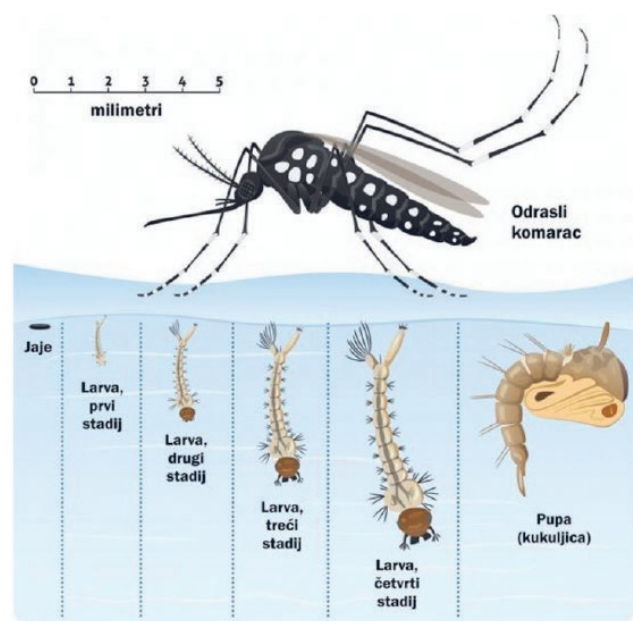
Regija	Broj zabilježenih vrsta
Slavonija/kontinentalna	32
SZ Hrvatska/kontinentalna	16
Središnja Hrvatska/kontinentalna	32
Lika/alpska	16
Istra/mediteranska	31
Dalmacija/mediteranska	30

zini vode, neovisno o njoj površini i kvaliteti (Merdić i sur., 2020).

Hrvatska ima široku raznolikost ekosustava, staništa te raznoliku floru i faunu. Zbog različitih klimatskih, geoloških i ekoloških čimbenika, nove vrste flore i faune još uvijek se pronalaze (Becker i sur., 2010). Te promjene pogoduju adaptaciji i širenju komaraca, a temeljene su na genetskim, strukturnim, fiziološkim i bihevioralnim prilagodbama kao odgovor na nove uvjete okoliša. Na području Republike Hrvatske razlikuju se tri zoogeografske regije: kontinentalna, alpska (dinarska) i mediteranska. U Tablici 1. prikazana je brojnost vrsta komaraca zabilježenih u pojedinim regijama Hrvatske (Korunić, 2021).

ŽIVOTNI CIKLUS KOMARACA MOSQUITO LIFE CYCLE

Komarci prolaze kroz potpunu metamorfozu, što znači da se njihov životni ciklus sastoji od četiri različita životna



Slika 1. Životni ciklus komaraca

Figure 1. Mosquito life cycle

<https://www.zjzdnz.hr/kampanje/prestanimo-uzgajati-komarce/biologija-komaraca>

stadija: jaje, ličinka, kukuljica i imago (odrasla jedinka). (Slika 1.)

Ovisno o vrsti, ženka komarca polaže jaja pojedinačno ili u nakupinama. Poplavne vrste komaraca polažu jaja na vlažno tlo (Krajcar, 2001).

Komarcima je za razvoj neophodna stajaća voda. Ovisno o vrsti, mogu se razvijati u različitim vodama, čistim i onečišćenim, prirodnim i umjetnim. Prirodna legla komaraca su lokve i kanali, močvare, privremeno poplavljene površine, šumske depresije, vode u udubinama stabala i druge male stajačice ili sporo tekuće vode. Umjetna legla komaraca čine sve moguće retencije vode na koje je utjecao čovjek: začepljeni slivnici i oluci, vaze na grobljima, različiti odbačeni predmeti, odbačene boce, automobilske gume, nepropisno odbačen krupni otpad i još mnoštvo sličnih predmeta različitih veličina, oblika i materijala koji nas okružuju (Asaj, 1999).

Mušjaci i ženke hrane se nektarom i biljnim sokovima, ali samo ženke trebaju i krvni obrok koji pomaže u polijeganju jaja. Ženke prolaze kroz nekoliko gonadotropnih ciklusa, a za svako polaganje jaja trebaju novi krvni obrok. Svaki ciklus sastoji se od tri stadija: traženje krvnog obroka, uzimanje krvnog obroka i njegovo probavljanje, razvoj te polijeganje jaja (Merdić i sur., 2020).

Komarci postaju neaktivni kada temperatura padne ispod 15 °C i obično ulaze u hibernaciju kada dođe sezona hladnijeg vremena. Nekoliko vrsta mogu hibernirati kao ličinke, ali većina vrsta prezimljuje u stadiju jajašca (npr. *Aedes*), dok neke vrste koriste životinjske nastambe, podrumne, tavane i druga zaštićena mjesta (npr. *Culex*) (Korunić, 2021).

MEDICINSKI ZNAČAJ KOMARACA MEDICAL SIGNIFICANCE OF MOSQUITOES

Uzročnici bolesti koje mogu prenijeti komarci su uglavnom virusi, ali i protisti, oblići i bakterije. Bolesti uzrokovane virusima: infekcije ortobunya virusom, infekcije kalifornijskog encefalitisa, infekcija uzrokovana virusom chikungunya, infekcije denga virusom, istočni i zapadni encefalomijelitis konja, hemoragijska groznica, malarija, infekcije virusom Sindbis, groznica rijeke Ross, usutu groznica, groznica Zapadnog Nila, infekcije virusom zika, žuta groznica i dr. U iznimnim slučajevima mogu prenijeti i bakterijski uzrokovanu bolest tularemiju, te bolesti uzrokovane oblicima: dirofilariozu i protozoama: lišmaniozu (Radošević, 2020). Navedene bolesti imaju sezonski karakter, javljaju se od proljeća do jeseni što je povezano s razvojnim ciklusom komaraca. Također, pojavnost i rasprostranjenost tih bolesti ovisi o klimatskim promjenama koje uzrokuju povećanje prosječnih vrijednosti temperature i veću količinu oborina što pogoduje razmnožavanju komaraca (Merdić i sur., 2008).

Iako je u Hrvatskoj malarija uspješno iskorijenjena nakon II. svjetskog rata, Svjetska zdravstvena organizacija procje-

njuje da je samo u 2018. od malarije oboljelo oko 228 milijuna, a umrlo oko 405.000 ljudi u svijetu (Merdić i sur., 2008). U novije vrijeme zabilježen je trend širenja zaraznih bolesti poput denga groznice, ali i pojave autohtonih slučajeva bolesti uzrokovane virusom Zapadnog Nila (Korunić, 2021). Učestala putovanja i migracije ljudi pridonose globalnoj rasprostranjenosti ovih bolesti, o čemu svjedoči sve veći broj uvezenih slučajeva malarije i nedavnih izbijanja bolesti Zapadnog Nila i Chikungunya groznice, što je izazvalo sve veću zabrinutost javnosti. Veća mobilnost ljudi iz endemskih područja, kao i pojačana međunarodna trgovina (npr. rabljenim gumama) te promjena klime, utječu

na pojavu invazivnih vrsta i njihov veći vektorski potencijal (Becker, 2010).

Virusi koji se prenose pomoću vrsta iz koljena člankonožaca (arthropoda) neformalno se nazivaju arbovirusi. Od navedenih virusa nekolicina koristi komarce kao vektore i javnozdravstveno su značajni jer uzrokuju bolesti kod ljudi (Radošević, 2020). Najznačajniji od navedenih virusa se taksonomski, prema genetskim razlikama, svrstavaju u četiri roda unutar tri različite porodice (Foster i Walker, 2019) *Togaviridae*, *Flaviviridae* i *Bunyaviridae*. Unutar porodice *Togaviridae* nalazi se značajan rod *Alfavirus*, dok je za porodicu *Flaviviridae* značajan rod *Flavivirus*. Unutar poro-

Tablica 2. Tablica geografske rasprostranjenosti odabranih virusa, poznatih uzročnika ljudskih bolesti, prenošenih komarcima (Foster i Walker, 2019)
Table 2. Table of geographic distribution of selected viruses, known to cause human diseases, transmitted by mosquitoes (Foster i Walker, 2019)

Porodica (<i>Genus</i>)	Soj virusa i serotip	Distribucija
Togavirida (<i>Alphavirus</i>)	Istočni konjski encefalomijelitis (Eastern equine encephalomyelitis)	Amerika
	Venezuelanski konjski encefalomijelitis (Venezuelan equine encephalomyelitis)	Južna i središnja Amerika, Meksiko, SAD (Florida)
	Zapadni konjski encefalomijelitis (Western equine encephalomyelitis)	Sjeverna Amerika, Meksiko, Južna Amerika (istok)
	Chikungunya	Afrika, Azija, uključujući Filipine, Južna, Središnja i Sjeverna Amerika
	O'nyong nyong	Afrika
	Ross River	Australija, Nova Gvineja, Fiji, Samoa
	Semliki Forest	Afrika, Azija, uključujući Filipine
	Mayaro	Južna Amerika (sjever), Trinidad
	Dengue (4 serotipa)	Tropi, posebice južna Azija i Karibi
	Virus žute groznice (Yellow fever)	Afrika, Središnja i Južna Amerika
Flaviviridae (<i>Flavivirus</i>)	St. Louis encephalitis	Amerike
	Murray Valley encefalitis	Australija, Nova Gvineja
	Japanese encefalitis	Azija (istok), uključujući Filipine
	Virus zapadnog Nila (West Nile)	Afrika, Europa, Izrael, Azija; Južna, Središnja i Sjeverna Amerika
	Ilheus	Središnja i Južna Amerika
	Rocio	Brazil
	Wesselsbron	Afrika, Azija (jug)
	Zika	Afrika, Azija, Južni Pacifik, Južna i Sjeverna Amerika, Karibi, Sjeverna Amerika (jug)
	Bunyamwera	Afrika
	Germiston	Afrika
	Ilesha	Afrika
	Wyeomyia	Središnja Amerika
	Itaqui	Južna Amerika
Bunyaviridae (<i>Orthobunyavirus</i>)	Marituba	Južna Amerika
	Murutucu	Južna Amerika
	Oriboca	Južna Amerika
	Madrid	Središnja Amerika
	Nepuyo	Središnja i Južna Amerika
	California encefalitis	SAD (istok)
	Jamestown canyon	Sjeverna Amerika
	La Crosse encefalitis	SAD (istok)
	Inkoo	Finska
	Tahyna	Europa
Guaroa	Južna Amerika	
Bunyaviridae (<i>Phlebovirus</i>)	Rift Valley groznice	Afrika (sjever i istok)

dice *Bunyaviridae* nalaze se dva značajna roda, a to su: *Ortobunyavirus* i *Flebovirus*. Navedena podjela prikazana je u Tablici 2 (Foster i Walker, 2019).

KOMARCI – VEKTORI ZOONOZA MOSQUITOES – ZONOSIS VECTORS

Fauna komaraca Hrvatske trenutno uključuje 52 vrste, koje pripadaju osam rodova: *Anopheles* (12 vrsta), *Aedes* (24 vrste), *Coquillettidia* (1 vrsta), *Culex* (7 vrsta), *Culiseta* (6 vrsta), *Orthopodomyia* (1 vrsta) i *Uranotaenia* (1 vrsta) od kojih su dvije invazivne (*Ae. albopictus* i *Ae. japonicus*) (Merdić i sur., 2020). Kako bi što zornije prikazali odnos između vrsta komaraca i bolesti koje oni prenose (Tablica 3.), prikazan je analitički prikaz faune komaraca i njihovih domaćina do sada zabilježenih na području Hrvatske kao i slučajevi bolesti koje te vrste prenose u Hrvatskoj. Ujedno je u tablici prikazana i vrsta domaćina, ovisno o preferencijama i načinu života.

Vektorske bolesti kao što su malarija, denga, zika, chikungunya, žuta groznica i druge, uzrokuju više od milijun smrti godišnje i čine 17 % ukupnog morbiditeta od zaraznih bolesti. Učestalost arbovirusnih bolesti koje prenose komarci roda *Aedes* dramatično je porasla posljednjih de-

setljeća, te se procjenjuje da je trenutno oko jedne trećine svjetske populacije u opasnosti od epidemija koje prenose komarci roda *Aedes* (Slika 2.), od kojih je 99 % uzrokovano samo od dvije vrste, *Aedes aegypti* i *Aedes albopictus* (WHO, 2017).

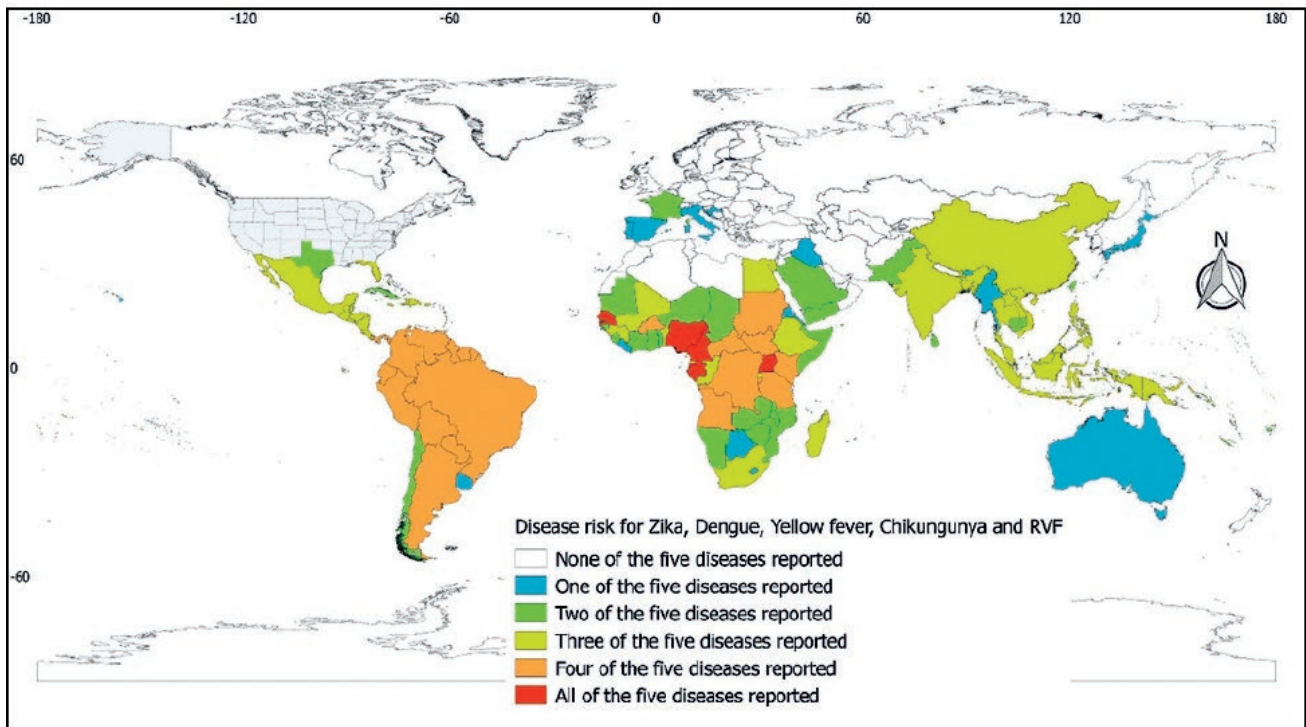
Tigrasti komarac, invazivna je vrsta komaraca do danas udomaćena u priobalnom području, na otocima i dijelovima kontinentalne Hrvatske. Vrsta je visokog potencijala za prijenos virusa denge (DENV) i chikungunya (CHIKV) te je potencijalni prijenosnik Zika virusa (ZIKV). Prirodni ciklus virusa Zapadnog Nila (VZN) i Usutu virusa (USUV) uključuje ptice kao glavne domaćine virusa i komarce kao vektore. Vrsta komaraca s najvećim potencijalom za prijenos navedenih virusa je *Culex pipiens* kompleks (Klobučar i sur., 2018).

Vrsta koja bi se u bliskoj budućnosti mogla naći u Hrvatskoj je *Aedes koreicus* (Klobučar i Vrućina, 2019) budući da je zabilježena u susjednim zemljama: Sloveniji (Kalan i sur., 2017), Mađarskoj (Kurucz i sur., 2016) i Italiji (Capelli i sur., 2011) kao i vrsta *Aedes atropalpus* zabilježena u drugim dijelovima Europe te vrsta *Aedes triseriatus* (Medlock i sur., 2012, Schaffner i sur., 2013) koja još nije zabilježena u Europi, ali je determinirana u seriji rabljenih guma uvezenih iz Louisiane (SAD) u Francuskoj 2004. godine.

Tablica 3. Fauna komaraca prisutnih na području Republike Hrvatske, zoonoze koje prenose u svijetu, evidentirane zoonoze na području Republike Hrvatske s najčešćim domaćinima

Table 3. Fauna of mosquitoes present on the territory of the Republic of Croatia, zoonoses that they transmit in the world, recorded zoonoses in the territory of the Republic of Croatia with the most common hosts

Vrsta	Zoonoza	Zoonoza u RH	Domaćin
<i>Anopheles atroparvus</i> Van Thiel, 1927	Malaria (Vignjević, 2014)	Malaria (Vignjević, 2014)	čovjek (Becker, 2010; Vignjević, 2014), domaće životinje, životinje (Becker, 2010)
<i>Anopheles claviger</i> Meigen, 1804	Malaria, Bunyamwera Complex (Becker, 2010)	Malaria (Becker, 2010)	čovjek (Becker, 2010; Vignjević, 2014), domaće životinje, životinje (Becker, 2010)
<i>Anopheles maculipennis</i> Meigen, 1818	West Nile Virus (Becker, 2010)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Danbaldan i sur., 2014)
<i>Ochlerotatus cantans</i> Meigen, 1818	Flavivirus i Bunyavirus (Becker, 2010)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Renshaw i sur., 1994) stoka, ovce, čovjek (Becker, 2010)
<i>Ochlerotatus caspius</i> Pallas, 1772	West Nile Virus (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Becker, 2010)
<i>Ochlerotatus cataphylla</i> Dyar, 1916	West Nile virus (VZN) (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Becker, 2010)
<i>Aedimorphus vexans</i> Meigen, 1834	West Nile Virus (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Becker, 2010)
<i>Stegomyia (Aedes) albopictus</i> Skuse, 1895	Chikungunya (Becker, 2010) Dengue Virus (Becker, 2010) Usutu virus (USUV) (Klobučar i sur., 2021) Dirofilarioza (Becker, 2010)	Usutu virus (USUV) (Klobučar, 2021)	čovjek, dr. sisavci: zečevi, psi, krave i vjeverice, povremeno ptice (Becker, 2010)
<i>Barraudius modestus</i> Ficalbi 1889	West Nile Virus (Becker, 2010)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	čovjek (Becker, 2010),
<i>Culex pipiens</i> Linnaeus, 1758	West Nile Virus (Becker, 2010), Usutu virus (USUV) (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021), Usutu virus (USUV) (Klobučar i sur., 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Golding i sur., 2012)
<i>Culiseta annulata</i> Schrank, 1777	West Nile virus (VZN) (Klobučar i sur., 2021)	West Nile Virus (Benvin i sur. 2021)	ptice, čovjek, konji i drugi sisavci (Becker, 2010)



Slika 2. Zemlje s prijavljenim slučajevima zika, dengue, žute groznice, chikungunya, i RVF (Leta i sur., 2017)

Figure 2. Countries with reported cases of zika, dengue, yellow fever, chikungunya and RVF viruses (Leta i sur., 2017)

DENGA GROZNICA DENGUE FEVER

Denga groznica (DG) je najrasprostranjenija virusna bolest koju prenose komarci te se kao emergentna i reemergentna zoonoza rasprostire preko kontinenta Azije, Afrike, Amerike, južne Europe i zemalja Pacifika (Guzman i Harris, 2015). Prvi opisi slučajeva groznice koja nalikuje DG opisani su 1779. godine, a uzročnik je otkriven i izoliran početkom 20. stoljeća (Brnčić i sur., 2013). Tijekom 60-tih godina 20. stoljeća došlo je do rapidnog povećanja broja slučajeva kod ljudi, kao i rapidnog geografskog širenja DG. Tijekom 2013. godine ukupno 390 milijuna ljudi diljem svijeta bilo je zaraženo virusom denge, od kojih je simptomatsku groznicu razvilo 96 milijuna ljudi (Guzman i Harris, 2015). U Hrvatskoj su tijekom 2007. godine po prvi put zabilježena dva slučaja kod ljudi, u kojima su hrvatski državljani virus unijeli iz endemskih zemalja Indije i Indonezije. Prvi slučaj autohtone DG zabilježen je kod njemačkog turista u kolovozu 2010. godine na Pelješcu, nakon čega je epidemiološkim istraživanjem ustanovljeno još 15 slučajeva infekcije kod stanovnika Pelješca i Korčule (Gjenero-Margan i sur., 2011).

Bolest uzrokuje RNK virus iz porodice *Flaviviridae* s ukupno četiri poznata serotipa virusa (DENV 1–4). Ljudi i neki niži primati smatraju se glavnim rezervoarom virusa (Martina i sur., 2009; Ahammad i sur., 2019). Čovjek se smatra jedinim sisavcem pogodnim za razvoj infektivnog oblika

virusa (Foster i Walker, 2019), a do transmisije virusa dolazi ubodom zaražene ženke tigrastog komarca prilikom kojeg se virus otpušta iz žlijezda slinovnica u tkivo domaćina.

U koži domaćina nakon infekcije virusom denge dolazi do infekcije makrofaga i dendritičnih stanica, zatim do infekcije limfnih čvorova i viremije s posljedičnim utjecajem na vaskularni sustav i organe poput jetre, slezene. Literatura opisuje i pojave neuroloških simptoma (Holmes i Twiddy, 2003). Viremija se može detektirati 24–48 sati nakon pojave kliničkih simptoma i može potrajati 10 – 12 dana. Iako je velika većina infekcija denge virusom asimptomatska (70–80%), u nekih ljudi se razvija klasična akutna febrilna groznica (Muller i sur., 2017). Jednom preboljena DG ostavlja doživotni imunitet na određeni serotip virusa, no moguća je reinfekcija drugim serotipom (Brnčić i sur., 2013).

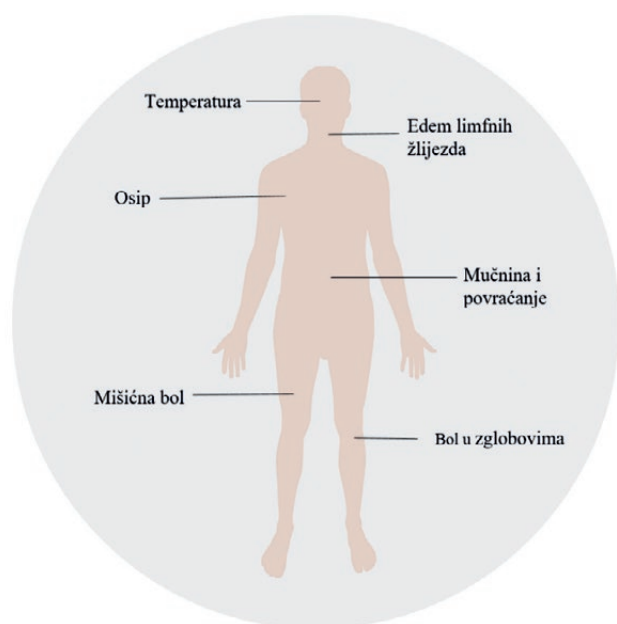
VIRUS ZAPADNOG NILA WEST NILE VIRUS

Virus Zapadnog Nila (VZN) je ovijeni, jednolančani RNA virus iz roda flavivirusa, koji može izazvati infekciju kod ljudi, od asimptomatskih, preko blagih do teških neuroinvasivnih bolesti. Pripada serokompleksu japanskog encefalitisa. Prvi put je izoliran 1937. godine u regiji Zapadnog Nila u Ugandi (Smithburn i sur., 1940). Do devedesetih godina 20. stoljeća bio je prisutan u ruralnim područjima Afrike, Bliskog istoka i Azije. Tada se pojavljuju prve epi-

demije u urbanom području u Rumunjskoj, Rusiji i Sjevernoj Americi (Smithburn i sur., 1940; Hayes i sur., 1940). U Hrvatskoj prvi serološki dokazi infekcije VZN kod ljudi datiraju iz 1980. godine, dok su klinički slučajevi zabilježeni kontinuirano od 2012. – 2018. godine (Pem-Novosel i sur., 2012). Posljednja i najveća epidemija u Hrvatskoj, 2018. godine obuhvatila je 11 županija, a zabilježeno je 54 slučaja s neuroinvasivnom oblikom ove bolesti te 7 slučajeva s VZN groznicom (Vilibić-Čavlek i sur., 2019). Također su zabilježene infekcije kod konja, ptica i peradi (Vilibić-Čavlek i sur., 2021).

Čovjek se može zaraziti ovim virusom nakon uboda komarca, najčešće vrste *Culex*, *Aedes* i *Ochlerotatus* (Komar, 2000). Ptice su idealni domaćini koji omogućavaju širenje virusa, dok se infekcije ljudi i drugih sisavaca smatraju slučajnim. Većina sisavaca, osim konja, zbog niske i prolazne razine virusa u krvi nemaju ulogu u ciklusu prijenosa (Peterson i sur., 2013).

Kada komarac ubode zaraženu pticu, virus prodire u crijeva, replicira se u tkivima i proizvodi citopatski učinak koji traje doživotno (Davis i sur., 2006). Za novi godišnji ciklus infekcije nužno je prezimljavanje virusa, bilo u hibernirajućim ženjkama komaraca ili bilo kao vertikalni prijenos na njihovo potomstvo (Reisen i Brault, 2007). Ubodom zaraženog komarca virus se prenosi u domaćina. Odgovor imunološkog sustava na VZN ima značajnu ulogu u ograničavanju infekcije. Smanjen odgovor bilo kojeg od ovih mehanizama može rezultirati težim oblicima bolesti pa čak i smrtnim ishodom (Diamond i sur., 2003; Shrestha i Diamond, 2004). Oko 80 % infekcija VZN je asimptomatsko, a 20 % se razvija u samoograničavajuću bolest, sličnu gripi.



Slika 3. Simptomi infekcije virusom zapadnog Nila
Figure 3. Symptoms of West Nile virus infection

Simptomi se pojavljuju od 2.-14. dana nakon infekcije virusom, a najčešće prolaze nakon 3.- 6. dana. Manje od 1 % zaraženih ljudi, uglavnom starije i imunokompromitirane osobe, razviju bolest sa težim simptomima (Sambri i sur., 2013; Watson i sur., 2004) (Slika 3.).

Trenutno ne postoji učinkovit lijek protiv bolesti, već se pruža simptomatsko liječenje (Petersen i sur., 2013). Preventivne mjere obuhvaćaju suzbijanje komaraca i osobnu zaštitu (Fradin i sur., 2000). Slučajevi infekcije VZN trebali bi se prijaviti Europskom centru za prevenciju i kontrolu bolesti (ECDC) prema definiciji slučaja EU-a iznesenoj u Odluci (EU 2018/945/2018/EZ).

TULAREMIJA TULAREMIA

Tularemija je zoonoza koju uzrokuje gram-negativna, fakultativno unutarstanična bakterija *Francisella tularensis*. Dvije podvrste *F. tularensis*, subsp. *tularensis* (tip A) i subsp. *holarctica* (tip B) vrlo su značajne jer uzrokuju bolest kod imunokompetentnih ljudi i životinja (Gurcan i sur., 2014). Tip A se uglavnom može pronaći u Sjevernoj Americi, dok je Tip B rasprostranjen širom sjeverne polutke (Europa, Azija i Sjeverna Amerika). *F. tularensis* iznimno je virulentna bakterija, samo 10 do 50 bakterijskih stanica može uzrokovati bolest. *F. tularensis* uzrokuje bolest u više od 250 životinjskih vrsta te može inficirati široki spektar kralježnjaka i beskralježnjaka, no glavni rezervoar ovog patogena još uvijek nije identificiran. Krpelji, muhe i komarci smatraju se samo nekim od vektora prijenosa tularemije na sisavce (Petersen i sur., 2009). Do sada je uočena snažna povezanost *Francisella* vrsta sa slatkovodnim okolišem i slobodnoživućim amebama. Ličinke komaraca hrane se vodenim protozoama, stoga se mogu zaraziti s *F. tularensis* tijekom razvoja u svom prirodnom vodenom okruženju (Lundstorm i sur., 2011). Također, ljudi se mogu zaraziti udisanjem kontaminiranog aerosola, konzumacijom kontaminirane hrane ili vode, kontaktom sa zaraženom životinjom te ugrizom zaraženog krpelja, muhe ili komarca. Prijenos patogena na ljude putem komaraca može se dogoditi na mehanički ili biološki način (Abdellahoum i sur., 2020). Mehanički prijenos podrazumijeva da komarac nosi zarazni agens, ali se u njemu ne razmnožava. Biološki prijenos podrazumijeva da se patogen razmnožava unutar komarca, u žlijezdama slinovnicama, a prijenos i infekcija domaćina događaju se automatski tijekom sisanja krvi.

Poznati slučajevi tularemije nakon uboda komaraca većinom su prijavljeni u Švedskoj i Finskoj (Abdellahoum i sur., 2020; Christenson i sur., 1984). Bolest se očitovala nastankom kožnih lezija na nogama, rukama, licu ili vratu s aksilarnom ili cervikalnom limfadenopatijom, odnosno ulceroglandularnim oblikom tularemije (Abdellahoum i sur., 2020; Maurin i Gyuranecz, 2016) te povišenom temperatu-

rom i bolovima u tijelu. Simptomi se obično javljaju nakon 3 do 5 dana inkubacije, a inkubacija može trajati čak do 3 tjedna (Maurin i Gyuranecz, 2016).

U Europi je Skandinavija (Švedska i Finska) primarno endemsko područje ove bakterije, zatim slijede Kosovo, Mađarska, Turska, Slovačka, Češka, Srbija, Bugarska, Norveška, Njemačka, Španjolska, Poljska, Gruzija i Francuska (Gurcan, 2014; Grunow i sur., 2012; Ulu-Kilic i Doganay, 2014). Prema podacima Europskog centra za kontrolu i prevenciju bolesti u Republici Hrvatskoj je 2015. godine prijavljeno 13 slučajeva tularemije, dok je u periodu od 2016. – 2019. godine prijavljeno ukupno 6 slučajeva tularemije (ECDC, 2019). Međutim, među prijavljenim slučajevima, u Hrvatskoj nije potvrđen prijenos ubodom komarca. Do sada nije razvijeno učinkovito cjepivo koje bi moglo utjecati na prevenciju nastanka tularemije.

KONTROLA BROJNOSTI KOMARACA MOSQUITO ABUNDANCE CONTROL

Prevenција – *Prevention*

Sukladno smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), Europskog centra za prevenciju i kontrolu bolesti (ECDC) te Europskog udruženja za kontrolu komaraca (EMCA), a radi praćenja vektora zaraznih bolesti, županijski zavodi za javno zdravstvo te Nastavni zavod za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“ razvijaju regionalni okvir kontinuiranog monitoringa invazivnih komaraca. Okvir podrazumijeva istraživanja o prisutnosti vrsta, brojnosti, širenju, potencijalu prijenosa patogena, a sve u svrhu procjene rizika od pojave mogućih epidemija, kao i planiranja aktivnosti za učinkovitu prevenciju, pravovremeno suzbijanje te evaluaciju provedenih mjera (ECDC, 2012).

Važna komponenta u kontroli komaraca je edukacija stanovništva, budući da podizanje svijesti o važnosti poduzimanja preventivnih radnji svakog pojedinca predstavlja najkvalitetnije suzbijanje i kontrolu prisutnosti komaraca nekog područja.

Suzbijanje komaraca – *Mosquito control*

Suzbijanje komaraca i njihovih razvojnih oblika provodi se radi sprječavanja pojave zaraznih bolesti pučanstva, kao i kožnih bolesti poput urtikarija, eritema, alergijskih promjene nastalih ubodima komaraca (Becker, 2010). Preparati koji se koriste za suzbijanje komaraca moraju biti ekološki prihvatljivi, učinkoviti te propisno registrirani i dopušteni za primjenu u Republici Hrvatskoj.

Kontrola komaraca podrazumijeva skup radnji različitih subjekata (monitoring, provedba mjera suzbijanja te stručni nadzor nad provođenjem mjera suzbijanja) s ciljem smanjenja broja komaraca na biološki prihvatljiv minimum na

području pojedine jedinice lokalne samouprave. Poznavanje biologije komaraca od iznimne je važnosti za izbor odgovarajućeg insekticida i njegovu primjenu na terenu. Trenutno je u svijetu ekološki najprihvatljivija biološka kontrola komaraca, koja bi u budućnosti trebala biti primarna metoda u suzbijanju njihove brojnosti.

Ova metoda uključuje uvođenje bakterija roda *Wolbachia* koja suzbija razmnožavanje patogenih virusa u komarcu, zatim uvođenje transgeničnih mužjaka komaraca koji nose dominantan „letalni gen“ (Weaver, 2013). Efikasna je i genetička kontrola populacije komaraca samo-limitirajućim sustavom u kojem se oslobađaju sterilni ili inkompatibilni mužjaci, čime se prirodna vektorska populacija zamjenjuje populacijom čiji je vektorski potencijal puno niži (Foster i Walker, 2019). Mehaničke metode podrazumijevaju korištenje prepreka kojima se smanjuje mogućnost ulaska komaraca u objekte. U fizikalne metode spadaju regulacija temperature, količina svjetlosti, zračenje i ultrazvuk, međutim ova metoda nema veću primjenu (Korunić, 2021). U kemijske metode spada upotreba biocida (repelenata, atraktanata te regulatora rasta), a provodi se primjenom raznih kemijskih pripravaka koji imaju izraženo toksično djelovanje na kukce ili njihove razvojne oblike. Moderan pristup kontroli komaraca bazira se na larvicidnim tretmanima u vodi, osim što selektivno djeluje isključivo na ličinke komaraca. Po prelasku u adultni oblik zauzimaju puno veći i za tretiranje nepovoljniji medij, zrak (Strategija Osječko-baranjska županija, 2019).

Zbog prilagodbe na klimatske promjene, u novije se vrijeme u urbanim sredinama stvaraju inovativna rješenja poput „zelenih gradova“ koji međutim, predstavljaju pogodna mjesta za razvoj komaraca. Razumijevanje načina na koji komarci stupaju u interakciju s novim okruženjem i klimom posebno je važno u predikciji zoonoza. Urbano ekološko planiranje ključno je u borbi protiv komaraca i bolesti koji one prenose. Procjenjuje se da 54 % ljudske populacije živi u urbanim područjima. Trenutno u svijetu postoji 28 „mega -gradova“ s preko 10 milijuna stanovnika (Medeiros-Sousa i sur., 2017). Ljudska naselja predstavljaju jedinstvena, ali fragmentirana staništa koja su trajno toplija od ruralnih područja (Löhmus i Balbus, 2015).

Urbanizacija može utjecati na smanjenje brojnosti vrsta komaraca ili čak uzrokovati lokalno izumiranje autohtonih vrsta. Posljedično ostaju vrste koje se lakše mogu prilagoditi antropogenim promjenama, a mogu postati ključni čimbenik naglog širenja novog patogena u nova područja (Löhmus i Balbus, 2015). Kao posljedica uništavanja i fragmentacije staništa, urbana područja rijetko podržavaju visoku razinu biološke raznolikosti.

Područja gradova s većim zelenim površinama, imaju manju incidenciju bolesti koje prenose komarci, u odnosu na područja s manjim i vrstama siromašnijim zelenim povr-



Slika 4. Zelene stambene zgrade s niskim udjelom ugljika u Chengduu u Kini

Figure 4. Low-carbon green residential buildings in Chengdu, China

https://gigazine.net/gsc_news/en/20200916-chinese-vertical-forest-mosquitoes/

šinama. Smanjenje veličine staništa urbanih zelenih površina također smanjuje broj prirodnih predatora komaraca. U takvim staništima ostaju rijetke populacije komaraca, uglavnom prijenosnika ljudskih patogena kao što su *Aedes albopictus*, *Aedes aegypti* i *Culex quinquefasciatus* (Medeiros-Sousa i sur., 2017).

Danas arhitekti projektiraju zelene zgrade, no takvi su projekti vrlo zahtjevni, a da bi opstali moraju se redovito održavati. Primjerice, u kineskom gradu Chengdu gdje prevladava monsunska klima izgrađeno je ogromno zeleno eksperimentalno stambeno naselje, koje je zbog neodržavanja zelenila rezultiralo pošašću komaraca, za razliku od milanskog „Bosco Verticale“ s pomno odabranom florom i održavanjem, koje je zaživjelo u pozitivnom smislu te su stanari ostali živjeti u njemu. Primjeri ovih projekta pokazuju da pravilno planiranje i održavanje uz odgovarajući odabir vegetacije može dati dobre rezultate (Slika 4.) (Wong, 2016).

Ustanovljeno je da relativna brojnost vektorske vrste komarca *Culex quinquefasciatus* na golim krovovima je oko pet puta veća nego na zelenim, što se pripisuje zadržavanju oborinske vode u udubljenjima na golim krovovima (Wong, 2018).

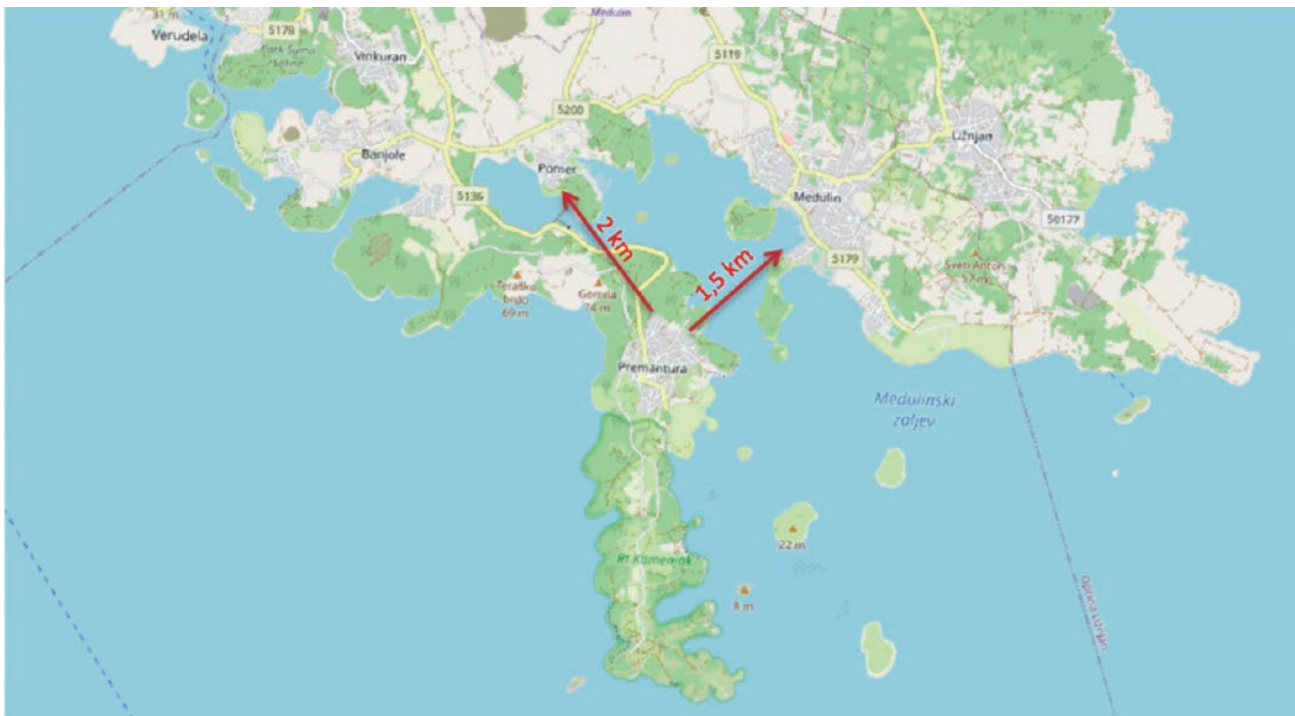
U Republici Hrvatskoj je prihvaćena Odluka o donošenju Programa razvoja zelene infrastrukture u urbanim područjima za razdoblje 2021. do 2030. godine, a upravo Europska unija u idućem razdoblju planira putem fondova ulagati u taj oblik infrastrukture (Službeni list, NN 147/21). Međutim, spomenutim Programom se ne spominje mogućnost porasta broja komaraca implementacijom zelene infrastrukture.

Ubrzano širenje komaraca kao vektora bolesti potaknulo je Svjetsku zdravstvenu organizaciju da predloži hitnu po-

trebu za alternativne metode kontrole vektora u svom Globalnom odgovoru vektorske kontrole (WHO, 2017), koje su odobrene od strane Svjetske zdravstvene organizacije (WHO, 2009). Opći cilj kontrole vektora je smanjenje populacije vektora, što dovodi do smanjenja smrtnosti ili morbiditeta u ljudi kako na regionalnoj razini, tako i na razini zajednice i pojedinca.

Jedna od alternativnih tehnologija u kontroli vektora je tehnika sterilnih kukaca, „metoda kontrole štetnika masovnim puštanjem sterilnih kukaca na velikom području kako bi se smanjila reproduktivnost populacije iste vrste“ (FAO, 2007). Stoga tehnika sterilnih kukaca (SIT - Sterile Insect Technique) ima potencijal snažnog smanjivanja gustoće prirodne populacije ciljanog kukca, ponekad do iskorjenjenja. Postupak je uspješno implementiran u poljoprivredi protiv brojnih insekata (Dyck i sur., 2006) i trenutno je u tijeku razvoja protiv komaraca (Lees i sur., 2015). Ova tehnika je nadopuna postojećim mjerama kontrole vektora unutar integrirane strategije upravljanja za cijelo područje suzbijanja komaraca. Mužjaci komaraca koji će se modificirati biraju se po stupnju razvoja i spolne zrelosti. Ozračuju se u posebnim kontejnerima. Određivanje doze koja će uzrokovati sterilitet u kukaca najvažniji je dio SIT programa. Iznimno niske doze zračenja steriliziraju mužjake komaraca, međutim nemaju utjecaj na njihov životni vijek, ponašanje u prirodi i sposobnost parenja. S porastom apsorbirane doze povećava se sterilitet, ali ujedno njihova kompetitivnost u prirodi može opasti, a time i učinkovitost samog SIT programa. Preporučene vrijednosti doza kojima se ozračuju svi kukci dana je u dokumentu IDIDAS 2018 (International Database on Insect Disinfestation and Sterilization - International Atomic Energy Agency, IAEA, 2018.). Nakon ozračivanja, komarci se u prirodu ispuštaju pomoću uređaja s tla ili iz zraka. Ispuštanje u prirodu provodi se planski kako bi se osigurala što bolja konkurentnost sterilnih mužjaka naspram mužjaka u prirodi. Da bi metoda bila što učinkovitija, omjer sterilnih mužjaka naspram mužjaka u prirodi mora biti minimalno 10:1.

Takav pilot projekt sterilizacije i ispuštanja u okoliš mužjaka vrste *Aedes albopictus* prvi se puta provodi u Republici Hrvatskoj na području naselja Premanture (površine oko 70 ha), na samom jugu Istre. Budući da je naselje s tri strane okruženo morem, a samo na sjevernoj strani kopnom gdje se na udaljenosti od oko 2 km zračne linije nalazi prvo sljedeće naselje Pomer, Premantura predstavlja idealno mjesto za provođenje SIT tehnike sterilizacije mužjaka *Aedes albopictus* čiji je radijus kretanja oko 200 metara, čime se osigurava praćenje jednog soja populacije komaraca (Slika 5). Tijekom sezone komaraca u 2022. godini ispuštalo se u četiri navrata po 50 000 sterilnih mužjaka (ozračenih X zrakama dozom od 55 Gy, kroz 12 min), a tijekom 2023. godine planira se ispuštiti u 12 navrata po 100 000 jedinki.



Slika 5. Naselje Premantura, Pula, Istarska županija, Republika Hrvatska, u kojem se 2022. godine započelo s uvođenjem sterilnih mužjaka vrste *Aedes albopictus*

Figure 5. Premantura settlement, Pula, Istria County, Republic of Croatia, where introduction of sterile males of the *Aedes albopictus* started in 2022

Osim samog procesa ozračivanja, potrebno je periodično provjeravati i konkurentnost sterilnih kukaca kako bi se osigurala učinkovitost SIT programa (Food and Agriculture Organization – FAO, 2017.). Budući da je će svaka generacija biti manja od prethodne, puštanje sličnog broja sterilnih mužjaka s vremenom ima jači učinak. Prednosti ove metode su dostupnost mužjaka komarca područjima kojima je ljudski pristup često onemogućen, mehanizam je usmjeren na isključivo jednu vrstu komaraca te nema javnozdravstvene posljedice za okoliš. Nedostaci ove metode su čitav niz prethodnih pokusa i studija kako bi se metoda učinila prihvatljivom, kao i skupocjena tehnologija.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Više od polovice svjetske populacije izloženo je bolestima koje komarci prenose, poput malarije, groznica - denge, zika, chikungunye, zapadnog Nila itd. Navedene bolesti imaju sezonski karakter, a njihova pojavnost i rasprostranjenost ovisi o klimatskim promjenama koje uzrokuju povećanje prosječnih vrijednosti temperature i veću količinu oborina, što pogoduje razmnožavanju komaraca. Učestalost arbovirusnih bolesti koje prenose komarci roda *Aedes* dramatično je porasla posljednjih desetljeća, te se procjenjuje da je trenutno oko jedne trećine svjetske populacije

u opasnosti od epidemija koje prenose komarci roda *Aedes*, od kojih je 99 uzrokovano samo od dvije vrste, *Aedes albopictus* i *Aedes aegypti*. U Hrvatskoj je invazivna vrsta *Aedes albopictus* već široko rasprostranjena, dok se vrste *Aedes aegypti* i *Aedes koreicus* tek očekuju. Radi praćenja vektora zaraznih bolesti, županije su dužne na području svoje nadležnosti provoditi program kontinuiranog monitoringa. Procjena rizika prijenosa patogena neophodna je zbog provođenja pravovremenih mjera i aktivnosti za učinkovitu prevenciju, suzbijanje zaraznih bolesti, evaluaciju provedenih mjera te predikciju mogućih epidemija. Suzbijanje komaraca i njihovih razvojnih oblika provodi se radi sprječavanja pojave zaraznih bolesti pučanstva. Preparati koji se koriste za suzbijanje komaraca moraju biti ekološki prihvatljivi, učinkoviti te propisno registrirani i dopušteni za primjenu u Republici Hrvatskoj. Kontrola komaraca podrazumijeva skup radnji različitih subjekata s ciljem smanjenja broja komaraca na području jedinice lokalne samouprave. Jedna od alternativnih tehnologija u kontroli vektora je metoda kontrole štetnika masovnim puštanjem sterilnih kukaca (SIT tehnika) na velikom području kako bi se smanjila reproduktivnost iste vrste. Pilot projekt sterilizacije mužjaka vrste *Aedes albopictus* prvi se puta provodi u Republici Hrvatskoj na području naselja Premanture na jugu Istre. Praćenje rezultata provedene metode otvorit će nove mogućnosti smanjenja brojnosti ciljane vrste i na širem području Republike Hrvatske.

LITERATURA

LITERATURE

- Abdellahoum Z., M. Maurin, I. Bitam. 2020. Tularemia as a Mosquito-Borne Disease. *Microorganisms*. 9(1):26. doi: 10.3390/microorganisms9010026.
- Ahammad F., T.R.T.Abd Rashid, M. Mohamed, S. Tanbin, F.A.A. Fuad. 2019. Contemporary strategies and current trends in designing antiviral drugs against dengue fever via targeting host-based approaches. *Microorganisms*. 7(9). <https://doi.org/10.3390/microorganisms7090296>
- Asaj A., 1999 *Zdravstvena dezinfekcija u nastambama i okolišu*. Medicinska naklada, Zagreb. ISBN 953-176-088 8; 54 – 55; 117 – 118
- Becker, N., D., Petrić, M., Zgomba, C., Boase, M., Madon, C., Dahl, A., Kaiser. 2010. *Mosquitoes and their Control*. (2 ed.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/978-3-540-92874-4_10
- Benvin I., V. Stevanović, T. Vilibić-Čavlek, S. Kovač, L.J. Barbić. 2021. Rezultati praćenja proširenosti West Nile virusa u konja u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2010. do 2020. Godine u (Re-)emergentni arbovirusi u sjeni pandemije COVID- 19: program i zbornik sažetaka u Vilibić-Čavlek, T. L.J. Barbić, V. Savić, I. Tabain, B. Kaić, 202.Zagreb: Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 26-27
- Brnčić N., I. Kruljac I, Đ. Pahor. 2013. Azijski tigrasti komarac i autohtona denga groznica u Hrvatskoj. *Medicina Fluminensis*, 49:42-9
- Capelli, G.A. Drago, S. Martini, et al. 2011. First report in Italy of the exotic mosquito species *Aedes (Finlaya) koreicus*, a potential vector of arboviruses and filariae. *Parasites Vectors* 4, 188 (2011)., doi.org/10.1186/1756-3305-4-188
- Christenson B. 1984. An outbreak of tularemia in the northern part of central Sweden. *Scand J Infect Dis*. 16(3):285-90. doi: 10.3109/00365548409070402.
- Danabalan R., M.T. Monaghan, D.J. Ponsonby, Y.M. Linton. 2014. Occurrence and host preferences of *Anopheles maculipennis* group mosquitoes in England and Wales. *Med Vet Entomol*.28(2):169-78. doi: 10.1111/mve.12023.
- Davis L.E., R. DeBiasi, D.E. Goade, K.Y. Haaland, J.A. Harrington, J.B. Harnar., S.A. Pergam, M.K. King, B.K. DeMasters, K.L. Tyler. 2006. West Nile virus neuroinvasive disease. *Ann Neurol*. 60(3):286-300. doi: 10.1002/ana.20959.
- Diamond M.S., B. Shrestha, E. Mehlhop, E. Sitati, M. Engle. 2003. Innate and adaptive immune responses determine protection against disseminated infection by West Nile encephalitis virus. *Viral Immunol*. 16(3):259-78. doi: 10.1089/088282403322396082.
- Dyck V.A., J. Hendrichs, A.S. Robinson. 2021. *Sterile Insect Technique: Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003035572>
- European Centre for Disease Prevention and Control. 2012 *Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe*. Stockholm: ECDC. ISBN 978-92-9193-378-5; doi 10.2900/61134
- European Centre for Disease Prevention and Control. Tularemia. In: ECDC. *Annual epidemiological report for 2019*. Stockholm: ECDC; 2021 <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/AER-tularaemia-2019.pdf>
- European Union 2018 Decision No 2018/945/EC of the European Parliament and of the Council on the communicable diseases and related special health issues to be covered by epidemiological surveillance as well as relevant case definitions. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018D0945>
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2007 *International Standards for Phytosanitary Measures No. 5*. Secretariat of the International Plant Protection Convention. FAO; 07-26.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2015 *International Database on Insect Disinfestation and Sterilization*. Food and Agriculture organization of the United Nations, Basis text, Volumes I and II
- Foster, W.A., E.D. Walker. 2019 *Mosquitoes (Culicidae)*, Medical and Veterinary Entomology. Academic Press, 2019, 261-325, ISBN 9780128140437
- Fradin, M. S. 1998. Mosquitoes and Mosquito Repellents: A Clinician's Guide. *Annals of Internal Medicine*, 128(11), 931. doi:10.7326/0003-4819-128-11-19980610-00013
- Gjenero-Margan I, B. Aleraj, D. Krajcar, V. Lesnikar, A. Klobučar, I. Pem-Novosel, S. Kurečić-Filipović, S. Komparak, R. Martić, S. Duričić, et al. 2011. Autochthonous dengue fever in Croatia, *Eurosurveillance* 16(9):1–4. <https://doi.org/10.2807/ese.16.09.19805-en>
- Golding N., M.A. Nunn, J.M. Medlock, B.V. Purse, A.G. Vaux, S.M. Schäfer. 2012. West Nile virus vector *Culex modestus* established in southern England. *Parasit Vectors*. 5:32. doi: 10.1186/1756-3305-5-32.
- Grunow R., A. Kalaveshi, A. Kühn, G. Mulliqi-Osmani, N. Ramadani. 2012. Surveillance of tularaemia in Kosovo, 2001 to 2010. *Euro Surveill*. 17(28):20217. doi: 10.2807/ese.17.28.20217-en.
- Guzman MG., E. Harris. 2015. Dengue. *Lancet*. 385(9966): 453–465. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60572-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60572-9)
- Hayes C.G., West Nile virus: Uganda, 1937, to New York City, 1999. 2001. *Ann N Y Acad Sci*. 951:25-37. doi: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb02682.x.
- Heinz F.X., K. Stiasny. 2012. Flaviviruses and flavivirus vaccines. *Vaccine*.30(29):4301-6. doi: 10.1016/j.vaccine.2011.09.114.
- Holmes E.C., S.S. Twiddy. 2003. The origin, emergence and evolutionary genetics of dengue virus. *Infect Genet Evol*. (1):19-28. doi: 10.1016/s1567-1348(03)00004-2.
- Kalan, K., J. Šušnjar, V. Ivović, V. E. Buzan. 2017. First record of *Aedes koreicus* (Diptera, Culicidae) in Slovenia. *Parasitol Res* 116, 2355–2358; <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5532-9>
- Klobučar A., V. Savić, M. Curman Posavec, S. Petrinić, U. Kuhar, I. Toplak, J. Madić, T. Vilibić-Čavlek T. 2021. Screening of Mosquitoes for West Nile Virus and Usutu Virus in Croatia, 2015–2020. *Trop Med Infect Dis*. 6(2):45. doi: 10.3390/tropicalmed6020045.
- Klobučar, A., I. Vručina 2019. Invazivna vrsta komaraca *Aedes koreicus* (Edwards, 1917) - u iščekivanju nalaza u Hrvatskoj. In: Korunić d.o.o. (ed.) *Znanstveno-stručno edukativni seminar DDD i ZUPP – Zbornik radova*; Zagreb, 2019; 97-104
- Klobučar, A., S. Petrinić, V. Savić, J. Madić, V. Tešić, L. Barbić, V. Stevanović, T. Vilibić-Čavlek, 2018 First detection of arboviruses in mosquitoes in Croatia. 13. *Croatian Biological Congress with International Participation, Book of Abstracts*: 21-22

- Komar, N. 2000. West Nile viral encephalitis. *Rev Sci Tech.* (1):166-76. doi: 10.20506/rst.19.1.1201.
- Korunić, J. 2021. Cjelovito (integrirano) suzbijanje komaraca: zbornik predavanja: 10. tema u programu DDD Trajne edukacije. Zagreb: Korunić.
- Krajcar D., 2001 Dezinfekcija, dezinskcija, deratizacija. Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba, Visoka zdravstvena škola, Zagreb. ISBN 953-97699-2-3, 148 – 157
- Kurucz K, V. Kiss, B. Zana, V. Schmieder, A. Kepner, F. Jakab, G. Kemenesi 2016. Emergence of *Aedes koreicus* (Diptera: Culicidae) in an urban area, Hungary, 2016. *Parasitol Res.* 115(12):4687-4689. doi: 10.1007/s00436-016-5229-5.
- Lees RS, J.R.Gilles, J.Hendrichs, M.J., Vreysen, K. Bourtzis. 2015. Back to the future: the sterile insect technique against mosquito disease vectors. *Current Opinion in Insect Science.* 10: 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.011>
- Leta S., T.J. Beyene, E.M. De Clercq, K. Amenu, M.U.G. Kraemer, C.W. Revie. 2018. Global risk mapping for major diseases transmitted by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*, *Int J Inf Diseases*, 67; 25-35, <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.11.026>.
- Löhmus M., J. Balbus. 2015. Making green infrastructure healthier infrastructure. *Infect Ecol Epidemiol.* 5:30082. doi: 10.3402/iee.v5.30082.
- Lundström J.O., A.C Andersson., S. Bäckman, M.L.Schäfer, M. Forsman, J. Thelaus. 2011. Transstadial transmission of *Francisella tularensis holarctica* in mosquitoes, Sweden. *Emerg Infect Dis.* (5):794-9. doi: 10.3201/eid1705.100426.
- Martina B.E.E., P. Koraka P, A.D.M.E. Osterhaus. 2009. Dengue virus pathogenesis: An integrated view. *Clin Microbiol Rev.* 22(4):564–581. <https://doi.org/10.1128/CMR.00035-09>
- Maurin M., M. Gyuranecz. 2016. Tularaemia: clinical aspects in Europe. *Lancet Infect Dis.* (1):113-124. doi: 10.1016/S1473-3099(15)00355-2.
- Medeiros-Sousa A. R., A. Fernandes, W. Ceretti-Junior, A. Barreto Bruno, W. Toledo Marrelli. 2017. Mosquitoes in urban green spaces: using an island biogeographic approach to identify drivers of species richness and composition. *Sci Rep* 7, 17826 <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18208-x>
- Medlock J.M., K.M. Hansford, F. Schaffner, V. Versteirt, G. Hendrickx, H. Zeller, W. Van Bortel. 2012. A review of the invasive mosquitoes in Europe: ecology, public health risks, and control options. *Vector Borne Zoonotic Dis.* (6):435-47. doi: 10.1089/vbz.2011.0814.
- Merdić, E, A. Klobučar, T. Žitko, M. Sudarić Bogojević, I. Vručina, N. Turić, G. Vignjević. 2020, Updated checklist of the mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Croatia. *Journal of Vector Ecology*, 45: 135-139.
- Merdić, E., I Vručina, A. Klobučar, M.Sudarić Bogojević, G. Vignjević, N. Turić, T. Žitko, N., Bušić. 2020. Komarci Hrvatske. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, ISBN: 978-953-8154-12-6
- Merdić, E., Ž. Zahirović, I. Vručina. (2008). Procjena rizika za bolesti koje prenose komarci u odnosu na klimatske promjene i ulaza egzotičnih vrsta. *Infektološki glasnik*, 28 (1), 17-21.
- Muller D.A., A.C.Depelsenaire, P.R. Young. 2017. Clinical and Laboratory Diagnosis of Dengue Virus Infection. *J Infect Dis.* 215(suppl_2):S89-S95. doi: 10.1093/infdis/jiw649.
- Osječko-baranjska županija, propisi/zdravstvena skrb. 2019. Strateške smjernice kontrole komaraca u Osječko – baranjskoj županiji 2019-2024, Osječko-baranjska županija, Republika Hrvatska
- Pem-Novosel I, T. Vilibić-Čavlek, I. Gjenero-Margan, N: Pandak, L.J. Perić, L. Barbić, E. Listes, A. Cvitković, V. Stevanović, G. Savini. 2014. First outbreak of West Nile virus neuroinvasive disease in humans, Croatia, 2012. *Vector Borne Zoonotic Dis.* (1):82-4. doi: 10.1089/vbz.2012.1295.
- Petersen L.R., A.C. Brault, R.S. Nasci. 2013. West Nile virus: review of the literature. *JAMA.* 310(3):308-15. doi: 10.1001/jama.2013.8042.
- Radošević, M, Završni rad: Medicinski značaj porodice komaraca (Diptera, Culicidae), PMF, Zagreb, 2020; <https://repositorij.pmf.unizg.hr/en/>
- Reisen W., A.C. Brault. 2007. West Nile virus in North America: perspectives on epidemiology and intervention. *Pest Manag Sci.* 63(7):641-6. doi: 10.1002/ps.1325.
- Renshaw M., M.W. Service, M.H. Birley. 1994. Host finding, feeding patterns and evidence for a memorized home range of the mosquito *Aedes cantans*. *Med Vet Entomol.* 8(2):187-93. doi: 10.1111/j.1365-2915.1994.tb00162.x.
- Sambri V., M. Capobianchi, R. Charrel, M. Fyodorova, P. Gai-bani, E. Gould, M. Niedrig, A. Papa, A. Pierro, G. Rossini, S. Varani, C. Vocale, M.P. Landini. 2013. West Nile virus in Europe: emergence, epidemiology, diagnosis, treatment, and prevention. *Clin Microbiol Infect.* ;19(8):699-704. doi: 10.1111/1469-0691.12211.
- Schaffner, F., J.M. Medlock, A.W. Van Bortel. 2013. Public health significance of invasive mosquitoes in Europe. *Clinic microbiol infection*, 19(8), 685-692.
- Shrestha B., M.S. Diamond. 2004. Role of CD8+ T cells in control of West Nile virus infection. *J Virol.* 78(15):8312-21. doi: 10.1128/JVI.78.15.8312-8321.2004.
- Službeni list NN 147/21. Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske - Nacrt prijedloga Programa razvoja zelene infrastrukture u urbanim područjima za razdoblje 2021. do 2030. godine, Hrvatski sabor
- Smithburn K.C., T.P. Hughes, A.W. Burke, J.H. Paul. 1940 A Neurotropic Virus Isolated from the Blood of a Native of Uganda. *American Journal of Tropical Medicine.* 20:471–2.
- Ulu-Kilic A., M. Doganay M. 2014. An overview: tularaemia and travel medicine. *Travel Med Infect Dis.* 12(6 Pt A):609-16. doi: 10.1016/j.tmaid.2014.10.007.
- Vignjević, G. 2014. Molekularna identifikacija i distribucija vrsta komaraca *Anopheles maculipennis* kompleks u Hrvatskoj, Doktorska disertacija. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Institut Ruder Bošković Zagreb. <http://zpio.unios.hr/wp-content/uploads/radovi/dokt.disert/goran.vignjevic.pdf>
- Vilibić-Čavlek T., V. Savić, A. Klobučar, T. Ferenc, M. Ilić, M. Bogdanić, I. Tabain, V. Stevanović, M. Santini, M. Curman Posavec, S. Petrinić, I. Benvin, I. Ferenčak, V. Rozac, L. Barbić. 2021. Emerging Trends in the West Nile Virus Epidemiology in Croatia in the 'One Health' Context, 2011-2020. *Trop Med Infect Dis.* 6(3):140. doi: 10.3390/tropicalmed6030140.
- Vilibić-Čavlek T., V. Savić, D. Sabadi, L.J. Perić, L. Barbić, A. Klobučar, B. Miklaušić, I. Tabain, M. Santini, M. Vucelja, E. Dvorski, T. Butiga, G. Kolarić-Sviben, T. Potočnik-Hunjadi, M. Balenović, M. Bogdanić, Z. Andrić Z, V. Stevanović, K. Capak, M. Baličević, E. Listes, G. Savini. 2019. Prevalence and molecu-

- lar epidemiology of West Nile and Usutu virus infections in Croatia in the 'One health' context, 2018. *Transbound Emerg Dis.* 66(5):1946-1957. doi: 10.1111/tbed.13225.
- Watson J.T., P.E. Pertel, R.C. Jones, A.M. Siston, W.S. Paul, C.C. Austin, S.I. Gerber. 2004. Clinical characteristics and functional outcomes of West Nile Fever. *Ann Intern Med.* 141(5):360-5. doi: 10.7326/0003-4819-141-5-200409070-00010.
 - Weaver S.C. 2013. Urbanization and geographic expansion of zoonotic arboviral diseases: Mechanisms and potential strategies for prevention. *Trends Microbiol* 21(8):360–363.
 - Wong, G.K.L., C.Y. Jim. 2016. Do vegetated rooftops attract more mosquitoes? Monitoring disease vector abundance on urban green roofs. *Sci Total Environ*, 573, 222–232.
 - Wong, G.K.L., C.Y. Jim. 2018. Abundance of urban male mosquitoes by green infrastructure types: implications for landscape design and vector management. *Landscape Ecol* 33,475–489
 - World Health Organisation. 2009. Dengue: Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control. *Dengue: Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control.* Geneva: World Health Organization. 1-147.
 - World Health Organization. 2017. Global vector control response 2017–2030, <https://www.zjzdnz.hr/kampanje/prestanimo-uzgajati-komarce/biologija-komaraca>, (preuzeto 10.03.2023.)
 - <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512978>, (preuzeto 12.02.2023.)

SUMMARY

Today, the protection of nature and the environment is an integral part of economic and general social development. By raising awareness, thinking and acting proactively, we can count on the sustainable development of future generations. Nevertheless, changes in the ecosystem also have an impact on the number of individual insect species. Mosquitoes are cosmopolitan animals belonging to the family *Culicidae*. They are carriers of many pathogens that cause numerous diseases in humans and animals: Dengue fever, yellow fever, *West Nile fever*, tularemia, *Japanese encephalitis*, malaria, Zika fever, etc. The aim of this review is to summarize the current scientific knowledge about mosquitoes, their life cycle, the species present in the Republic of Croatia, the mode of transmission of microorganisms and the diseases transmitted by certain mosquito species in Croatia, and to present the most modern solutions for prevention and control of invasive vector species of mosquito *Aedes albopictus* using the technique of sterile males (SIT), which is considered one of the most environmentally friendly and developed methods of insect pest control.

KEY WORDS: diseases, Croatia, mosquito control, mosquitoes, sterile mosquitoes, vectors

DETERMINING THE FIRE SEASON BY ANALYZING CLIMATIC CONDITIONS IN NORTHEASTERN SERBIA

ODREĐIVANJE SEZONE ŠUMSKIH POŽARA ANALIZOM KLIMATSKIH UVJETA NA PODRUČJU SJEVEROISTOČNE SRBIJE

Stanimir ŽIVANOVIĆ¹

SUMMARY

The territory of Serbia is sensitive to forest fires, which endanger various systems and play an important role in shaping the ecosystem. The probability of the occurrence and spread of forest fires in the area of northeastern Serbia was examined, depending on the influence of climatic conditions. Changes in climatic conditions are investigated at the annual and monthly level of air temperature, precipitation and air humidity values recorded at three main meteorological stations (Zaječar, Negotin, Crni Vrh) in the area of northeastern Serbia. Changes in climatic conditions in the period 2009-2022 compared to the period 1961-1990 were analyzed, with an emphasis on 2012 and 2014.

The length of the average fire season was determined through a modified version of Thornthwaite's evapotranspiration index. The fire season is longer in the area of Negotin and Zaječar than in the area of Crni Vrh. On the basis of the monthly humidity indices, a significantly longer fire season was determined in 2012 compared to 2014, as well as the multi-year period 1961-1990.

An analysis of the value of the Burning Index (B) for the period 2009-2022 was performed and a correlation was established with the data on the number of forest fires. The burning index in the area of northeastern Serbia is the highest during the months of July, August and September. Significantly higher values of the burning index are for 2012 compared to 2014, which is correlated with the occurrence of forest fires in this period.

KEY WORDS: Thornthwaite's evapotranspiration index, Burning index, forest fire, fire season, northeastern Serbia

INTRODUCTION

UVOD

Available climate data provide information on forest fire potential in any area of the world (Chandler *et al.*, 1983). Tošić *et al.* (2019) state that the most favorable conditions for the occurrence of fires in Serbia are high air temperatures, low relative humidity and lack of precipitation. There is a need for a better understanding of the influence of weather conditions on the occurrence of forest fires in the area of northeastern Serbia.

Climatic data, which are variable during a certain period of time (Kolić, 1988; Milosavljević, M., 1990), influence creating the conditions favorable for the occurrence of forest fires. The accumulation of plant cover is mostly a function of winter temperatures and spring humidity (Chandler *et al.*, 1983; Bonan, 2002). Jolly *et al.* (2015) state that global fire activity is strongly influenced by climate. De Angelis *et al.* (2015) indicate a strong connection between fire regimes and weather conditions. Climate determines the length of the fire season (Carvalho *et al.*, 2011; Jiménez-Ruano *et al.*,

¹ Dr Stanimir Živanović, Emergency Management Sector of Serbia, Belgrade, Serbia. Corresponding author's e-mail: zivannn@mts.rs

2019), and in the short term, time drives fire behavior and spread (Wotton *et al.*, 2007). Flannigan *et al.* (2016) state that fuel moisture is time dependent. The condition of the plant cover during the growing season is determined by the intensity and frequency of the dry season. The distribution and amount of precipitation affect the increase in the humidity of the fuel material, and thus the decrease in the risk of fire and vice versa (Vučetić, 2001; Ćurić *et al.*, 2013). Heikkilä *et al.* (2007) state that the moisture content of the fuel is a very important condition for combustion. Many authors in their studies (Dimitrakopoulos *et al.*, 2001; Aguado *et al.*, 2007) state that moisture content was the most significant factor affecting the flammability of Mediterranean forest fuels. Garcia *et al.* (2008) they state the moisture content of the fuel is correlated with the ignition and spread of fire. Xystrakis *et al.* (2014) believe that the rate at which fuel dries depends on air humidity and temperature. Fuel material with reduced moisture content is suitable for the occurrence and spread of forest fires (Vasić, 1992; Živanović, 2017; Živanović *et al.*, 2018). If the moisture content is high enough, the amount of available combustible material will decrease and thus the risk of ignition (Burgan, 1979). Gaulton *et al.* (2013) state that fuel moisture is an important indicator of fire risk. Fuel moisture content is a critical parameter in predicting fire behavior (Zhenxing *et al.*, 2017) and is largely determined by precipitation and air temperature. Živanović (2012) states that the value and variability of climatic elements indicate when and to what extent there is a danger of the occurrence and spread of forest fires. Wotton (2009) claims that weather conditions primarily determine the severity and strength of a forest fire.

The aim of this work is to determine the areas and periods of increased risk of forest fires based on the climatic conditions on northeastern Serbian territory.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Northeastern Serbia is a geographic area between 21°40' and 22°46' east longitude and 43°20' and 44°42' north latitude. The forested area of northeastern Serbia is 3014.79 km² or about 42.28% of the territory (total area 7130 km²), and deciduous species dominate (beech, oak, hornbeam). Winters in the area of northeastern Serbia are short and cold, and summers are warm. According to Keppen's climate classification system (Wladimir Köppen, 1846–1940), the climate formula for Negotin is Cfs''w''ax, Zaječar Cfs''w''bx and Crni Vrh Cfwbx, period 1951–2010. The location of the area of northeastern Serbia is shown in Figure 1.

Data from ground meteorological measurements from three meteorological stations in the area of northeastern Serbia were used to analyze the change in climate conditions (Figure 1). Thresholds of air temperature, amount of



Figure 1. The area of northeastern Serbia
Slika 1. Područje sjeveroistočne Srbije

precipitation and air humidity in the period 2009–2022. were calculated from the common base period of 1961–1990. Data series are complete (i.e. no missing values). The data were retrieved from the Republic Hydrometeorological Service of Serbia (RHSS, 2023)

The distribution of moisture throughout the year can be determined by a modified version of Thornthwaite's evapotranspiration index (Thornthwaite, 1948):

$$M = (PR) - F \quad (1)$$

where:

M – Monthly moisture index

P – Total monthly precipitation (cm)

R – Total monthly days with precipitation, and

F – Evapotranspiration factor.

The evapotranspiration factor can be represented by the formula:

$$\ln F = \frac{0,14 \cdot T^{0,89}}{12} \cdot L \quad (2)$$

where:

T – Mean monthly air temperature (°C), and

L – Mean monthly day length (h).

Table 1. The Burning index (B) classification

Tablica 1. Klasifikacija indeksa gorenja (B)

Burning index values <i>Vrijednosti indeksa gorenja</i>	Fire behavior <i>Ponašanje pri požaru</i>
$1 \leq B \leq 19$	Creeping fire only
$20 \leq B \leq 39$	Surface fire only
$40 \leq B \leq 59$	Running fire, occasional torching of tree crowns
$60 \leq B \leq 79$	Hot running fire, spot fires, and torching common
$80 \leq B$	Crown fire likely

The evapotranspiration factor and the monthly moisture index are equal to “0” for every average monthly temperature ≤ 0 °C. The monthly moisture index is limited to max. a value of 100 (all values > of 100 are taken as a value of 100), (Chandler *et al.*, 1983).

The length of the average fire season was obtained by simply counting months with negative wetness indices. Positive monthly moisture index indicate fire-free seasons. Period one to four months with a negative monthly moisture index is a short fire season, and five to 12 months is a long fire season (Chandler *et al.*, 1983).

The burning index is determined by the formula

$$B = \frac{IS}{60} \tag{3}$$

where:

B – Burning index

I – Intensity component

S – Spread component

and

$$I = (110 - 1,373 H) - (20,4 - 0,054 T) \tag{4}$$

where:

H – Humidity Index

T – Monthly mean maximum temperature (°C)

and

$$S = 124 \cdot 10^{-0,0142H} \tag{5}$$

where:

$H = 100 \cdot (10^{0,0308D} / 10^{0,0308T})$

D – Monthly mean dew point temperature (°C).

The burning index is correlated with the fire behavior, which is determined based on the data from table 1.

For this research, statistical data from the Department for Emergency Situations (MUP of the Republic of Serbia) on the registered number of forest fires in the area of northeastern Serbia for the period from 2009 to 2022 were used. The Pearson correlation coefficient (*r*) was used to examine the possible relationship between the time series of the number of forest fires and the burning index.

RESULTS REZULTATI

Climate conditions – *Klimatski uvjeti*

In the area of northeastern Serbia, the average annual air temperature ranges from 6.4 °C at Crni Vrh to 11.1 °C in Negotin (RHSS, 2023). Significantly lower air temperature values in the area of Crni Vrh are conditioned by the higher altitude of this place where the meteorological station is located (1027 m asl.). In relation to the multi-year average of mean annual air temperatures, Table 2 shows that at all meteorological stations there was an increase in air temperature in all years during the period 2009-2022. The deviation of the average annual air temperature compared to the reference period was the most pronounced in 2019.

In the area of northeastern Serbia, the hottest month is July, with an average daily temperature of 16 °C at Crni Vrh to 22.1 °C in Negotin. The coldest month is January with an average daily temperature of -4.2 °C at Crni Vrh to -1.4 °C in Zaječar (RHSS, 2023). In July 2012, the mean monthly air temperatures in Negotin were 5.1 °C higher than the multi-year average (RHSS, 2023). Tošić *et al.* (2014) state that 2012 was one of the warmest years in Serbia. For the period 2009-2022, every month of the vegetation period in the area of Negotin had higher air temperature values than the multi-year average.

In the area of northeastern Serbia, the multi-year average amount of precipitation is from 610.5 mm in Zaječar to 810.1 mm in the area of Crni Vrh (RHSS, 2023) (table 3).

For the period 2009-2022, in the area of northeastern Serbia, the least amount of precipitation was measured in 2011,

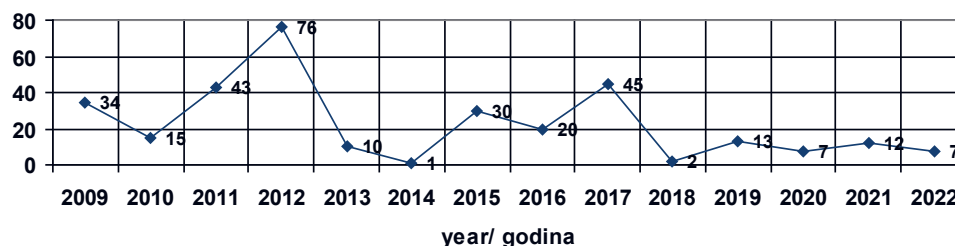
Table 2. Temperature mean values in the northeastern Serbia area during different periods, (mm)

Tablica 2. Srednje vrijednosti temperature zraka na području sjeveroistočne Srbije za različita razdoblja, (mm)

Weather station <i>Meteorološka postaja</i>	Year <i>Godina</i>														
	1961-1990	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zaječar	10.4	11.5	11.2	11.2	11.7	11.8	11.4	12.2	11.6	11.6	11.7	12.3	12,0	11,6	12,2
Negotin	11.1	12.8	12.2	12.3	13.2	12.9	12.7	13.7	13.2	13.2	13.1	13.9	13,7	13,1	13,9
CrniVrh	6.4	7.5	6.7	7.1	7.9	7.7	7.4	8.2	7.6	7.6	8.0	8.7	8,0	7,6	8,5

Table 3. Mean values of precipitation in the northeastern Serbia area during different periods, (mm)**Tablica 3.** Srednje vrijednosti oborina na području sjeveroistočne Srbije za različita razdoblja, (mm)

Weather station <i>Meteorološka postaja</i>	Year <i>Godina</i>														
	1961-1990	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zaječar	610.5	790.6	806.4	375.6	608.7	535.5	1048.3	525.4	781.6	574.0	719.3	575.3	752,1	612,1	534,6
Negotin	646.0	779.8	737.1	352.4	532.5	700.1	1237.2	732.1	744.7	565.5	738.6	569.3	571,6	590,9	559,2
CrniVrh	810.1	988.3	1024.4	590.2	759.1	695.5	1137.4	764.9	904.5	623.1	857.1	740.0	781,2	708,3	694,6

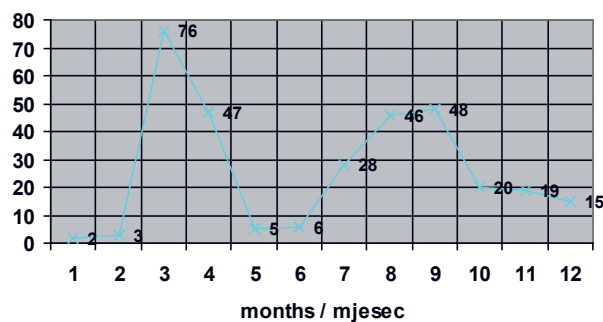
**Figure 2.** The number of forest fires in the area of northeastern Serbia, period 2009-2022.**Slika 2.** Broj šumskih požara na području sjeveroistočne Srbije, razdoblje 2009.-2022.

while the rainiest was in 2014 (table 3). The year 2014 was one of the wettest (Tošić *et al.*, 2017) with significant amounts of precipitation during the growing season. Table 3 shows that at all meteorological stations, the years 2011, 2012, 2017, 2019 and 2022 have a lack of precipitation. Deficit precipitation caused a pronounced decrease in the humidity of the surface layer of the soil, as well as a decrease in the humidity in the deeper layers. Excess precipitation in this area was recorded in 2009, 2010, 2014, 2016 and 2018 (table 3). Table 3 shows that in 2014 the amount of precipitation was higher than the multi-year average by 327.3 mm at Crni Vrh, i.e. 591.2 mm in Negotin and 437.8 mm in Zaječar.

The dynamics of forest fire outbreaks in the area of northeastern Serbia – Dinamika izbijanja šumskih požara na području sjeveroistočne Srbije

Fire season in the area of northeastern Serbia varies significantly from year to year. Figure 2 shows the number of forest fires during the period 2009-2022. years. The year with the highest number of forest fires (2012) is characterized by extreme fire weather conditions, especially a combination of long periods of drought and high air temperatures. The lowest number of forest fires (in 2014) (Figure 2) is in years with precipitation that is significantly above multi-year average values, which then create wet conditions and reduce the risk of fire occurrence.

The number of forest fires in the area of northeastern Serbia is the highest during the months of March (24.1%) and September (15.2%), Figure 3. Fires occur in the period from January to December, which also constitutes the fire period in the area of northeastern Serbia. The defined period of occurrence of forest fires of 12 months during the year in-

**Figure 3.** Number of forest fires per months in the period 2009-2022.**Slika 3.** Broj šumskih požara po mjesecima za razdoblje 2009.-2022.

icates that there is a long fire season in the area of northeastern Serbia. Figure 3 shows that the number of fires is greater in the second half of the year.

The monthly occurrences of forest fires in 2012 and 2014 is shown in Table 4. Table 4 shows a large number of fires that occurred in March 2012, which is correlated with the negative monthly moisture index and high values of the burning index (B) for the month of March.

The monthly moisture index for the area of northeastern Serbia for different periods is shown in table 5. It is noticeable (table 5) that for the period 1961-1990. at Crni Vrh, a positive monthly moisture index was. The area of Zaječar and Negotin has a negative monthly moisture index for the months of July, August and September, when forest fires are likely to occur. Table 5 shows a significantly longer fire season in 2012 compared to 2014 at all stations.

The values of the burning index are shown in table 6. The presented tabular data indicate that running fire, occasional torching of tree crowns ($40 \leq B \leq 59$) is possible during the

Table 4. Number of forest fires in the area of northeastern Serbia in (year) 2012 and 2014

Tablica 4. Broj šumskih požara na području sjeveroistočne Srbije u 2012. i 2014. godini

Year Godina	Month Mjesec												Total Ukupno
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2012	1	0	32	4	1	0	10	11	10	1	0	6	76
2014	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

months of July, August and September in the area of Negotin and Zaječar. Surface fire only ($20 \leq B \leq 39$) is possible in the period March-April in the area of Negotin and Zaječar. During the period December-February, the occurrence of fires is unlikely in the area of Crni Vrh. Table 6 shows a significantly higher value of the burning index in 2012 compared to 2014 at all stations.

The correlation between the value of the burning index and the number of forest fires in 2012 is shown in Figure 4. It is noted that there is a connection between the value of the burning index and the occurrence of forest fires in the observed period. For the region of northeastern Serbia, the correlation is of medium intensity ($r = 0.48$; $R^2 = 0.23$), but it is not statistically significant ($p > 0.05$).

The results of this study confirm the findings (Živanović, 2017; Tošić *et al.*, 2019; Živanović *et al.*, 2020; Tošić *et al.*, 2020) that there is a coincidence of the largest number of fires in nature in Serbia with periods with high air temperatures and daily and monthly reduced moisture content in soil and fuel material. Čurić and Živanović (2013) and Živanović (2020) pointed out that there is connection between the dynamics of fire occurrence and the distribution and amount of atmospheric precipitation. Several studies have found that summer droughts and high temperatures are the primary determinant of interannual fire variability in Southern Europe (Turco *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2013; Turco *et al.*, 2017). Koutsias *et al.* (2013) state that fire occurrence in the eastern Mediterranean region is

Table 5. Monthly moisture index for the area of northeastern Serbia for different periods

Tablica 5. Mjesečni indeks vlage za područje sjeveroistočne Srbije za različita razdoblja

Weather station Meteorološka postaja	Period Razdoblje	Month Mjesec											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Negotin 42 m asl.	1961-1990	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
	2012	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	2014	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Zaječar 144 m asl.	1961-1990	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
	2012	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	+
	2014	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+
Crni Vrh 1027 m asl.	1961-1990	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2012	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	+
	2014	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Table 6. Burning Index by month for the area of northeastern Serbia for different periods (1961-1990, 2012, 2014)

Tablica 6. Indeks gorenja po mjesecima za područje sjeveroistočne Srbije za različita razdoblja (1961-1990, 2012, 2014)

Weather station Meteorološka postaja	Period Razdoblje	Month Mjesec											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Negotin	1961-1990	0.7	1.2	7.9	14.8	15.3	19.2	23.5	22.3	19.1	11.8	2.3	0
	2012	6.1	1.8	39.0	23.0	15.3	28.1	46.7	56.1	40.6	14.9	0	0
	2014	0	1.4	12.2	6.3	9.8	16.1	17.8	19.5	7.2	4.2	0	0
Zaječar	1961-1990	1.7	2.7	7.8	12.3	14.4	14.8	20.7	16.6	19.2	12.2	4.3	0.6
	2012	8.1	4.6	30.0	24.2	15.9	31.6	41.5	53.9	41.2	22.1	1.5	1.1
	2014	3.1	8.2	16.6	7.2	12.6	17.6	14.7	18.3	7.7	5.6	0	0.9
Crni Vrh	1961-1990	0	0	2.1	5.8	7.0	7.2	9.5	9.4	7.0	3.3	0.7	0
	2012	0	0	7.3	11.4	2.7	12.6	22.3	36.3	18.3	4.8	0	0
	2014	0	0	2.6	0.3	0.8	2.4	1.7	3.2	0	0	0	0

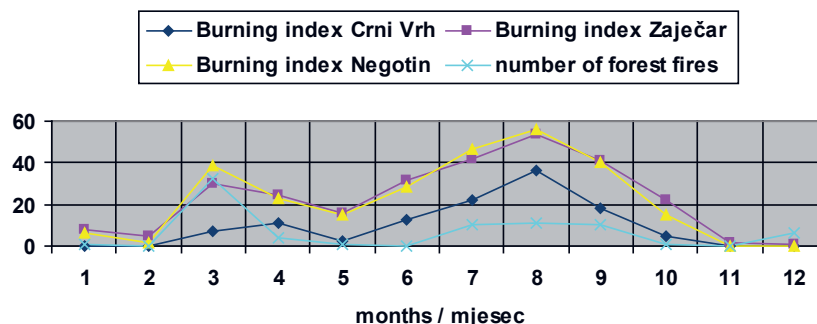


Figure 4. Burning index and occurrence of fires in 2012

Slika 4. Indeks gorenja i pojava požara u 2012. godini

correlated with mean maximum and absolute maximum air temperature, and that the total burning area is strongly negatively related to precipitation in the fire season.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Changes in climatic conditions in the area of northeastern Serbia affect the increased risk of forest fires and represent a challenge for decision makers. Identifying periods of the year with a high degree of threat from forest fires is useful in making appropriate decisions. Understanding the connection between climate conditions and the time frequency forest fire occurrence can be of great help to the competent services for forest fire protection. Years with pronounced high air temperatures and reduced amounts of precipitation have the highest number of forest fires. A markedly small number of forest fires occur in years with extremely wet conditions. Data analysis of monthly moisture index in the area of northeastern Serbia indicates that, based on a longer period of time, the most critical months of the year are July, August and September. In certain years, such as 2012, due to the lack of precipitation and high air temperatures, fires also occurred in March. The number of forest fires in the northeastern Serbia area was higher in areas at a lower altitude. The risk of fire is significantly higher in the area of Zaječar and Negotin than in the area of Crni Vrh. Based on the burning index occasional torching of tree crowns in the area of northeastern Serbia is possible during the months of July, August and September. The obtained results show a good correlation between the values of the burning index and the temporal distribution of fires.

Based on the value of Spearman's correlation coefficients, the medium intensity of correlation (r) and the coefficient of determination (R^2) were determined, but not statistically significantly ($p > 0.05$). The results from this study can be used to develop forest protection plans and reduce the risk of forest fires in the future. It is necessary to continue research and look at geophysical and anthropogenic factors that can affect the occurrence of forest fires.

REFERENCES

LITERATURA

- Aguado, I., E.Chuvieco, R. Borén, H.Nieto, 2007: Estimation of dead fuel moisture content from meteorological data in Mediterranean areas. Applications in fire danger assessment. *International Journal of Wildland Fire*, 16(4), 390–397. doi: 10.1071/WF06136.
- Bonan, G., 2002: *Ecological Climatology*. Cambridge, U.K.: CUP. ISBN 0-521-80476-0.
- Burgan, R.E., 1979: Estimating live fuel moisture for the 1978 National Fire Danger Rating System. Research Paper INT-RP-226. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. Ogden, Utah. 16 pp.
- Carvalho, A.C., A.Carvalho, H.Martins, C.Marques, A.Rocha, C. Borrego, D.X.Viegas, A.I. Miranda, 2011: Fire weather risk assessment under climate change using a dynamical downscaling approach. *Environmental Modelling and Software* 26(9),1123–1133. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.03.012>.
- Chandler, C., P.Cheney, P. Thomas, L.Trabaud, D.Williams, 1983: *Fire in forestry. Vol. I, Forest Fire Behavior and Effects*, John Wiley & Sons. Inc., Canada.
- Ćurić, M., S. Živanović, 2013: Dependence between Deficit and Surplus of Precipitation and Forest Fires. *Disaster Advances* 6(6), 64 - 69.
- de Angelis, A., C. Ricotta, M. Conedera, G.B. Pezzatti, 2015: Modelling the meteorological forest fire niche in heterogeneous pyrologic conditions *PLoS ONE* 10 e0116875
- Dimitrakopoulos, A., K.K. Papaioannou, 2001: Flammability assessment of Mediterranean forest fuels. *Fire Technology*, 37, 143–152.
- Flannigan, M.D., B.M.Wotton, G.A.Marshall, W.J. de Groot, J.Johnston, N.Jurko, A.S.Cantin, 2016: Fuel moisture sensitivity to temperature and precipitation: climate change implications. *Climatic Change* 134(1–2): 59–71. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1521-0>.
- García, M., E. Chuvieco, H.Nieto, I. Aguado, 2008: Combining AVHRR and meteorological data for estimating live fuel moisture content, *Remote Sensing of Environment*, 112 (9), 3618–3627
- Gaulton, R., F.M. Danson, F.A. Ramirez, O. Gunawan, 2013: The potential of dual-wavelength laser scanning for estimating vegetation moisture content. *Remote Sensing of Environment*, 132, 32–39

- Heikkilä, T. V., R.Grönqvist, M. Jurvélius, 2007: Wildland fire management : handbook for trainers, 248 p., Helsinki
- Jiménez-Ruano, A., M. Rodrigues Mímlero, W.M. Jolly, J. de la Riva Fernández, 2019: The role of short-term weather conditions in temporal dynamics of fire regime features in mainland Spain, *J Environ Manage*, 241, 575-586. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.09.107.
- Jolly, W.M., M.A. Cochran, P.H. Freeborn, Z.A. Holden, T.J. Brown, G.J. Williamson, D.M. Bowman, 2015: Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6:7537. <http://www.nature.com/articles/ncomms8537-supplementary-information>. PMID: 26172867
- Kolić, B., 1988: Šumarska ekoklimatologija sa osnovama fizike atmosfere, Naučna knjiga, p 1-397, Beograd
- Koutsias, N., G. Xanthopoulos, D. Founda, F. Xystrakis, F. Nioti, M. Pleniou, G. Mallinis, M. Arianoutsou, 2013: On the relationships between forest fires and weather conditions in Greece from long-term national observations (1894–2010), *International Journal of Wildland Fire*, 22(4), 493–507
- Milosavljević, M., 1990: Klimatologija, Naučna knjiga, X izdanje, p 261., Beograd
- Pereira, M. G., T. J. Calado, C. C. DaCamara, T. Calheiros, 2013: Effects of regional climate change on rural fires in Portugal. *Clim. Res.* 57, 187–200
- RHSS - Republic Hydrometeorological Service of Serbia, 2023: Retrieved from: <http://www.hidmet.gov.rs> (accessed on March 25th 2023).
- Thornthwaite, C. W., 1948: An Approach toward a Rational Classification of Climate, *Geographical Review*, 38 (1) , 55-94
- Tošić, I., M. Unkašević, 2014: Analysis of wet and dry periods in Serbia, *International Journal of Climatology*, 34(5), 1357-1368
- Tošić, I., M. Unkašević, S. Putniković, 2017: Extreme daily precipitation: the case of Serbia in 2014. *Theor. Appl. Climatol.* 128, 785–794
- Tošić, I., D. Mladjan, B.M. Gavrilov, S. Živanović, G.M. Radaković, S. Putniković, P. Petrović, I. Krstić Mistrizelović, B.S. Marković, 2019: Potential influence of meteorological variables on forest fire risk in Serbia during the period 2000-2017. *Open Geosci.*, 11, 414–425
- Tošić, I., S. Živanović, M. Tošić, 2020: Influence of extreme climate conditions on the forest fire risk in Timočka Krajina region (northeastern Serbia), *Idojaras*, 124(3), 331–347
- Turco, M., M. C. Llasat, J. von Hardenberg, A. Provenzale, 2013: Impact of climate variability on summer fires in a Mediterranean environment (northeastern Iberian Peninsula). *Clim. Change* 116, 665–678
- Turco, M., J. von Hardenberg, A. AghaKouchak, M. C. Llasat, A. Provenzale, M. T. Ricardo, 2017: On the key role of droughts in the dynamics of summer fires in Mediterranean Europe. *Sci. Rep.* 7(1), 81
- Vasić, M., 1992: Šumski požari. Priručnik za šumarske inženjere i tehničare, 1-105., Beograd
- Vučetić, M., 2001: Vremenske prilike i šumski požari na hrvatskom priobalju tijekom 2000., *Šumarski list, Znanstveno-stručno i staleško glasilo šumarskog društva*, 7-8/2001, 367-378.
- Wotton, B.M., J.L. Beverly, 2007: Stand-specific litter moisture content calibrations for the Canadian Fine Fuel Moisture Code. *International Journal of Wildland Fire* 16(4): 463–472. <https://doi.org/10.1071/WF06087>.
- Wotton, B.M., 2009: Interpreting and using outputs from the Canadian Forest Fire Danger Rating System in research applications. *Environmental and Ecological Statistics* 16(2): 107–131. <https://doi.org/10.1007/s10651-007-0084-2>.
- Xystrakis, F., A.S. Kallimanis, P. Dimopoulos, J. M. Halley, N. Koutsias, 2014: Precipitation dominates fire occurrence in Greece (1900–2010): its dual role in fuel build-up and dryness, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 21–32, <https://doi.org/10.5194/nhess-14-21-2014>,
- Zhenxing, C., W. Quan, 2017: Retrieval of leaf fuel moisture contents from hyperspectral indices developed from dehydration experiments, *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 18-28
- Živanović, S., 2012: Analysis of climate change elements to prediction of forest fires, *Topola/Poplar*, 189-190, 163-170 (in Serbian)
- Živanović, S., 2017: Impact of drought in Serbia on fire vulnerability of forests. *Int J Bioautomation*, 21(2), 217-226
- Živanović, S., J.M. Gocić, M. Vukin, V. Babić, 2018: The importance of the knowledge of the effects of moisture conditions on the frequency and intensity of forest fires, *Šumarstvo*, 3-4, 127-136, UDK 630*431(497.11-18)=111, Beograd
- Živanović, S., R. Ivanović, M. Nikolić, M. Đokić, I. Tošić, 2020: Influence of air temperature and precipitation on the risk of forest fires in Serbia, *Meteorol Atmos Phys*, 132(6), <https://doi.org/10.1007/s00703-020-00725-6>
- Živanović, S., 2020: Influence of deficit and surplus of precipitation on the forest fire risk in area of Timočka Krajina, *Disaster Advances*, 13 (6), 37-41,

SAŽETAK

Teritorija Srbije je osjetljiva na šumske požare koji ugrožavaju različite sustave i igraju važnu ulogu u oblikovanju ekosustava. Ispitana je vjerojatnost nastanka i širenja šumskih požara na području sjeveroistočne Srbije, ovisno o utjecaju klimatskih uvjeta. Promjene klimatskih prilika istražuju se na godišnjoj i mjesečnoj razini vrijednosti temperature zraka, oborina i vlažnosti zraka zabilježenih na tri glavne meteorološke postaje (Zaječar, Negotin, Crni Vrh) na području sjeveroistočne Srbije. Analizirane su promjene klimatskih uvjeta u razdoblju 2009.-2022. u odnosu na razdoblje 1961.-1990., s naglaskom na 2012. i 2014. godinu. Duljina prosječne požarne sezone određena je modificiranom verzijom Thornthwaite-ovog indeksa evapotranspiracije. Požarna sezona duža je na području Nego-

tina i Zaječara nego na području Crnog Vrh. Na temelju mjesečnih indeksa vlažnosti utvrđena je značajno duža sezona požara u 2012. u odnosu na 2014., kao i višegodišnje razdoblje 1961.-1990. Provedena je analiza vrijednosti indeksa gorenja (B) za razdoblje 2009. – 2022. te je utvrđena korelacija s podacima o broju šumskih požara. Indeks gorenja na području sjeveroistočne Srbije najveći je u srpnju, kolovozu i rujnu. Značajno veće vrijednosti indeksa gorenja su za 2012. godinu u odnosu na 2014. godinu, što je u korelaciji s pojavom šumskih požara u ovom razdoblju.

KLJUČNE RIJEČI: Thornthwaite-ov indeks evapotranspiracije, indeks gorenja, šumski požar, sezona požara, sjeveroistočna Srbija

KOPNENA KORNJAČA

(*Testudo hermanni* Gmelin, 1789)

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

Često je opisana i kao čančara, pripada u skupinu srednje velikih kornjača. Duljina leđne strane oklopa odraslih jedinki najčešće je od 15 do 20 cm, a težina do oko 2 kg. Mužjaci su manji i lakši od ženki, te se mogu razlikovati oko šeste godine života kada narastu u dužinu oko 10 cm po udubljenoj trbušnoj stranu oklopa i dužem repu. Kod oba spola leđna strana oklopa je naglašeno zaobljena, a boja varira od smečkaste, narančaste, žućkaste i zelenkaste sa tamnim crnim šarama. Noge su kratke i zdepaste sa sraslim prstima do posljednjeg članka koji završavaju tupim pandžama, pet na prednjim i četiri na stražnjim nogama, a vrh repa završava s oštrim šiljkom. Naseljava različita staništa mediteranskog područja po kojima se može kretati od livada, vrtova, polja, vinograda, maslinika, voćnjaka, suhih kamenjarskih pašnjaka, gariga, makija i rubova šuma u kojima ima dovoljno tla za polaganje i inkubaciju jaja te hibernaciju koja traje od kraja listopada do početka ožujka. Tipična staništa su osunčani položaji sa obraslom niskom travom koja se izmjenjuje s grmolikom drvenastom vegetacijom od obalnog područja sve do 500–600 m nadmorske visine (Dinara, Velebit), iako ponegdje na području svoga areala dolazi i na nadmorskim visinama do 1300 metara. Spolno sazrijeva iza osme godine, a može doživjeti i do 40 godina. Parenje započinje već tijekom ožujka, a ženka polaže u zemlju obično krajem svibnja i u lipnju jedno ili više legla s 3–5 (1–20) bijelih jaja koja su veličine poput golu-blijih. Jaja često polaže 2 do 3 puta godišnje, a razdoblje između dva uzastopna polaganja je oko 20 dana. Inkubacija traje od 2 do 3 mjeseca, ovisno o temperaturi, te najčešće tijekom rujna počinju izlaziti mlade kornjače koje su veličine 30–40 mm i težine 6–8 grama. Spol mladih kornjača kao i većine gmazova određuje temperatura tijekom inkubacije jaja. Pri temperaturi od 31,5° C omjer spolova je 1:1. Više ženke se razvije pri višim, a mužjaka pri nižim temperaturama. Hrani se pretežno s biljkama posebice mahunarkama, raznim plodovima, gljivama, ali i sa mekušcima, ličinkama kukaca, a ponekad i strvinama. U Hrvatskoj je rasprostranjena diljem cijelog priobalja i na većini otoka. Na neke od otoka dospjela je kao kućni ljubimac, te se kasnije udomaćila u prirodi. Pojedinačne jedinke pronađene su i u kontinentalnim predjelima gdje su slučajno ili namjerno puštene u prirodu (Bjelovar, Grbavac, Kalnik, Ko-



Karakteristična obojenost oklopa

privnica, Majur, Osijek, Samobor, Turopolje, Velika Gorica, Virovitica, Zagreb...), a njihovo širenje nije potvrđeno zbog niskog preživljavanja.

Kopnena kornjača je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj, a prema crvenom popisu populacije u Hrvatskoj i Europi su gotovo ugrožene (NT) s padajućim populacijskim trendom.



Staništa čančare u okolici Stare Novalje na Pagu



RAZMNOŽAVANJE AUSTRALSKOG STRIBORA (*Wollemia nobilis* W. G. Jones, K. D. Hill & J. M. Allen)

Izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić

Wollemia nobilis ili australski sribor je vrsta četinjače iz porodice *Araucariaceae*, koja raste kao stablo visoko do 40 m. Otkrivena je 10. rujna 1994. godine u australskome nacionalnom parku "Wollemi". Otkrio ju je David Noble, službenik parka, prilikom rekreativnog istraživanja gudura i kanjona u nacionalnome parku. U svijetu postoji oko 40 adultnih i 200 juvenilnih australskog sribora koji rastu u Nacionalnom parku Wollemi u Novom Južnom Walesu, 200 km sjeverozapadno od Sydneya. Molekularnom, DNK-analizom znanstveno je utvrđena zbunjujuća činjenica da su sva istraživana stabla (kojih je ukupno manje od stotinu) istoga genotipa, kao da predstavljaju primjerke istoga klona. Relativno lako se razmnožava reznicama, a razmnožena je i kulturom tkiva. Uzgoj australskog sribora je sličan ostalim



vrstama četinjača. Biljke se mogu uzgojiti iz sjemena ili vršnih reznica terminalnog izbojka. Sjeme dobro klija bez predsetvene pripreme ali sjeme nije dostupno široj javno-





sti. Za poticanje zakorijenjivanja, reznice treba tretirati velikom masenom koncentracijom fitohormona (5 000 - 10 000 grama/litara). Reznice se pikiraju u pojedine otvore multikontejnera ili okrugle lončice napunjene s riječnim pijeskom. Za zakorijenjivanje većine reznica trebat će šest mjeseci. Vrijeme zakorijenjivanja je varijabilno i ovisi o matičnoj biljci, vremenu uzimanja reznica i uvjetima zakorije-



njivanja. Nakon zakorijenjivanja reznice se presađuju u standardni supstrat za četinjače koji čini mješavina od 70 do 80% borove kore i 20% riječnog pijeska. Zakorijenjene reznice uzete s vrha stabla nastavit će s rastom ortotropno (vertikalno), dok će reznice uzete s donjih dijelova stabla rasti plagiotropno (horizontalno otklonjeno). To je poznata pojava plagiotropnosti koja se ne događa samo kod reznica od stabljike australskog sribora već i kod vrsta iz roda *Arucaria* spp., kod obične tise, američke bodljikave smreke i dr. Australski sribor je po prvi puta predstavljen široj jav-

nosti 2006. godine. Prva posađena sadnica australskog sribora u Hrvatskoj bila je u Zadru 31.07.2006. godine. Sadnica je ograđena metalnim kavezom zbog zaštite od vandalizma. Hrvatsko narodno ime australski sribor za vrstu *Wollemia nobilis* dao je prof. dr. sc. Želimir Borzan u imeniku drveća i grmlja iz 2001. godine. Stablo koje raste u Botaničkom vrtu PMF-a u Zagrebu ograđeno je u metalni kavez zbog vandalizma i zaštite od oštećivanja te jako lijepo raste i razvija se. Preko zime se zaštićuje omotavanjem u agotekstil i bez problema izdrži kratkotrajne temperature do -15°C .



PROŠIRENA SURADNJA HRVATSKIH I SLOVAČKIH ŠUMARA POSJET DELEGACIJE HRVATSKE KOMORE INŽENJERA ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE SLOVAČKOJ ŠUMARSKOJ KOMORI

Prof. dr. sc. Marijan Grubešić, Silvija Zec, dipl. ing. šumarstva

Stoljetna tradiciji suradnje hrvatskih i slovačkih šumara uspješno se nastavlja i proširuje.

Povezanost šumarske struke u ove dvije, vrlo slične države, provodi se prvenstveno bogatom suradnjom Hrvatskih šuma d.o.o. i Slovačkih šuma (LESY Slovenskej republiky), potom na znanstvenoj i obrazovnoj razini suradnjom Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Zagrebu i Šumarskog fakulteta u Zvolenu, zatim na sindikalnoj razini, a u posljednje vrijeme i kroz suradnju dviju strukovnih komora.

Na poziv Slovačke šumarske komore, delegacija HKIŠDT na čelu s predsjednicom Silvijom Zec, bila je u posjetu Slovačkoj od 4. – 7. rujna 2023. godine.

Srdačnost domaćina i vrlo sadržajni program posjeta omogućili su dobar uvid u područja u koje je uključena Slovačka šumarska komora kao nositelj ili partner u brojnim projektima i aktivnostima.

Slovačka šumarska komora je neovisna i nepolitička strukovna udruga, osnovana temeljem Zakona o Slovačkoj šumarskoj komori 1993. godine, čija je misija primijeniti legitimne zajedničke interese svojih članova u kreiranju gospodarske i socijalne politike i sudjelovati u njezinoj provedbi u interesu razvoja i unapređenja šumarstva Slovačke. Za razliku od naše Komore, članom može biti fizička osoba koja ima visoku stručnu spremu, ali i završeno srednje obrazovanje šumarskog smjera, zatim posjednik šume, upravitelj šume ili zakupnik šume te druga pravna osoba koja obavlja nastavnu, istraživačku, projektnu ili konzervatorsku djelatnost u području šumarstva.

Komora ima i četiri podružnice: Banská Bystrica, Bratislava, Žilina i Košice.

Kroz bogati i sadržajni program, predstavnici Slovačke šumarske komore na čelu s predsjednikom Ing. Igorom Vizlaiem, prikazali su nam brojne aktivnosti iz sektora šumarstva u koje su uključeni.

Već prvog dana u programu je bio posjet Šumarskom i drvnom muzeju koji je smješten u samom centru Zvolena.

Bogata povijest, brojni eksponati (njih oko 51.000) i znamenite ličnosti predstavljeni su kroz izložbeni prostor.

Drugog dana uslijedio je posjet Šumarskom fakultetu u Zvolenu (Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene), gdje je najprije predstavljena Slovačka šumarska komora sa svojom organizacijskom shemom i postignutim rezultatima te vizijom slovačkog šumarstva u predstojećem razdoblju.

Dekan Šumarskog fakulteta u Zvolenu, prof. ing. Marek Fabrika PhD, predstavio je fakultet, a posebno nas se dojmila učionica u kojoj se prikazuje „virtualna šuma“.

Radi se o složenom sustavu 3D projekcija putem kojih se stječe dojava boravka u stvarnoj šumi. Program omogućava simulaciju uzgojnih zahvata u sastojini i projekciju budućeg razvoja sastojine.

U neposrednoj blizini Zvolena nalazi se novi Centar izvrsnosti na lokaciji Zvolen– Stráže, sastavnica Nacionalnoga šumarskog centra.

Tu nam je predstavljen najmoderniji skener za trupce, koji daje sliku presjeka trupca i omogućava programiranje optimalnog proreza, kako bi se maksimalno iskoristila kvaliteta trupca, odnosno elemenata, a omogućava pregled unutarnjih grešaka drva i za druge potrebe prakse i znanosti.

Sljedeća lokacija našeg posjeta bila je Banská Štiavnica. Povijesno značajna srednja šumarska škola u Banskaj Štiavnici predstavila se svojom tradicijom obrazovanja kadrova za potrebe šumarstva i lovstva, a posljednjih godina i zaštite prirode. Stoljetna tradicija vidljiva je kroz brojne eksponate u hodnicima i dvoranama, a osobito su dojmive dvije goleme sekvoje kod ulaza u zgradu škole koja je izgrađena krajem 19. stoljeća.

Okolicu škole krasi također stari arboretum s impozantnim primjercima stabala raznih vrsta drveća. U neposrednoj blizini Banske Štiavnice nalazi se i drugi arboretum Kysihýbel, koji je više otvoren za posjetitelje, gdje se nalaze poučne staze, opremljen je novim, modernim info – cen-

trom, a značajno je da se u njemu nalaze brojne skulpture-nastale tijekom održavanja kiparske kolonije.

Treći dan bio je „terenski“. Naime, domaćini su organizirali posjet području osobito značajnom za povijest šumarstva na širem području Čierna Balog. Dobro poznato područje brojnim našim kolegicama i kolegama koji su bili u posjetu šumarima u Slovačkoj. To je područje poznato i po prašumi "Dobročský práles", koja se prostire na površini od 100 ha i predstavlja jedan od značajnijih dijelova očuvane prirodne šume te poligon za brojna istraživanja.

Muzej na otvorenom Lesnícke u Vydrovská dolini, predstavlja vrlo značajan turistički i edukativni centar. Ovo područje prikazuje koliko je truda, rada i ideja ovdje uloženo,

a sve u cilju edukacije, informiranja i promocije šumarstva kao jedne od najznačajnijih djelatnosti. Poučna staza, info punktovi, eksponati i makete dočaravaju stvarni život šumara i približavaju ga svim uzrastima na vrlo zanimljiv način. Uskotračna šumska željeznica i danas je u funkciji prijevoza turista. Niz sadržaja i točaka na kojima su prikazani razni segmenti iz povijesti, života i rada šumarstva, razvoj šumarske tehnike i tehnologije do načina života ljudi koji su se posvetili šumarstvu te lovstva kao integralnoga dijela šumarstva, "uključuju" posjetitelja u šumu i šumarstvo nekad i danas.

Pored brojnih promotivnih aktivnosti u cilju prezentacije šumarstva i stvaranje pozitivne slike o ovoj struci i djelat-



Delegacija komore s domaćinima u "Muzeju na otvorenom" – Čiernu Balog

nosti, veliki uspjeh Slovačke šumarske komore je i u tome što su se izborili za specijalnu emisiju na slovačkoj televiziji posvećenu šumarstvu, putem koje mogu informirati javnost o svim aktualnostima iz područja šumarstva.

Pored niza lijepih i sadržajnih dijelova programa posjeta Slovačkoj, osobno me pogodila situacija sa šumama na širem području. Posljedice sušenja smreke, a koja je apsolutno dominirala ovim šumama, daju kataklizmičku sli-



Sastanak u direkciji Slovačkih šuma u Banskoj Bistrici



"Mini šumarsko naselje" kao dio edukativno prostora Muzeja na otvorenom – Čierni Balog



Katastrofalna sušenja smreke mijenjaju strukturu šuma i krajolik u Slovačkoj

kuovog kraja. Čitave padine su ostale bez živućih i vitalnih stabala, mijenja se ne samo slika i struktura šume već čitavoga krajolika.

Šumari gotovo bespomoćno, ulažući silne napore, pokušavaju uklonjenjem suhih stabala sanirati posljedice klimatskih promjena, koje su vidljive u brzini i opsegu sušenja ove vrste drveća izuzetno važne za slovačko šumarstvo.

Nakon stradavanja šuma u Hrvatskoj posljednjih godina, a osobito ove 2023. godine vidimo da ove dvije zemlje i u ovom segmentu – šteta na šumama –imaju vrlo slične probleme.

Posljednjeg dana posjeta, hrvatsku delegaciju su kolege šumari dočekali u svom središtu – u Direkciji Slovačkih šuma u Banskjoj Bistrici. Naravno, brojna poznata lica, srdačni susreti i evociranje uspomena na dugogodišnju suradnju. Čelnici slovački šuma predstavili su organizacijsku shemu jedinstvenog poduzeća koje gospodari državnim šumama, aktivnosti koje su u njihovoj nadležnosti, ali i rezultate reorganizacije i funkcioniranja ove tvrtke.

Dogovorena je daljnja suradnja dviju komora, a predsjednica Komore je najavila iduću konferenciju HKIŠDT i izra-

zila želju da u službenom dijelu programa sudjeluju dragi gosti i delegacija Slovačke šumarske komore i njihovih članova koji će hrvatskim kolegama predstaviti šumarstvo Slovačke Republike.

U svakom slučaju imamo što vidjeti i naučiti od slovačkih šumara koji su naglasili zajedničke „korijene“ modernog šumarstva koji se vežu za vrijeme vladavine Marije Terezije, čija slika ima istaknuto mjesto u njihovom šumarskom muzeju.

Linkovi za pregled:

LESNÍCKE A DREVÁRSKE MÚZEUM - Šumarski i drvarski muzej

(https://www.lesy.sk/images/lesy/pre-verejnost/lesnicke-drevarske-muzeum/noc_muzei/index.html)

Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene

Virtualna šuma

(https://www.youtube.com/watch?v=D9yTUcs71Ec&t=80s&ab_channel=Lesn%C3%ADckaFakultavoZvolene)

www.sumari.hr

Uz 125. obljetnicu Šumarskog doma

Dvadesetog dana listopada 1898., prije 125 godina, svečano je otvorena zgrada Šumarskog doma s tada novoosnovanom Šumarskom akademijom, petom visokoškolskom ustanovom na Sveučilištu u Zagrebu. Hrvatsko šumarsko društvo kao poticatelj gradnje i vlasnik zgrade proživjelo je u proteklom razdoblju burnu i bogatu prošlost i uspješno dočekalo ovu veliku obljetnicu svog

Doma.

Kao rođendanski dar osvanulo je novo, osvježeno i modernizirano lice skoro dva desetljeća stare web stranice pod domenom sumari.hr. Na stranici su dostupni svi dosadašnji sadržaji, prilagođeni pregledu na mobitelu, tabletu i računalu. Želja nam je da se sve sastavnice HŠD, od središnjice preko ogranaka do sekcija, aktivno uključe u kreiranje i popunjavanje stranice s raznolikim aktivnostima koje su i do sada postojale, ali često nisu bile obznanjene te su ostajale skrivene široj publici. Ovo je samo početak jer će se stranica razvijati i nadopunjavati novim sadržajima i mogućnostima. U cilju stvaranja što bolje zajedničke platforme na korist šumara i šumarstva otvoreni smo za vaše prijedloge, primjedbe i komentare.

Stvaranje i održavanje dosadašnje i nove web stranice kao i svih baza i zbirki podataka Hrvatskoga šumarskog društva djelo je web urednika Branka Meštrića kome zato veliko hvala i puno pohvala. Neka s istim žarom nastavi i dalje uz pomoć ostalih starih i novih administratora. (ia/ov)



Hrvatsko šumarsko društvo HOME ▾ HSD ▾ SUMARSKI LIST ▾ ZBIRKE ▾ KONTAKT 🔍



Na 125. obljetnicu Šumarskog doma ...

Na današnji dan, 20. listopada 1898., prije 125 godina, svečano je otvorena zgrada Šumarskog doma s tada novoosnovanom Šumarskom akademijom, petom visokoškolskom ustanovom na Sveučilištu u Zagrebu. Hrvatsko šumarsko društvo kao poticatelj gradnje i vlasnik zgrade proživjelo je u proteklom razdoblju burnu i bogatu prošlost i uspješno dočekalo ovu veliku obljetnicu svog Doma.

Kao rođendanski dar osvanulo je novo, osvježeno i modernizirano lice skoro dva desetljeća stare web stranice pod domenom sumari.hr. Na stranici su dostupni svi dosadašnji sadržaji, prilagođeni pregledu na mobitelu, tabletu i računalu. Želja nam je da se sve sastavnice HŠD, od središnjice preko ogranaka do sekcija, aktivno uključe u kreiranje i popunjavanje stranice s raznolikim aktivnostima koje su i do sada postojale, ali često nisu bile obznanjene te su ostajale skrivene široj publici. Ovo je samo početak jer će se stranica razvijati i nadopunjavati novim sadržajima i mogućnostima. U cilju stvaranja što bolje zajedničke platforme na korist šumara i šumarstva otvoreni smo za vaše prijedloge, primjedbe i komentare.

Stvaranje i održavanje dosadašnje i nove web stranice kao i svih baza i zbirki podataka Hrvatskoga šumarskog društva djelo je web urednika Branka Meštrića kome zato veliko hvala i puno pohvala. Neka s istim žarom nastavi i dalje uz pomoć ostalih starih i novih administratora. (ia/ov)

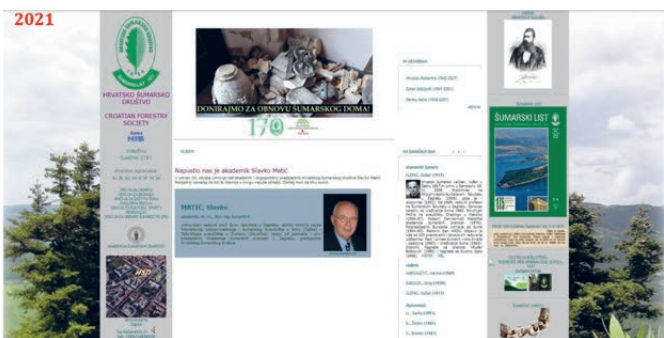


Zgrada Šumarskog doma pri otvorenju
20. listopada 1898.

www.sumari.hr

Uz 125. obljetnicu Šumarskog doma

Ne znamo točan datum kad smo pokrenuli naše web stranice (domena sumari.hr registrirana je 24.05.2004.), ali lako smo ustanovili da je u bjeloslavskoj internet arhivi naša stranica prvi put pohranjena 9. veljače 2007. i od tada još 212 puta do 13. listopada ove godine. Zgodno putovanje u prošlost: [WaybackMachine](https://www.waybackmachine.org/). (u nastavku tek nekoliko primjera)



Goran Klos, dipl. inž. šum. (1959.–2023.)

Božica Čavlović, dipl. inž. šum.

U 64. godini preminuo je naš dragi kolega Goran Klos, dipl. inž. šum. nakon duge i teške bolesti.

Goran je otišao u prijevremenu mirovinu kao upravitelj Šumarije Đurđevac.

Pogreb je održan na mjesnom groblju u Đurđevcu dana, 26. 06. 2023. godine. Oproštajni govor je održala kolegica Božica Čavlović, dipl. inž. šum. koji prenosimo u cijelosti.

Dragi članovi obitelji, dragi prijatelji,

Koliko god ovaj trenutak bio tužan, prisjetimo se načas najljepšeg što smo od Gorana dobili, bilo kao sina, kolege, prijatelja ili susjeda; prisjetimo se njegovog jedinstvenog života čiji smo i mi bili dio.

Goran je studirao šumarstvo na Šumarskom fakultetu u Zagrebu, gdje je diplomirao 1988. godine. Nakon studija radio je u Šumariji Koprivnica kao revirnik u GJ „Novigradska planina“, a 2004. godine prešao je u Šumariju Đurđevac, gdje je dugi niz godina bio revirnik u GJ „Đurđevačka Bilogora“, da bi 2019. godine bio imenovan za upravitelja Šumarije Đurđevac. Na radnom mjestom upravitelja ostao je do rujna 2022. g., kada je zbog bolesti morao otići u mirovinu.

Mi koji smo poznavali Gorana, znamo da je bio puno više od ovih suhoparnih podatka.

Njegov su život krasile vrline poput skromnosti, brižnosti, požrtvovanosti i nadasve pravednosti. Goran je bio jedan od one najrjeđe vrste ljudi: od njega niste mogli čuti ružnu riječ, on je i u najgoroj situaciji pronalazio nešto dobro, imao razumijevanja za svakoga, mislio uvijek prvo na druge, a najmanje na sebe.

Goran je ponajprije bio vrstan šumar; volio je Bilogoru i bukovu šumu koju je poznao, a svoje znanje nesebično dijelio s kolegama. Kada sam prije 18 godina došla raditi u Šumariju Đurđevac, upravo mi je on najviše pomogao. Radeći godinama s njim - u istom uredu, u šumi, raspravljajući s njim o poslu, provodeći s njim vrijeme koje sada smatram dragocjenim, upoznala sam Gorana, ljubaznog, odmjerenog, smirenog, dobrog čovjeka. Za Gorana će vam



svatko reći: bio je dobar čovjek. Njega su naši radnici svi redom zvali - Najbolji šef. On je uvijek imao i vremena i strpljenja, saslušao i pomogao, ostajao na poslu do navečer kad je trebalo nešto završiti.

Predan i marljiv radnik, skroman i samozatajan; takav je bio, čovjek koji je i pohvale primao s nelagodom. Veselio se tuđem uspjehu kao vlastitom, što je odlika velikih ljudi.

Dragi Gorane, fališ. Fališ nam na poslu, fališ na kavi, fale nam razgovori s Tobom, kada si strpljivo slušao o tuđim problemima, kada samo Ti se mogli povjeriti, onako kako se samo najboljem prijatelju može, znajući da razumiješ i ne osuđuješ.

Svoje si probleme umanjivao, nikada se nisi žalio, mada smo znali da Ti je teško. Čuli smo to iz Tvog glasa, vidjeli na Tvom slabom tijelu. Ti si uvijek govorio da si dobro. Da ćemo se vidjeti.

I to je istina, Gorane, vidjet ćemo se. Sada, kad si se konačno oslobodio boli i patnje, vjerujem da si na nekom ljepšem mjestu, u bukovoju šumi, u kojoj vlada vječito proljeće. Tamo ćemo se vidjeti. Ispričati sve što nismo stigli.

Hvala Ti, Gorane što si bio dio naših života, što si se nesebično davao, što si svojom dobrotom oblikovao i nas, što si nam pokazao put dobrote. Tužni smo što odlaziš, ali smo sretni i ponosni što smo Te imali.

Sretan Ti put, prijatelju!

Marijan Aladrović, dipl. inž. šum. (1956.–2023.)

Ivica Tomić, dipl. inž. šum.

U Pleternici je iznenada 9. kolovoza 2023. u 68. godini preminuo dipl. ing. šumarstva Marijan Aladrović, bivši voditelj Uprave šuma Požega, bivši požeško-slavonski župan i prvi gradonačelnik Pleternice. Rođen je 31. svibnja 1956. u Brodskom Drenovcu, osnovnu školu završava u rodnom mjestu, gimnaziju u Požegi, a diplomira 1980. na šumarskom odjelu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Kao pripravnik počinje raditi u Odjelu za uređivanje šuma ondašnjeg Šumskog gospodarstva Slavonska Požega. U Šumariju Pleternica dolazi 1982., postaje referent za eksploataciju šuma, a na mjestu upravitelja je od 1985. do 1995. godine. U požeškoj Upravi šuma od 1995. obavlja poslove voditelja Proizvodnog odjela, a od 2000. je stručni suradnik za eksploataciju šuma. Od 29. ožujka 2004. do 3. lipnja 2009. bio je voditelj podružnice Uprave šuma Požega, a ovu dužnost ponovno obavlja od 17. ožujka 2017. do 31. svibnja 2021. godine, kada 1. lipnja odlazi u mirovinu. Treba napomenuti da obavlja i funkcije predsjednika Radničkog savjeta te predsjednika požeškog Ogranka Hrvatskog šumarskog društva.

Dipl. ing. Marijan Aladrović bio je prvi gradonačelnik Grada Pleternice, od 1997. do 2001., a od 2009. je župan Požeško-slavonske županije. Na ovu funkciju, koju je obnašao četiri godine, izabran je na prvim neposrednim izborima u Hrvatskoj 31. svibnja 2009. kao kandidat koalicije HDZ-HSS-HSP-HSU. Obnašao je i funkciju predsjednika Gradskog vijeća Pleternice, predsjednika skupštine Požeško-slavonske županije. Kao zaljubljenik u voćarstvo, u slobodno vrijeme bavio se u rodnom Brodskom Drenovcu, u sklopu svog Obiteljskog poljoprivrednog gospodarstva, plantažnim uzgajanjem jabuka.

Komemoracija za dipl. ing. Marijana Aladrovića održana je 11. kolovoza u organizaciji Požeško-slavonske županije i Grada Pleternice u pleterničkom Interpretacijskom centru „Terra Panonica“. Uz članove obitelji, rodbinu te brojne prijatelje, na komemoraciji su bili nazočni potpredsjednik Vlade Republike Hrvatske i ministar hrvatskih branitelja Tomo Medved, ministar pravosuđa i uprave Ivan Malenica, ministar obrane Mario Banožić, ministar rada, mirovinskoga sustava, obitelji i socijalne politike Marin Piletić, te predstavnici Požeško-slavonske županije, Grada Pleternice i Hrvatske demokratske zajednice.



Voditelj požeške Podružnice Hrvatskih šuma dipl. ing. **Milan Jurković** naglasio je na komemoraciji kako je kolega Marijan bio pravi zaljubljenik u svoju struku i šumarstvo. -Uvijek je govorio da je šumarska struka iznad svih ostalih. To je uvjerenje pokušao prenijeti na sve svoje suradnike i na tome mu velika hvala. Uvijek je znao reći kolegama šumarima da su pojedine poslove sposobni odraditi bolje od svih drugih, što je dokazao svojom bogatom karijerom u politici i drugim poslovima kojima se bavio u svom privatnom životu-kazao je M. Jurković te se osvrnuo na Aladrovićeve različite aktivnosti od završetka Šumarskog fakulteta 1980. godine do odlaska u mirovinu. -Marijan Aladrović je bio poznat, priznat i cijenjen među svojim kolegama, ne samo u Upravi šuma Požega, nego u cijelim Hrvatskim šumama. Imao sam privilegiju i osobitu čast da mu u zadnje četiri godine budem prvi suradnik, što je za mene bilo neprocjenjivo iskustvo, a naslijedio sam ga na njegovom radnom mjestu. Za sve to vrijeme izgradili smo jedan istinski prijateljski odnos-zaključio je voditelj Uprave šuma Požega.

Pogreb dipl. ing. Marijana Aladrovića održan je na Gradskom groblju u Pleternici istoga dana kada i komemoracija. Posljednjem ispraćaju nazočili su uz članove obitelji, rodbinu, brojne prijatelje i poznanike, te kolege šumare, pojedini ministri koje je predvodio potpredsjednik Vlade Republike Hrvatske i ministar hrvatskih branitelja Tomo Medved, te županijski, gradski i općinski čelnici iz Požeštine te šireg područja

Zorislav Kajtar, dipl. ing. šum. (1950.-2023.)

Ivica Tomić, dipl. inž. šum.

Poslije kratke bolesti 27. kolovoza je u 73. godini preminuo Zorislav Kajtar, dipl. ing. šumarstva. Rođen je u Osijeku 27. rujna 1950. u obitelji Zvonimira i Goroslave. Otac mu je bio učitelj, a majka kućanica. Osnovnu školu završava u Požeškom Brestovcu 1965., a gimnaziju u Požegi 1969. godine. Šumarstvo je studirao na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a diplomirao je 12. svibnja 1976. Kao pripravnik zaposlio se 6. kolovoza 1976. u IK "Krivaja" u Zavidovićima (BiH), u tadašnjem OOUR-u „Borje Teslić“. Nakon položenog stručnog ispita, raspoređen je na radno mjesto referenta u OOUR Šumarstvo-sektor uzgoj i zaštita. Poslije odsluženja vojnog roka, od 2. rujna 1979. zaposlen je na mjestu revirnika u Šumariji Kamenska, u ondašnjem Šumskom gospodarstvu Slavonska Požega. Od 28. lipnja 1982. radi u Odjelu za uređivanje šuma kao taksator-pedolog i na tom radnom mjestu ostaje do 19. travnja 1984., kada prelazi u Šumariju Pleternica, radeći na poslovima revirnika za uzgoj, zaštitu i lovstvo. Na tom je mjestu do 1. studenog 1986., kada je imenovan za rukovoditelja obratne jedinice za uzgoj i zaštitu šuma u PO Šumarije Požega, radilište Pleternica. Ovaj posao obavlja do 1. kolovoza 1991., kada je postavljen za revirnika u Šumariji Pleternica. S toga radnog mjesta odlazi 1. srpnja 2009. godine u Upravu šuma Požega, gdje radi na mjestu stručnog suradnika za ekologiju i zaštitu šuma, pokazujući osobitu sklonost prema ovim poslovima. Bio je član požeškog Ogranka



Hrvatskog šumarskog društva. Umrovljen je 5. studenog 2013. godine.

Dipl. ing. Zorislava Kajtara pamtimo kao nenametljivog, skromnog i samozatajnog šumarskog stručnjaka, koji je uvijek bio spreman svoje bogato šumarsko znanje i iskustvo prenijeti na mlađe kolege. Bio je druželjubiv, vesele naravi i uvijek spreman za razgovor uz kavu. Odlaskom u mirovinu Zoran (Zoki) suočio se s ozbiljnim zdravstvenim problemima, no hrabro se s njima borio. Bolest je nažalost bila jača od njegovog uvijek prisutnog optimizma. Ispraćaj Zorislava Kajtara bio je 30. kolovoza na Gradskom groblju sv. Ilije u Požegi, u nazočnosti članova obitelji, rodbine, prijatelja i kolega šumara. Obitelji upućujemo izraze iskrene sućuti.

Počivao u miru i laka mu bila gruda hrvatske zemlje!



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 ovlaštene inženjeri obavljaju svoje poslove savjesno i u skladu sa zakonom te promiče, zastupa i usklađuje 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 postizanje ciljeva ravnopravnoga 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.

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 obljetnicama, znanstvenim i stručnim skupovima, knjigama i časopisima, o zbivanjima u Hrvatskom šumarskom društvu, tijeku i zaključcima sjednica Upravnoga odbora te godišnje i izvanredne skupštine, obavijesti o ograncima Društva i dr.

Svi napisi koji se dostavljaju Uredništvu, zbog objavljivanja moraju biti napisani na hrvatskom jeziku, a znanstveni i stručni radovi na hrvatskom ili engleskom jeziku, s naslovom i podnaslovima prevedenim na engleski, odnosno hrvatski jezik.

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

Opseg teksta članaka može imati najviše 15 stranica zajedno s priložima, odnosno tablicama, grafikonima, slikama (crteži i fotografije) i kartama. Više od 15 stranica može se prihvatiti uz odobrenje urednika i recenzenata. 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 abstrahirati 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 literature:

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 indexing 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. Dalmatinski crni bor (*P. nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco) na prirodnom staništu (Vidova gora, Brač). ■ **Figure 1.** Dalmatian black pine (*P. nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco) in its natural habitat (Vidova gora, the island of Brač, Croatia).



Slika 3. Igljice su po dvije u čuperku, tamnozeleno, šiljastog vrha. *P. nigra* subsp. *nigra*: iglice 7–18 cm dugačke (lijevo) i *P. nigra* subsp. *dalmatica*: iglice 4–7 cm dugačke (desno). ■ **Figure 3.** Needles are born in fascicles of two, dark green, with an acute apex. *P. nigra* subsp. *nigra*: needles 7–18 cm long (left) and *P. nigra* subsp. *dalmatica*: needles 4–7 cm long (right).



Slika 2. Više od 150 godina staro, patuljasto stablo dalmatinskog crnog bora na krovu crkve sv. Petra i Pavla u Nerežišćima, na Braču. ■ **Figure 2.** More than 150 years old, dwarf Dalmatian black pine tree on the roof of the Church of St. Peter and Paul in Nerežišća, the island of Brač (Croatia).

Slika 4. Češeri su gotovo sjedeći, jajasti do jajasto-stožasti, svjetlosmeđi do žućkastosmeđi, sjajni, (3,5–) 5–8 (–12) cm dugački; dozrijevaju od rujna do studenog (prosinca) druge godine, a otvaraju se i oslobađaju sjemenke u proljeće treće godine. ■ **Figure 4.** Cones are subsessile ovoid to ovoid-conical, light brown to yellowish-brown, shiny, (3.5–)5–8(–12) cm long; maturing in September to November (December) of second year; shedding seeds in spring of third year.



***Pinus nigra* J.F.Arnold – crni bor (*Pinaceae*)**

Crni bor je autohton u južnoj Europi, sjevernoj Africi, Maloj Aziji te na Krimu i Cipru. Vazdazelena je, jednodomna, heliofilna, anemofilna i anemohorna vrsta drveća. Varijabilna je vrsta podijeljena na pet podvrsta: *P. nigra* J.F.Arnold subsp. *nigra* (*P. austriaca* Höss, *P. nigra* var. *austriaca* (Höss) Badoux, *P. nigricans* Host), *P. nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco, *P. nigra* subsp. *laricio* (Poir.) Palib. ex Maire, *P. nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe i *P. nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco, od kojih su prve dvije autohtone u Hrvatskoj. Osim što je važna šumska vrsta drveća, crni bor je često korištena vrsta za pošumljavanje, vjetrobrane pojaseve i proizvodnju drveta. Vrlo je tolerantan na gradske uvjete te se sadi kao ukrasna vrsta u vrtovima, parkovima i drvoredima. Selekcionirani su brojni ukrasni kultivari ove vrste.

***Pinus nigra* J.F.Arnold – Black Pine, Austrian Pine, European Black Pine (*Pinaceae*)**

Black pine is native to southern Europe, northern Africa, Asia Minor, Crimea and Cyprus. It is an evergreen, monoecious, heliophilous, anemophilous and anemochorous tree. It is a variable species divided into five subspecies: *P. nigra* J.F.Arnold subsp. *nigra* (*P. austriaca* Höss, *P. nigra* var. *austriaca* (Höss) Badoux, *P. nigricans* Host), *P. nigra* subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco, *P. nigra* subsp. *laricio* (Poir.) Palib. ex Maire, *P. nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe and *P. nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco, of which the first two are autochthonous in Croatia. Besides being an important forest tree species, it has been widely used for reforestation, windbreaks and timber production. Black pine is very tolerant on urban conditions and is planted as an ornamental species in gardens and parks, as well as a street tree. Numerous ornamental cultivars have been selected.