

ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630*
ISSN
0373-1332
CODEN
SULIAB



175
146 HRVATSKO
ŠUMARSKO
DRUŠTVO
ŠUMARSKI
LIST



11-12

GODINA CXLV
Zagreb
2021



HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO
CROATIAN FORESTRY SOCIETY

članica
HIS

O DRUŠTVU
ČLANSTVO

stranice ogranaka:
BJ DE GO KA SI SP ZA

PRO SILVA CROATIA
SEKCIJA ZA BIOMASU
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

175. godina djelovanja
19 ogranaka diljem Hrvatske
oko 2300 članova

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

14039 osoba
22381 biografskih činjenica
14810 bibliografskih jedinica

ŠUMARSKI LIST

145. godina neprekidnog izlaženja
1103 svezaka na 84320 stranica
16177 članaka od 3201 autora

DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

4422 naslova knjiga i časopisa
na 26 jezika od 3056 autora
izdanja od 1732. do danas

IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA



ŠUMARSKI LIST



DIGITALNA BIBLIOTEKA




EFN HŠ ŠF HŠI
HKISD DHMZ



Naslovna stranica – Front page:

Park šuma Čikat, Lošinj, Hrvatska
(Foto: Zvonimir Tanocki)

Čikat Park Forest, Lošinj, Croatia
(Photo: Zvonimir Tanocki)

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

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

1. 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. Jozo Franjić,
Šumarska botanika – *Forest Botany*

Doc. dr. sc. Krunoslav Sever,
Fiziologija šumskoga drveća – *Physiology of Forest Trees*

Prof. dr. sc. Marilena Idžojić,
Dendrologija – *Dendrology*

Prof. dr. sc. Davorin Kajba,
Genetika i oplemenjivanje šumskoga drveća –
Genetics and Forest Tree Breeding

Prof. dr. sc. Darko Bakšić,
Šumarska pedologija i ishrana šumskoga drveća –
Forest Pedology and Forest Tree Nutrition

Prof. dr. sc. Marijan Grubešić,
Lovstvo – *Hunting Management*

2. Uzgajanje šuma i hortikultura – Silviculture and Horticulture

Akademik Igor Anić,
urednik područja – *Field Editor*
Silvikultura – *Silviculture*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković,
Ekologija i biologija šuma, bioklimatologija –
Forest Ecology and Biology, Bioclimatology

Doc. dr. sc. Sanja Perić,
Šumske kulture – *Forest Cultures*

Dr. sc. Vlado Topić,
Melioracije krša, šume na kršu –
Karst Amelioration, Forests on Karst

Izv. prof. dr. sc. Stjepan Mikac,
Uzgajanje šuma – *Forest Silviculture*

Doc. dr. sc. Vinko Paulić,
Urbane šume – *Urban Forests*

Prof. dr. sc. Ivica Tikvić,
Opća i krajobrazna ekologija, općekorisne funkcije šuma –
General and landscape ecology, Non-Wood Forest Functions

Izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić,
Sjemenarstvo i rasadničarstvo –
Seed Production and Nursery Production

Prof. dr. sc. Damir Barčić,
Zaštićeni objekti prirode, Hortikultura –
Protected Nature Sites, Horticulture

3. Iskorištavanje šuma – Forest Harvesting

Prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky,
urednik područja – *Field Editor*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

Prof. dr. sc. Tibor Pentek,
Šumske prometnice – *Forest Roads*

Prof. dr. sc. Dubravko Horvat,
Mehanizacija u šumarstvu – *Mechanization in Forestry*

Prof. dr. sc. Tomislav Sinković,
Nauka o drvu, Tehnologija drva –
WoodScience, Wood Technology

4. Zaštita šuma – Forest Protection

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

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

5. Izmjera i kartiranje šuma – Forest Mensuration and Mapping

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

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

Prof. dr. sc. Jura Čavlović,
urednik područja –field editor
Uređivanje šuma – *Theory of Forest Management*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

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

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

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

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

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

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

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

Doc. dr. sc. Radek Pokorný, Češka Republika – *Czech Republic*

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

Glavni i odgovorni urednik – Editor in Chief

Prof. dr. sc. Josip Margaletić

Lektor – Lector

Dijana Sekulić-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*360 +761

<https://doi.org/10.31298/sl.145.11-12.1>

Mijoč, D., N. Perković, M. Šporčić, M. Landekić, M. Bakarić, A. Đuka, T. Poršinsky

Vrednovanje metode izračuna planske cijene usluge pridobivanja drva – Evaluation of the method of calculating the planned price of timber harvesting operations 515

UDK 630* 152 + 146 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.145.11-12.2>

Gomerčić, T., I. Topličanec, V. Slijepčević, S. Blašković, I. Selanec, I. Budinski, J. Tomaić, J. Kusak, G. Ivanov, M. Sindičić

Distribution and minimum population size of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Croatia in the period 2018–2020 – Rasprostranjenost i najmanja veličina populacije Euroazijskog risa (*Lynx lynx*) u Hrvatskoj u razdoblju 2018.–2020. 525

UDK 630*174.7

<https://doi.org/10.31298/sl.145.11-12.3>

Panda, L., A. Šiljeg, I. Marić, F. Domazetović, S. Šiljeg, R. Milošević

Usporedba GEOBIA klasifikacijskih algoritama na temelju Worldview-3 snimaka u izdvajanju šuma primorskih četinjača – Comparison of GEOBIA classification algorithms based on Worldview-3 imagery in the extraction of coastal coniferous forest 535

UDK 630* 181.3 + 164 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.145.11-12.4>

Milović, M., V. Vasić, M. Drekić, B. Kovačević, S. Pekeć, Z. Galić, S. Orlović

Diversity of ectomycorrhizal fungi associated with *Quercus petraea* in the national park Fruška gora in the Republic of Serbia – Raznolikost ektomikoriznih gljiva na hrastu kitnjaku (*Quercus petraea*) u nacionalnom parku Fruška gora u Republici Srbiji 547

UDK 630* 232.3 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.145.11-12.5>

Yücesan, Z., D. Bayram

Effects of pretreatment, sowing time, sowing environment and climate factors on germination in *Acer pseudo-platanus* L. – Utjecaj predsjetvene pripreme, vremena sjetve, zaštićenog prostora i klimatskih čimbenika na klijavost sjemena vrste *Acer pseudoplatanus* L. 557

Prethodno priopćenje – Preliminary communication

UDK 630* 587 + 622

<https://doi.org/10.31298/sl.145.11-12.6>

Balenović, I., L. Jurjević, K. Indir, A. Seletković

Fotogrametrijska procjena volumena u sastojinama hrasta lužnjaka Pokupskog bazena – Photogrammetric estimates of stand volume in pedunculate oak stands of the Pokupsko basin 567

UDK 630* 233

<https://doi.org/10.31298/sl.145.11-12.7>

Drašković, B., M. Gutalj, S. Stjepanović, B. Miletić

Estimating recent forest losses in Bosnia and Herzegovina by using the Copernicus and Corine land cover databases – Procjena recentnih gubitaka šume u Bosni i Hercegovini korištenjem Copernicus i Corine land cover baze podataka. 581

Zaštita prirode – Nature protection

Arač, K.: Sjenica mošnjarka (<i>Remiz pendulinus</i> L.)	591
Aščić, I.: Ugrožene biljne vrste na markama	592

Obljetnice – Anniversaries

Baričević, D.: 100 godina Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. .	594
--	-----

Knjige i časopisi – Books and journal

Zorić, M.: Iskorištavanje šuma Spačvanskog međurječja 1730. – 1914. godine Kirija i kirijaši u Spačvanskim šumama Ivan Čosić Bukvin	599
Glavaš, M.: Medonosno bilje regije Gacke dr. sc. Dario Kremer, dr. sc. Joso Brajković, prof. dr. sc. Dragan Bubalo	600
Vojniković, S.: Proizvodnost i kvalitetna struktura izdanačkih šuma bukve u Federaciji BiH – Zapreminske i sortimentne tablice stabala bukve izdanačkog porijekla Besim Balić, Jusuf Musić, Ahmet. Lojo	601
Meštrić, B.: Tri stotine brojeva časopisa za popularizaciju šumarstva.	603

In memoriam

Malnar J.: Zvonimir Pršle, dipl. ing. šum (1956. – 2021.)	605
Pentek, T.: Prof. dr. sc. Dragutin Pičman (12.03.1948. – 04.09.2021.)	606
Diklić, M.: Josip Robert Crnković, dipl. ing. šum. (6.05.1939. – 22.11.2021.)	608

RIJEČ UREDNIŠTVA

ŠTO NAM DONOSI GLASGOWSKA KLIMATSKA KONFERENCIJA?

Nedavno je završena velika UN-ova klimatska konferencija COP26 donošenjem globalnog sporazuma „Glasgowski klimatski pakt“. Ujedno su potvrđeni svi nerazriješeni elementi u mehanizmima za provođenje Pariškog sporazuma o klimatskim promjenama iz 2015. godine i dogovorena transparentnost postupaka u njegovom provođenju. U sklopu potpisane Deklaracije o korištenju šuma i zemljišta, koju je do sada podržalo preko 140 država u kojima se nalazi više od 90 % svjetskih šuma, **čelnici zemalja** obvezali su se zajednički raditi na zaustavljanju i preokretanju gubitka šuma i degradacije zemljišta do 2030. godine.

Prvi cilj konferencije odnosio se na ograničavanje povišenja globalne prosječne temperature na razinu koja je znatno niža od 2 °C iznad razine u predindustrijskom razdoblju, kao i ulaganje napora u njezino ograničavanje na 1,5 °C. Drugi cilj odnosio se na prilagođavanje učincima klimatskih promjena i usklađivanje financijskih tokova s razvojem otpornim na klimatske promjene. U tom cilju do 2025. godine planira se mobilizirati 100 milijardi američkih dolara. Kao predvodnik u borbi protiv klimatskih promjena EU se obvezala do 2030. godine smanjiti emisiju stakleničkih plinova za najmanje 55 % u odnosu na 1990. godinu.

Opći je zaključak da će šume biti od vitalnoga značaja za postizanje ciljeva u borbi protiv globalnog zatopljenja. Prema istraživanjima World Resources Institute (WRI), šume apsorbiraju 30 posto emisije ugljikovog dioksida. Iako je šuma prirodni klimatski tampon u borbi protiv globalnog zatopljenja, činjenica je da se u svijetu površina šuma i dalje ubrzano smanjuje.

Na sastanku je sudjelovao i hrvatski predsjednik Vlade gospodin Andrej Plenković. Najavio je prestanak proizvodnje električne energije dobivene iz ugljena najkasnije do 2033. godine te povećanje udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji na više od dvije trećine. Izrazito pohvalno je govorio o hrvatskom šumarstvu i njegovoj stoljetnoj tradiciji, što se inače od naših političara jako rijetko čuje. Jedna od aktivnosti koje Hrvatska planira u sljedećem razdoblju je i sadnja milijun dodatnih stabala godišnje do 2030. godine. Pod tim se podrazumijeva povećanje sadnje sa sadašnjih devet milijuna stabala na 10 milijuna, kako bi se anuli-

rale emisije stakleničkih plinova koje stvaraju vozila turista prilikom dolaska u Hrvatsku. Ta njegova najava u javnosti je otvorila niz pitanja, poput onoga kakvo je trenutno stanje naših šuma, da li se one ubrzano krče, mogu li Hrvatske šume d. o. o. ispuniti ovakav ambiciozan plan i sl. Sva ta pitanja još jednom su pokazala nerazumijevanje i nepoznavanje šuma i šumarstva. Ponajprije u hrvatskom šumarstvu krčenje šuma je zabranjeno osim u propisanim slučajevima, **što dokazuje i povećanje površina pod šumom. U javnosti se pošumljavanje**, dakle sadnja sadnica, povezuje jedino s obnovom šuma. Stoljetna tradicija hrvatskoga šumarstva obnovu šuma temelji na prirodnoj obnovi, dok se izuzeto od toga pošumljavaju gole, neobrasle i nešumske površine, ili one šumske površine zahvaćene požarima i ostalim katastrofama na kojima prirodna regeneracija nije moguća ili iz bilo kojeg drugog razloga nije uspjela. To nažalost ne znaju ni „Briselski činovnici“ kada, kao što je to bio slučaj s ledolomom u Hrvatskoj 2014. godine, kao sanaciju priznaju i financijski valoriziraju samo sadnju stabala. Uz ostalo time na uznapredovale šumske površine s klimatogenim vrstama vraćamo pionirsku vrstu i time činimo „korak unazad“.

Sljedeća opasnost je ograničavanje sječe, čitaj gospodarenje šumama. Koliko god to imalo smisla kao zaustavljanje krčenja šuma, u Hrvatskoj i zemljama s razvijenom šumarstvom to može imati negativne posljedice. Ograničavanje šumarskih zahvata kroz pasivno zaštićivanje šuma, preferiranje „starih šuma“ i sl. negativno će se odraziti na njihovo stanje i zaustaviti proces njihove obnove. Poznato je da mlade šume najviše prirašćuju, a time i apsorbiraju najviše CO₂.

Drugo je pitanje kako raspoložemo s posječenom drvnom masom. Da li je dovoljno finaliziramo, da li drvo upotrebljavamo kaskadno, da li ga recikliramo ili to sve nadomještamo potrebom za novim količinama? Isto tako zapitajmo se kako i koliko drvo upotrebljavamo kao ekološki najprihvatljiviji energent. Činjenica je da sustavno još nismo savladali pridobivanje biomase iz naših šuma, a drveni pelet čiju smo proizvodnju, zahvaljujući jeftinoj sirovini, podigli na zavidnu razinu, završava pretežito u drugim zemljama, smanjujući im onečišćenja stakleničkim plinovima.

Uredništvo

EDITORIAL

WHAT DOES THE GLASGOW CONFERENCE BRING US?

The major UN climate conference COP26 recently ended with the adoption of the global “Glasgow Climate Pact” agreement. At the same time, all unresolved elements in the mechanisms for the implementation of the 2015 Paris Agreement on Climate Change were acknowledged and the transparency of the procedures in its application was agreed upon. As part of the signed Declaration on Forests and Land Use, which has so far been supported by over 140 countries in which more than 90 % of world's forests are located, the leaders pledged to work together to “halt and reverse forest loss and land degradation” by 2030.

The first objective of the conference was to limit the increase in global average temperature to a level significantly lower than 2 °C above the level in the pre-industrial period, as well as to invest efforts in limiting it to 1.5 °C. The second objective was to adapt to the effects of climate change and align financial flows with climate-resilient development. To this end, it is planned to mobilise 100 billion US dollars by 2025. As a leader in the fight against climate change, the EU has committed itself to reducing greenhouse gas emissions by at least 55 % by 2030 compared to 1990.

The general conclusion is that forests will be vital in achieving the goals of fighting against global warming. According to research by the World Resources Institute (WRI), forests absorb 30 per cent of carbon dioxide emissions. Although the forest is a natural climate buffer in the fight against global warming, the fact is that the world's forest area continues to decline rapidly.

The Conference was also attended by the Croatian Prime Minister, Mr Andrej Plenković. He announced the cessation of electricity production from coal by 2033 at the latest and an increase in the share of renewable energy sources in overall consumption to more than two thirds. He spoke highly of Croatian forestry and its century-old tradition, which is otherwise rarely heard from our politicians. One of the activities that Croatia is planning in the next period is the planting of one million additional trees per year by 2030. This means an increase in the planting from the current nine million trees to ten million in order to annul the greenhouse gas emissions generated by tourist vehicles arriving in Croatia.

The Prime Minister's announcement raised a number of questions in the public, such as what the current condition of our forests is, whether they are being rapidly cut down, whether the company Croatian Forests Ltd can meet such an ambitious plan, and others. All these issues once again showed a lack of understanding and ignorance of forests and forestry. First of all, cutting down forests is prohibited in Croatian forestry, except in prescribed cases, as evidenced by the increase in forest areas. The public associate afforestation, that is, planting seedlings, only with forest regeneration. Throughout the century-long tradition of Croatian forestry, forest regeneration has been based on natural regeneration, while bare, unforested and non-forested areas are afforested, including those forest areas affected by fires and other disasters where natural regeneration is not possible or has failed for any other reason. Regrettably, the “Brussels bureaucrats” do not know this either, otherwise they would not, as was the case with ice-break in Croatia in 2014, have recognized and financially valorised only the planting of trees as a recovery measure. Among other things, by doing this we are returning the pioneer species to forest areas improved by climatic species, thus making a “step backwards”.

The next danger lies in limiting felling, (read: managing forests). As much as it makes sense to stop cutting down forests, in Croatia and countries with developed forestry it may have negative consequences. Restricting forestry operations through passive protection of forests, preferring “old forests”, etc. will have a negative effect on their condition and stop the process of their regeneration. It is well known that young forests increment the most and thus absorb the highest amounts of CO₂.

Another question is how we dispose of the felled wood mass. Are we finalizing it sufficiently, are we cascading wood, are we recycling it, or are we replacing it all with the need for new quantities? Let us also ask ourselves in what way and in what amounts we use wood as the most environmentally friendly energy source. The fact is that we have not yet systematically mastered the extraction of biomass from our forests, while wood pellets, the production of which we have raised to an enviable level thanks to cheap raw material, end up mostly in other countries, reducing their greenhouse gas pollution.

Editorial Board

VREDNOVANJE METODE IZRAČUNA PLANSKE CIJENE USLUGE PRIDOBIVANJA DRVA

EVALUATION OF THE METHOD OF CALCULATING THE PLANNED PRICE OF TIMBER HARVESTING OPERATIONS

David MIJOČ, Nikola PERKOVIĆ, Mario ŠPORČIĆ, Matija LANDEKIĆ, Matija BAKARIĆ, Andreja ĐUKA, Tomislav PORŠINSKY

SAŽETAK

Rad se bavi prikazom metode izračuna planskih cijena pridobivanja drva, koje su predmet javnih nadmetanja u Šumsko gospodarskom društvu »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres te analizom odstupanja planskih od ugovorenih/ostvarenih cijena usluga pridobivanja drva za 97 grupa odjela, koji su bili predmet javnih natječaja u 2019. i 2020. godini.

Deskriptivnom i korelacijskom statističkom analizom obuhvaćeni su i pokazatelji grupa odjela na javnim natječajima: površina, neto obujam doznačenog drva, sječna gustoća, broj doznačenih stabala po ha, obujam srednjeg doznačenog stabla, nagib terena, srednja udaljenost privlačenja drva, stjenovitost terena i privlačenje drva uz nagib terena.

Test zavisnih parova podataka je ukazao da postoji statistički značajna razlika između planskih i ugovorenih cijena usluga pridobivanja drva ($t = 7,78$, $p < 0,001$), a rezultati korelacijske analize potvrdili povezanost utjecajnih čimbenika izvođenja šumskih radova s ugovorenom i planskom cijenom pridobivanja drva. Uslijed statistički značajne ($p < 0,05$) i vrlo jake korelacije natječajima ostvarene i prikazanom metodom izračunate planske cijene usluge pridobivanja drva, ovisnost je izjednačena linearnim regresijskim modelom uz koeficijent determinacije od 0,667. Navedenim, prikazana je metoda izračuna planske cijene usluge pridobivanja drva dobar prediktor ostvarenih cijena pridobivanja drva na javnim natječajima, što govori i o samoj dobroti prikazane metode izračuna. Slaba i negativna korelacija ($p < 0,05$, $r = -0,22$) razlike ugovorene i planske cijene usluge pridobivanja drva o obujmu srednjeg doznačenog stabla, ukazala je da bi ovu pojavu u budućnosti trebalo pratiti s ciljem utvrđivanja uzroka, koji mogu biti: 1) međusobna konkurencija između izvođača usluga pridobivanja drva za grupe odjela sa većim srednjim obujmom doznačenoga stabla ili 2) precjenjivanje obujma srednjeg doznačenog stabla u prikazanom modelu izračuna planske cijene pridobivanja drva.

Predložene su i smjernice povećanja točnosti određivanja ulaznih parametara (srednja udaljenost privlačenja drva, nagib i stjenovitost terena te privlačenje drva uz nagib terena) prikazane metode izračuna planskih cijena pridobivanja drva u cilju njenog usavršavanja. S obzirom da je izračun vezan za srednju plansku cijenu na razini šumskog gospodarstva, a koju utvrđuje uprava trgovačkog društva, neophodno je stalno praćenje tržišta, kako bi se na vrijeme moglo reagirati ukoliko bi došlo do većih oscilacija.

KLJUČNE RIJEČI: pridobivanje drva, planska cijena, ugovorena cijena, tržište

¹ David Mijoč, dipl. ing. šum., e-pošta: dmijoc@gmail.com, Nikola Perković, mag. ing. šum., e-pošta: nikola.perkovic@hbsume.ba, Šumsko gospodarsko društvo »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres, Splitska bb, BA – 80320 Kupres, Bosna i Hercegovina

² prof. dr. sc. Marijo Šporčić, e-pošta: msporcic@sumfak.unizg.hr, doc. dr. sc. Matija Landekić, e-pošta: mlandekic@sumfak.unizg.hr, dr. sc. Matija Bakarić, e-pošta: mbakaric@sumfak.unizg.hr, doc. dr. sc. Andreja Đuka, e-pošta: aduka@sumfak.unizg.hr, prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky*, e-pošta: tporsinsky@sumfak.unizg.hr, Zavod za šumarske tehnike i tehnologije, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, HR – 10 000 Zagreb

* dopisni autor – corresponding author

1. UVOD INTRODUCTION

Glavni dio troškova u šumarstvu, ostvaruje se pridobivanjem drva pri šumsko uzgojnim zahvatima njege i obnove te sanacije sastojina, dok se prodajom drva ostvaruje najveći dio prihoda, podmiruju troškovi te ostvaruje dobit (Posavec 2006). Pridobivanje drva je proces proizvodnje drvnih sortimenata, odnosno slijed međusobno povezanih i ovisnih radnji i postupaka pri proizvodnji drva, a koji čine sječa i izradba te transport drva (Poršinsky 2005).

Globalno gledajući, radove pridobivanja drva sve više preuzimaju privatni izvođači koji su postali neizostavna poveznica između šumovlasnika i/ili šumoposjednika s jedne i drvne industrije s druge strane (Drolet i Lebel 2010, Häggström i dr. 2013, Šporčić i dr. 2018, Triplat i Krajnc 2020). Stvaranje jednakih uvjeta natjecanja među izvođačima šumskih radova predstavlja izazov za cijeli šumarski sektor, a poštjeni uvjeti natjecanja jedini su način da se osigura ekonomska proizvodnja i razvoj poduzetničkog sektora, što znači da se jednaka pravila (zakonodavstvo, certifikacija i dr.) primjenjuju na sve dionike na jednak način (Šporčić i dr. 2018, Triplat i Krajnc 2021). Da bi navedeno bilo izvedivo, neophodno je osigurati i optimalnu cijenu usluga izvođenja radova, odnosno nepristrani model izračuna planske cijene usluge pridobivanja drva jednoga ili više odjela/odsječka, koja bi predstavljala procijenjenu vrijednost javne nabave u natječajnim postupcima, odnosno takvu cijenu koja će približno odgovarati stvarnim troškovima s obzirom na: 1) pokazatelje doznačenoga drva (broj stabala po ha, srednji obujam stabla, sječna gustoća i dr.), 2) prisutne terenske čimbenike (nagib terena, površinske prepreke, nosivost podloge) te 3) otvorenost šuma (srednja udaljenost privlačenja drva). U literaturi troškove pridobivanja drva obrađuju Abbas i dr. (2019), Lemm i dr. (2020), Naderialzadeh i dr. (2020), Triplat i Krajnc (2020), Abbas i dr. (2021), Sessions i dr. (2021) te drugi autori.

Pridobivanje drva u Bosni i Hercegovini predstavlja glavno područje mehaniziranosti radova u šumarstvu te stoga u ukupnim troškovima šumskih gospodarstava u BiH, troškovi pridobivanja drva sudjeluju sa izuzetno velikim udjelom, što je i glavni motiv za njihovom racionalizacijom.

Izvođači radova pridobivanja drva u Bosni i Hercegovini su obično mala poduzeća sa zastarjelom opremom, mehanizacijom i metodama rada (FAO 2015). U Federaciji BiH, cijena rada privatnih poduzeća za pridobivanje drva (KM/m³) je u prosjeku 27 % niža od cijene rada šumskih gospodarstava (Master Plan FBiH 2019). Iz navedenoga se može zaključiti kako su privatni izvođači šumskih radova znatno učinkovitiji od šumskih gospodarstava, odnosno generiraju manje troškove prilikom izvođenja sječe i izradbe te privlačenja drva. Naravno, pri donošenju općenitih zaključaka treba biti posebno oprezan i obuhvatiti sve aspekte

poslovanja kao što su poštivanje zakonske regulative, odnosno izvođenje radova na siguran, djelotvoran i okolišno prihvatljiv način.

Šumsko gospodarsko društvo »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres gospodari državnim šumama na području Hercegbosanske županije ili Kantona 10 na površini od oko 282.000 ha i godišnje proizvede oko 450.000 m³ neto drva (oko 70 % četinjača te 30 % listača) u brdsko – gorskim uvjetima rada (Plan poslovanja 2021). Sustav pridobivanja drva koji se najčešće koristi na ovom području zasniva se na sječi i sortimentnoj metodi izradbe drva motornom pilom lančanicom te sakupljanju i privlačenju drva skiderom s vitlom, dok je primjena izvoženja drva forvarderom manje zastupljena (Marčeta i dr. 2020). Sve radove pridobivanja drva u cijelosti izvode privatni izvođači šumskih radova koji do ugovora dolaze putem javnih nadmetanja.

Izračun troškova pridobivanja drva, odnosno određivanje planskih cijena Šumsko gospodarsko društvo »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres zasniva na ostvarenim (ugovorenim) cijenama izvođenja radova. Drugim riječima, ostvarene cijene izvođenja radova postignute na javnim natječajima (tržišne/ugovorene cijene) prethodne godine su temelj za određivanje srednje planske cijene za iduću godinu i temelj su za izračun planskih cijena pridobivanja drva za svaki odjel u kojemu je planirana sječa. Planske cijene radova u pojedinim odjelima ili grupama odjela proizlaze iz utvrđene srednje planske cijene za poslovnu godinu šumskog gospodarstva, a koju određuje uprava trgovačkoga društva.

Ovakav model određivanja planskih cijena odgovara modelu ciljnih troškova (eng. *Target costing*), čija je pretpostavka dobro poznavanje tržišta i postojeće strukture troškova te uspostava ravnoteže između kvalitete i funkcionalnosti u kombinaciji s razinom cijena koju tržište prihvaća (Delić i Bećirović 2017). Nadalje, model podrazumijeva i pravilno planiranje sjekoreda, odnosno da svake godine budu podjednako zastupljeni zahtjevniji i manje zahtjevniji odjeli obzirom na strukturu doznačenoga drva, terenske čimbenike izvođenja radova te otvorenost šuma.

Ciljevi ovog rada su: 1) prikazati metodu (matematički izraz) izračuna planskih cijena pridobivanja drva koje su predmet javnih nadmetanja, 2) analizirati planske i ugovorene/ostvarene cijene usluga pridobivanja drva za grupe odjela/odjeka na javnim natječajima tijekom 2019. i 2020. godine radi utvrđivanja statistički značajnih razlika, ali i mogućnosti predikcije ugovorenih cijena o planskoj cijeni pridobivanja drva te 3) utvrditi ovisnosti razlike ugovorene i planske cijene pridobivanja drva o statistički značajnim utjecajnim čimbenicima pridobivanja drva. Isto tako, predložiti će se moguće smjernice u daljnjem razvoju i poboljšanju matematičkog izraza, čime bi se unaprijedio izračun planskih cijena usluga pridobivanja drva u Šumskom gospodarskom društvu »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres.

2. MODEL IZRAČUNA PLANSKIH CIJENA PRIDOBIVANJA DRVA

PLAN PRICE CALCULATION MODEL OF TIMBER HARVESTING OPERATIONS

Model izračuna planskih cijena usluga pridobivanja drva razvijen je 2018. godine, u cilju otklanjanja nedostataka prethodnog modela zbog uočenih subjektivnosti pri operativnome planiranju i neuključivanju bitnih utjecajnih čimbenika izvođenja šumskih radova. Model se temelji na ideji da se od ukupnih planskih troškova pridobivanja drva za poslovnu godinu na razini cijelog poduzeća, pomoću matematičkog izraza odrede planske cijene usluge pridobivanja drva na razini odjela/odsjeaka.

Uključivanjem utjecajnih čimbenika izvođenja šumskih radova u matematički izraz, ovisno o planskoj cijeni za poslovnu godinu, otvoren je put izračunu planske cijene za usluge pridobivanja drva pojedinoga odjela/odsjeaka. Navedenim je gotovo u potpunosti otklonjena mogućnost subjektivnosti pri operativnome planiranju te su se ujednačili kriteriji određivanja planske cijene odjela/odsjeaka, odnosno LOT¹-a. U model su uključena dva pokazatelja strukture doznačenoga drva odjela/odsjeaka – srednji obujam stabla te broj stabala po ha, koji predstavljaju opseg i težinu izvođenja radova. Pri izradi modela se je i razmatralo uključivanje pokazatelja granatosti stabla, od čega se je odustalo zbog teškoće određivanja pri doznaci, ali i moguće subjektivnosti doznačivača.

Osnovna planska cijena pridobivanja drva pojedinoga odjela/odsjeaka (izraz 1) izračunava se na osnovi vrijednosti boda srednje planske cijene² te četiri utjecajna čimbenika djelotvornosti pridobivanja drva: 1) obujma srednjega doznačenog stabla, 2) broja doznačenih stabala po ha, 3) sred-

nje udaljenosti privlačenja drva te 4) nagiba terena odjela/odsjeaka.

$$C = b + \left\{ b \cdot \left[\left(1 - \frac{k}{150} \right) \cdot \frac{1}{2} \right] \right\} + \frac{d}{100} + \frac{n^3}{27000} \quad (1)$$

$$b = \left\{ \left[(4 - m) \cdot q \right] + \left[(4 - m) \cdot q \right] \cdot p \right\} \quad (2)$$

$$p = 1 - \left(\frac{\frac{1}{m+0,1}}{\frac{1}{m}} \right) \quad (3)$$

gdje su:

C osnovna planska cijena usluge pridobivanja drva odjela/odsjeaka (KM/m³)

q vrijednost boda srednje planske cijene

k broj doznačenih stabala po ha u odjelu/odsjeku (stabala/ha)

m obujam srednjeg doznačenog stabla odjela/odsjeaka (m³)

d srednja udaljenost privlačenja drva odjela/odsjeaka (m)

n nagib terena odjela/odsjeaka (%)

p faktor redukcije cijene

b faktor utjecaja srednjeg kubnog stabla

U članu (4 - *m*) izraza 2, *m* predstavlja srednji obujam doznačenoga stabla, a broj 4 je određen na osnovi višegodišnjih analiza strukture doznačenoga drva koje su ukazale da na području šumskoga gospodarstva ne postoje odjeli u kojima bi obujam srednjega doznačenog stabla nadilazio 4 m³. U izrazu 2 je fiksiran obujam srednjeg doznačenog stabla *m* na 1,30 m³, zbog karakteristika linearne funkcije (4 - *m*). Vrijednost 1,30 m³ je određena iskustveno kao donja granica na kojoj prestaje nepovoljan utjecaj zakonitosti obujma komada (Krpan i Poršinsky 1996) na djelotvornost pridobivanja drva, odnosno obujam srednjeg stabla preko 1,3 m³ ne smije značajno utjecati na pad planske cijene odjela/odsjeaka. Npr. za *m* = 2,4 m³ u dijelu formule [(4 - *m*) · *q*] + [(4 - *m*) · *q*] · *p*, *m* će se računati kao 1,30 m³, dok će se u određivanju faktora redukcije cijene (izraz 3) računati kao 2,4 m³.

Izraz 3, predstavlja faktor redukcije cijene (*p*) koji je zasnovan na recipročnoj funkciji oblika *y* = 1/*x*, gdje je *x* obujam srednjeg doznačenog stabla (*m*). Faktor *p* se koristi za korekciju linearnog pada koji je posljedica linearne funkcije (4 - *m*).

U članu izraza 1, broj doznačenih stabala odjela/odsjeaka po ha je reduciran sa brojem 150 (*k*/150), a broj 150 je određen na osnovi višegodišnjih analiza strukture doznačenoga drva koje su ukazale da na području šumskoga gospodarstva ne postoje odjeli u kojima je u redovnom postupku doznake doznačivano više od 150 stabala po ha.

Kubna funkcija izraza 1 (*n*³/27000) je dio izraza 1 vezan za nagib terena odjela/odsjeaka, koja daje željeni eksponencijalni

¹ LOT predstavlja robe i usluge koje se nude u natječaju, a u ovom slučaju usluge pridobivanja drva u jednom ili više odjela.

² Na osnovi ostvarenih cijena usluga pridobivanja drva prethodne godine, uprava šumskog gospodarstva donosi srednju plansku cijenu za slijedeću poslovnu godinu (KM/m³), a množenjem sa količinom neto doznačenog drva izračunava se ukupni trošak usluge pridobivanja drva šumskog gospodarstva koji je stavka Plana poslovanja. Na osnovi pokazatelja doznačenih odjela/odsjeaka, koji su u sijekoredu naredne godine, prikazanom metodom izračuna planske cijene (sa vrijednošću boda srednje planske cijene usluge pridobivanja drva prethodne godina) provjerava se da li ukupni trošak usluge pridobivanja drva šumskog gospodarstva odgovara prikazanom metodom izračunatoj ukupnoj planskoj cijeni usluga pridobivanja drva. Ukoliko dolazi do odstupanja, smanjivanjem ili povećavanjem vrijednosti boda srednje planske cijene pridobivanja drva za iduću godinu ove se vrijednosti izjednačuju. Nakon korekcije vrijednosti boda srednje planske cijene pridobivanja drva, ponovno se izračunava pomoću prikazane metode planska cijena pojedinih odjela/odsjeaka u sklopu operativnoga planiranja izvođenja šumskih te izrade elaborata radi lišta. Cijeli postupak je podržan kreiranim pivot tablicama u Microsoft Excel-u.

rast osnovne planske cijene pridobivanja drva povećanjem nagiba terena preko 30 %. Nagib terena od 30 % predstavlja granicu kretnosti šumskih vozila (Đuka i dr. 2018, Poršinsky i dr. 2021), a stalnica 27.000 u ovoj kubnoj funkciji je 30³. Nagib terena odjela/odsjeaka očitavan je pomoću GIS alata (Q-GIS, ArcGis) sa topografskih karti mjerila 1:25.000.

Srednja udaljenost privlačenja drva odjela/odsjeaka (izraz 1) predstavlja umnožak srednje geometrijske (euklidske) udaljenosti³ određene pomoću GIS alata (Q-GIS, ArcGis) i faktora privlačenja drva preuzetih iz prethodnih istraživanja (Petković i dr. 2017). Srednja udaljenost privlačenja drva u izrazu 1 je reducirana sa 100 iz razloga što jedinični trošak privlačenja drva iznosi 1 KM/100 m.

Osnovna planska cijena pridobivanja drva pojedinoga odjela/odsjeaka (izraz 1), dodatno se uvećava s obzirom na prisutnost dva utjecajna čimbenika djelotvornosti pridobivanja drva: 1) stjenovitost terena i 2) privlačenje drva uz nagib terena. Iako je bio cilj izbjeći moguće subjektivnosti pri operativnome planiranju, zbog specifičnosti područja krša na kojemu poduzeće gospodari sa šumama te zbog sekundarne otvorenosti šuma mrežom građenih traktorskih puteva, nisu se mogla izostaviti u modelu određivanja planske cijene ova dva bitna, ali subjektivno određena utjecajna čimbenika, bez obzira što se radi o relativno malom broju odjela u kojima bi se opravdalo njihovo postojanje.

Stjenovitost terena vezana je za odjele/odsjeke koji se nalaze u geomorfološkim područjima krša u kojima su površinske prepreke u vidu nepomičnih stijena prisutne po njihovoj površini. Stjenovitost terena nije kategorizirana zbog mogućnosti povećanja subjektivnosti pri operativnome planiranju. Stoga je stjenovitost terena određena kao ona koja otežava sakupljanje djelomično i/ili potpuno izrađenoga drva vučnim užem vitla skidera te se u navedenim slučajevima osnovna planska cijena pridobivanja drva pojedinoga odjela/odsjeaka uvećava za 10 %.

Privlačenje drva uz nagib terena podrazumijeva da 70 % ukupnog doznačenog drva opterećeni skider mora privlačiti uz nagib do pomoćnoga stovišta te se u navedenim slučajevima osnovna planska cijena pridobivanja drva pojedinoga odjela/odsjeaka uvećava za 10 %.

³ Geometrijska udaljenost privlačenja drva je najkraća udaljenost od zadane točke u prostoru do najbliže šumske ceste. Srednja geometrijska (euklidska) udaljenost privlačenja drva, zasnovana na metodi pravilne mreže točaka, predstavlja aritmetičku sredinu geometrijskih udaljenosti privlačenja drva beskonačnoga broja točaka jednoliko raspoređenih šumskom površinom, pri čemu svaka točka predstavlja beskonačno malu površinu. Ovaj pokazatelj primarne otvorenosti šuma, u sebi sadrži nepravilnost oblika šumske površine te nepravilnost mreže šumskih cesta, dobro vizualizira otvorene, nedovoljno otvorene i neotvorene šumske površine te je pokazatelj kvalitete prostornog rasporeda šumskih cesta (Pentek i dr. 2016).

Nakon izračuna planske cijene usluge pridobivanja drva pojedinoga odjela/odsjeaka, planska cijena pridobivanja drva za LOT-ove (P_c) se određuje ponderiranom aritmetičkom sredinom vrijednosti cijena odsjeaka (C) i neto obujma doznačenoga drva (M) prema izrazu 4.

$$P_c = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} = \frac{C_1 \cdot M_1 + C_2 \cdot M_2 + \dots + C_n \cdot M_n}{M_1 + M_2 + \dots + M_n} \quad (4)$$

3. MATERIJAL I METODE MATERIALS AND METHODS

Za dosezanje postavljenih ciljeva istraživanja, korišteni su podaci Službe za proizvodnju Šumsko gospodarskog društva »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres vezani za planirane i ugovorene cijene usluga pridobivanja drva u 2019. i 2020. godini.

Za svaki LOT koji je sadržavao više odjela, pomoću ponderirane aritmetičke sredine su izračunati srednji obujam doznačenog stabla te srednja udaljenost privlačenja drva. Osim ugovorene i planske cijene usluge pridobivanja drva, kao i njihove razlike, od ostalih pokazatelja LOT-ova, analizirani su: površina, neto obujam doznačenoga drva, sječna gustoća, broj doznačenih stabala po ha, obujam srednjeg doznačenog stabla, nagib terena, srednja udaljenost privlačenja drva (numeričke – kontinuirane varijable) te dva »subjektivno« određena pokazatelja: stjenovitost terena i privlačenje drva uz nagib terena (opisne – dihotomne varijable).

Obrada i analiza podataka provedena je uz pomoć Microsoft Excela i statističkog paketa Statistica 8.0. Nakon deskriptivne statističke analize svih pokazatelja LOT-ova, proveden je test zavisnih parova podataka kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajno odstupanje ugovorene i planske cijene usluge pridobivanja drva.

Korelacijska je analiza obuhvatila sve pokazatelje LOT-ova u cilju utvrđivanja postojanja statistički značajne povezanosti utjecajnih čimbenika s ugovorenim i planskom cijenom pridobivanja drva, kao i njihovom razlikom. Regresijske analize provedene su u cilju: 1) utvrđivanja mogućnosti predikcije ugovorene cijene o planskoj cijeni pridobivanja drva (radi utvrđivanja dobrote modela izračuna planske cijene pridobivanja drva) te 2) utvrđivanja ovisnosti razlike ugovorene i planske cijene pridobivanja drva o statistički značajnim utjecajnim čimbenicima pridobivanja drva utvrđenih korelacijskom analizom (radi utvrđivanja mogućih unaprijeđenja modela izračuna planske cijene pridobivanja drva). Pri svim analizama pogreška od 5 % smatrala se statistički značajnom.

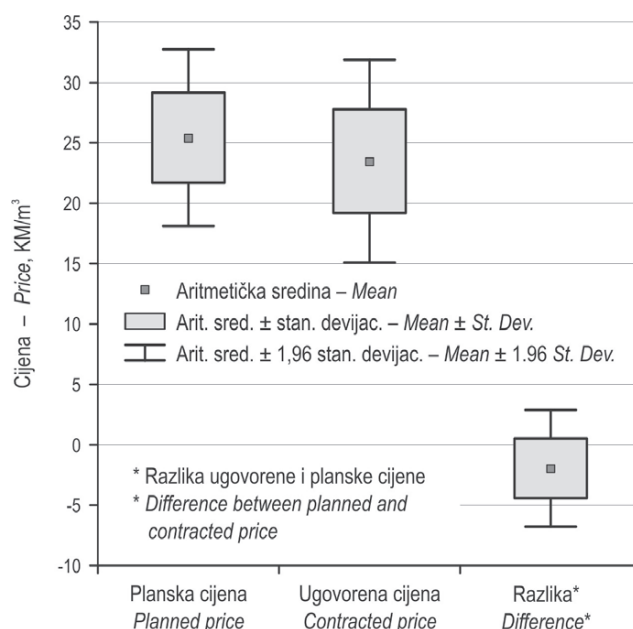
3. REZULTATI RESULTS

Analizirane su planske i ugovorene cijene usluga pridobivanja drva za 97 LOT-ova u 2019. i 2020. godini, odnosno razdoblje u kojem je metoda izračuna planskih cijena pridobivanja drva u Šumsko gospodarskom društvu »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres bila u primjeni. Planska cijena usluge pridobivanja drva na razini cijeloga poduzeća iznosila je 25 KM/m³ u 2019. godini te 24 KM/m³ u 2020. godini, dok je vrijednost boda srednje planske cijene usluga pridobivanja drva na razini šumskog gospodarstva za obje analizirane godine iznosila 4,8.

Prosječna površina LOT-a iznosila je 99,4 ± 45,9 ha, sa prosječnom srednjom udaljenosti privlačenja drva od 422 ± 246 m te prosječnim nagibom terena od 32 ± 10 %. Neto količina doznačenoga drva po LOT-u prosječno je iznosila je 5810 ± 3228 m³, sječna gustoća 59,9 ± 22,7 m³/ha uz 58,7 ± 24,6 doznačenih stabala po ha, odnosno obujam srednjeg doznačenog stabla od 1,37 ± 0,59 m³ (tablica 1). Stjenovitost terena bila je prisutna u 10 LOT-ova, a privlačenje drva uz nagib terena u 23 LOT-ova.

Prosječna planska cijena pridobivanja drva za promatrane dvije godine iznosila je 25,44 ± 3,74 KM/m³, a prosječna je ugovorena cijena iznosila je 23,49 ± 4,28 KM/m³ (slika 1). Test zavisnih parova podataka ukazao je na statistički značajnu razliku između planske i ugovorene cijene usluge pridobivanja drva ($t = 7,78$, $p < 0,001$).

Razlika između ugovorene i planske cijene prosječno je iznosila -1,95 ± 2,74 KM/m³, što je i razumljivo iz razloga



Slika 1. Deskriptivna statistika ugovorene i planske cijene pridobivanja drva

Fig. 1 Descriptive statistics of contracted and planned price of harvesting

što prikazanom metodom izračunata planska cijena predstavlja procijenjenu vrijednost javne nabave u javnim nadmetanjima šumskog gospodarstva. Samo u četiri od 97 LOT-ova, ugovorena cijena bila je veća od planske (za 0,05 KM/m³, 0,28 KM/m³, 0,43 KM/m³, 1,01 KM/m³), i to u slučajevima kada se je na natječaj je javio samo jedan izvođač, a uprava društva je prihvatila ponude zbog izvršenja planova gospodarenja.

Tablica 1. Rezultati deskriptivne statistike pokazatelja LOT-ova

Table 1 Results of descriptive statistics of LOTs indicators

Pokazatelji – Indicators	N	Arit. Sredina Mean	Stand. devijac. Std. Dev.	Medijan Median	Minimum Minimum	Maksimum Maximum
Površina, ha Area, ha	97	99,43	45,86	89,20	33,82	218,36
Neto doznačeno drvo, m ³ Net felling volume, m ³	97	5809,97	3228,29	5170,00	1123,88	18982,00
Sječna gustoća, m ³ /ha Harvesting density, m ³ /ha	97	59,93	22,71	56,64	21,65	137,65
Broj doznačenih stabala po ha Number of marked trees per ha	97	58,71	24,61	53,93	24,01	150,00
Obujam srednjeg doznačenog stabla, m ³ Mean tree volume, m ³	97	1,37	0,59	1,25	0,34	3,08
Nagib terena, % Slope, %	97	32,09	10,30	34,50	10,00	63,00
Srednja udaljenost privlačenja drva, m Average extraction distance, m	97	421,84	245,98	383,00	146,00	2044,00
Planska cijena pridobivanja drva, KM/m ³ Planned price of harvesting, KM/m ³	97	25,44	3,74	25,07	19,45	41,01
Ugovorena cijena pridobivanja drva, KM/m ³ Contracted price of harvesting, KM/m ³	97	23,49	4,28	23,69	14,85	39,91
Razlika ugovorene i planske cijene, KM/m ³ Difference between planned and contracted price, KM/m ³	97	-1,95	2,47	-1,11	-9,51	1,01

Tablica 2. Korelacijska matrica pokazatelja LOT-ova**Table 2** Correlation matrices of LOT's indicators

	Površina, ha Area, ha	Neto doznačeno drvo, m ³ Net felling volume, m ³	Sječna gustoća, m ³ /ha Harvesting density, m ³ /ha	Broj doznačenih stabala po ha Number of marked trees per ha	Obujam srednjeg doznačenog stabla, m ³ Mean tree volume, m ³	Nagib terena, % Slope, %	Srednja udaljenost privlačenja drva, m Average timber extraction distance, m	Stjenovitost terena Terrain stoniness	Privlačenje drva uz nagib Uphill timber extraction	Planska cijena pridobivanja drva, KM/m ³ Planned price of harvesting, KM/m ³	Ugovorena cijena pridobivanja drva, KM/m ³ Contracted price of harvesting, KM/m ³	Razlika ugovorene i planske cijene, KM/m ³ Difference between contracted and planned price, KM/m ³
Površina, ha Area, ha	1,00	0,72*	-0,14	-0,05	-0,08	-0,13	0,02	0,15	-0,21*	-0,05	0,07	0,21*
Neto doznačeno drvo, m ³ Net felling volume, m ³	0,72*	1,00	0,50*	0,07	0,33*	-0,17	0,01	0,18	-0,19	-0,30*	-0,21*	0,09
Sječna gustoća, m ³ /ha Harvesting density, m ³ /ha	-0,14	0,50*	1,00	0,20*	0,62*	-0,10	-0,03	0,04	-0,05	-0,42*	-0,42*	-0,09
Broj doznačenih stabala po ha Number of marked trees per ha	-0,05	0,07	0,20*	1,00	-0,53*	0,04	-0,15	-0,09	0,08	0,03	0,14	0,19
Obujam srednjeg doznačenog stabla, m ³ Mean tree volume, m ³	-0,08	0,33*	0,62*	-0,53*	1,00	-0,13	0,16	0,08	-0,16	-0,32*	-0,41*	-0,22*
Nagib terena, % Slope, %	-0,13	-0,17	-0,10	0,04	-0,13	1,00	0,17	-0,11	0,23*	0,34	0,20	-0,17
Srednja udaljenost privlačenja drva, m Average timber extraction distance, m	0,02	0,01	-0,03	-0,15	0,16	0,17	1,00	-0,03	-0,12	0,72*	0,52*	-0,18
Stjenovitost terena Terrain stoniness	0,15	0,18	0,04	-0,09	0,08	-0,11	-0,03	1,00	0,05	0,06	-0,01	-0,10
Privlačenje drva uz nagib Uphill timber extraction	-0,21*	-0,19	-0,05	0,08	-0,16	0,23*	-0,12	0,05	1,00	0,13	0,00	-0,20*
Planska cijena pridobivanja drva, KM/m ³ Planned price of harvesting, KM/m ³	-0,05	-0,30*	-0,42*	0,03	-0,32*	0,34*	0,72*	0,06	0,13	1,00	0,82*	-0,09
Ugovorena cijena pridobivanja drva, KM/m ³ Contracted price of harvesting, KM/m ³	0,07	-0,21*	-0,42*	0,14	-0,41*	0,20	0,52*	-0,01	0,00	0,82*	1,00	0,50*
Razlika ugovorene i planske cijene, KM/m ³ Difference between contracted and planned price, KM/m ³	0,21*	0,09	-0,09	0,19	-0,22*	-0,17	-0,18	-0,10	-0,20*	-0,09	0,50*	1,00

* Korelacija je značajna za $p < 0,05$ – Correlations are significant at $p < 0.05$

U tablici 2 prikazani su rezultati dvosmjerne korelacijske analize između svih pokazatelja LOT-ova obuhvaćenih istraživanjem radi određivanja njihove međusobne povezanosti.

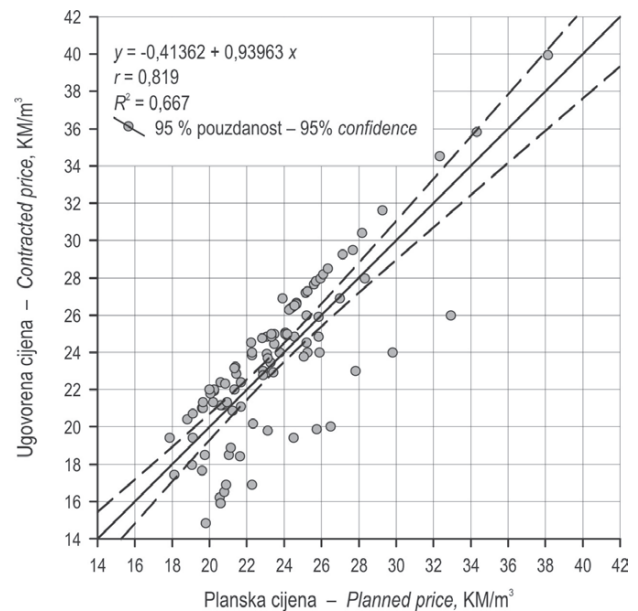
Ugovorena cijena usluge pridobivanja drva statistički je značajno ($p < 0,05$), proporcionalno i vrlo jako povezana sa planskom cijenom pridobivanja drva ($r = 0,82$). Statistički značajno, ugovorena cijena pridobivanja drva je proporcionalno i jako povezana sa srednjom udaljenošću privlačenja drva ($r = 0,52$), negativno korelirana i osrednje je povezana sa sječnom gustoćom ($r = -0,42$) te obujmom srednjeg doznačenog stabla ($r = -0,41$), dok je slabo povezana sa neto doznačenim obujmom drva ($r = -0,21$). Vrlo jako povezanost ugovorene i planske cijene usluga pridobivanja drva, valja poimati kroz spoznaju da planska cijena

pridobivanja drva predstavlja procijenjenu vrijednost javne nabave u natječajnim postupcima, ali i kroz dobrotu metode izračuna planskih cijena usluge pridobivanja drva. Povezanost ostalih statistički značajnih pokazatelja LOT-ova s ugovorenim cijenom pridobivanja drva, u skladu je s opće prihvaćenim u literaturi spoznajama da porastom srednje udaljenosti privlačenja drva dolazi do pada proizvodnosti i porasta troškova pridobivanja drva (Sabo i Poršinsky 2005, Poršinsky i dr. 2011), odnosno da porastom obujma srednjeg doznačenog stabla, sječne gustoće, kao i ukupne količine drva za sječu na šumskome radilištu dolazi do rasta proizvodnosti, odnosno pada troškova pridobivanja – što literatura prepoznaje pod terminom djelovanje zakonitosti mehaniziranja šumskih radova (Krpan i Poršinsky 1996).

Planska cijena usluge pridobivanja drva statistički je značajno ($p < 0,05$), proporcionalno i jako povezana sa srednjom udaljenošću privlačenja drva ($r = 0,82$) te proporcionalno i slabo povezana sa nagibom terena ($r = 0,34$). Statistički značajno, planska cijena pridobivanja drva je negativno korelirana i osrednje povezana sa sječnom gustoćom ($r = -0,42$), slabije povezana sa obujmom srednjeg doznačenoga stabla ($r = -0,32$) i neto doznačenim obujmom drva ($r = -0,30$). Posebno valja istaknuti da od ulaznih parametara izraza za izračun planske cijene usluge pridobivanja drva (izrazi 1 – 3) statistički su značajni samo srednja udaljenost privlačenja drva, nagib terena te obujmam srednjeg doznačenoga stabla, odnosno od ulaznih parametara nisu iskazali statističku značajnost i povezanost: broj doznačenih stabala po ha te dva »subjektivna« parametra: stjevnovitost terena i privlačenje drva uz nagib terena, koji su u korelacijskoj analizi bili uneseni kao opisne dihotomne varijable (0 – nije prisutan u LOT-u te 1 – prisutan u LOT-u). Isto tako, sječna gustoća i neto količina doznačenoga drva, iako statistički značajni pokazatelji, nisu ulazni parametri izraza za izračun planske cijene usluge pridobivanja drva, ali je sječna gustoća (m^3/ha), izvedenica broja doznačenih stabala po ha i obujma srednjega doznačenoga stabla, a u slučaju kad se LOT sastoji od više odjela/odsjeka, planska cijena usluge pridobivanja drva ponderirana je sa neto obujmom doznačenoga drva (izraz 4).

Razlika ugovorene i planske cijene usluge pridobivanja drva, statistički je značajno ($p < 0,05$) negativno korelirana i slabo povezana s obujmom srednjeg doznačenoga stabla ($r = -0,22$) te opisnim dihotomnim pokazateljem – privlačenjem drva uz nagib terena ($r = -0,20$), odnosno proporcionalno i slabo korelirana s površinom LOT-a ($r = 0,21$). Navedenim, proizlazi da su privatni izvođači spremniji ponuditi niže cijene pridobivanja drva (međusobna konkurencija) za LOT-ove sa većim srednjim obujmom stabla, odnosno LOT-ove gdje ne prevladava privlačenje drva uz nagib, što je u skladu s prethodnim spoznajama. Negativna korelacija razlike ugovorene i planske cijene usluge pridobivanja drva i površine LOT-a, odnosno veće međusobno nadmetanje među privatnim izvođačima koje dovodi do nižih ugovorenih cijena u odnosu na plansku cijenu pridobivanja drva kod površinski manjih LOT-ova teško je objašnjiva pojava te je najvjerojatnije slučajnog karaktera, odnosno međudjelovanje svih utjecajnih čimbenika pridobivanja drva.

Podatke ugovorene cijene u ovisnosti o modelom izračunate planske cijene pridobivanja drva prikazuje slika 2, sa statistički je značajnom ($p < 0,05$) i vrlo jako koreliranom ovisnošću ($r = 0,819$). Ovisnost je izjednačena linearnim regresijskom modelom uz koeficijent determinacije 0,667. Navedenim, se može zaključiti da 66,7 % varijabilnosti ugovorene cijene pridobivanja drva je objašnjivo izračunatom planskom cijenom usluge pridobivanja drva, što govori i o

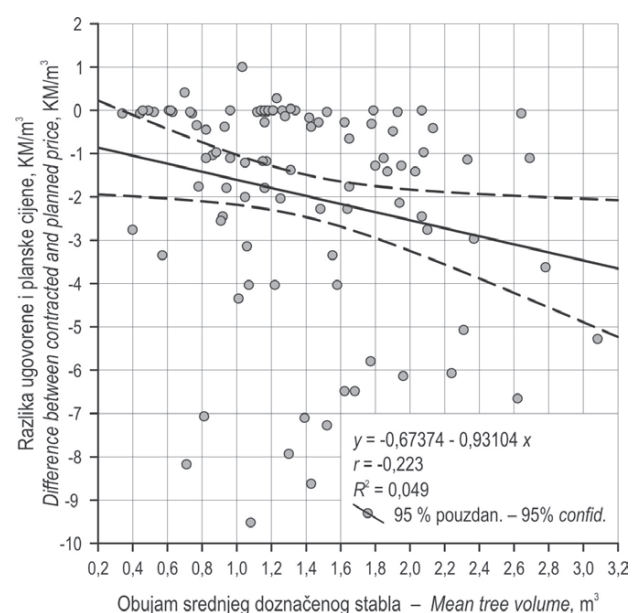


Slika 2. Ovisnost ugovorene o planskoj cijeni pridobivanja drva

Fig. 2 Contracted price vs. planned price of timber harvesting operations

samoj dobroti prikazane metode izračuna planske cijene pridobivanja drva.

U cilju traženja mogućnosti unapređenja metode izračuna planske cijene pridobivanja drva, regresijskom analizom istražena je ovisnost razlike ugovorene i planske cijene usluge pridobivanja drva o obujmu srednjeg doznačenoga stabla (slika 3). Iako, statistički značajna ($p < 0,05$) povezanost navedenih varijabli, uslijed velikog rasipanja podataka te slabu negativnu korelaciju ($r = -0,22$), doveli su do niskog koeficijenta determinacije ($R^2 = 0,049$) utvrđenoga regresijskom analizom. Međutim, značenje prikazane ovisnosti



Slika 3. Ovisnost razlike ugovorene i planske cijene pridobivanja drva o obujmu sred. doznačenog stabla

Fig. 3 Difference between contracted and planned price vs. mean tree volume

valjalo bi u budućnosti pratiti s ciljem utvrđivanja uzroka, koji mogu biti međusobna konkurencija između izvoditelja usluga pridobivanja drva za LOT-ove s većim srednjim obujmom doznačenoga stabla ili precjenjivanje obujma srednjeg doznačenog stabla u prikazanome modelu izračuna planske cijene pridobivanja drva.

4. DISKUSIJA DISCUSSION

Prednost predstavljenog modela izračuna planskih cijena usluga pridobivanja drva, svakako je racionalizacija troškova Šumsko gospodarskog društva »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres, ali i što veća nepristranost te izbjegavanje mogućih subjektivnosti pri operativnome planiranju vezanom za izračun planskih cijena usluga pridobivanja drva na razini šumskog radilišta (odjela/odsjeka), a koja se temelji na pokazateljima terena i otvorenosti šuma, kao i pokazateljima doznačenoga drva.

Unapređenjem načina određivanja, a samim time i točnosti ulaznih parametara na kojima se zasniva model izračuna planskih cijena usluga pridobivanja drva, svakako bi unaprijedio i sam model. Nevedeno se odnosi ponajprije na snažnije korištenja GIS-a pri operativnome planiranju pridobivanja drva, i to na način izračuna srednje udaljenosti privlačenja drva i nagiba terena te kvantifikaciju u modelu dva procjenjena utjecajna čimbenika djelotvornosti pridobivanja drva (stjenovitost terena i privlačenje drva uz nagib terena), čime bi se izbjegla subjektivnost, odnosno ovi pokazatelji više ne bi bili opisne, već numeričke varijable.

Srednja udaljenost privlačenja drva odjela/odsjeka u prikazanome modelu izračuna planske cijene pridobivanja drva, predstavlja srednju geometrijsku (euklidsku) udaljenost, koja je korigirana faktorom privlačenja drva određenoga reljefnoga područja šuma. Za ovakav način utvrđivanja srednje udaljenosti privlačenja drva, Đuka i dr. (2017A) kritički se osvrću da je pregrub za planiranje pridobivanja drva pri operativnoj razini planiranja, pogotovo u krškim uvjetima gdje se drvo privlači po građenoj mreži traktorskih putova skiderom s vitlom. Stoga, na primjeru GJ Kupjački vrh kojim gospodari Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, razvijaju i testiraju GIS – model (*model builder*) za izračun srednje udaljenosti privlačenja drva na osnovi: 1) unutarnje gospodarske podjele šuma, 2) digitalnoga registra šumskih cesta, 3) digitalnoga registra sekundarnih šumskih prometnica te 4) digitalnog modela reljefa (DMR). Korištenjem DMR-a, zadovoljavajuće rezolucije (npr. EU-DEM ima slobodan pristup podacima bez naknade), nagib terena pojedinih odjela/odsjeka bilo bi lakše i točnije utvrditi kroz analizu u GIS aplikacijama (Đuka i dr. 2015A), u odnosu na trenutno očitavanje u GIS-u.

Privlačenje drva uz nagib terena, isto je tako moguće kvantificirati analizom prostornih podataka. Đuka i dr. (2015A)

prikazuju GIS – model (*model bilder*) smjera privlačenja drva odjela/odsjeka na osnovi: 1) unutarnje gospodarske podjele šuma, 2) digitalnoga registra šumskih cesta te 3) DMR-a, s ciljem iskazivanja te vizualizacije smjera privlačenja drva (privlačenje drva niz i uz nagib te po ravnome terenu).

U pedološkim kartama, stjenovitost terena prikazana je kao poseban sloj. Vektoriziranjem stjenovitosti terena ili snimanjem na terenu GPS prijamnikom tijekom doznake stabala, uz naknadnu analizu u GIS aplikacijama vrlo je lako izračunati površinu i/ili udjel stjenovitosti terena odjela/odsjeka (Đuka i dr. 2015B, Đuka i dr. 2017B), čime ovaj utjecajni čimbenik pridobivanja drva prestaje biti subjektivno određen ulazni parametar modela izračuna planske cijene pridobivanja drva.

U suradnji sa stručnjacima za modeliranje, prikazani model izračuna planske cijene pridobivanja drva, moguće je dodatno usavršiti na što ukazuje jaka koreliranost sječne gustoće (koja nije ulazni parametar u model) sa planskom, ali i ugovorenom cijenom pridobivanja drva. Svakako trebalo bi i ispitati trošak privlačenja drva od 1 KM / 100 m, koji je u model izračuna planske cijene uključen na osnovi iskustvenih vrijednosti, kao i redefiniranje utjecaja obujma srednjeg doznačenoga stabla na što ukazuje razlika ugovorene i planske cijene pridobivanja drva.

Posebno treba istaknuti, da vrijednost boda planske cijene pridobivanja drva uprava šumskog gospodarstva treba odrediti prije usvajanja Plana poslovanja za iduću fiskalnu godinu, odnosno donijeti srednju plansku cijenu pridobivanja drva šumskog gospodarstva, kako bi se tijekom operativnoga planiranja prikazanom metodom mogla izračunati planska cijena usluge pridobivanja drva pojedinog ili grupe odjela/odsjeka (LOT-a) te na vrijeme provesti postupak javnog nadmetanja.

5. UMJESTO ZAKLJUČKA INSTEAD OF CONCLUSION

S obzirom da se Šumsko gospodarsko društvo »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres u potpunosti oslanja na privatne poduzetnike, uočila se je potreba za razvojem nepristranoga modela izračuna planske cijene usluge pridobivanja drva odjela/odsjeka, koja u postupcima javnih nadmetanja predstavlja procijenjenu vrijednost javne nabave.

Model izračuna planske cijene usluge pridobivanja drva odjela/odsjeka, zasnovan je na srednjoj planskoj cijeni pridobivanja drva na razini šumskog gospodarstva te parametrima šumskog radilišta (odjela/odsjeka) koji obuhvaćaju: pokazatelje strukture doznačenoga drva (broj stabala po ha, srednji obujam stabla) i otvorenosti šuma (srednja udaljenost privlačenja drva) te prisutne terenske čimbenike (nagib i stjenovitost terena, privlačenje drva uz nagib terena).

Rezultati provedenih statističkih analiza ukazali su da je prikazana metoda izračuna planske cijene usluge pridobivanja drva dobar prediktor ostvarenih cijena pridobivanja drva na javnim natječajima.

Predložene su i smjernice povećanja točnosti određivanja ulaznih parametara (srednja udaljenost privlačenja drva, nagib i stjenovitost terena te privlačenje drva uz nagib terena) prikazane metode izračuna planskih cijena pridobivanja drva u cilju njenog usavršavanja.

S obzirom da je metoda izračuna vezana za srednju plansku cijenu na razini šumskog gospodarstva, a koju utvrđuje uprava trgovačkog društva, neophodno je stalno praćenje tržišta kako bi se na vrijeme moglo reagirati ukoliko bi došlo do većih oscilacija.

6. LITERATURA REFERENCES

- Abbas, D., D., Hodges, J., Heard, 2019: Costing the Forest Operations and the Supply of Hardwood in Tennessee. *Croat. j. for. eng.* 40(1): 49–54.
- Abbas, D., F., Di Fulvio, E., Marchi, R., Spinelli, M., Schmidt, T., Bilek, H.S., Han, 2021: A Proposal for an Integrated Methodological and Scientific Approach to Cost Used Forestry Machines. *Croat. j. for. eng.* 42(1): 63–75. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.849>
- Delić, S., Dž., Bećirović, 2017: Ekonomika poslovnih sistema u šumarstvu. Udžbenik, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, 1–256.
- Drolet, S., L., Lebel, 2010: Forest harvesting entrepreneurs, perception of their business status and its influence on performance evaluation. *Forest Policy and Economics* 12(4): 287–298. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.11.004>
- Đuka, A., T., Poršinsky, D., Vusić, 2015A: DTM Models to Enhance Planning of Timber Harvesting. *Bulletin of The Faculty of Forestry Beograd, Special Issue*, 35–44. <https://doi.org/10.2298/GSF15S1035D>
- Đuka, A., T., Poršinsky, 2015B: Analiza kamenitosti i stjenovitosti terena za potrebe privlačenja drva. *Nova meh. šumar.* 36: 43–52.
- Đuka, A., S., Grigolato, I., Papa, T., Pentek, T., Poršinsky, 2017A: Assessment of timber extraction distance and skid road network in steep karst terrain. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 10: 886–894. <https://doi.org/10.3832/for2471-010>
- Đuka, A., D., Vusić, T., Poršinsky, 2017B: Terrain Roughness Evaluation for Timber Extraction by Cable Skidder. *Gozdarski vestnik* 75(1): 21–35.
- Đuka, A., T., Poršinsky, T., Pentek, Z., Pandur, D., Vusić, I., Papa, 2018: Mobility Range of a Cable Skidder for Timber Extraction on Sloped Terrain. *Forests* 9(9): 526. <https://doi.org/10.3390/f9090526>
- FAO, 2015: Analiza sektora šumarstva u Bosni i Hercegovini – Priprema analiza sektora šumarstva i ribarstva u Bosni i Hercegovini u svrhu IPARD-a. Regional Office for Europe and Central Asia, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1–145.
- Häggström, C., A., Kawasaki, G., Lidestav, 2013: Profiles of forestry contractors and development of the forestry-contracting sector in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28(4): 395–404. <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.738826>
- Krpan, A.P.B., T., Poršinsky, 1996: Poredbena analiza rada traktora u proredama. Savjetovanje »Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996.«, Znanstvena knjiga 2 »Zaštita šuma i pridobivanje drva«, 227–242.
- Lemm, R., C., S., Blattert, S., Holm, L., Bont, O., Thees, 2020: Improving Economic Management Decisions in Forestry with the SorSim Assortment Model. *Croat. j. for. eng.* 41(1): 71–83. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.586>
- Marčeta, D., V., Petković, D., Ljubojević, I., Potočnik, 2020: Harvesting System Suitability as Decision Support in Selection Cutting Forest Management in Northwest Bosnia and Herzegovina. *Croat. j. for. eng.* 41(2): 251–265. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.744>
- Naderializadeh, N., K.A., Crowe, R., Pulkki, 2020: On the Importance of Integrating Transportation Costs into the Tactical Forest Harvest Scheduling Model. *Croat. j. for. eng.* 41(2): 267–276. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.624>
- Pentek, T., A., Đuka, I., Papa, D., Damić, T., Poršinsky, 2016: Elaborat učinkovitosti primarne šumske prometne infrastrukture – alternativa studiji primarnog otvaranja šuma ili samo prijelazno rješenje? *Šum. list* 140(9–10): 435–453.
- Petković, V., D., Marčeta, D., Ljubojević, I., Potočnik, I., 2017: Optimizacija izračunavanja faktora privlačenja drveta na području Š.G. »Prijeđor«, Prijeđor. Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci 27: 41–50. <https://doi.org/10.7251/GSF1727041P>
- Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forwardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–170.
- Poršinsky, T., I., Stankić, A., Bosner, 2011: Ecoefficient Timber Forwarding Based on Nominal Ground Pressure Analysis. *Croat. j. for. eng.* 31(1): 345–356.
- Poršinsky, T., V., Kajgana, Ž., Tomašić, A., Đuka, 2021: Granični nagib kretnosti skidera s vitlom temeljem vučne značajke vozila. *Šum. list* 145 (5–6): 211–224. <https://dx.doi.org/10.31298/sl.145.5-6.1>
- Posavec, S., 2006: Analiza upravljanja troškovima u šumarstvu. Glasnik za šumske pokuse, pos. izd. 5: 715–725.
- Sabo, A., T., Poršinsky, 2005: Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. *Croat. j. for. eng.* 26(1): 13–27.
- Sessions, J., M., Berry, H.S., Han, 2021: Machine Rate Estimates and Equipment Utilization – A Modified Approach. *Croat. j. for. eng.* 42(3): 437–443. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.1026>
- Šporčić, M., M., Bakarić, I., Crnić, M., Landekić, 2018: Pregled dobre prakse u šumarskom poduzetništvu. *Nova meh. šumar.* 39: 67–82.
- Triplat, M., N., Krajnc, 2020: Assessment of Costs in Harvesting Systems Using WoodChainManager Web-based Tool. *Croat. j. for. eng.* 41(1): 49–57. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.58>
- Triplat, M., N., Krajnc, 2021: A System for Quality Assessment of Forestry Contractors. *Croat. j. for. eng.* 42(1): 77–90. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.834>

- *Master Plan šumarske infrastrukture u Federaciji BiH 2017: <https://fmpvs.gov.ba/wp-content/uploads/2017/Sumarstvo-lovstvo/Sumarski-program/Master-Plan-nacrt-sumarstvo.pdf>
- *Plan poslovanja ŠGD »Hercegbosanske šume« d.o.o. Kupres za 2021. godinu. https://www.hbsume.ba/public/files/hercegbosanske_sume_plan_poslovanja_2021.pdf

SUMMARY

The paper presents the method of calculating planned prices of timber harvesting operations, which are the subject of public tenders in the forest management company Hercegbosanske šume Ltd. Kupres and the analysis of deviations of the planned from the contracted (realised) prices for timber harvesting operations in 97 groups of compartments, which were the subject of public tenders in 2019 and 2020. Descriptive and correlation statistical analysis also included stand and terrain indicators in groups of compartments in public tenders: area, net volume of marked trees, harvesting density, number of marked trees per hectare, volume of medium marked tree, slope, average timber extraction distance, terrain stoniness and parameter of uphill timber extraction. The test of dependent data pairs indicated that there is a statistically significant difference between planned and contracted prices of timber harvesting operations ($t = 7,78$, $p < 0.001$), and the results of correlation analysis confirmed the connection of influential factors of forest operations with the contracted and planned timber harvesting prices. Due to the statistically significant ($p < 0.05$) and very strong correlation with the contracted and the planned price of the timber harvesting operations calculated by the presented method, the dependence was equalized by a linear regression model with a coefficient of determination of 0.667. In conclusion, the method of calculating the planned price of timber harvesting operations is a good predictor of what can be contracted prices in public tenders thus showing its suitability in future calculations. Weak and negative correlation ($p < 0.05$, $r = -0.22$) of the difference between the contracted and planned price of the timber harvesting operations on the volume of the medium marked tree, indicated future monitoring to determine its causes, which could be: 1) mutual competition between timber harvesting operations providers with a larger volume of medium marked tree or 2) overestimation of the volume of medium marked tree in the presented model. Guidelines for increasing the accuracy of determining input parameters (average timber extraction distance, slope, terrain stoniness, and parameter of uphill timber extraction) are also presented. Given that the calculation is related to the average planned price at the level of forest management, which is determined by the management of the company, it is necessary to constantly monitor the market in order to react in time if major oscillations occur.

KEY WORDS: timber harvesting, planned price, contracted price, market

DISTRIBUTION AND MINIMUM POPULATION SIZE OF EURASIAN LYNX (*Lynx lynx*) IN CROATIA IN THE PERIOD 2018–2020

RASPROSTRANJENOST I NAJMANJA VELIČINA POPULACIJE EUROAZIJSKOG RISA (*Lynx lynx*) U HRVATSKOJ U RAZDOBLJU 2018.–2020.

Tomislav GOMERČIĆ¹, Ira TOPLIČANEC¹, Vedran SLIJEPCJEVIĆ², Silvia BLAŠKOVIĆ¹, Ivana SELANEC³, Ivan BUDINSKI³, Josip TOMAIĆ⁴, Josip KUSAK¹, Gjorge IVANOV⁵, Magda SINDIČIĆ¹

SUMMARY

Scientific data on distribution and abundance of endangered species are the foundation for their effective conservation and management. In this paper, we present results of the first scientifically – based estimation of lynx population size in Croatia. The goal of the study was to determine the area of lynx distribution and to estimate the minimum size of lynx population in Croatia in the period 2018 - 2020. To determine lynx distribution, 902 signs of lynx presence were collected in the period from the beginning of May 2018 until the end of April 2020. Out of those, 92.8% of lynx observations were categorized as C1, 2.8% as C2 and 4.4% as C3. Permanent lynx presence was confirmed in Primorsko – Goranska and Ličko – Senjska county, in southern part of Karlovac county and north-eastern part of Zadar county on the total surface of 7200 km². For the minimum population size estimation, 804 camera trap photographs led to identification of 89 – 108 adult lynxes. Among 108 identified individuals there were 29 females, 22 males, while for 7 animals the sex was not determined. During the two reproductive seasons, we photographed 44 cubs in 25 litters. Future important steps in lynx population monitoring are correcting the deficiencies identified in this study and implementation of methodology that will allow us to use spatial capture recapture models for estimation of lynx abundance in Croatia.

KEY WORDS: distribution, abundance, *Lynx lynx*, minimum population size, Croatia

INTRODUCTION

UVOD

Population monitoring implies repeated, standardized assessment of indicators that reveal ecologic processes, and is carried out within a defined area over a specified period

of time (Thompson et al. 1998). The term itself is used in very different contexts - from collecting data for assessing population status to planning of interventions (e.g. highway construction or species reintroduction, hunting quotas). Population monitoring is an indispensable activity in the management of a certain population and has a key role in

¹ Tomislav Gomerčić Assoc. Prof. PhD DVM, Ira Topličanec DVM, Silvia Blašković DVM, Josip Kusak Prof. PhD DVM, Magda Sindičić Asst. Prof. PhD DVM, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Heinzelova 55, 10000 Zagreb, tomlislav.gomercic@vef.hr, ira.toplicanec@gmail.com, sblaskovic9@gmail.com, kusak@vef.hr, magda.sindicic@vef.hr

² Vedran Slijepčević DVM, Department of Wildlife Management and Nature Protection Karlovac University of Applied Sciences, Trg Josipa J. Strossmayera 9, 47000 Karlovac, vedran.slijepcevic@gmail.com

³ Ivana Selanec MSc, Ivan Budinski MSc, Association Biom, Regional Office Sinj, Matića ulica 12, 21230 Sinj, ivana.selanec@biom.hr, ivan.budinski@biom.hr

⁴ Josip Tomaić bacc. ing. agr. Nature park Velebit, Kaniža Gospićka 4b, 53000 Gospić, josip.tomaic@pp-velebit.hr

⁵ Gjorge Ivanov MSc, Geonatura d.o.o., Fallerovo šetalište 22, 10000 Zagreb, givanov@geonatura.hr

the management of protected wild species, where the goal of monitoring is to determine the efficacy of conservation actions (Breitenmoser et al. 2006). Monitoring objectives must be clearly defined to decide which indicators should be monitored and which methods should be used. Basic monitoring involves collecting data on the distribution, abundance and density of the population and their changes over time. This serves as a foundation for efficient population management (Thompson et al. 1998).

The Eurasian lynx (*Lynx lynx*) is protected in Croatia by the Ordinance on declaring protected and strictly protected wildlife species (Official Gazette No 144/13, 73/16) and it is listed as critically endangered (CR) on the IUCN Red List of Threatened Species. Habitats Directive (92/43/EEC) lists Eurasian lynx on Annexes II and IV, requiring strict protection and population monitoring. For the Habitat Directive reporting period 2013–2017, the conservation status of the lynx population in the Alpine region in Croatia was evaluated as unfavorable - bad (U2), while the situation in the Continental and Mediterranean region was assessed as unfavorable - inadequate (U1) (Anonymous 2019). The loss of genetic diversity is considered as the most important threat to lynx in Croatia, as the entire Dinaric population originated from six reintroduced animals (Sindičić et al. 2013). Decrease in population size was also invigorated by high human – induced mortality (Sindičić et al. 2016), while lack of appropriate management indirectly influenced the unfavorable status of lynx population in Croatia (Sindičić et al. 2019).

With the development of technology, photo traps became the most effective and cost-efficient methodology for monitoring lynx population (Rovero and Zimmerman 2016). In Croatia first lynx monitoring activities using automatic cameras (camera traps) were conducted in Gorski Kotar in the 2011 – 2014 period (Kusak 2012; Kusak and Modrić 2012; Kusak et al. 2013, Kusak et al. 2014), while wide – scale population monitoring with camera traps is in place since 2018 within the project LIFE16 NAT/SI/000634 “Preventing the Extinction of the Dinaric-SE Alpine Lynx Population through Reinforcement and Long-term Conservation” (acronym LIFE Lynx) (Sindičić et al. 2018).

In this paper, we present results of the lynx population monitoring in Croatia for the period 2018 - 2020. The goal of the monitoring was to determine the lynx distribution area and to estimate the minimum size of the lynx population in Croatia.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Signs of lynx presence were collected for two years, from 1st of May 2018 until 30th of April 2020. This period over-

laps with two “lynx years” defined as period from the beginning of May to end of April, since kittens are mostly born in May and leave the mother in April of the following year (Zimmerman et al. 2005). All available observations from all possible sources, including photos, mortality, sightings, lynx prey, footprints and samples collected for DNA analysis (feces, urine, hair) were archived in Faculty of Veterinary Medicine University of Zagreb database (Gomerčić 2017), which is publicly available on the internet address <http://lynx.vet.hr>. Each sign of lynx presence was registered with information about location and time, provider of the information and was categorized according to SCALP criteria (Breitenmoser et al. 2006):

Collected data was mapped using program QGIS (QGIS.org 2020). Lynx distribution was determined on a 10 x 10 km Pan-European grid (European Environmental Agency 2017), with permanent presence confirmed for quadrants in which lynx was recorded based on at least one C1 observation or two C2 observations. Quadrants with only one C2 observation were defined as areas of sporadic presence, while quadrants with only C3 observations were defined as areas of possible presence but without solid evidence (Kusak et al. 2016). Total surface of permanent, occasional and areas of possible lynx presence in Croatia were calculated by summing the surface of quadrants with predefined observations.

For the estimation of minimum population size a network of camera traps was set in Gorski kotar, Lika and northern Dalmatia - areas previously defined as lynx distribution area in Croatia (Sindičić et al. 2010). Three additional camera traps were placed on Pelješac, as we wanted to check several undocumented reports of lynx sightings on the peninsula. For optimal camera trap placement, we used 10 x 10 km grid cells and a lynx sensitivity (presence probability) map produced by Kusak et al. (2016). At least one non-baited camera trap was placed within each 10 x 10 km grid cell, while cells that were categorized by Kusak et al. (2016) as unsuitable or low suitable for lynx were excluded from the research. To maximize lynx detectability camera traps were set at optimal locations within cells, where landscape and terrain features were likely to channel lynx movements, like lynx marking sites, forest roads and game paths. Those locations were identified based on previously archived observations of lynx presence and with the help of local hunters and rangers. Different brands and models of camera traps with active infrared sensor and infrared flash were used, set to capture one photo and 30 seconds of video or three photos without the video. During the period May 2018 - April 2020, camera traps were set at 182 locations. Although camera traps were intended to stay at each location all year round, due to malfunctions, theft and snow coverage some of them were not active during the entire research period on the selected location. We checked camera traps at least

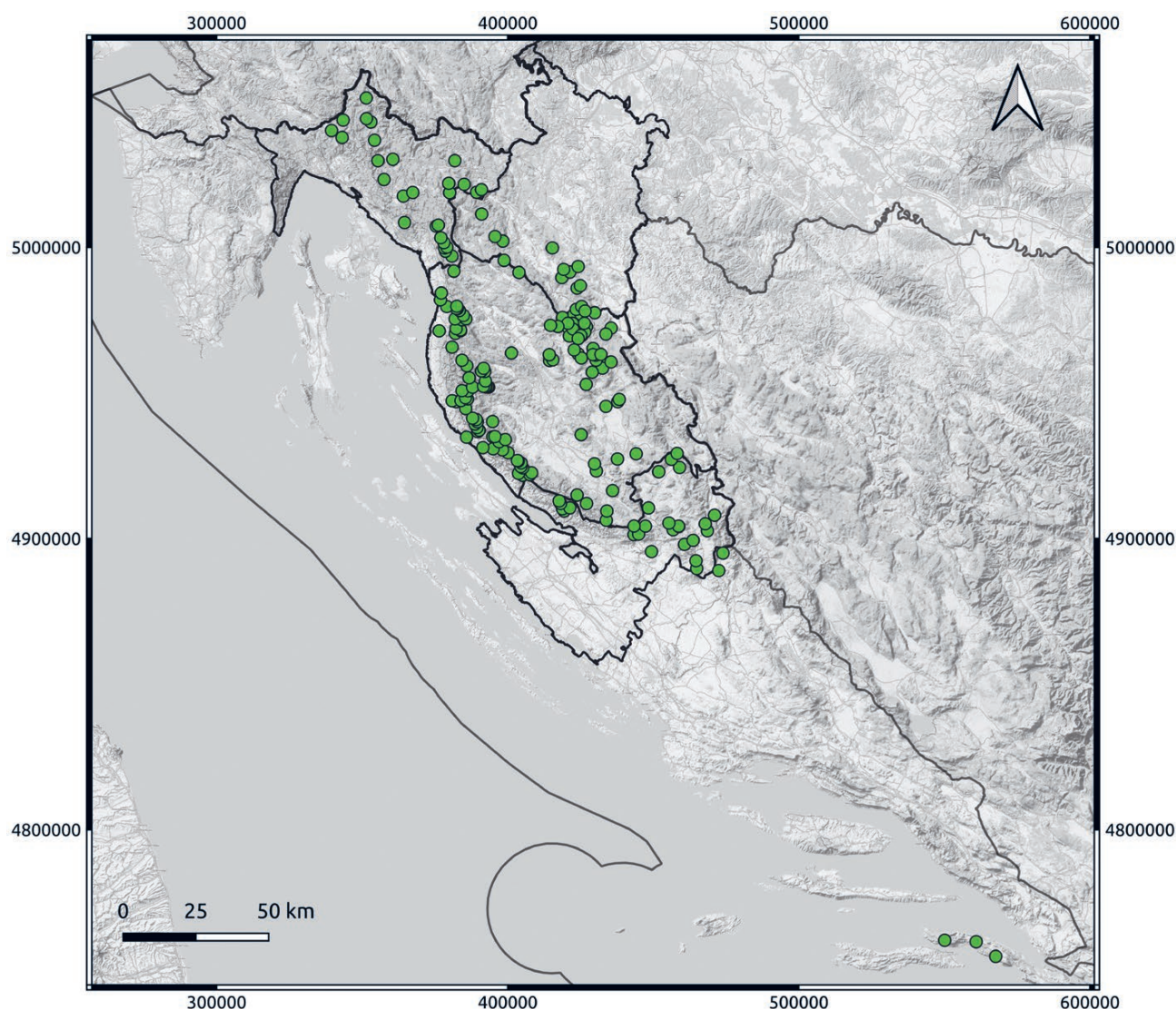


Figure 1. Locations of camera traps used for lynx monitoring in Croatia in the period 1st of May – 30th of April.

Slika 1. Lokacije fotozamki korištene za monitoring risa u Hrvatskoj u razdoblju 01. svibnja 2018. – 30. travnja 2020.

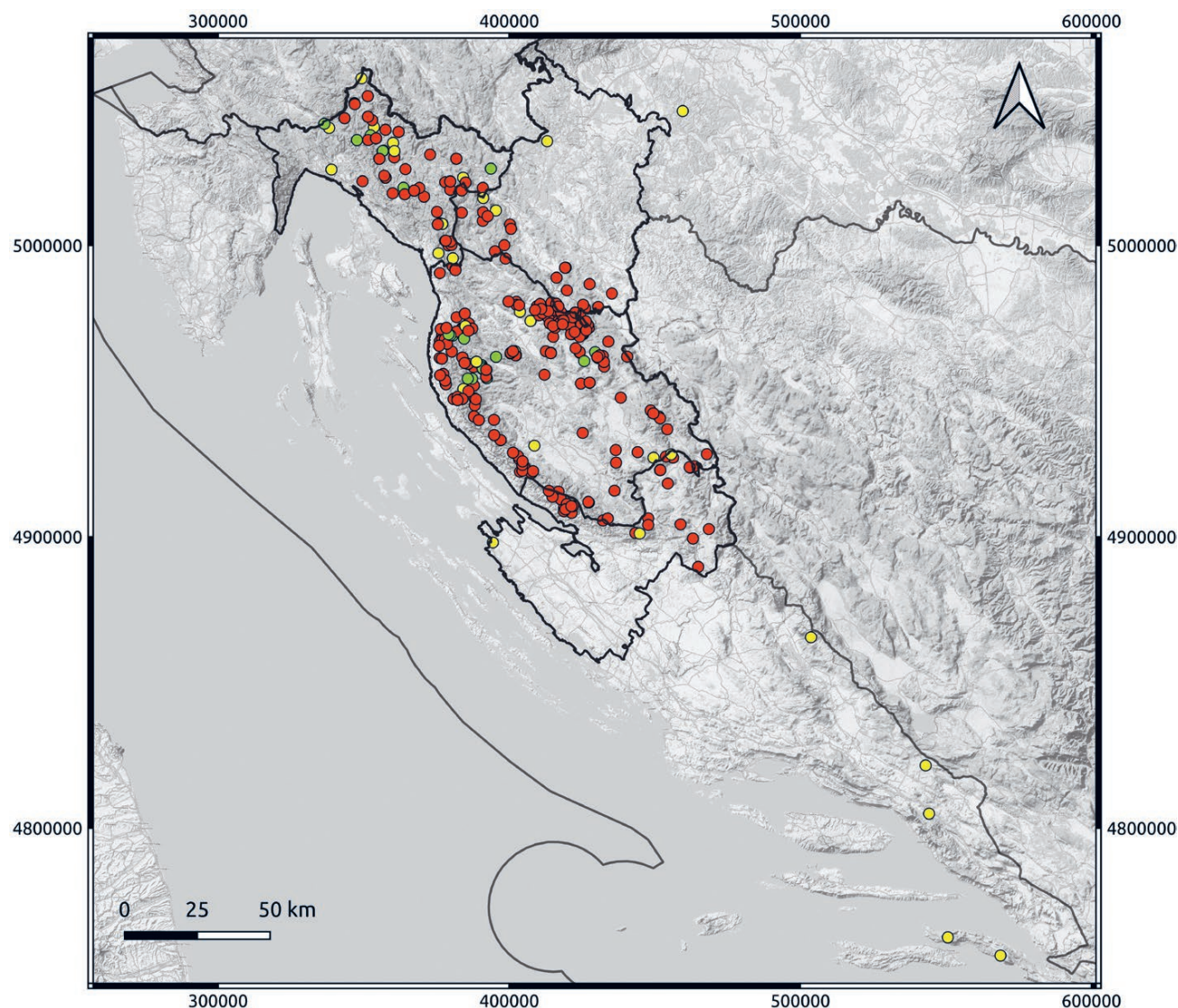
every two months to change memory cards and batteries. Images were processed in program Camelot (Hendry and Mann 2017) and for each event, the species, number of animals, age category (juvenile or adult) and sex was defined, while empty photos were erased. An event is defined as one visit of animals lasting 10 minutes during which several photos and videos could be taken. Lynx photos were additionally archived in <http://lynx.vef.hr> database.

Opportunistically collected photos of lynx from other sources (i.e. from hunters, institutions for management of protected areas, private persons, as well as from company Geonatura Ltd. comprising results of preconstruction monitoring for windfarm “Lički medvjed” financed by Green Trust Energy Ltd., Split) were also included in the analysis. Lynx from the Dinaric population have coats with rosettes, large and small spots, while coats without spots are not present (Toplićanec et al. in press). Unique coat pattern of

lynx in Dinaric population enabled the identification of individuals by visual comparison. Each newly photographed individual was compared with reference photographs of individuals belonging to the same coat pattern type until all photographs of the individuals within the database have been checked. When both flanks of the same individual are known lynx gets a unique identifier (Rovero and Zimmerman 2016). If for a new animal we have photos of one flank only then we cannot connect which right and left flank belong to the same individual. For example, if we have five lynxes with left flank photos only and five lynxes with right photos only, this could be the same five animals or ten different animals. That is why our estimation of the minimum population size has a span. Animals' gender was determined from photographs in cases when the genital area was captured or female was recorded with cubs. For some animals, gender and age were determined when they were captured during the radiotelemetry re-

Table 1. Observations of Eurasian lynx presence in Croatia in the period 1st of May 2018 - 30th of April 2020.**Tablica 1.** Pregled znakova prisutnosti Euroazijskog risa u Hrvatskoj u razdoblju 1. svibnja 2018. – 30. travnja 2020.

Type of observation <i>Vrsta znaka prisutnosti</i>	Season (May 1 – April 30) <i>Sezona (01.05. – 30.04.)</i>		Total	SCALP category <i>SCALP kategorija</i>		
	2018-2019	2019-2020		1	2	3
Photography – <i>Fotografija</i>	345	459	804	802		2
Captured animal – <i>Uhvaćena životinja</i>	1	5	6	6		
Mortality – <i>Smrtnost</i>	2	2	4	4		
Footprint – <i>Otisak šape</i>	12	9	21		20	1
Hair – <i>Dlaka</i>	11	14	25	14		11
Prey – <i>Plijen</i>	1	5	6		5	1
Scat – <i>Izmet</i>	5	10	15	10		5
Urine – <i>Urin</i>	4	1	5			5
Sighting – <i>Videnje</i>	10	6	16			16
Total – <i>Ukupno</i>	391	511	902	836	25	41

**Figure 2.** Signs of lynx presence in Croatia collected in the period 1st of May – 30th of April. C1 observations are presented with red dots, C2 – green dots, C3 observations – yellow dots. Black lines define borders of Croatian counties – Primorsko - Goranska, Ličko – Senjska, Karlovačka and Zadar county.

Slika 2. Znakovi prisutnosti risa u Hrvatskoj prikupljeni u razdoblju 1. svibnja 2018. – 30. travnja 2020. C1 prisutnost je predstavljena crvenim točkama, C2 – zelene točke, C3 – žute točke. Crne linije obilježavaju granice hrvatskih županija – Primorsko-goranska, Ličko-senjska, Karlovačka i Zadarska županija

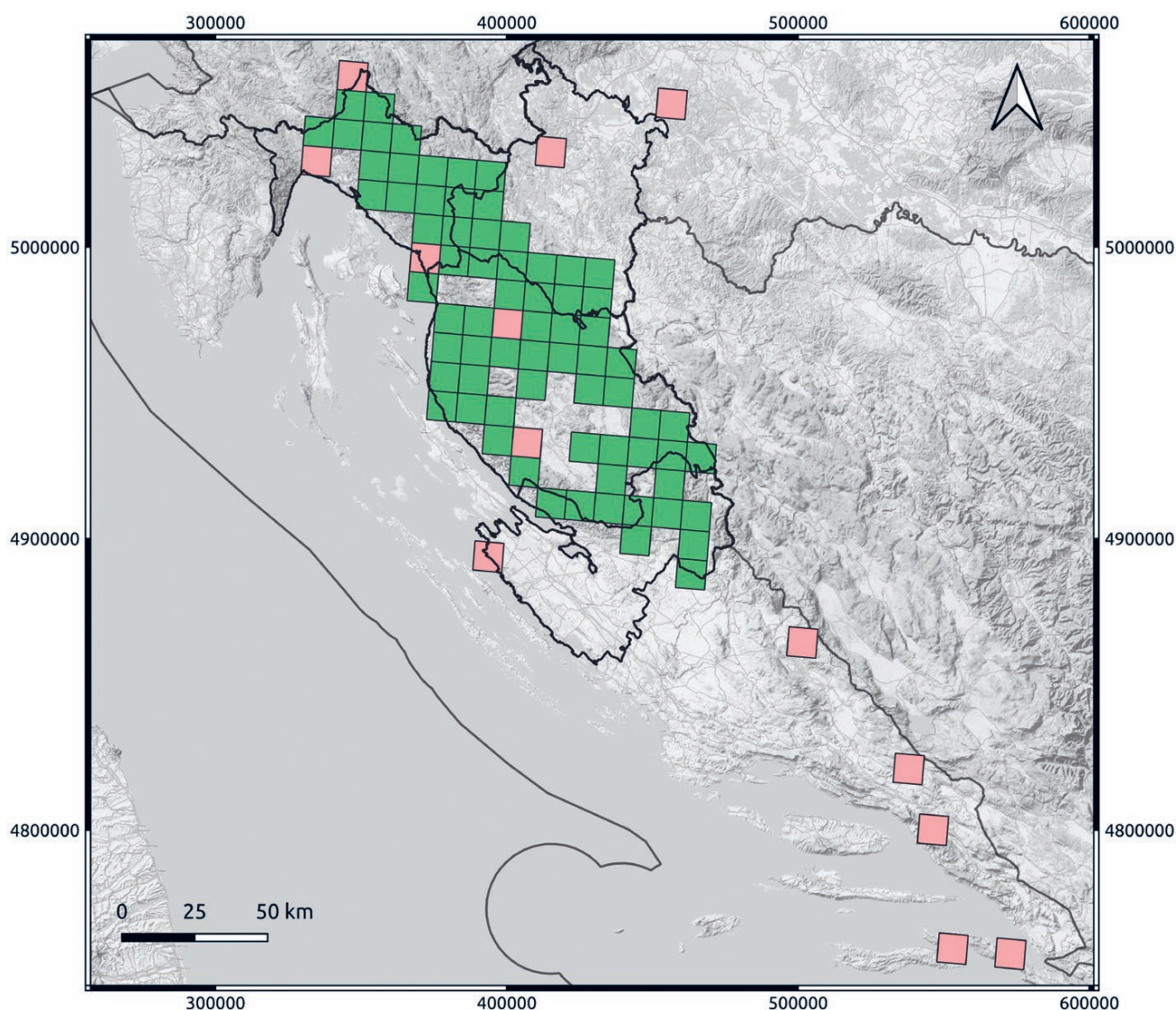


Figure 3. Lynx distribution in Croatia for the period 1st of May – 30th of April. Squares marked in green represent the area of permanent distribution, while squares colored in red represent the area of possible, unconfirmed distribution. Black lines define borders of Croatian counties – Primorsko - Goranska, Ličko – Senjska, Karlovačka and Zadar county.

Slika 3. Rasprostranjenost risa u Hrvatskoj u razdoblju 1. svibnja 2018. to 30. travnja 2020. Kvadrati označeni zeleno predstavljaju područje stalne prisutnosti, dok crveni kvadrati predstavljaju područja moguće, nepotvrđene rasprostranjenosti. Crne linije obilježavaju granice hrvatskih županija – Primorsko-goranska, Ličko-senjska, Karlovačka i Zadarska županija

search, or when found dead. Individuals were categorized as adults or kittens, when photographed with an adult (mother).

This estimation of minimum population size does not include lynxes that were released in Croatia within LIFE Lynx project. Out of seven lynxes released in Croatia and Slovenia in 2019 and 2020, two males – Alojzije and Boris, established their territories in Croatia.

RESULTS REZULTATI

A total of 902 records of lynx presence were collected in Croatia in the period from 1st of May 2018 until 30th of April

2020 (Table 1). Out of those, 92.7% of observations were categorized as C1, 2.8% as C2 and 4.5% as C3.

Permanent lynx presence was confirmed in Primorsko – Goranska and Ličko – Senjska county, in south part of Karlovac county and north-eastern part of Zadar county on the total surface of 7100 km². Areas of occasional presence were not registered according to the used methodology, while on the surface of 1300 km² lynx signs of presence were recorded as C3 observations, i.e. those which could not be verified. Those include Pelješac peninsula, then mountains Biokovo and Dinara, which are apart from the core of the permanent distribution range in Croatia but are bordering to lynx distribution area in Bosnia and Herzegovina (Anonymous 2018).

Table 2. Number, sex and age of lynxes identified in Croatia in the period 1st of May 2018 – 30th of April 2020

Tablica 2. Broj, spol i starost risova identificiranih u Hrvatskoj u razdoblju 1. svibnja 2018. – 30. travnja 2020.

Number of identified lynx Broj identificiranih risova		Season Sezona	
		2018-2019	2019-2020
Adults Odrasli		52-62	69-82
Kittens Mladunčad		21	23
Sex (adults) Spol (odrasli)	Male Mužjak	14	19
	Female Ženka	21	24
	Unknown Nepoznato	27	39
	Both Obije	39	50
Photographed body side Fotografirana strana tijela	Left Lijevo	10	13
	Right Desno	13	19

The total effort of lynx recording by camera traps at 182 locations was 31710 camera-trap days or on average, camera traps were active at each location for 163.13 days. Those camera traps recorded 687 lynx events, while 117 records were obtained from other sources.

During the 2018 - 2019 season we identified 39 adult lynxes based on both sides of the body, while additional ten individuals were identified based only on the left body side and 13 based only on the right body side. We identified 21 females and 14 males, while sex could not be identified for 27 animals. If we assume that none of the animals photographed only from the right side matches the one photographed from the left side, then the maximum number of adult animals identified in the season 2018 – 2019 was 62. However, if all 13 lynxes photographed only from the right side match the animals photographed only from the left side, then the minimal number of identified lynxes was 52.

During the 2019 – 2020 season, we identified a minimum of 69 and a maximum of 82 adult animals; 50 lynxes were identified based on both sides, while additional 19 individuals were identified based only on the right and 13 more based only on the left body size. We could identify 24 females and 19 males, while for 39 individuals sex could not be determined. Out of 82 individuals identified in 2019-2020 season, 36 (43.9%, 35 adults and one kitten) of them were already known for the season 2018-2019.

We identified a total of 89 – 108 different adult animals during both seasons. Out of those, 61 were identified from both sides, 28 from the right and 19 only from the left flank.

Among 108 adult individuals there were 29 females, 22 males and 57 animals of unknown sex. A total of 30 animals (27.8% out of 108) were observed only once, while three lynxes with the highest number of observations were observed 46, 21 and 20 times.

We compared the identified animals with data from Slovenia (Fležar et al. 2019), and found that seven animals were recorded both in Croatia and Slovenia.

During the two seasons, we photographed 44 kittens belonging to 25 different litters. There were two cases of females with three kittens, 15 cases of females with two, and we recorded a single kitten in eight cases. Seven offspring from the 2018-2019 season could be identified based on their coat pattern (five based on both sides, two by the right side only). Only one kitten from the first study season was recorded in the second season as an adult individual.

DISCUSSION RASPRAVA

Scientific data on distribution and abundance are the foundation for effective population management (Breitenmoser et al. 2006). Since the reintroduction of lynx to Slovenia in 1973 lynx monitoring in Croatia was mainly limited to the mortality records (Frković 2001). Only in the early 2000s research and monitoring of various aspects of lynx biology and ecology started (Gomerčić et al. 2009; Gomerčić et al. 2010, Kusak 2012). Even though, one of the goals of Croatian lynx management plan for the period 2010 – 2015 was to establish a national monitoring system (Sindičić et al. 2010), this was achieved only in 2018 as combined effort of LIFE Lynx project implementation (Sindičić et al. 2018), lynx monitoring in protected areas (especially National park Plitvice lakes and Nature park Velebit), cooperation with numerous hunting grounds and wildlife monitoring contracts of company Geonatura Ltd. Since at the beginning of this study almost 10,000 km² was considered as potential lynx distribution area in Croatia (Sindičić et al. 2010), the first challenge of our research was to establish monitoring of an elusive species over such a large area. Weingarth et al. (2015) advise that when establishing monitoring in a new area, a survey should be carried out for as long as possible and then optimize the methodology for future monitoring based on the collected data. Therefore, we established our monitoring system over the entire assumed area of lynx distribution in Croatia with photo traps active throughout the year, to record as many different individuals as possible and get a basic insight into the population demography. Afterwards, based on this data, we can plan the optimal methodology for future lynx monitoring and perform more accurate estimate of population size (e.g. using the spatial capture-recapture model).

To determine the number of lynxes in Central European populations, it is recommended to use a 2.7 x 2.7 km cell grid (Zimmermann et al. 2013), while in the Slovenian part of the Dinaric population, a 3 x 3 km grid was used (Fležar et al. 2019). In this study, it was not possible to cover the entire study area with recommended density of camera traps, due to the financial limitations. Moreover, areas of Kapela and Velebit mountains were partly not accessible due to the danger of mine fields. Therefore, our results present the minimum and not the actual number of lynx individuals present in Croatia in the studied period. Until now, results of population census using camera traps were published for several Eurasian lynx populations. The largest dataset comes from Switzerland, where monitoring with camera traps started already in 1999 (Pesenti and Zimmermann 2013). Weingarth et al. (2012) used camera traps for the estimation of lynx population size in German National park Bavarian forest, Blanc et al. (2013) we considered 4 scenarios comparing low versus high detection probability and small versus large populations and contrasted abundance estimates obtained from both approaches. Standard CR and SECR models both provided minimally biased abundance estimates, but precision was improved when using SECR models. The associated confidence intervals also provided better coverage than their non-spatial counterpart. We concluded SECR models exhibit better statistical performance than standard closed CR models and allow for sound management strategies based on density maps of activity centers. To illustrate the comparison, we considered the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) implemented their research on French Jura Mountains, while Gimenez et al. (2019) estimated lynx population size in French part of Jura and Voges in the period from 2011 until 2016. In these studies, camera traps were active between two and four months per year, mostly during the winter months (January – April), but area of survey were much smaller than the area covered in this study. One of the challenges of population monitoring on such a large area arises from the different terrain configuration and the differences in previously available data for certain areas. For instance, we noticed differences in the quality of results between the two geographical areas - Gorski kotar (i.e. Primorsko - Goranska county) and Lika (i.e. Ličko-Senjska county). In Gorski kotar, a significant number of marking sites were known from previous research period (Kusak 2012; Kusak and Modrić 2012; Kusak et al. 2013; Kusak et al. 2014), while in Lika (except northern Velebit and Plitvice Lakes National Park) photo-traps have never been used before to monitor lynx. As a result, in Gorski kotar (where most of camera traps are placed on marking sites) we have a higher percentage of animals identified based on both flanks, and a lower proportion of animals of unknown sex and those recorded only once. To reach this level of data reliability in Lika, it is necessary to enhance

our camera trap network, what was not been possible in all locations within this study.

During the two seasons, we identified a total of 89 - 108 adult lynxes. During the second season (2019-2020) we determined that a minimum of 69 - 82 adult lynxes were present in Croatia. The fact that we conducted monitoring throughout the year and had a high percentage of animals recorded only once (27.8%), indicate that we recorded a certain number of individuals in dispersion. Probably those individuals did not establish a territory in Croatia but were recorded in their search for territory or during the mating season. Another explanation for the low rate of repeated records could be insufficient detectability of lynxes caused by low density of camera traps in some areas, then also partly by eventually high turnover of lynx individuals in Dinaric population. Although 43.5% of individuals identified in 2018 - 2019 were not photographed during the 2019 - 2020 season, we cannot claim that all of those individuals perished from the population but probably some of them were not captured due to the low density of camera traps. Also, results of long-term monitoring in certain areas (Gorski kotar, northern Velebit) suggest that some animals are re-recorded (recaptured) after more than a year of absence from photo-traps (unpublished data).

The actual lynx number is more likely to be closer to older estimation of 130 lynxes (Firšt et al. 2005), then to later estimation of 40 – 60 individuals (Sindičić et al. 2010). This wide variation in estimates illustrates the importance of properly designed and performed monitoring system. This research presents the first published scientifically – based estimation of lynx population size in Croatia. Thus, we cannot state that there was an increase in lynx population size in Croatia when we compare this study with past results. Future important steps in lynx population monitoring are correcting the deficiencies identified in this study and implementation of methodology that will allow us to use spatial capture recapture models.

ACKNOWLEDGEMENTS ZAHVALA

We would like to express our gratitude to numerous collaborators who participated in the data collection: Tomislav Rukavina and Josip Frketić Public institution “Nature Park Velebit”; Franjo Špalj and rangers of the Public Institution “National Park Paklenica”; Public Institution “National Park Northern Velebit”; Public Institution “National Park Risnjak”; Public Institution “National Park “Plitvička Jezera” with park rangers Ivica Matovina and Dalibor Vuković, Public Institution for Nature Protection of Primorsko-Goranska county “Priroda”; Ivan Grubišić and Matija Marek from Geonatura Ltd., Zvonimir Kranjčević, Ivica Medarić, Edi Cirka, Dina Botta, Paul Jedriško, Amir

Hadžibeganović, Mihajlo Kovačević, Elvis Vučić, Zoran Habrka, Bruno Brovet, Marin Štajminger, Petar Štajminger, Marijo Šlat, Mladen Švast, Ivan Orešković, Miroslav Šoštarčić, Vitomir Kršul, Romeo Mance, Ivo Bratović and Anton Lipovac. We also would like to express our gratitude to Green Trust Energy Ltd., Split, as investor in the preconstruction monitoring of large carnivores, birds and bats performed by Geonatura Ltd., Zagreb., for kindly providing the collected field data.

REFERENCES LITERATURA

- Anonymous, 2018: SCALP Monitoring report 2017. (https://www.kora.ch/fileadmin/file_sharing/4_Projekte/SCALP_Berichte/SCALP_monitoring_2017.pdf)
- Anonymous, 2019: Report on the main results of the surveillance under Article 11 for Annex II, IV and V species (Annex B). Periodical, State Institute for Nature Conservation, Zagreb
- Blanc, L., E. Marboutin, S. Gatti, O. Gimenez, 2013: Abundance of rare and elusive species: Empirical investigation of closed versus spatially explicit capture-recapture models with lynx as a case study, *J Wildl Manage* 77: 372–378.
- Breitenmoser, U., C. Breitenmoser-Würsten, M. von Arx, F. Zimmermann, A. Ryser, C. Angst, A. Molinari-Jobin, M. Paolo, J. Linnell, A. Siegenthaler, J. Weber, 2006: Guidelines for the Monitoring of Lynx, KORA Bericht 33e:31.
- DG Environment, 2017: Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory notes and guidelines for the period 2013–2018. European Environment Agency and European Topic Centre on Biological Diversity, Brussels
- European Environmental Agency, 2017: EEA reference grid (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2>)
- Firšt, B., A. Frković, T. Gomerčić, Đ. Huber, I. Kos, D. Kovačić, J. Kusak, A. Majić-Skrbinšek, D. Spudić, M. Starčević, 2005: Plan upravljanja risom u Hrvatskoj, 52 str., Zagreb
- Fležar, U., A. Pičulin, M. Bartol, R. Černe, M. Stergar, M. Krofel, H. Potočnik, F. Kljun, 2019: Eurasian lynx (*Lynx lynx*) monitoring with camera traps in Slovenia in 2018–2019, Biotechnological faculty, University of Ljubljana, Ljubljana
- Frković, A., 2001: Ris (*Lynx lynx*) u Hrvatskoj - naseljavanje, odlov i brojnost (1974–2000), *Šumarski list* 11–12: 625–634.
- Gimenez, O., S. Gatti, C. Duchamp, E. Germain, A. Laurent, F. Zimmermann, E. Marboutin, 2019: Spatial density estimates of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the French Jura and Vosges Mountains, *Ecology and Evolution* 9: 11707–11715.
- Gomerčić, T., G. Gužvica, M. D. Gomerčić, A. Frković, D. Pavlović, J. Kusak, M. Sindičić, D. Huber., 2009: Variation in teeth number, teeth and skull disorders in Eurasian lynx, *Lynx lynx* from Croatia, *Folia Zool.* 58: 57–65.
- Gomerčić, T., M. Sindičić, M. D. Gomerčić, G. Gužvica, A. Frković, D. Pavlović, J. Kusak, A. Galov, D. Huber, 2010: Cranial morphometry of the Eurasian lynx (*Lynx lynx* L.) from Croatia, *Vet Arh.* 80: 393–410.
- Gomerčić, T., 2017: On-line information system for monitoring of protected species – an example of marine mammals and Eurasian lynx, U: N. Brkljača Bottegaro, Z. Nevijo. Z. Vrbanac (UR.), 7th International congress “Veterinary science and profession”, Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, str. 71–71, Zagreb
- Hendry, H., C. Mann, 2017: Camelot – Intuitive software for camera trap data management. *bioRxiv* 1–11.
- Kusak, J., 2012: Izvješće o korištenju foto-zamki u području planine Obruč tijekom 2011: Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Zagreb
- Kusak, J., M. Modrić, 2012: Izvješće o foto prebrojavanju risova u području Platak - Gumance tijekom 2012. godine. Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Zagreb
- Kusak, J., M. Modrić, V. Slijepčević, 2013: Izvješće o foto prebrojavanju risa u Gorskom kotaru 2013. Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Zagreb
- Kusak, J., M. Modrić, V. Slijepčević, 2014: Izvješće o foto prebrojavanju risa u Gorskom kotaru 2014. Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb, Zagreb
- Kusak, J., Đ. Huber, N. Trenc, S. Desnica, J. Jeremić, 2016: Stručni priručnik za procjenu utjecaja zahvata na velike zvjери pojedinačno te u sklopu planskih dokumenata Verzija 1.0 - primjer vjetroelektrane, Croatian Agency for Environment and Nature, Zagreb
- Pesenti, E., F. Zimmermann, 2013: Density estimations of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in the Swiss Alps, *J Mammal.* 94: 73–81.
- QGIS.org, 2020: QGIS Geographic Information System, QGIS Association (<http://www.qgis.org>)
- Rovero, F., F. Zimmermann, 2016: Camera trapping for Wildlife Research, Pelagic Publishing, 320 str., Exeter
- Sindičić, M., A. Štrbenac, P. Oković, Đ. Huber, J. Kusak, T. Gomerčić, V. Slijepčević, I. Vukšić, A. M.-Skrbinšek, Ž. Štahan, 2010: Plan upravljanja risom u Republici Hrvatskoj, Ministarstvo kulture, 80 str., Zagreb
- Sindičić, M., P. Polanc, T. Gomerčić, M. Jelenčić, D. Huber, P. Trontelj, T. Skrbinšek, 2013: Genetic data confirm critical status of the reintroduced Dinaric population of Eurasian lynx, *Conserv Genet.* 14: 1009–1018.
- Sindičić, M., T. Gomerčić, J. Kusak, V. Slijepčević, D. Huber, A. Frković, 2016: Mortality in the Eurasian lynx population in Croatia during the 40 years, *Mamm Biol.* 81: 290–294.
- Sindičić, M., J. Tomaić, J. Kusak, V. Slijepčević, I. Selanec, M. Modrić, I. Topličanec, T. Gomerčić, 2018: Uspostava nacionalnog sustava praćenja populacije risa na temelju fotozamki, U: P. Kružić, K. Caput Mihalić, S. Gottstein, D. Pavoković, M. Kučinić (UR.), 13. Hrvatski Biološki Kongres s Međunarodnim Sudjelovanjem, Veterinarski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 140 str., Zagreb
- Sindičić, M., I. Selanec, Ž. Rajković, T. Gomerčić, V. Slijepčević, I. Topličanec, Z. Budimir, I. Budinski, D. Delić, J. Kusak, 2019: Stručna podloga za prijedlog Plana upravljanja risom s akcijskim planom, Association BIOM
- Topličanec, I., T. Gomerčić, T. Spajić, M. Sindičić, unpublished: Big spots in a small population: analyzing characteristics and temporality of coat patterns in Croatian lynx population
- Thompson, W. L., G. C. White, C. Gowan, 1998: Monitoring Vertebrate Populations, Academic Press, 365. str., San Diego
- Weingarth, K., C. Heibl, F. Knauer, F. Zimmermann, L. Bufka, M. Heurich, 2012: First estimation of Eurasian lynx (*Lynx lynx*)

abundance and density using digital cameras and capture-recapture techniques in a German national park, *Anim Biodivers Conserv.* 35: 197–207.

- Weingarth, K., T. Zeppenfeld, C. Heibl, M. Heurich, L. Bufka, K. Daniszová, J. Müller, 2015: Hide and seek: extended camera-trap session lengths and autumn provide best parameters for estimating lynx densities in mountainous areas, *Biodivers Conserv.* 24: 2935–2952.
- Zimmermann, F., C. Breitenmoser-Würsten, U. Breitenmoser, 2005: Natal dispersal of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Switzerland, *J Zool.* 267, 381–395.
- Zimmermann, F., C. Breitenmoser-Würsten, A. Molinari-Jobin, U. Breitenmoser, 2013: Optimizing the size of the area surveyed for monitoring a Eurasian lynx (*Lynx lynx*) population in the Swiss Alps by means of photographic capture-recapture, *Integr Zool.* 8: 232–243.

SAŽETAK

Znanstveni podaci o rasprostranjenosti i brojnosti temelj su za učinkovito upravljanje i zaštitu ugroženih populacija. U ovom radu predstavljamo rezultate prve znanstveno utemeljene procjene veličine populacije risa u Hrvatskoj. Cilj praćenja bio je utvrditi područje rasprostranjenosti risa i procijeniti najmanju veličinu populacije risa u Hrvatskoj u razdoblju 2018. - 2020. godine. U svrhu utvrđivanja rasprostranjenosti populacije, prikupljena su 902 znaka prisutnosti risa u razdoblju od 1. svibnja 2018. do 30. travnja 2020. Od toga je 92,8% podataka kategorizirano kao C1, 2,8% kao C2 i 4,4% C3. Trajna prisutnost risa potvrđena je u Primorsko-goranskoj i Ličko-senjskoj županiji, u južnom dijelu Karlovačke županije i sjeveroistočnom dijelu Zadarske županije, na ukupnoj površini od 7200 km². Za procjenu minimalne veličine populacije, prikupljene su 804 fotografije s fotozamki tijekom obje sezone te je identificirano 89 do 108 odraslih životinja. Među 108 identificiranih jedinki, bilo je 29 ženki, 22 mužjaka i 57 životinja nepoznatog spola. Tijekom dvije sezone fotografirali smo 44 mladunca u 25 legla. Budući važni koraci u praćenju populacije risa su ispravljanje nedostataka utvrđenih u ovoj studiji, kako bi se omogućila procjena brojnosti korištenjem modela prostornog hvatanja i ponovnog hvatanja jedinki.

KLJUČNE RIJEČI: rasprostranjenost, *Lynx lynx*, najmanja veličina populacije, Hrvatska



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.

USPOREDBA GEOBIA KLASIFIKACIJSKIH ALGORITAMA NA TEMELJU WORLDVIEW-3 SNIMAKA U IZDVAJANJU ŠUMA PRIMORSKIH ČETINJAČA

COMPARISON OF GEOBIA CLASSIFICATION ALGORITHMS BASED ON WORLDVIEW-3 IMAGERY IN THE EXTRACTION OF COASTAL CONIFEROUS FOREST

Lovre PANĐA¹, Ante ŠILJEG², Ivan MARIĆ³, Fran DOMAZETOVIĆ⁴, Silvija ŠILJEG⁵, Rina MILOŠEVIĆ⁶

SUMMARY

Šume primorskih četinjača, sa svojom ekološkom, ekonomskom, estetskom i društvenom funkcijom, predstavljaju važan dio europskih šumskih zajednica. Osnovni cilj ovoga rada je usporediti najkorištenije GEOBIA (engl. *Geographic Object-Based Image Analysis*) klasifikacijske algoritme (engl. *Random Trees* – RT, *Maximum Likelihood* – ML, *Support Vector Machine* – SVM) s ciljem izdvajanja šuma primorskih četinjača na visoko-rezolucijskom *WorldView-3* snimku unutar topografskog slijevnog područja naselja Split. Metodološki okvir istraživanja uključuje (1) izvođenje izoštrenog multispektralnog snimka (*WV-3_{MS}*-a); (2) testiranje segmentacijskih korisničko-definiranih parametara; (3) dodavanje testnih uzoraka; (4) klasifikaciju segmentiranog modela; (5) procjenu točnosti klasifikacijskih algoritama, te (6) procjenu točnosti završnog modela. RT se prema korištenim pokazateljima (*correctness* – COR, *completeness* – COM i *overall quality* – OQ) pokazao kao najbolji algoritam. Iterativno postavljanje segmentacijskih parametara omogućilo je detekciju najprikladnijih vrijednosti za generiranje segmentacijskog modela. Utvrđeno je da sjene mogu uzrokovati značajne probleme ako se klasificiranje vrši na visoko-rezolucijskim snimcima. Modificiranim *Cohen's kappa coefficient* (K) pokazateljem izračunata je točnost konačnog modela od 87,38%. *WV-3_{MS}* se može smatrati kvalitetnim podatkom za detekciju šuma primorskih četinjača primjenom GEOBIA metode.

KLJUČNE RIJEČI: GEOBIA, WorldView-3, šuma primorskih četinjača, Random Trees, Maximum Likelihood, Support Vector Machine.

UVOD INTRODUCTION

Šume primorskih četinjača važan su dio europskih šumskih zajednica s izrazitom ekološkom i socijalnom ulogom (Pernek i dr., 2012). Najčešće predstavljaju umjetno podignute nasade koji imaju protuerозиjsku, hidrološku i vodozaštitnu

funkciju (Matić i dr., 2005; Pernek i dr., 2012). Šume primorskih četinjača priobalnog područja Hrvatske većinom sačinjavaju: alepski bor, dalmatinski crni bor, primorski bor, pinija, čempres, brucijski bor, himalajski cedar, libanonski cedar i dr. (Martinić i dr., 2008; Pernek i dr., 2012; Vrbek i dr., 2013; Šiljković i Mamut, 2016). Mnoge od ovih vrsta su

¹ Lovre Panda, mag. geogr., Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, lpanda@unizd.hr

² Izv. prof. dr. sc. Ante Šiljeg, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, asiljeg@unizd.hr

³ Doc. dr. sc. Ivan Marić, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, imaric1@unizd.hr

⁴ Dr. sc. Fran Domazetović, mag. geogr., Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, fdomazeto@unizd.hr

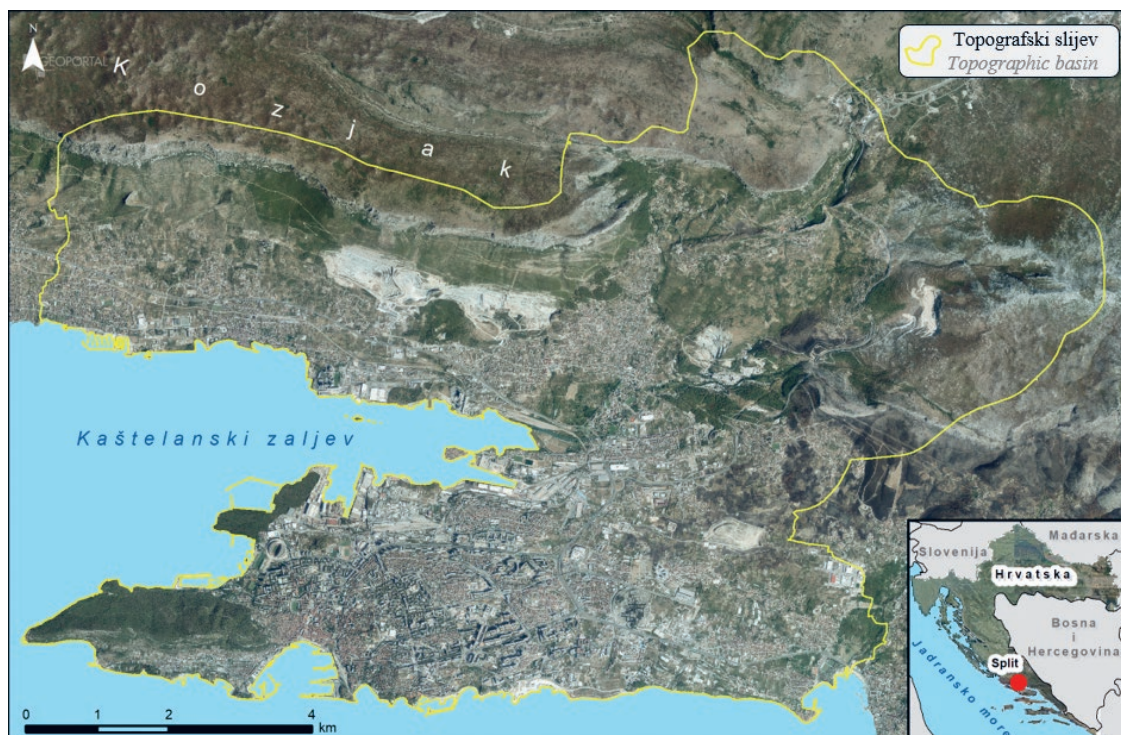
⁵ Doc. dr. sc. Silvija Šiljeg, Sveučilište u Zadru, Odjel za geografiju, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, ssliljeg@unizd.hr

⁶ Rina Milošević, mag. geogr., Sveučilište u Zadru, Ured za znanost, projekte i transfer tehnologija, Trg kneza Višeslava 9, Zadar, rmilosevi@unizd.hr

alohtone, poput alepskog bora koji je najzastupljeniji (Nećman i dr., 2004; Dubravac i dr., 2006; Tekić i dr., 2014). Njegova invazivnost, posebice na opožarenim područjima, ugrožava brojnu autohtonu klimazonalnu vegetaciju, posebno hrast crniku (*Quercus ilex* L.) (Dubravac i dr., 2006; Tekić i dr., 2014). Šume primorskih četinjača obilježava velika količina smole, naslage otpalih iglica i osušenih trava, što ih čini vrlo podložnom vegetacijom u izbijanju otvorenih požara (Nećman i dr., 2004; Martinić i dr., 2008; Španjol i dr., 2008; Simeoni i dr., 2012). Nadalje, često su izložene vjetru što ubrzava širenje požara (Bodrožić i dr., 2005; Fernandes i dr., 2010; Šiljković i Mamut, 2016). U konačnici, šume primorskih četinjača na mediteranskom području, zbog velike frekvencije ljudi (turizam) i čestog neodržavanja (Španjol i dr., 2008; Mamut, 2011) spadaju u skupinu veoma i ekstremno zapaljive vegetacije (Španjol i dr., 2008). Razvoj suvremenih geoprostornih tehnologija omogućio je kartiranje primorskih četinjača (Jovanović i Župan, 2017; Bullock i dr., 2020), analize izbijanja, širenja i prevencije požara (Jovanović i Župan, 2017) te detekciju raznih bolesti i nametnika na njoj (Arellano i dr., 2015). Sateliti iz *WorldView* (WV) konstelacije značajno su unaprijedili prikupljanje multispektralnih i stereo satelitskih snimaka visoke prostorne rezolucije (< 1 m) (Aguilar i dr., 2014). *WorldView-3* (WV-3) pruža najveću komercijalno dostupnu prostornu razlučivost satelitskih snimaka s velikim dnevnim kapacitetom arealnog prikupljanja. Kratki vremenski interval prikupljanja snimaka povećava mogućnosti detekcije prostorno-vremenskih promjena. Iz obrađenih satelitskih snimaka

primjenom različitih metoda klasifikacije izdvajaju se specifični objekti (Weih i Riggan, 2010; Abburu i Golla, 2015). Generalno, metode klasifikacije se mogu podijeliti na nadzirane (polu-automatske), nenadzirane (automatske) i objektno-orijentirane rasterske analize (OBIA) (Weih i Riggan, 2010). U geografskoj objektno-orijentiranoj analizi koristi se akronim *GEOBIA* (Hay i Castilla, 2008). *GEOBIA* se definira kao poddisciplina GIS-a usmjerena na obradu i analizu rasterskih podataka (Hay i Castilla, 2008). Za razliku od pikseli-orijentiranih analiza, *GEOBIA* grupira piksele u smislene homogene cjeline prema njihovim specifičnim značajkama (Weih i Riggan, 2010; Abburu i Golla, 2015). Tradicionalna klasifikacija rasterskih podataka određuje klasu zemljišnog pokrova isključivo za pojedinačni piksel te se u takvim analizama ne uključuje spoznaja o okružujućim pikselima. *GEOBIA* segmentira sliku grupirajući piksele sličnih spektralnih, prostornih i geometrijskih značajki u objekte (oblike), odnosno *super piksele* (Comaniciu i Meer, 2002). Potom se na temelju označenih testnih uzoraka i odabranog klasifikacijskog algoritma generira model zemljišnog pokrova (Maxwell i dr., 2015).

Primarni cilj ovog istraživanja je izdvojiti šume primorskih četinjača na području topografskog slijeva naselja Split. Sekundarni cilj je pomoću odabranih metričkih pokazatelja (*correctness* – COR, *completeness* – COM i *overall quality* – OQ) utvrditi koji od odabrana tri klasifikacijska algoritma (*Random Trees* – RT, *Maximum Likelihood* – ML, *Support Vector Machine* – SVM) najtočnije izdvaja šume primorskih četinjača. Nadalje, u segmentacijskom procesu testirani su



Slika 1. Područje istraživanja – topografski slijev naselja Split

Figure 1. Research area – topographic basin of the Split settlement

korisničko-definirani parametri s ciljem odabira vrijednosti koje omogućuju najoptimalnije grupiranje piksela. U konačnici, pomoću modificiranog *Cohen's kappa coefficient* pokazatelja (K) testirana je točnost konačnog modela. Svrha rada je definirati metodološki okvir izdvajanja šuma primorskih četinjača iz WV-3 snimaka za potrebe dobivanja egzaktnih informacija o ukupnoj površini ove veoma zapaljive vegetacije.

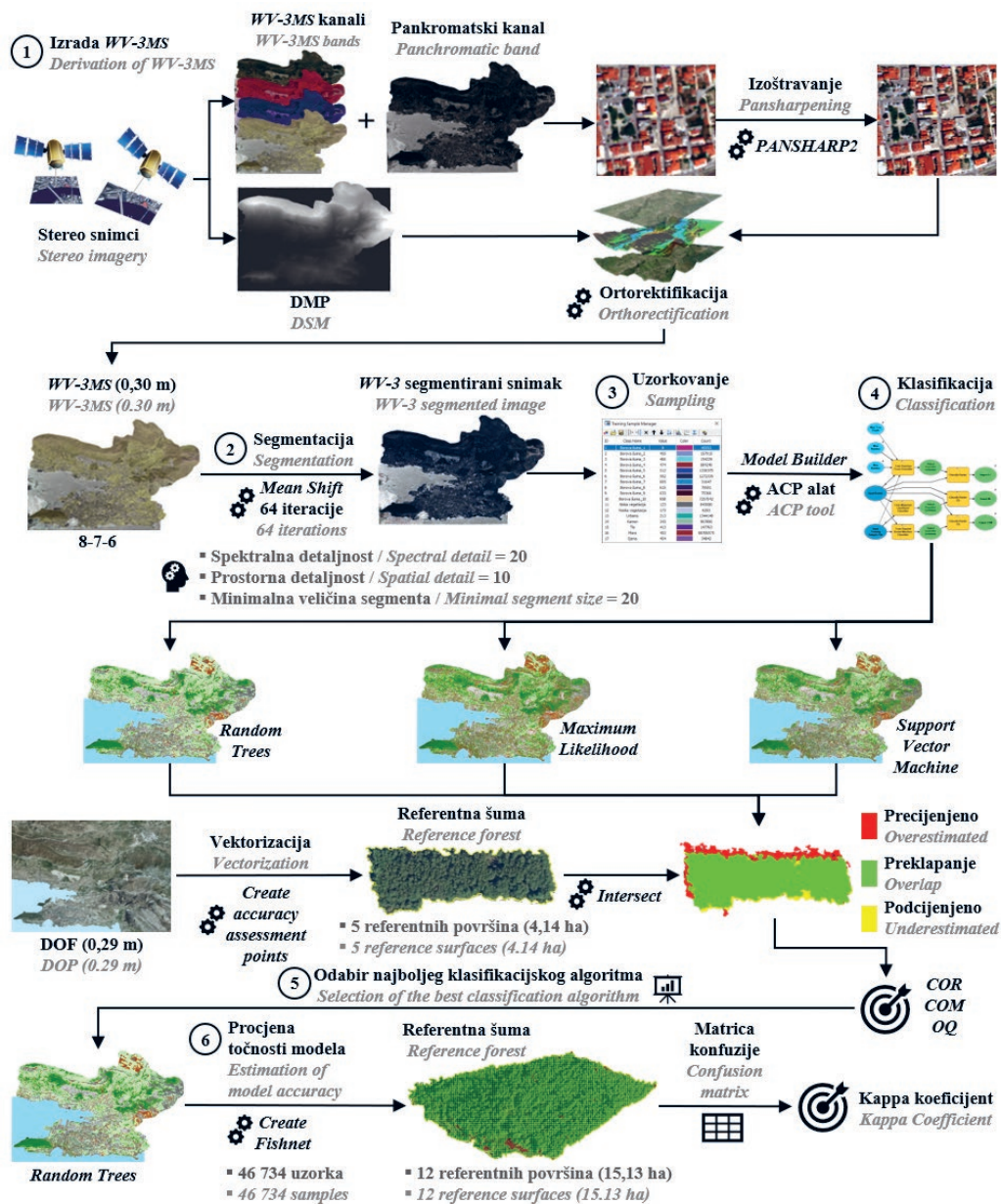
PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Izdvajanje šuma izvršeno je na širem području naselja Split koje je definirano topografskim slijevom (TS) (84,3 km²) (Slika 1). Grad Split je administrativno sjedište Splitsko-

dalmatinske županije, požarima najugroženije županije u Republici Hrvatskoj (Netolicki i dr., 2012; Jovanović i Župan, 2017).

MATERIJALI I METODE MATERIALS AND METHODS

Izdvajanje i kartiranje borovih šuma iz WV-3 multispektralnog snimka (MS) izvedeno je *GEOBIA* metodom koristeći *ArcGIS* softver. Metodologija je podijeljena na sljedeće korake: izrada WV-3_{MS}-a (1); segmentacija WV-3_{MS}-a (2); dodavanje testnih uzoraka (3); klasifikacija primjenom tri klasifikacijska algoritma (RT, ML, SVM) (4); procjena točnosti i odabir najboljeg klasifikacijskog algoritma (5); procjena točnosti završnog modela (6), (Slika 2).



Slika 2. Shema metodološkog okvira istraživanja
Figure 2. Scheme of the methodological framework of the research

Prvi korak bila je izrada $WV-3_{MS}$ -a (1) (Slika 3). $WV-3$ stereo snimci koji pokrivaju istraživano područje prikupljeni su 4. prosinca 2018. u idealnim uvjetima s 0 % naoblake i s optimalnim *off-NADIR* kutovima ($< 30^\circ$) (Nemmaoui i dr., 2019), čime je postignuto 5 m $CE90^7/LE90^8$ apsolutne horizontalne točnosti sa srednjom kvadratnom pogreškom od 2,3 m (RMSE⁹) (Maxar Technologies, 2019B). $WV-3$ stereo snimci ustupljeni su u sklopu financiranja zaklade *Digital-Globe* kao *OrthoReady* snimci (OR2A¹⁰). Prostorna rezolucija $WV-3_{MS}$ -a unaprijeđena je *PANSHARP2* tehnikom unutar softvera *Geomatics 2018* korištenjem pankromatskog kanala (PCI Geomatica, 2013). *OrthoEngine 2018* korišten je za izradu *DSM*-a. Generirani DSM_{WV3} primijenjen je u ortorektifikaciji izoštrenog 8-kanalnog $WV-3_{MS}$ -a prostorne rezolucije 0,30 m (Domazetović i dr., 2020). Potom je u *ArcGIS*-u izvršena segmentacija $WV-3_{MS}$ -a (2) temeljena na *Mean Shift* pristupu (Comaniciu i Meer, 2002). Obilježja segmentiranog modela ovise o tri parametra: spektralnoj detaljnosti, prostornoj detaljnosti i minimalnoj veličini segmenta. S ciljem pronalaska najoptimalnije kombinacije vrijednosti izvršen je iterativan proces ($n=64$) testiranja. Najoptimalnija kombinacija izvedena je na temelju vizualne interpretacije segmentiranih modela. Na segmentiranom modelu su potom označeni i dodani testni uzorci (3). Prikupljeni su uzorci za sljedeće klase: *Šuma primorskih četinjača*, *Visoka vegetacija*, *Niska vegetacija*, *Tlo*, *Urbano*, *Kamen*, *More*, *Sjena*. Provjera prikupljenih testnih uzoraka izvedena je metodom unakrsnog vrednovanja. Označen je veći broj uzoraka zbog mogućih ulaznih distorzija izoštrenog multispektralnog snimka. U nastavku su testirana tri najčešće korištena GEOBIA klasifikacijska algoritma (RT, ML, SVM), (4) (Nitze i dr., 2012; Myburgh i Van Niekerk, 2013; Myburgh i Van Niekerk, 2014). S ciljem automatiziranja procesa, u *Model Builder*-u je izrađen alat pod nazivom *Automated Classification Process* (ACP) (Slika 2₄). ACP omogućava istovremeno generiranje izlaznih rezultata za sve korištene algoritme (RT, ML i SVM). Peti korak uključuje procjenu točnosti i odabir klasifikacijskog algoritma (5). Tri klasifikacijska algoritma uspoređena su na temelju odabranih metričkih pokazatelja (COR, COM, OQ) (Cai i dr., 2018). Time se kvantificira odnos između referentnih objekata i izvedenih objekata (GEOBIA šume - Gs) te ispituje točnost provedene segmentacije (Eisank i dr., 2014). Procjena točnosti provedena je na temelju pet uzoraka referentnih šuma (R_s) primorskih četinjača ($R_{s1} - R_{s5}$) (Slika 9). R_s su odabrane korištenjem alata *Create accuracy assessment points*. Šumske površine na kojima se našao piksel, ili im bio najbliže, izvektorizirane su u mjerilu 1:100 s *DOF*-

a iz 2019. godine prostorne rezolucije 0,29 m (DGU). Izračunato je područje preklopa (A_p) R_s i G_s , kao i precijenjeno (A_o) i podcijenjeno (A_u) područje. Vrijednosti su korištene za procjenu točnosti klasifikacijskih algoritama prema sljedećim formulama:

$$1) \quad COR = \frac{A_p}{A_{G_s}} \quad (\text{Cai i dr., 2018})$$

gdje je: A_p – područje preklopa referentne i klasificirane šume; A_{G_s} – ukupna površina GEOBIA šume

$$2) \quad COM = \frac{A_p}{A_{R_s}} \quad (\text{Cai i dr., 2018})$$

gdje je: A_p – područje preklopa referentne i klasificirane šume; A_{R_s} – ukupna površina referentne šume

$$3) \quad OQ = \frac{A_p}{A_{R_s} + A_{G_s} + A_u} \quad (\text{Cai i dr., 2018})$$

gdje je: A_p – područje preklopa referentne i klasificirane šume; A_{R_s} – ukupna površina referentne šume; A_{G_s} – ukupna površina GEOBIA šume

Vrijednosti COR, COM i OQ indikatora variraju u rasponu 0 – 1. Veće vrijednosti ukazuju na veće podudaranje između referentnih i klasificiranih objekata, odnosno veću točnost klasifikacijskog algoritma (Whiteside i dr., 2014). U konačnici, izvedena je procjena točnosti najboljeg klasifikacijskog algoritma (6). Točnost je izračunata pomoću modificiranog *Cohen's kappa coefficient* (K) indikatora (Cohen, 1960) (4). Pontius i Millones (2011) i Foody (2020) u istraživanjima ističu nepouzdanost ovog pokazatelja, zbog čega je metoda unaprijeđena dodavanjem većeg broja uzoraka, pri čemu je udaljenost između svakog uzorka određena s obzirom na minimalnu jedinicu kartiranja (*Minimal Segment Size*). Procjena točnosti izvedena je na 46 734 uzorka unutar 12 R_s ($R_{s1} - R_{s12}$) (Slika 9). Alatom *Create Fishnet* generirana je mreža kvadrata 1,8 x 1,8 metra s centroidima koji predstavljaju uzorke na kojima će se ispitivati točnost konačnog modela. Model je reklasificiran tako da su sve klase osim *Šuma primorskih četinjača* spojene u jednu (*Ostalo*). Broj točaka unutar dviju generiranih klasa korišten je za procjenu točnosti klasifikacije prema sljedećoj formuli:

$$4) \quad K = \frac{M \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_i + x_{i+i}}{M^2 - \sum_{i=1}^r x_i + x_{i+i}} \quad (\text{Cohen, 1960})$$

gdje je: r – broj redaka u matrici konfuzije; x_{ii} – broj uzoraka u retku (i) i stupcu (i) (tj. dijagonalni elementi); M – ukupan broj uzoraka

⁷ CE90 - kružna pogreška na 90. percentilu, gdje minimalno 90 % izmjerenih točaka ima vodoravnu pogrešku manju od navedene vrijednosti CE90.

⁸ LE90 - 90. percentil linearna pogreška, pri čemu najmanje 90 % vertikalnih pogrešaka spada u navedenu vrijednost LE90.

⁹ Root Mean Square Error

¹⁰ OR2A označava radiometrijski i senzorski ispravljen snimak, bez primijenjenih korekcija terena i kao takav je pogodan za daljnju ortorektifikaciju i ekstrakciju visina (Maxar Technologies, 2019B).

Vrijednosti K variraju u rasponu od -1 do +1 (Cohen, 1960; Foody, 2020). Vrijednosti < 0 predstavljaju slabo; 0 – 0,2 neznatno; 0,21 – 0,4 pošteno; 0,41 – 0,6 umjereno; 0,61 – 0,8 znatno; 0,81 – 1 skoro savršeno preklapanje referentnih i klasificiranih objekata (Landis i Koch 1977).

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

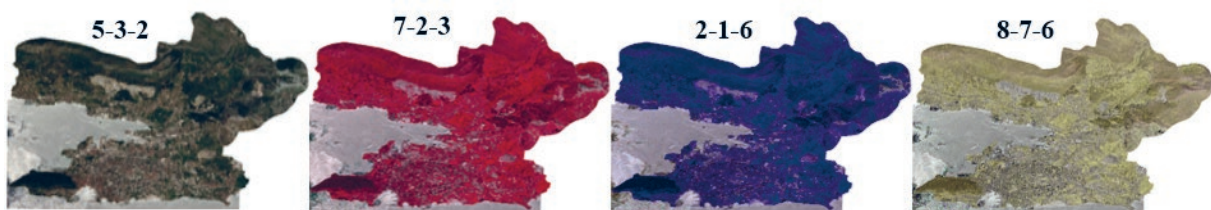
Izrada $WV-3_{MS}$ / *Derivation of $WV-3_{MS}$*

Izoštavanje $WV-3_{MS}$ -a anaprijedilo je prostornu rezoluciju s inicijalnih 1.2 m na 0.30 m, dok je ortorektifikacija izošt্রে-

nog $WV-3_{MS}$ -a rezultirala geometrijski ispravljenim visoko-kvalitetnim modelom. Raspored kanala varira ovisno o vrsti vegetacije koja se izdvaja (Cross i dr., 2019; Solano i dr. 2019). Raspored kanala 8-7-6 (URL1), na kojemu se najbolje ističu borove šume, poslužio je kao osnova za izdvajanje klasa.

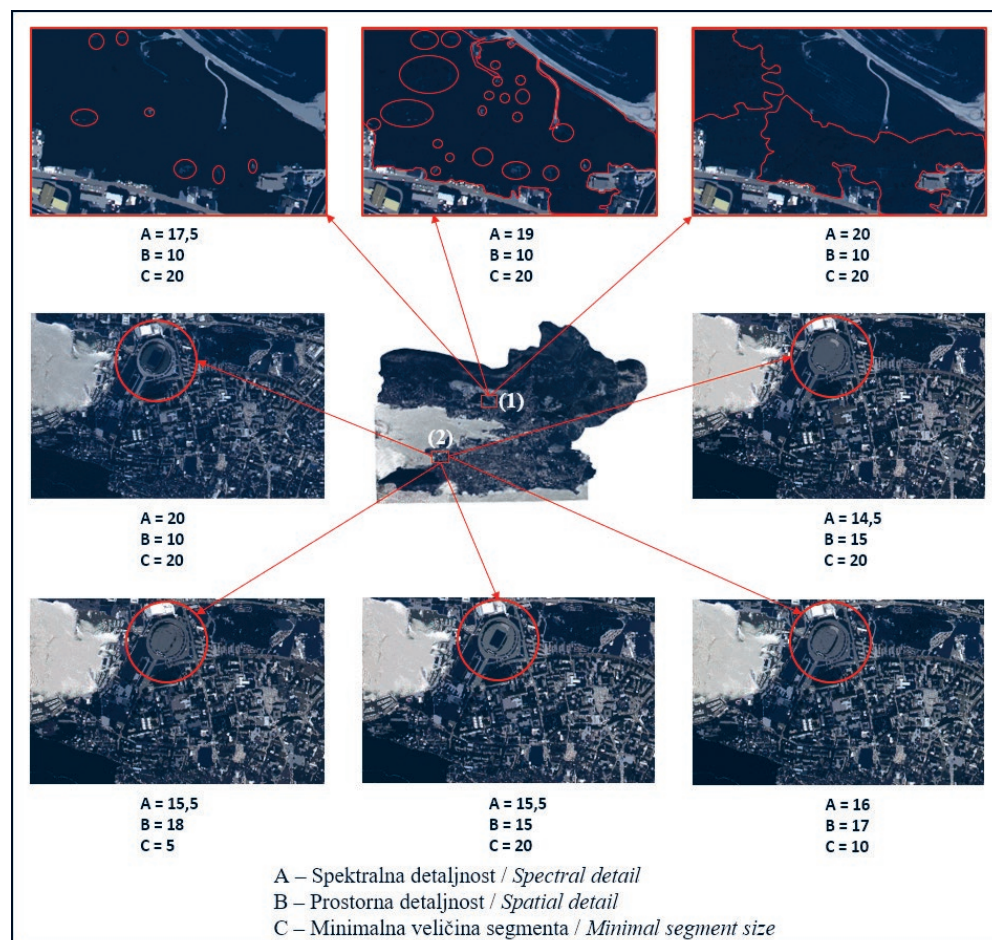
Segmentacija $WV-3_{MS}$ / *Segmentation of $WV-3_{MS}$*

S ciljem pronalaska najoptimalnije kombinacije vrijednosti segmentacijskih parametara izvršen je iterativan proces testiranja. Vizualnom interpretacijom, od izvedena 64 segmentacijska modela, odabrane su sljedeće vrijednosti parametara: (a) spektralna detaljnost = 20, (b) prostorna detaljnost = 10 i (c) minimalna veličina segmenta = 20.



Slika 3. Generirani $WV-3_{MS}$ i neke kombinacije kanala

Figure 3. Generated $WV-3_{MS}$ and some channel combinations



Slika 4. Primjeri utjecaja različitih kombinacija parametara segmentacije na izlazni rezultat

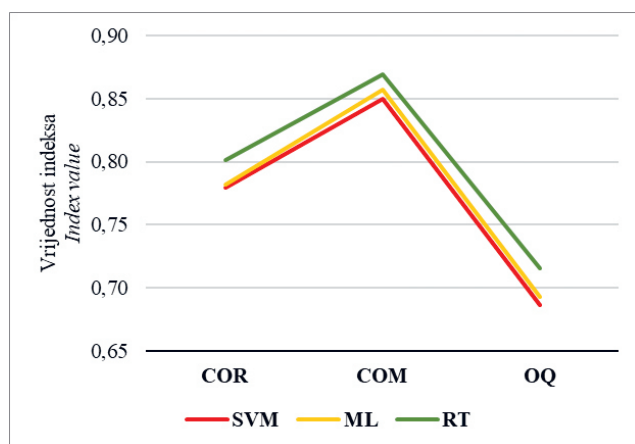
Figure 4. Influence of different parameters value on the segmentation output result



Slika 6. Izlazni rezultati testiranih klasifikacijskih algoritama (RT, ML i SVM)

Figure 6. Output results of three classification algorithms (RT, ML and SVM)

Spektralna detaljnost uvjetovana je spektralnom rezolucijom WV-3_{MS}-a (Satellite Imaging Corporation, 2021), koja utječe na diferencijaciju različitih vegetacijskih vrsta (Teillet i dr., 1997). Navedeno je omogućilo odvajanje sastojina primorskih četinjaca od ostale vegetacije (Slika 4₍₁₎). Prostorna detaljnost, koja utvrđuje važnost blizine značajki u multispektralnom modelu, je postavljena na vrijednost 10. Veća vrijednost omogućila bi izdvajanje pojedinih stabala unutar šume, a manja bi rezultirala prevelikom generalizacijom.



Slika 7. Grafički prikaz rezultata procjene točnosti klasifikacijskih algoritama COR, COM i OQ pokazateljima

Figure 7. Graphical display of the classification algorithms accuracy assessment results by COR, COM and OQ metric

Minimalna veličina segmenta određuje minimalnu jedinicu kartiranja (20 piksela). Dakle, iz segmentiranog snimka moguće je izdvojiti sve površine prekrivene primorskim četinjacima koje su veće od 1,8 m².

Dodavanje testnih uzoraka / Adding test samples

Ukupno je označeno 600 uzoraka unutar TS-a. Poznato je da širok spektar čimbenika može uzrokovati razlike u spektralnim značajkama elemenata iste klase unutar istog snimka. Oni uključuju: velik utjecaj sjena uzrokovan visokim zgradama ili morfologijom terena, kut upada sunčevih zraka, fiziologija borova, itd. (Fu i dr., 2020). Stoga su uzorci za klasu Šuma primorskih četinjaca prikupljeni u 10 odvojenih klasa, uvažavajući različite lokacije na segmentiranom modelu i fiziološka obilježja sastojina. Naknadno je izvršena reklasifikacija.

Rezultati klasifikacijskih algoritama / Results of classification algorithms

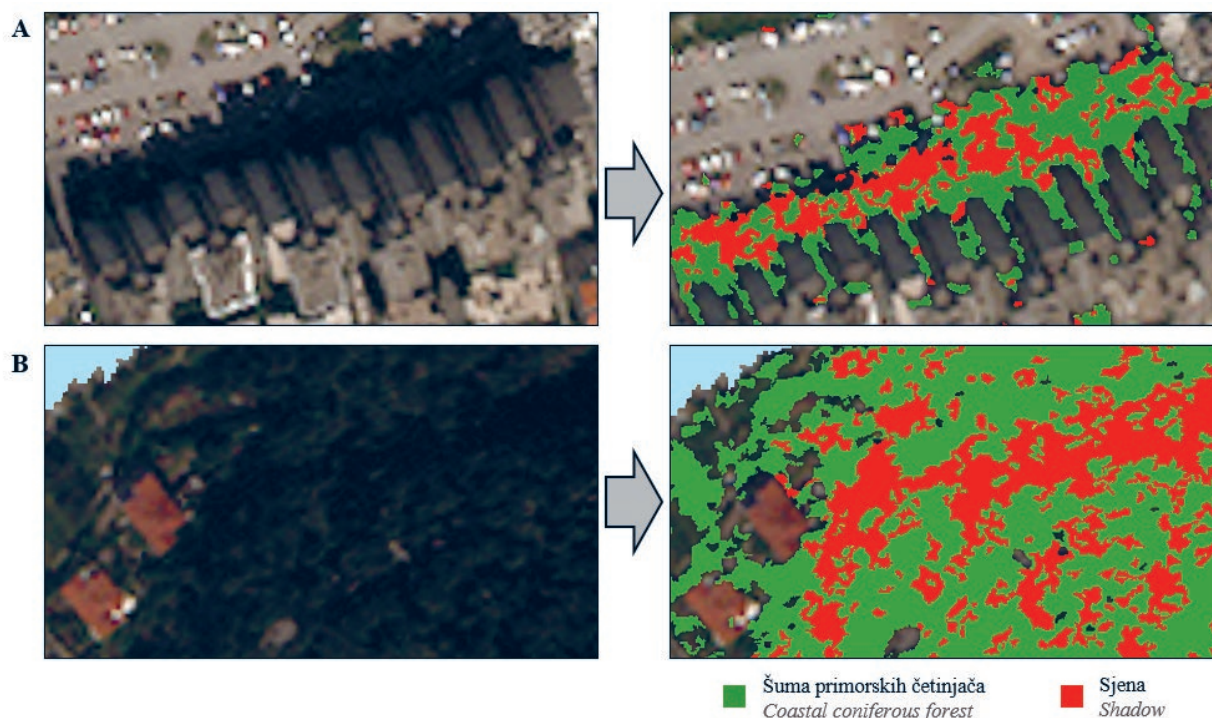
Izrađeni alat ACP (Slika 5) omogućio je istovremeno generiranje izlaznih rezultata za tri odabrana klasifikacijska algoritma (RT, ML i SVM) (Slika 6). Najveća razlika između ML-a i SVM-a očituje se u slabom razlikovanju niske i visoke vegetacije, dok RT takvih problema nema.

Prema izvedenim metričkim pokazateljima RT je najpouzdaniji klasifikacijski algoritam za izdvajanje šuma primorskih četinjaca (Tablica 1; Slika 7). Najmanje točan je SVM, dok se ML pokazao nešto boljim. Pokazatelji COR, COM i

Tablica 1. Rezultati procjene točnosti klasifikacijskih algoritama prema odabranim pokazateljima

Table 1. Results of the classification algorithms accuracy assessment by COR, COM and OQ metrics

Referentna šuma Reference forest	COR	COM RT	OQ	COR	COM ML	OQ	COR	COM SVM	OQ
R _s 1	0.9565	0.8667	0.8338	0.9543	0.8695	0.8348	0.9524	0.8701	0.8338
R _s 2	0.8773	0.7091	0.6452	0.8417	0.7524	0.6591	0.8477	0.7047	0.6255
R _s 3	0.8743	0.8631	0.7678	0.8815	0.7309	0.6655	0.8660	0.7617	0.6814
R _s 4	0.8079	0.8777	0.7261	0.8007	0.8806	0.7223	0.7810	0.8890	0.7116
R _s 5	0.9481	0.7970	0.7637	0.9476	0.8054	0.7710	0.9519	0.8083	0.7766
Ukupno Total	0.8928	0.8227	0.7473	0.8852	0.8078	0.7306	0.8798	0.8068	0.7258



Slika 8. Problem koji stvaraju sjene prilikom klasifikacije

Figure 8. Errors in classification caused by shadows

Tablica 2. Matrica konfuzije (Kappa koeficijent)

Table 2. Error matrix (Kappa coefficient)

	Šuma primorskih četinjača <i>Coastal coniferous forest</i>	Ostalo <i>Other</i>	Ukupno (WV-3_RT) <i>Total (WV-3_RT)</i>
Šuma primorskih četinjača <i>Coastal coniferous forest</i>	43 786	2 948	46 734
Ostalo <i>Other</i>	2 948	43 786	46 734
Ukupno (DOF) <i>Total (DOP)</i>	46 734	46 734	93 468
Kappa	0,8738		

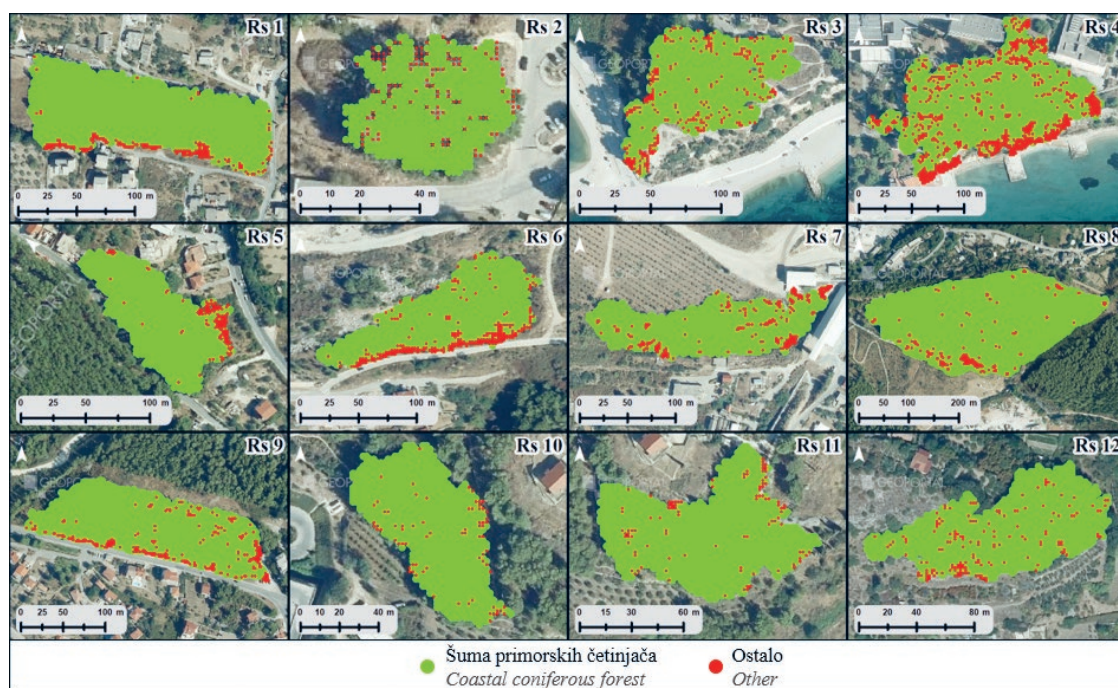
OQ izvedeni za pet R_s ukazuju na problem sjena koje, na štetu klase Šuma primorskih četinjača, zauzimaju velik udio, posebice za ML i SVM klasifikacijske algoritme. Drugim riječima, neki dijelovi šumskih sastojina u izvedenim modelima su svrstani u klasu *Sjena*. RT je također prepoznao sjene, ali su one prisutne u manjem udjelu. Dakle, na temelju rezultata točnosti procjene i vizualne analize, RT klasifikacijski algoritam je odabran kao najpouzdaniji.

Problem sjena može predstavljati značajnu prepreku u segmentaciji i klasifikaciji visoke vegetacije na snimkama vrlo visoke-rezolucije (Dare, 2005, Griffith i Hay, 2018, Kwan i dr., 2019). Na slici 8. prikazana su dva primjera utjecaja sjena na izlazni model. Na primjeru (A) visoke zgrade stvaraju sjene te su unutar tog zasjenjenog prostora svi klasifikacijski algoritmi na nekim dijelovima prepoznali „lažne“ borove. Na drugom primjeru (B) relativne razlike u visini

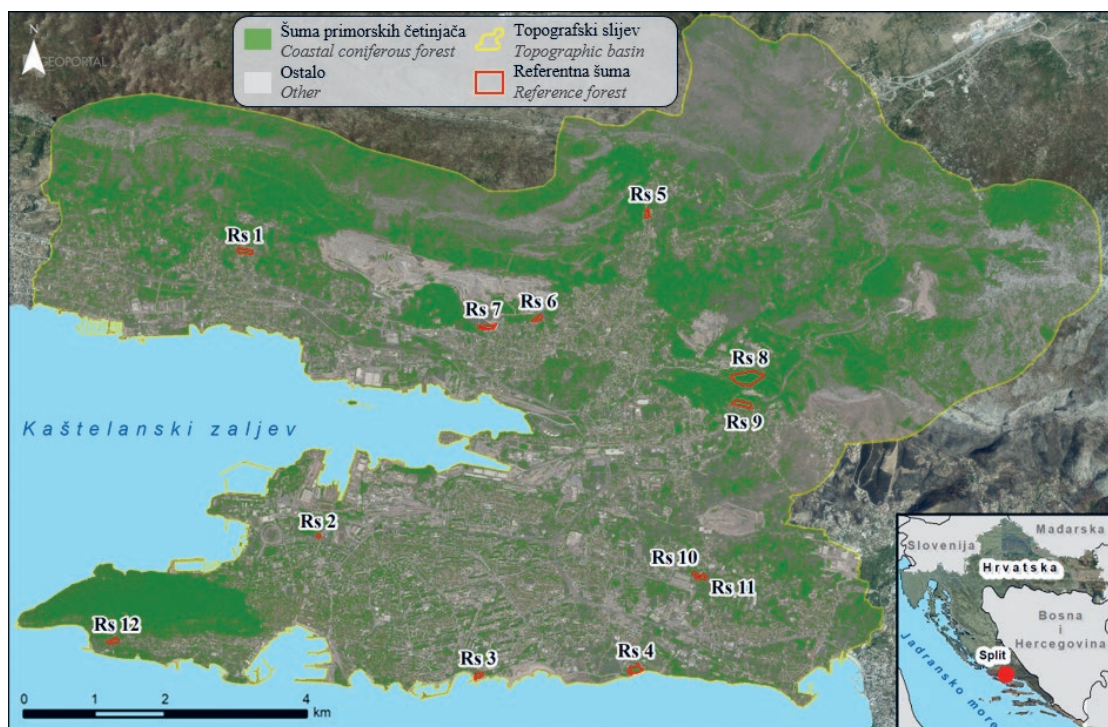
borova također generiraju klasu sjena. Ovaj problem se može riješiti dodavanjem većeg broja uzoraka uvažavajući način nastanka sjena. Naime, činjenica je da stupanj propusnosti svjetlosti do tla ovisi o prirodi same zapreke. Građevine uglavnom apsorbiraju ili odbijaju svu svjetlost unutar analiziranih kanala. Suprotno, drveće propušta malo NIR svjetlosti i nešto više vidljive svjetlosti. Stoga, zasjenjena područja bi se po vrsti sjene prema nekim vegetacijskim indeksima ipak trebala razlikovati.

Točnost završnog modela (RT) / Accuracy of final coniferous forest model (RT)

Točnost završnog modela izvedenog RT klasifikacijskim algoritmom procijenjena je modificiranim K pokazateljem. Točnost je ispitana za klasu Šuma primorskih četinjača. U matricu konfuzije uvrštena su 46 734 uzorka izvedena unu-



Slika 9. Analiza 46 734 uzorka unutar referentnih šuma
Figure 9. Analysis of 46,734 samples within reference forests



Slika 10. Konačni model šuma primorskih četinjača na području topografskog slijeva naselja Split
Figure 10. The final coastal coniferous forest model on the Split topographic basin

tar 12 R_s (Slika 9). Od navedenog broja, 43 786 uzoraka spada u klasu Šuma primorskih četinjača, dok 2 948 uzorka spada u klasu *Ostalo*. Dakle, prema odabranom pokazatelju točnost završnog modela iznosi 87,38 %. Ova vrijednost

prema Landis i Koch (1977) predstavlja skoro savršeno poklapanje referentnih i klasificiranih podataka.

Na slici 10. prikazan je konačni model šuma primorskih četinjača na području topografskog slijeva naselja Split. Pod

šumama primorskih četinjača je 2 643,43 ha TS-a što je oko 31% ukupne površine. Najveće šumske površine se nalaze na Marjanu, južnim padinama Kozjaka i zapadnim padinama Mosora uz poneke parkove i drvorede u samom gradu Splitu i okolnim naseljima.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Primjenom *GEOBIA* metodologije generiran je model zemljišnog pokrova na području topografskog slijeva naselja Split. Model je reklasificiran u dvije klase: Šuma primorskih četinjača i *Ostalo*. RT se prema odabranim indikatorima (COR, COM i OQ) pokazao kao pouzdaniji u izdvajanju šuma primorskih četinjača od *ML* i *SVM* klasifikacijskih algoritama. Nadalje, iterativno postavljanje segmentacijskih parametara omogućilo je detekciju najoptimalnijih vrijednosti za generiranje segmentacijskog modela. Utvrđeno je da sjene mogu uzrokovati značajne probleme prilikom klasificiranja šuma s visoko-rezolucijskog *WV-3_{MS}*-a. Rješenje može biti u prikupljanju većeg broja uzoraka na različitim područjima u svrhu detaljnije diferencijacije klasa. Modificiranim *K* pokazateljem izračunata je točnost konačnog modela od 87,38%. U konačnici *WV-3_{MS}* se s obzirom na komercijalnu dostupnost može smatrati primjerenim podatkom za detekciju šuma primorskih četinjača *GEOBIA* metodom. Prema izrađenom modelu, 31,36% ukupne površine unutar topografskog slijeva naselja Split pokriva vrlo i ekstremno zapaljiva vegetacija.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Podaci u ovom istraživanju prikupljeni su u sklopu projekata PEPSEA Split i STREAM. Saznanja i rezultati iz ovoga rada će se koristiti za potrebe projekta STREAM (Strategic Development of Flood Management).

LITERATURA REFERENCES

- Abburu, S., S.B Golla, 2015: Satellite image classification methods and techniques: a review, *International journal of computer applications*, 119(8): 20.-25.
- Aguilar, M.A., F. Bianconi, F.J Aguilar, I. Fernández, 2014: Object-based greenhouse classification from GeoEye-1 and WorldView-2 stereo imagery, *Remote sensing*, 6(5): 3554.-3582.
- Arellano, P., K. Tansey, H. Balzter, D.S. Boyd, 2015: Detecting the effects of hydrocarbon pollution in the Amazon forest using hyperspectral satellite images, *Environmental Pollution*, 205: 225.-239.
- Bodrožić, L., J. Marasović, D. Stipaničev, 2005: Fire modeling in forest fire management, *CEEPUS Spring School*, Kielce, Poland.
- Bullock, E. L., C.E. Woodcock, Jr.C. Souza, P. Olofsson, 2020: Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon, *Global Change Biology*, 26(5):2956-2969.
- Cai, L., W. Shi, Z. Miao, M. Hao, 2018: Accuracy assessment measures for object extraction from remote sensing images, *Remote Sensing*, 10(2): 303
- Cohen, J., 1960: A coefficient of agreement for nominal scales, *Educational and psychological measurement*, 20(1):37.-46.
- Comaniciu, D., P. Meer, 2002: Mean shift: A robust approach toward feature space analysis, *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 24(5):603.-619.
- Cross, M. D., T. Scambos, F. Pacifici, W.E. Marshall 2019: Determining effective meter-scale image data and spectral vegetation indices for tropical forest tree species differentiation, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(8):2934-2943.
- Dare, P. M., 2005: Shadow analysis in high-resolution satellite imagery of urban areas, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71(2):169.-177.
- Domazetović, F., A. Šiljeg, I. Marić, M. Jurišić, 2020: Assessing the Vertical Accuracy of Worldview-3 Stereo-extracted Digital Surface Model over Olive Groves. In *GISTAM 2020*, 246.-253.
- Dubravac, T., B. Vrbek, Z. Lalić, 2006: Prirodna obnova u sastojinama alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) nakon požara, *Radovi*, 9:37.-51.
- Eisank, C., M. Smith, J. Hillier, 2014: Assessment of multiresolution segmentation for delimiting drumlins in digital elevation models, *Geomorphology*, 214:452.-464.
- Fernandes, P.M., A. Luz, C. Loureiro, 2010: Changes in wildfire severity from maritime pine woodland to contiguous forest types in the mountains of northwestern Portugal, *Forest Ecology and Management*, 260(5):883.-892.
- Foody, G.M., 2020: Explaining the unsuitability of the kappa coefficient in the assessment and comparison of the accuracy of thematic maps obtained by image classification, *Remote Sensing of Environment*, 239.
- Fu, H., T. Zhou, C. Sun, 2020: Object-based shadow index via illumination intensity from high resolution satellite images over urban areas, *Sensors*, 20(4): 1077.
- Hay, G.J., G. Castilla, 2008: Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline. In *Object-based image analysis*, 75.-89. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jovanović, N., R. Župan, 2017: Analiza stanja vegetacije prije i nakon šumskih požara pomoću satelitskih snimaka Sentinel-2 na području Dalmacije, *Geodetski list*, 71(3):233-248.
- Kwan, C., L. Hagen, B. Chou, D. Perez, J. Li, Y. Shen, K. Koperski, 2020: Simple and effective cloud-and shadow-detection algorithms for Landsat and Worldview images, *Signal, Image and Video Processing*, 14(1):25.-133.
- Griffith, D.C., G.J. Hay, 2018: Integrating GEOBIA, Machine Learning, and Volunteered Geographic Information to Map Vegetation over Rooftops, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(12):462.
- Landis, J.R., G.G. Koch, 1977: The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics*, 159-174.
- Mamut, M., 2011: Ties between the geographical and social geographical features of dalmatia with the endangerment of forest fires; *Šumarski list*, 135(1-2):37.-49.

- Martinić, I., B. Hrašovec, Ž. Španjol, D. Diminić, I. Grginčić, 2008. Program gospodarenja za šume s posebnom namjenom – gospodarska jedinica “Park-šuma Marjan” i mjere zaštite i unapređenja ekološkog sustava za Park-šumu Marjan - Pregled mjera zaštite i sustav monitoringa, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, dostupno na: <http://drustvomarjan.hr/wp-content/uploads/2009/01/%C5%A0GP-3.pdf>
- Matić, S., I. Anić, M. Oršanić, 2005: Uzgojni zahvati u funkciji poboljšanja protuerozijske i vodozaštitne uloge šume, Šumarski list 129:17–30.
- Maxar Technologies, 2019b: Stereo Imagery datasheet. dostupno na: <https://www.digitalglobe.com/resources> (11. listopada 2020).
- Maxwell, A.E., T.A Warner, M.P Strager, J.F Conley, A.L Sharp, 2015. Assessing machine-learning algorithms and image-and lidar-derived variables for GEOBIA classification of mining and mine reclamation, *International Journal of Remote Sensing*, 36(4):954.-978.
- Myburgh, G., A. Van Niekerk, 2013: Effect of feature dimensionality on object-based land cover classification: A comparison of three classifiers; *South African Journal of Geomatics*, 2(1):13.-27.
- Myburgh, G., A. Van Niekerk, 2014: Impact of training set size on object-based land cover classification: A comparison of three classifiers, *International Journal of Applied Geospatial Research (IJAGR)*, 5(3):49-67.
- Neëman, G., S. Goubitz, R. Nathan, 2004. Reproductive traits of *Pinus halepensis* in the light of fire—a critical review, *Plant Ecology*, 171(1-2): 69-79.
- Nemmaoui, A., F.J. Aguilar, M.A. Aguilar, R. Qin, 2019: DSM and DTM generation from VHR satellite stereo imagery over plastic covered greenhouse areas. *Computers and Electronics in Agriculture*, 164:104903.
- Netolicki, A., T. Blažević, A. Antolović, 2012: Višekriterijska analiza rizika od požara u Splitsko-dalmatinskoj županiji, Kartografija i geoinformacije, 11(17):5.-24.
- Nitze, I., U. Schulthess, H. Asche, 2012: Comparison of machine learning algorithms random forest, artificial neural network and support vector machine to maximum likelihood for supervised crop type classification. *Proc. of the 4th GEOBIA*, 35.
- PCI Geomatica, 2013: Pan-sharpening technical specification, Dostupno na: <https://www.pcigeomatics.com/pdf/geomatica/techspecs/2018/Pan-Sharpning.pdf>
- Pernek, M., S. Novak Agbaba, N. Lacković, N. Đod, I. Lukić, S. Wirth, 2012. Uloga biotičkih čimbenika u sušenju borova (*Pinus spp.*) na području sjeverne Dalmacije, *Šumarski list*, 136(7-8):343.-353.
- Pontius Jr, R.G., M. Millones, 2011: Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment, *International Journal of Remote Sensing*, 32(15):4407.-4429.
- Satellite Imaging Corporation 2021: WorldView-3 Satellite Sensor (0.31m). Dostupno na: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/worldview-3/>
- Simeoni, A., J.C. Thomas, P. Bartoli, P. Borowieck, P. Reszka, F. Colella, F. Santoni, J.L. Torero, 2012: Flammability studies for wildland and wildland-urban interface fires applied to pine needles and solid polymers, *Fire Safety Journal*, 54:203.-217.
- Solano, F., S. Di Fazio, G. Modica, 2019. A methodology based on GEOBIA and WorldView-3 imagery to derive vegetation indices at tree crown detail in olive orchards, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 83:101912.
- Šiljković, Ž., M. Mamut, 2016. Forest fires in Dalmatia, *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 32(32):117.-130.
- Španjol, Ž., K. Biljaković, R. Rosavec, D. Dominko, D. Barčić, D. Starešinić, 2008: Šumski požari i fizikalni modeli, *Šumarski list*, 132(5-6):259-267.
- Teillet, P.M., K. Staenz, D.J. William, 1997: Effects of spectral, spatial, and radiometric characteristics on remote sensing vegetation indices of forested regions, *Remote Sensing of Environment*, 61(1):139.-149.
- Tekić, I., B. Fuerst-Bjeliš, A. Durbešić, 2014: Rasprostranjenost alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) i njegov utjecaj na vegetaciju i strukturu pejzaža šireg šibenskog područja, *Šumarski list*, 138(11-12):593.-600.
- Vrbek, B., M. Vrbek, I. Pilaš, J. Medak, 2013: Pedološko vegetacijske karakteristike park šume Marjan, 4. Hrvatski Botanički Simpozij s međunarodnim sudjelovanjem Split
- Weih, R.C., N.D. Riggan, 2010: Object-based classification vs. pixel-based classification: Comparative importance of multi-resolution imagery, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(4):C7.
- Whiteside, T.G., S.W. Maier, G.S. Boggs, 2014: Area-based and location-based validation of classified image objects, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28:117.-130.
- URL1: http://www.geocarto.com.hk/edu/PJ-BCMBWV3G/main_BCW3.html

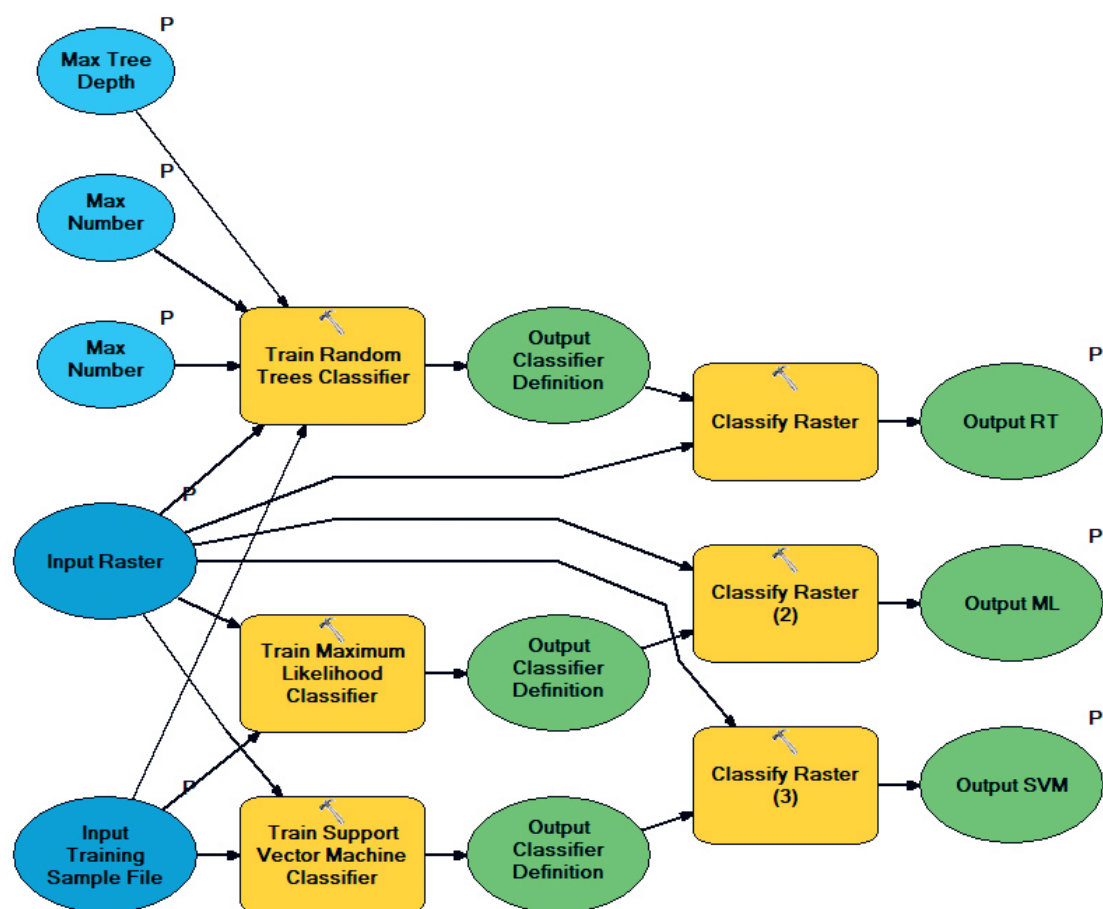
COMPARISON OF GEOBIA CLASSIFICATION ALGORITHMS BASED ON WORLDVIEW-3 IMAGERY IN THE EXTRACTION OF COASTAL CONIFEROUS FOREST

SUMMARY

With their ecological, economic, aesthetic, and social function, coniferous forests represent an important part of European forest communities. The main objective of this paper is to compare the most used GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis) classification algorithms (Random Trees - RT, Maximum Likelihood - ML, Support Vector Machine - SVM) for the purposes of the coastal coniferous forest detection on a high-resolution WorldView-3 (WV-3) imagery on the topographic basin of the Split settlement (Figure 1). The methodological framework (Figure 2) includes: (1) deriva-

tion of a sharpened multispectral image (WV-3_{MS}) (Figure 3); (2) testing of the user-defined parameters in segmentation process (Figure 4); (3) marking of test samples (signatures); (4) classification of a segmented model; (5) accuracy assessment of the classification algorithms, and (6) accuracy assessment of the final model. The developed ACP tool (Automated Classification Process) (Supplement figure 5) for speeding up the entire classification process, enabled the simultaneous generation of output results for three selected classification algorithms (RT, ML and SVM) (Figure 6). Metric indicators (correctness - COR, completeness - COM, and overall quality - OQ) have shown that RT is the most accurate classification algorithm for the coastal coniferous forest detection (Table 1; Figure 7). The iterative setting of segmentation parameters enabled the detection of the most optimal values for generating a segmentation model. It is found that shadows can cause significant problems if classification is done on high-resolution images (Figure 8). The solution may be to collect a larger number of samples in different areas for the purpose of more detailed class differentiation. The modified Cohen's kappa coefficient (K) indicator shown the accuracy of the final model of 87.38% (Table 2; Figure 9). WV-3_{MS} can be considered as very good data for the detection of coniferous forests using the GEOBIA method (Figure 10). According to this research, 31.36% of the Split topographic basin is covered by highly and extremely flammable vegetation.

KEY WORDS: GEOBIA, WorldView-3, Coniferous Forest, Random Trees, Maximum Likelihood, Support Vector Machine.



Dodatna slika 5. Automated Classification Process (ACP) alat izrađen u Model Builder-u Supporting Information Supplement figure 5. Automated Classification Process (ACP) tool created in Model Builder



HRVATSKA KOMORA
INŽENJERA ŠUMARSTVA
I DRVNE TEHNOLOGIJE

Prilaz Gjure Deželića 63, 10000 Zagreb
Telefon: ++385(1)376-5501
Telefax: ++385(1)376-5504
www.hkisdt.hr; info@hkisdt.hr

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

Komora je samostalna i neovisna strukovna organizacija koja obavlja povjerene joj javne ovlasti, čuva ugled, čast i prava svojih članova, skrbi da ovlašteni inženjeri obavljaju svoje poslove savjesno i u skladu sa zakonom te promiče, zastupa i 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 HKISDT, 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.

DIVERSITY OF ECTOMYCORRHIZAL FUNGI ASSOCIATED WITH QUERCUS PETRAEA IN THE NATIONAL PARK FRUŠKA GORA IN THE REPUBLIC OF SERBIA

RAZNOLIKOST EKTOMIKORIZNIH GLJIVA NA HRASTU KITNJAKU (QUERCUS PETRAEA) U NACIONALNOM PARKU FRUŠKA GORA U REPUBLICI SRBIJI

Marina MILOVIĆ¹, Verica VASIĆ², Milan DREKIĆ³, Branislav KOVAČEVIĆ⁴, Saša PEKEČ⁵, Zoran GALIĆ⁶, Saša ORLOVIĆ⁷

SUMMARY

Although sessile oak is one of the most important deciduous forest tree species in Europe, data on the diversity of ectomycorrhizal (ECM) fungi on sessile oaks in the Republic of Serbia are scarce. The aim of this study was to provide the first insight into the diversity of ECM fungi on sessile oak in Serbia. Two sites Info center and Brankovac, located in National Park Fruška gora were chosen. ECM fungi were identified combining morphological and anatomical characterization with molecular analysis of nuclear rDNA internal transcribed spacer (ITS) region. All vital ECM root tips were counted, diversity indices were calculated, and ECM fungi were classified into the exploration types. The granulometric and chemical composition of soil were analyzed as well. At both sites, 26 different ECM fungal taxa were recorded in total, 17 taxa were observed at the site Info center and 12 taxa at Brankovac. ECM communities consisted of a few abundant taxa and a larger number of rare taxa. *Lactarius quietus*, *Cenococcum geophilum*, and *Tomentella sublilacina* were recorded at both sites. High abundance of contact and short-distance exploration types recorded in studied stands suggests that soils are sufficiently rich in total nitrogen and organic matter. Values of diversity indices recorded in studied sessile oak stands from Fruška gora were lower in comparison to those obtained in stands of different oak species across Europe which is likely induced by drought. To get a more thorough insight into the diversity of ECM fungi on sessile oak, research should be continued at more sites and seasonal dynamics should be included.

KEY WORDS: ectomycorrhiza, *Quercus petraea*, morpho-anatomical characterization, molecular identification, exploration types

¹ dr Marina Milović, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: katanicm@uns.ac.rs

² dr Verica Vasić, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: vericav@uns.ac.rs

³ dr Milan Drekić, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: mdreki@uns.ac.rs

⁴ dr Branislav Kovačević, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: branek@uns.ac.rs

⁵ dr Saša Pekeč, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: pekecs@uns.ac.rs

⁶ dr Zoran Galić, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: galicz@uns.ac.rs

⁷ prof. dr Saša Orlović, University of Novi Sad, Institute of Lowland Forestry and Environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Serbia, e-mail: sasao@uns.ac.rs

INTRODUCTION

UVOD

Sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), together with pedunculate oak (*Q. robur* L.), is one of the most economically important deciduous forest tree species in Europe (Ducousso and Bordacs 2004, Eaton *et al.* 2016, Kesić *et al.*, 2018). Their wood is of good quality and is valued for many purposes such as construction, as well as production of furniture and barrels. Also, oaks have an important ecological role because their acorns are a valuable food source for many animals. They are heliophilic, light-demanding trees which affect regeneration of many other tree species and enrich forest biodiversity. Although sessile oak prefers fertile and moist soils, it has a very large ecological niche and is quite tolerant of drought and poor soil (Ducousso and Bordacs 2004, Eaton *et al.* 2016). In the Republic of Serbia, the area under the forests of sessile oak occupies 173.200 ha and it makes up 7.9% of the total forest area (Banković *et al.* 2008). This species is widespread in Serbia and appears from Fruška gora and Vršacke planine in the north to Kozjak, Kozarnik and Metohija in the south, and from Mount Tara in the west to Stara Planina in the east. It occurs in lowlands (outside floodplains), in hilly and lower mountainous areas, and spreads from 200 m a. s. l., on the northern border of the area, to 1,200 m a. s. l., on the southern and eastern border of distribution in Serbia (Stojanović *et al.* 2007).

In most temperate and boreal forest ecosystems, the establishment, growth and survival of trees depend on association with ectomycorrhizal (ECM) fungi. ECM fungi successfully take water and nutrients from the soil and translocate them to plants from which they receive photosynthetically produced carbohydrates in return (Smith and Read, 2008). Mycorrhizas are one of the essential components of the forest ecosystem stability. Particularly, they have stabilizing effects on forest trees that are under environmental stress. Common mycelial networks have an especially important role in forest regeneration, succession, and resistance against different stress factors (Selosse *et al.* 2006). Such networks connect plants of the same or different species and can affect the physiological and ecological processes of plants (Selosse *et al.* 2006). Also, mycorrhizal mycelium connects forest trees and ground vegetation with decomposers in forest soil, which affects the sustainability, productivity, and vitality of the forest (Kraigher 1996). Moreover, mycorrhizal fungi can improve plant tolerance to abiotic stress factors such as heat, drought, or presence of heavy metals, as well as increase resistance to pathogens and boost plant immunity (Smith and Read 2008, Smith *et al.* 2010, French 2017). The functional compatibility of the symbionts in ectomycorrhiza is species-specific and depends on both partners while stress tolerance and adaptation of individual ectomycorrhizae on different environmental conditions depend on species of ECM fungus and its morphological, physiological

and ecological characters (Kraigher 1996). Therefore, information on the ECM community structure can provide valuable information about the physiology of forest trees and the functioning of forest ecosystems (Kraigher *et al.* 2011).

Classification of ectomycorrhizae based on the exploration types (ETs) connects morphology of ECM fungi, especially the amount and differentiation of emanating elements, with their ecology (Agerer 2001). Contact ET is represented by ectomycorrhizae with a smooth mantle and without rhizomorphs. Short-distance ET is characterized by a voluminous cover of emanating hyphae but without rhizomorphs. Medium-distance ET can be divided into three subtypes. In fringe subtype the fungi often form fans of emanating hyphae and rhizomorphs, smooth subtype has rather smooth mantles with only a few emanating hyphae, while mat-forming fungi have only a limited range of exploration. Long-distance ET is characterized by smooth ectomycorrhizae with few but highly differentiated rhizomorphs (Agerer 2001).

Since data on the diversity of ECM fungi on oaks in the Republic of Serbia are scarce, especially those studied underground, the aim of this study was to make the first insight into the diversity of ECM fungi on sessile oak in Serbia by choosing two sessile oak stands situated in National Park Fruška gora.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Sampling site and procedures

Sampling was conducted in two sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) stands situated on the ridge of the mountain Fruška gora, at sites near Info center (N 45° 09' 14.9", E 19° 50' 40.2 and 483 m a. s. l.) and near viewpoint Brankovac (N 45° 09' 18.7", E 19° 45' 1.9 and 471 m a. s. l.). Other woody species present with a minor share were: *Acer campestre* L., *Sambucus nigra* L., *Cornus sanguinea* L., *Fraxinus ornus* L., *Tilia argentea* Desf. ex DC., and *Rubus idaeus* L. at the site Info center; and *Sambucus nigra* L., *Rubus idaeus* L., *Acer campestre* L., and *Tilia argentea* Desf. ex DC. at the site Brankovac.

Although Fruška gora spreads out in the zone with a moderate continental climate, the climate within the mountain area has subcontinental characteristics because of the change of the climatic characteristics along the height gradient and the forest cover. An exception is the climate of the mountain's ridges, with cold winters and chilly summers. The lowest mean value of air temperature occurs in January and amounts - 0.6° C and the highest mean in July with 21.4° C, while the mean annual temperature is 11.2° C. According to the average monthly sum of precipitation in this area, the months with the most precipitations are May and June, while the driest are September and October. (<https://www.npfruskagora.co.rs/en/hidrology-and-climate/>). At the weather station Iriški venac for period 1965–1990 average pre-

cipitation amount per season is as follows: winter 180 mm, spring 198 mm, summer 252 mm, and autumn 161 mm, the average amount of precipitation in the vegetative period is 443.6 mm and average annual amount of precipitation is 791.4 mm (Babić 2015).

Soil sampling was performed at the end of October 2017, in the absence of snow cover, and ten soil samples were taken per site. The sampling was performed with a standardized soil corer (Kraigher 1999) (4 cm in diameter and 18 cm in length, making a total sample volume of 274 mL), 0.5–1 m from the target tree, as far as possible from non-target trees. Soil samples were stored at 4°C for up to two months. Prior to analyses, each sample was submerged in cold tap water to loosen the soil structure. All roots were carefully washed from the soil. Using a dissecting microscope Olympus SZX 10 (Olympus Corp., Tokyo Japan) with magnifications 10–63× (light source: Olympus Highlight 3100, daylight filter), all fine roots were separated as vital ECM root tips or as old, nonturgid and unidentifiable. Vital ECM root tips were categorized into different morphotypes of ectomycorrhizae based on their morphological and anatomical characteristics. Later ones were assessed using a microscope (Olympus BX 53*, Olympus Corp., Tokyo Japan) with magnifications 100–1000×. Morphotypes of ectomycorrhizae were described following the methodology given by Agerer (1991) and Kraigher (1996). If it was possible, a fungal partner was identified by comparison with published descriptions in Agerer *et al.* (2006), Agerer (2008), or Agerer and Rambold (2020).

Morphotypes of ectomycorrhizae were also classified into the ETs as proposed by Agerer (2001). All vital ECM root tips were counted. The granulometric and chemical composition of soil were analyzed as well.

Molecular identification of ectomycorrhizal fungi

Confirmation of fungal partners in ectomycorrhiza using molecular methods was based on PCR amplification of fungal nuclear rDNA internal transcribed spacer (ITS) region. Total genomic DNA was extracted from ECM root tips using a DNeasy® Plant Mini Kit (Qiagen, Hilden, Germany). If DNA extraction of representative root tips of some morphotype of ectomycorrhiza was not successful and morpho-an-

atomical identification was insufficient to determine the ECM fungus, this ECM morphotype was labeled as an “unidentified” type. Amplifications were performed with ITS-1F (Gardes and Bruns 1993) and ITS 4 primer pair (White *et al.* 1990). The amplification reaction was performed in Eppendorf Master cycler (Eppendorf AG, Hamburg, Germany). Negative controls with no fungal DNA were run for each experiment to check for any contamination. The PCR mixture for one sample was composed of 2.5 µL of 10× Gold Buffer, 2 µL of deoxynucleotide triphosphates (0.2 mM each), 0.6 µL of each primer (10 µM each), 2 µL of MgCl₂ (2.0 mM), 15 µL of sterile distilled water, 0.3 µL of Taq polymerase (5 U µL⁻¹), and 2 µL of a DNA extract. Thermal cycling conditions were as follows: initial denaturation and polymerase activation at 95°C for 5 min; 13 cycles at 94°C for 45 s, 55°C for 55 s and 72°C for 45 s.; 13 cycles at 94°C for 45 s, 55°C for 55 s and 72°C for 120 s; 12 cycles at 94°C for 45 s, 55°C for 55 s and 72°C for 180 s and a final extension at 72°C for 10 min. Amplified DNA fragments were separated and purified from the agarose gel using the QIAquick gel extraction kit and QIAquick PCR purification kit (Qiagen, Valencia, CA, USA) and sent for sequencing in Macrogen Europe B.V. Species, genus, or family of ECM fungi were determined by comparing the sequences to those deposited in GenBank (NCBI 2020) and UNITE (Nilsson *et al.* 2018) database.

Data analysis

Diversity indexes were calculated per sample and per site (i. e. by pooling the ECM community data) following the formulas given by Atlas and Bartha (1981): (i) Species richness (d) = (S-1)/log₁₀N, where S is the number of ECM fungal taxa and N is the number of all mycorrhizal tips; (ii) Shannon-Weaver's diversity index (H) = C/N(NlogN-Σn_ilogn_i), where C=2.3, N is the number of all mycorrhizal tips and n_i is the number of mycorrhizal tips of an individual ECM fungal taxon.

RESULTS REZULTATI

According to the granulometric and chemical composition of soil samples taken in studied sessile oak stands, soil on

Table 1. Granulometric and chemical composition of soil from sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) stands located at two sites in National Park Fruška gora

Tablica 1. Granulometrijski i kemijski sastav tla u sastojinama hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) na dva lokaliteta u Nacionalnom parku Fruška gora

Site/Lokacija	Granulometric composition/Granulometrijski sastav							Chemical composition/Kemijski sastav				
	Coarse sand (%)/ Krupni pijesak (%)	Fine sand (%)/ Sitan pijesak (%)	Silt (%)/ Prah (%)	Clay (%)/ Glina (%)	Total sand (%)/ Ukupan pijesak (%)	Total clay (%)/ Ukupna glina (%)	Texture class/ Teksturna klasa	pH/pH	Calcium carbonate (%)/ Kalcijev karbonat (%)	Humus (%)/ Humus (%)	Nitrogen (%)/ Dušik (%)	Carbon (%)/ Ugljik (%)
Info center/ Info centar	10.9	37.7	38.5	12.9	48.6	51.4	loam/ ilovača	5.23	1.18	2.11	0.11	1.20
Brankovac/ Brankovac	9.6	31.9	45.1	13.4	41.4	58.6	loam/ ilovača	5.46	1.75	2.52	0.13	1.41

Table 2. Total and average values of the number of ectomycorrhizal fungal taxa, vital ectomycorrhizal root tips, and diversity indices in sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) stands located at two sites in National Park Fruška gora

Tablica 2. Ukupne i prosječne vrijednosti broja taksona ektomikoriznih gljiva, vitalnih ektomikoriznih korijenskih vrhova i indeksa raznolikosti u sastojinama hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) smještenih na dva lokaliteta u Nacionalnom parku Fruška gora

Parameter/Parametar	Info center/Info centar		Brankovac/Brankovac	
	Total value per site/Ukupna vrijednost po lokaciji	Average value per sample/Prosječna vrijednost po uzorku	Total value per site/Ukupna vrijednost po lokaciji	Average value per sample/Prosječna vrijednost po uzorku
Number of ectomycorrhizal fungal taxa/ Broj taksona ektomikoriznih gljiva	17	2.8±0.6	12	3.3±0.4
Number of vital ectomycorrhizal root tips/ Broj vitalnih ektomikoriznih korijenskih vrhova	1719	171.9±53.5	1258	129±27.2
Species richness index/Indeks bogatstva vrsta	4.94	0.86±0.21	3.54	1.10±0.21
Shannon-Weaver index/Shannon-Weaver-ov indeks	2.27	0.69±0.18	2.09	0.87±0.13

both sites is acidic and belongs to textural class loam with high silt content (Table 1) suggesting relatively strong water absorption by soil particles and poor water availability for

plants. On the other hand, soils in both stands belong to moderate humous soils and are well provided with nitrogen (Table 1).

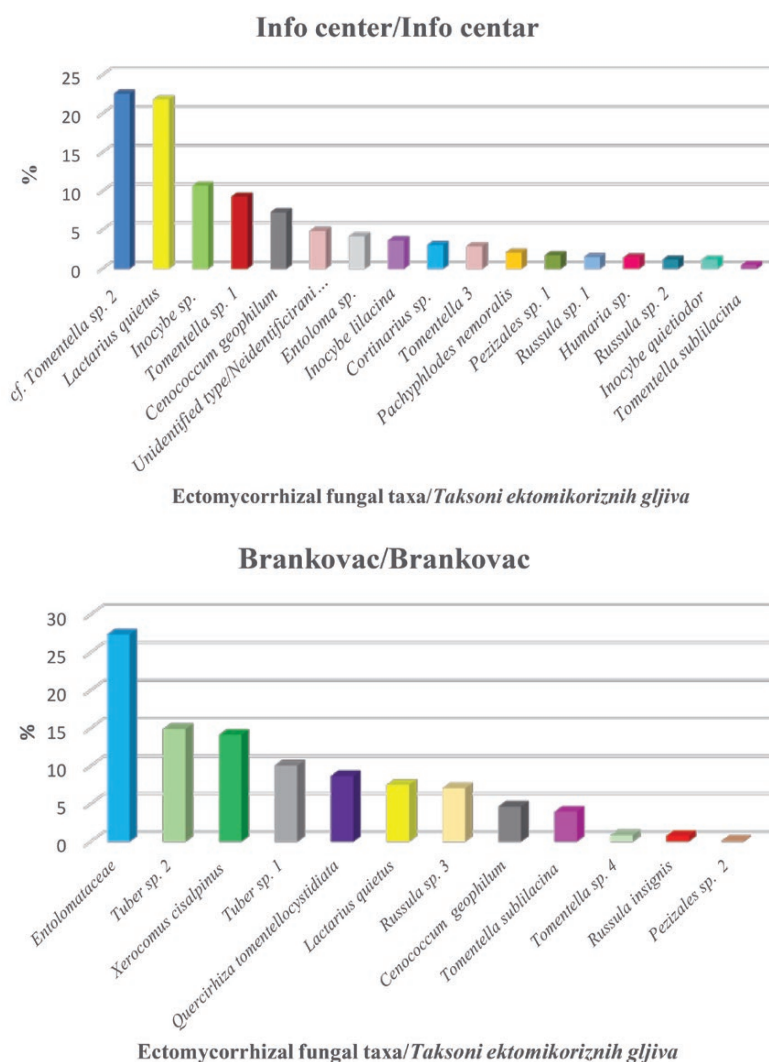


Figure 1. Relative abundance of ectomycorrhizal fungal taxa (based on the number of ectomycorrhizal root tips belonging to the particular ectomycorrhizal fungal taxon in relation to all ectomycorrhizal root tips) in sessile oak stands from sites **A** Info center and **B** Brankovac

Slika 1. Relativna brojnost taksona ektomikoriznih gljiva (na temelju broja ektomikoriznih korijenskih vrhova koji pripadaju određenom taksonu ektomikoriznih gljiva u odnosu na sve ektomikorizne korijenske vrhove) u sastojinama hrasta kitnjaka sa lokaliteta **A** Info centar i **B** Brankovac

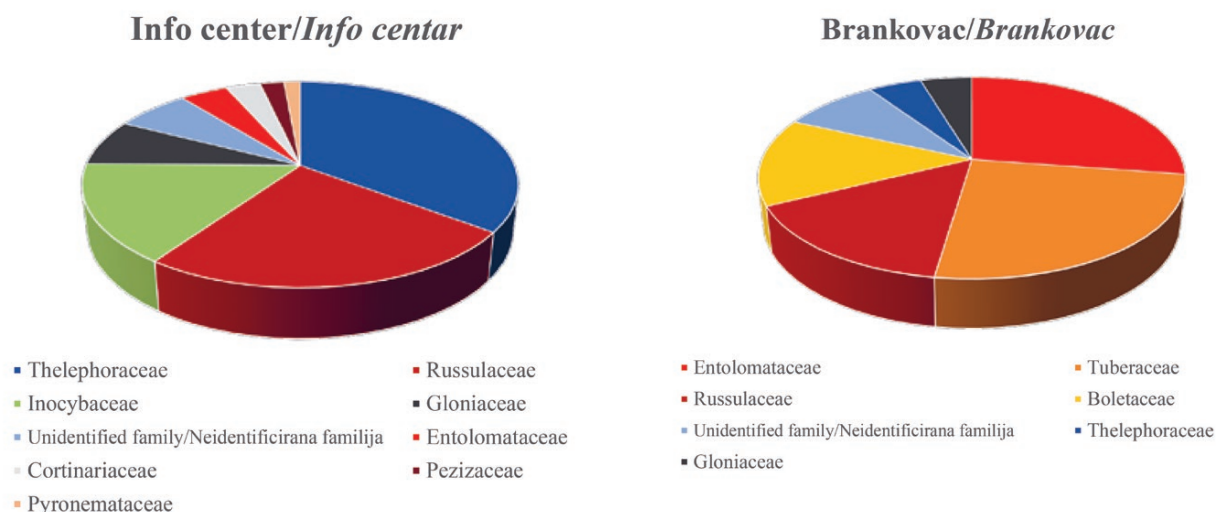


Figure 2. Relative abundance of taxonomic families of ectomycorrhizal fungi based on the number of ectomycorrhizal root tips belonging to a particular family in relation to all ectomycorrhizal root tips in sessile oak stands from sites **A** Info center and **B** Brankovac

Slika 2. Relativna brojnost taksonomskih porodica ektomikoriznih gljiva na temelju broja ektomikoriznih korijenskih vrhova koji pripadaju određenoj porodici u odnosu na sve ektomikorizne korijenske vrhove u sastojinama hrasta kitnjaka sa lokaliteta **A** Info centar i **B** Brankovac

The total number of ECM fungal taxa recorded at the site Info center was somewhat higher than the one recorded at the site Brankovac (Tab. 2, Supplement Tab. 1). At both sites, a similar number of ECM fungal taxa was recorded per soil sample. The total number of vital ECM root tips counted in the sessile oak stand at Info center was almost 50% higher than at Brankovac. Although the total number of recorded ECM fungal taxa was higher at the site Info center, the average number of ECM fungal taxa and values of diversity indices calculated per soil sample were higher at the site Brankovac (Tab. 2).

In soil samples taken in sessile oak stands at sites Info center and Brankovac, 26 ECM fungal taxa were recorded in total (Fig. 1). Nine ECM fungi were identified to a species level, 13 to a genus level, one to a family level, two to an order level, and one ECM fungus remained unidentified. Among all observed ECM fungi only *Tomentella subulilacina*, *Lactarius quietus* and *Cenococcum geophilum* were recorded at both sites. At the site Brankovac, the most abundant ECM fungi were cf. *Tomentella* sp. 2 and *Lactarius quietus* with relative abundance higher than 20%, then *Inocybe* sp. which made association with 10% of all root tips. At the site Brankovac dominating ECM fungus, identified as *Entolomataceae* sp., was associated with almost 30% of all ECM root tips, while *Tuber* sp. 2 and *Xerocomus cisalpinus* had relative abundance higher than 10%. At both sites three most abundant ECM fungi associated with more than 50% of all ECM roots (Fig. 1).

At the site Info center dominant fungal taxonomic families were *Thelephoraceae*, *Russulaceae*, and *Inocybaceae* which together encompassed more than 75% of all vital ECM root tips (Fig. 2A). Moreover, these three families were the most

species-rich families at this site (Fig. 3A). On the other hand, at site Brankovac the most abundant families were *Entolomataceae*, *Tuberaceae*, *Russulaceae*, and *Boletaceae* and their individual relative abundances were above 10% (Fig. 2B). However, family *Russulaceae* was the most species-rich at this site followed by *Tuberaceae* and *Thelephoraceae* (Fig. 3B). At both sites, ECM fungi belonging to the phylum *Basidiomycota* dominated the ECM community. ECM fungi belonging to *Ascomycota* were more abundant at the site Brankovac in comparison with Info center (data not shown).

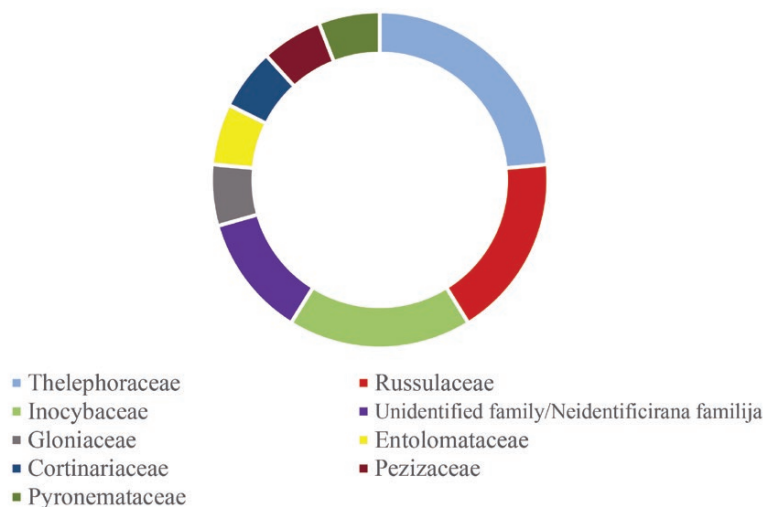
At the site Info center short distance ET dominated, followed by contact ET and medium-distance ET, while long-distance ETs were not found at all. On the other hand, at the site Brankovac the most abundant was contact ET followed by short-distance ET and medium-distance ET, while long-distance ET was the least abundant (Tab. 3).

Table 3. Relative abundance ($\pm$ standard error) (%) of ectomycorrhizal exploration types in sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) stands located at two sites in National Park Fruška gora

Tablica 3. Relativna brojnost ($\pm$ standardna pogreška) (%) ektomikoriznih eksploracijskih tipova u sastojinama hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) smještenih na dva lokaliteta u Nacionalnom parku Fruška gora

Exploration type/ Eksploracijski tip	Info center/ Info centar	Brankovac/ Brankovac
Contact/Kontakti	33.8 $\pm$ 11.8	43.3 $\pm$ 9
Short-distance/Kratkih udaljenosti	51 $\pm$ 12.0	23.9 $\pm$ 8.4
Medium-distance smooth/ Srednjih udaljenosti glatki	9 $\pm$ 9	0
Medium-distance fringe/ Srednjih udaljenosti sa resama	6.2 $\pm$ 4.6	22.8 $\pm$ 7.7
Long-distance/Dugih udaljenosti	0	10.0 $\pm$ 6.9

Info center/*Info centar*



Brankovac/*Brankovac*

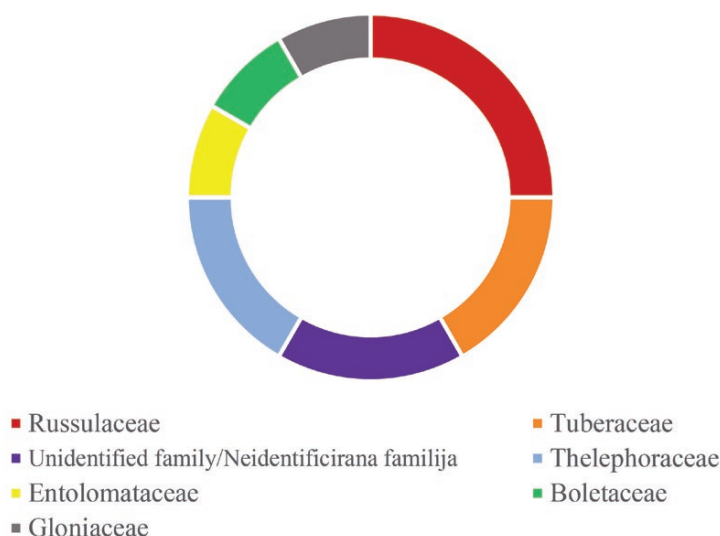


Figure 3. Species richness of taxonomic families of ectomycorrhizal fungi based on the number of ectomycorrhizal taxa belonging to a particular family in relation to all ectomycorrhizal taxa in sessile oak stands from sites **A** Info center and **B** Brankovac

Slika 3. Bogatstvo vrsta taksonomskih porodica ektomikoriznih gljiva na temelju broja ektomikoriznih taksona koji pripadaju određenoj porodici u odnosu na sve ektomikorizne taksone u sastojinama hrasta kitnjaka sa lokaliteta **A** Info centar i **B** Brankovac

DISCUSSION

RASPRAVA

In two sessile oak stands in National Park Fruška gora studied in autumn, 26 different ECM fungal taxa were recorded in total, of which 14 taxa were observed only at the site Info center, nine taxa only at the site Brankovac and three ECM fungal taxa on both sites. However, an analysis of ectomycorrhizas across nine European countries at long-term and intensively monitored oak plots, showed that the average richness was 55, ranging from 24 fungal taxa in the Netherlands to 83 in Romania (Suz *et al.* 2014). In a temperate oak forest in northeast France, 75 fungal symbionts were

recorded in 15 months (Courty *et al.* 2008). In two stands of *Q. robur* and *Q. petraea* in Austria, 46 and 38 ECM morphotypes were differentiated within 3 years (Kovacs *et al.* 2000). The number of ECM fungi recorded in our study was considerably lower in comparison to these studies. Differences in the obtained number of ECM taxa could be due to the lower number of soil samples taken in our study and the fact that sampling was done only in one season. Abundant species are prone to be present all year long, some species occur only in a particular season or month, while some ECM fungi are present all year long but with fluctuating abundance (Courty *et al.* 2008). On the other hand, species

richness recorded in our research was similar to the one obtained in three declining pedunculate oak stands in western Poland where a total of 18 ECM fungal species was revealed and ECM fungal species richness ranged from 11 to 15 taxa (Bzdyk *et al.* 2019). Also, in the forest of the Taurus mountains in Central Germany, 18 different ECM genera and species were determined on sessile oak (Schirkonyer *et al.* 2013), while in Ireland 21 ECM taxa were found on native oaks *Q. petraea* and *Q. robur* (O'Hanlon and Harrington, 2012).

On average, three ECM fungi were recorded in soil samples from sites Info center and Brankovac. This is considerably lower in comparison to oak stands in Austria where eight morphotypes were found averagely (Kovacz *et al.* 2000) and in the forest of *Q. ilex* in Spain where on average seven species were recorded (de Roman and de Miguel, 2005). Shannon-Weaver index per soil sample at sites Info center and Brankovac with values 0.7 and 0.9, respectively, is considerably lower compared to the ones recorded in oak stands in Austria where vital trees had Shannon-Weaver index 1.3-1.5 (Kovacz *et al.* 2000) and in the *Q. ilex* forest in Spain where this index was 1.2 in the burned stand and 1.3 in the control stand (de Roman and de Miguel 2005). However, if we compare total values of Shannon-Weaver index calculated for sites Info center and Brankovac (2.3 and 2.1, respectively) with the ones obtained by Kovacz *et al.* (2000) in Austria for aggregated soil samples taken under vital trees (in the range 2.6-2.7) we can conclude that these values are comparable.

The low average number of ECM fungal taxa and value of Species richness and Shannon-Weaver index per soil sample could be explained by the lack of precipitation, which is characteristic for the studied sites during September and October, when sampling was conducted. Also, the summer season in 2017 was one of the warmest for the period 2010-2017 (Galić *et al.* 2018). Drought caused dying out of a large number of roots and consequently high number of old, non-turgid, and nonmycorrhizal roots were observed in soil samples (data not shown), while the number of ECM fungal taxa per soil sample was decreased. Bzdyk *et al.* (2019) suggest that the number of vital and non-vital ECM roots is influenced by short-term factors such as local droughts, but these factors do not influence total ECM diversity which is supposed to be more susceptible to long-term trends.

At both sites, ECM community was made up of a few abundant taxa and a larger number of rare taxa. This is in accordance with numerous studies (Courty *et al.* 2008, O'Hanlon and Harrington 2012, Suz *et al.* 2014, Rosinger *et al.* 2018, Bzdyk *et al.* 2019). It is assumed that a large number of taxa present at low frequencies may constitute biological insurance for adaptation to changing environmental conditions. Namely, a more diverse ECM community that includes rare ECM species is important in case if ecological conditions change, as some dominant ECM fungi might not be adapted

to the new conditions (Penna *et al.* 2010, O'Hanlon and Harrington 2012).

Ectomycorrhizal fungi determined as *Lactarius quietus*, *Cenococcum geophilum*, and *Tomentella subulilacina* were recorded at both studied sites from Fruška gora. Similarly, the most abundant ECM fungi on temperate oaks across nine European countries were *Lactarius quietus*, *Cenococcum geophilum*, and *Russula ochroleuca* (Suz *et al.* 2014). Moreover, in a temperate oak forest *Lactarius quietus*, *Tomentella subulilacina*, *Cenococcum geophilum*, and *Russula* sp.1 were abundant and present all year long (Courty *et al.* 2008). *Lactarius quietus* is an oak specialist which was recorded as one of the most abundant and frequently occurring ECM fungi on temperate oaks across Europe (Voříšková *et al.* 2013, Bzdyk *et al.* 2019). *Cenococcum geophilum* is a species complex that is the most widely distributed making symbiosis with over 200 tree hosts (LoBuglio 1999). *C. geophilum* is also known for its ability to withstand extreme conditions, especially drought, but it is frequently found on oaks across Europe (de Roman and Miguel 2005, Schirkonyer *et al.* 2013).

Families *Russulaceae*, *Cortinariaceae* and *Thelephoraceae* were reported to be dominant in temperate and Mediterranean oak forests (Courty *et al.* 2008, Richard *et al.* 2011). Moreover, research of ectomycorrhizae in temperate oak forests across Europe revealed that the most abundant family was *Russulaceae*, followed by *Gloniaceae*, *Thelephoraceae*, and *Cortinariaceae* (Suz *et al.* 2014). A higher number of ECM fungal taxa belonging to the phylum Basidiomycota in comparison to Ascomycota obtained in our study is concordant to many previous studies (Richard *et al.* 2011, Suz *et al.* 2014; Bzdyk *et al.* 2019 etc.)

Classification of ectomycorrhizae based on ETs connects ECM fungal morphology with their ecology (Agerer 2001). Each exploration type has different functional traits and different capabilities to take up and translocate nutrients and to store carbon (Hobbie and Agerer 2010). Furthermore, it was proven that ETs have site indication value, particularly in relation to nutrients availability and soil composition (Rudawska *et al.* 2011).

At both sites on the mountain Fruška gora, contact and short-distance ETs dominated. According to Bzdyk *et al.* (2019), the contact ET is considered well adapted to soil layers rich in organic matter and to relatively nutrient-rich conditions. In contrast, ETs with abundant mycelial biomass, such as the long-distance ET, were found to be well adapted to nutrient-poor conditions, especially poor in nitrogen (N) (Hobbie and Agerer 2010). Usually, mycorrhizae with contact, short- and medium-distance smooth ETs seem to use labile, mainly inorganic N, while medium distance fringe and mat, and long-distance ETs are believed to use organic N and have degradation enzymes with the strongest potential activities (Lilleskova *et al.* 2011, Suz *et al.* 2014).

Mean annual temperature, pH, and tree species significantly influenced the distribution of the different ETs on root tips of beech, spruce and pine stands across Europe (Rosinger *et al.* 2018). Contact or short-distance ETs of ECM fungi had mostly broad environmental ranges. In contrast, long-distance ETs of ECM fungi were particularly restricted to sites with high mean annual temperatures and low precipitation. Shorter distance ETs are favored in colder climates where soils were richer in total N and plant carbon loss is smaller. On the other hand, long-distance ETs of ECM fungi that dominated communities in warmer and less fertile environments are more carbon demanding (Rosinger *et al.* 2018, Defrenne *et al.* 2019). A high abundance of contact and short-distance ETs recorded in analysed stands on Fruška gora suggests that these soils are sufficiently rich in total nitrogen and organic matter which is concordant with the measured content of humus and nitrogen in the soils.

A potential positive role of ECM functional diversity is indicated by finding the highest diversity of ETs in stands with the best tree health status (Bzdyk *et al.* 2019). Furthermore, a high diversity of ETs can make communities more resilient to environmental change (Suz *et al.* 2014). Thus, it is important to conserve the diversity of ECM fungi and also the diversity of their ETs in our forests.

CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

This work presents results of the first study of the diversity of ECM fungi on sessile oak in Serbia. In two sessile oak stands situated in National Park Fruška gora, 26 ECM fungal taxa were described and identified mostly with molecular methods. Fourteen taxa were observed only at the site Info center, nine taxa only at the site Brankovac while *Lactarius quietus*, *Cenococcum geophilum*, and *Tomentella subulacina* were recorded at both sites. Contact and short-distance exploration types dominated in studied stands suggesting that soils are sufficiently provided with total nitrogen and organic matter. Lower values of diversity indices in sessile oak stands from Fruška gora in comparison to different oak species across Europe can be explained by drought which lasted during the summer at studied sites. In order to get a more thorough insight into the diversity of ECM fungi on sessile oak in Serbia, research should be continued at more sites and seasonal dynamics should be included as well.

ACKNOWLEDGEMENT ZAHVALA

The study was realized within the project “Bioecological studies of sessile oak for the purpose of sustainable forest management in the National Park “Fruška gora” financed

by the Republic of Serbia, Autonomous Province of Vojvodina, Provincial Secretariat for Higher Education and Scientific Research and the project 451-03-9/2021-14/ 200197 financed by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia

REFERENCES LITERATURA

- Agerer, R., R.M., Danielson, S., Egli, K., Ingleby, D., Luoma, R., Treu, 2006: Descriptions of ectomycorrhizae 10th ed., Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd
- Agerer, R., G., Rambold, 2020: DEEMY – An Information System for Characterization and Determination of Ectomycorrhizae, www.deemy.de
- Agerer, R., 1991: Characterisation of ectomycorrhiza, Techniques for the study of mycorrhiza, In: Norris, J.R., D.J., Read, A.K., Varma (Eds). Methods in Microbiology 23, Academic Press, 25-72, London
- Agerer, R., 2008: Colour Atlas of Ectomycorrhizae. 13th ed., Einhorn-Verlag, Schwäbisch Gmünd
- Agerer, R., 2001: Exploration types of ectomycorrhizae. A proposal to classify ECM mycelial systems according to their patterns of differentiation and putative ecological importance, Mycorrhiza, 11: 107-114.
- Atlas, R., R., Bartha, 1981: Introduction to microbiology. Addison-Wesley Publishing Company, 242-244, Reading
- Babić, V., 2015: Klimatske katakteristike Fruške Gore. Šumarstvo 67(4):25-38. [in Serbian with English summary]
- Banković, S., M., Medarević, D., Pantić, N., Petrović, 2009: Nacionalna inventura šuma Republike Srbije - šumski fond Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije - Uprava za šume, Beograd
- Bzdyk, R.M., J., Olchowik, M., Studnicki, J.A., Nowakowska, T., Oszako, A., Urban, D., Hilszczańska, 2019: Ectomycorrhizal Colonisation in Declining Oak Stands on the Krotoszyn Plateau, Poland. Forests, 10(30): 1-21.
- Courty, P.E., A., Frank, J.C., Pierrat, J., Garbaye, 2008: Temporal changes in the ectomycorrhizal community in two soil horizons of a temperate oak forest. Appl Environ Microbiol, 74(18): 5792-5801.
- De Roman, M., A.M., De Miguel, 2005: Post-fire, seasonal and annual dynamics of the ectomycorrhizal community in a *Quercus ilex* L. forest over a 3-year period. Mycorrhiza, 15: 471-482.
- Defrenne, C.E., T.J., Philpott, S.H.A., Guichon, W.J., Roach, B.J., Pickles, S.W., Simard, 2019: Shifts in ectomycorrhizal fungal communities and exploration types relate to the environment and fine-root traits across interior douglas-fir forests of Western Canada. Front Plant Sci, 10:643.
- Ducousso, A., S., Bordacs, 2004: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6 p.
- Eaton, E., G., Caudullo, S., Oliveira, D., de Rigo, 2016: *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayán, J. D., de Rigo, G., Caudullo, T., Houston Durrant, A., Mauri (Eds) European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, 160-163, Luxembourg

- Engelmann, H.D., 1978: Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. *Pedobiologia*, 18:378-380. [in German]
- French, K.E., 2017: Engineering mycorrhizal symbioses to alter plant metabolism and improve crop health, *Front. Microbiol.*, 8: 1403.
- Galić Z., M., Drekić, V., Vasić, S., Pekeć, L., Kesić, Z. Novčić, 2018: Monitoring temperaturnih uslova u šumskim ekosistemima na nivou II praćenja prekograničnog zagađenja u delu Republike Srbije - AP Vojvodini. *Topola/Poplar*, 201/202: 15-32. [in Serbian with English summary]
- Gardes M., T.D., Bruns, 1993: ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Mol Ecol*, 2: 113-118.
- Hobbie, E.A., R., Agerer, 2010: Nitrogen isotopes in ectomycorrhizal sporocarps correspond to belowground exploration types. *Plant Soil*, 327: 71-83.
- Kesić, L. S., Stojnić, S., Orlović, L., Pavlović, R., Lozjanin, A., Tepavac, E., Vaštag, 2018: Varijabilnost morfoloških karaktera žira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), kitnjaka (*Q. petraea* (Matt.) Lieb.) i cera (*Q. cerris* L.) *Topola/Poplar*, 201/202:187-201. [in Serbian with English summary]
- Kovacs, G., M., Pausch, A., Urban, 2000: Diversity of ectomycorrhizal morphotypes and oak decline. *Phyton* (Horn, Austria), 40(4): 109-116.
- Kraigher, H., S., Al Sayegh-Petkovšek, 2011: Mycobioindication of stress in forest ecosystems. In: Rai, M., A., Varma (Eds). *Diversity and biotechnology of ectomycorrhizae* vol 25, *Soil Biology*, Springer, 301-322, Berlin, Heidelberg
- Kraigher, H., 1999: Diversity of types of ectomycorrhizae on Norway spruce in Slovenia. *Phyton*, 39(3): 199-202.
- Kraigher, H., 1996: Tipi mikorize: taksonomija, pomen, aplikacija. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*. 49: 33-66 [In Slovenian with English summary]
- Lilleskova, E.A., E.A., Hobbie, T.R., Horton, 2011: Conservation of ectomycorrhizal fungi: exploring the linkages between functional and taxonomic responses to anthropogenic N deposition. *Fungal ecol*, 4: 174 -183.
- LoBuglio, K.F., 1999: *Cenococcum*. In: *Ectomycorrhizal fungi key genera in Profile*. Springer, 287-309, Berlin, Heidelberg
- National Park Fruška gora, 2020: Hidrology & Climate, Available: <https://www.npfruskagora.co.rs/en/hidrology-and-climate/>
- NCBI GenBank, 2020; Accessed: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/index.html>.
- Nilsson, R.H., K.-H., Larsson, A.F.S., Taylor, J., Bengtsson-Palme, T.S., Jeppesen, D., Schigel, P., Kennedy, K., Picard, F.O., Glöckner, L., Tedersoo, I., Saar, U., Kõljalg, K., Abarenkov, 2018: The UNITE database for molecular identification of fungi: handling dark taxa and parallel taxonomic classifications. *Nucleic Acids Res*, 47: 259-264.
- O'Hanlon, R., T. J., Harrington, 2012: Similar taxonomic richness but different communities of ectomycorrhizas in native forests and non-native plantation forests. *Mycorrhiza*, 22(5): 371-82.
- Pena, R., C., Offermann, J., Simon, P.S., Naumann, A., Geßler, J., Holst, H., Mayer, I., KögelKnabner, H., Rennenberg, A., Polle A., 2010: Girdling affects ectomycorrhizal diversity and reveals functional differences of EM community composition in a mature beech forest (*Fagus sylvatica*). *Appl Environ Microbiol.*, 76: 1831-1841.
- Richard, F., M., Roy, O., Shahin et al., 2011: Ectomycorrhizal communities in a Mediterranean forest ecosystem dominated by *Quercus ilex*: seasonal dynamics and response to drought in the surface organic horizon. *Ann. For. Sci.*, 68: 57-68.
- Rosinger, C., H., Sandén, B., Matthews, M., Mayer, D.L., Godbold, 2018: Patterns in ectomycorrhizal diversity, community composition, and exploration types in european beech, pine, and spruce forests. *Forests*, 445, <https://doi.org/10.3390/f9080445>
- Rudawska, M., T., Leski, M., Stasińska, 2011: Species and functional diversity of ectomycorrhizal fungal communities on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees on three different sites. *Ann forest sci*, 68: 5-15.
- Schirkonyer, U., C., Bauer, G., Rothe, 2013: Ectomycorrhizal diversity at five different tree species in forests of the Taunus Mountains in Central Germany. *Open J. Ecol.*, 03(01):66-81
- Selosse, M-A, F., Richard, X., He, S.W., Simard, 2006: Mycorrhizal networks: les liaisons dangereuses?, *Trends Ecol. Evol.*, 21: 621-628.
- Smith, S.E., E. Facelli, S. Pope, F.A. Smith, 2010: Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas, *Plant Soil* 326: 3-20.
- Smith, S.E., D.J. Read, 2008: *Mycorrhizal symbiosis*, Third edition, Elsevier Academic Press, 787p., London
- Stojanović, Lj., V. Isajev, D., Karadžić, M., Krstić, V., Bajić, M. Medarević, B., et al., 2007: Hrast kitnjak (*Quercus petraea* agg. Ehrendorfer 1967) u Srbiji. Stojanović, Lj. (Ed), Beograd: Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd [in Serbian]
- Suz, L.M., N., Barsoum, S., Benham, et al., 2014: Environmental drivers of ectomycorrhizal communities in Europe's temperate oak forests. *Mol. Ecol.*, 23(22):5628-5644.
- Voříšková, J., V., Brabcová, T., Cajthaml, P., Baldrian, 2014: Seasonal dynamics of fungal communities in a temperate oak forest soil. *New Phytol.*, 201(1): 269-78.
- White, T.J., T., Bruns, S., Lee, J., Taylor, 1990: Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M.A., D.H., Gelfand, J.J., Sninsky, T.J., White (Eds.) *PCR Protocols. A Guide to Methods and Applications*, Academic Press, 315-322, San Diego

SAŽETAK

Hrast kitnjak je jedna od ekonomski i ekološki najvažnijih vrsta listopadnog šumskog drveća u Evropi. U većini ekosustava umjerene klimatske zone zasnivanje, rast i preživljavanje stabala ovise o njihovoj zajednici sa ektomikoriznim (ECM) gljivama. Pri tome informacije o strukturi ECM zajednice mogu pružiti dragocjene informacije o funkcioniranju šumskih ekosustava. Međutim, podaci o razno-

likosti ECM gljiva na hrastovima u Republici Srbiji su rijetki. Cilj ovog istraživanja bio je pružiti prvi uvid u raznolikost ECM gljiva na hrastu kitnjaku u Srbiji. Odabrane su dvije lokacije Info centar i Brankovac, smještene u Nacionalnom parku Fruška gora. ECM gljive su identificirane kombiniranjem morfološke i anatomske karakterizacije s molekularnom analizom nuklearne rDNA ITS regije. Prebrojani su svi vitalni ECM korijenski vrhovi, izračunati indeksi raznolikosti i ECM gljive su klasificirane u eksploracijske tipove. Analiziran je i granulometrijski i kemijski sastav tla. Na obje lokacije zabilježeno je ukupno 26 taksona ECM gljiva, 17 taksona zabilježeno je na lokaciji Info centar i 12 taksona na Brankovcu. ECM zajednice sastojale su se od nekoliko brojnih ECM gljiva i većeg broja rijetkih ECM gljiva. Na obje lokacije zabilježeni su *Lactarius quietus*, *Cenococcum geophilum* i *Tomentella subulilacina*. Na lokaciji Info centar dominirale su porodice Thelephoraceae, Russulaceae i Inocybaceae, dok su na lokaciji Brankovac najzastupljenije familije bile Entolomataceae, Tuberaceae i Russulaceae. Velika brojnost kontaktnih i eksploracijskih tipova kratkih udaljenosti zabilježena u proučavanim sastojinama sugerira da su tla dovoljno bogata ukupnim dušikom i organskim tvarima. Vrijednosti indeksa raznolikosti zabilježene u proučavanim sastojinama hrasta kitnjaka s Fruške gore bile su niže u usporedbi s onima dobivenim u sastojinama različitih vrsta hrasta diljem Europe, što je vjerojatno uzrokovano sušom. Da bi se dobio temeljitiji uvid u raznolikost tipova ektomikoriza na hrastu kitnjaku, trebalo bi nastaviti s istraživanjima na više mjesta i uključiti sezonsku dinamiku.

KLJUČNE RIJEČI: ektomikoriza, *Quercus petraea*, morfo-anatomska karakterizacija, molekularna identifikacija, eksploracijski tipovi

EFFECTS OF PRETREATMENT, SOWING TIME, SOWING ENVIRONMENT AND CLIMATE FACTORS ON GERMINATION IN *ACER PSEUDOPLATANUS* L.

UTJECAJ PREDSJETVENE PRIPREME, VREMENA SJETVE, ZAŠTIĆENOG PROSTORA I KLIMATSKIH ČIMBENIKA NA KLIJAVOST SJEMENA VRSTE *ACER PSEUDOPLATANUS* L.

Zafer YÜCESAN^{1*}, Derya BAYRAM¹

SUMMARY

In this study, the effects of different sowing environment (greenhouse and nursery), pretreatment (cold moist stratification), different sowing time (autumn, spring and summer) and some climate factors (air temperature, relative air humidity, soil temperature and soil moisture) on the germination of *Acer pseudoplatanus* L. seeds were studied. Seeds were harvested from the tree located in the Karadeniz Technical University campus. Three different germination trials were carried out; (1) direct sowing in autumn after seed collection (Control), (2) sowing stratified seeds in spring (Stratification-1) and (3) sowing stratified seeds in summer (Stratification-2). During the germination trial processes, air temperature, relative air humidity, soil temperature and soil moisture were measured periodically. Thus, the germination percentage changes in different sowing environments have been established on the basis of some climate factors. Higher germination percentages were obtained in the autumn (Control) compared to the spring (Stratification-1) and summer (Stratification-2) sowings. The highest percentages of germination were determined in the control trials (70% in greenhouse and 58% in nursery). Obtained germination results based on different sowing times revealed secondary dormancy in *Acer pseudoplatanus* L. seeds. It has been determined that the mean germination time in the greenhouse (12 days) was shorter than the mean germination time in the nursery (18 days). In addition, the obtained results showed that stratification and sowing time have a positive effect on the mean germination time in the greenhouse. Because of getting the best germination rates, keeping some climate factors constant (21.0-24.9 °C air temperature; 17.0-19.9 °C soil temperature; 63.0-68.9% relative air humidity; 60.0-67.9% soil moisture) during the vegetative propagation practices in the greenhouse, should affect mass seedling production in *Acer pseudoplatanus* L.

KEY WORDS: Cold-moist stratification; sowing time; seed storage; greenhouse; nursery

¹ Assoc. Prof. Dr. Zafer Yücesan, Derya Bayram, forest engineer, Karadeniz Technical University Faculty of Forestry Forest Engineering Department

*Corresponding author: Assoc. Prof. Dr. Zafer YÜCESAN

Address: Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Forest Engineering Department, 61080, Ortahisar/Trabzon/Turkey.

e-mail: yucesan@ktu.edu.tr

Telephone: +90 462 3773527

Fax: +90 462 3257499

INTRODUCTION

UVOD

Sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) produces economically attractive timber, offers ecological services and has high land compatibility, but is only a small component of European forests (Vacek et al. 2018). Despite its potential economic and ecological significance (Spiecker et al. 2009), the share of the sycamore maple generally does not exceed 3% by most national inventories in Europe (Hein 2009). This low stand volume is due to the fact that the sycamore maple tree rarely forms pure forest stands (Jones 1945; Hein et al. 2009). In Turkey, it spreads around 1000 meters in the Black Sea coastal forests of Thrace (Gültekin 2007). Yaltırık (1971) stated that this species does not have a natural distribution area in Turkey, but it comes artificially.

As a result of the rapid increase of the world population and the expansion of the global economy, the pressure on natural resources is increasing day by day. As in many countries, a large part of the forests in Turkey have been damaged due to various reasons (climate change, fragmentation, social pressure and etc.) and forests could not provide the required benefits in terms of both quantity and quality. Moreover, since the decrease in forest areas as a result of rapid population growth will increase the need for wood raw material in the future, more forest areas and therefore planned afforestation works are needed for supplying increasing wood raw material demand and to prevent air, land and water pollution caused by industrialization (Ürgeç 1998).

Afforestation works are mostly established for various purposes such as water and soil protection, wood production and carbon sequestration. The effects of recent afforestation activities on biological diversity are also discussed. It is stated that the priority in afforestation studies is the need to protect the natural plant taxa in the area (Bremer and Farley 2010). Many researchers stated that sycamore increases biodiversity and ecological stability of forest ecosystems (Binggeli 1993; Pommerening 1997; Bell 2009) and it is soil-improving tree species that increased humus formation and nutrient cycling (Weber et al. 1993; Heitz and Rehfuess 1999). So, it is possible to say sycamore has an important potential to respond to projected future climate change (Kölling 2007; Hein et al. 2009). On account of, the species has value for both the forest sector and the wood processing industry especially in Central Europe (Spiecker et al. 2009; Thies et al. 2009; Vacek et al. 2018).

Maple seeds, which are in the category of orthodox and recalcitrant seeds during germination, may differ from species to species (Gültekin 2007). Seeds of maple species are considered by most researchers as seeds with germination barriers (Bradbeer 1988; Derkx 2000; Piotto et al. 2001; Gleiser et al. 2004; Zasada and Strong 2008). Although pericarp, seed coat and embryo dormancy are seen in maples,

there are differences between species in terms of morphological and physiological dormancy (Young and Young 1992). Depending on the dormancy types, there are different techniques for removing dormancy in *Acer* ssp. seeds. Cold-moist stratification is the widely used method for removing dormancy in many *Acer* species (Farmer and Cunningham 1981; Tylkowski 1995; Tremblay et al. 1996; Savage et al. 1998; Bourgoïn and Simpson 2004; Gültekin 2007; Farhadi et al. 2013; Erdoğan Genç and Üçler 2020a; Erdoğan Genç and Üçler 2020b). In addition, gibberellic acid also promotes removing seed dormancy and stimulates seed germination in many species (Chen and Chang 1972; Beyhan et al. 1999; Phartyal et al. 2003a; Drăghici and Abrudan 2010; Stejskalová et al. 2015; Kumar et al. 2017).

Seeds usually respond to a combination of different environmental factors such as light, temperature and soil moisture that best suit their structure (Baskin and Baskin 1998). Germination occurs at a certain thermal rate, so temperature is the determining factor for germination and is directly related to the ecological characteristics of the species (De Castro and Hilhorst 2004). For most species, the prevailing soil temperature determines both the growth and germination rate of the seeds (Heydecker 1977).

Main goals of the study are (1) to investigate the effects of cold-moist stratification, sowing time and sowing environment (greenhouse and nursery) on the germination ability of the sycamore maple seeds, (2) to determine the best suitable climate factors for better germination ability and (3) to create basis knowledge for the further studies in terms of mass seedling production.

MATERIAL AND METHODS

MATERIJALI I METODE

Seed material – Sjemenski materijal

Seeds harvested from a single sycamore maple tree which is located in the Kanuni campus of Karadeniz Technical University (40°59'47" N; 39°46'20" E) were used as material. Altitude of the location of the single seed family above sea level is approximately 100 meters and the exposure is north. The seeds were harvested in September 2017.

Seeds were collected by hand from the middle-inner part of the crown of the seed family. Collected seeds were cleared from branches, leaves and stems in laboratory. After cleaning and the visually injured or damaged ones of the seeds were removed, the extracted seeds without wings were air-dried (10% seed moisture content). The flotation method was applied by using 96% ethanol in order to separate healthy seeds. 400 (4x100) seeds were used to determine the fullness rate. By using 800 (8x100) seeds, the mean 1000 Kernel Weights (g) of the seeds were determined according to ISTA (1996). Mean 1000 Kernel Weights (g) of the harvested seeds

Table 1. Important hydrological properties of the soil in the greenhouse and nursery

Tablica 1. Važna hidrološka svojstva tla u stakleniku i rasadniku

Sowing Environment <i>Sjetveni Okoliš</i>	Hygroscopic moisture <i>Higroskopska vlaga (%)</i>	Wilting point <i>Točka venuća (%)</i>	Field capacity <i>Poljski kapacitet (%)</i>	Saturation <i>Saturacija (%)</i>	Available water holding capacity <i>Dostupni kapacitet zadržavanja vode (mm/cm)</i>	Hydraulic conductivity <i>Hidraulička provodljivost (cm/s)</i>
Nursery <i>Rasadnik</i>	4,70	12,50	23,80	59,20	1,10	10,16
Greenhouse <i>Staklenik</i>	5,40	19,50	31,90	53,30	1,20	2,31

Table 2. Important physical and chemical properties of the soil in the greenhouse and nursery

Tablica 2. Važna fizikalna i kemijska svojstva tla u stakleniku i rasadniku

Sowing Environment <i>Sjetveni Okoliš</i>	Bulk density <i>Nasipna gustoća (gr/cm³)</i>	Sand <i>Pijesak (%)</i>	Clay <i>Glina (%)</i>	Silt <i>Mulj (%)</i>	pH	Organic matter <i>Organska tvar (%)</i>
Nursery <i>Rasadnik</i>	1,08	72,63	10,58	16,79	5,26	6,71
Greenhouse <i>Staklenik</i>	1,24	58,69	26,51	14,80	4,84	5,37

was 184 g, and the fullness rate was 67%. Some important hydrological, physical and chemical properties of the soil used in seedbeds were shown in Table 1 and in Table 2.

Germination trials – *Pokusna ispitivanja klijavosti*

In this study, 3 different germination trials were tested. (1) First germination trial was the direct sowing after seed collection without any pretreatment (Control) which was constructed in November 2017 in the greenhouse and in the nursery. (2) Second germination trial (Stratification-1) was sowing seeds in spring after cold-moist stratification. Seeds were mixed with humidified sand with 40% moisture content in plastic bags and placed in a cooler at +4 °C for cold-moist stratification. Stratification should be continued until the first germinant appear in stratification medium (Piotto et al. 2001; Zasada and Strong 2008). After 90 days of cold-moist stratification, first germinant appeared in the stratification medium and ungerminated seeds were taken from the stratification medium and sown on seedbeds in the greenhouse and in the nursery in March 2018 (Stratification-1). (3) Third germination trial (Stratification-2) was sowing stored seeds in summer after cold moist stratification. Until the Stratification-2 trial started, some of the harvested seeds were placed in polyethylene bags with 10±2% moisture content and were stored in a cooler at +4 °C for five months. Stratification-2 was started in March 2018; stored seeds were mixed with humidified sand with 40% moisture content in plastic bags and placed in a cooler at +4 °C. Third sowing was done in June 2018 after 90 days of cold-moist stratification in the greenhouse and in the nursery. Both sowings were carried out by using the line sowing

method. Since the seedbed area was narrower than the nursery, line sowing method was applied with 5x30 sampling in the nursery and 6x25 sampling in the greenhouse.

During each germination trial process soil moisture, soil temperature, relative air humidity and air temperature values were measured and recorded on two days in the greenhouse and in the nursery to reveal the climate factors that affected germination. Grouped data was performed for soil temperature, air temperature, relative air humidity and soil moisture values and the intervals that the best germination percentages obtained were determined. Weed control was done regularly on the seedbeds and irrigation was carried out at regular intervals.

Determination of germination percentage and mean germination time – *Određivanje postotka klijavosti i prosječnog vremena klijavosti*

The germination percentage (GP) was calculated by the equation (1):

$$GP = ((\sum xi) \div N) \times 100 \quad (1)$$

Where xi is the number of germinated seeds on day i , N is the total number of tested seeds.

Mean germination time (MGT) was calculated by the equation (2):

$$MGT = \frac{(\sum ni) \times (\sum ti)}{T} \quad (2)$$

Where ni is the number of the days, ti is the number of germinated seeds in a given number of days, T is the total number of germinated seeds.

Statistical Analysis – Statistička analiza

One Way ANOVA test was used to determine whether the germination results were significantly different or not on the basis of different sowing environments, pretreatments, air temperature, soil temperature, relative air humidity and soil moisture. SPSS 20.0 statistical software was used to evaluate the obtained data.

RESULTS REZULTATI

Germination percentages – Postotak klijavosti

While the highest germination percentage (70%) in the greenhouse environment was obtained as a result of the control trial, the lowest germination percentage (24%) was obtained from the stratification-2 trial. Moreover, the highest germination percentage (58.1%) in the nursery was also obtained as a result of the control trial and the lowest germination percentage (10.5%) was obtained as a result of the stratification-2 trial. In the stratification-1 trial, the average germination percentage of 44% was obtained both in the greenhouse and in the nursery.

Air temperature and germination percentage – Temperatura zraka i postotak klijavosti

The highest germination percentages in the greenhouse were obtained as 54.7% at the 21.0–24.9 °C air temperature level in the control trial, as 30% at the same air temperature level in the stratification-1 trial and as 15% at the 25.0–28.9 °C air temperature level in the stratification-2 trial. The highest germination percentages in the nursery were obtained as 22% at the 13.0–16.9 °C air temperature level in the control trial, as 20.5% at the 17.0–20.9 °C air temperature level in the stratification-1 trial and as 8% at the 25.0–28.9 °C air temperature level in the stratification-2 trial.

No germination was observed after 29.0–32.9 °C air temperature level in the greenhouse. On the other hand, germination was observed at the 37.0–40.9 °C air temperature level in the nursery. In the control and in the stratification 1 trials, germination was started at lower air temperature levels in the nursery (9.0–12.9 °C and 13.0–16.9 °C respectively) than the greenhouse (17.0–20.9 °C). However, in the stratification 2 trial, germination was observed at the 25.0–28.9 °C air temperature levels both in the nursery and in the greenhouse (Figure 1).

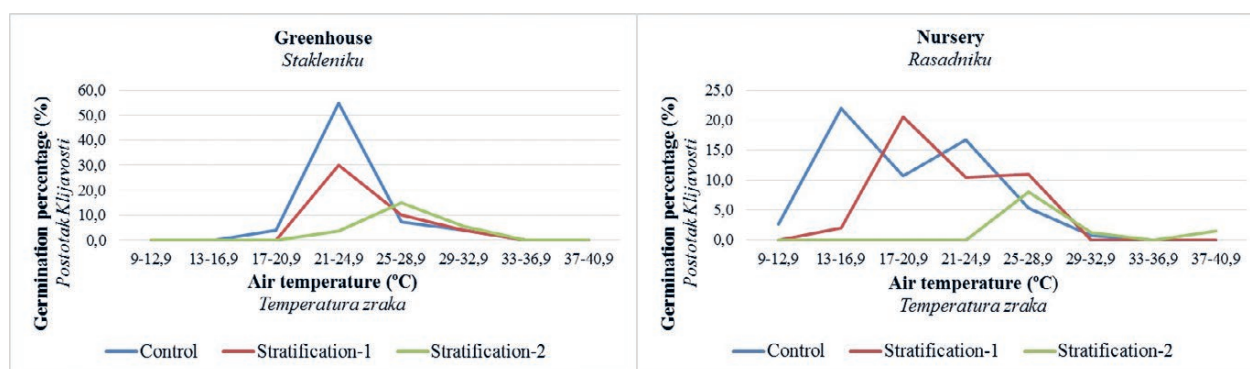


Figure 1. Germination percentages based on air temperature levels

Slika 1. Postoci klijanja s obzirom na temperaturu zraka

Table 3. Results of ANOVA on the basis of air temperature

Tablica 3. Rezultati ANOVA za temperaturu zraka

Variable Source Izvor varijabilnosti	Sum of squares Suma kvadrata	Degree of freedom Stupnjevi slobode	Mean square Srednji kvadrat	F – value F – vrijednost	p –value p – vrijednost
Sowing environment Sjetveni Okoliš	13,441	1	13,441	0,374	0,549
Pretreatment Predtretmani	275,650	2	137,825	3,834	0,044
Air temperature level Temperatura zraka	1787,716	7	255,388	7,104	0,001
Sowing environment* Air temperature level Sjetveni Okoliš* Temperatura zraka	861,496	7	123,071	3,423	0,020
Pretreatment* Air temperature level Predtretmani* Temperatura zraka	1175,013	14	83,929	2,335	0,050

ANOVA test results showed significant differences ($p < 0.05$) between germination percentages according to the pre-treatment, air temperature level, sowing environment*air temperature level and pre-treatment*air temperature level interactions. On the other hand, there were no significant differences between the greenhouse and nursery germination percentages (Table 3).

Soil temperature and germination percentage – *Temperatura tla i postotak klijavosti*

The highest germination percentages in the greenhouse were obtained as 43.3% at the 17.0-19.9 °C soil temperature level in the control trial, as 17.5% at the 20.0-22.9 °C soil temperature level in the stratification-1 trial, as 12.5% at the 23.0-25.9 °C soil temperature level in the stratification-2 trial. The highest germination percentages in the nursery were obtained as 20% at the 8.0-10.9 °C soil temperature level in the control trial, as 15% at the 14.0-16.9 °C soil temperature level in the stratification-1 trial and as 7% at the 26.0-28.9 °C soil temperature level in the stratification-2 trial. No germination was observed in the greenhouse while the soil temperature reached to the 14.0-16.9 °C level and after the soil temperature level of 26.0-28.9 °C. However,

germinations were observed in the nursery after the 29.0-31.9 °C soil temperature level in the stratification-2 trial. No germination was observed in the nursery while the soil temperature reached to the 23.0-25.9 °C level in the stratification-2 trial, but germinations were observed in the nursery at the 8.0-10.9 °C soil temperature level in the control and in the stratification-1 trials (Figure 2).

ANOVA Test results showed significant differences ($p < 0.05$) between germination percentages according to the pre-treatment and the soil temperature level. On the other hand, there were no significant differences between greenhouse and nursery germination percentages. Moreover no significant differences were found according to the sowing environment*soil temperature level and the pre-treatment*soil temperature level interactions (Table 4).

Relative air humidity and germination percentage – *Relativna vlažnost zraka i postotak klijavosti*

The highest germination percentages in the greenhouse were obtained as 33.3% at the 63.0-68.9 relative air humidity level in the control trial, as 21.5% at the 75.0-80.9% relative air humidity level in the stratification-1 trial and as 17.5% at the 81.0-86.9% relative air humidity level in the

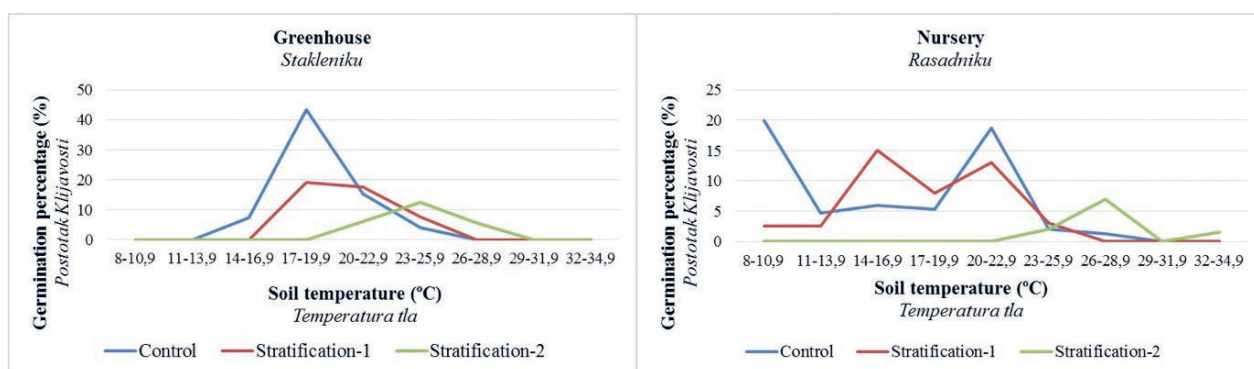


Figure 2. Germination percentages based on soil temperature levels
Slika 2. Postoci klijanja s obzirom na temperaturu tla

Table 4. Results of ANOVA on the basis of soil temperature

Tablica 4. Rezultati ANOVA za temperaturu tla

Variable Source Izvor varijabilnosti	Sum of squares Suma kvadrata	Degree of freedom Stupnjevi slobode	Mean square Srednji kvadrat	F – value F – vrijednost	p –value p – vrijednost
Sowing environment Sjetveni Okoliš	11,947	1	11,947	0,339	0,568
Pretreatment Predtretmani	244,034	2	122,017	3,461	0,050
Soil temperature level Temperatura tla	1038,599	8	129,825	3,682	0,010
Sowing environment * Soil temperature level Sjetveni Okoliš * Temperatura tla	570,766	8	71,346	2,023	0,102
Pretreatment * Soil temperature level Predtretmani * Temperatura tla	0,443	16	52,465	1,488	0,207

Table 5. Results of ANOVA on the basis of relative air humidity**Tablica 5.** Rezultati ANOVA za relativnu vlažnost zraka

Variable Source Izvor varijabilnosti	Sum of squares Suma kvadrata	Degree of freedom Stupnjevi slobode	Mean square Srednji kvadrat	F – value F – vrijednost	p – value p – vrijednost
Sowing environment Sjetveni Okoliš	10,837	1	10,837	,357	0,557
Pretreatment Predtretmani	220,075	2	110,038	3,628	0,045
Relative air humidity level Relativnu vlažnost zraka	496,848	9	55,205	1,820	0,127
Sowing environment * Relative air humidity level Sjetveni Okoliš * Relativnu vlažnost zraka	238,021	9	26,447	,872	0,565
Pretreatment * Relative air humidity level Predtretmani * Relativnu vlažnost zraka	981,445	18	54,525	1,798	0,103

stratification-2 trial. In the nursery, the highest germination percentages were obtained as 23% at the 57.0-62.9% relative air humidity level in the stratification-1 trial, as 20% at the 63.0-68.9% relative air humidity level in the control trial and as 8.5% at the 75.0-80.9% relative air humidity level in the stratification-2 trial.

While no germinations were observed after the 87.0-92.9% air humidity level in the control and in stratification-2 trials in the greenhouse, germinations were observed after the relative air humidity level of 87.0-92.9% in the stratification-1 trial. In the stratification-2 trial, no germination was observed up to the 69.0-74.9% relative air humidity level both in the greenhouse and in the nursery, but germinations were observed in the greenhouse at the 39.0-44.9% relative air humidity level in the control trial and at the 51.0-56.9% relative air humidity level in the stratification 1 trial. No germination was observed in the nursery up to the 45.0-50.9% relative air humidity level in the control and in the stratification-1 trial. Moreover, no germination was observed in the nursery after the 81.0-86.9% relative air humidity level in the stratification-1 trial. However, germinations were observed in the nursery after the 81.0-86.9% relative air humidity level in the control and in the stratification-2 trials (Figure 3).

ANOVA test results showed that there were no significant differences ($p < 0.05$) between germination percentages according to the relative air humidity levels, sowing environment*relative air humidity and pretreatment*relative air humidity interactions. On the other hand, significant differences were found between germination percentages according to the pretreatments (Table 5).

Soil moisture and germination percentage – Vlažnost tla i postotak klijavosti

The highest germination percentages in the greenhouse were obtained as 34.7% at the 60.0-67.9% soil moisture level in the control trial, as 12.5% at the 44.0-51.9% soil moisture level in the stratification-1 trial and as 15.5% at the 36.0-43.9% soil moisture level in the stratification-2 trial. In the nursery, the highest germination percentages were obtained as 29.3% at the 36.0-43.9% soil moisture level in the control trial, as 26.5% at the 20.0-27.9% soil moisture level in the stratification-1 trial and as 8% at the 60.0-67.9% soil moisture level in the stratification-2 trial.

No germinations were observed in the greenhouse until the soil moisture reached to the 36.0-43.9% level in the control trial. However, germinations were observed in the greenhouse at the 20.0-27.9% soil moisture level in the stratification-1 trial and at the 28.0-35.9% soil moisture level in the

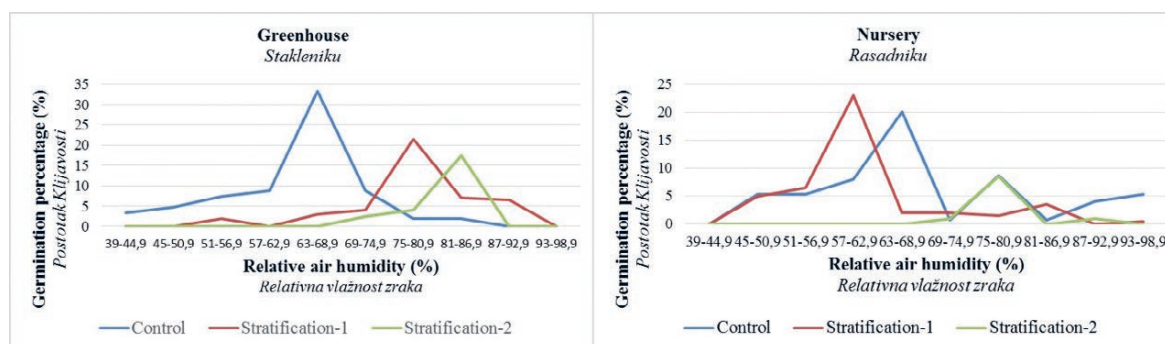
**Figure 3.** Germination percentages based on relative air humidity levels**Slika 3.** Postoci klijanja s obzirom na relativnu vlažnost zraka

Table 6. Results of ANOVA on the basis of soil moisture**Tablica 6.** Rezultati ANOVA za vlagu tla

Variable Source Izvor varijabilnosti	Sum of squares Suma kvadrata	Degree of freedom Stupnjevi slobode	Mean square Srednji kvadrat	F – value F – vrijednost	p –value p – vrijednost
Sowing environment Sjetveni Okoliš	0,560	1	0,560	0,011	0,919
Pretreatment Predtretmani	160,454	2	80,227	1,511	0,247
Soil moisture level Vlaga tla	786,371	8	98,296	1,851	0,132
Sowing environment * Soil moisture level Sjetveni Okoliš * Vлага tla	355,098	8	44,387	,836	0,583
Pretreatment * Soil moisture level Predtretmani * Vлага tla	614,076	16	38,380	0,723	0,741

stratification-2 trial. Germinations were observed in the nursery at the 20.0-27.9% soil moisture level in the control and in the stratification-1 trials, but germinations were observed at 44.0-51.9% soil moisture level in the stratification-2 trial. While no germinations were observed in the greenhouse after the 60.0-67.9% soil moisture level in the stratification-2 trial, germinations were observed after the 76.0-83.9% soil moisture level in the control trial and after the 84.0-91.9% soil moisture level in the stratification-1 trial. In the nursery no germinations were observed after the 60.0-67.9% soil moisture level in the stratification-1 and in the stratification-2 trials, but germinations were observed at the 76.0-83.9% soil moisture level in the control trial (Figure 4).

ANOVA test results showed that there were no significant differences ($p < 0.05$) between germination percentages according to the sowing environment, pretreatment, soil moisture levels, sowing environment*soil moisture level and pretreatment*soil moisture level interactions (Table 6).

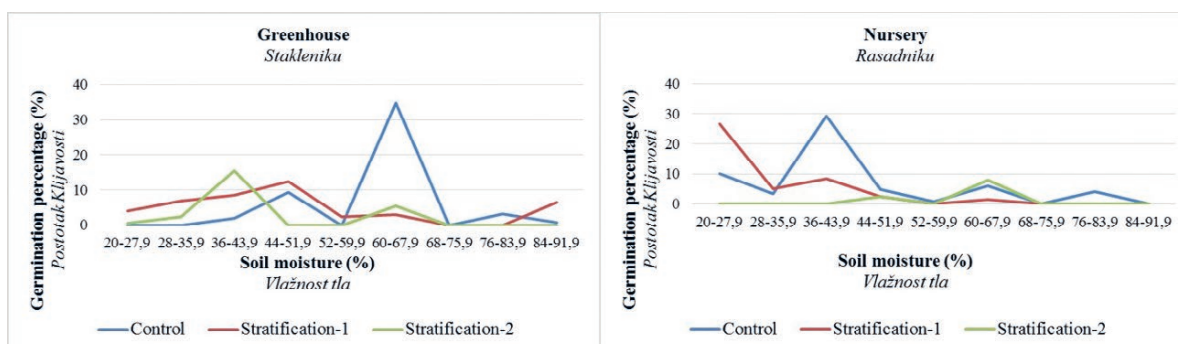
Mean germination time – Prosječno vrijeme klijanja

While the average germination time was determined as 18 days in the control trial in the greenhouse, it was determined as 10 days in the stratification-1 trial and 9 days in the stratification-2 trial. In the nursery, the mean germination

time was determined as 19 days in the control trial, as 25 days in the stratification-1 trial and as 9 days in the stratification-2 trial. It has been determined that the mean germination time in the greenhouse (12 days) was shorter than the mean germination time in the nursery (18 days). In addition, obtained results showed that stratification and sowing time have a positive effect on the mean germination time in the greenhouse.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS RASPRAVA I ZAKLJUČCI

In the germination trials, higher average germination percentages were obtained in the greenhouse compared to the nursery after the control and stratification-2 process, while the average germination percentages obtained after the stratification-1 process were realized at the same rate in both greenhouse and nursery. In many studies in the literature, it is stated that higher germination percentages were obtained in the germination studies performed in maples and in some other species in the greenhouse compared to the germination trials carried out in the nursery (Gök-türk et al. 2007; Özana 2019; Erdoğan Genç and Üçler 2020a; Erdoğan Genç and Üçler 2020b). Therefore, it is possible to state that the sudden environmental factor

**Figure 4.** Germination percentages based on soil moisture levels**Slika 4.** Postoci klijanja s obzirom na vlažnost tla

changes that occur during the germination process which affect the seed physiology are more controllable in the greenhouse environment.

At the same time, the highest germination percentages were determined in the control process both in the greenhouse and in the nursery. Therefore, the highest germination percentages were achieved in autumn sowings both in the greenhouse and in the nursery. In other words, the positive effect of the stratification process on the germination percentage was not revealed in this study. In many studies conducted on different species of maple, it is stated that the stratification process at varying times has a positive effect on the germination percentage (Tillberg and Pinfield 1982; Pinfield and Stutchbury 1990; Suzka et al. 1996; Evans and Blazich 1999; Yang and Lin 1999; Macdonald 2000; Phartyal et al. 2002; Erdoğan Genç and Üçler 2020a; Erdoğan Genç and Üçler 2020b). Stratification was continued until the first germinant appear in stratification medium. So, there should be no mistake about the applied stratification time. Although it has been stated in many studies on maple species that the stratification process has a positive effect on the germination percentage, obtaining the highest germination percentages in the seeds sown in the autumn without any pretreatment should be concluded that the sowing time, storage time and storage conditions were also extremely effective on the germination percentage in sycamore maple. In other words, it is possible to state that the sowing time, storage time and storage conditions might be caused changes in seed physiology. Hong and Ellis (1996) stated that the storage of seeds is related to properties such as seed shape, weight and moisture content in shedding period and those two important criteria such as seed moisture rate and 1000 seed weight at maturity stage play a determinant role in seed storage in maple species. Phartyal et al. (2003b) indicated that Himalayan maple seed desiccated to 5.91% moisture content had a significant effect on the extension of viability compared to other moisture content levels irrespective of storage temperature. Therefore, $10 \pm 2\%$ seed moisture content applied during storage in sycamore maple may have revealed unsuitable moisture content for seed viability during storage. In addition, Phartyal et al. (2003b) also indicated that interaction of seed moisture content, temperature and storage days showed that Himalayan maple seed stored at $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ with 5.91% moisture content retained 28.0% viability up to 1275 days.

The best germination rate in the greenhouse environment was achieved at the $21.0\text{--}24.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ air temperature level, $17.0\text{--}19.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ soil temperature level, 63.0–68.9% relative air humidity level and 60.0–67.9% soil moisture level. The fact that germination percentages vary in both greenhouse and in nursery depending on air temperature, relative air humidity, soil temperature and soil moisture at different sowing times and obtaining a higher germination percentage

in autumn sowing compared to spring and summer sowing can be evaluated as the effect of secondary dormancy in sycamore seeds.

In the study, it was observed that mean germination time was faster in the greenhouse in autumn and spring sowings, while the mean germination time in the greenhouse and in the nursery was equal in summer sowing. The highest mean germination time was obtained in summer sowing. It is also stated in different studies that higher mean germination time is achieved in sowings in the greenhouse compared to nursery and the increase in temperature generally increases the mean germination time (Göktürk et al. 2007; Yüksel 2011; Öztürk 2016).

Within the scope of the study, the best germination percentage was obtained in the control process and in the greenhouse environment. In addition, higher germination percentages were obtained in autumn sowing compared to spring and summer sowings. Germination percentage can be increased by performing controlled germination trials under constant temperature and humidity conditions in the greenhouse in autumn. It would be appropriate to choose the greenhouse environment without any pretreatment in the generative mass seedling propagation of sycamore maple. The study was carried out on a single seed family located outside the natural distribution area of the sycamore maple. Population-level studies in natural distribution areas may contribute with different scientific results.

ACKNOWLEDGEMENTS ZAHVALA

This study was carried for a MSc thesis at Karadeniz Technical University Institute of Science and Technology. Special thanks to Professor Sanda Tomičić Gitt for the Croatian translation.

REFERENCES LITERATURA

- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1998: Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination, Academic Press, New York, 1600p.
- Bell, S., 2009: Valuable broadleaved trees in the landscape: Valuable broadleaved forests in Europe (ed. by H Spiecker, S Hein, K Makkonen-Spiecker, M Thies) EFI Research-Report, European Forest Institute, Brill: Leiden, Boston, Köln, pp. 171–200.
- Beyhan, N., Marangoz, D., Demir, T., 1999: The effect of GA_3 and stratification on hazelnut seed germination and seedlings grown with and without plastic tube. Ondokuzmayıs University, Journal of Faculty of Agriculture, 14 (3): 54–64.
- Binggeli, P., 1993: The conservation value of sycamore. The Quarterly Journal of Economics 87: 143–146.
- Bourgoin, A., Simpson, J.D., 2004: Soaking, moist-chilling and temperature effects on germination of *Acer pensylvanicum* seeds. Canadian Journal Forest Research, 34(10): 2181–2185.

- Bradbeer, J.W., 1988: Seed Dormancy and Germination. Botany King's College London, Blackie Press, Newyork, USA, 151p.
- Bremer, L., Farley, K.A., 2010: Does plantation forestry restore biodiversity or creates green deserts: A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodivers Conserv.*, 19: 3893-3915.
- De Castro, R.D., Hilhorst, H.W.M., 2004: Embebição Reativação Metabolismo. Pp. In: A.G. Ferreira and F. Borghetti (Eds.), *Germinação: do básico ao aplicado*, Porto Alegre, Artmed, pp.149-162.
- Chen Shepley, S.C., Chang Judy, L.L., 1972: Does gibberellic acid stimulate seed germination via amylase synthesis? *Plant Physiol.*, 49: 441-442.
- Derkx, M.P.M., 2000: Pretreatment at Controlled Seed Moisture Content as an Effective Means to Break Dormancy in Tree Seeds, In: Viemont, J.D. (Editor), *Dormancy in Plants: From Whole Plant Behaviour to Cellular control*, CABI Publishing, USA, p:65-69.
- Drăghici, C., Abrudan, I.V., 2010: Dormancy breaking of *Acer* and *Fraxinus* seeds-a brief review, *Bulletin of Transilvania University of Braşov*, 3 (52): 29-32.
- Erdoğan Genç, H., Üçler A.Ö., 2020a: Seed dormancy removal treatments and germination characteristics of *Acer trautvetteri* Medvedev seeds. *Şumarski list*, 9-10: 465-473.
- Erdoğan Genç, H., Üçler, A.Ö., 2020b: Effects of different treatments on seed dormancy breaking and germination in *Acer cappadocicum* Gleditsch var. *cappadocicum*. *Şumarski list*, 3-4: 159-166.
- Evans, E., Blazich, F.A., 1999: Overcoming Seed Dormancy: Trees and Shrubs, Department of Horticulture Science, Horticulture Information Leaflets, NC State Universty, US (online) <https://content.ces.ncsu.edu/overcoming-seed-dormancy-treesand-shrubs> (03.03.2021).
- Farhadi, M., Tigabu, M., Arian, A.G., Sharifani, M., Daneshvar, A., Oden, O.C., 2013: Pre-sowing treatment for breaking dormancy in *Acer velutinum* Boiss. seed lots. *Journal of Forestry Research*, 24 (2): 273-278.
- Farmer, R.E., Cunningham, M., 1981: seed dormancy of red maple in east Tennessee, *Society of American Foresters, Forest Science*, 27 (3): 446-448.
- Gleiser, G., Carmen Picher, M., Veintimilla, P., Martinez, J., Verdú, M., 2004: Seed dormancy in relation to seed storage behaviour in *Acer*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 145: 203-208.
- Göktürk, A., Ölmez, Z., Temel, F., Yahyaoglu, Z., 2007: Effects of some pre-treatments on germination of Russian olive (*Elaeagnus angustifolia* L.) seeds. *Journal of Süleyman Demirel University Faculty of Forestry, A* (2): 32-41.
- Gültekin, H.C., 2007: Maple (*Acer* L.) species and seedling propagation techniques. Republic of Turkey, Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Combating Desertification and Erosion, Ankara, 24p (In Turkish).
- Hein, S., 2009: Distribution of valuable broadleaved forests in Europe, Appendix B: Valuable broadleaved forests in Europe (ed. by H Spiecker, S Hein, K Makkonen-Spiecker & M Thies) *EFI Research-Report*, European Forest Institute, pp. 251-256.
- Hein, S., Collet, C., Ammer, C., Le Goff, N., Skovsgaard, J.P., Savill, P., 2009: A review of growth and stand dynamics of *Acer pseudoplatanus* L. in Europe: Implications for silviculture. *Forestry*, 82 (4): 361-385.
- Heitz, R. and Rehfuess, K.E. 1999: Reconversion of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands into mixed forests: effects on soil properties and nutrient fluxes. In: Olsthoorn, A.F.M, Bartelink, H.H., Gardiner, J.J., Pretzsch, H., Hekhuis, H.J., Franc, A. (Eds.): *Management of mixed-species forest: silviculture and economics*. IBN Scientific Contributions, pp. 46-57.
- Heydecker, W., 1977: Stress and seed germination: An agronomic view. In: Elsevier, A.K., Ed., *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*, North Holland and Biomedical Press, Amsterdam, pp. 237-282.
- Hong, TD., Ellis, RH., 1996: *Ex situ* Biodiversity Conservation by Seed Storage: Multiple-Criteria to Estimate Seed Storage Behavior. *Seed Science and Tecnology*, 25: 157-161.
- ISTA, 1996: International Rules for seed Testing, International Seed Testing Association (ISTA), Seed Science and Technology, Forest Service, US.
- Kölling, C., 2007: Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. *Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald*, 23: 1242-1245.
- Kumar, S., Shamet, G.S., Gupta, D., Kumari, N., Kumar, R., 2017: Effect of Stratification and Gibberellic Acid on Germination and Seedling Growth of *Acer acuminatum* in North Western Himalayas, *Indian Forester*, 143 (11): 1105-1111.
- Jones, E.W., 1945: Biological flora of the British Isles, *Acer* L. *Journal of Ecology*, 32: 215-252.
- Macdonald, B., 2000: *Practical Woody Plant Propagation for Nursery Growers*. Volume I, Timber Press, Portland, Oregon, USA, 684p.
- Özana, Y., 2019: The effects of some treatments on germination of *Tilia tomentosa* and *Tilia rubra* subsp. *caucasica* seeds. Master Science Dissertation, Artvin Çoruh University Institute of Science and Technology, Artvin, 34p.
- Öztürk, C., 2016: The study of some pretreatments which effect the germination of laurel seeds (*Laurus nobilis* L.). Master Science Dissertation, Artvin Çoruh University Institute of Science and Technology, Artvin, 43p.
- Phartyal, S.S., Thapliyal, R.C., Koedam, N., Sandrine, G., 2002: *Ex situ* conservation of rare and valuable forest tree species through seed-gene bank. *Current science*, 83 (11): 1351-1357.
- Phartyal, S.S., Thapliyal, R.C., Nayal, J.S., Joshi, G., 2003a: Seed dormancy in Himalayan maple (*Acer caesium*): Effect of stratification and phyto-hormones. *Seed Science and Technology*, 31: 1-11.
- Phartyal, S.S., Thapliyal, R.C., Nayal, J.S., Joshi, G., 2003b: Storage of Himalayan maple (*Acer caesium*) seed: A threatened tree species of the Central Himalayas. *Seed Science and Technology*, 31: 149-159.
- Pinfield, N.J., Stutchbury, P.A., 1990: Seed dormancy in *Acer*: The role of testa-imposed and embriyo dormancy in *Acer velutinum*. *Annals of Botany*, 66 (2): 133-137.
- Piotto, B., Bartolini, G., Bussotti, F., Calderón García, A.A., Chessa, I., Ciccarese, C., Ciccarese, L., Crosti, R., Cullum, F.J., Di Noi, A., García-Fayos, P., Lambardi, M., Lisci, M., Lucci, S., Melini, S., Reinoso, J.C.M., Murranca, S., Nieddu, G., Pacini, E., Pagni, G., Patumi, M., García, F.P., Piccini, C., Tranne, M.R.G., 2001: Fact sheets on the propagation of mediterranean trees and shrubs from seed. Chapter 12, In: *Seed propagation of mediterranean trees and shrubs* (Beti Piotto and Anna Di Noi Editors), ADAPT- Agency for the Protection of the Environment and for Technical Services, Roma, Italy, pp.110-167.
- Pommerening, A., 1997: Erwartete und beobachtete Artendurchmischung am Beispiel von Buchen-Edellaubholzbeständen.

- Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Jahrestagung 1997, Grünberg, 12.-14. Mai 1997, pp. 45-59.
- Savage, W.E., Bergervoet, J.H.V., Bino, R.J., Clay, H.A., Groot, S.P.C., 1998: Nuclear replication activity during seed development, dormancy breakage and germination in three species: Norway maple (*Acer platanoides* L.), Sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) and Cherry (*Prunus avium* L.). Horticulture Research International, Annals of Botany, 81: 519-526.
 - Spiecker, H., Hein, S., Makkonen-Spiecker, K., Thies, M., 2009: Valuable broadleaved forests in Europe. EFI Research-Report 22. European Forest Institute, Brill, Leiden, Boston, Köln, 256p.
 - SPSS, 2011: IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
 - Stejskalová, I., Kupka, I., Miltner, S., 2015: Effect of gibberellic acid on germination capacity and emergence rate of sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) seeds. Journal of Forest Science, 61, 205 (8): 325-331.
 - Suszka B., Muller, C., Bonnet Masimbert, M., 1996. Seeds of Forest Broadleaves: from Harvest to Sowing. INRA Editions, France, 294p.
 - Thies, M., Hein, S., Spiecker, H. 2009: Results of a questionnaire on management of valuable broadleaved forests in Europe: Valuable broadleaved forests in Europe (ed. by H Spiecker, S Hein, K Makkonen-Spiecker & M Thies) EFI Research-Report, European Forest Institute, pp. 27-42.
 - Tillberg, E., Pinfield, N.J., 1982: Changes in abscisic acid levels during after-ripening and germination of *Acer platanoides* L. seeds. New. Phytol., 92: 167-172.
 - Tremblay, M.F., Mauffette, Y., Bergeron, Y., 1996: Germination responses of northern red maple (*Acer rubrum*) populations. Forest Science, 42 (2): 154-159.
 - Tylkowski, T., 1995: Adaptation of dormant seeds to sowing by cyclically repeated soaking in water, III. Sycamore maple, *Acer pseudoplatanus* L. Sylwan, 139 (7): 15-23.
 - Ürgenc, S., 1998: Ağaçlandırma Tekniği (Afforestation Techniques). İstanbul University Publication No: 3994/441, İstanbul, 600p (In Turkish).
 - Vacek, S., Vacek, Z., Kalousková, I., Cukor, J., Bílek, L., Keith Moser, W., Bulušek, D., Podrázský, V., Řeháček D., 2018: Sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) stands on former agricultural land in the Sudetes – evaluation of ecological value and production potential. Dendrobiology, 79: 61-76.
 - Weber, G., Rehfuess, K.E., Kruetzer, K., 1993: Über den Einfluß naturnaher Waldwirtschaft auf den chemischen Bodenzustand. Allgemeine Forst Zeitschrift, 48: 68-71.
 - Yaltırık, F., 1971: The taxonomical study on the macro and micro morphological characteristics of indigenous maples (*Acer* L.) in Turkey. İstanbul University. Publication No:1661/179, İstanbul, 232p (In Turkish).
 - Yang J.C., Lin, T.P., 1999: Seed Storage Behavior of Five Species of *Acer*, Taiwan Journal of Forest Science, 14 (4): 479-492.
 - Young, J.A., Young, C.G., 1992: Seeds of Woody Plants in North America: Revised and Enlarged Edition, Dioscorides Press, Portland, Oregon, pp.124-126.
 - Yüksel, T., 2011: Researches on the seed characteristics of Taurus fir (*Abies cilicica* Carr.), Master Science Dissertation, Kahramanmaraş Sütçü İmam University Institute of Science and Technology, Kahramanmaraş, 59p.
 - Zasada, J.C., Strong, T.F., 2008: Aceraceae-Maple family *Acer* L. Maple. Woody Plant Seed Manual. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727 (Edt: Franklin T. Bonner and Robert P. Karrfalt), pp. 204-216.

SAŽETAK

Istraživan je utjecaj zaštićenog prostora (staklenik) i rasadnik, predstjetvene pripreme sjemena (hladno-vlažna stratifikacija), različitog godišnjeg doba sjetve (jesen, proljeće i ljeto) i nekih klimatskih čimbenika (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, temperatura tla i vlaga tla) na klijavost sjemena *Acer pseudoplatanus* L. Sjeme je sakupljeno sa stabala u kampusu Tehničkog sveučilišta Karadeniz. Provedena su tri različita ispitivanja klijanja; (1) izravna sjetva u jesen nakon sakupljanja sjemena (Kontrola), (2) sjetva stratificiranog sjemena u proljeće (Stratifikacija-1) i (3) sjetva stratificiranog sjemena ljeti (Stratifikacija-2). Tijekom procesa klijanja povremeno su mjerene temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, temperatura tla i vlaga tla. Na taj način su utvrđene promjene u postotku klijavosti u različitim sjetvenim okruženjima pod utjecajem određenih klimatskih čimbenika. Viši postotci klijavosti zabilježeni su u slučaju jesenske sjetve (Kontrola) u usporedbi s proljetnom (Stratifikacija-1) i ljetnom sjetvom (Stratifikacija-2). Najveći postotak klijavosti utvrđen je u kontrolnim ispitivanjima (70% u stakleniku i 58% u rasadniku). Prikupljeni rezultati klijavosti tijekom različitog perioda sjetve otkrili su sekundarno mirovanje kod sjemena *Acer pseudoplatanus* L. Utvrđeno je da je srednje vrijeme klijanja u stakleniku (12 dana) bilo kraće od prosječnog vremena klijanja u rasadniku (18 dana). Osim toga, dobiveni rezultati pokazali su da stratifikacija i vrijeme sjetve pozitivno utječu na srednje vrijeme klijanja u stakleniku. Održavanje nekih klimatskih čimbenika konstantnima (temperatura zraka 21.0-24.9 °C; temperatura tla 19.0-19.9 °C; relativna vlažnost zraka 63.0-68.9%; vlažnost tla 60.0-67.9%) tijekom vegetativnog razmnožavanja u stakleniku bi trebalo utjecati na masovnu proizvodnju sadnica u *Acer pseudoplatanus* L., a u svrhu postizanja najboljih rezultata klijavosti.

KLJUČNE RIJEČI: Hladno-vlažna stratifikacija; godišnje doba sjetve; skladištenje sjemena; staklenik; rasadnik

FOTOGRAMETRIJSKA PROCJENA VOLUMENA U SASTOJINAMA HRASTA LUŽNJAKA POKUPSKOG BAZENA

PHOTOGRAMMETRIC ESTIMATES OF STAND VOLUME IN PEDUNCULATE OAK STANDS OF THE POKUPSKO BASIN

Ivan BALENOVIĆ^{1*}, Luka JURJEVIĆ¹, Krunoslav INDIR¹, Ante SELETKOVIĆ²

SAŽETAK

U radu je dodatno istražena i evaluirana točnost fotogrametrijske procjene volumena na razini sastojine. Konkretno, na području šuma hrasta lužnjaka Pokupskog bazena (g.j. Jastrebarski lugovi) testirana je mogućnost korištenja fotogrametrijske metode bazirane na postojećim i lako dostupnim podacima (aerosnimke, digitalni model reljefa, podaci osnove gospodarenja) kao i postojećih fotogrametrijskih modela procjene sastojinskog volumena izrađenih za šume hrasta lužnjaka Spačvanskog bazena. Iz aerosnimaka i digitalnog modela reljefa izrađen je digitalni model visine krošanja (DMVK) prostorne rezolucije 5 m. Iz DMVK-a su dobiveni metrički podaci, koji su potom korišteni kao nezavisne varijable u modelima procjene volumena sastojine. Uspoređena je točnost procjene izvornih modela izrađenih za područje Spačvanskog bazena (SB modeli) te istih modela, ali s naknadno procijenjenim lokalnim parametrima za područje Pokupskog bazena (PB modeli). Fotogrametrijski procijenjeni volumeni validirani su s volumenom sastojina iz osnove gospodarenja. Dobiveni rezultati ukazuju na značajno poboljšanje točnosti fotogrametrijske procjene volumena kod PB modela u odnosu na SB modele. Korištenjem izvornih SB modela, volumen sastojine procijenjen je s korijenom srednje kvadratne pogreške od 18,47%, dok je korištenjem dodatno parametriziranih PB modela volumen procijenjen s pogreškom od 12,03%. U ovom radu prikazana fotogrametrijska metoda procjene volumena sastojina ne može zamijeniti klasične terenske metode za potrebe uređajne inventure šuma, međutim, budući da ne zahtijeva dodatna terenska mjerenja, već se u potpunosti bazira na postojećim podacima (aerosnimke, DMR, podaci osnove gospodarenja), a uz to pruža i zadovoljavajuću točnost, može poslužiti kao učinkovita i financijski isplativa metoda u slučajevima kada je u vrlo kratkom vremenu potrebno provesti inventuru nekog većeg šumskog područja.

KLJUČNE RIJEČI: aerosnimke, digitalna fotogrametrija, digitalni model visine krošanja (DMVK), volumen sastojine, inventura šuma

UVOD INTRODUCTION

Potrajno gospodarenje šumama zahtijeva prostorno i vremenski određene informacije o stanju i razvoju šume koje se uglavnom prikupljaju u okviru inventure šuma, i to tradicionalno, terenskom izmjerom koja pruža točne infor-

macije, ali zahtijeva dugotrajan i intenzivan rad. Upravo iz tog razloga prepoznat je potencijal uporabe metoda daljinskog istraživanja pri izmjeri šuma (White i dr. 2016, Goodbody i dr. 2019). Između različitih metoda daljinskih istraživanja, posljednja tri desetljeća zračno lasersko skeniranje (ALS, prema engl. *Aiborne Laser Scanning*) temeljeno na

¹ Dr.sc. Ivan Balenović, Dr.sc. Luka Jurjević, Dr.sc. Krunoslav Indir, Hrvatski šumarski institut, Zavod za uređivanje šuma i šumarsku ekonomiku, Croatian Forest Research Institute, Division for Forest Management and Forestry Economics, Trnjanska cesta 35, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, ivanb@sumins.hr

² Prof.dr.sc. Ante Seletković, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zavod za izmjeru i uređivanje šuma, University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology, Department of Forest Inventory and Management, Svetošimunska 25, HR-10002 Zagreb, Hrvatska

LiDAR (prema engl. *Light Detection and Ranging*) tehnologiji zauzima velik interes istraživača diljem svijeta te danas nalazi operativnu primjenu u šumarstvu gospodarski razvijenih zemalja u kojima se LiDAR podaci redovno prikupljaju i ažuriraju na nacionalnoj razini (npr. Finska, Norveška, Švedska) (Næsset 2014, Rahlf i dr. 2014). Rezultat zračnog laserskog skeniranja je visoko precizni trodimenzionalni (3D) oblak točaka koji omogućuje izradu niza proizvoda korisnih u izmjeri šuma i šumarstvu općenito. Klasifikacijom oblaka točaka, tj. iz prvog ili jedinog odbitka izrađuje se digitalni model površine krošanja (DMPK, engl. *digital surface model* - DSM), a iz točaka klasificiranih kao tlo izrađuje se digitalni model reljefa (DMR, engl. *digital terrain model* - DTM). Upravo ta mogućnost laserskih zraka da u šumskim sastojinama 'prodiru' do samog tla predstavlja jednu od glavnih prednosti LiDAR tehnologije u odnosu na ostale metode daljinskih istraživanja. Preklapanjem DMR-a i DMPK-a, odnosno oduzimanjem DMR-a od DMPK-a dobije se digitalni model visina krošanja (DMVK, engl. *canopy height model* - CHM) (Lim i dr. 2003, Reutebuch i dr. 2005, Balenović i dr. 2013, White i dr. 2016).

Uz zračno lasersko skeniranje, unazad posljednjih 10-ak godina, veliku pozornost zauzimaju istraživanja o mogućnosti korištenja oblaka točaka, DMPK-a i DMVK-a dobivenih fotogrametrijskim procesiranjem aerosnimaka (Balenović i dr. 2011, White i dr. 2013, 2016, Goodbody i dr. 2019). Tome je posebno doprinio konstantni napredak i poboljšanje kvalitete snimaka (radiometrijska i geometrijska rezolucija), razvoj naprednih algoritama obrade aerosnimaka, poboljšanje kapaciteta i snage računala, ali i činjenica da su troškovi aerosnimanja znatno niži od troškova zračnog laserskog skeniranja (White i dr. 2013, 2016, Rahlf i dr. 2014, Stepper i dr. 2015, Goodbody i dr. 2019). Osim toga, za razliku od zračnog laserskog skeniranja, periodička aerosnimanja se u mnogim zemljama Europe, uključujući i Hrvatsku, redovito provode za topografske svrhe (Straub i dr. 2013). Fotogrametrijskim procesiranjem aerosnimaka nastaje oblak točaka koji je vrlo sličan oblaku točaka dobivenom iz prvog povrata zračnim laserskim skeniranjem (Pitt i dr. 2015). Kao i kod ALS tehnologije, daljnjim procesiranjem oblaka točaka izrađuje se DMPK, a koji se u kombinaciji s DMR-om koristi za izradu DMVK-a.

Ukoliko se radi o gustim sklopljenim sastojinama, na aerosnimkama nije vidljivo tlo, te stoga nije moguće izraditi DMR zadovoljavajuće točnosti, i to poglavito u šumskim područjima s većim nagibima terena. Stoga je za šumska područja kompleksnijih sastojinskih i stanišnih karakteristika uputno koristiti postojeći DMR (Rahlf i dr. 2017). Primjerice, u mnogim zemljama Europe već postoji dostupan nacionalni DMR izrađen iz ALS podataka. Iako je u planu, u Hrvatskoj još uvijek nije provedeno nacionalno ALS prikupljanje podataka, već takvi podaci postoje za određena područja koja su skenirana s posebnim ciljem (Ba-

lenović i dr. 2018). Trenutno je u Hrvatskoj službeno dostupan nacionalni DMR izrađen fotogrametrijskim procesiranjem aerosnimaka te dodatnim terenskim prikupljanjem podataka i vektorizacijom postojećih topografskih karata. U okviru komparativnih studija (Balenović i dr. 2018, 2019) gdje je ispitana i uspoređena točnost ALS DMR-a i postojećeg službenog nacionalnog (tzv. fotogrametrijskog) DMR-a, utvrđeno je su da se u nedostatku ALS DMR-a postojeći nacionalni DMR može koristiti u nizinskim šumskim područjima Republike Hrvatske kao podloga za procjenu strukturnih elemenata šumskih sastojina. Također, Balenović i dr. (2018, 2019) su istaknuli da je u svakom slučaju neophodna i prethodna kontrola DMR-a. Naime, utvrđeno je da su u skupu vektorskih podataka DMR-a moguće grube pogreške, koje mogu značajno utjecati na točnost samog DMR-a te posljedično i na točnost procjene strukturnih elemenata šumskih sastojina. Takve pogreške su rijetke, ali i lako uočljive.

3D oblak točaka, ali i DMVK, omogućuju dobivanje raznovrsnih metričkih podataka (npr. visinski podaci, podaci gustoće krošanja) i karakterizaciju vertikalne strukture šumskih sastojina, a u kombinaciji s referentnim terenskim podacima te izrađenim modelima i procjenu strukturnih elemenata šumskih sastojina (npr. visina, temeljnica, drvena zaliha, biomasa) (White i dr. 2013). Općenito, postoje dva glavna pristupa za dobivanje informacija o šumama iz oblaka točaka ili DMVK-a: pristup temeljen na površini (ABA – prema engl. *area-based approach*) i pristup temeljen na pojedinačnom stablu (ITBA – prema engl. *individual tree-based approach*) (White i dr. 2013, Rahlf i dr. 2015). ABA pristup koristi metričke podatke iz oblaka točaka za niz ploha kao ulaz (nezavisne varijable ili prediktori) u statistički model za procjenu šumskih varijabli (zavisne varijable). Čitavo područje od interesa (npr. gospodarska jedinica) se potom podijeli na pravilne kvadrate (npr. 20x20 m) čija površina približno odgovara površini ploha korištenih za izradu modela (npr. 400 m²). Za svaki kvadrat se potom izračunaju odabrane nezavisne varijable (metrički podaci) te se na temelju izrađenih modela procjenjuju sastojinske varijable unutar svakog pojedinog kvadrata, i to na cijelom području od interesa (tzv. 'wall-to-wall' mapiranje strukturnih elemenata šumskih sastojina) (White i dr. 2013). Za navedeni ABA pristup postoje programska rješenja, poput FUSION LDV softvera (McGaughey 2018), koja uvelike automatiziraju cjelokupni postupak. Kod ITBA pristupa prvi korak je segmentacija pojedinačnog stabla, a zatim određivanje visine stabla i određene dimenzije krošnja (promjera, površine) koja se potom mogu koristiti za izračun ostalih varijabli stabala (npr. prsni promjer, temeljnica, volumen, biomasa, itd.). Za razliku od ABA pristupa, ITBA pristup još uvijek nije našao operativnu primjenu i to uglavnom zbog teškoća pri segmentaciji pojedinačnih stabala, a koja su posebno izra-

žena u šumama kompleksnijih strukturnih karakteristika (Holopainen i dr. 2014, White i dr. 2016).

Mogućnost primjene digitalne fotogrametrije, odnosno aerosnimaka u izmjeri šuma, nalazi se u fokusu brojnih istraživanja tijekom proteklih 10-ak godina, a detaljan pregled provedenih istraživanja prikazali su White i dr. (2016) i Goodbody i dr. (2019). Rezultati procjene strukturnih varijabli su najčešće evaluirani na razini plohe, a tek u manjem broju istraživanja i na razini sastojine odnosno odsjeka (Bohlin i dr. 2012, Rahlf i dr. 2014, Gobakken i dr. 2015, Pitt i dr. 2015, Stepper i dr. 2015, Puliti i dr. 2016, Iqbal i dr. 2019). U svim navedenim istraživanjima istaknut je velik potencijal digitalne aerofotogrametrije (DAP, prema engl. *digital aerial photogrammetry*) uz naglasak na njenu financijsku isplativost u usporedbi s ALS tehnologijom, ali i klasičnim terenskim mjerenjima. Iako oblaci točaka ili DMVK dobiveni iz aerosnimaka i DAP pružaju znatno slabiju karakterizaciju vertikalne strukture šumskih sastojina nego što to daje ALS tehnologija, navedena istraživanja ukazuju tek na neznatne razlike između dviju tehnologija (DAP i ALS) pri procjeni strukturnih varijabli šumskih sastojina.

Budući da je u većini dosadašnjih istraživanja temeljenim na ABA pristupu evaluirana točnost procjene strukturnih varijabli na razini plohe, a u znatnoj manjoj mjeri na razini sastojine (odsjeka), Balenović i dr. (2017) razvili su fotogrametrijsku metodu procjene strukturnih elemenata šumskih sastojina na razini sastojine (SBA, prema engl. *stand-based approach*). SBA metoda odnosno pristup, temeljen je na postojećim fotogrametrijskim materijalima (aerosnimke iz topografskih nacionalnih snimanja, službeni DMR) te podacima postojećih šumskogospodarskih planova. Osnovni preduvjet za primjenu SBA je približno vremensko poklapanje aerosnimanja te terenskog prikupljanja podataka korištenog šumskogospodarskog plana.

Kao i kod klasičnog ABA pristupa, i kod SBA pristupa je prvotno potrebno izraditi modele (jednadžbe) za procjenu strukturnih elemenata sastojina. Međutim, u ovom slučaju, modeli se izrađuje na određenom broju odsjeka sličnih strukturnih karakteristika (npr. uređajni razred), gdje se kao nezavisne varijable koriste metrički podaci čitavih odsjeka dobiveni iz aerosnimaka, a kao zavisne varijable se koriste podaci iz šumskogospodarskih planova. Za razliku od klasičnog ABA pristupa, SBA ne zahtijeva dodatna terenska mjerenja za uspostavu modela, te stoga predstavlja brz, jednostavan i ekonomičan način procjene strukturnih elemenata šumskih sastojina. Nadalje, pretpostavka je da se tako izrađeni modeli mogu koristiti i u drugim šumskim predjelima te sastojinama sličnih karakteristika. Stoga ovaj rad predstavlja nastavak prethodnog istraživanja (Balenović i dr. 2017) te ima za cilj dodatno istražiti i evaluirati učinkovitost i točnost SBA pristupa i razvijene fotogrametrijske metode za procjenu strukturnih elemenata sastojina. Konkretno, u ovom radu će se na području šuma hrasta

lužnjaka Pokupskog bazena testirati mogućnost korištenja SBA metode, kao i postojećih fotogrametrijskih modela procjene sastojinskog volumena izrađenih za šume hrasta lužnjaka Spačvanskog bazena.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

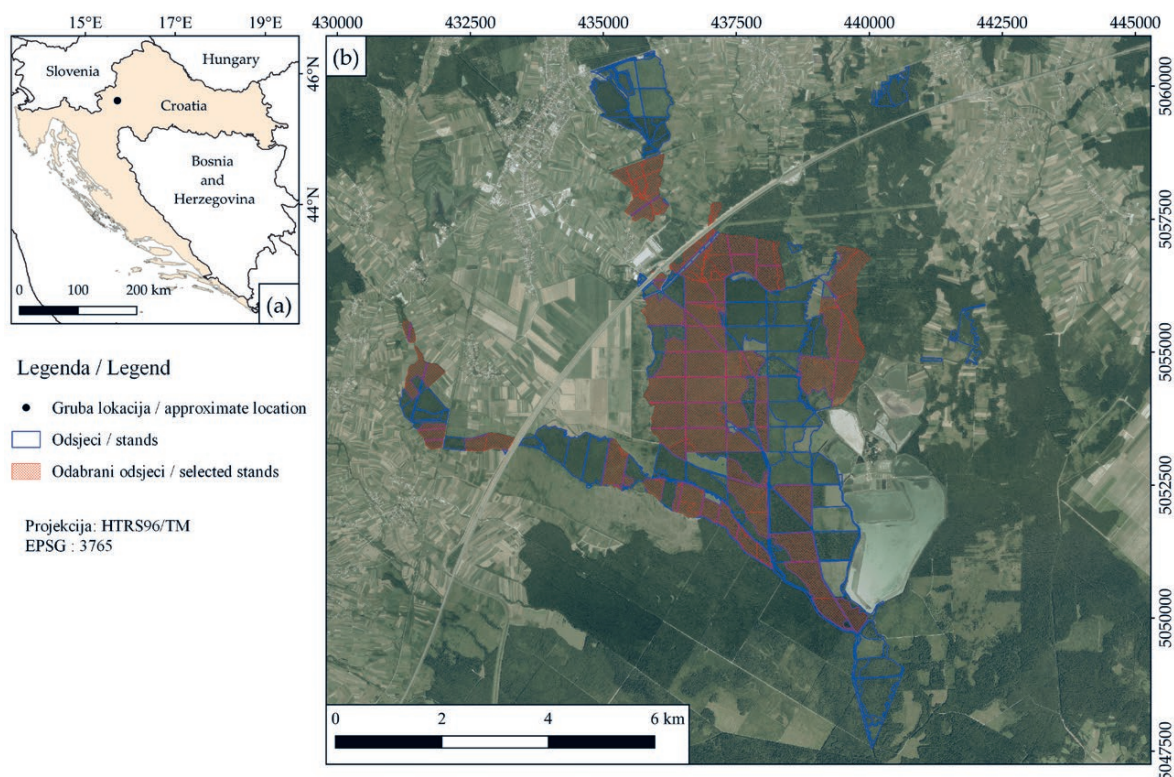
Područje istraživanja i referentni terenski podaci – *Study area and field reference data*

Istraživanje je provedeno na području nizinskih šuma hrasta lužnjaka gospodarske jedinice Jastrebarski lugovi (Uprava šuma Podružnica Karlovac) smještene u središnjem dijelu Hrvatske, u neposrednoj blizini Jastrebarskog. Gospodarska jedinica čini sastavni dio šumskog kompleksa Pokupski bazen. Istraživanjem je obuhvaćeno 87 odsjeka uređajnog razreda hrasta lužnjaka starosti od 30 do 170 godina ukupne površine 1257,48 ha (slika 1). Jednodobne sastojine hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na odabranom području uglavnom su mješovite, gdje su uz hrast lužnjak od ostalih vrsta drveća u značajnoj mjeri prisutni obični grab (*Carpinus betulus* L.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* L.) i crna joha (*Alnus glutinosa* Gaertn.). Sastojine su uglavnom na II. i III. bonitetu staništa, dok se tek 7 odabranih sastojina nalazi na I. bonitetu staništa. Strukturne karakteristike odabranih sastojina na području istraživanja prikazane su u tablici 1. Nadmorska visina odabranog područja kreće se u rasponu od 105 do 121 m. Tla su hidromorfna, pretežno ravničarski pseudoglej (Mayer 1966), a prema Svjetskoj referentnoj osnovici za tlo (WRB 2006) klasificirana su kao luvični stagnozoli. Klima je umjereno topla sa srednjom godišnjom temperaturom 10,6°C i padalinama od 962 mm godišnje (podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda za najbližu meteorološku postaju za razdoblje 1981.-2010.).

Kao referentni podaci za validaciju fotogrametrijski procijenjenog volumena korišteni su podaci o volumenu sastojina (volumen krupnog drva iznad 7 cm) iz važeće Osnove gospodarenja (2014.-2023.). Budući da je između vremena izrade Osnove gospodarenja odnosno terenskog prikupljanja podataka i vremena aerosnimanja postojao vremenski razmak od oko 1,5 godine, volumenu svake sastojine pridodan je 1,5 tečajni godišnji prirast iskazan u Osnovi. Također, kao referentne sastojine odabrane su samo one u kojima nije bilo značajnih sječa u vremenskom razdoblju od početka važenja Osnove gospodarenja (početak 2014. g.) do aerosnimanja (ljetu 2015. g.).

Fotogrametrijski materijal – *Photogrammetric material*

Fotogrametrijski materijal korišten u radu nabavljen je od Državne geodetske uprave (DGU), a sastojao se od aerosnimaka te trodimenzionalnih (3D) vektorskih podataka terena.



Slika 1. Položaj gospodarske jedinice Jastrebarski lugovi (a). Područje istraživanja s prostornim rasporedom odabranih sastojina (b).

Figure 1 Geographic location of the management unit Jastrebarski lugovi (a). Study area with the spatial distribution of selected forest stands (b).

Tablica 1. Deskriptivna statistika osnovnih strukturnih elemenata za 87 odabranih referentnih jednodobnih sastojina hrasta lužnjaka (podaci su dobiveni iz Osnove gospodarenja i odnose na početak 2014.g.).

Table 1 Descriptive statistics of the stand-level forest attributes for 87 selected even-aged pedunculate oak stands (data were obtained from the Forest management plan and present the state at the beginning of the 2014).

Strukturni element Forest attribute	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Srednja vrijednost Mean	Standardna devijacija Standard deviation
Starost (godine) Age (years)	30,0	170,0	94,5	41,9
Srednji promjer (cm) Mean dbh (cm)	15,5	59,5	35,7	11,8
Srednja visina (m) Mean height (m)	14,4	30,7	23,3	4,4
Broj stabala (stabala · ha ⁻¹) Stand density (trees · ha ⁻¹)	117,0	982,0	425,0	174,3
Temeljnica (m ² · ha ⁻¹) Basal area (m ² · ha ⁻¹)	15,1	40,0	26,0	4,9
Volume (m ³ · ha ⁻¹) Volume (m ³ · ha ⁻¹)	106,0	574,2	311,5	106,5

Aerosnimke su prikupljene tijekom vegetacijskog razdoblja 2015. g. u okviru regularnog topografskog aerosnimanja Republike Hrvatske. Snimanje je obavljeno s UltraCam Xp digitalnom fotogrametrijskom kamerom velikog formata (Gruber i Wiechert, 2009). Područje istraživanja pokriveno je s ukupno 84 aerosnimke prostorne rezolucije ≈0,30 m

(GSD - prema engl. *Ground Sample Distance*) snimljenih u sedam nizova s uzdužnim preklapom (u smjeru leta zrakovlora) od 60% i poprečnim (bočnim) preklapom od 30%. Radiometrijska rezolucija aerosnimaka iznosila je 24 bita, dok je veličina aerosnimaka iznosila 17.310×11.310 piksela za pankromatski kanal te 5.770×3.770 piksela za multispektralne kanale, a veličina piksela svih kanala bila je 6μm. Isporučene snimke su bile pred-procesirane prema specifikacijama proizvođača DGU, što je uključivalo provedenu aerotriangulaciju (izjednačenje bloka aerosnimaka) te radiometrijsku i geometrijsku korekciju. Zajedno s pred-procesiranim aerosnimkama, dostavljeni su i parametri unutarnje (kalibracija kamere) te vanjske (koordinate projekcijskih središta snimaka i kutovi rotacije u trenutku snimanja) orijentacije potrebni za daljnje fotogrametrijsko procesiranje.

Isporučeni 3D vektorski podaci terena sastojali su se od linijskih i točkastih podataka. Linijski podaci obuhvaćaju lomne linije terena (prijelomnice) i linije oblika, dok točkasti podaci obuhvaćaju markantne točke terena i pravokutnu mrežu visinskih točaka. Vektorski podaci terena prikupljeni su uglavnom stereo fotogrametrijskom izmjerom aerosnimaka, a u manjoj mjeri terenskim prikupljanjem podataka te vektorizacijom postojećih karata. Na području istraživanja prosječni broj točaka u linijskim objektima iznosio je 492 točaka·km⁻², dok je prosječni broj točkastih objekata

iznosio 141 točaka-km⁻². U nedostatku podataka dobivenih zračnim laserskim skeniranjem, navedeni podaci predstavljaju službene podatke za izradu DMR-a. Detaljan opis 3D vektorskih podataka dan je u radu Balenović i dr. (2018).

Fotogrametrijsko procesiranje – *Photogrammetric processing*

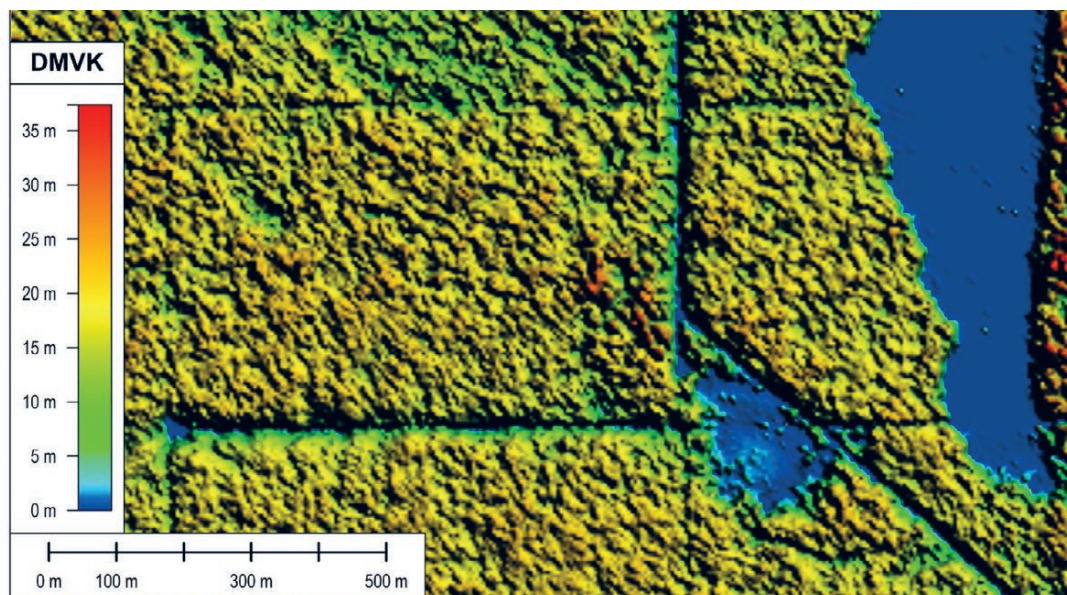
Fotogrametrijsko procesiranje sastojalo se od izrade DMR-a, DMPK-a i DMVK-a.

Za izradu DMR-a korišteni su 3D vektorski podaci terena. Vertikalna točnost istih vektorskih podataka te izrađenog DMR-a prostorne rezolucije 5 m, ali na manjem području g.j. Jastrebarskih lugovi testirana je u radu Balenović i dr. (2018). U usporedbi s 22 kontrolne točke, precizno izmjerene GNSS (prema engl. *Global Navigation Satellite System*) uređajem povezanim s CROPOS (prema engl. *CROatian POSitioning System*) VPPS (visokoprecizni servis pozicioniranja u realnom vremenu) sustavom, za izrađeni DMR dobiven je korijen srednje kvadratne pogreške od 0,35 m, srednja pogreška od 0,17 m te standardna devijacija od 0,31 m. Nadalje, Balenović i dr. (2018) ustanovili su postojanje određenog broja grubih pogrešaka u samim 3D vektorskim podacima koje mogu značajno utjecati na vertikalnu točnost izrađenog DMR-a. Stoga je prije same izrade DMR-a provedena detekcija i eliminacija grubih pogrešaka iz 3D vektorskih podataka u Grass GIS programskom paketu, a prema metodi opisanoj u radu Gašparović i dr. (2018). Ukupno je detektirana 91 gruba pogreška, te je iz tako 'pročišćenih' 3D vektorskih podataka najprije izrađena nepravilna mreža trokuta (TIN, prema engl. *triangulated irregular network*) koja je potom linearnom interpolacijom prevedena u rasterski DMR prostorne rezolucije, odnosno

veličine piksela 5 × 5 m. DMR je izrađen korištenjem Global Mapper 19.1 (Blue Marble Geographics, Hallowell, Maine, SAD) računalnog programa za obradu prostornih podataka.

Za izradu DMPK-a korištene su aerosnimke te parametri vanjske i unutarnje orijentacije, a cjelokupni postupak proveden je u digitalnom fotogrametrijskom sustavu PHOTOMOD 6.3 (Racurs Co., Moskva, Rusija). Ponajprije na temelju parametara unutarnje i vanjske orijentacije dobivenih iz DGU, provedena je *a priori* unutarnja i vanjska orijentacija aerosnimaka. Nakon toga, izjednačenje bloka aerosnimaka provedeno je metodom zrakovnog snopa, pritom određujući samo rotacijske parametre vanjske orijentacije, dok su unutarnja orijentacija i pozicije snimaka uzete kao fiksne. Zatim je metodom slikovne korelacije, i to korištenjem Dense DSM algoritma u sklopu PHOTOMOD sustava izrađen rasterski DMPK prostorne rezolucije 5 m.

Preklapanjem DMR-a i DMPK-a, odnosno oduzimanjem DMR-a od DMPK-a izrađen je rasterski DMVK-a prostorne rezolucije 5 m (Slika 2), također u PHOTOMOD sustavu. Iako korištene aerosnimke pružaju mogućnost izrade DMVK-a vrlo visoke prostorne rezolucije (npr. 0,3 m), za potrebe ovoga rada izrađen je DMVK znatno niže rezolucije u svrhu konzistentnog nastavka istraživanja (Balenović i dr. 2017). Osim toga, u istom istraživanju je ispitivan utjecaj prostorne rezolucije DMVK-a na točnost procjene volumena sastojine, te su utvrđene tek neznatne razlike između fotogrametrijski procijenjenih volumena korištenjem DMVK-a prostorne rezolucije 1 m, 2 m, i 5 m. Također, DMVK niže prostorne rezolucije sadrži znatno manje prostornih podataka, što značajno ubrzava i olakšava fotogrametrijsko procesiranje te pridobivanje metričkih po-



Slika 2. Prikaz rasterskog digitalnog modela visine krošanja (DMVK-a) na dijelu gospodarske jedinice Jastrebarski lugovi.

Figure 2 An example of raster Canopy Height Model (CHM) on the part of the management unit Jastrebarski lugovi.

dataka, posebice ako se radi o većim površinama poput predmetne gospodarske jedinice.

Svi pikseli rasterskog DMVK-a s visinskim vrijednostima većim od 45 m smatrani su kao grube pogreške fotogrametrijskog procesiranja (slikovne korelacije) te su filtriranjem izostavljeni (izbrisani) iz DMVK-a. Gornja granica od 45 m je definirana na temelju maksimalnim mogućih visina stabala na području istraživanja. Nadalje, po uzoru na druga slična istraživanja (Stepper i dr. 2015, Puliti i dr. 2016, Balenović i dr. 2017), svi pikseli s visinskim vrijednostima manjima od 5 m također su filtriranjem izostavljeni iz DMVK-a. Na taj način izostavljeni su oni pikseli rastera koji opisuju prizemnu vegetaciju, grmlje i manja stabla s prsnim promjerom <10 cm. Naime, na području istraživanja sva stabla s prsnim promjerom ≥10 cm imaju visine >5 m.

Izračun metričkih podataka (varijabli) iz DMVK-a za fotogrametrijsku procjenu volumena sastojina – CHM metrics extraction for photogrammetric stand volume estimation

Rasterski DMVK te gospodarska podjela g.j. Jastrebarski lugovi u vektorskom obliku učitani su u Global Mapper računalni program. Preklapanjem navedenih vektorskih slojeva i rasterskog DMVK-a za svaki odabrani odsjek dobivene su položajne (x, y) i visinske (z) vrijednosti (koordinate) svih piksela u .csv formatu. Na temelju navedenih vrijednosti, za svaki odsjek izračunate su varijable (Tablica 2) koje su se dalje koristile kao prediktori (nezavisne varijable) u modelima za procjenu volumena sastojina (Balenović i dr. 2017).

Fotogrametrijska procjena volumena sastojina – Photogrammetric stand-level volume estimation

Za fotogrametrijsku procjenu volumena sastojina na području nizinskih šuma hrasta lužnjaka Pokupskog bazena korišteni su postojeći modeli izrađeni za područje nizinskih šuma hrasta lužnjaka Spačvanskog bazena (Balenović i dr. 2017). Balenović i dr. (2017) izradili su višestruke log-linearne regresijske modele za različite prostorne rezolucije DMVK-a (1 m, 2 m, i 5 m), i to na uzorku od 274 sastojine (odsjecka) starosti iznad 30 godina, te su ih evaluirali na ne-

ovisnom uzorku od također 274 sastojine. U ovom radu su korišteni isključivo modeli za fotogrametrijsku procjenu volumena sastojina iz DMVK-a prostorne rezolucije 5 m. Za prvi model (jednadžba 1), kao nezavisne varijable korišteni su isključivo podaci dobiveni iz DMVK-a prostorne rezolucije 5 m, dok je za drugi model (jednadžba 2) podacima iz DMVK-a pridodana i starost sastojine (ST) preuzeta iz važeće Osnove gospodarenja.

$$\ln(V_m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot h_{\max} + \beta_2 \cdot p_{30} + \beta_3 \cdot p_{90} + \beta_4 \cdot CC_{30} \quad (1)$$

$$\ln(V_m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot h_{\max} + \beta_2 \cdot p_{25} + \beta_3 \cdot p_{90} + \beta_4 \cdot CC_{30} + \beta_5 \cdot SA \quad (2)$$

gdje je: V_m – fotogrametrijski procijenjen volumen sastojine odnosno odsjeka ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), β_0 – regresijska konstanta, β_1 , β_2 , β_3 , β_4 , β_5 – regresijski koeficijenti, p_{25} , p_{30} , p_{90} – 25., 30. i 90. visinski percentili, CC_{30} – sklop krošanja na visini od 30 m, SA – starost sastojine.

Za procjenu volumena korišteni su parametri (regresijska konstanta i regresijski koeficijenti) postojećih modela izrađenih za područje Spačvanskog bazena, ali su izrađeni parametri i za područje Pokupskog bazena u programskom paketu STATISTICA 11 (Hill i Levicki 2007), i to na uzorku od 58 odsjeka. Kako bi se izbjegla pristranost pri odabiru uzorka za parametrizaciju modela, sastojine su poredane prema starosti od najmlađih do najstarijih. Nakon toga, svaka treća sastojina je odabrana u uzorak za validaciju. Na taj način 2/3, odnosno 58 sastojina korišteno je za parametrizaciju modela, dok je 1/3, odnosno 29 sastojina korišteno za validaciju. Naposljetku, volumen sastojine je procijenjen na temelju 4 modela (Tablica 3).

Kako bi se tijekom transformacije iz logaritamskih u linearne vrijednosti volumena sastojine uvažila eventualna pristranost, za svaki je model izračunat korekcijski faktor (k) prema Snowdonu (1991) (jednadžba 3), i to kao odnos aritmetički srednje vrijednosti volumena sastojina dobivenih iz Osnove gospodarenja za čitavi promatrani uzorak ($\bar{V}$), te aritmetički srednje vrijednosti fotogrametrijski procijenjenih volumena sastojina za čitavi promatrani uzorak ($\bar{V}_m$). Naposljetku, korigirani fotogrametrijski volumen (V) za svaku sastojinu (odsjek) izračunat je množenjem fotogra-

Tablica 2. Nezavisne varijable (prediktori) izračunati iz DMVK za svaki pojedinačni odsjek te korišteni za procjenu volumena sastojine.

Table 2 Independent variables (predictors) extracted from CHM for each stand and used for stand-level volume estimation.

DMVK varijabla CHM metric	Opis Description
$h_{\max}$	Maksimalna visina piksela u određenom odsjeku Maximum height of pixels for the observed stand
p_{25}, p_{30}, p_{90}	25., 30. i 90. visinski percentili izračunati na temelju visinskih vrijednosti odnosno z koordinata svih piksela određenog odsjeka 25 th , 30 th , and 90 th height percentiles calculated using height values (z coordinate) of each pixel in the observed stand
CC_{30}	Sklop krošanja na visini od 30 m – odnos između površine krošanja (piksela) na visini od 30 m i površine odsjeka Canopy cover at 30 m height - Ratio between canopy area (pixels) at 30 m height and stand area

Tablica 3. Opis modela korištenih za fotogrametrijsku procjenu volumena sastojina na području nizinskih šuma hrasta lužnjaka Pokupskog bazena.
Table 3 Description of models used for photogrammetric estimation of stand volume in lowland pedunculate oak forests of Pokupsko basin.

Model <i>Model</i>	Opis <i>Description</i>	
	Nezavisne varijable <i>Independent variables</i>	Parametri (regresijska konstanta i koeficijenti) <i>Parameters (regression constant and coefficients)</i>
SB-1	DMVK varijable <i>CHM metrics</i>	Izvorni (izrađeni za područje Spačvanskog bazena) <i>Origin (developed for the Spačva basin area)</i>
SB-2	DMVK varijable, starost sastojine (SA) <i>CHM metrics, stand age (SA)</i>	Izvorni (izrađeni za područje Spačvanskog bazena) <i>Origin (developed for the Spačva basin area)</i>
PB-1	DMVK varijable <i>CHM metrics</i>	Novi (izrađeni za područje Pokupskog bazena) <i>New (developed for the Pokupsko basin area)</i>
PB-2	DMVK varijable, starost sastojine (SA) <i>CHM metrics, stand age (SA)</i>	Novi (izrađeni za područje Pokupskog bazena) <i>New (developed for the Pokupsko basin area)</i>

metrijski procijenjenog volumena sastojine (V_m) i korekcijskog faktora (k) (jednadžba 4).

$$k = \frac{\bar{V}}{\bar{V}_m} \quad (3)$$

$$V' = V_m \cdot k \quad (4)$$

Validacija i ocjena točnosti – *Validation and accuracy assessment*

Budući da su u modelima SB-1 i SB-2 korišteni izvorni parametri (regresijska konstanta i regresijski koeficijenti) izrađeni za područje Spačvanskog bazena, navedeni modeli su validirani na čitavom uzorku od 87 sastojina. Za parametrizaciju modela PB-1 i PB-2 korišteno je 2/3 uzorka odnosno 58 odsjeka. Stoga su PB-1 i PB-2 modeli validirani na preostaloj trećini uzorka od 29 odsjeka.

Za ocjenu točnosti fotogrametrijske procjene volumena sastojina u odnosu na volumen sastojine iz Osnove gospodarenja, za svaki model izračunato je srednje odstupanje (MD, prema engl. *mean difference*), te korijen srednje kvadratne pogreške (RMSE, prema engl. *root mean square error*). MD ukazuje na predznak odstupanja modelom procijenjenih vrijednosti, odnosno podcjenjuju li one ili precjenjuju referentne vrijednosti. Za MD se često koristi i termin pristranost (engl. *bias*), jer ukazuje na sistemsku pogrešku ko-

rištenog modela procijenjenih vrijednosti. RMSE ukazuje na točnost fotogrametrijski procijenjenih vrijednosti u odnosu na referentne terenske vrijednosti. MD i RMSE izračunate su u mjernim jedinicama ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), te u postotnom iznosu od referentne vrijednosti prema jednadžbama 5-7:

$$MD = \frac{\sum_{i=1}^n (V'_i - V_i)}{n} \quad (6)$$

$$MD_{\%} = \frac{MD}{\bar{V}} \cdot 100 \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V'_i - V_i)^2}{n}} \quad (4)$$

$$RMSE_{\%} = \frac{RMSE}{\bar{V}} \cdot 100 \quad (5)$$

gdje V'_i je fotogrametrijski procijenjen volumen za sastojinu (odsjek) i , V_i je referentni volumen dobiven iz Osnove gospodarenja za sastojinu (odsjek) i , n je broj sastojina (odsjeka).

REZULTATI I DISKUSIJA RESULTS AND DISCUSSION

Matematički izrazi log-linearnih regresijskih modela korištenih za fotogrametrijsku procjenu volumena sastojina na

Tablica 4. Modeli (jednadžbe) za fotogrametrijsku procjenu volumena sastojina s vrijednostima parametara i korekcijskog faktora (k).
Table 4 Models (equations) used for photogrammetric estimation of stand volume with parameters and correction factor (k) values.

Model <i>Model</i>	Jednadžba <i>Equation</i>	k
SB-1	$\ln(V_m) = 3,8901 - 0,0185 \cdot h_{max} + 0,0161 \cdot p_{30} + 0,0818 \cdot p_{90} - 0,4090 \cdot CC_{30}$	1,0078
SB-2	$\ln(V_m) = 4,0780 - 0,0204 \cdot h_{max} + 0,0175 \cdot p_{25} + 0,0672 \cdot p_{90} - 0,3315 \cdot CC_{30} + 0,0026 \cdot SA$	1,0074
PB-1	$\ln(V_m) = 3,8247 - 0,0111 \cdot h_{max} - 0,0037 \cdot p_{30} + 0,0858 \cdot p_{90} - 0,2478 \cdot CC_{30}$	1,0124
PB-2	$\ln(V_m) = 3,9908 - 0,0150 \cdot h_{max} + 0,0003 \cdot p_{25} + 0,0768 \cdot p_{90} - 0,2216 \cdot CC_{30} + 0,0013 \cdot SA$	1,0120

Tablica 5. Rezultati validacije fotogrametrijskih modela procjene volumena sastojina prikazanih i opisanih u Tablicama 3 i 4.

Table 5 Validation results for photogrammetric stand-level volume models described in Table 3 and 4.

Model Model	R^2_{adj}	MD ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	MD _% (%)	RMSE ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	RMSE _% (%)
SB-1	0.75	27.01	8.41	59.31	18.47
SB-2	0.75	28.10	8.75	60.65	18.89
PB-1	0.86	-14.17	-4.49	37.95	12.03
PB-2	0.86	-11.98	-3.80	37.31	11.83

području nizinskih šuma hrasta lužnjaka Pokupskog bazena prikazani su u tablici 4. Svi modeli, kao i procijenjeni parametri nezavisnih varijabli u svim modelima statistički su značajni ($p < 0.001$). U modelima SB-1 i PB-1 kao ulazne (nezavisne) varijable koristili su se isključivo podaci DMVK-a prostorne rezolucije 5 m, dok je u modelima SB-2 i PB-2 pridodana i starost sastojine iz osnove gospodarenja.

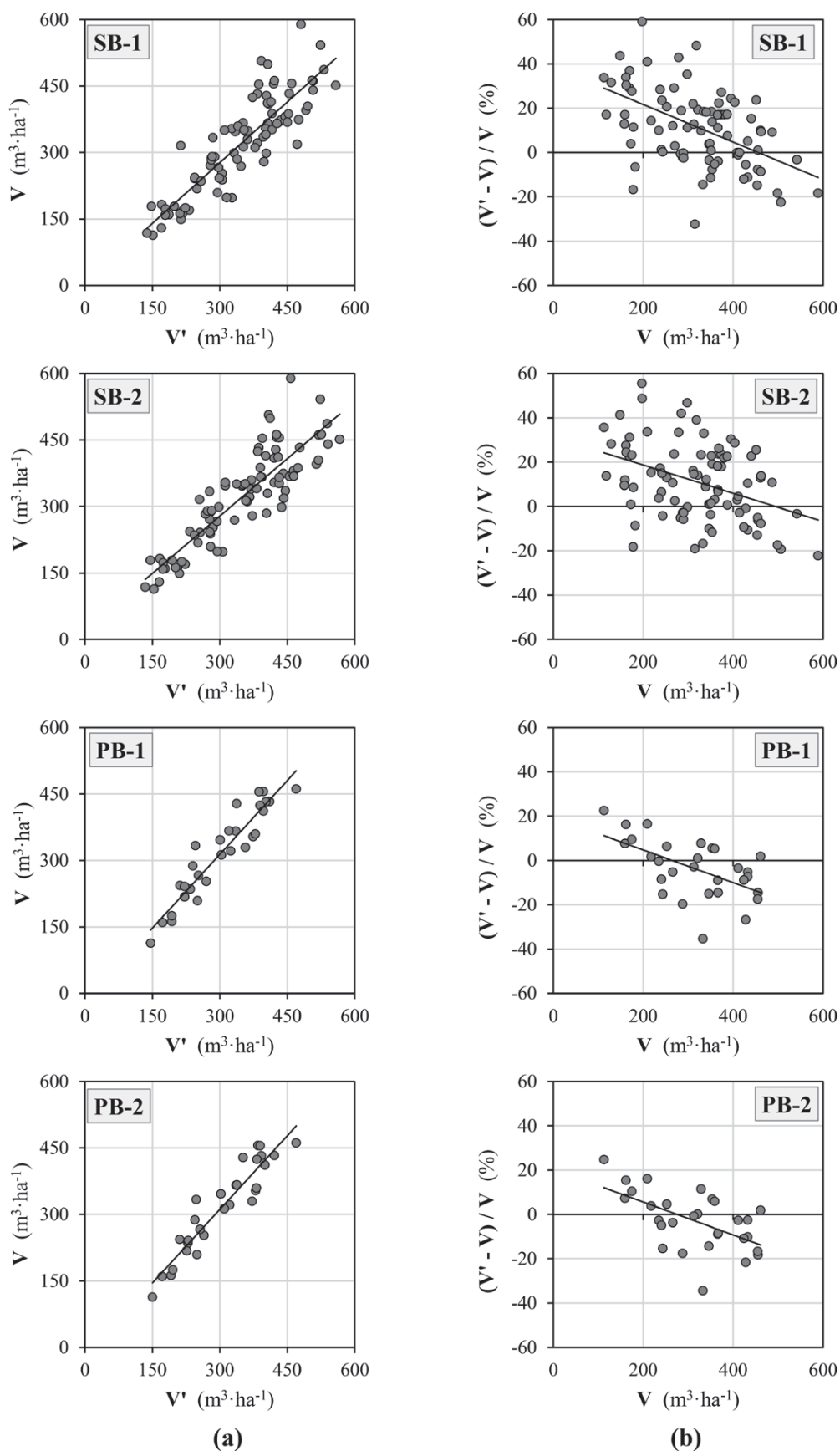
Rezultati validacije fotogrametrijskih modela odnosno odstupanja fotogrametrijski procijenjenog volumena sastojina (V') u odnosu na referentni volumen iz osnove gospodarenja (V) prikazani su u tablici 5, dok je grafička analiza dobivenih rezultata prikazana na slici 3. Iz dobivenih rezultata vidljivo je značajno poboljšanje točnosti fotogrametrijske procjene volumena kod PB modela u odnosu na SB modele. Primjerice, kod međusobno usporedivih SB-1 i PB-1 modela, R^2_{adj} je kod PB-1 modela poboljšana za 11%, MD_% za 3,92% u apsolutnoj vrijednosti, a RMSE_% za značajnih 6,44% u odnosu na SB-1 model. Vrlo slične vrijednosti dobivene su i za međusobno usporediva SB-2 i PB-2 modele. Prilog navedenome su i grafovi prikazani na slikama 3(a) i 3(b).

Uključivanje starosti sastojine, kao dodatne i lako pribavljive nezavisne varijable, nije značajno utjecalo na povećanje točnosti fotogrametrijske procjene volumena sastojina. Primjerice, dodavanjem starosti sastojine kod SB modela (SB-1 i SB-2), R^2_{adj} zadržao je istu vrijednost, dok su MD i MD_% te RMSE i RMSE_% vrijednosti čak neznatno pogoršane. Slično je dobiveno i za PB modele (SB-1 i SB-2) gdje je dodavanjem starosti sastojine R^2_{adj} kod oba modela zadržao istu vrijednost. Za razliku od SB modela, kod PB modela starost sastojine je poboljšala točnost procjene volumena sastojina, ali u neznatnim vrijednostima. MD_% je poboljšana za 0,69%, a RMSE_% za 0,20%. Isto je vidljivo iz grafičkog prikaza na slici 3(b) gdje su prikazana pojedinačna odstupanja u postotnim iznosima po odsjecima. Dodavanjem starosti u model, točnost procjene volumena je poboljšana u nekoliko pojedinačnih slučajeva. S obzirom da starost sastojine kao dodatna nezavisna varijabla ne utječe značajno na poboljšanje točnosti fotogrametrijske procjene volumena sastojina, SB-2 i PB-2 modeli nadalje neće biti predmet detaljnije rasprave.

Na prvi pogled SB i PB modeli pokazuju sličan trend (slika 3), tj. u sastojinama s manjim volumenom dolazi do precje-

nivanja, dok u sastojinama s većim volumenom do podcjenjivanja stvarnih vrijednosti. Međutim, validacijski rezultati (tablica 5) ukazuju da fotogrametrijski procijenjeni volumeni sastojina korištenjem SB modela generalno precjenjuju stvarne (referentne) vrijednosti (MD_%≈8,5%), dok su volumeni sastojina procijenjeni PB modelima podcijenjeni, ali u značajno manjoj mjeri (MD_%≈-4%). Iz slike 23(b) i prikazanih linija trendova vidljivo je da korištenjem SB modela dolazi do učestalog i značajnog precjenjivanja volumena u sastojinama s volumenom manjim od ≈300 $m^3 \cdot ha^{-1}$, dok se s porastom volumena sastojina precjenjivanje postupno smanjuje, te je u sastojinama s volumenom ≈400–450 $m^3 \cdot ha^{-1}$ podjednako izraženo precjenjivanje i podcjenjivanje stvarnog volumena. U sastojinama s volumenom iznad 450 $m^3 \cdot ha^{-1}$ dolazi do neznatnog precjenjivanja. Kod PB modela vidljiva je podjednaka raspodjela precijenjenih i podcijenjenih vrijednosti, te je uočljivo da tek jedna ili dvije veće pogreške podcjenjivanja dovode do zaključka da se volumen sastojine korištenjem PB modela generalno podcjenjuje (MD_%≈-4%, tablica 5). Nadalje, vidljivo je da primjenom PB modela dolazi do precjenjivanja u sastojinama s volumenima do ≈220 $m^3 \cdot ha^{-1}$, a u sastojinama s većim volumenima dolazi do podcjenjivanja u sličnim iznosima, uz tek dva izuzetka gdje iznosi podcjenjivanja prelaze 20% stvarnog (referentnog) volumena.

Za pretpostaviti je da su glavni razlog većem precjenjivanju volumena (MD_%≈8,5%) korištenjem SB modela i manjem podcjenjivanju volumena (MD_%≈-4%) korištenjem PB modela strukturne i stanišne razlike između nizinskih šuma hrasta lužnjaka Spačvanskog bazena za koje su SB modeli i njihovi parametri izrađeni te nizinskih šuma Pokupskog bazena na kojima su isti modeli i primijenjeni. Korištenjem SB-1 modela volumen sastojina u Spačvanskom bazenu procijenjen je s pogreškom (RMSE_%) od 13,26% (Balenić i dr. 2017), dok je primjenom istog modela u ovom istraživanju volumen sastojina u Pokupskom bazenu procijenjen s pogreškom od 18,47%. Međutim, kako je već navedeno, dodatnom parametrizacijom modela dolazi do značajnog poboljšanja točnosti procjene sastojinskog volumena (tablica 5). Korištenjem PB-1 modela volumen sastojine procijenjen je s pogreškom od 12,03%. Iz navedenog se može zaključiti da se model s pripadajućim nezavisnim varijablama (h_{max} , p_{30} , p_{90} , CC_{30}) koji je izvorno izrađen na po-



Slika 3. Grafička analiza: (a) Usporedba fotogrametrijski procijenjenog volumena sastojina (V') i referentnog volumena iz osnove gospodarenja (V), (b) Odstupanja fotogrametrijski procijenjenog volumena sastojina ($(V' - V) / V, \%$) u odnosu na referentni volumen iz osnove gospodarenja (V).

Figure 3 Graphical analyses: (a) Comparison of photogrammetrically estimated stand volume (V') and reference stand volume from management plan (V) (b) Deviations of photogrammetrically estimated stand volume ($(V' - V) / V, \%$) in relation to reference stand volume from management plan (V).

Tablica 6. Opis i rezultati dosadašnjih istraživanja procjene volumena sastojinama primjenom aerosnimaka i digitalne fotogrametrije.

Table 6 Description and results of previous studies dealing with stand-level volume estimation using aerial images and digital photogrammetry.

Referenca Reference	Lokacija Location	Tip šume Forest type	Glavne vrste drveća Main tree species	Teren Terrain	RMSE _% (%)
Bohlin i dr. (2012)	J Švedska S Sweden	Borealna privatno gospodarena šuma Boreal privately-owned managed forest	<i>Picea abies</i> , <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Betula</i> spp.	Relativno ravan Relatively flat	13,0-14,5
Rahlf i dr. (2014)	J Norveška S Norway	Borealna gospodarena šuma Boreal managed forest	<i>P. abies</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>Betula</i> spp.	Brdovit Hilly	18,1
Gobakken i dr. (2015)	J Norveška SE Norway	Borealna gospodarena šuma Boreal managed forest	<i>P. abies</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>Betula</i> spp.	Relativno ravan Relatively flat	13,1-17,4
Stepper i dr. (2015)	J Njemačka S Germany	Mješovita, različitih strukturnih karakteristika Mixed, various structural characteristics	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus petraea</i> , <i>P. sylvestris</i>	Razno Various	13,9-14,8
Puliti i dr. (2016)	J Norveška SE Norway	Borealna gospodarena šuma Boreal managed forest	<i>P. abies</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>Betula</i> spp.	Relativno ravan Relatively flat	13,4-15,4
Balenović i dr. (2017)	I Hrvatska E Croatia	Nizinska šuma hrasta lužnjaka Lowland pedunculate oak forest	<i>Q. robur</i> , <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Carpinus betulus</i>	Ravan Flat	12,6-13,6
Iqbal i dr. (2019)	NE Tasmanija (Australija)	Plantaža (10-30 god.starosti) Plantation (10-30 years-old)	<i>P. radiata</i>	Valovit Undulating	9,9-41,4

dručju Spačvanskog bazena može koristiti i za procjenu volumena na području Pokupskog bazena te drugih područja, ali da je uputno izraditi lokalne parametre modela.

Dobiveni rezultati u skladu su s rezultatima dosadašnjih istraživanja (Bohlin i dr. 2012, Rahlf i dr. 2014, Gobakken i dr. 2015, Pitt i dr. 2015, Stepper i dr. 2015, Puliti i dr. 2016, Iqbal i dr. 2019) koja su se bavila procjenom volumena na razini sastojine (odsjeaka) iz aerosnimaka. Usporedbom s rezultatima prikazanim u tablici 6, vidljivo je da je u ovom istraživanju volumen procijenjen s većom točnošću ($RMSE_{\%}=12,03\%$) nego u većini dosadašnjih istraživanja. Jedino su Iqbal i dr. (2019) postigli veću točnost odnosno manju pogrešku ($RMSE_{\%}=9,87\%$). Pri tome treba imati na umu da su Iqbal i dr. (2019) proveli istraživanje u plantaži *P. radiata*, vrlo jednostavne strukture i starosti od 29-30 godina. S druge strane u plantaži starosti 10-12 godina dobili su značajno lošije rezultate ($RMSE_{\%}=41,38\%$). Prema tomu, prilikom usporedbe dobivenih rezultata s drugim istraživanjima potrebno je imati u vidu i tip šume odnosno strukturne i stanišne karakteristike promatranih sastojina. Također, potrebno je istaknuti da je u svim dosadašnjim istraživanjima, uz izuzetak Balenović i dr. (2017), primijenjen klasični ABA pristup (modeliranje na razini plohe) te 'wall-to-wall' mapiranje za procjenu volumena na razini sastojine. U ovom istraživanju korišten je tzv. SBA pristup koji koristi metričke podatke iz aerosnimaka za čitavu površinu odsjeka (modeliranje na razini sastojine). Budući da ne zahtijeva dodatna terenska mjerenja, već se u potpunosti bazira na postojećim podacima (aerosnimke, DMR, podaci osnove gospodarenja), predstavlja financijski značajno isplativiju alternativu klasičnom ABA pristupu, a uz to daje podatke slične ili čak i veće točnosti (tablica 6). SBA pristup ne može zamijeniti klasične terenske metode za potrebe uređajne inventure šuma, ali može poslužiti kao učinkovita

i financijski isplativa metoda u slučajevima kada je u vrlo kratkom vremenu potrebno provesti inventuru nekog većeg šumskog područja.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

U ovome radu, koji predstavlja nastavak prethodnih istraživanja (Balenović i dr. 2017), dodatno je istražena i evaluirana točnost fotogrametrijske procjene volumena na razini sastojine. Metoda je bazirana na korištenju postojećih i lako dostupnih materijala i podataka, tj. na aerosnimkama iz regularnih topografskih snimanja Republike Hrvatske, službenom digitalnom modelu reljefa te podacima iz osnove gospodarenja. Volumen sastojina procijenjen je korištenjem postojećih modela izrađenih za područje Spačvanskog bazena (SB modeli) te korištenjem istih, ali naknadno parametriziranih modela s podacima za područje Pokupskog bazena (PB modeli). Dobiveni rezultati ukazali su na značajno poboljšanje točnosti fotogrametrijske procjene volumena kod parametriziranih PB modela u odnosu na izvorne SB modele. Korijen srednje kvadratne pogreške je smanjen za značajnih 6,44%, dok je srednja pogreška smanjena za 3,92% u apsolutnoj vrijednosti. U odnosu na značajnije precjenjivanje volumena korištenjem SB modela ($\approx 8,5\%$), korištenjem parametriziranih PB modela dolazi do podcjenjivanja stvarnog volumena sastojina, ali u znatno manjoj mjeri ($\approx -4\%$). Može se pretpostaviti da su glavni razlozi navedenim razlikama strukturne i stanišne razlike između nizinskih šuma hrasta lužnjaka Spačvanskog bazena za koje su SB modeli i njihovi parametri izrađeni te nizinskih šuma Pokupskog bazena na kojima su isti modeli i primijenjeni. Iz dobivenih rezultata daje se zaključiti da se model s pripadajućim nezavisnim varijablama koji je izvorno izrađen na području Spačvanskog bazena može koristiti i za pro-

cjenu volumena na području Pokupskog bazena te drugih područja, ali da je u cilju poboljšanja točnosti procjene volumena sastojina uputno izraditi lokalne parametre modela. U ovome radu prikazana fotogrametrijska metoda procjene volumena sastojina ne može zamijeniti klasične terenske metode za potrebe uređajne inventure šuma. Međutim, budući da ne zahtijeva dodatna terenska mjerenja, već se u potpunosti bazira na postojećim podacima (aerosnimke, DMR, podaci osnove gospodarenja), a uz to pruža i zadovoljavajuću točnost, može poslužiti kao učinkovita i financijski isplativa metoda u slučajevima kada je u vrlo kratkom vremenu potrebno provesti inventuru nekog većeg šumskog područja. Daljnja istraživanja trebala bi biti usmjerena i na ostale varijable šumskih sastojina (npr. srednja sastojinska visina, srednji sastojinski promjer, temeljnica, broj stabala, nadzemna biomasa), kao i na druge tipove šuma odnosno šume drugih uređajnih razreda.

LITERATURA REFERENCES

- Balenović, I., A. Seletković, R. Pernar, H. Marjanović, D. Vuletić, E. Paladinić, J. Kolić, M. Benko, 2011: Digital Photogrammetry – State of the Art and Potential for Application in Forest Management in Croatia. *South-east European forestry*, 2 (2): 81-93. <https://doi.org/10.15177/see-for.11-09>
- Balenović, I., G. Alberti, H. Marjanović, 2013: Airborne Laser Scanning - the Status and Perspectives for the Application in the South-East European Forestry. *South-east European forestry*, 4 (2): 59-79. <https://doi.org/10.15177/see-for.13-07>
- Balenović, I., A. Šimić Milas, H. Marjanović, 2017: A Comparison of Stand-Level Volume Estimates from Image-Based Canopy Height Models of Different Spatial Resolutions. *Remote Sensing*, 9 (3): 205. <https://doi.org/10.3390/rs9030205>
- Balenović, I., M. Gašparović, A. Šimić Milas, A. Berta, A. Seletković, 2018: Accuracy Assessment of Digital Terrain Models of Lowland Pedunculate Oak Forests Derived from Airborne Laser Scanning and Photogrammetry. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 39 (1), 117-128.
- Balenović, I., L. Jurjević, A. Šimić Milas, M. Gašparović, D. Ivanković, A. Seletković, 2019: Testing the Applicability of the Official Croatian DTM for Normalization of UAV-based DSMs and Plot-level Tree Height Estimations in Lowland Forests. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40 (1), 163-174.
- Gašparović, M., A. Šimić Milas, A. Seletković, I. Balenović, 2018: A novel automated method for the improvement of photogrammetric DTM accuracy in forests. *Šumarski list*, 142 (11-12), 567-576. <https://doi.org/10.31298/sl.142.11-12.1>
- Gobakken, T., O. M. Bollandsås, E. Næsset, 2015: Comparing biophysical forest characteristics estimated from photogrammetric matching of aerial images and airborne laser scanning data. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30: 73-86. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.961954>
- Goodbody, T. R., N. C. Coops, J. C. White, 2019: Digital aerial photogrammetry for updating area-based forest inventories: a review of opportunities, challenges, and future directions. *Current Forestry Reports*, 5(2), 55-75. <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00087-2>
- Gruber, M., A. Wiechert, 2009: UltracamXP, the new digital aerial camera system by Vexcel Imaging/Microsoft. In *ASPRS 2009 Annual Conference Baltimore*, 13-19 March 2009., Maryland, USA.
- Hill, T., P. Lewicki, 2007: *STATISTICS: Methods and Applications*. StatSoft, Inc.: Tulsa, OK, USA, 800 str.
- Holopainen, M., M. Vastaranta, J. Hyyppä, 2014: Outlook for the Next Generation's Precision Forestry in Finland. *Forests*, 5, 1682-1694. <https://doi.org/10.3390/f5071682>
- Iqbal, I. A., R. A. Musk, J. Osborn, C. Stone, A. Lucieer, 2019: A comparison of area-based forest attributes derived from airborne laser scanner, small-format and medium-format digital aerial photography. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 76, 231-241. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.12.002>
- Lim, K., P. Treitz, M. A. Wulder, B. St-Onge, M. Flood, 2003: LiDAR remote sensing of forest structure. *Progress in Physical Geography*, 27: 88-106. <https://doi.org/10.1191/0309133303pp360ra>
- Mayer, B., 1996: Hidropedološki odnosi na području nizinskih šuma Pokupskog bazena. *Radovi - Šumarski Institut*, 31 (1/2): 37-89, Jastrebarsko.
- McGaughey, R.J. *FUSION/LDV*, 2018: Software for LiDAR Data Analysis and Visualization, Version 3.80. USDA Forest Service Pacific Northwest Research Station: Seattle, WA, USA: 209.
- Næsset, E., 2014: Area-Based Inventory in Norway—From Innovation to an Operational Reality. In *Forestry Applications of Airborne Laser Scanning—Concepts and Case Studies*: Maltamo, M., E. Næsset, J. Vauhkonen, Springer: Dordrecht, The Netherlands: 215-240.
- Pitt, D.G., M. Woods, M. Penner, 2015: A comparison of point clouds derived from stereo imagery and airborne laser scanning for the area-based estimation of forest inventory attributes in Boreal Ontario. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 40: 214-232. <https://doi.org/10.1080/07038992.2014.958420>
- Puliti, S., T. Gobakken, H. O. Ørka, E. Næsset, 2016: Assessing 3D point clouds from aerial photographs for species-specific forest inventories. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32, (1): 68-79. <https://doi.org/10.1080/02827581.2016.1186727>
- Rahlf, J., J. Breidenbach, S. Solberg, E. Næsset, R. Astrup, 2014: Comparison of four types of 3D data for timber volume estimation. *Remote Sensing of Environment*, 155, 325-333. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.08.036>
- Rahlf, J., J. Breidenbach, S. Solberg, R. Astrup, 2015: Forest parameter prediction using an image-based point cloud: a comparison of semi-ITC with ABA. *Forests*, 6(11), 4059-4071. <https://doi.org/10.3390/f6114059>
- Reutebuch, S. E., H. E. Andersen, R. J. McGaughey, 2005: Light detection and ranging (LIDAR): an emerging tool for multiple resource inventory. *Journal of forestry*, 103 (6), 286-292. <https://doi.org/10.1093/jof/103.6.286>
- Snowdon, P., 1991: A ratio estimator for bias correction in logarithmic regressions. *Canadian Journal of Forest Research*, 21, 720-724. <https://doi.org/10.1139/x91-101>
- Stepper, S., C. Straub, H. Pretzsch, 2015: Using semi-global matching point clouds to estimate growing stock at the plot and stand levels: Application for a broadleaf-dominated forest in central Europe. *Canadian Journal of Forest Research*, 45, 111-123. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0297>
- Straub, C., C. Stepper, R. Seitz, L. T. Waser, 2013: Potential of UltraCamX stereo images for estimating timber volume and basal area at the plot level in mixed European forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 43, 731-741. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0125>

- White, J.C., M. A. Wulder, M. Vastaranta, N. C. Coops, D. Pitt, M. Woods, 2013: The utility of image-based point clouds for forest inventory: A comparison with airborne laser scanning. *Forests*, 4, 518–536. <https://doi.org/10.3390/f4030518>
- White, J.C., C. Stepper, P. Tompalski, N.C. Coops, M.A. Wulder, 2015: Comparing ALS and Image-Based Point Cloud Metrics and Modelled Forest Inventory Attributes in a Complex Coastal Forest Environment. *Forests*, 6 (10): 3704–3732. <https://doi.org/10.3390/f6103704>
- White, J.C., N. C. Coops, M. A. Wulder, M. Vastaranta, T. Hilker, P. Tompalski, 2016: Remote Sensing Technologies for Enhancing Forest Inventories: A Review. *Canadian Journal of Remote Sensing* 42 (5): 619–641. <https://doi.org/10.1080/07038992.2016.1207484>
- World reference base for soil resources (WRB), 2006: A framework for international classification, correlation and communication. *World Soil Resources Reports No. 103*, FAO, Rome, Italy: 128.

SUMMARY

The application of digital aerial photogrammetry in forest inventory has been in the focus of a number of studies during the last decade (White et al. 2016, Goodbody et al. 2019). The results were tested and evaluated mostly on plot-level, and less often on stand-level (Bohlin et al. 2012, Rahlf et al. 2014, Gobakken et al. 2015, Pitt et al. 2015, Stepper et al. 2015, Puliti et al. 2016, Balenović et al. 2017, Iqbal et al. 2019). In almost all studies, a classic Area-Based Approach (ABA) which includes modelling at plot-level and ‘wall-to-wall’ mapping to estimate forest variables at stand-level were applied. A somewhat different ABA approach which implies direct modelling and estimation at stand-level were proposed by Balenović et al. (2017). This new approach, hereinafter referred to as Stand-Based Approach (SBA), is based on existing and easily available photogrammetric materials and data (aerial images from regular national topographic surveys, official national digital terrain data) as well as on data from existing forest management plans. The main precondition for the SBA method application is the approximate time coincidence between the time of aerial images acquisition and the time of the field data collection for the forest management plan generation. Similar to classical ABA, SBA also requires models (equations) for forest variable estimations. However, in SBA case, models are developed on the certain number of stands (subcompartments) of similar structural characteristics (e.g. forest management classes). In SBA, independent variables are metric stand-level data obtained from aerial images and its product (normalized point clouds or canopy height models), while reference (modelling or validation) data are obtained from regular forest management plans. Compared to classical ABA, SBA does not require additional field measurements, and therefore presents a fast and cost-effective alternative to ABA. An additional assumption is that models developed for the certain area can be applied for other forest areas with similar forest characteristics.

This work presents the continuation of previous study (Balenović i dr. 2017) with the aim to additionally test the effectiveness and accuracy of SBA method. More precisely, SBA method and existing models of stand volume estimation originally developed for lowland pedunculate oak (*Quercus robur* L.) of Spačva basin forest complex (Eastern Croatia) were tested in pedunculated oak forest of Pokupsko basin forest complex (Central Croatia).

A total of 87 even-aged pedunculate oak forest stands of Jastrebarski lugovi management unit were included in this study (Figure 1, Table 1). Photogrammetric data (aerial images, digital terrain data) were provided by the Croatian State Geodetic Administration, and were used to generate Digital Surface Model (DSM) and Digital Terrain Model (DTM). A raster Canopy Height Model (CHM) of 5 m resolution was generated by subtracting DTM from DSM (Figure 2). Metrics extracted from CHM for each stand and used for stand-level volume estimation are presented in Table 2. Equations (1) and (2) present photogrammetric models for stand-level volume estimation. A more detailed description of the models can be found in Table 3. SB-1 and SB-2 models consist of independent variables and parameters (regression constant and coefficients) originally developed for the Spačva basin area (Table 4). PB-1 and PB-2 models consisted of the same variables as SB-1 and SB-2 models, but their parameters were developed for the present study area (Pokupsko basin) (Table 4). All models were validated using the reference stand volume from the forest management plan. SB-1 and SB-2 models were validated using the entire dataset (87 stands), whereas PB-1 and PB-2 models were validated using the randomly selected 29 stands (other 58 stands were used for parameters estimation).

According to validation results (Table 2, Figure 3), PB models showed considerably greater performance than SB-models. Compared to SB-1 model, PB-1 model achieved 11% higher R^2_{adj} values, for 3,92% MD_% values (absolute), and for 6,44% higher RMSE_% values. Also, the results showed that the inclusion of stand age (SA) as an additional predictor in SB-2 and PB-2 models did not contribute

significantly on model performance. All models showed a similar trend (Figure 3), i.e. volume in stands with lower volume values were overestimated, while in stands with higher volume values were underestimated. However, overestimations ($\approx 8,5\%$) using SB models were considerably greater than underestimations ($\approx -4\%$) using PB models. Differences in SB and PB models performance are probably due to differences in stand and site characteristics between two forest areas (Spačva basin and Pokupsko basin). The obtained results suggest that the model with independent variables (Equation 1) originally developed for Spačva basin area can be used for Pokupsko basin and other areas with similar forest characteristics, but local model parameters have to be estimated in order to increase estimation accuracy. It has to be emphasized that the photogrammetric method tested in this paper can not replace the conventional field methods in regular forest inventory. However, its application is based on existing and easily available data (aerial images from regular topographic surveys, official DTM, forest management plan) and does not require additional field measurements and therefore present effective and low-cost solution when in a very short period large areas have to be inventoried. Further research should be focused on other important forest variables (e.g. mean stand height, mean stand diameter, basal area, stand density, biomass, etc.) and different forest types.

KEY WORDS: aerial images, digital photogrammetry, canopy height model (CHM), stand volume, forest inventory

175
140

**HRVATSKO
ŠUMARSKO
DRUŠTVO**

**ŠUMARSKI
LIST**

ESTIMATING RECENT FOREST LOSSES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA BY USING THE COPERNICUS AND CORINE LAND COVER DATABASES

PROCJENA RECENTNIH GUBITAKA ŠUME U BOSNI I HERCEGOVINI KORIŠTENJEM COPERNICUS I CORINE LAND COVER BAZE PODATAKA

Branislav DRAŠKOVIĆ^{1,2}, Marko GUTALJ¹, Stefan STJEPANOVIĆ¹, Boban MILETIĆ¹

SUMMARY

The analysis of data from the first two decades of the 21st century shows that the area under forests in Bosnia and Herzegovina is gradually decreasing. In order to gain a detailed insight into this process, the paper will analyse the forest databases of the European satellite monitoring program Copernicus. This program, among other things, monitors the condition of forests in 39 European countries by using the High Resolution Layer (HRL). The HRL Forests database consists of 3 types of (status) products, and additional change products. The status products are available for the reference years 2012, 2015, and 2018. The status layers provide information on the Dominant Leaf Type and the Tree Cover Density at pixel level for the reference year 2018 in 10 m resolution. The Forest Type layer largely follows the Food and Agriculture Organization (FAO) forest definition.

Also, the paper will use the data on forests from the CORINE Land Cover project for 2000, 2006, 2012 and 2018. The time-series includes a land change layer, highlighting changes in land cover and land use. The CLC Changes database will be analysed separately for three periods: 2000–2006, 2006–2012 and 2012–2018, due to more accurate data on forest losses.

The results of the research show that forests in Bosnia and Herzegovina were reduced by 2.95%, in the period 2012–2018, where 2.55% of them were coniferous. Forests are primarily endangered by the process of conversion to transitional forest / shrub and fires.

KEY WORDS: forest, losses, B&H, Copernicus, database, changes.

INTRODUCTION

UVOD

Bosnia and Herzegovina (B&H) is located in the western part of the Balkan Peninsula and covers an area of 51.209 km². It is composed of two autonomous political entities roughly equal in size: The Federation of Bosnia and Her-

zegovina (FB&H) and Republic of Srpska (RS), including a third unit as well, Brčko District (BDB&H) which cover less than 1% of country territory. According to the last census from 2013, B&H has about 3.53 million inhabitants (Agency for Statistics of Bosnia and Herzegovina, 2016). B&H is the country with the highest forest share and the

¹ Prof. dr. sc. Branislav Drašković, Doc. dr. sc. Marko Gotalj, Doc. dr. sc. Stefan Stjepanović, Msc. Boban Miletić, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.

² Corresponding author: branislav.draskovic@pof.ues.rs.ba

highest diversity of forest types in the Western Balkans. Forests represent one of the major natural resources of the country. Due to their natural and diverse structure, as well as extensive natural regeneration, they represent crucial resources for the further development of B&H. The country itself is geographically excellently positioned in terms of diverse climatic influences (Mediterranean, sub Mediterranean and middle continental climate zones) and is home to over one hundred tree species. The main species found are fir, spruce, Scots and European pine, beech, various species of oak, and less significant numbers of noble broad-leaves, including maples, elms, ash, together with fruit trees (cherry, apple, pear). Around 80 percent are public forests, and around 20 percent are privately owned (FAO, 2015).

Considering the area covered by forests and the complex political structure of the state, it is important to monitor the changes taking place on the ground. This is essential for improving strategic plans and use forests more efficiently as one of the most important development potentials of the state. B&H does not have a technologically highly developed wood industry, so forest products are mainly sold as a raw materials and semi-finished products. Economic forests are defined as those forests which are actually managed for economic purposes. Non-economic forests are forests out of active management. Forest in B&H show typical structures for countries in South-East Europe, whose characteristic is a huge amount of coppice forests.

Coppice forests amount to 12.520 km² in total and to 8.430 km² in productive (economic) forests, i.e. almost 40 percent of productive forests (FAO, 2015). According to same source, 51.13% belongs to high forest and 38.75% coppice forest. The rest is characterised as other wooded land and comprises shrubs, barren forest land, and other forest areas. The prevailing 9 out of 13 major European forest types illustrates the rich diversity of forests in B&H and the potential role forests can play in biodiversity and habitat protection, as well as a diversified portfolio of tree species and forest ecosystems in term of producing forest goods.

The most widespread type of deciduous trees is beech, which makes almost 40% compared to the distribution of all types, while oak covers around 20%. Spruce and fir, which may be found at higher altitudes and that grow on steep surfaces, make an additional 20% of the forest cover in B&H. The annual quantity of timber harvest amounted to 4.5 million m³/year (MOFTER, 2012). European beech (*Fagus sylvatica* L.) is one of the most important forest tree species in B&H, both economically and ecologically (Ballian et al, 2012).

Copernicus is the European Union's Earth Observation Programme. It offers information services based on satellite Earth observation and in situ (non-space) data. The Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) provides geograph-

ical information on land cover and its changes, land use, vegetation state, water cycle and Earth's surface energy variables to a broad range of users in Europe. Pan-European High Resolution Layers provide information on specific land cover characteristics and are complementary to land cover / land use mapping such as in the CORINE land cover (CLC) datasets. The HRLs are produced from satellite imagery through a combination of automatic processing and interactive rule based classification. Since the 2015 reference year, the production is increasingly based on time series of satellite images from a number of different sensors, including the combination of optical and radar data. The main sources are (since the 2018 reference year) the Sentinel Satellites (in particular Sentinel-2 and Sentinel-1). In addition to high resolution (HR) data, since 2015, there is very high resolution (VHR) imagery for some of the products. Since 2018, the products have increased in resolution to 10 meters, thus following the source resolution of the Sentinel-2 imagery (CLMS, 2020).

The CLC is a project launched by the European Environment Agency (EEA) more than thirty years ago with the aim of collecting, coordinating and ensuring the consistency of information on natural resources and the environment. The first CLC project for B&H started in 1998 and was successfully completed in 2000. The result was the creation of the B&H CLC 2000 database, which included the identification of the types of surface cover at the level of the main classes, and also the second and third level subclass with a detailed description of the structural characteristics. Subsequently, the CLC 2006, CLC 2012, and CLC 2018 databases were created with the aim to monitor the dynamic changes in the land cover (Dražković et al, 2020).

The aims of the study are to estimate recent forest losses in B&H by using the Copernicus and CLC database, to define the processes which endanger forest most, and to identify the CLC subclasses that are most widespread at the expense of forests.

MATERIALS AND METHODS

MATERIJAL I METODE

Visual interpretation of satellite images is an important tool for monitoring spatial change trends on the Earth's surface. By collecting and analysing images from different periods, the situation on the ground can be compared and the differences and directions of spatial development can be determined. The interpretation was supported by additional data such as Orthophotomaps, local topographic maps, field data, etc.

There are variety of CLMS uses in forestry. For example, it can help to monitor the health status of forests and highlight clear cuts. The publication Ever Growing Use of Co-

pernicus across Europe's Regions showcases, among many others, 11 user stories that describe how public administrations across Europe are using Copernicus data and information to address their challenges regarding forest issues (NEREUS, ESA and EC, 2018). Cole et al. (2018) analysing CLC changes in period 2006-2012 in the UK, found that the over 54% of changes were related to coniferous clear cutting (conversion of coniferous forest to transitional woodland /shrub).

Regarding forest, the two primary status layers Dominant Leaf Type (DLT) and Tree Cover Density (TCD) at 10 m spatial resolution are derived from multi-temporal Sentinel-2 satellite data from the European Space Agency (ESA) and provide information about leaf type (broadleaved/coniferous) and the proportional tree cover at pixel level (TCD in %). The HRL Forest 2018 product portfolio already comprises a Forest Type (FTY) product. Apart from mapping the current status, it is possible to monitor change, which can be a result of manifold influences, e.g. related to climate or forestry. This is enabled by the 3 year update cycle of the HRLs which allows to not only map the loss of tree cover but also the gains (CLMS, 2020).

Some of the existing Earth Observation based products, however, require verification and tuning to meet the user requirements. For example, it was estimated that the satellite based Copernicus HRL-tree cover density layer has an overestimation error up to 7.5% (Mironczuk and Hościło 2017; Hościło et al, 2016).

For proper management of any area, and particularly protected ones, it is essential to include as much relevant data as possible from different sectors (e.g. natural science, demography, administration, forestry, agriculture, etc.). Very often, those data have different formats, precision, resolution, origin, etc. A geographic information system (GIS) enables successful integration of such diverse data into a harmonized database containing all data in compatible format (Marić-Limari et al, 2017).

A Digital Elevation Model (EU DEMv1.1.) with a resolution of 25 m and the FTY 2018 layer with a resolution of 10 m have been used to view the spatial distribution of forest types by altitude zones. By using the GIS tool Raster Cal-

culator, the areas under broad-leaved and coniferous forests have been calculated by altitude zones. Considering the altitude range from 0 to 2367 m, four altitude zones of 0-500 m (39.47% of the B&H territory), 500-1000 m (35.53%), 1000-1500 m (21.9%) and over 1500 m (3.1%) have been taken into account. According to Stjepanović (2019), among the main species of forest in the zone with an altitude of less than 500 m, the most common ones are sessile oak forests, covering about 95% of the area, in the hilly zone (500-1000 m) there are beech forests with 47% of the area, and in the mountain zone (1000-1500 m) there are beech and spruce forests with 71% of the area.

CLC Changes data for the B&H territory have been extracted by using the GIS software and changes in the form of polygons for all three periods have been visualized. The data have been exported to Microsoft Excel and classified by type of change. The individual sum of areas of all land cover types and changes by periods have been calculated by using the Sort & Filter and Subtotal Sum tools. Through the processing of this data, we get a spatial and temporal insight into all the processes that take place in the field.

RESULTS AND DISCUSSION REZULTATI I DISKUSIJA

The total area under forests in B&H in 2018 was 30498.57 km² or 59.55% of the territory, which is a decrease by 2.94% in comparison with 2012. Broad-leaved forests decreased by 0.39% and coniferous forests by 2.55%. Among the forest types in 2018, broad-leaved forests account for 80.98%, while coniferous forests account for 19.02%. In comparison with 2012, when broad-leaved forest covered 77.78% and coniferous forest 22.22% (Table 1), this is a significant change.

Distinguishing forest area losses (i.e. conversion to non-forest land uses or deforestation) from tree cover losses, which may be temporary (i.e. natural disturbances, sustainable forestry) or which may eventually lead to forest area loss (i.e. unsustainable logging, altered successional pathways), is critically important for two reasons. Firstly, the impacts of permanent loss in forest area on biodiversity, ecosystem functioning, and resource use opportunities are fundamentally

Table 1: Dominant leaf types in B&H in the period 2012-2018 (DLT 2018 resolution 10 m, DLT 2015 and DLT 2012 resolution 20 m.) (Source: CLMS, DLT database)

Tablica 1: Šume prema dominantnom tipu lista u BiH u periodu 2012-2018. (DLT rezolucija 10 m, DLT 2015 i DLT 2012 rezolucija 20 m) (Izvor: CLMS, DLT baza podataka)

Forest /Šuma	DLT 2012			DLT 2015			DLT 2018		
	P (km ²)	%	% of B&H	P (km ²)	%	% of B&H	P (km ²)	%	% of B&H
Broad-leaved/Listopadna	24894.34	77.78	48.61	25221.80	78.85	49.25	24696.44	80.98	48.22
Coniferous/Četinarska	7110.55	22.22	13.88	6764.67	21.15	13.21	5802.13	19.02	11.33
Total/Ukupno	32004.89	100.00	62.49	31986.47	100.00	62.46	30498.57	100.00	59.55

Table 2: Dominant leaf types in 2018. by B&H entities (Source: CLMS, DLT 2018 database)

Tablica 2: Dominantni tipovi lista u 2018 po BiH entitetima (Izvor: CLMS, DLT 2018 baza podataka)

DLT 2018	Federation B&H <i>Federacija BiH</i>			Republic of Srpska <i>Republika Srpska</i>			Brčko District <i>Brčko Distrikt</i>		
	P (km ²)	%	% of FB&H	P (km ²)	%	% of RS	P (km ²)	%	% of BD
Broad-leaved/ <i>Listopadna</i>	13318.79	78.35	51.07	12096.07	81.64	49.08	192.22	97.61	38.94
Coniferous/ <i>Četinarska</i>	3680.52	21.65	14.11	2720.18	18.36	11.04	4.70	2.39	0.95
Total/ <i>Ukupno</i>	16999.31	100.00	65.19	14816.25	100.00	60.12	196.92	100.00	39.89

different than the impacts of a temporary loss of forest cover. Secondly, different policy and management responses are needed to achieve sustainability in the face of forest area versus forest cover losses (Wulder et al, 2020).

According to the same database, 65.19% of the territory the Federation of B&H is covered by forests, where 51.07% are broad-leaved and 14.11% are coniferous, while 60.12% of the Republic of Srpska is covered by forests, where 49.08% are broadleaved and 11.04% are coniferous. In the Brčko District, the forest covers 39.89%, of which broad-leaved forests cover 38.94%, and the coniferous forest only 0.95% (the Brčko District occupies a small, mostly urban territory, predominantly between 100–200 m above sea level) (Table 2).

According to the DLT Change database in the period 2015–2018, broad-leaved forest losses amounted to 55.22 km², which is 0.22% of the total area covered under this type of forest. Coniferous forest losses in the same period amounted to 25.25 km² or 0.37% in comparison with the initial year. Potential change among dominant leaf types is 2.38 km² or 0.01% of total forest cover (Table 3).

FAO defines a forest as a land with tree crown cover (or equivalent stocking level) of more than 10 percent and area of more than 0.5 hectares (ha). The trees should be able to reach a minimum height of 5 meters (m) at maturity *in situ*. May consist either of closed forest formations where trees of various storeys and undergrowth cover a high proportion of the ground; or open forest formations with a continuous vegetation cover in which tree crown cover exceeds 10 percent. Young natural stands and all plantations established for forestry purposes which have yet to reach a crown density of 10 percent or tree height of 5 m are included under forest, as are areas normally forming part of the forest

Table 3: Dominant leaf type changes in B&H in period 2015–2018 (20 m resolution) (Source: CLMS, DLT Change database)

Tablica 3: Promjene prema dominantnom tipu lista u BiH u periodu 2015–2018. (20 m rezolucija) (Izvor: CLMS, DLT Change baza podataka)

Class Name / <i>Naziv klase</i>	P (km ²)	% of B&H	% of total forest % od ukupne šume
Loss of broadleaved forest / <i>Gubitak listopadne šume</i>	55.22	0.11	0.22
Loss of coniferous cover / <i>Gubitak četinarske šume</i>	25.25	0.05	0.37
Potential change among dominant leaf types / <i>Potencijalne promjene među dominantnim tipovima lista</i>	2.38	0.00	0.01

area which are temporarily unstocked as a result of human intervention or natural causes but which are expected to revert to forest (FAO, 1998).

FTY layer is derived through a spatial intersection of the two primary status layers TCD and DLT and excludes areas under agricultural use and in urban context. The FTY database shows a more intense trend of decreasing the forest area compared to the DLT database. Namely, in the period 2012–2018, a decrease in the area under forests was recorded in the amount of 4.78%, of which conifers accounted for 2.66% and broad-leaved trees for 2.13%. The ratio within forests is similar: broad-leaved forests increase from 77.7% in 2012 to 80.47% in 2018, while conifers decrease from 13.87% in 2012 to 11.21% in 2018 (Table 4).

By overlapping the raster layers EU DEMv1.1 and FTY 2018, the spatial distribution of forest types by altitude zones has been obtained (Figures 1 and 2). About 75% of the territory of B&H is below 1000 m and 25% above. As it could be expected, broad-leaved forests dominate at lower

Table 4: Forest types in B&H in period 2012–2018 (Source: CLMS, FTY database)

Tablica 4: Tipovi šuma u BiH u period 2012–2018 (Izvor: CLMS, FTY baza podataka)

Forest Type/ <i>Tip šume</i>	FTY 2012			FTY 2015			FTY 2018		
	P (km ²)	%	% of B&H	P (km ²)	%	% of B&H	P (km ²)	%	% of B&H
Broad-leaved/ <i>Listopadna</i>	24748.40	77.70	48.32	24748.4	78.53	48.32	23658.09	80.47	46.19
Coniferous/ <i>Četinarska</i>	7104.34	22.30	13.87	6765.28	21.47	13.21	5743.44	19.53	11.21
Total/ <i>Ukupno</i>	31852.74	100.00	62.19	31513.68	100.00	61.53	29401.53	100.00	57.41

Table 5: Forest types in B&H by elevation zones (Source: CLMS, FTY 2018 database)

Tablica 5: Tipovi šuma u BiH po visinskim zonama (Izvor: CLMS, FTY 2018 baza podataka)

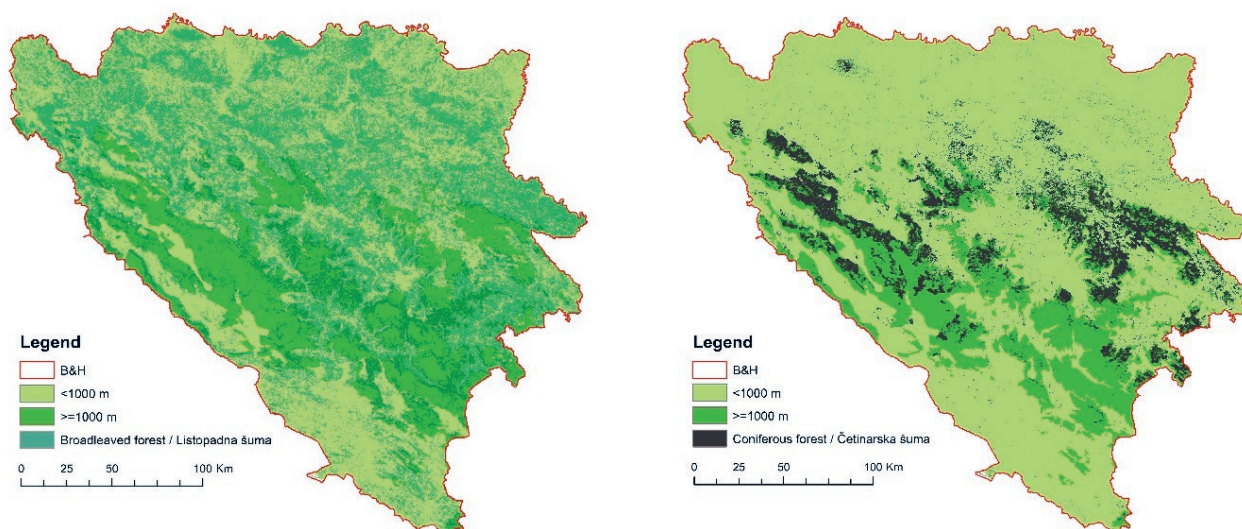
Altitude/Visina	0-500 m	500-1000 m	1000-1500 m	>1500 m	Total/Ukupno
Broad-leaved % / Listopadna %	38.65	41.91	17.77	1.66	100.00
Coniferous % / Četinarska %	8.16	30.22	57.82	3.80	100.00

altitudes and coniferous forests at higher altitudes. Broad-leaved forests occupy 80.56% of the area up to 1000 m, while coniferous forests in the area over 1000 m cover 61.62%. In mountainous areas, with an altitude of over 1500 m, forests are represented by 5.46%, of which 3.8% are coniferous and 1.66% are broad-leaved (Table 5).

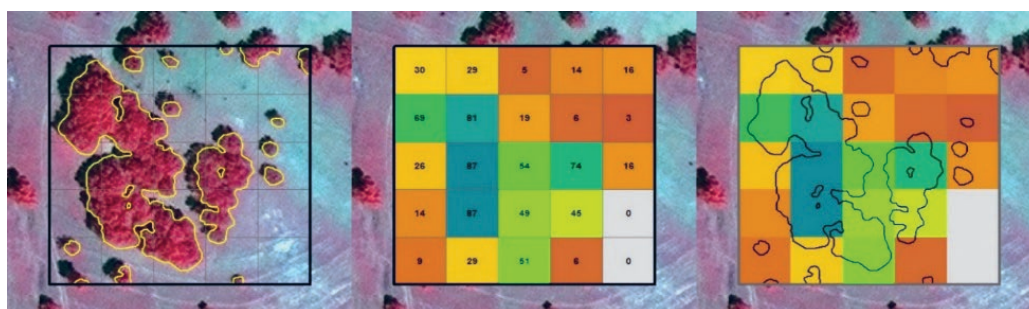
The Copernicus HRL Forest defines Tree Cover Density as the „vertical projection of tree crowns to a horizontal earth's surface“ and provides information on the proportional crown coverage per pixel (Figure 3). Tree Cover Density is assessed on VHR sources by visual interpretation following a point grid approach and subsequently transferred to the HR data by a linear function. In particular, information on

crown cover, which is provided with the continuous-scale (0-100%) TCD product for the whole of Europe, can be generally used by different countries, even if different national forest definition regarding the crown/canopy cover exist (e.g. Austria with 3%, Spain with 5%) (CLMS, 2018).

Table 6 shows the level of tree cover density in a range from 0 to 100%. The tree cover density over 10% refers to 99.9% of the forest. The density of 51-100% refers to 92.6% of the forest. For the TCD 2018 database, consistent multi-temporal coverage refers to the period 01 March 2018 – 31 October 2018. Although unsustainable wood removal, including illegal harvesting, is sometimes regarded as a cause of deforestation, it is more often associated with forest degra-

**Figure 1 and 2:** Spatial distribution of broad-leaved and coniferous forest in B&H (Source: CLMS, 2020, FTY 2018 database)

Slike 1 i 2: Prostorna distribucija listopadne i četinarske šume u BiH (Izvor: CLMS, 2020, FTY 2018 baza podataka)

**Figure 3:** Ideal-typical illustration of the Tree Cover Density product, delineated from a VHR satellite scene, 20 m raster grid (Source: CLMS, 2018)

Slika 3: Idealno-tipična ilustracija gustine šumskog pokrivača, ucrtanog sa VHR satelitske scene, 20 m rasterska mreža (Izvor: CLMS, 2018)

Table 6: Tree cover density in B&H in period 2012-2018 (TCD 2018 layer resolution 10 m, TCD 2015 and TCD 2012 layers resolution 20 m) (Source: CLMS, TCD database)

Tablica 6: Gustina šumskog pokrivača u BiH u periodu 2012-2018 (TCD 2018 sloj rezolucija 10 m, TCD 2015 i TCD 2012 slojevi rezolucija 20 m) (Izvor: CLMS, TCD baza podataka)

%	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	Total/Ukupno
TCD 2012	0.5	1	1.4	1.8	3.2	5.7	9.6	15.6	36.3	24.8	100
TCD 2015	0	0	0.1	0.3	1.3	4.1	9.3	21.1	49.5	14.3	100
TCD 2018	0.1	0.3	0.7	1.7	4.8	12.2	22.6	28.6	21.1	8.1	100

Table 7: Forest losses by main types of land cover and periods (km²) (Source: CLMS, CLC CHA database)

Tablica 7: Šumski gubitci prema glavnim tipovima površinske pokrovnosti i po periodima (km²) (Izvor: CLMS, CLC CHA baza podataka)

Changes/Promjene	2000-2006	2006-2012	2012-2018	Total
Forest to Artificial surfaces / Šume u vještačke površine (3.1.x-1.x.x) ³	5.69	3.83	4.38	13.90
Forest to Agricultural land / Šume u poljoprivredno zemljište (3.1.x-2.x.x)	0.82	1.29	1.63	3.74
Forest to Shrub and/or herbaceous vegetation associations / Šume u grmovitu i/ili travnatu vegetaciju (3.1.x-3.2.x)	179.63	18.68	46.09	244.40
Forest to Open spaces with little or no vegetation / Šume u otvorene prostore sa malo ili bez vegetacije (3.1.x-3.3.x)	5.98	19.56	14.32	39.86
Forest to Water bodies / Šume u vodna tijela (3.1.x-5.x.x)	0.55	0.41	0.13	1.09
Total losses / Ukupni gubitci	192.67	43.77	66.55	302.99
Internal forest conversion / Interna šumska konverzija (3.1.x-3.1.x)	6.05	2.78	0.31	9.14
Other to forest / Drugi tipovi u šume (x.x.x-3.1.x)	95.12	84.24	13.94	193.30
Net losses/ Neto gubitci	-97.55	40.47	-52.61	-109.69

dation because wood removal does not necessarily lead to changes in land use (FAO, 2016). It can refer to reducing of tree cover density, considering the fact that the data in Table 6 shows the decrease of 81-90% and of 91-100% in 2018.

Forest losses by LC/LU subclasses – Gubitci šuma po LC/LU podklasama

In 2019, the European Environment Agency (EEA) published an updated illustrated guide to the nomenclature of land cover types with a structural classification at three hierarchical levels and a differentiated level of detail (EEA, 2019). According to the CLC 2018 database, forests cover 46.34% of the territory of B&H, broad-leaved 32.62%, coniferous 5.28% and mixed 8.45%. In comparison with the CLC 2000, the increase in forest areas was about 2% (Dražković, 2020). However, the CLC Changes database for the period 2000-2018 reduced the forest area by 109.69 km², i.e. they occupy 0.34% less territory compared to the initial year (Table 7). This difference arose because CLC and CLC Changes databases use different spatial units. CLC uses a Minimum Mapping Unit (MMU) of 25 ha for areal phenomena and a minimum width of 100 m for linear phe-

nomena, while changes (CHA) in land cover uses an MMU of 5 ha.

Similar to the CLC Changes database, DLT 2018 and FTY 2018 databases have slightly different data compared to CLC 2018. According to the CLC 2018, forest covers 11.07% less of the territory in comparison with the FTY 2018. There are two main reasons for that: the lower resolution of the CLC database and the different classification nomenclature of forest types. The FTY 2018 database mainly includes transitional woodland / shrub, while this subclass (3.2.4) in the CLC 2018 database is separated from forests (3.1.x).⁴ If we added the transitional woodland / shrub (or at least part of the area) to the forests, the data for both bases would roughly match.

From Figure 4, the structure of losses of all three forest types (broadleaved, coniferous and mixed) can be seen. Broadleaved forest (3.1.1) is most susceptible to losses is, especially in the transitional woodland / shrub (3.2.4) in the first period. The total losses of broad-leaved forest to transitional woodland / shrub in the period 2000-2018 were 202.73 km². However, it is a two-way process. In the same period,

³ x can be any number from 1 to 4 and also 5 for the first column.

⁴ Transitional woodland/shrub includes young broad-leaved and/or coniferous trees; damaged or dead trees and shrubs, fully grown trees, covering < 30% of area, etc. When vegetation formation of the above-mentioned composition of broad-leaved deciduous and coniferous trees and shrubs represent some transitional stage of forest development, then it should be classified as transitional woodland/shrub (3.2.4) (EEA, 2019).

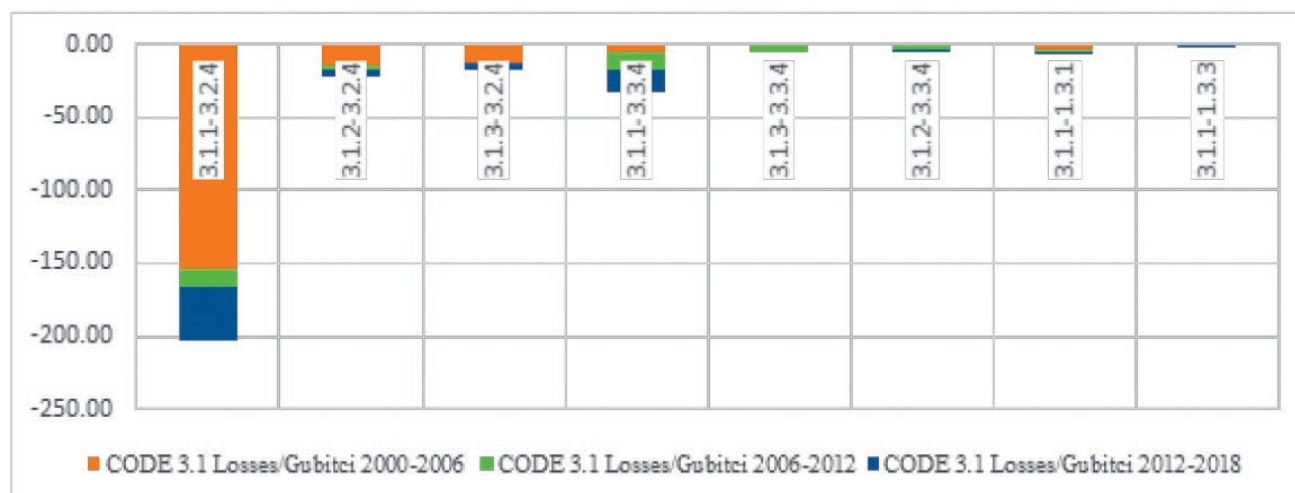


Figure 4: Structure of forest losses by periods (km²)

Slika 4: Struktura gubitaka šuma po periodima (km²)

Table 8: Most significant land cover types on third level of classification caused forest losses (Source: CLMS, CLC CHA database)

Tablica 8: Najznačajnije promjene tipova površinske pokrovnosti na trećem nivou klasifikacije koje uzrokuju šumske gubitke (Izvor: CLMS, CLC CHA baza podataka)

Changes/Promjene	P (km ²)	% of losses / % od gubitaka	P (km ²)	% of losses / % od gubitaka	P (km ²)	% of losses / % od gubitaka
3.1-3.2.4	179.36	93.09	18.69	42.60	46.09	69.25
3.1-3.3.4	5.98	3.10	19.65	42.12	14.18	21.21
Total/Ukupno	185.34	96.19	38.34	84.73	60.27	90.45

the spread of broad-leaved forest over the transitional woodland / shrub was 152.33 km². Therefore, the losses are covered with 75%, i.e. the net losses amount to 50.4 km². It is noteworthy that clear cutting of forest (3.1-3.2.4) far exceeds replanting (3.2.4-3.1), however the slow regrowth of forestry is more difficult to map consistently. The next biggest cause of forest losses are fires, to which broad-leaved forests are also most exposed. The conversion of this type into the burnt area (3.1.1-3.3.4) increases from period to period: in the first period broad-leaved forest was affected by fires in an area of 5.68 km², in the second 12.21 km² and in the third 14.1 km².

The causes of forest losses can be different: human made (illegal logging, over-exploitation of wood resources, etc.), plant diseases, fires etc. All the recorded fires have occurred in the south of the country, in the region of Herzegovina, known for its Mediterranean climate with high temperatures and low rainfall in the summer season. The most affected zones have occurred within Trebinje city local area and Herzegovina-Neretva canton (Drašković et al, 2020a).

Internal conversion from one type of forest to another has not been very common. In the first period, 6.05 km² have been noted (the conversion of the broad-leaved forest to mixed in the amount of 3.27 km² and of the mixed to the coniferous with 2.78 km²), in the second period 2.78 km² (broad-leaved to coniferous 0.17 km² and mixed to coniferous 2.61 km²), and in the third period only 0.31 km² (coniferous to mixed). This is not an actual loss, since one type of forest has been replaced by another.

Table 8 shows the processes that cause the forest losses have been related to the conversion of forests into transitional woodland / shrub.⁵ In the first period, the conversion of forests into transitional woodland / shrub has been 93.09%, in the second 42.6% and in the third 69.25% of all the changes.

The second biggest cause of forest losses is related to fires. During the first period, the conversion of forests into burnt areas has included 3.1%, in the second 42.12% and in the third 21.21% of total losses. This class (3.3.4) is applicable for recent burns of forest (classes 3.1.x) still visible in the satellite images.

⁵ Transitional process can be for instance natural succession on abandoned agricultural land, regeneration of forest after damages of various origin (e.g. storm, avalanche), stages of forest degeneration caused by natural or anthropogenic stress factors (e.g. drought, pollution), reforestation after clearcutting, afforestation on formerly non-forested natural or semi-natural areas etc. (EEA, 2019).

CONCLUSIONS

ZAKLJUČCI

The DLT 2018 high-resolution database (10 m) shows that forests cover 59.55% of the territory of B&H, of which 80.98% are broad-leaved and 19.02% coniferous. According to the same database, the coverage of forests in B&H has reduced by 2.94% in the period 2012–2018. This primarily refers to conifers that participate in the overall decrease of 2.55%. The area of coniferous forests in B&H decreased from 22.22% in 2012 to 19.02% in 2018. The Forest type (FTY) databases show a similar trend. Broad-leaved forests are mainly positioned in lower areas, below 1000 m, with 80.56%, while conifers are in higher areas, above 1000 m, with 61.62%. The tree cover density database shows relatively high spatial distribution of forest density. The tree cover density over 50% accounts for 91.6% of the forest area.

According to the CLC Changes database in the period 2000–2018 forest losses have been 109.69 km² or 0.34% of territory, in comparison with the initial year. The largest forest losses are related to conversion to transitional woodland / shrub and burnt areas, which account for 93.68% of all losses. The process of conversion to transitional woodland / shrub was most intense in the first period (2000–2006). In comparison with the first period, the fires were somewhat more intense in the second (2006–2012) and third (2012–2018) one. Losses of broad-leaved forest into transitional woodland / shrub were equally distributed throughout the entire territory of B&H, while fires endangered the southern part of the country most, i.e. the region of Herzegovina. Among the other forest losses, artificial areas are the cause of 4.59% of forest losses (various anthropogenic processes), and agricultural land has a share of 1.23%.

The reasons for different results obtained by using Forest 2018 and CLC 2018 databases are the different spatial resolution and classification nomenclature. Namely, the CLC has lower resolution and does not include subclass transitional woodland / shrub (3.2.4) in a forest subclass (3.1).

REFERENCES

LITERATURA

- Agency for statistic of Bosnia and Herzegovina, 2016: Census of Population, Households and Dwellings in Bosnia and Herzegovina, 2013. Sarajevo. <http://www.statistika.ba/> (accessed 15 November 2020).
- Ballian, D., Bogunić, F., Mujezinović, O., Kajba, D., 2012: Genetska diferencijacija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Bosni i Hercegovini. *Šumarski list* 11–12, (2012): 587–595., Zagreb.
- Cole B., Smith G., Balzter H. 2018: Acceleration and fragmentation of CORINE land cover changes in the United Kingdom from 2006–2012 detected by Copernicus IMAGE2012 satellite data, *Int J Appl Earth Obs Geoinformation* 73, 107–122.
- Copernicus Land Monitoring Services (CLMS): <https://land.copernicus.eu/pan-european>, CLC and CHA database (accessed 03 January 2020).
- Copernicus Land Monitoring Service (CLMS): European Digital Elevation Model (EU-DEM), version 1.1. database. <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1/view> (accessed 05 January 2021)
- Copernicus Land Monitoring Services, (CLMS): Forest, database. <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/forests> (accessed 05 January 2021)
- Copernicus Land Monitoring Services (CLMS), 2020: Tree cover/forest and change 2015–2018, User Manual.
- Copernicus Land Monitoring Service (CLMS), 2018: High Resolution Layer Forest, Product Specifications Document. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/hrl-forest>
- Drašković B., 2020: Trends of spatial development in Bosnia and Herzegovina, *Journal Geographical Review*, Vol 42, pp 57–67., Sarajevo.
- Drašković B., Ponoš A., Zhernakova N., Gutalj M., Miletić B., 2020: Land cover types and changes in land use in Republic of Srpska (Bosnia and Herzegovina) over the period 2000–2018. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 70 (1), pp 81–88., Belgrade.
- Drašković B., Miletić B., Gutalj M., Stjepanović S., 2020a: Climate changes and fires in Bosnia and Herzegovina, XI International Scientific Agriculture Symposium „AGROSYM 2020“, pp 694–702., East Sarajevo.
- European Environment Agency (EEA), 2019: CORINE Land Cover Nomenclature Guidelines, <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-nomenclature-guidelines/html>
- FAO, 2016: State of World's forests, Forest and Agriculture, Land-use: Challenges and opportunities, <http://www.fao.org/3/a-i5588e.pdf> (accessed 9 January 2021).
- FAO, 2015: Regional Office for Europe and Central Asia, Forest Sector in Bosnia and Herzegovina. <http://www.fao.org/3/a-au015e.pdf> (accessed 10 January 2021).
- FAO, 1998: FRA 2000 on definitions of forest and forest change (fao.org)
- www.fao.org/docrep/006/ad665e/ad665e06.htm (accessed 10 January 2021).
- Hościło A., Mironczuk A., Lewandowska A., 2016: Określenie rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych, *Sylwan*, Vol. 160, No 8, pp 627–634.
- NEREUS, European Space Agency and European Commission (NEREUS, ESA and EC), 2018: "The Ever Growing use of Copernicus across Europe's Regions: a selection of 99 user stories by local and regional authorities", pp 277.
- Marić-Limari S., Tišma S., Pisarović A., Jelaska S., 2017: Spatial analysis of landcover and relief diversity of the Medvednica natural park – possible implications for optimising visitor pressure, *Šumarski list* 11–12, (2017): 547–555., Zagreb.
- Mironczuk A., Hościło A., 2017: Mapping tree cover with Sentinel-2 data using the Support Vector Machine (SVM), *Geoinformation Issues* Vol. 9, No 1 (9), 27–38.
- Ministry of Foreign Trade and Economic Relations (MOFTER), 2012: State of the Environment Report of Bosnia and Herzegovina.

- <https://www.unenvironment.org/resources/report/state-environment-report-bosnia-and-herzegovina> (accessed 15 January 2021).
- Stjepanović S., 2019: Uticaj klime na rast i vitalnost stabala u zavisnosti od horizontalnog i vertikalnog rasprostranjenja bukovih šuma, Disertacija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
- Wulder M. A., Hermosilla T., Stinson G., Gougeon F. A., White J. C., Hill D. A. and Smiley B. P., 2020: Satellite-based time series land cover and change information to map forest area consistent with national and international reporting requirements, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, Vol. 93, Issue 3, 331–343.

SAŽETAK

Analiza podataka iz prve dvije dekade 21. stoljeća pokazuje da se teritorija pod šumom u Bosni i Hercegovini postepeno smanjuje. Da bi dobili detaljan uvid u taj proces u radu će biti analizirana baza podataka o šumama Europskog satelitskog monitoring programa Copernicus. Ovaj program, između ostalog, prati stanje šuma u 39 europskih zemalja koristeći bazu podataka slojeva visoke rezolucije High Resolution Layer (HRL). HRL Forest baza podataka sadrži tri tipa (statusnih) produkata i dodatni produkt o promjenama. Statusni produkti su dostupni za 2012, 2015. i 2018. godinu. Statusni slojevi daju informacije o dominantnom tipu lista i gustini šumskog pokrivača na pikselskom nivou za referentnu godinu 2018. prostorne rezolucije 10 m. Forest Type sloj u najvećem dijelu prati FAO definiciju šume.

Osim toga, u radu će biti korišteni podaci CORINE Land Cover (CLC) projekta za 2000, 2006, 2012. i 2018. godinu. Vremenska serija uključuje i sloj o promjenama, koji prikazuje promjene u tipovima površinske pokrovnosti i načinu korištenja zemljišta. Baza podataka o promjenama (CLC Changes) za sva tri perioda bit će analizirana zasebno: 2000-2006, 2006-2012. i 2012-2018, radi veće preciznosti podataka o gubitcima šumskog tla. Rezultati istraživanja pokazuju da su šume u BiH u periodu 2012-2018. smanjile površinu za 2,95%, od čega su 2,55% četinari. Šume su najugroženije procesima konverzije u tranzicijsku šumu/šikaru i požarima.

KLJUČNE RIJEČI: šuma, gubitci, BiH, Copernicus, baza podataka, promjene.



**Sretan Božić i nova godina
Merry Christmas
and a Happy New Year
Frohe Weihnachten
und glückliches neues Jahr
2022.**

SJENICA MOŠNJARKA (*Remiz pendulinus* L.)

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

Opisane su 4 podvrste, a područje Europe nastanjuje nominalna. Naraste u dužinu 10 – 11 cm s rasponom krila do 20 cm, te ima 8 – 11 grama težine. Po veličini tijela možemo je usporediti s plavetnom sjenicom od koje je neznatno manja. Spolovi su neznatno različiti. Najupečatljivije značajke mužjaka su svjetlo siva glava s širokom crnom maskom, grlo i trbuh svijetlo sivi, a leđa i krila kestenjasto-smeđa. Ženka je svjetlija, smeđija s užom maskom. Mlade ptice nemaju crnu masku i još su svjetlije od ženki. Kljun je svijetlo sivi, šiljast, dulji i uži od kljuna ostalih sjenica. Noge su crne i kratke. Glasa se tihim i kratkim tonovima poput crvendaća, a glasanje djelomično nalikuje i zovu sjenica. Po izgledu i ponašanju možemo je zamijeniti s nekom od ostalih sjenica. Boravi uz zamočvarene rubove jezera, rijeka i ribnjaka obraslih stablima vrba i topola. U Europi rasprostranjena je na južnom i istočnom dijelu s tendencijom fragmentarnog širenja prema sjeverozapadu. Mužjak odabire mjesto i započinje gradnju gnijezda kako bi privukao ženku koja mu se kasnije pridružuje ugradnji. Gnijezdo je viseće, zatvoreno kruškolikog oblika širine 10 cm i visine 16 cm s postranim ulaznim otvorom, građeno od kunadra sa sjemenki vrba i topola, niti paučine i ostalih sitnih bilj-

nih vlakana. Smješteno je na krajevima tankih grančica vrba i topola, rjeđe joha na visini 3 – 12 metara, najčešće iznad vodene površine. Gnijezdi od kraja travnja do početka srpnja. Nese 5 – 8 (10) bijelih jaja veličine oko 10 x 16 mm. Na jajima sjede mužjak i ženka 12 – 15 dana. Mladunci su čučavci koji napuštaju gnijezdo sa 15 – 20 dana. Disperzija mladih ptica počinje sredinom srpnja. Hrani se sitnim insektima i njihovim ličinkama, voćem i mesnatim bobicama koje pronalaze unutar krošnja drveća i grmlja, dok se na tlu rijetko hrane.

U Hrvatskoj je prisutna od ožujka do listopada u unutrašnjosti kao redovita gnjezdarica, te na širem području tijekom selidbe kao preletnica (od gnjezdilišta u Bjelorusiji i Mađarskoj do zimovališta u sjevernoj Italiji...). Proljetna selidba počinje već od veljače pa do početka svibnja, a jesenska od kolovoza do studenoga. Europske populacije zimuju na južnom dijelu gnijezdećeg areala i u sjeverozapadnoj Africi. Selidbeni status naše gnijezdeće populacije nije poznat zbog malog broja nalaza prstenovanih ptica u Hrvatskoj.

Sjenica mošnjarka je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj.



Odrasli mužjak s karakterističnom širokom crnom maskom.



Izgled visećeg gnijezda pri kraju gradnje početkom svibnja 2021. godine na obali šljunčare Autoput kod Koprivnice.

UGROŽENE BILJNE VRSTE NA MARKAMA

Ivo Aščić, dipl. ing.

Zadnjih nekoliko desetaka godina sve veći broj država uviđa važnost zaštite ugroženih vrsta (engl. the Endangered Species) te se u njihovoj zaštiti koristi različitim alatima. Učinkovit način promocije je i onaj uz pomoć poštanskih maraka koje putuju svijetom, ne poznajući granice čak i u ovo vrijeme pandemije. Najprepoznatljivije od svih su marke Poštanske uprave Ujedinjenih naroda (engl. the United Nations Postal Administration, UNPA) koja putem svoja tri ureda izdaju marke u različitim valutama (američki dolar u New Yorku, švicarski franak u Ženevi i euro u Beču), ovisno o kojoj se valuti radi. Kada je UNPA 1993. započela s izdavanjem serije maraka pod nazivom ugrožene vrste, njihovi sakupljači vjerojatno nisu niti slutili da će se takve marke neprekidno izdavati sljedećih tridesetak godina. UN-ove marke osim za sakupljanje, mogu se koristiti i za plaćanje poštarine u tri spoemenuta grada. Motivi UN-ovih maraka “zaštićene vrste” pomno se biraju, najčešće u suradnji s relevantnim međunarodnim institucijama poput UN-ovog Programa za okoliš (engl. The United Nations Environment Programme, UNEP), koji između ostalog brine o Konvenciji o međunarodnoj trgovini ugroženim vrstama divljih životinja i biljaka (engl. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES). Cilj ovoga sporazuma poznatijeg pod nazivom “Washingtonska konvencija” je sprječavanje nekontrolirane međunarodne trgovine i komercijalnog iskorištavanja ugroženih vrsta, održavanje ekološke ravnoteže unutar populacija vrsta koje su predmet međunarodne trgovine, te pružanje pomoći državama potpisnicama Konvencije u postizanju održive trgovine. I Hrvatska je prihvatila ovu konvenciju zakonom iz 1999., a nadležno tijelo za njenu provedbu je Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. Međunarodna udruga za očuvanje prirode i prirodnih bogatstava (engl. International

Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN) još je jedan važan partner UN-a. Okuplja na desetke država, stotinjak vladinih i nekoliko stotina nevladinih agencija, i oko deset tisuća stručnjaka dragovoljaca iz oko 180 zemalja. S pomoću projekata i mreže svojih ureda, ova udruga pomaže društvima diljem svijeta da sačuvaju cjelovitost i raznovrsnost prirode i osiguraju pravednu i ekološki održivu uporabu prirodnih bogatstava. IUCN-ov crveni popis, dokument koji donosi informacije o riziku od izumiranja, razlozima ugroženosti te potrebnim mjerama očuvanja pojedinih divljih vrsta i staništa kojima je procijenjena ugroženost, jedan je od ključnih prilikom određivanja motiva spomenutih UN-ovih maraka.

S obzirom na broj ugroženih vrsta, serija UN-ovih maraka s motivima ugroženih biljnih i životinjskih vrsta, u kojoj se najčešće tiska dvanaest različitih maraka u tri spomenute valute, mogla bi se izdavati još godinama. Broj ugroženih biljnih vrsta u svijetu veći je nego ikad. Razlozi tomu su mnogobrojni, no nazočnost invazivnih biljaka, zgađanje zraka, tla i vode, nekontrolirana sječa i sakupljanje samoniklog bilja, rast populacije i urbanizacija, onečišćenje pesticidima i gnojivima, te posljedice klimatskih promjena svakako su jedni od najvažnijih. I u Hrvatskoj je više ugroženih biljnih vrsta koje je zabranjeno brati, rezati, iskopavati, sakupljati ili uništavati. Neke od njih su: pasji trn (*Hippophaë rhamnoides*), trnovit listopadni grm ne raste više na prirodnim staništima u Hrvatskoj, iako se doskoro mogao pronaći na obalama rijeke Drave; močvarni zmijinač (*Callapalustris*) iz porodice kozlaca (Araceae) koji se pronalazi samo u Sungerskom lugu u Gorskom kotaru gdje raste u cretnoj vegetaciji unutar šume jele i rebrače; obična kockavica (*Fritillaria meleagris* L.) na crvenoj je listi ponajprije zbog djelovanja čovjeka u poljoprivredi, ali i njihovim



Slika 1. Zadnjih tridesetak godina površine pokrivene šumama u svijetu smanjile su se za više od šest posto



Slika 2. Brojne UN-ove marke s ugroženim biljnim vrstama nastaju u suradnji s CITES-om



Slika 3. Zbog nekontrolirane komercijalne eksploatacije u građevinarstvu i proizvodnji celuloze, gvatemalska jela je na popisu ugroženih vrsta



Slika 6. Jasen (*Fraxinus*) je jedno od najugroženijih šumskih vrsta drveća u Europi



Slika 4. Stablo drveta baobab može biti visoko i do 35 m, a promjer mu je do 10 metara



Slika 7. Stablo zmajevca (*Dracaena*) sa španjolskog otoka Tenerife ubraja se među najstarije i najkrupnije drvo na svijetu



Slika 5. Pojedine biljne vrste rastu samo na određenom geografskom području i stoga još više ugrožene

zapuštanjem, npr. prestanak košnje i dr. Za branje ljekovitog i aromatičnoga bilja u farmakološke svrhe, kozmetičkoj industriji i kulinarstvu, koje pripadaju kategoriji zaštićenih biljaka u Hrvatskoj, potrebno je ishoditi odgovarajuće dopuštenje. Prilikom branja bilja ne smiju se listovi vaditi zajedno s korijenom, nego rezati kako se ne bi oštećivala njihova prirodna staništa. Prema podacima IUCN-a dva posto od svih ljekovitih biljaka je ugroženo.

Brojne ugrožene biljne vrste prikazane su na poštanskim markama: istarska kukavica (*Serapias istriaci*), divovski kaktus (*Carnegiea gigantea*), mesožderka (*Darlingtonia californica*), gvatemalska jela (*Abies guatemalensis* Rehder), grimizni kačun (*Orchis purpurea*), Tommasinijeva merinka (*Moehringia tommasinii* Marches.), krvavi zmajevac (*Dracaena draco*), Cjelolatična žutilovka (*Genista holopetala* (Koch) Bald.), zvjezdasti oštrolist (*Onosma stellulata*

Waldst. et Kit.), čileanska araukarija (*Araucaria Araucana*), visibaba (*Galanthus*), obična kockavica (*Fritillaria meleagris* L.), ljepljiva kozja krv (*Lonicera glutinosa* Vis.), aldrovanda (*Aldrovanda vesiculosa*), baobab (*Adansonia*) i dr.

Također, Europsko vijeće za arborikulturu (engl. European Arboricultural Council, EAC) privlači pozornost u očuvanju biljnih vrsta. Ono od 2007. godine dodjeljuje nagradu gradovima koji posvećuju posebnu pozornost sadnji stabala i brizi o urbanom ekosustavu: Europski grad drveća (engl. European City of the Trees, ECOT). 2021. godine nagradu je dobila austrijska prijestolnica Beč, koju krase više od 500 tisuća stabala i tisuću parkova. U Beču se godišnje posadi oko 4,5 tisuća stabala, a važnu ulogu ima sustav navodnjavanja koji stvara najbolje uvjete za zdravo drveće.



Slika 8. Ugroženo je više od polovine europskih endemskih stabala, uključujući i divlji kesten



100 GODINA ZAVODA ZA EKOLOGIJU I UZGAJANJE ŠUMA FAKULTETA ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

*Prof. dr. sc. Dario Baričević
predstojnik Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma*

Poštovane kolegice i kolege, čitatelji Šumarskog lista, s radošću i ponosom izvijestavamo da naš i vaš Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu ove godine obilježava 100 godina postojanja.

Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma osnovan je u sličnom organizacijskom obliku koji ima danas, na Šumarskoj akademiji pod imenom Zavod za uzgajanje šuma. Osnovan je naredbom Kraljevske hrvatsko-slavonske zemaljske vlade, Povjereništva za prosvjetu i vjeru, od 14. ožujka 1921., sa svrhom da služi naučnom istraživanju zavodskog stručnog osoblja, naprednijih slušača i apsolenata, da omogućiti održavanje seminara iz uzgajanja, kao i da daje stručna mišljenja vlastima i ostalim interesentima.

POVIJESNI RAZVOJ

Povijesni razvoj Zavoda treba promatrati u kontekstu razvoja cjelokupne šumarske nastave i znanosti u Hrvatskoj. Tako je već 1860. godine na Gospodarsko-šumarskom učilištu u Križevcima postojao Kabinet za šumskoproizvodne struke u čijem je sastavu bio predmet Sađenje i gojenje šume. Osnutkom Šumarske akademije pri Mudroslovnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 1898. godine, Kabinet za šumsko-proizvodne struke s predmetima i knjižnicom prelazi iz Križevaca u Zagreb, gdje službeno počinje raditi 1899. godine u zgradi Šumarski dom. U sastavu Kabineta bio je predmet Uzgajanje šuma.

Godine 1921. godine Zavod je osnovan u sličnom organizacijskom obliku koji ima danas, pod imenom Zavod za uzgajanje šuma. Razvoj Zavoda može se podijeliti u pet razdoblja: 1921. – 1930., 1931. – 1945., 1946. – 1959., 1960. – 2000., 2001. – danas.

Prvo razvojno razdoblje Zavoda, 1921. – 1930., obilježio je osnutak i ustrojavanje Zavoda kao temeljne jedinice za proučavanje uzgajanja šuma i dendrologiju. Na Zavodu je u nas izrađen prvi doktorat šumarstva. Zavod je u tom razdoblju bio organizator prvih međunarodnih studentskih ekskurzija, primjerice razmjene naših i čehoslovačkih studenata.

Drugo razvojno razdoblje Zavoda, 1931. – 1945., godine odlikuje se razvojem nastavne djelatnosti, počecima opsežnije znanstvene djelatnosti te intenziviranjem suradnje sa šumarskom strukom u zemlji i inozemstvu. Organiziraju se ekskurzije u šume kao preteča današnje terenske nastave. Proširuje se međunarodna suradnja s inozemnim znanstvenicima.

U trećem razdoblju, 1946. – 1959. godine, Zavod doživljava značajan razvoj. Širi se nastava po broju kolegija i sadržaja te uvodi poslijediplomska nastava. Na Zavodu se održavaju seminari iz parkiranja i ozelenjavanja javnih površina, iz primjene fitocenologije u praktičnom šumarstvu, iz kultiviranja drveća brzog rasta. Kao posljedica toga razvila se plodna suradnja sa stručnjacima iz prakse koja neprekidno traje do danas.

Četvrto razdoblje, 1960. – 2000. godine, obilježeno je napretkom i razvojem kadrova, nastavnog i znanstvenog rada. Počinje potpunim osamostaljenjem Šumarskoga fakulteta 1960. godine. Promjenom nastavnog plana i programa uvode se novi predmeti i pridaje velika važnost terenskoj nastavi, kao vrlo vrijednom obliku nastave. Zavod za uzgajanje šuma obuhvatio je sljedeće predmete: Meteorologiju i klimatologiju, Šumarsku fitocenologiju, Uzgajanje šuma, Melioracije degradiranih šumskih terena, Seminar iz uzgajanja šuma, Parkiranje i Konzervaciju tla.

Peto razvojno razdoblje Zavoda počelo je 2001. godine. Obilježile su ga reforme nastavnog programa u skladu s dinamikom znanstvenog i tehnološkog napretka današnjeg doba. Bolonjskom reformom četverogodišnji program dodiplomskog studija šumarstva (koji je prvi put uveden na Šumarskoj akademiji u akad. godini 1907./1908.) pretvoren je u trogodišnji preddiplomski studij Šumarstvo i dva dvogodišnja diplomatska studija Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem i Tehnike, tehnologije i menadžment u šumarstvu. Pokrenuti su novi preddiplomski i diplomski studiji istoga imena: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša. Na svim studijima predmeti su postali jednosemestralni, a dijele se na obvezne i izborne. Obnovljen je ECTS sustav bodovanja. Studiranje po tzv. bolonj-



Slika 1. Prvi predstojnik Zavoda prof. dr. sc. Andrija Petračić i njegov nasljednik akademik Milan Anić na studentskoj ekskurziji 1937. godine (arhiva I. Anić)

skom sustavu primjenjuje se od 2005./2006. godine. Godine 2006. dobivene su dopusnice za izvođenje poslijediplomskih specijalističkih studijskih programa. Na Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma izvođe se programi: Uzgajanje i osnivanje šuma i Ekološko oblikovanje krajolika, zaštita prirode i hortikultura. Akademske godine 2009./2010. pokrenut je poslijediplomski sveučilišni doktorski studij Šumarstvo u trajanju od šest semestara. Taj je program ubrzo reformiran, pa je akademske godine 2014./2015. pokrenut novi poslijediplomski sveučilišni doktorski studij Šumarstvo i drvna tehnologija u trajanju od šest semestara.

Organizacijska struktura Zavoda otkriva njegovo znanstveno-nastavno usmjerenje na dvije temeljne sastavnice šumskog ekosustava: šumsku sastojinu i šumsko stanište. U tom je kontekstu na sastanku djelatnika Zavoda za uzgajanje šuma odlučeno o promjeni njegova imena u Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, što je i službeno potvrđeno na sjednici Fakultetskog vijeća 20. listopada 2005. godine. Time se željela naglasiti misija Zavoda – razvoj znanstvene i nastavne djelatnosti o prirodnom gospodarenju šumskim ekosustavom.

Zavod se tijekom lipnja i srpnja 2007. godine preselio iz IV. paviljona Šumarskog fakulteta u Svetošimunskoj ulici 25, u novu zgradu Šumarskoga odsjeka koja se nalazi u Svetošimunskoj ulici 23. Zavod je smješten u prizemlju i na prvom katu smeđeg krila zgrade.

Prvi je predstojnik Zavoda bio prof. dr. sc. Andrija Petračić. Nakon njega predstojnici Zavoda birani su u sljedećim mandatima: prof. dr. sc. Milan Anić (1952. – 1968.), prof. dr. sc. Ivo Dekanić (1968. – 1985.), prof. dr. sc. Branimir Prpić (1985. – 1992.), prof. dr. sc. Đuro Rauš (1992. – 1995.), izv. prof. dr. sc. Zvonko Seletković (1995. – 1997.), prof. dr. sc. Slavko Matić (1997. – 2003.), prof. dr. sc. Zvonko Seletković (2003. – 2008.), prof. dr. sc. Igor Anić (2008. – 2012.), prof. dr. sc. Nikola Pernar (2012. – 2016.), prof. dr. sc. Ivica Tikvić (2016. – 2020.) i prof. dr. sc. Dario Baričević (2020. – danas).

ZAVOD DANAS

Danas je Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma jedan od šest zavoda Šumarskog odsjeka Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu. To je najbrojniji fakultetski Zavod koji čine 24 djelatnika od kojih je jedan profesor emeritus, šest je redovitih profesora u trajnom zvanju, dva su redovita profesora, pet izvanrednih profesora, tri docenta, jedan asistent – znanstveni novak, tri stručna suradnika, jedna je djelatnica viša tehnička suradnica, jedna administrativna referentica i jedna spremačica.

Temeljne sastavnice Zavoda čini pet grupacija temeljnih nastavnih predmeta (područja): Uzgajanje šuma, Ekologija



Slika 2. Predstojnici Zavoda prof. dr. sc. Đuro Rauš, prof. dr. sc. Ivo Dekanić i prof. dr. sc. Branimir Prpić u Dotršćini 1994. godine (foto: I. Anić)

šuma, Šumarska fitocenologija, Tloznanstvo (Pedologija) i Šumske melioracije krša sa Zaštitom prirode.

Nastavna djelatnost djelatnika Zavoda ostvaruje se na preddiplomskim, diplomskim, poslijediplomskim specijalističkim studijima i poslijediplomskom doktorskom studiju Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije. Članovi Zavoda nositelji su ili sunositelji ukupno 86 predmeta. Na preddiplomskim i diplomskim studijima Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije nastavnici Zavoda predaju sljedeće predmete: Uzgajanje šuma I, Uzgajanje šuma II, Silvikultura, Uzgajanje šuma posebne namjene, Prašume i šumski rezervati, Poplavne šume, Sanacija degradiranih terena, Osnivanje šuma, Arborikultura, Rasadnička proizvodnja ukrasnoga bilja, Ekologija šuma, Ekologija šumskog drveća, Opća i krajobrazna ekologija, Mikrobiologija ekosustava, Gospodarenje i zaštita voda, Ekološki monitoring, Šumarska fitocenologija, Fitocenologija, Šumska vegetacija, Tipologija šuma, Sinmorfologija i kartiranje šumske vegetacije, Poznavanje vegetacije, Povijest šumarstva, Preborno gospodarenje i subalpinski šumski ekosustavi, Kemija s biokemijom, Petrologija s geologijom, Pedologija, Gospodarenje i zaštita šumskih tala, Zaštita i gospodarenje tлом, Šumske melioracije krša, Obnova opožarenih površina, Zaštita prirode i okoliša, Zaštita okoliša, Povijest perivojne arhitekture, Zaštita prirode i Zaštićene prirodne vrijednosti. Nastava se odvija putem predavanja, vježbi i terenske nastave. Pri tome je važno napomenuti da je terenska nastava za studente Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije utemeljena upravo na našem Zavodu. Na poslijediplomskom doktorskom studiju u Zavodu se predaju sljedeći predmeti: Osnivanje šuma, Silvikultura prirodnih sastojina, Silvikultura u šumama posebne namjene, Uzgojni postupci u uvjetima propadanja šuma, Problematika šumskih požara, Revitalizacija opožarenih područja, Primijenjena šumarska fitocenologija, Močvarne i poplavne šume, Subalpinski šumski ekosustavi, Sustavi klasifikacije tala, Organska tvar tla, Koloidni kompleks i kemizam tla te Interakcija stanište – biljka u šumarstvu. Osim toga nastavnici našega Zavoda su i nositelji predmeta na više sastavnica Sveučilišta u Zagrebu (Agromomski fakultet, Prirodoslovno-matematički fakultet, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije i dr.). Članovi Zavoda su i voditelji studija. Tako je doc. dr. sc. Vinko Paulić voditelj preddiplomskog studija Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša, prof. dr. sc. Dario Baričević voditelj diplomskog studija Šumarstvo – smjer Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem, prof. dr. sc. Ivica Tikvić voditelj poslijediplomskog specijalističkog studija Ekološko oblikovanje krajolika, zaštita prirode i hortikultura te izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić voditelj poslijediplomskog specijalističkog studija Uzgajanje i osnivanje šuma.

Znanstvena i stručna djelatnost u Zavodu obuhvaća vrlo raznoliku i obimnu problematiku, kao što su: ekološki mo-

onitoring u šumskim ekosustavima, istraživanja u zaštićenim prirodnim vrijednostima, praćenje stanja okoliša i određivanje mjera sanacije, izradu studija utjecaja na okoliš, prirodno uzgajanje šuma, šumskouzgojne analize i preporuke, ispitivanje kvalitete šumskog sadnog materijala, ispitivanje kvalitete šumskog sjemena, izrada projekata za pošumljavanje, monitoring stanja šumskih tala, izrada pedoloških karata, fizikalne i kemijske analize tla, vegetacijska istraživanja, kartiranje šumske vegetacije, procjena ugroženosti šuma od požara, metode sanacije opožarenih šumskih površina i arborikultura. Uz vrlo velik broj izvornih znanstvenih radova međunarodne i domaće indeksiranosti, rezultat je tih djelatnosti i taj da su tijekom posljednjih tridesetak godina djelatnici Zavoda bili nositelji više od sto znanstvenih i stručnih projekata.

Međunarodna suradnja Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma oduvijek je bila živo razvijena, posebice sa srodnim zavodima i katedrama europskih sveučilišta, s kojima nas povijesno povezuje programsko usmjerenje – prirodno uzgajanje šuma. Prva ekskurzija zagrebačkih apsolenata šumarstva u Prag i Brno bila je davne 1929. godine. Ponosni smo na tradiciju i dugogodišnje prijateljske odnose s kolegama s Katedre uzgajanja šuma Tehničkog sveučilišta u Zvolenu, Slovačka, s Katedre uzgajanja šuma Mendelova poljoprivredno-šumarskog sveučilišta u Brnu, Češka i s Katedre uzgajanja šuma Biotehničkog fakulteta Sveučilišta u Ljubljani. Slična suradnja ostvarena je i sa šumarskim fakultetima u Šopronju, Sarajevu, Beču, Freisingu, Zürichu. Razmjena s drugim fakultetima u inozemstvu sve se više intenzivira putem predavanja naših nastavnika na inozemnim sveučilištima, kao i nastavnika iz inozemstva na našem Fakultetu (gost predavač), razmjene terenske nastave, zajedničkih istraživanja i objava radova s kolegama iz inozemstva, specijalizacije suradnika iz našeg Zavoda na inozemnim fakultetima, ali i specijalizacije kolega iz inozemstva na našem Zavodu, poslijedoktorske specijalizacije, stručnih višednevnih ekskurzija, zajedničke organizacije međunarodnih skupova, zajedničke organizacije i obavljanja nastave, poglavito na poslijediplomskim studijima (specijalističkom i doktorskom), sudjelovanja u radu različitih povjerenstava. Od 2005. godine Zavod redovito organizira međunarodnu terensku nastavu koja je rezultat bilateralnih ugovora o suradnji između našeg Fakulteta i Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Mendelova sveučilišta u Brnu. Međunarodna terenska nastava temelji se na petodnevnoj razmjeni hrvatskih i čeških studenata i profesora u mjesecu svibnju, u organizaciji profesora Uzgajanja šuma. Povremeno se održavaju međunarodne terenske nastave iz uzgajanja šuma u Austriji i Sloveniji.

Zavod je bio domaćin i organizator brojnih stručnih i znanstvenih savjetovanja, kongresa i ekskurzija, studijskih boravaka stranih stručnjaka i studenata, posebno iz Italije, Njemačke, Austrije, Mađarske, Slovačke, Češke, Slovenije,



Slika 3. Prof. dr. sc. Zvonko Seletković, prof. dr. sc. Milan Oršanić, prof. dr. sc. Đuro Rauš i akademici Slavko Matić i Igor Anić na terenskoj nastavi na Rabu 1994. godine (arhiva I. Anić)

Bosne i Hercegovine, Danske, SAD-a i Kanade. Puno je međunarodnih i domaćih znanstvenih skupova u čijoj je organizaciji neposredno sudjelovao netko od članova Zavoda, kao predsjednik ili član organizacijskog ili znanstvenog odbora. Zavod je vodio organizaciju najvećeg međunarodnog skupa održanog na Šumarskom fakultetu u Zagrebu, svjetskog kongresa o uzgajanju hrastovih šuma i genetici hrastova (IUFRO International scientific conference OAK – 2000: Improvement of wood quality and genetic diversity of oaks, Zagreb, 20. – 25. 5. 2000.).

Veliku vrijednost našem Zavodu daju i tri laboratorija: Ekološko-pedološki laboratorij, Laboratorij za šumsko sjemenarstvo i rasadničarstvo te Laboratorij za dendroekologiju i klimatske promjene. U njima se odvijaju nastavne i znanstvene aktivnosti. U Ekološko-pedološkom laboratoriju od nastavnih se aktivnosti provodi praktična nastava (laboratorijske vježbe) iz više predmeta vezanih uz tloznanstvo i kemiju. Osim toga, studenti završnih godina preddiplomskih i diplomskih studija koji imaju odgovarajuće afinitete biraju Ekološko-pedološki laboratorij kao mjesto i njegove nastavnike kao mentore za izradu svojih završnih ili diplomskih radova. Studentima koji su posebno zainteresirani, omogućeno je da se tijekom redovnih aktivnosti nastavnika u Ekološko-pedološkom laboratoriju i sami uključe i okušaju u znanstvenoistraživačkom radu. Što se tiče znanstvenih aktivnosti, u Ekološko-pedološkom laboratoriju ponajprije se provode istraživanja s područja tloznanstva – ispituju se fizička i kemijska svojstva tala. Tako se obavljaju analize granulometrijskog sastava tla, vodopropusnosti, kiselosti tla, određivanja sadržaja karbonata, ukupnog ugljika i dušika, metala i metaloida u uzorcima tla. U Laboratoriju za šumsko sjemenarstvo i

rasadničarstvo od nastavnih se aktivnosti provode laboratorijske vježbe iz predmeta vezanih uz osnivanje i uzgajanje šuma. Studenti završnih godina preddiplomskih i diplomskih studija i doktorandi koriste se laboratorijskim prostorom i znanstvenom opremom za istraživanja prilikom pisanja svojih završnih, diplomskih i doktorskih radova. Što se tiče znanstvenih aktivnosti obavljaju se ispitivanja svojstava kvalitete šumskog sjemena, a laboratorij nudi i usluge čuvanja i predstjetvene pripreme sjemena. U Laboratoriju se također obavljaju ispitivanja svojstava kvalitete šumskog sadnog materijala. Djelatnost Laboratorija za dendroekologiju i klimatske promjene usmjerena je na temeljna i primijenjena istraživanja iz područja paleoklimatologije, ekologije, hidrologije i dinamike šumskih ekosustava. Rad istraživačkog tima dendroekološkog laboratorija usmjeren je na istraživanja i bolje razumijevanje interakcije klime i rasta stabala na području Dinarida, Mediterana i jugoistočne Europe. Fokus istraživačke grupe usmjeren je na dugoročne rekonstrukcije klimatskih prilika i ekstremnih klimatskih događaja te na analize i rekonstrukcije prirodnih poremećaja u šumskim ekosustavima (požari, poplave, suše, vjetrolomi, ledolomi, progradacije kukaca).

Zavodu su, u najvećem dijelu njegova postojanja, pripadali i šumski vrt i arboretum kojima su upravitelji svih sto godina postojanja bili i jesu djelatnici Zavoda. Rasadnik šumskog vrta je potpuno otvoren za studente Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije, ali i ostale studente koji u njemu provode brojne pokuse potrebne u pisanju završnih, diplomskih, specijalističkih i doktorskih radova. Brojni radovi obranjeni su zahvaljujući znanstvenim istraživanjima i pokusima provedenima u šumskom vrtu. Osim toga, rasadnik se danas temelji ponajprije na proizvodnji sadnica ukrasnog drveća i grmlja, većinom četinjača, za potrebe krajobraznog uređenja prostora, hortikulture i arborikulture.

Tijekom 123 godine duge povijesti, ponosni smo na to da je veći broj članova Zavoda obnašao dužnost dekana Fakulteta: prof. dr. sc. Andrija Petračić (ročelnik Šumarske akademije 1914./1915. i 1917./1918., dekan 1919./1920., 1939./1940.), prof. dr. sc. Milan Anić (1951./1952.), prof. dr. sc. Ivo Dekanić (1978./1979., 1979./1980.), prof. dr. sc. Branimir Prpić (1986./1987., 1987./1988.), prof. dr. sc. Slavko Matić (1992., 1994./1995., 1995./1996.), prof. dr. sc. Joso Vukelić (1998./1999., 1999./2000.), prof. dr. sc. Zvonko Seletković (2002./2003., 2003./2004.) i prof. dr. sc. Milan Oršanić (2010./2011., 2011./2012., 2012./2013., 2013./2014.). Također su članovi Zavoda obnašali važne dužnosti, primjerice u Ministarstvu regionalnog razvoja, šumarstva i vodnog gospodarstva Republike Hrvatske, u odborima Sabora Republike Hrvatske, Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije, upravnim i nadzornim tijelima Hrvatskih šuma d. o. o. Zagreb te u drugim institucijama i udrugama. Posebice su aktivni u našoj krovnoj staleškoj udruzi – Hrvatskom šumarskom društvu, u



Slika 4. Stručna ekskurzija djelatnika Zavoda u Slovačkoj (Lomnický štít -Visoké Tatry) 2000. godine – prof. dr. sc. Darko Bakšić, prof. dr. sc. Dario Baričević, prof. dr. sc. Željko Španjol, prof. dr. sc. Ivica Tikvić, akademik Slavko Matić, prof. dr. sc. Nikola Pernar, prof. dr. sc. Joso Vukelić i akademik Igor Anić (arhiva I. Anić)

kojemu su obnašali dužnosti predsjednika i dopredsjednika društva, glavnog urednika Šumarskoga lista i voditelja sekcija. Prof. dr. sc. Slavko Matić bio je prvi predsjednik Akademije šumarskih znanosti (1996. – 2014.). Godine 2014. predsjedanje Akademijom šumarskih znanosti preuzeo je prof. dr. sc. Igor Anić.

Prof. dr. sc. Joso Vukelić 2020. godine izabran je za profesora emeritusa. Za redovite članove Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti izabrani su akademik Milan Anić (1968.), akademik Slavko Matić (2004.) i akademik Igor Anić (2012.). Prof. dr. sc. Milan Oršanić izabran je 2021. za člana Nacionalnog vijeća za znanost, visoko obrazovanje i tehnološki razvoj.

Za svoj uspješan rad veći broj djelatnika dobio je priznanja za doprinos razvoju znanosti, za izvrsnost u nastavi i radu sa studentima, za zasluge u stvaranju, razvoju i promicanju Akademije šumarskih znanosti, za višegodišnji rad na dobrobiti šumarske struke i druge.

Zaključno se može reći da je u proteklom razdoblju znanstveno-nastavna i stručna djelatnost Zavoda usmjerena na razvoj klasične, prirodne škole uzgajanja šuma (zagrebačke škole uzgajanja šuma). Pod time se podrazumijeva znanstveni, nastavni i stručni pristup gospodarenju šumskim ekosustavima, kojima se podržavaju prirodna dinamika i struktura šumskih sastojina, prirodno pomlađivanje, umjetno pomlađivanje prema načelima prirodnoga pomlađivanja, isključenje čistih sječa, njega šuma s ciljem oblikovanja stabilnih, produktivnih i regenerativno sposobnih šumskih sastojina te višenamjensko, progresivno i potrajno gospodarenje šumama. Zavod ustrajno djeluje na dosljednoj primjeni i razvoju tih načela. Također se velika pozornost

posvećuje općekorisnim vrijednostima šuma i njihovoj valorizaciji te očuvanju biološke raznolikosti. Ponosni smo i na to da su početci ekologije i zaštite prirode u Hrvatskoj vezani uz naš Zavod i njegove djelatnike te da smo i danas jedni od predvodnika ekološkog pristupa gospodarenju i upravljanju prirodnim ekosustavima, zaštite prirode i okoliša prema načelima prirodnosti, potrajnoga gospodarenja, ekološke stabilnosti i biološke raznolikosti. Također smo predvodnici na području urbanog šumarstva i arborikulture.

Generacije i generacije diplomiranih inženjera šumarstva zagrebačkoga Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije odgojene su u skladu s tim postulatima i zahvaljujući stečenim spoznajama, znanjima i vještinama Hrvatska se može pohvaliti očuvanom prirodom i prirodnim šumama.

Završno možemo reći da je povijest Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma nedjeljiva od Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu te da pridonosi široj prepoznatljivosti Fakulteta. Također je utkana u kontekst razvoja hrvatske šumarske znanstvene misli i prakse. Misija Zavoda u budućnosti je i dalje razvijati zagrebačku školu uzgajanja šuma, koja u današnjim uvjetima poprima šire značenje, u smislu prirodnoga gospodarenja cjelokupnim šumskim ekosustavom. Očuvanje, prirodnost i višenamjenska progresivna potrajnost šuma te razvoj šumarstva, urbanog šumarstva, zaštite prirode, kao i oblikovanje vrhunskih stručnjaka koji se bave tom problematikom i dalje će biti naša vizija.

Više detalja o povijesnom razvoju Zavoda i njegovu sadašnjem stanju (područjima interesa i djelovanja, djelatnicima, najvažnijim radovima djelatnika, nastavnoj djelatnosti, znanstvenoj i stručnoj djelatnosti, međunarodnoj suradnji, prostorima i opremi) možete saznati u Monografiji 100 godina Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma, koja ovih dana izlazi iz tiska te na mrežnoj stranici Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma.

Literatura

- Anić, I., 2011: Prigodom 90. obljetnice utemeljenja Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Šumarski list 135(5 – 6): 293 – 298.
- Anić, I., 2021: Povijesni razvoj Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma s naglaskom na razdoblje od 2001. do 2021. godine. U: D. Baričević (ur.) 100 godina Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb.
- Anić, M., 1963: Zavod za uzgajanje šuma. U: N. Neidhardt, M. Androić (ur.), Šumarska nastava u Hrvatskoj 1860. – 1960., Šumarski fakultet, Zagreb, 158 – 168.
- Baričević, D. (ur.), 2021: 100 godina Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma. Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb.
- Matić, S., 1998: Zavod za uzgajanje šuma. U: S. Matić (ur.), Sveučilišna šumarska nastava u Hrvatskoj 1898. – 1998., Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, 203 – 286.
- Matić, S., 1998: Mjesto i uloga šumarske struke pri osnivanju i razvoju sveučilišne šumarske nastave u Hrvatskoj. U: S. Matić (ur.), Sveučilišna šumarska nastava u Hrvatskoj 1898–1998, knjiga II: Sto godina sveučilišne šumarske nastave u Hrvatskoj, Šumarski fakultet, 35–42, Zagreb.

ISKORIŠTAVANJE ŠUMA SPAČVANSKOG MEĐURJEČJA 1730. – 1914. GODINE

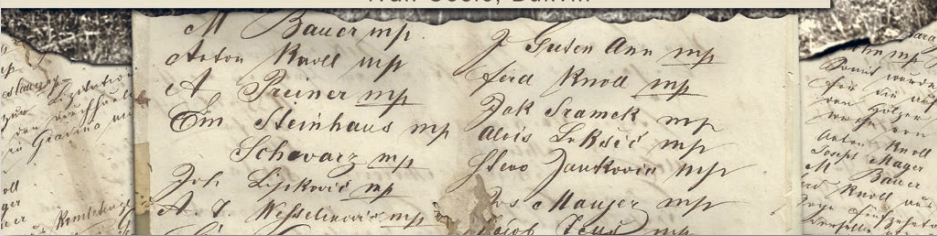
KIRIJA I KIRIJAŠI U SPAČVANSKIM ŠUMAMA
IVAN ĆOSIĆ BUKVIN

Dr. sc. Marko Zorić



Iskorištavanje šuma Spačvanskog međuriječja
1730. – 1914.
(Kirija i kirijaši u Spačvanskim šumama)

Ivan Ćosić, Bukvin



Krajem kolovoza 2021. godine iz tiska je izašla nova knjiga od iznimnog značenja za povijest šumarstva Hrvatske, posebice Slavonije, pod nazivom *ISKORIŠTAVANJE ŠUMA SPAČVANSKOG MEĐURJEČJA 1730. – 1914. GODINE (Kirija i kirijaši u Spačvanskim šumama)*. Autor i nakladnik knjige je pisac i povjesničar Ivan Ćosić Bukvin. Osvrt na djelo (recenziju) napisao je kolega Josip Galović, dipl. ing. šum.

Knjiga je sadržajno podijeljena na pet glavnih poglavlja. U prvom poglavlju, koje nosi naslov „Šume i šumarstvo u Spačvanskom međurječju za vrijeme Vojne granice“, opisuje se razdoblje od 1730. godine do 1860. godine u kojemu se javljaju počeci organiziranog gospodarenja (uživanja) šuma, s naglaskom na važnije zakone i uredbe koje se odnose na gospodarenje šuma. Tako su na primjer obrađeni „Karlovo Slavonski urbar“ iz 1737. godine, šumske

uredbe od 1755. do 1839. godine. Zatim razdoblje od 1839. godine i izdavanja „Naputka o obavljanju šumarske službe i djelomice o korištenju šuma“ do temeljnog krajiškog zakona iz 1850. godine. Na kraju prvog poglavlja opisan je Šumski zakon iz 1860. godine.

Naslov drugog poglavlja je „Ka obimnijem iskorištavanju šuma i razvojačenju Vojne granice 1860. – 1892. godine“, i ovdje su obrađene teme o počecima organiziranog iskorištavanja šuma, utjecaju iskorištavanja šuma na okolna mjesta, okoliš, ali i utjecaj iskorištavanja šuma na gospodarske promjene sela Vrbanja. Također, opisane su i gospodarsko-šumarske izložbe na kojima su izlagani proizvodi iz Spačvanske šume. Na kraju drugog poglavlja opisan je i sam način poslovanja pri iskorištavanju šuma.

Treće, ujedno i najopširnije poglavlje opisuje razdoblje od 1892. – 1914. godine, pa je tako i naslov poglavlja „Kirija i kirijaši u Spačvanskim šumama i vrijeme intenzivne eksploatacije 1892. – 1914. godine“. U poglavlju su opisani razvoj pilanske obrade drva, gospodarski i društveni razvoj sela Vrbanja. Autor donosi pregled i opise pilana koje su nastale uz rubove šume. Nadalje, opisuje se sudjelovanje na gospodarskim izložbama na kojima su izlagani zanimljivi primjerci trupaca iz Spačvanske šume. Posebno zanimljivi su opisi Spačvanskih šuma koje su iznijeli strani posjetitelji. Treće poglavlje završava kronološkim prikazom najbitnijih gospodarskih i kulturoloških ostvarenja u selu Vrbanja, a koja su nastala kao izravna posljedica gospodarenja šumom.

U četvrtom poglavlju autor donosi popis, po njemu, značajnih šumara odnosno lugara koji su djelovali na po-

¹ Dr.sc. Marko Zorić, Ulica Ivana Brkanovića 14, 10360 Sesvete, marko.zoric@salix-plan.hr

dručju Spačvanskih šuma u promatranom periodu od 1730. – 1914. godine, pa čak i kasnije.

Peto poglavlje donosi kratke priče i crtice o šumi i oko šuma, a u kojima su opisani lovci, krivolovci, dukati i kirijaši.

Ovo fantastično djelo nastalo je kao rezultat autorovog dugotrajnog proučavanja i pretraživanja različitih izvora literature i zapisa, kojih u knjizi ima navedeno preko 210. Također, knjiga je obogaćena sa 115 iznimno zanimljivih fotografija i dokumenata iz promatranog perioda, što je samo dokaz bogate povijesti sustavnog gospodarenja Spačvanskim šumama. Posebna zanimljivost ove knjige je to je što pisana na jednostavan i svima razumljiv način, pa stoga djeluje kao priča koja je obogaćena povijesnim činjenicama, ali nadasve zanimljivim seoskim anegdotama i bilješkama.

Kroz navođenje impozantne količine zaboravljenih ili do sada možda neprikazanih, ali iznimno zanimljivih činjenica i seoskih anegdota, autor nas uvodi u romantični period razvoja i prosperiteta sela Spačvanskog međuriječja. Posebna zanimljivost ovog djela je to što su šuma i poslovi oko šume, iako teški, zahtjevni i opasni, prikazani kao si-

guran temelj za razvoj gospodarstva i društva na određenom području, posebice ruralnom. Upravo ta zanimljivost i povijesna činjenica svima nama danas može poslužiti kao vodilja pri promišljanju budućeg razvoja našeg društva i države u cjelini.

U današnje vrijeme, kada se sve što nas okružuje čini lako dostupnim i uzima se zdravo za gotovo, pa tako i šume, autor nas na lijep i zanimljiv način podsjeća ili uči (kako se uzme) da su temelji održivog i potrajnog gospodarenja šumama na području današnje Republike Hrvatske postavljeni još prije više od 250 godine. Dokaz tomu su šume koje mi danas s ponosom uživamo i dičimo se njima u svijetu, kao što su to radili stanovnici Cvelferije u 18., 19. i početkom 20. stoljeća. U isto vrijeme, ovo djelo je podsjetnik, udžbenik, ali i obaveza za sve nas da se prema svim šumama odnosimo odgovorno i s poštovanjem, te da njima gospodarimo na održiv i potrajan način kako bi se njima još dugo mogli dičiti diljem svijeta, uživati u njihovoj ljepoti i blagodatima, ali i kako bi ih sačuvali i poboljšali za mnoge generacije koje dolaze iza nas.

MEDONOSNO BILJE REGIJE GACKE

DR. SC. DARIO KREMER, DR.SC. JOSO BRAJKOVIĆ,
PROF. DR. SC. DRAGAN BUBALO

Prof. dr. sc. Milan Glavaš

Izdavač ove knjige je Hrvatska gospodarska komora. Tisak je obavila Inetgrafika TTZ Zagreb u srpnju 2021. godine. Recenzenti su dr. sc. Mirjana Vrbek, dr. sc. Suzana Buljak i prof. dr. sc. Ksenija Karlović. Knjiga obuhvaća 254 stranice. Knjiga započinje riječi urednika dr. sc. Brajković Jose. Slijedi uvod, pa podaci o gackoj regiji i pčelinjim zajednicama. Poslije toga se daju upute kako čitati i pretraživati podatke. Glavni dio knjige odnosi se na medonosno bilje po vrstama u pojedinim mjesecima tijekom kojih najintenzivnije cvatu. Poslije toga slijedi rječnik botaničkih pojmova opisno i crtežima uz precizna objašnjenja. Na kraju je naveden popis korištene literature 59 domaćih i stranih autora. Iza toga je napisano kazalo, tj. popis latinskih i domaćih naziva biljaka. Knjiga završava kratkim životopisima autora.

Na početku urednik dr. sc. Joso Brajković ukazuje da je knjiga nastala nakon nekoliko godina istraživanja medonosnog bilja na području gacke regije. Naglašava važnost



poznavanja medonosnog bilja i kome će knjiga koristiti. U uvodu se objašnjava razlog istraživanja medonosnog bilja. Ukazuje se na najvažnija staništa i daje se niz drugih uputa. Ukratko se ukazuje na zemljopisno i reljefno obilježje regije. Vrlo je važno poglavlje o vegetaciji regije Gacke. Tu se

ukazuje na biljne zajednice i vrste u pojedinim predjelima. Slijede pokazatelji na klimu gacke regije i njenu važnost za biljke i pčele. Vrlo je zanimljiv i važan tekst o pčelinjim zajednicama i navodi kako se pčele međusobno informiraju i sporazumijevaju. Dalje su dana objašnjenja o nektaru, nektarijima, utjecaju vanjskih čimbenika na izlučivanje nektarija i pretvorbi nektara u med. Također su dati osnovni podaci za medljiku (mednu rosu). Vrlo su značajni napisi o peludu i propolisu. Posebno se govori o 7 vrsta meda i krtiterijima za stavljanje meda na tržište.

U drugom, glavnom dijelu knjige opisane su 172 medonosne vrste regije Gacke. Biljke su grupirane po mjesecima (od veljače do rujna) tijekom kojih najintenzivnije cvatu. Za svaku vrstu naveden je latinski i hrvatski naziv (ili nazivi ako ih ima više), latinski i hrvatski naziv porodice kojoj dotična vrsta pripada. Brojevima od 1 do 12 (mjeseci) navedeno je vrijeme cvatnje. Brojevi 1, 2 i 3 pokazuju kakav je izvor nektara i peluda dotične vrste (1 je slab izvor), a na kraju brojevima od 1 do 12 (mjeseci) ukazano je kada se pojavljuje medljika. Navedene značajke označene su žutom bojom. Još postoji oznaka da li je biljka otrovna.

Biljke su opisane na uobičajen način. Na kraju se navode lokaliteti regije na kojima je biljka rasprostranjena. Biljke su razvrstane abecednim redom latinskih naziva. Opisane biljke su grupirane po mjesecima u kojima cvjetaju. Za veljaču je opisano 7, za ožujak 20, travanj 34, svibanj 41, lipanj 49, srpanj 14, kolovoz 4 i rujna 3 vrste biljaka. U više od 50

porodica opisana je jedna do 5 vrsta biljaka. Najviše opisanih vrsta pripada porodici *Lamiaceae* ((24 vrste). Slijedi porodica *Rosaceae* sa 18 vrsta, pa *Fabaceae* sa 14 vrsta, *Astraceae* sa 10 vrsta, *Ranunculaceae* sa 8 vrsta i *Salicaceae* sa 6 vrsta. Najveći broj opisanih vrsta su zeljaste biljke, približno 120 vrsta. Oko 50 vrsta su stabla i grmovi. Opisane su samo 3 vrste četinjača. Većina tih vrsta raste u slobodnoj prirodi, a neke se uzgajaju kao poljoprivredne biljke.

Nakon opisa biljaka slijedi Rječnik botaničkih pojmova (ukupno 144 pojma). Za pojmove su navedena vrlo precizna i jasna objašnjenja. To je vrlo korisno za stručnjake i sve koji se bave biljem. Za ista tumačenja slijedi slikovni dio, što je od posebne važnosti jer je to jedinstven slučaj u literaturi. Na kraju su dani kratki životopisi autora ove knjige iz kojih se vidi da su to uvaženi znanstvenici.

Zaključak

Autori su knjigu bazirali na višegodišnjim istraživanjima medonosnog bilja na području gacke regije. Na početku su dali vrlo korisne podatke o toj regiji, biljkama i pčelama. Sve su biljke opisali jednostavno i razumno za svakog čitatelja. Knjiga je poticaj za upoznavanje medonosnog bilja i razvoj pčelarstva diljem cijele Hrvatske. Korisna je za biologe i pčelare i sve zainteresirane za tu djelatnost. Preporuča se svima za čitanje i proučavanje svega napisanog. Autori zaslužuju lijepe pohvale i čestitke.

PROIZVODNOST I KVALITETNA STRUKTURA IZDANAČKIH ŠUMA BUKVE U FEDERACIJI BIH – ZAPREMINSKE I SORTIMENTNE TABLICE STABALA BUKVE IZDANAČKOG PORIJEKLA

BESIM BALIĆ, JUSUF MUSIĆ, AHMET LOJO

Prof. dr. sc. Sead Vojniković

Ove 2021. godine, u izdanju Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, izašla je knjiga pod nazivom: „*Produktivnost i kvalitetna struktura izdaničkih šuma bukve u Federaciji BiH – Zapreminske i sortimentne tablice izdaničkih šuma bukve u FBiH*“ autora, Prof. dr. sc. Besima Balića, Prof. dr. sc. Jusufa Musića i Prof. dr. sc. Ahmeta Loje. Pub-

likacija je izvorno znanstveno djelo i plod rada autora koji se u svom dugogodišnjem znanstvenom radu i opusu bave ovom tematikom. Navedena knjiga predstavlja kontinuitet ranijih izdanja Fakulteta ali i prvijenac u smislu da je prva knjiga koja je nakon rata tiskana na Šumarskom fakultetu u Sarajevu u obliku dendrometrijskih tablica na statističkim



osnovama. Ova knjiga je također prvenac u BiH jer obrađuje izdanačke¹ šume bukve, s obzirom da izdanačke šume bukve do sada nisu obrađivane. Ništa manje značajno nije ni to što se dio tablica odnosi na sveukupnu drvenu masu izdanačkih stabala bukve, gdje su podaci dobijeni vrlo zahtjevnom ksliometrijskom metodom. Također i dio tablica koji se odnosi na sortimente izdanačkih šuma bukve je po prvi puta tiskan u BiH.

Ova knjiga ima izuzetnu važnost i značenje za gospodarenje, jer izdanačke šume bukve u FBiH zauzimaju površinu od 212.900 ha a u cijeloj BiH 432.100 ha. Može se računati da u kontekstu unapređenja gospodarenja izdanačkim šumama bukve u BiH i s obzirom na trend porasta interesa za drvetom kao energentom, rast će aktualnost i važnost ovih tablica za potrebe održivog gospodarenja ovim resursom.

Knjiga je napisana u pet poglavlja i to: Uvod, Taksacioni elementi izdanačkih šuma, Područje rada, Primijenjene metode, Izrada zapreminskih i sortimentnih tablica i Literatura, koji skupa predstavljaju zaokruženu cjelinu opisa problematike i znanstveno utemeljenih prijedloga volumnih i sortimentnih tablica izdanačkih šuma bukve. Podjela strukture knjige po poglavljima i potpoglavljima ima jasan i logičan slijed. Publikacija je namijenjena za široku primjenu u praktičnom radu pri procjeni drvene mase, kao i određivanju kvalitete sortimentata koji se mogu dobiti u izdanačkim bukovim šumama. Originalnost ovog pisanog djela se ogleda u sveobuhvatnom koncipiranju materije vezane za proizvodnost izdanačkih bukovih šuma, kao i kvalitetu dobivenih sortimenata, što omogućava šumarskim ekspertima plani-

ranje održivog (potrajnog) gospodarenja. Tablice su primjenjive pri izradi šumskogospodarskih osnova, godišnjih planova gospodarenja i izvedbenih projekata te općenito za kreiranje šumarske politike. S obzirom na tekstualne, grafičke i tablične sadržaje, osim u šumarskoj praksi, rukopis se može preporučiti studentima šumarstva svih ciklusa studija (I, II i III), kao i šumarskim istraživačima u regiji.

Izrada tablica obuhvatila je strukturu: izmjerenih stabala, po veličini prsnog promjera i visine, raspoređenih u visinskim i debljinskim stupnjevima na tri različita kvaliteta staništa. Primijenjeno je nekoliko različitih dendrometrijskih funkcija za izravnjanje volumena stabla koje koriste dva parametra (prsni promjer i visina). Utvrdilo se da najviše zadatoj dendrometrijskoj funkciji za izravnjanje volumena stabla odgovara tzv. Mejerov oblik. Autori su odvojeno kreirali dvoulazne volumne tablice za procjenu volumena krupnog drveta stabala bukve izdanačkog porijekla, kao i dvoulazne volumne tablice za procjenu ukupne drvene mase stabala bukve izdanačkog porijekla. Autori su tablično i grafički predstavili i rezultate obračuna po tarifnim nizovima (11 tarifnih nizova, po polovičnim bonitetima od 0,5 do 5,5). Također, statistički su testirane i potvrđene mogućnosti primjene ovih tablica. Kako je utvrđeno da postoje razlike udjela drvnih sortimenata u zavisnosti od boniteta staništa, autori su odredili i funkcije za izravnjanje postotnog učešća trupaca za rezanje, tanke oblovine, ogrjevnog drveta i otpatka na boljim staništima, a za lošija staništa postotnog učešća tanke oblovine, otpatka i sječenice. Sve navedeno je prikazano u posebnim tablicama.

Knjiga je pisana "pitkim" i jasnim jezikom te korektnim stilom, uz adekvatna objašnjenja svih grafičkih i tabličnih prikaza. Što se tiče korištene literature, uoprijebljena je obimna građa iz 136 literaturnih izvora, koja se odnosi na širu problematiku vezanu za izdanačke šume, kao i na metode izrade volumnih i sortimentnih tablica u Europi, regiji i Bosni i Hercegovini. Kvalitetu knjige su svakako doprinijeli recenzenti: Prof. dr. sc. Ljupčo Nestorovski (Univerzitet „Ćirilo i Metodije“ Skoplje, Šumarski fakultet) i Prof. dr. sc. Azra Čabaravdić (Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet). Na kraju se može zaključiti da knjiga „Proizvodnost i kvalitetna struktura izdanačkih šuma bukve u Federaciji BiH – Zapreminske i sortimentne tablice izdanačkih šuma bukve u FBiH – Zapreminske i sortimentne tablice izdanačkih šuma bukve u FBiH“ autora: Prof. dr. sc. Besima Balića, Prof. dr. sc. Jusufa Musića i Prof. dr. sc. Ahmeta Loje predstavlja originalno i vrijedno publicističko djelo, čiji sadržaji nadilaze uobičajene sadržaje volumnih i sortimentnih tablica, te je toplo preporučam za uporabu u znanstvenom radu, šumarskoj praksi i edukaciji studenata.

¹ U Bosni i Hercegovini se umjesto termina „panjača“ koristi termin „izdanačka šuma“ kojim je obuhvaćeno značenje svih uzgojnih oblika šuma vegetativnog porijekla, dok se termin „niska šuma“ u BiH koristi samo za izdanačke šume kojima se gospodari kao niskim šumama. Slično vrijedi i za termin „panjača“ koji u šumarskoj stručnoj terminologiji u BiH označava vegetativnu šumu nastalu isključivo od izbojaka iz panja, dok termin „izdanačka šuma“ obuhvata vegetativnu šumu nastalu od izbojaka iz panja i korjena. U ova dva konteksta treba shvatiti termin izdanačke šume naveden u ovom tekstu.

TRI STOTINE BROJEVA ČASOPISA ZA POPULARIZACIJU ŠUMARSTVA

Branko Meštrić, dipl. ing. šum, predsjednik uređivačkog odbora

S mjesecom prosincem 2021. godine svjetlo dana je ugledao tristoti broj časopisa za popularizaciju šumarstva Hrvatske šume, kojega izdaje i besplatno distribuira istoimeno poduzeće – Hrvatske šume d.o.o. Tri stotine brojeva jedne tiskovine nikako nije mala stvar. Tri stotine brojeva jednog mjesečnika – e to je već i zavidan broj godina – točno četvrt stoljeća. Čestitamo našim kolegama na ovom jubileju i koristimo priliku da se zajedno prisjetimo početaka...

Nešto je bilo i prije prvoga broja

Postojale su novine koje su se zvale – Hrvatske šume. Novine nisu startale sa poduzećem. Bilo je očito nekih važnijih aktivnosti u to teško ratno doba, valjalo je proći skoro godinu i pol da se tradicija izdavanja novina, koju su Hrvatske šume baštinile i od bjelovarskog Šumarskog vjesnika i delničkog Goranskog vjesnika i konačno Slavonske šume, oživotvori u zajedničkim novinama. Antun Zlatko Lončarić, kao provjereni i iskusni novinar i urednik, uspio je nametnuti svo iskustvo i tradiciju koje je imalo izdanje Slavonske šume i provesti ga u novom poduzeću. Nakon godinu dana postojanja firme startale su novine klasičnog tiska i formata, s nadnevkom 8. svibnja 1992. Potom je kroz sljedećih pet godina, konkretno – do 24. prosinca 1996. otisnuto ukupno 65 brojeva.

Jasno je da su novine Hrvatske šume, baš poput svojih predšasnica pa i uzora, ponajprije bile “tvorničke” novine, bavile se temama i događajima unutar poduzeća i obraćale su se svojim radnicima.

Međutim, krajem te 1996. godine postalo je očito da stari “samoupravni” koncept više ne zadovoljava i da poduzeće formata Hrvatskih šuma treba nešto više. Odgovor je bio – časopis Hrvatske šume. Časopis koji je iskoristio nove tehnologije – ofsetni tisak, novi format, boje, sjajni papir – ali i krenuo ambiciozno prema novoj publici, novim čitateljima. Dok su novine ponosno stizale u ruke svakog radnika, ideja je bila da časopis donese šumu i šumarstvo daleko široj publici. Dobar dio naklade i dalje je išao u šumarije i uprave šuma, ali u adresaru su se odmah našle sve institucije vlasti od saborskog zastupnika do lokalnih samouprava – bilo im je važno reći što to Hrvatske šume rade. Našle su se tu i sve škole – bitno je mladima pojasniti što je to šuma i šumarstvo. Naravno, i sve ono što danas zovemo NGO – od lovačkih društava, preko planinara pa

do sve brojnijih “zelenih” udruženja. Očito, ideja je bila otvorenim pristupom i pravom informacijom pomoći da pojme neke stvari u vezi sa šumarstvom.

Konačno, nakon šezdesetak brojeva to je i izrijezom rečeno – u glavi lista se pojavilo – Hrvatske šume – časopis za popularizaciju šumarstva.

Urednici

Prvi glavni urednik novog časopisa bio je Hrvoje Glavač, zaposlenik Direkcije HŠ, koji je dobio zadatak napraviti nešto drukčije od novina i to je i učinio. Međutim, očito nije bilo jednostavno uređivati časopis onako usput, pa je vodstvo već kod desetog broja angažiralo profesionalca teškog kalibra – Milana Ivkošića, poznatog novinara i kolumnista iz Vjesnikove kuće. Tako se u šumarskom novinarstvu prvi put pojavio netko izvana, netko tko ima sasvim drukčiji pogled na stvari, kome nije poznato ono što je ljudima iznutra toliko razvidno. Časopis je bio još novi, mnoge stvari nedefinirane, a i urednik je bio imao druge obveze uz Hrvatske šume, tako da su zapravo sami novinari u najvećoj mjeri uređivali časopis. Ta hibridna situacija trajala je tek nekoliko mjeseci. S brojem 19 stvari su ponovno vraćene u ruke uhodanih novinarskih kadrova Hrvatskih šuma, s novim/starim urednikom Zlatkom Lončarićem. On je ostao urednikom tridesetak brojeva, da bi sa posljednjim brojem 48, 2000. (12/2000) uređivanje časopisa preuzeo još jedan od novinara iz stalne redakcije, Miroslav Mrkobrad. Zanimljivo je da je on ostao urednikom čak 127 brojeva, tj. preko 10 godina. Izgledalo je tada da je to puno, ali eto, od broja 175 (7/2011) pa do danas, do broja 300, dakle 126 brojeva redakciju vodi Goran Vincenc, mlađi kolega – šumar, koji nije proistekao iz bivših novina šumskih gospodarstava. Njegovo urednikovanje još uvijek traje i zgodno je primijetiti da je s ovim slavljeničkim, tristotim brojem, dosegao obim urednikovanja “dugovječnog” urednika Miroslava Mrkobrada. Čestitamo i njemu na jubileju i na činjenici da će sa sljedećim brojem postati najdugovječniji urednik časopisa.

Novinari

Zanimljiva je pojava da je ista ekipa novinara koja je ispunila prvi broj novina još daleke 1992. ispunila i najveći obim prvih 174 brojeva časopisa. U prvom broju pisali su: Antun

Zlatko Lončarić, Vesna Pleše, Miroslav Mrkobrad, Ivica Tomić, baš kao što su intenzivno pisali sve do velike promjene redakcije u ljeto 2011. (neki sporadično i kasnije). Dakle, sve ljudi koji su u redakciji Hrvatskih šuma okupljeni izravno iz novina koje su u pojedinim šumskim gospodarstvima izlazile prije nastanka samih Hrvatskih šuma.

Obnovljena redakcija pod vodstvom Gorana Vincenca okuplja pak mlađu ekipu suradnika, uglavnom opet iz redova zaposlenika Hrvatskih šuma. Tako se u časopisu pojavljuju Helena Jakobović, Irena Devčić, ... da bi slavljenički broj uglavnom ispunio stalan trojac Marija Glavaš, Lucija Vargović i Goran Vincenc.

Valja napomenuti da u časopisu surađuju ili su surađivali i brojni vanjski suradnici kao npr. Ljiljana Ivković sa čak 122 "članka" dječjih, vrtičkih priloga o šumi, pa potom i Goran Šafarek, Zoran Timarac, Siniša Slavnić, Radovan Kranjčev, Ivo Belan, Lara Černicki – da pobrojimo samo nekolicinu s najvećim brojem priloga. Međutim, puno je važnije da je časopis cijelo vrijeme uspijevaao angažirati i velik broj zaposlenika Hrvatskih šuma, kojima pisanje nije primarni posao. Opet samo najplodniji: Zvonko Peićević, Darko Getz, Dražen Sertić, Ratko Matošević, Ivan Šimić, Branko Meštrić, Jadranka Roša, Alojzije Frković, Ana Juričić-Musa, ...

I konačno, budući se ipak radi o časopisu s obiljem fotografskih ilustracija, bilo bi nepravедno ne pobrojati barem najznačajnije autore fotografija za časopis, uz napomenu da su ponajviše članaka svojim fotografijama opremili sami autori. Od ostalih, veliku većinu fotografija, posebno na naslovnicama i zadnjim stranicama, napravili su Marinko Bošnjaković (152), Goran Dorić (106) i Željko Gubijan (88).

Svi ovi podaci dobiveni su iz službene bibliografije časopisa koja je dostupna na adresi <http://casopis.hrsume.hr/sadrzaj.asp>. Naime, časopis Hrvatske šume (baš kao i predšasnik – novine Hrvatske šume) dostupan je u cjelokupnom i punom sadržaju na internetu Hrvatskih šuma na adresi <http://casopis.hrsume.hr/>. Od stotog broja 2005. godine objavljuje se u PDF formatu istodobno s izlaskom tiskanog izdanja, a svi stariji brojevi časopisa (i novina) naknadno su skenirani i ubačeni u sustav. Također je izrađena i "živa" bibliografija koja se ažurira sa svakim novim brojem, a implementirano je i pretraživanje po punom tekstu. Mora se napomenuti da je cijeli sustav isprogramirao i implementirao Branko Meštrić, dobar dio na volonterskoj osnovi, kao i da ga dopunjuje i održava i do tristotog broja.

	autor	članaka	stranica
1	Ivica Tomić	744	1235
2	Goran Vincenc	655	1203
3	Miroslav Mrkobrad	834	1157
4	Vesna Pleše	788	1023
5	Marija Glavaš	516	887
6	Irena Devčić	308	540
7	Antun Zlatko Lončarić	294	444
8	Helena Jakobović	128	241

Znanstveno stručnog i staleškog glasila Šumarski list

...	...		
442	Jasminka Rožan	1	0,15

ukupno u 300 brojeva 6932 10508
u Bibliografiji časopisa registrirano 442 autora



Naslovnice prvog i tristotog broja časopisa

Povodom objave tristotog broja časopisa HRVATSKE ŠUME, Uređivački odbor znanstveno-stručnog i staleškog časopisa ŠUMARSKI LIST, upućuje kolegama iskrene čestitke za promicanje vrijednosti šume i šumarske struke.

ZVONIMIR PRŠLE, dipl. ing. šum (1956. – 2021.)

Dr. sc. Josip Malnar

Dana 3. srpnja 2021. godine napustio nas je dragi kolega, a ponajprije prijatelj, Zvonimir Pršle iz Gerova.

Naš je Zvonko rođen 15. prosinca 1956. godine u Plešcima. Opću gimnaziju završio je u Čabru, a 1984. godine diplomirao je na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, stekavši zvanje diplomiranog inženjera šumarstva.

Svoj je radni vijek poklonio šumama iz kojih je potekao. U Šumariji Gerovo završava pripravnički staž, a 1987. godine postaje i njezinim upraviteljem. Od 1995. godine upravitelj je Šumarije Crni Lug i na tom mjestu ostaje sve do 2019. godine. Tada, kao stručni suradnik u komercijali, prelazi u Upravu šuma Delnice, gdje je trebao dočekati i mirovinu od koje ga je dijelilo svega nekoliko mjeseci.

Bio je član Hrvatskog šumarskog društva, a kao zaljubljenik u lov, i član LD-a „Tetrijeb” Gerovo. Svoj je sportski duh njegovao kao aktivan član Kuglačkog kluba „Goranin” Delnice i Uprave NK „Snježnik” Gerovo. Bio je sudionik Domovinskog rata.

Samozatajan, vrijedan, aktivan i snažan, riječi su to kojima bismo mogli opisati Zvonkov radni vijek i život. Sve nas je stoga duboko potresla vijest o smrti čovjeka koji je obogatio naš profesionalni, ali i privatni život. Njegov iznenadni odlazak ostavio je među kolegama šumarima veliku prazninu. Iako borben, posljednju bitku naš prijatelj nije do-



bio. Svima će nam ostati u sjećanju brojni zajednički trenuci, anegdote, a njegovo veliko srce, koje ga je na koncu i izdalo, zasigurno nikada neće biti zaboravljeno. Naš će dragi Zvonko nastaviti živjeti kroz naša sjećanja, ponajprije kroz svoju suprugu Đurđicu i dvije kćeri, Maju i Martinu, te unuke kojima se neizmjereno ponosio.

Dragi Zvonko, ponosan sam što sam imao priliku biti dijelom tvog života. Zauvijek ću se sjećati naših odlazaka u lov, posebice puholov u kojem si neizmjereno uživao. Pamtit ću i naša obiteljska druženja, ugodne radne dogovore... Hvala za podršku, prijateljstvo, predanost, razumijevanje... Nadam se da si pronašao svoj mir i da sada šećeš nekim mirnijim, zelenijim i još prostranijim šumama.

Prof. dr. sc. DRAGUTIN PIČMAN (12.03.1948. – 04.09.2021.)

Prof. dr. sc. Tibor Pentek

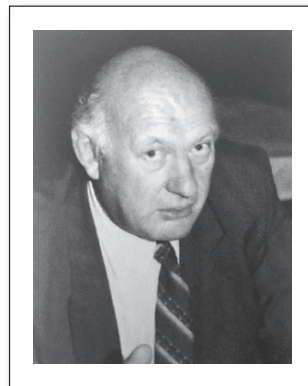
Još uvijek se s nevjericom i tugom u srcu prisjećamo 4. rujna ove godine, kada nas je sve neugodno iznenadila i rastužila vijest da je u 74. godini života preminuo Dragutin Pičman, ugledni profesor u mirovini Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu.

Odlaskom profesora Dragutina Pičmana svi smo puno izgubili, obitelj dragoga, brižnoga i punoga razumijevanja supruga, oca i djeda; kolegice i kolege susretljivoga kolegu s kojim su mogli otvoreno i iskreno raspravljati o stručnim, ali i drugim životnim, svakodnevnim temama; prijatelji pristupačnu osobu koja je uvijek bila spremna saslušati, dati savjet i pružiti podršku u najtežim trenucima, u onima u kojima se pravi prijatelji prepoznaju; Fakultet šumarstva i drvne tehnologije nastavnika koji je dugi niz godina bio omiljeni profesor mnogih generacija studenata; šumarska struka cijenjenog znanstvenika i stručnjaka; a svi zajedno iznimna čovjeka širokih obzora, čovjeka blage naravi te velika i dobra srca.

Profesor Dragutin Pičman rođen je 12. ožujka 1948. godine u Karlovcu. Osnovnoškolsko obrazovanje stekao je u Pisarovini, a srednjoškolsko obrazovanje završetkom gimnazije u Karlovcu. Školovanje je nastavio na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, gdje je na Šumarsko-gospodarskom odjelu diplomirao 29. siječnja 1974. godine. U kolovozu iste godine profesor Pičman se kao mladi inženjer pripravnik zapošljava u Rasadniku „Mirkovec“ Poljoprivredne zadruge Začretje, u koji svakodnevno putuje iz Zagreba. Nakon pripravničkog staža postaje rukovoditelj proizvodnje bilja, a radi i na poslovima projektiranja novih i održavanja postojećih hortikulturnih objekata. U rasadniku „Mirkovec“ ostaje do početka rujna 1977. godine.

Od 3. listopada 1977. profesor se zapošljava kao asistent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na Katedri za šumska transportna sredstva i građevinarstvo, na kolegiju Šumska transportna sredstva (danas Šumske prometnice). Od tada, pa sve do odlaska u zasluženu mirovinu 01. listopada 2013. godine, traje njegova bogata i plodonosna nastavna, znanstvena i stručna karijera na Šumarskom fakultetu u Zagrebu.

Vrlo je teško, skoro pa i nemoguće, u nekoliko rečenica iskazati bogatstvo nastavno-znanstveno-stručne karijere našeg profesora Dragutina Pičmana te predanost dužno-



stima koje obnašao tijekom svojeg 36 godišnjeg rada na Šumarskom fakultetu.

Profesor je na matičnom Fakultetu magistrirao 1983., a doktorirao 1993. godine. U znanstveno-nastavno zvanje docenta na kolegiju Šumske komunikacije izabran je 1997. godine, u znanstveno-nastavno zvanje izvanrednog profesora 2009. godine, a u znanstveno-nastavno zvanje redovitog profesora 2013. godine.

U dva je dvogodišnja mandata, od 1999. do 2003. godine obnašao dužnost pročelnika Zavoda za istraživanja u šumarstvu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, iznimno značajnog Zavoda Fakulteta u kojemu su tada bila objedinjena sva znanstvena i stručna istraživanja koja su znanstvenici Šumarskog odsjeka provodili.

Profesor Dragutin Pičman bio je dugogodišnji član Odbora za šume Šumarskog fakulteta, Odbora koji upravlja fakultetskim Nastavno-pokusnim šumskim objektima, a posebno je, s obzirom na znanstveno i stručno područje njegova djelovanja, bio zadužen za održavanje postojeće te razvoj i unaprjeđenje buduće mreže šumske prometne infrastrukture NPŠO-a. Jedno kraće vrijeme obašao je i dužnost zamjenika upravitelja NPŠO-a Zalesina.

U svome je nastavnome radu na početku radio kao suradnik na Fakultetu, kasnije kao asistent te naposljetku nastavnik; kasnije kao docent, izvanredni i redoviti profesor, sudjelovao u izvođenju nastave na dodiplomskim studijima Šumarstvo i Drvna tehnologija na oba fakultetska odsjeka, Šumarskom i Drvnotehnološkom. Sudjelovao je i u izvođenju nastave na poslijediplomskim specijalističkim, po-

slijediplomskom magistarskom i poslijediplomskom doktorskom studiju koje je provodio Šumarski fakultet.

Aktivno je sudjelovao u reformi studijskih programa Fakulteta svih razina studija, te prelasku na „Bolonjski“ model studiranja. Bio je voditelj poslijediplomskog specijalističkog studija Šumske prometnice te nositelj i sunositelj većeg broja kolegija na preddiplomskim, diplomskim, poslijediplomskim specijalističkim i poslijediplomskom doktorskom studiju, od kojih je mnoge uveo, a mnoge unaprijedio.

Profesor je bio mentor velikog broja završnih i diplomskih radova te član povjerenstava za njihovu obranu. Studenti su znali prepoznati njegovu stručnost i veliko znanje koje je posjedovao, ali istovremeno i profesorovu otvorenost prenošenju znanja studentima na njima razumljiv način, često praćen slikovitim i kasnije dugo pamtljivim primjerima iz prakse. Zbog toga su ga, ali i zbog njegove strpljivosti u mentoriranju, studenti vrlo rado odabirali za mentora. Bio je mentorom i tri poslijediplomska magistarska te jednog poslijediplomskog doktorskog rada.

Profesor Dragutin Pičman je iznimno dobro shvaćao šumarstvo kao struku koja počiva na biološkim, tehničkim i organizacijsko-ekonomskim znanjima, ali je uvijek iznova naglašavao važnost tehničke komponente u obrazovanju inženjera šumarstva, a u rješavanju stručnih šumarskih problema čvrsto je zagovarao inženjerski pristup.

Njegove kvalitete kao nastavnika bile su prepoznate i izvan granica Republike Hrvatske, pa je nekoliko godina, uza svoje nastavničke obaveze na Šumarskom fakultetu u Zagrebu, paralelno bio nositelj kolegija Šumske komunikacije na Šumarskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu.

U prosincu 2007. godine iz tiska je izašao sveučilišni udžbenik profesora Dragutina Pičmana pod nazivom „Šumske prometnice“ na kojemu je profesor vrlo intenzivno radio nekoliko godina, a koji predstavlja kapitalno djelo za šumarsku struku u njezinu dijelu koji se bavi šumskom prometnom infrastrukturom.

Uz navedeni je udžbenik profesor napisao i tri interne skripte kao pomoć studentima pri pripremi ispita iz kolegija Uređivanje bujica, Strojevi u gradnji i održavanju šum-

skih prometnica i Parkovna tehnika i uređaji te na taj način unaprijedio i oplemenio nastavni proces, još jednom dokazavši da su mu studenti uvijek bili na prvome mjestu.

Prof. dr. sc. Dragutin Pičman sudjelovao je kao autor ili koautor referata/izlaganja na više od 25 domaćih i međunarodnih, znanstvenih i stručnih skupova, a izlagani referati su objavljeni u znanstvenim knjigama, zbornicima radova ili zbornicima sažetaka.

Profesor Pičman ostavio nam je i bogati opus samostalnih i koautorskih radova, preko 50 znanstvenih i stručnih radova te veći broj poglavlja u monografijama i znanstvenim knjigama.

Svoju sklonost crtanju i iznimnu percepciju prostora realizirao je kroz 10-ak glavnih hortikulturnih projekata te 50-ak glavnih projekata šumskih cesta.

Kao voditelj projekta, voditelj teme ili suradnik, sudjelovao je na 20-ak znanstveno-istraživačkih, razvojnih i stručnih projekata različitih naručitelja.

Bio je član uredničkoga vijeća znanstvenih časopisa Šumarski list, Mehanizacija šumarstva, Nova mehanizacija šumarstva te Croatian Journal of Forest Engineering.

Naš profesor, suprug, otac i djed, bio je iznimno inteligentan, organiziran, odgovoran, pedantan, marljiv i iznad svega ponosan i pravedan čovjek. Uvijek je imao svoje mišljenje i stav i bio ga je spreman argumentirano braniti. Izuzetno se ponosio svojom obitelji, suprugom, djecom i unucima.

Ljudi ne umiru sve dok god postoje sjećanja na njih, njihov život i njihova djela. Dragi profesore, tvoji te studenti, tvoji kolege i suradnici, tvoji prijatelji nikada neće zaboraviti, jer si ostavio neizbrisiv trag u njihovom radu i životu.

Za sve što si učinio za Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu te za našu šumarsku struku, neka ti je vječna slava i hvala.

Ožalošćenoj obitelji profesora Dragutina Pičmana, svim njegovim prijateljima i kolegama, upućujem izraze najiskrenije sućuti u ime svih zaposlenika i studenata Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije te u svoje osobno

JOSIP ROBERT CRNKOVIĆ, dipl. ing. šum. (6.05.1939. – 22.11.2021.)

Milivoj Diklič, dipl. ing. šum.

Dana 22. studenog 2021. godine napustio nas je Josip Robert Crnković, goranski šumar, lovac, veliki čovjek.

Koliko god je trenutak odlaska pokojnog kolege Roberta bio tužan, sjećat ćemo ga se kao šumara, kolege, prijatelja, susjeda ili poznanika, sjećati se njegovog jedinstvenog života čiji smo dio i mi bili, a koji nisu obilježili razvikani projekti ni novinski naslovi, života kojeg su krasile skromnost, savjesnost i požrtvovanost ponajprije prema svojoj obitelji, a onda i prema šumarskoj i lovno-gospodarskoj struci.

Životni put Josipa Crnkovića započeo je 6. svibnja 1939. godine u Skradu. Potekao je od oca Jakova željezničara i majke domaćice. Gimnaziju je završio u Delnicama, a na Šumarskom fakultetu u Zagrebu je diplomirao 1963. godine. Po završetku studija zapošljava se u Šumariji Klana kao zamjenik upravitelja šumarije i referent za uzgajanje šuma. Idućih desetak godina radio je na poslovima referenta za uzgajanje šuma u Razvojno-biološkom odjelu Šumskog gospodarstva Delnice. U periodu od 1978. godine do 1984. godine bio je upravitelj OOUR-a za uređivanje šuma, da bi nakon toga postao direktor OOUR-a za uzgajanje šuma. Nakon dvije godine obnašanja dužnosti predsjednika Izvršnog Vijeća S.O. Delnice ponovno se vraća na mjesto direktora OOUR-a za uzgajanje šuma, na kojemu radi do 1990. godine kada postaje šef Proizvodnog odjela Uprave šuma Delnice. U periodu od 1992. do 1994. godine radi na poslovima stručnog suradnika za uzgajanje šuma u Direkciji JP Hrvatske šume u Zagrebu, a nakon toga radi na poslovima stručnog suradnika za internu kontrolu i reviziju u Kabinetu direktora HŠ, gdje ostaje do svoje mirovine.

Većinu svog radnog vijeka posvetio je uzgoju i uređivanju prebornih šuma. Angažirao se i pokrenuo uređivanje privatnih šuma Gorskog Kotara, a velik dio svoga života posvetio je i lovnom gospodarenju čiji je bio veliki zaljubljenik.

Bio je član Hrvatskog šumarskog društva, u jednom periodu i predsjednik u ogranku u Delnicama, sudjelovao u raspravama u šumarskoj strukovnoj problematici te redoviti sudionik okupljanja goranskih šumara veterana.

Dužnosti i obveze šumara uzgajivača i uređivača, a i stručnjaka za lovno gospodarenje obavljao je savjesno, pedan-



tno, časno, ponosno. Cijelog života bio je vođen osjećajima, služenju šumarskom i lovačkom dobru, na prvo mjesto stavljao je šumarski, lovački i javni interes. Bio je primjer poštenja, skromnosti i odanosti.

Oprostili smo se od osobe koja je bila na strani pravde, poštenja i ljubavi prema čovjeku, šumi i divljači. Sjećat ćemo ga se kao nasmijanog optimista, kao velikog imena našeg šumarstva, kao čovjeka koji je uvijek širio optimizam, pozitivu i veselje gdje god da je radio te stoga moramo istaći da njegovo djelo nije bilo malo. Opraštamo se od prijatelja s jednim velikim HVALA za sve učinjeno.

Lijepe riječi koje o umrlima svi često govore, kolegi Robertu su bile upućne tijekom cijeloga njegovog života. Ako smo išta naučili od kolege Roberta, to je način na koji je on pokušavao i trudio se na svih nas prenijeti zajedništvo, sreću, suosjećanje.

Ponosni što smo što ga poznavali! Uvijek je bio pun razumijevanja prema svakome koga je sretao, bilo da su to bili prijatelji, bilo da su to bili neistomišljenici, znanci, stranci, dobri ili loši. Njemu je to sve bilo svejedno!

Za kolegom Robertom ostaje ožalošćena obitelj, supruga Neda s kojom je naš kolega Robert proveo najveći, srećom ispunjeni život, sinovi Andrija i Bojan s obiteljima na koje je Robert bio neizmjereno ponosan.

Dragi Roberte, dragi prijatelju, dragi kolega, ne zbogom nego doviđenja do nekih drugih vremena i svjetova, uživajte u pjevu ptica i u šumu goranskoj šumi, neka Vam je laka skradska gruda!

Počivao u miru!

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 obrojčati.

Opseg teksta članaka može imati najviše 15 stranica zajedno s prilogima, 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 indexation and abstraction and must contain all the key parts of the article: a part of the introduction, description of research topic, method of work, research results, and the essentials from the discussion and conclusions. The summary must give an indication of bilingual components – tables, graphs and figures (drawings and photographs) from the article.

Rules for reference lists:

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

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

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

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

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



Slika 1. Habitus mekane veprine. ■ **Figure 1.** The habit of the spineless butcher's broom.

Slika 3. Ženski cvjetovi su građeni od šest tepala raspoređenih u dva kruga, vanjske su dugačke 3–4 mm, unutrašnje 2–3 mm; plodnica je nadržala, kuglasta; vrat kratak; njuška viri iz stupića; staminodiji su srasli u ljubičasti, mesnati stupić. Cvjetanje je u travnju i svibnju (od ožujka do lipnja). ■ **Figure 3.** Female flowers: tepals 6, in 2 whorls, outer 3–4 mm long, inner 2–3 mm long; ovary superior, globose; style short; stigma protrudes from the column; staminodes connate into purple, fleshy column. Flowering in April to May (March to June).



Slika 2. Filokladiji su sjedeći, eliptični do obrnuto jajasti, cijelog ruba, kožasti, nisu bodljikavi, 7–11 (5–12) cm dugački, 3–4 cm široki, zeleni, goli i sjajni. ■ **Figure 2.** Phylloclades are sessile, elliptical to obovate, entire, leathery, not spiny, 7–11 (5–12) cm long, 3–4 cm wide, green, glabrous and glossy.



Slika 4. Bobe su kuglaste, crvene, gole, glatke, sjajne, 9–12 mm promjera, sadrže 1 (–2) sjemenke. Dozrijevaju u rujnu i listopadu, dugo ostaju, ukrasne su, zoohorne. ■ **Figure 4.** Berries are globose, red, glabrous, smooth, shiny, 9–12 mm in diameter, 1(–2)-seeded. Maturing in September to October, long persistent, decorative, zoochorous.

***Ruscus hypoglossum* L. – mekana veprina, širokolisna veprina, jezičasta veprina (*Asparagaceae*)**

Rod *Ruscus* L. sadrži šest vrsta rasprostranjenih od Medeira do Irana. *R. hypoglossum* je jedna od dvije autohtone vrste roda *Ruscus* u Hrvatskoj (druga je *R. aculeatus* L.). Ova jednosupnica je gusti, vazdazeleni, dvodomni polugrm visok 30 do 50 cm, uspravnih, zelenih stabljika. Nove stabljike se razvijaju iz rizoma (modificirane podzemne stabljike). Listovi su reducirani na sitne, trokutaste, membranaste ljuske. Filokladiji (modificirane, plosnate stabljike) izgledaju poput listova i obavljaju fotosintezu. Cvjetovi su sitni, nalaze se na sredini gornje strane filokladija, u pazušcu listolikog zaliska. Mekana veprina je tolerantna na zasjenu, ukrasna je vrsta sađena kao pokrivač tla ili niska živica, a koristi se i u cvjetarskim aranžmanima.

***Ruscus hypoglossum* L. – Spineless Butcher's Broom (*Asparagaceae*)**

The genus *Ruscus* L. ranges from Madeira to Iran and includes six species. *R. hypoglossum* is one of the two native species of the genus *Ruscus* in Croatia (the other is *R. aculeatus* L.). It is a monocotyledonous, compact, evergreen, dioecious subshrub, 30 to 50 cm high, with erect, green stems. New shoots are produced from the rhizome (modified subterranean stem). Leaves are reduced to small, triangular, scarious scales. Leaflike phylloclades (modified, flattened stems) perform the photosynthetic function. Flowers are small, arising from the axil of a leaflike bract in the centre of the upper surface of phylloclade. Spineless butcher's broom is a shade tolerant, ornamental plant used as a ground cover or low hedge, but also for floral arrangements.