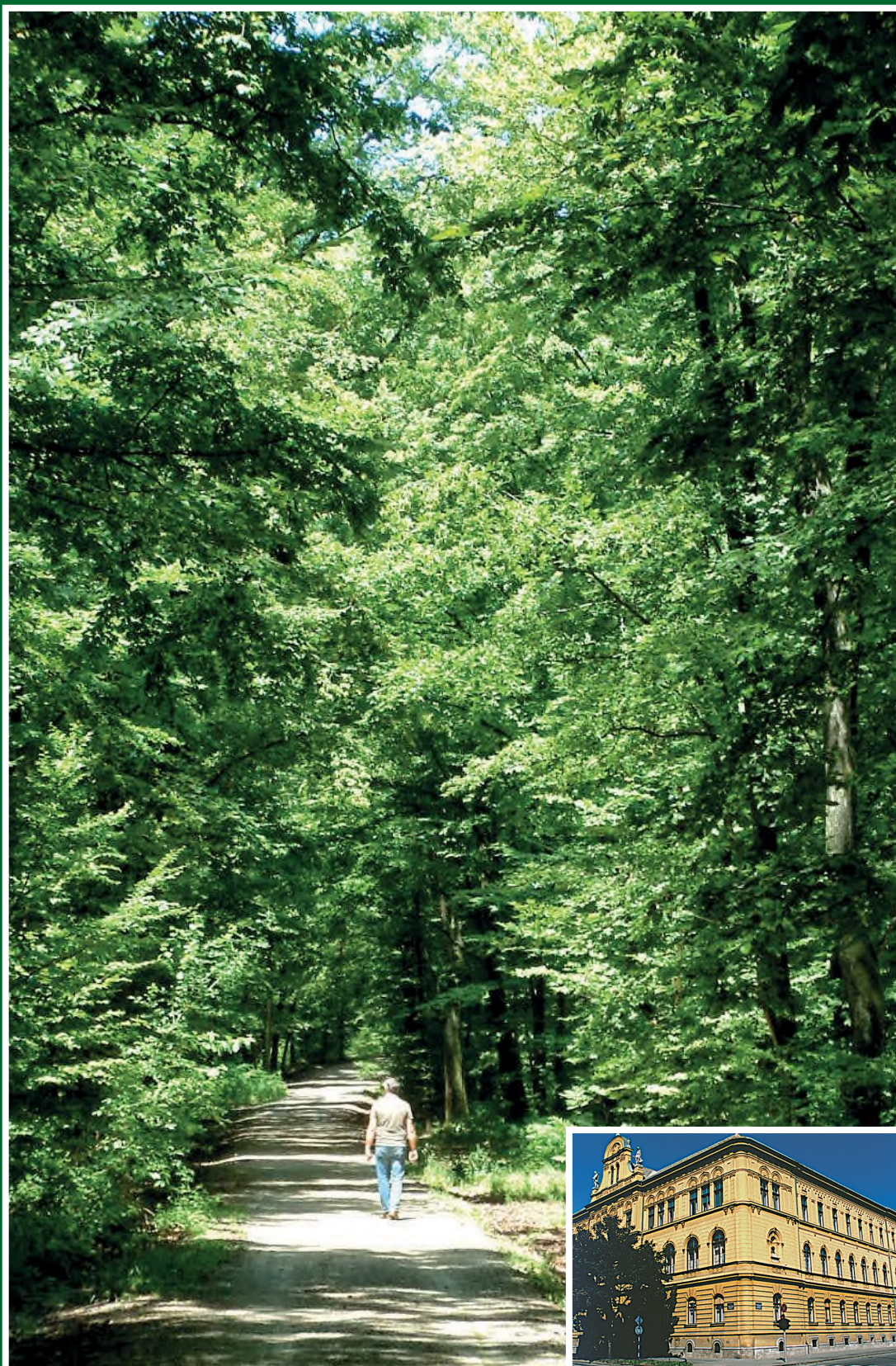


# ŠUMARSKI LIST

HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO



UDC 630\*  
ISSN  
0373-1332  
CODEN  
SULIAB



7-8

GODINA CXLIV  
Zagreb  
2020



HRVATSKO ŠUMARSKO  
DRUŠTVO

CROATIAN FORESTRY  
SOCIETY

članica  
**HIS**

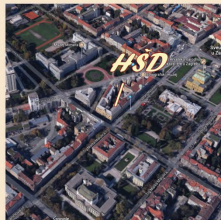
O DRUŠTVU  
ČLANSTVO

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



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

**174. godina djelovanja  
19 ogranaka diljem Hrvatske  
oko 2800 članova**

## IMENIK HRVATSKIH ŠUMARA

**14038 osoba  
22362 biografskih činjenica  
14810 bibliografskih jedinica**

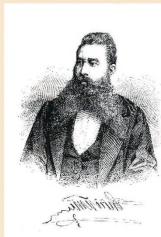
## ŠUMARSKI LIST

**144. godina neprekidnog izlaženja  
1095 svezaka na 83488 stranica  
16051 članaka od 3068 autora**

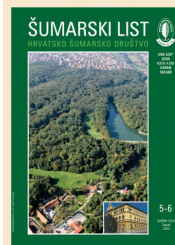
## DIGITALNA ŠUMARSKA BIBLIOTEKA

**4334 naslova knjiga i časopisa  
na 26 jezika od 2938 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 Dotrščina, Zagreb, Hrvatska  
(Foto: Damir Drvodelić)

Dotrščina Park Forest, Zagreb, Croatia  
(Photo: Damir Drvodelić)

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. Dr. sc. Sanja Perić                          |
| 2. Emil Balint, dipl. ing. šum.     | 13. Mr. sc. Petar Jurjević             | 24. Davor Prnjak, dipl. ing. šum.                |
| 3. Mr. sc. Boris Belamarić          | 14. Ivan Krajačić, dipl. ing. šum.     | 25. Krasnodar Sabljčić, dipl. ing. šum.          |
| 4. Prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić | 15. Čedomir Križmanić, dipl. ing. šum. | 26. Zoran Šarac, dipl. ing. šum.                 |
| 5. Mario Bošnjak, dipl. ing. šum.   | 16. Danijela Kučinić, dipl. ing. šum.  | 27. Ante Taraš, dipl. ing. šum.                  |
| 6. Goran Bukovac, dipl. ing. šum.   | 17. Prof. dr. sc. Josip Margaletić     | 28. Prof. dr. sc. Ivica Tikvić                   |
| 7. Mr. sp. Mandica Dasović          | 18. Akademik Slavko Matić              | 29. Davor Topolnjak, dipl. ing. šum.             |
| 8. Mr. sc. Josip Dundović           | 19. Darko Mikičić, dipl. ing. šum.     | 30. Oliver Vlainić, dipl. ing. šum., predsjednik |
| 9. Prof. dr. sc. Milan Glavaš       | 20. Damir Miškulin, dipl. ing. šum.    | 31. Doc. dr. sc. Dinko Vusić                     |
| 10. Goran Gobac, dipl. ing. šum.    | 21. Damir Nuić, dipl. ing. šum.        | 32. Silvija Zec, dipl. ing. šum.                 |
| 11. Mr. sc. Ivan Grginčić           | 22. Martina Pavičić, dipl. ing. šum.   | 33. Dražen Zvirotić, dipl. ing. šum.             |

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

### 1. Šumski ekosustavi – Forest Ecosystems

**Prof. dr. sc. Joso Vukelić,**  
urednik područja – *Field Editor*  
Šumarska fitocenologija – *Forest Phytocoenology*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

**Prof. dr. sc. Jozo Franjić,**  
Šumarska botanika i fiziologija šumskoga drveća  
*Forest Botany and Physiology of Forest Trees*

**Prof. dr. sc. Marilena Idžojtić,**  
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 Slavko Matić,**  
urednik područja – *Field Editor*  
Silvikultura – *Silviculture*

Urednici znanstvenih grana – *Editors of scientific branches:*

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

**Dr. sc. Sanja Perić,**  
Šumske kulture – *Forest Cultures*

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

**Akademik Igor Anić,**  
Uzgajanje prirodnih šuma, urbane šume –  
*Natural Forest Silviculture, Urban Forests*

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

**Doc. dr. sc. Damir Drvodelić,**  
Sjemenarstvo i rasadničarstvo –  
*Seed Production and Nursery Production*

**Izv. 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

**Izv. 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:*

**Izv. 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*

Prof. dr. sc. Vjekoslav Glavač, Njemačka – *Germany*

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

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

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

### 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\* 453 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.144.7-8.1>

Pernek M., M. Kovač, N. Lacković

**Testiranje biološke učinkovitosti feromona i klopki za ulov Mediteranskog potkornjaka *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae)** – Testing of biological effectiveness of pheromones and traps for catch of Mediterranean bark beetle *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae) ..... 339

UDK 630\* 425 + 111 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.144.7-8.2>

Ognjenović M., T. Levanič, N. Potočić, D. Ugarković, K. Indir, I. Seletković

**Interrelations of various tree vitality indicators and their reaction to climatic conditions on a European beech (*Fagus sylvatica* L.) plot** – Međuovisnost različitih indikatora vitaliteta stabala i njihov odziv na klimatske uvjete na plohi obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) ..... 351

UDK 630\* 242 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.144.7-8.3>

Lendvai S., J. Diaci, D. Rozenberger

**Response of Black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) to selective thinning of various intensities: a half-century study in northeastern Slovenia** – Odziv Crne johe (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na različite intenzitete selektivne prorjede: pedesetgodišnja istraživanja u sjeveroistočnoj Sloveniji ..... 367

UDK 630\* 516 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.144.7-8.4>

Balić B., A. Seletković, A. Lojo, A. Ibrahimspahić, J. Musić, A. Avdagić, V. Halilović

**Model za procjenu volumena krupnog drveta stabala smreke (*Picea abies* Karst) na području Kantona 10 u Federaciji Bosne i Hercegovine** – Model for estimation merchantable wood volume of spruce (*Picea abies* Karst) in Canton 10, Federation of Bosnia and Herzegovina ..... 379

UDK 630\* 432 (001)

<https://doi.org/10.31298/sl.144.7-8.5>

Çoban H.O., H. Bereket

**Visibility analysis of fire lookout towers protecting the Mediterranean forest ecosystems in Turkey** – Analiza vidljivosti vatrogasnih tornjeva namijenjenih zaštiti mediteranskih šumskih ekosustava od požara u Turskoj .. 393

### Pregledni članci – Reviews

UDK 630\* 187 + 174

<https://doi.org/10.31298/sl.144.7-8.6>

Španjol Ž., B. Dorbić, N. Vrh, I. Gašparović, I. Tolić, M. Vojinović

**Vegetacijska i dendrološka obilježja park-šume Hober u Korčuli** – Vegetative and dendrological characteristics of Hober forest park in Korčula ..... 409

### Zaštita prirode – Nature protection

Arač, K.:

Jastrebača (*Strix uralensis* Pallas) ..... 423

Kranjčev, R.:

Zapisi iz hrvatskih šuma (6)

Šumski dragulji ..... 424

## **Iz povijesti šumarstva – From the History of Forestry**

Petrič, S.:

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Zimsko pošumljavanje travnatih površina ..... | 426 |
|-----------------------------------------------|-----|

## **Iz HŠD-a – From the Croatian forestry association**

Ivančević, V.:

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Hrvatsko šumarsko društvo – Ogranak Senj u proteklom osmogodišnjem razdoblju (2012-2019) ..... | 427 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

# RIJEČ UREDNIŠTVA

## PARAFISKALNI NAMETI – POJAM I TKO IH TREBA PLAĆATI

Nova promjena u vezi s plaćanjima naknade za općekorisne funkcije šuma, tretirane kao parafiskalni namet, potiče nas da opetovano progovorimo o tom problemu. Na Poduzetničkom portalu čitamo: Premda se službeno zovu „neporezna davanja“ u javnosti se već uvriježio termin „parafiskalni nameti“, a popisan je 161 parafiskalni namet, koji kažu naciji oduzima oko 2,5 % BDP-a. Detaljnije pak pojašnjenje prema definiciji Ministarstva financija kaže: „parafiskalni nameti su sva propisana obvezna neporezna davanja koja plaćaju poduzeća središnjim tijelima državne uprave, jedinicama lokalne i područne (regionalne) samouprave ili drugim tijelima s javnim ovlastima, **ako pri tome: platitelj ne dobiva za uzvrat neku uslugu, dobro ili pravo ...**“. **Ako je tome tako zbog čega se onda naknada za općekorisne funkcije šuma tretira kao parafiskalni namet?**

Naime, u ovome slučaju nesporno je da platitelj dobiva za uzvrat uslugu, dobro ili pravo. To bi trebalo biti svima jasno ako samo pogledaju Zakon o šumama, gdje su navedene općekorisne funkcije šuma kako slijedi: 1. zaštita tla, prometnica i drugih objekata od erozije, bujica i poplava; 2. utjecaj na vodni režim i kvalitetu voda; 3. utjecaj na plodnost tla i poljodjelsku proizvodnju; 4. utjecaj na klimu i ublažavanje posljedica klimatskih promjena; 5. zaštita i unapređenje čovjekova okoliša; 6. stvaranje kisika, ponor ugljika i pročišćavanje atmosfere; 7. rekreativna, turistička i zdravstvena funkcija; 8. stvaranje povoljnih uvjeta za divljač i ostalu faunu te 9. povećan utjecaj zaštitnih šuma i šuma posebne namjene na bioraznolikost. **U pojedinim funkcijama imaju korist samo neki, a u nekima svi.** Naknada za općekorisne funkcije šuma prvotno je iznosila 0,07 % od ukupnoga godišnjeg prihoda, 2010. godine pada na 0,0525 %, a potom 2012. godine na 0,0265 % da bi 2018. godine bili oslobođeni plaćanja oni koji ostvaruju ukupni prihod manji od 3 milijuna kn godišnje. Sada se oslobađaju plaćanja oni s ukupnim godišnjim prihodom manjim od 7,5 milijuna kn, a postotak pada na 0,024. Da bi nam bilo jasnije, izračunajmo koliko je to novaca godišnje – na 3 milijuna kn to je bilo 795,00 kn/god., a na 7,5 milijuna kn to je 1.800,00 kn/god. (velik novac !?). Sagledavajući kronologiju smanjenja naknade za općekorisne funkcije šume i historiju koja vlada oko parafiskalnih nameta, ne bi nas izne-

nadilo da obnašatelji vlasti nakon parlamentarnih izbora potpuno ukinu ovaj po nama potreban ekološki progresivni porez. Nažalost, ne bi bilo prvi puta da se radi populizma povlače potezi koji nisu dobri ni za državu ni za društvo.

Od glavnih gospodarskih djelatnosti: 1. proizvodnje drvnih šumskih proizvoda, 2. proizvodnje šumskog reproduktivnog materijala i 3. proizvodnje nedrvnih šumskih proizvoda, očekuje se i dobit koja se uplaćuje u državni proračun. Sve to unatoč netržišnom poslovanju u prometu tim proizvodima i nužnim potrebama pravodobnog i sveobuhvatnog rada na uzgojnim i zaštitarskim radovima u šumskom ekosustavu koji se često „preskače“, kako bi dobit bila čim veća. Više puta ukazivali smo da u šumarstvu nema dobiti, ako vratimo šumi ono što smo joj uzeli, a da bi ona bila u optimumu, ili slikovito rečeno „vječna“. O svakoj od devet navedenih općekorisnih funkcija često smo govorili, potkrijepivši naše riječi istraživačkim rezultatima. Brojke su impresivne i najbolje se pamte. Govoreći, zbog manjka prostora u rubrici, primjerice samo o njenoj hidrološkoj funkciji, rečeno je kako niti jedan vegetacijski oblik ne utječe tako djelotvorno na vodu kao šuma - ona uravnotežuje raspored vode u prostoru, ravnomjerno opskrbljuje vodotoke i ublažava pojavu visokih vodnih valova, utječe na čistoću vode i broj izvorišta. Procjeđivanjem vode kroz živo i rahlo šumsko tlo, ona u podzemne tokove ulazi pitka. Ako uzmemo u obračun prosječnu godišnju količinu oborina u Hrvatskoj od 1200 mm i površinu šuma od samo 2 milijuna ha (ona je veća) računa se da iz šume istječe **oko 13 milijardi tona pitke vode. Tko dobiva tu uslugu – svi uključivši i platitelja!** Ovako bi mogli i o ostalim općekorisnim funkcijama. E sada, neki kažu pisano je već o svemu tome i rečeno na mnogim šumarskim skupovima, ali mi šumari govorimo sami sebi – a mi pitamo kolegice i kolege: servirani su vam podaci u ovoj rubrici i drugim tekstovima – zašto to ne širite među poznanike, a oni politički angažirani šumarski stručnjaci među kolege političare na lokalnoj, regionalnoj pa i državnoj razini? Pitamo se, da li je pristojno reći da ste se „zavukli u mišju rupu“? Vi odgovorite!

Uredništvo

# EDITORIAL

## PARAFISCAL LEVIES – DEFINITION AND WHO SHOULD PAY THEM

A new change referring to the payment of non-market forest function fees, regarded as a parafiscal tax, urges us to again discuss this problem. We read on the Entrepreneurial Portal: Although officially called "non-tax benefits", the term "parafiscal levies" has already become commonplace in the public, and 161 parafiscal levies have been listed, which is believed to take away about 2.5 % of the GDP from the nation. A more detailed explanation according to the definition of the Ministry of Finance states: "parafiscal levies are all prescribed mandatory non-tax benefits paid by companies to central state administrative bodies, local and regional self-government units or other bodies with public authority, **if the payer does not receive a service, goods or right in return ...**". **If so, then why is the non-market forest function fee treated as a parafiscal levy?** In this case it is indisputable that the payer receives a service, goods or right in return. It should be clear to everyone who reads the Forest Act and where the non-market forest functions are listed as follows: 1. protection of soil, roads and other facilities from erosion, torrents and floods; 2. impact on water regime and water quality; 3. impact on soil fertility and agricultural production; 4. impact on climate and mitigation of climate change; 5. protection and improvement of the human environment; 6. oxygen generation, carbon sink and atmospheric purification; 7. recreation, tourist and health function; 8. creation of favourable conditions for wildlife and other fauna, and 9: increased impact of protective forests and special purpose forests on biodiversity. **Some of the functions provide benefits only for some individuals, while other functions provide benefits for all.** The non-market forest function fee initially amounted to 0.07 % of the total annual income, in 2010 it dropped to 0,0525 %, and then in 2012 to 0.0265 %, whereas in 2018 all those who generated total income less than 3 million kuna annually were exempt from payment. Now all these with a total annual income of less than 7.5 million kuna are exempt from payment, and the percentage has dropped to 0.024. To make it clearer, let us calculate how much money it is per year - at 3 million kuna it was 795.00 kuna/year, and at 7.5 million kuna it was 1,800.00 kuna / year (what an amount!). In view of the chronology of the reduction of the non-market forest function fee and the hysteria surrounding parafiscal levies, it would not at all surprise us if, after the parliamentary elections, the government

completely abolishes this, in our view, necessary and environmentally progressive tax. Regrettably, it would not be the first time that populism takes steps that are not good either for the state or for the society.

The main economic activities, including 1. production of wood forest products, 2. production of forest reproductive material and 3. production of non-wood forest products, are expected to generate income which is paid into the state budget. All this despite non-market business moves in the trade of these products and the necessary need for timely and comprehensive work on silvicultural and protection operations in the forest ecosystem, which are often "skipped" in order to maximize profit. We have repeatedly pointed out that there is no profit in forestry if we return to the forest what we have taken from it so as to leave it in the optimal state, or figuratively speaking, so as to make it "eternal". We have often discussed every one of the nine non-market functions listed above, corroborating our words with research results. The numbers are impressive and are easy to remember. Due to limited space in the column, let us only take the hydrological function; no vegetation form affects water as effectively as a forest - it balances the distribution of water in space, evenly supplies watercourses and mitigates high water waves, and affects water purity and the number of water springs. Water filtered through live and friable forest soil reaches ground courses as potable water. If we take into account the average annual rainfall in Croatia of 1200 mm and the forest area of only 2 million ha (it is larger), it is calculated that **about 13 billion tons of drinking water flows from the forest. Who receives this service? Everyone, including the payer!** We could continue in the same way with other non-market forest functions. Some would say, these issues have been treated at a number of forestry conferences, but we foresters speak for ourselves - and we ask our colleagues: you have been served information in this column and in other articles - why do not you spread it among your acquaintances, and why those politically active forestry experts do not raise these issues among their fellow politicians at the local, regional and even state level? We wonder, is it polite to say that you have "crawled into a mouse hole"? You answer it!

Editorial Board

# TESTIRANJE BIOLOŠKE UČINKOVITOSTI FEROMONA I KLOPKI ZA ULOV MEDITERANSKOG POTKORNJAKA *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae)

## TESTING OF BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF PHEROMONES AND TRAPS FOR CATCH OF MEDITERRANEAN BARK BEETLE *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae)

Milan PERNEK<sup>1</sup>, Marta KOVAČ<sup>1\*</sup>, Nikola LACKOVIĆ<sup>2</sup>

### SAŽETAK

U šumama alepskog bora na hrvatskom Mediteranu u 2017. godini pojavio se mediteranski potkornjak (*Orthotomicus erosus*) u gustoćama populacije koje do tada nisu zabilježene te se nikada prije nije smatrao značajnim štetnikom na tom području. Naglo povećanje populacije potkornjaka prirodni neprijatelji nisu u stanju pratiti, a ishod je naglo povećanje sušaca. U sklopu mjera zaštite za suzbijanje mediteranskog potkornjaka u 2018. godini u Hrvatskoj su postavljene feromonske klopke u svrhu monitoringa. Iako postoji više mogućnosti primjene različitih vrsta klopki i feromonskih pripravaka za mediteranski potkornjak, do sada nije istraženo koja je razlika u ulovima različitih vrsta klopki niti koliko su selektivne. U 2019. godini na području Park šume Marjan (Split) na 196 ha šumske površine postavljeno je 40 feromonskih klopki. Uspoređeni su parovi feromonskih pripravaka Pheroprax i Erosowit, sustav triju klopki Triplet sa običnom naletno barijernom klopkom te modificirana klopka sa mokrim ulovom i obična naletno barijerna klopka. Osim prosječnog broja ulova u feromonskim klopkama posebna pozornost dana je selektivnosti. Od predatora u klopama su značajnije su nađene dvije vrste, *Tanasimus formicarius* i *Temnochila caerulea*, s tim da je *T. formicarius* u odnosu na *T. caerulea* bio u zanemarivim količinama. Rezultati ukazuju kako pripravak Erosowit u odnosu na Pheroprax pokazuje značajno veće ulove, te je značajno selektivniji. Pheroprax ima vrlo visoke ulove predatora *T. caerulea* te se ne preporuča za praktičnu primjenu. Triplet je u odnosu na običnu naletno barijernu klopku pokazao tek neznatno bolje ulove, ali i nešto bolju selektivnost. Triplet nije pokazao očekivani učinak s obzirom na količinu ulova koja je bila nešto viša u odnosu na običnu klopku, ali ne značajnije kako bi se preporučila njihova primjena. Mokra varijanta klopke pokazala se lošom, jer ne donosi signifikantno veće ulove od obične naletno barijerne klopke, a dvostruko manje je selektivna. S obzirom na dodatne troškove (adaptacija klopke, tekućina koja se mora mijenjati, sporije sakupljanje) ovaj tip klopke nije preporučljiv za primjenu. Usporedbom ukupnih prosječnih ulova mediteranskog potkornjaka 2018. i 2019. godine utvrđeno je da je broj potkornjaka u 2019. gotovo 5 puta manji u odnosu na 2018.

**KLJUČNE RIJEČI:** *Pinus halepensis*, Erosowit, Pheroprax, *Taemnochila caerulea*, *Thanasimus formicarius*, klimatske promjene.

<sup>1</sup> Dr. sc. Milan Pernek, Marta Kovač, mag. ing. silv., Hrvatski šumarski institut, Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarenje, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko

<sup>2</sup> Dr. sc. Nikola Lacković, Antuna Mihanovića 3, 10450 Jastrebarsko

\*Corresponding: Marta Kovač; martam@sumins.hr

## UVOD

## INTRODUCTION

Ulančavanje nepovoljnih čimbenika kao što su klimatske promjene povezane sa monokulturom, te sekundaran napad potkornjaka, uzrokom su početnog sušenja alepskih borova (*Pinus halepensis* Mill.) u Dalmaciji krajem 2016. To je dovelo do početka gradacije mediteranskog potkornjaka, *Orthotomicus erosus* Wollaston (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) u 2017. godini (Pernek 2018, Pernek i sur. 2019). Ova vrsta potkornjaka može u određenim uvjetima prijeći u primarne štetnike te početi napadati i potpuno zdrava stabla, što je poznato kod nekih vrsta potkornjaka (Wermelinger 2002). U mediteranskom području tome posebice pogoduje aridifikacija, budući da se poboljšavaju uvjeti za preživljavanje, reprodukciju, voltinizam i prostorno širenje potkornjaka (Battisti i Larson 2016). Prirodni neprijatelji nisu u stanju pratiti naglo povećanje populacije mediteranskog potkornjaka, stoga je rezultat naglo povećanje suhih stabala. Ova do tada nezabilježena pojava na hrvatskom Mediteranu pojavila se u cijeloj Dalmaciji južno od Zadra sa blažim ili jačim intenzitetom, ovisno o lokaciji. Mediteranski potkornjak se od tada gleda kao značajan štetnik na tome području (Pernek i sur. 2019), a tome posebice pogoduju ambijentalne promjene (IPCC 2014), u kojima mediteranski potkornjak nalazi uvjete za veću reprodukciju i razvijanje više generacija godišnje (Pernek i sur. 2019). U sklopu mjera zaštite za suzbijanje mediteranskog potkornjaka u 2018. godini u Hrvatskoj su na brojnim lokacijama postavljene feromonske klopke u svrhu monitoringa. Primjena feromona u zaštiti šuma spada u grupu biotehničkih metoda koje se koriste spoznajama iz područja ekofiziologije i etologije kukaca, odnosno njihovim načinom reagiranja na fizikalne i kemijske podražaje. Primjenom sintetski proizvedenih tvari nastoji se imitirati kemijski podražaj, odnosno imitirati prirodne feromone koje kukci sami produciraju, a u svrhu odbijanja ili privlačenja drugih jedinki iste vrste (agregacija) (Bakke i sur. 1977). Njihova primjena vrlo rijetko rezultira trenutnim smanjenjem neke štetne populacije (Pernek i Lacković 2011). Međutim, shvaćanje mehanizma komunikacije u biocenozi potkornjaka može biti važno u primjeni zaštitnih mjera. Razlike u feromonskoj komunikaciji postoje između geografskih područja, a isto je primijećeno kod primjene sintetskih feromona (Grosman i sur. 1997), stoga testiranje feromona ima praktični značaj za gospodarenje šumama.

Primjena feromonske klopke uzrokuje određene promjene u populacijama neciljanih organizama, stoga treba voditi računa o selektivnosti (Pernek i Lacković 2011). Poznato je kako feromonske komponente kairomonski privlače prirodne neprijatelje potkornjaka (Schroeder 2003, Pajares i sur. 2004), zbog čega je važno dobro proučiti i valorizirati utjecaj feromona u ekosustavu u širem smislu. Velik broj

slučajnih nepoželjnih ulova u gustoj mreži klopki sigurno bi mogao imati nepovoljne posljedice po ekološki balans. Primjerice, u svrhu bolje selektivnosti danas se rabe samo crno obojene klopke (Niemeyer 1985). Komponente koje imaju učinak kairomona na prirodne neprijatelje potkornjaka daju signal koji daje obavijest o prisutnosti hrane, te dolazi do ulova većeg ili manjeg broja nepoželjnih vrsta. To za feromonsku klopku može biti pokazatelj kvalitete s obzirom da bi komponente trebale biti izbalansirane da otpuštaju točno određenu količinu u vremenu (ratio rate) i da su što više selektivne. Testiranjem pojedinih komponenti Pheropraxa<sup>®</sup> otkriveno je kako na predatora *Thanasimus formicarius* L. (Coleoptera, Cleridae) djeluje komponenta ipsenol i ipsdienol, a manje (S)-cis-verbenol (Pavlin 1991). Slično bi moglo biti sa vrlo učestalom predatorskom vrstom, *Temnochila caerulea* Olivier. (Coleoptera, Trogositidae). Privlačenje ovih važnih predatora u velikom broju u feromonske klopke može predstavljati problem za zaštitu šuma (Etxebeste i sur. 2012).

Vrlo je važno znati kako feromonska klopka nije univerzalno sredstvo kojim se rješava problem potkornjaka, već je ona dio integrirane zaštite koja kombinira sve raspoložive metode zaštite u cilju sprječavanja ekonomskih šteta uz što manje poremećaja prirodnih neprijatelja, što manje onečišćenje okoliša te što niži utrošak energije (Maceljski i sur. 1983). Davanje prevelike važnosti feromonskoj klopki kao profilaktičkoj ili represivnoj mjeri može u nekim slučajevima biti kontraproduktivno, jer nepravilno i bezrazložno postavljanje klopki može izazvati neželjene posljedice, kao što je privlačenje potkornjaka pojava dodatnih žarišta.

U sklopu Izvještajno prognoznih poslova (IPP) u Hrvatskoj u 2018. godini postavljen je veći broj feromonskih klopki za ulov mediteranskog potkornjaka diljem Dalmacije ([www.stetnici.hr](http://www.stetnici.hr)). Ulovi su se jako međusobno razlikovali s obzirom na lokaciju postavljanja, ali je zapažen iznimno velik broj jedinki na nekim lokacijama koji je dosego i do 30.000 jedinki tjedno (Pernek 2018). Takvi neuobičajeno veliki ulovi otvorili su nova pitanja o mogućnostima primjene feromonske klopke kao dio integrirane zaštite, odnosno njihovog korištenja u izlovu, što znači primjenu kao kurativne mjere zaštite, a ne samo za monitoring. Budući da se za mediteranskog potkornjaka do sada nisu postavljale feromonske klopke nije poznato da li postoji razlika u ulovima niti je poznato koliko su selektivne odnosno privlače li prirodne neprijatelje. Odgovori na ta pitanja čine osnovu u planiranju zaštite šuma i neophodna su za šumarskog stručnjaka na terenu. Stoga je cilj ovog istraživanja usporedba različitih vrsta feromonskih pripravaka, klopki i sistema klopki i utvrđivanje koja kombinacija daje najbolje rezultate, te temeljem dobivenih rezultata davanje preporuke za gospodarenje šumama u uvjetima gradacije mediteranskog potkornjaka. Također se temeljem ulova u



**Slika 1.** Lokacije klopki u Park šumi Marjan 2019. godine

**Figure 1** Locations of traps in Park Forest Marjan in 2019

feromonskim klopama u 2019. te usporedbom s ulovima iz 2018. procijenjuje populacijska dinamika mediteranskog potkornjaka.

## MATERIJALI I METODE RADA

### MATERIALS AND METHODS

Pokusi sa feromonskim klopama započeli su u proljeće 2019. godine, kada je postavljeno ukupno 40 feromonskih klopki na lokaciji Park šuma Marjan. Ukupna površina park šume je 300.29 ha, a smještena je na marjanskom poluotoku, krajnje zapadnom dijelu splitskog poluotoka. Pod vegetacijom se nalazi 196.24 ha većim dijelom na sjevernoj strani poluotoka, a čine ga uglavnom šume alepskog bora. Velik broj klopki zahtijevao je planiranje dovoljnog broja feromonskih pripravaka (200 komada), koji su se morali propisno skladištiti u frižiderima. Svi navedeni materijali nabavljeni su prije početka izlaženja prezimljućeg mediteranskog potkornjaka. Podaci sakupljeni u 2018. godini (Pernek 2018) poslužili su za usporedbu i procjenu stanja napada potkornjaka u 2019. godini i evaluaciju feromonske klopke u zaštitne svrhe.

Prilikom odabira mikrolokacije uzeto je u obzir da klopke budu postavljene minimalno 20 m od prvih zdravih stabala borova. Klopke su u svrhu usporedbe postavljene u parovima (Slika 1):

#### POKUS 1

Klopka: jednostavna naletno barijerna klopka (NBK); feromonski pripravak: Pheroprax (5) u usporedbi Erosowit (5);

#### POKUS 2

Feromonski pripravak: Erosowit; klopka: Triplet (5x3=15) u usporedbi sa jednostavnom NBK (5);

#### POKUS 3

Feromonski pripravak: Pheroprax ; klopka: jednostavna NBK mokra (5) u usporedbi sa suhom klopkom (5)

Razmak između klopki u paru bio je oko 20 m.

Prvi pokusni par (POKUS 1) činilo je 5 NBK klopki za koje je korišten feromonski pripravak Pheroprax (BASF) (Slika 2) koji se obično koristi za praćenje populacije smrekovog pisara (*Ips typographus* L.). Opisan je ranije u Izraelu kao feromon koji služi za ulov mediteranskog potkornjaka (Mendel 1988). Drugih 5 feromonskih pripravaka su činili Erosowit (Witasek) (Slika 3) koji je sintetiziran u svrhu praćenja populacije mediteranskog potkornjaka, a korišten je u 2018. godini (Pernek 2018).

U drugom pokusnom paru (POKUS 2) uspoređivana je razlika u ulovima tzv. Triplet klopke, odnosno 3 NBK povezane u jedan sustav (Slika 6) na ukupno 5 lokacija s jednostavnom NBK.

U trećem pokusnom paru (POKUS 3) korištena je metoda „suhog“ ulova (5 klopki) što je zapravo jednostavna NBK, i „mokrog“ ulova (Slika 7 i Slika 8) (5 klopki). Za sve klopke korišten je feromonski pripravak Pheroprax. Ova usporedba dvaju tipa klopki testirana je iz razloga kako bi se istražilo da li potkornjaci izlaze van iz lovne posude, te tako smanjuju stvaran rezultat ulova (Pernek i sur. 2003). U klopke s „mokrim“ ulovom u lovnu posudu je stavljena tekućina (mješavina vode i deterdžentskog sredstva). Teku-



**Slika 2.** Feromonski pripravak Pheroprax  
**Figure 2** Pheromone preparation Pheroprax



**Figure 3** Pheromone preparation Erosowit  
**Slika 3.** Feromonski pripravak Erosowit



**Slika 4.** Suha feromonska barijerno naletna klopka (Theysohn)  
**Figure 4** Dry flight barrier pheromone trap (Theysohn)



**Slika 5.** Suha lovna posudica feromonske klopke  
**Figure 5** Dry catching vessel of pheromone trap



**Slika 6.** Naletno barijerne klopke u sustavu Triplett  
**Figure 6** Flight barrier pheromone traps in Triplett system



**Slika 7.** Mokra feromonska barijerno naletna klopka  
**Figure 7.** Wet flight barrier pheromone trap



**Slika 8.** Mokra lovna posudica feromonske klopke  
**Figure 8.** Wet catching vessel of pheromone trap

**Tablica 1.** Vrste i broj feromonskih pripravaka i klopki postavljenih na terenu

Table 1 Types and number of pheromone preparations and traps set in the field

| Vrsta                                           | Broj klopki po stajalištu | Broj klopki u pokusu |
|-------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| BARIJERNO NALETNA KLOPKA EROSOWIT (E)           | 1                         | 5                    |
| BARIJERNO NALETNA KLOPKA EROSOWIT (T)           | 1                         | 5                    |
| BARIJERNO NALETNA KLOPKA PHEROPRAX (P)          | 1                         | 5                    |
| TRIPLET BARIJERNO NALETNIH KLOPKI EROSOWIT (TP) | 3                         | 15                   |
| BARIJERNO NALETNA KLOPKA PHEROPRAX-suha (S)     | 1                         | 5                    |
| BARIJERNO NALETNA KLOPKA PHEROPRAX-mokra (M)    | 1                         | 5                    |
| ukupno                                          |                           | 40                   |

**Tablica 2.** Frekvencija broja dana između dva sakupljanja ulova iz feromonskih klopki

Table 2 Frequency of the number of days between two catches collection from pheromone traps

| Broj dana | Frekvencija |
|-----------|-------------|
| 5         | 1 (4%)      |
| 6         | 1 (4%)      |
| 7         | 12 (46%)    |
| 8         | 3 (11%)     |
| 9         | 2 (8%)      |
| 10        | 2 (8%)      |
| 11        | 0           |
| 12        | 0           |
| 13        | 0           |
| 14        | 4 (15%)     |
| 22        | 1 (4%)      |

čina se mijenjala u razdoblju u vremenskim razmacima kada se sakupljao ulov.

Sve vrste klopki korištene u pokusima su navedene u Tablici 1, a uhvaćene jedinke u klopama stavljene su prilikom sakupljanja u etanol (70 %) i spremljene u bočice, radi očuvanja uzoraka i daljnje laboratorijske analize.

Sve klopke i feromoni postavljeni su 23.3.2019. godine, a prvo sakupljanje obavljeno je 30.3.2019. Ukupno je obavljeno 26 sakupljanja kroz godinu, sve do 7.11.2019. nakon čega nije više bilo ulova.

Nakon što su postavljene sve klopke na za to posebno dizajniranim željeznim stupovima koji su zabijani u tlo, postavljeni su feromonski pripravci sukladno predviđenom planu (Slika 1.). Potkornjaci ulovljeni u klopke sakupljali su se u plastične posudice s poklopcem na kojem se ispisala lokacija, vrsta klopke i datum, kako bi se u kasnijoj laboratorijskoj obradi ispravno zabilježilo.

Klopke su se praznile u pravilu svakih 7 dana (46%), ali su iznimke bile u nekoliko navrata. Najmanji razmak bio je 5 dana, a najveći razmak dogodio se u rujnu/listopadu (13.9.-7.10.) kada je između sakupljanja ulova bilo 3 tjedna (Tablica 2). Ipak najveći broj podataka nalazi se između 5 i 10 dana (81%) (Tablica 2), što je s obzirom na relevantnost podataka zadovoljavajuće.

Analiza ulova iz feromonskih klopki napravljena je u laboratoriju za entomološka ispitivanja Hrvatskog šumarskog instituta (Jastrebarsko). Kukci su prvo razvrstavani po taksonomskim kategorijama i osušeni kako bi se olakšalo brojanje. Po taksonomskim kategorijama kukci su identificirani prema dostupnim morfološkim ključevima (za potkornjake - Pfeffer 1995). Brojanje razvrstanih ulova odrađeno je ručno.

Druga važna metoda za utvrđivanja broja potkornjaka u uzorku je razvijena u okviru ovog projekta. Potkornjaci su držani u 70% etanolu do zasićenja. Izdvojeni su svi veći kukci npr. strizibube, jednakokrilci i prirodni neprijatelji *T. caerulea* i *T. formicarius*. Isti su izdvojeni u posebne petrijeve posudice te ručno izbrojeni.

Sadržaj kutijica, nakon što su izdvojeni neciljani ulovi, je prosipao kroz sito veličine oko 1mm te je odmah premješten u petrijevu posudicu i vagan analitičkom vagom Sartorius, BD ED 100 (ATL 224-I) točnosti 0,0001 g i to za svaku posudicu, odnosno datum i poziciju klopke posebno.

Kako bi se evaluirala točnost vaganja i odredio broj potkornjaka 50 kutijica je izdvojeno po principu slučajnosti te su vagani, a zatim su isti i ručno izbrojeni te uspoređivani s brojem dobivenim vaganjem. T-testom je dokazana točnost navedene metode te se podaci mogu smatrati vjerodostojnim.

Vaganjem je utvrđeno kako je u 1g oko 153 alkoholom zasićenih potkornjaka. Vaganje je obavljeno uvijek kada je bilo više od 200 potkornjaka u uzorku. Kada ih nije bilo 200, brojanje je obavljeno ručno.

Istraživanje efikasnosti kombinacija metoda postavljanja klopki i feromonskih pripravaka provedeno je tijekom 2019. godine s ciljem dolaska do odgovora na niz pitanja vezanih za optimalnu primjenu pripravaka i klopki. Postavljanjem više paralelnih pokusa radi usporedbe vrsta i dizajna klopki, traženi su odgovori na sljedeća pitanja:

- postoji li razlika u feromonskim pripravcima Erosowit (E) i Pheroprax (P);
- postoji li razlika u ulovima s obzirom na sustav postavljanja klopaka (Triplet (TP) usporedno sa NBK (T));
- postoji li razlika u ulovima s obzirom na način zarobljavanja potkornjaka u posudama („mokra“ (M) vs. „suha“ (S));

**Tablica 3.** Deskriptiva i rezultati parametarskih testova između ulova sa feromonskim pripravkom Pheroprax (P) i Erosowit (E). Testovi sa statistički značajnim rezultatom su istaknuti.

**Table 3** Descriptive and parameter test results between catches with the pheromone preparation Pheroprax (P) and Erosowit (E). Tests with statistically significant results are highlighted.

| Varijable<br>Variable | Broj opažanja<br>Observations | Minimum | Maximum   | Mean    | Std. deviation | t-test<br>[df]<br>p | F-test<br>[df]<br>p |
|-----------------------|-------------------------------|---------|-----------|---------|----------------|---------------------|---------------------|
| P                     | 130                           | 0,000   | 5142,000  | 443,185 | 795,826        | -2,282<br>[129,129] | 0,299<br>[129,129]  |
| E                     | 130                           | 0,000   | 10134,000 | 775,092 | 1454,537       | 0,012               | <0,0001             |

iv) postoji li razlika u selektivnosti (Erosowit vs. Pheroprax; te „mokra“ (M) usporedno sa „suhom“ (S));

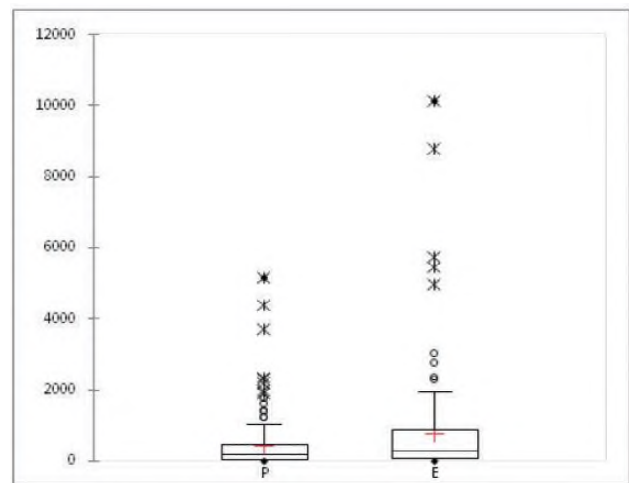
v) postoji li razlika u ulovima klopki između godine sakupljanja 2018. i 2019. godine.

Utvrđivanje signifikantnosti razlika u iznosima ulova između parova kombinacija upotrijebljenih metoda i feromonskih pripravaka provedeno je parametarskim statističkim testovima odstupanja srednjih vrijednosti i rasipanja podataka.

## REZULTATI RESULTS

Razlika u ulovima između pripravaka Erosowit i Pheroprax – *Catch differences between Erosowit and Pheroprax*

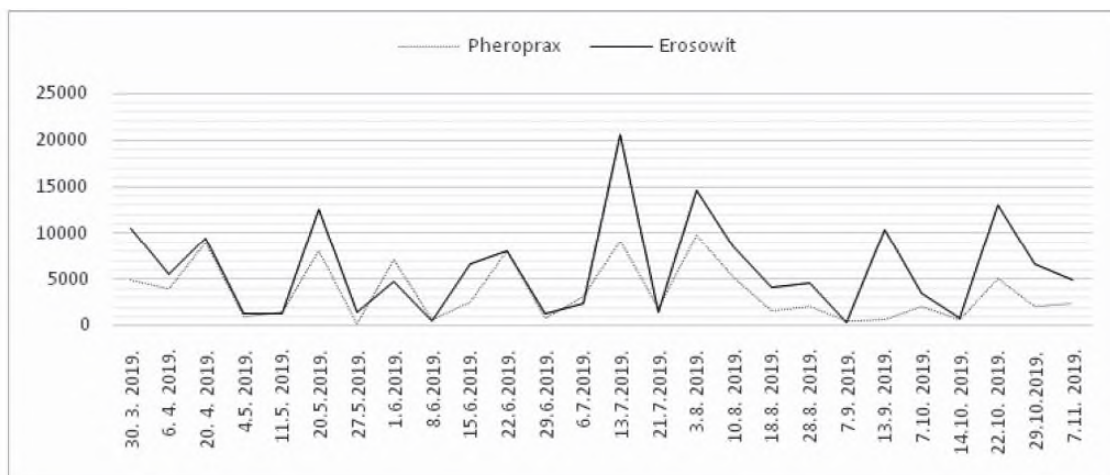
Usporedbom ulova dviju vrsta feromonskih pripravaka ukupno je u 5 klopki ulovljeno 57.614 jedinki mediteranskog potkornjaka (36,4%) sa feromonom Pheroprax, te 100.762 (63,6%) jedinki sa Erosowitom. Utvrđeno je kako postoji signifikantna razlika u količini ulova, te su se ulovi razlikovali kroz cijelu godinu (Tablica 3, Slika 9).



**Slika 9.** Box-Whiskers dijagram distribucije veličina ulova sa feromonskim pripravkom Pheroprax (P) i Erosowit (E). Parametarskim testom utvrđene su statistički značajno veće srednje vrijednosti ulova i varijabilnost u veličini ulova sa feromonom Erosowit.

**Figure 9** Box-Whiskers catch size distribution diagram for pheromone preparation Pheroprax (P) and Erosowit (E). The parametric test found statistically significantly higher mean values of the catch and variability in size of the catch with the Erosowit pheromone.

Najveći ulov Pheropraxom zabilježen je 3.8. kada je prosječno ulovljeno 1.678 jedinki mediteranskog potkornjaka



**Slika 10.** Usporedba prosječnih ulova potkornjaka *Orthotomicus erosus* u klopama sa pripravkom Pheroprax i Erosowit.

**Figure 10** Comparison of the average catch of bark beetle *Orthotomicus erosus* in traps with preparation Pheroprax and Erosowit

**Tablica 4.** Deskriptiva i rezultati parametarskih testova između sustava Triplet (TP) i pojedinačne NBK (T). Testovi sa statistički značajnim rezultatom su istaknuti.

**Table 4** Descriptive and parameter test results between Triplet system (TP) and single flight barrier trap (T). Tests with statistically significant results are highlighted.

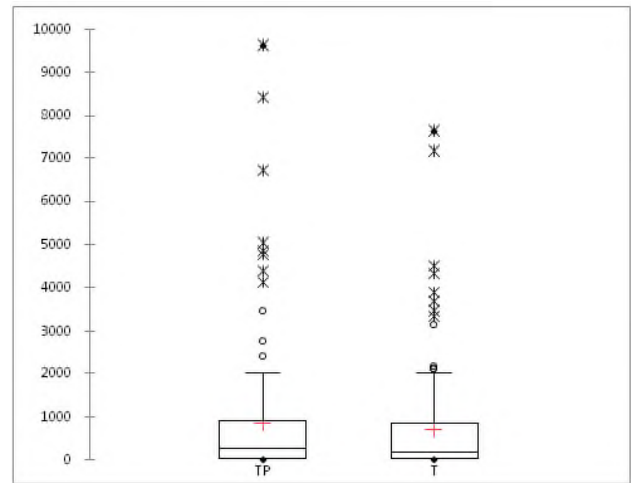
| Varijabla<br>Variable | Broj opažanja<br>Observations | Minimum | Maximum  | Mean    | Std. deviation | t-test<br>[df]<br>p | F-test<br>[df]<br>P |
|-----------------------|-------------------------------|---------|----------|---------|----------------|---------------------|---------------------|
| TP                    | 130                           | 0,000   | 9610,000 | 856,592 | 1540,067       | 0,805<br>[129,129]  | 1,498<br>[129,129]  |
| T                     | 130                           | 0,000   | 7632,000 | 716,123 | 1258,461       | 0,421               | 0,023               |

po klopki, dok je Erosowitom najviše ulovljeno 13.7. kada je bilo 4.294 jedinke potkornjaka po klopki (Tablica 3). Prosječno je Pheropraxom po klopki kroz čitavo razdoblje sakupljanja ulovljeno 443, a Erosowitom 775 jedinki mediteranskog potkornjaka. Najveći broj ulovljenih jedinki u jednoj Pheroprax klopki zabilježen je 22.6. kada je ulovljeno 5.142 jedinke mediteranskog potkornjaka, a najveći broj u jednoj Erosowit klopki zabilježen je 29.6. kada je ulovljeno 10.134 jedinke mediteranskog potkornjaka (Slika 10).

#### Razlika u ulovima između sustava klopki Triplet i pojedinačne naletno barijerne klopke – *Catch differences between traps in system Triplet and single trap*

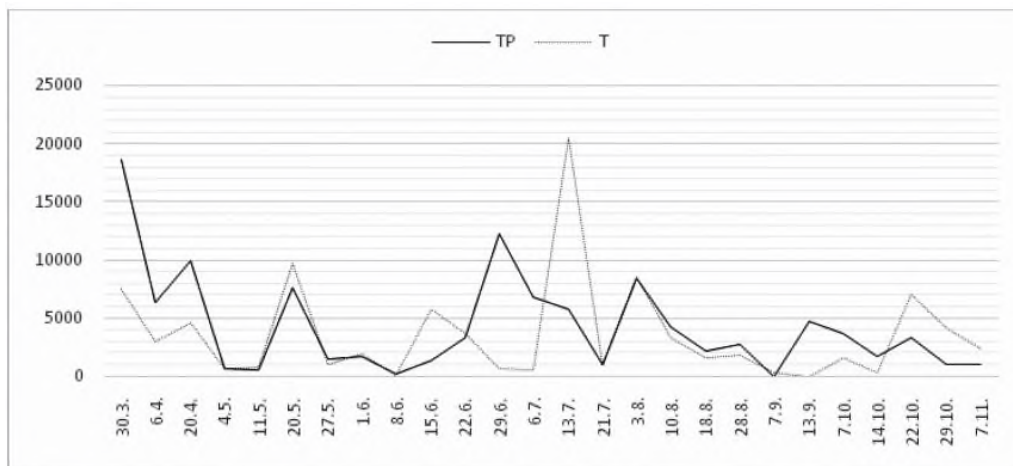
Usporedbom ulova dviju vrsta feromonskih pripravaka ukupno je u 5 klopki ulovljeno 111.357 jedinki (54,5%) sa Triplet sustavom, te 93.096 (45,5%) jedinki sa NBK. Srednje vrijednosti ulova između dvaju modela postavljanja klopki nisu se statistički značajno razlikovali, iako je model postave u triplet imao značajno veću varijabilnost u veličini ulova (Tablica 4).

Najveći ulov sustavom Triplet zabilježen je 30.3. kada je prosječno ulovljeno 3.728 jedinki mediteranskog potkor-



**Slika 11.** Box-Whiskers dijagram distribucije veličina ulova između modela postavljanja klopki u Triplet (TP) i pojedinačne NBK (T). Parametarskim testovima utvrđeno je da nema statistički značajne razlike u srednjim vrijednostima ulova dok je varijabilnost u veličini ulova značajno veća sa modelom postave u Triplet.

**Figure 11** Box-Whiskers catch size distribution diagram between the trap system Triplet (TP) and single flight barrier trap (T). Parametric tests found that there is no statistically significant difference in the mean values of the catch, while variability in size of the catch was significantly higher with the trap system Triplet.



**Slika 12.** Usporedba prosječnih ulova potkornjaka *Orthotomicus erosus* u tri sustava feromonskih klopki; TP-Triplet, T- pojedinačna klopka

**Figure 12** Comparison of the average catch of bark beetle *Orthotomicus erosus* in two pheromone trap systems; TP- Triplet, T- single trap

**Tablica 5.** Deskriptiva i rezultati parametarskih testova između sustava klopke sa posudom za mokri ulov i suhi ulov. Testovi sa statistički značajnim rezultatom su istaknuti.

**Table 5** Descriptive and parameter test results between trap system with vessel for wet catch and dry catch. Tests with statistically significant results are highlighted.

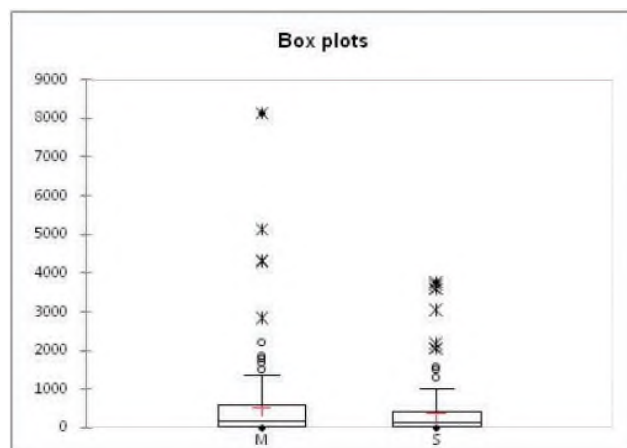
| Varijabla<br>Variable | Broj opažanja<br>Observations | Minimum | Maximum  | Mean    | Std. deviation | t-test<br>[df]<br>p | F-test<br>[df]<br>P |
|-----------------------|-------------------------------|---------|----------|---------|----------------|---------------------|---------------------|
| M                     | 130                           | 0,000   | 8144,000 | 522,600 | 1057,496       | 1,166<br>[129,129]  | 1,991<br>[129,129]  |
| S                     | 130                           | 0,000   | 3772,000 | 390,062 | 749,515        | 0,245               | <0,0001             |

njaka po klopki (Tablica 3). Prosječno je Tripletom po klopki kroz čitavo razdoblje sakupljanja ulovljeno 856 jedinki. Najveći broj ulovljenih jedinki u jednoj Triplet klopki zabilježen je 29.6. kada je ulovljeno 9.610 jedinki mediteranskog potkornjaka (Slika 11).

#### Razlika u ulovima „moke“ i „suhe“ klopke – *Catch differences between „wet“ and „dry“ traps*

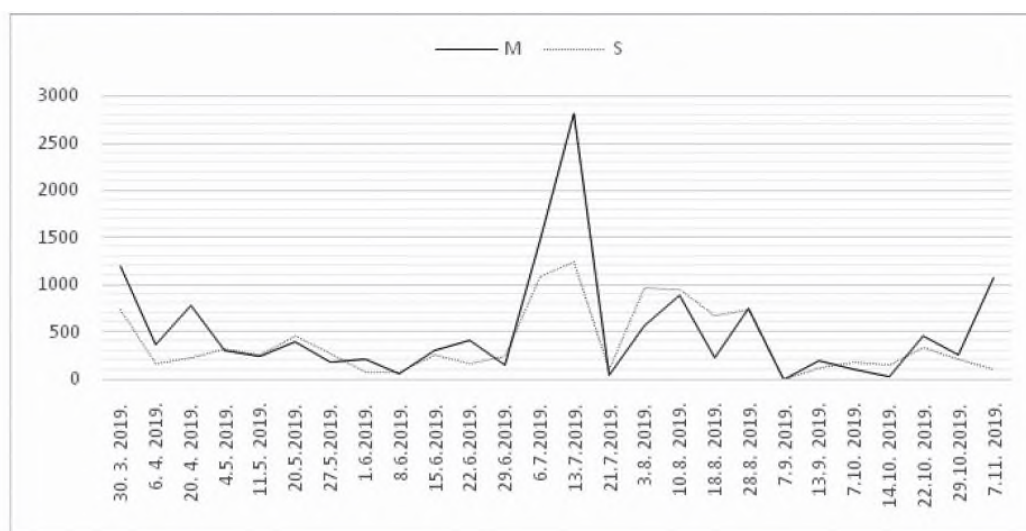
Usporedbom ulova dviju vrsta feromonskih pripravaka ukupno je u 5 klopki ulovljeno 67.938 jedinki (57,3%) sa mokrom NBK, te 50.708 jedinki (42,7%) sa suhom NBK. Srednje vrijednosti ulova između dvaju modela postavljanja klopki nisu se statistički značajno razlikovali, iako je model postave sa posudom za mokri ulov imao značajno veću varijabilnost u veličini ulova (Tablica 5).

Najveći ulov mokrom NBK zabilježen je 13.7. kada je prosječno ulovljeno 2.815 jedinki mediteranskog potkornjaka po klopki, dok je suhom NBK najveći ulov bio 3.8. kada je bilo 3.772 jedinke potkornjaka po klopki (Tablica 3). Prosječno je mokrom NBK po klopki kroz čitavo razdoblje sakupljanja ulovljeno 522, a suhom NBK 390 jedinki mediteranskog potkornjaka (Slika 14).



**Slika 13.** Box-Whiskers dijagram distribucije veličina ulova između modela postavljanja klopki sa posudom za mokri ulov (M) i posudom za suhi ulov (S). Parametarskim testovima utvrđeno je da nema statistički značajne razlike u srednjim vrijednostima ulova dok je varijabilnost u veličini ulova značajno veća sa posudom za mokri ulov.

**Figure 13** Box-Whiskers catch size distribution diagram between the trap system with wet catch (M) and dry catch (S). Parametric tests found that there is no statistically significant difference in the mean values of the catch, while variability in size of the catch was significantly higher with the wet catching vessel.



**Slika 14.** Usporedba prosječnih ulova potkornjaka *Orthotomicus erosus* u mokroj (M) odnosno suhoj (S) naletnoj barijernoj klopki.

**Figure 14** Comparison of the average catch of bark beetle *Orthotomicus erosus* in wet (M) and dry (S) flight barrier trap



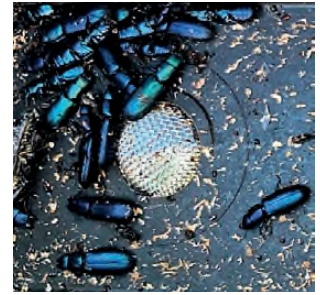
**Slika 15.** Larva predatorske vrste *Thanasisimus formicarius*  
**Figure 15** Larva of the predatory species *Thanasisimus formicarius*



**Slika 16.** Imago predatorske vrste *Thanasisimus formicarius*  
**Figure 16** Imago of the predatory species *Thanasisimus formicarius*



**Slika 17.** Larva predatorske vrste *Temnochila caerulea*  
**Figure 17** Larva of the predatory species *Temnochila caerulea*



**Slika 18.** Imago predatorske vrste *Temnochila caerulea*  
**Figure 18** Imago of the predatory species *Temnochila caerulea*

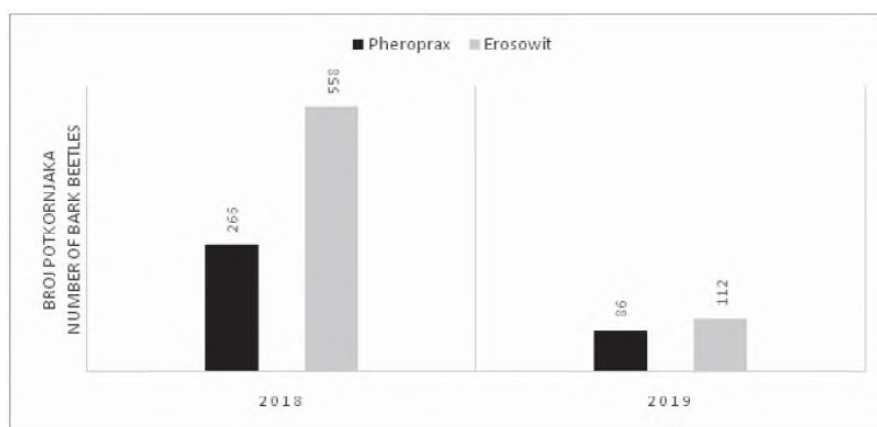
### Selektivnost feromonskih klopki – *Selectivity of pheromone traps*

U ovom istraživanju referirali smo se na predatore *T. formicarius*, koji se hrani potkornjacima kao imago i kao ličinka (Slika 15 i 16), te na *T. caerulea* (Slika 17 i 18), najvažniju vrstu koja se najčešće nalazi u feromonskim klopama.

Oba nabrojana predatora vrlo su česta i nalaze se u ulovima feromonskih klopki. Važan predator *Aulonium ruficorne* Olivier (Coleoptera, Zopheridae) iznenađujuće je bila u vrlo malim količinama u ulovima. Poznavanje predatora važno je kako bi se prilikom sakupljanja ulova izbacili natrag u prirodu, te tako imali pozitivan učinak na smanjenje populacija potkornjaka.

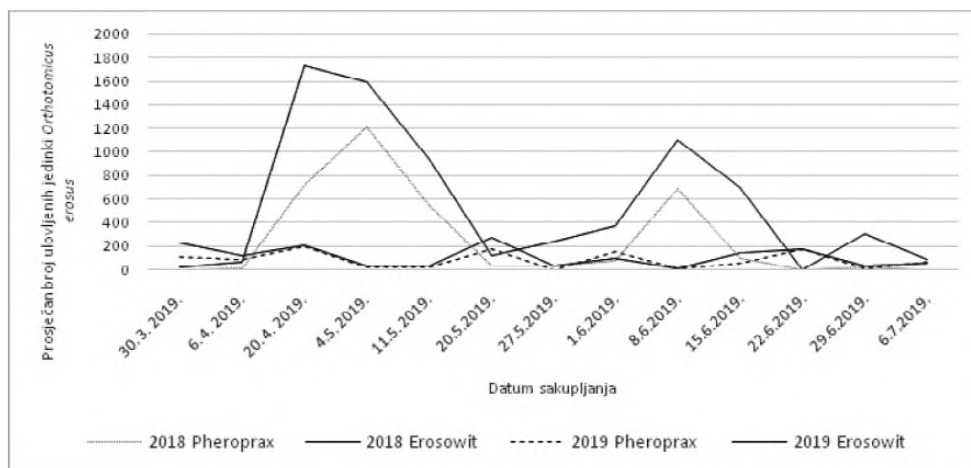
**Tablica 6.** Razlike u ulovima predatora *Temnochila caerulea* i *Thanasisimus formicarius* između različitih tipova feromonskih klopki  
**Table 6** Differences in catches of *Temnochila caerulea* and *Thanasisimus formicarius* predators between different types of pheromone traps

| Klopka/feromon | Broj ulova <i>Thanasisimus formicarius</i><br>Number of <i>Thanasisimus formicarius</i> catches | Broj ulova <i>Temnochila caerulea</i><br>Number of <i>Temnochila caerulea</i> catches | Prosječan ulov predatora po klopki i sakupljanju<br>Average catch of predators pro trap and collection |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NBK            | 37                                                                                              | 1.546                                                                                 | 11                                                                                                     |
| PHEROPRAX      |                                                                                                 |                                                                                       |                                                                                                        |
| NBK            |                                                                                                 |                                                                                       |                                                                                                        |
| EROSOWIT       |                                                                                                 |                                                                                       |                                                                                                        |
| TRIPLET        | 522                                                                                             | 1200                                                                                  | 9                                                                                                      |
| EROSOWIT       |                                                                                                 |                                                                                       |                                                                                                        |
| NBK MOKRA      |                                                                                                 |                                                                                       |                                                                                                        |
| PHEROPRAX      | 27                                                                                              | 2.985                                                                                 | 23                                                                                                     |
| PHEROPRAX      |                                                                                                 |                                                                                       |                                                                                                        |



**Slika 19.** Ukupni prosječni ulovi jedinki *Orthotomicus erosus* u feromonskim klopama u 2018. i 2019. godini (od 30.3. do 6.7.)

**Figure 19** Total average of catches of *Orthotomicus erosus* in pheromone traps in 2018 and 2019 (from 30.3. to 6.7.)



**Slika 20.** Prosječni ulovi potkornjaka *Orthotomicus erosus* u feromonskim klopka kroz razdoblje lovljenja u 2018. i 2019. godini (od 30.3. do 6.7.)  
**Figure 20** Average catches of bark beetle *Orthotomicus erosus* in pheromone traps through the hunting period in 2018 and 2019 (from 30.3. to 6.7.)

Dok se *T. formicarius* javio u ulovima u feromonskim klopka u zanemarivim brojkama, vrsta *T. caerulea* bila je relativno česta (Tablica 6). U klopka sa feromonima Pheroprax i Erosowit ukupno ulovljeno 64 jedinki *T. formicarius*, dok je jedinki *T. caerulea* bilo 4.531. Predator koji je obično čest u asocijaciji sa mediteranskim potkornjakom *A. ruficornis* (Mendel 1990, Sarikaya i Ibis 2016) iznimno je rijetko nađen u ulovima.

#### Razlika u ulovima 2018. i 2019. godine – Difference in catches in 2018 and 2019

Kako za 2018. godinu postoje samo podaci od 30.3. do 6.7. to je period u kojem je napravljena usporedba ulova. Uspoređene su pozicije klopke koje su bile iste i u 2018. i 2019.: 5 feromona Erosowit i 5 Pheroprax. Model klopke bio je jednostavna NBK. Sukladno rezultatu došlo je do značajnog pada broja ulova mediteranskog potkornjaka u 2019. u odnosu na 2018. godinu (Slika 19).

Prosječni ulovi u feromonskim klopka u 2018. godini bili su signifikantno veći u većini datuma sakupljanja, za Pheroprax 3 puta, a za Erosowit 5 puta veći (Slika 19 i Slika 20).

## RASPRAVA DISCUSSION

Feromonske klopke kao dio integrirane zaštite šuma služe isključivo sustavu monitoringa te daju sliku i uvid u populacijsku dinamiku potkornjaka. Iako se količina ulova u različitim tipovima klopki može bitno međusobno razlikovati ipak se vidi stanje populacije potkornjaka, što ukazuje na to da broj jedinki u ulovima nije toliko bitan. Feromonske klopke uglavnom nemaju kurativnu funkciju (Vaupel 1991). Ipak, u ulovima se želi dobiti veći broj ciljanih ku-

kaca jer se oni na taj način isključuju iz populacije. Međutim, puno je važnije kod feromonske klopke njezina selektivnost, budući da se isključivanjem predatora iz populacije onemogućuje njihov pozitivan utjecaj u prirodi (Weslien i Regnander 1992). To može ići do te krajnosti da broj predatora u ulovima bude toliko velik, da s obzirom na njihov prehrambeni potencijal radimo više štete nego koristi (Baier 1994).

Do sada korišteni feromoni i klopke za mediteranskog potkornjaka korišteni su sukladno navodima iz literature (Mendel 1988) ili iz istraživanja i osobnog iskustva stečenog u prvim godinama gradacije (Pernek 2018). Rezultati ukazuju opravdanost takvog istraživanja s obzirom na geografska područja i razlika vezanih uz to (Grosman i sur. 1997). U ovom istraživanju pratila se razlika u ulovima ciljanih kukaca (mediteranskog potkornjaka) i neciljanih (selektivnost na predatore) na temelju kojih se daju savjeti za budući monitoring. Postavljanje klopki na istom mjestu iz godine u godinu daje nam uvid u kretanje ili trendove populacije i daje prostora stručnjacima da ispravno i na vrijeme provode mjere zaštite. Prezentirani rezultati usporedbe feromona i klopki za ulov mediteranskog potkornjaka prvo je takvo istraživanje u Hrvatskoj koje treba dati neke odgovore šumarskim stručnjacima na terenu.

Erosowit je feromon koji se kroz gotovo čitavo razdoblje lovljenja pokazao boljim u odnosu na Pheroprax, imao veće ulove, ali je bio i bitno selektivniji. Time se taj feromon u kombinaciji s jednostavnom NBK pokazao kao najbolje rješenje za primjenu u praksi.

Što se tiče Triplet sustava od njega se treba očekivati da daje ulove veće od jednostavne NBK, budući da su troškovi postavljanja i sakupljanja puno veći od cijene samih klopki i feromona. Međutim Triplet je, iako neznatno, pokazao bolje ulove, ali i nešto bolju selektivnost. Stoga se i Triplet sustavi mogu preporučiti za primjenu.

Nadalje, mokra varijanta klopke pokazala se lošom jer ne donosi signifikantno veće ulove, a manje je selektivna. S obzirom na dodatne troškove klopke (adaptacija klopke, tekućina koja se mora mijenjati, sporije sakupljanje) ovaj tip klopke nije preporučljiv za primjenu.

## ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Erosowit je feromon koji pokazuje značajno bolje rezultate u ulovima i selektivnosti u odnosu na Pheroprax, te se preporuča njegova primjena.

Pheroprax nije dovoljno selektivan za mediteranskog potkornjaka te se ne preporuča za praktičnu primjenu.

Triplet klopki lovi tek nešto više od obične klopke, ali je nešto selektivniji te se u određenim uvjetima može preporučiti.

Mokre klopke ne love značajno više od obične NBK, ali su manje selektivne, a uz to manipulacija s njima zahtijeva značajno više troškova. Zbog toga se njihova primjena ne preporuča.

Najbolja feromonska klopka za praktičnu primenu je jednostavna NBK sa feromonskim pripravkom Erosowit.

U odnosu na 2018. uslijedio je značajan pad ulova u feromonskim klopkama u 2019., što ukazuje na trend smanjivanja populacije mediteranskog potkornjaka.

## ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENTS

Ovo istraživanje provedeno je u okviru projekta „Suzbijanje i monitoring mediteranskog potkornjaka u Park šumi Marjan“ financirano od JU Park šume Marjan. Zahvaljujemo se svim djelatnicima Park šume Marjan na pomoći oko provedbe projekta (naročito ravnatelju Damiru Grubšiću). Posebno hvala dugujemo prof.dr.sc. Mirku Ruščiću (Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu) koji je sakupio većinu ulova na terenu. Zahvaljujemo se svim suradnicima iz Hrvatskog šumarskog instituta koji su doprinijeli terenskim i laboratorijskim radovima (Blaženka Ercegovic, Nikola Zorić, Ivana Mihaljević, Dubravko Perez, Zlatko Huljina, Ivan Lukić, Zvonimir Vujnović).

## LITERATURA REFERENCES

- Bakke, A., P. Froyen, L. Skattebol, 1977: Field response to a new pheromonal compound isolated from *Ips typographus*. *Naturwissenschaften*, 64: 98-99
- Battisti, A., S. Larsson, 2015: Climate change and insect distribution range, U: C. Björkman, P. Niemelä (ur.), *Climate change and insect pests*, 1-16, CABI Climate Change Series, 7
- Baier, P. 1994: Untersuchungen zur abundanzdynamischen Relevanz der Beifänge von *Nemosoma elongatum* L. (Col., Ostomidae), U: *Chalcoprax beködeten Flugbarrieren für Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae), *Z. Ang. Ent.*, 117: 51-57
- Ben Jamaa, M.L., F. Lieutier, A. Yart, A. Jerraya, M.L. Khouja, 2007: The virulence of phytopathogenic fungi associated with the bark beetles *Tomicus piniperda* and *Orthotomicus erosus* in Tunisia, *Forest Pathology*, 37(1): 51-33
- Etchebeste, I., G. Álvarez, G. Pérez, J. Pajares, 2012: Field response of the six-toothed pine bark beetle, *Ips sexdentatus* (Col.: Curculionidae, Scolytinae), to pheromonal blend candidates. *Journal of Applied Entomology*, 136: 431-444
- Grosmann D.M., S.M. Salon, F.W. Rowlin, R.W. Young, 1997: Geographic and gender differences in semiochemicals in emerging adult southern pine beetle (Coleoptera, Scolytidae). *Ann. Ent. Soc. of America*, 90: 438-446.
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri, L.A. Meyer (ur.)], IPCC, pp 151, Geneva, Switzerland
- Maceljiski, M., M. Ušćuplić, B. Cvjetković, Đ. Krnjaić, 1983: Integralna zaštita, *Jugoslovensko savjetovanje o primjeni pesticida*, *Zbornik radova*, 677-712, Neum
- Martin A., I. Etchebeste, G. Perez, G. Alvarez, E. Sanchez, J. Pajares, 2013: Modified pheromone traps help reduce bycatch of bark-beetle natural enemies, *Agricultural and Forest Entomology* 15(1): 86-97
- Mendel, Z., 1988: Attraction of *Orthotomicus erosus* and *Pityogenes calcaratus* to a synthetic aggregation pheromone of *Ips typographus*, *Phytoparasitica*, 16: 109-117
- Niemeyer, H., 1985: Field response of *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) to different trap structures and white versus black flight barriers, *Z. Ang. Ent.*, 99: 44-51
- Nierhaus-Wunderwald, D., 1993: Die natürlichen Gegenspieler der Borkenkäfer, *Wald und Holz*, 1/93: 8-14.
- Mendel, Z., Podoler, H. and Livne, H. 1990: Interactions between *Aulonum ruficornis* (Coleoptera: Colydiidae) and other natural enemies of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Entomophaga* 35, 99-105.
- Pajares, J.A., F. Ibeas, J.J. Diez, D. Gallego, 2004: Attractive responses by *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae) to host and bark beetle semiochemicals, *Journal of Applied Entomology*, 128(9-10): 633-638
- Pavlin, R., 1991: Problem selektivnosti sintetičnih feromonov, *Zbornik lesarstva*, 38: 126-160
- Pernek, M., 2000: Feromonska klopka i njihova uloga u integralnoj zaštiti šuma od smrekinih potkornjaka, *Radovi, Jastrebarsko*
- Pernek, M., B. Hrašovec, M. Županić, 2003: Beetle fauna captured in traps baited with *Tomicus piniperda* pheromone blends in a pine stand in central Croatia, U: M.L. McManus, A.M. Liebhold (ur.), *Gen. Tech. Rep. NE-311*, Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern research Station Newton Square, Pennsylvania, USA: USDA Forest Service, 87-89
- Pernek, M., 2018: Sušenje borova u Park šumi Marjan sa mjerama integrirane zaštite šuma za sprječavanje širenja i suzbijanje mediteranskog potkornjaka *Orthotomicus erosus* (Woll.), *Elaborat*, 83 str.

- Pernek, M., N. Lacković, 2011: Uloga jelovih krivozubih potkornjaka u sušenju jele i mogućnosti primjene feromonskih klopki za njihov monitoring, Šumarski list, 13: 114-121
- 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, 7-8: 343-354
- Pernek, M., N. Lacković, I. Lukić, N. Zorić, D. Matošević, 2019: Outbreak of *Orthotomicus erosus* (Coleoptera, Curculionidae) on Aleppo Pine in the Mediterranean Region in Croatia, SEE-FOR-South-east European forestry, 10(1): 19-27
- Pfeffer, A., 1995: Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer, Naturhistorisches Museum Basel, 309, Basel
- Rando, R.M., 2011: Studio de las curvas de vuelo de *Ips sexdentatus* y de sus principales predadores en diversos montes de la provincia de Teruel en 2008 y 2009, Universidad Politecnica de Valencia, 92 str.
- Sarikaya, O., H.M. Ibis, 2016: Predatory species of bark beetles in the pine forests of Izmir Region in Turkey with new records for Turkish fauna. Egyptian Journal of Biological Pest Control 26, 651-656.
- Schroeder, L.M., 2003: Differences in response to  $\alpha$ -pinene and ethanol, and flight periods between the bark beetle predators *Thanasimus femoralis* and *T. formicarius* (Col.: Cleridae), For. Ecol. Manag, 177: 301–311
- Vaupel, O., 1991: Möglichkeiten der Verminderung von Borkenkäferschäden durch die Anwendung von Pheromonfallen, U: Kolloquium über die Borkenkäfer-Gefahren nach Sturmschäden, Möglichkeiten und Grenzen einer integrierten Bekämpfung, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, 80-83
- Wermelinger, B., 2002: Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col., Scolytidae) infestation, J. Appl. Entomol., 126: 521-527
- Weslien, J., J. Regnander, 1992: The influence of natural enemies on brood production in *Ips typographus* (Col., Scolytidae) with special reference to egg-laying and predation by *Thanasimus formicarius* (Col., Cleridae), Entomophaga, 37: 333-342

## SUMMARY

In the Aleppo pine forests at the Croatian Mediterranean in 2017, a Mediterranean bark beetle (*Orthotomicus erosus*) appeared in population densities that had not been recorded before and until then was not considered a significant pest in that area. Natural enemies are not able to follow a sudden increase of the bark beetle population, which results in rapid increase of drying trees. As a part of the suppression of the Mediterranean bark beetle in 2018, pheromone traps have been installed in Croatia for monitoring purposes. Although there are multiple options for applying different types of traps and pheromone preparations for the Mediterranean bark beetle, so far the differences in catches of different types of traps and their selectivity have not been investigated. In 2019, 40 pheromone traps were placed in the Forest Park Marjan (Split) on 196 ha of forest area. A pairs of pheromone preparations Pheroprax and Erosowit were compared, a system of three traps (Triplet) with a single flight barrier trap as well as the modified wet flight barrier trap with a regular flight barrier trap. In addition to the average number of catches in pheromone traps, particular attention was given to selectivity. Two predator species *Tanasimus formicarius* and *Temnochila caerulea* were found in traps, with *T. formicarius* in insignificant quantities relative to *T. caerulea*. The results indicate that Erosowit exhibits significantly higher catches compared to Pheroprax and is significantly more selective. Pheroprax has a very high catches of *T. caerulea* predators and is not recommended for practical use. The Triplet had only slightly better catches compared to the single flight barrier trap, but also showed slightly better selectivity. The Triplet did not show the expected effect due to the amount of the catch, which was slightly higher than in the single trap, but not significantly in order to recommend their use. The wet flight barrier trap turned out not to be satisfactory as it does not produce significantly higher catches than a regular flight barrier trap, and is twice less selective. Given the additional costs (trap adaptation, fluid that needs to be changed, slower collection), this trap type is not recommended for use. Comparing the results of the catch in 2019, the number of bark beetles was found to be almost 5 times lower than in 2018.

**KEY WORDS:** *Pinus halepensis*, Erosowit, Pheroprax, *Taemnochila caerulea*, *Thanasimus formicarius*, climate changes.

# INTERRELATIONS OF VARIOUS TREE VITALITY INDICATORS AND THEIR REACTION TO CLIMATIC CONDITIONS ON A EUROPEAN BEECH (*Fagus sylvatica* L.) PLOT

## MEĐUOVISNOST RAZLIČITIH INDIKATORA VITALITETA STABALA I NJIHOV ODZIV NA KLIMATSKE UVJETE NA PLOHI OBIČNE BUKVE (*Fagus sylvatica* L.)

Mladen OGNJENović<sup>1</sup>, Tom LEVANIČ<sup>2</sup>, Nenad POTOČIĆ<sup>1</sup>, Damir UGARKOVIĆ<sup>3</sup>, Krunoslav INDIR<sup>1</sup>, Ivan SELETKOVIĆ<sup>1</sup>

### SUMMARY

Interrelations of various common beech vitality indicators (crown defoliation, foliar chemistry, radial growth) as well as their possible dependencies on climatic conditions were investigated over the course of 12 years in a mature and healthy beech stand. Our results confirm the importance of temperature variables for defoliation, as high temperatures during spring and summer months induce the increase of defoliation. The same negative influence was observed with high maximum temperatures and low precipitation during previous year summer months. Phosphorus, calcium and magnesium nutrition of beech trees suffers from high temperatures during current year summer and benefits from more precipitation. High temperatures in current year May positively influence beech radial growth, while a wide range of minimum temperatures during March and June has a negative effect. In summary, high summer temperatures and low precipitation were shown to have a negative effect on all vitality indicators, and for defoliation and nutrition this effect can last into the following year.

**KEY WORDS:** defoliation; foliar nutrition; radial growth; drought; vitality

### INTRODUCTION

#### UVOD

The dieback of trees can be complex in its nature, therefore the reasons for the deterioration in the vitality of certain species or stands can be found in specific interactions of stress factors. A common feature of stress impact is the uneconomical use of nutrients and water, leading to alterations in storage patterns in trees, soils and on the ecosystem level

(Augustin and Andreae, 1998). At the tree level, this is usually described as decline or dieback processes, influencing tree condition or vitality, which can be assessed through the use of tree vitality indicators such as defoliation, increment, or foliar nutrition.

European beech (*Fagus sylvatica* L.) is a dominant broad-leaved tree species in European forests, and on the Medvednica massif. Although common beech is a tree species

<sup>1</sup> Mladen Ognjenović, mag. ing. silv., dr. sc. Nenad Potočić, dr. sc. Krunoslav Indir, dr. sc. Ivan Seletković, Croatian Forest Research Institute, Jastrebarsko, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko Croatia

<sup>2</sup> Prof. dr. sc. Tom Levanič, Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenia

<sup>3</sup> Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković, University of Zagreb, Faculty of Forestry, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia

\*Nenad Potočić, [nenadp@sumins.hr](mailto:nenadp@sumins.hr), Croatian Forest Research Institute, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko, Croatia

adapted to various conditions, it grows best in areas marked by moderately warm summers and high amount of precipitation (Seletković et al., 2003a).

Climate change and other global changes are supposed to greatly influence the forest ecosystems in Europe (Askeyev et al., 2005, Kellomaki and Leinonen, 2005, de Vries et al., 2014). The forested area is expected to expand to the north and contract in the south (IPCC, 2007). Climatic conditions, especially extreme climatic events such as drought are regarded as critical in the process of forest tree decline, as they govern the water relations (Zierl, 2004). Direct effects of climate change include responses of vegetation to temperature and/or precipitation; indirect effects occur primarily as soil-mediated phenomena, such as the influence of precipitation on soil moisture regimes (Watson et al., 1998).

Defoliation is a non-specific symptom of tree vitality widely used in forest practice (Polák et al., 2006) and forest health monitoring, most notably the UNECE International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests), a pan European forest monitoring program. Dobbartin and Brang (2001) demonstrate that tree defoliation assessed in 5% steps is a useful parameter to predict year-to-year tree mortality. Typically, the defoliation of trees will change from year to year and will rise sharply under heavy stress (such as drought), often not in the same, but the following year (Potočić et al., 2018). Trees are also known to be able to recover from leaf loss, the interval for the return to pre-stress values depending as much on the environmental conditions as on the tree species (Prpić and Seletković, 1992, Potočić et al., 2008).

The cycling and uptake of nutrients have been shown to be critical processes for the health of a forest ecosystem. It is clearly evident from previous research that nutrition has a profound multifarious influence on the vitality of trees (Hallenbarter et al., 1999). Loss of nutrients from the system, disruption of nutrient cycling and uptake, or imbalances in nutrient status may be associated with declines in forest productivity and stability (Nilsson et al., 1995).

Trees respond to environmental stresses, among others, with increment decrease (Dobbartin, 2005). Growth reduction is a consequence of a reduced photosynthetic activity due to limitations in the environment and result in altered carbon allocation. In extreme situations, such as long lasting drought, growth reduction can lead to mortality (McDowell et al., 2011). Radial increment is sensitive to environmental conditions and local and/or regional climate (Fritts, 1976) and as such it can be used as an indicator of tree vitality.

Landmann et al. (1995) consider the results of various research dealing with tree decline lacking as they concentrate only on stands exhibiting great loss of vitality. As with any other influence on a forest ecosystem, climatic change

would have a stronger impact on a previously stressed forest stand exhibiting poor vitality than on a forest growing in near-optimal conditions. On the other hand, climate change might have a bigger economic impact on optimal sites than on extreme, less fertile sites. Therefore, it is crucial for practical silviculture and forest management to be aware of the potential reaction of beech to climate change in order to plan mitigation measures to preserve the economic value of beech forests. Furthermore, in contrast with data from large-scale monitoring, case studies are able to provide more data from a limited area, therefore more precisely showing the ecosystem response to a specific set of climatic factors present in the research area (Seletković et al., 2009).

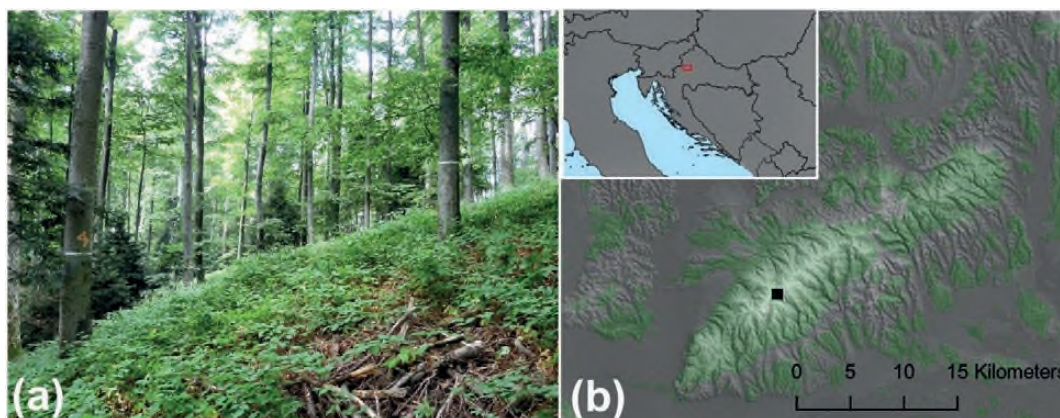
We hypothesise that climate has a significant influence on common beech vitality indicators (crown defoliation, foliar nutrition and radial growth). Higher temperatures and lower precipitation as well as extreme climate events should result in higher defoliation values and reduced growth. Climate influences the absorption of nutrients, as well as physiological processes within the tree and therefore the effect should be observed on the nutritional status of beech trees. We also expect that it is possible to observe the interconnections between these vitality indicators. Therefore, the aims of this paper are to (i) investigate the interrelations of common beech vitality indicators as well as their (ii) dependencies on climatic conditions in a mature and healthy beech stand.

## MATERIAL AND METHODS

### MATERIJAL I METODE

#### Research area – *Područje istraživanja*

Intensive monitoring plot Sljeme, a part of ICP Forests Level II programme (plot number 103) is situated in a European beech - silver fir (*Abies alba* Mill.) community (*Festuco drymeiae* – *Abietetum* Vukelić et Baričević 2007), at 954 m altitude on a south-exposed slope of Medvednica massif, located in the northwest Croatia (Figure 1). The plot is 1 ha (100 x 100 m) in size. Soil type is dystric umbric cambisol on greenschist parent rock (Potočić et al., 2003). The plot is also a part of UNESCO's Man and the Biosphere Programme (since 1981), when all forest management operations were stopped. The western part of the Pannonian area of Croatia is encompassed by the climate type Cfbwx" according to Koeppen's classification (Šegota and Filipčić, 2017). For this climate type precipitation should occur uniformly throughout the year, with the smallest amount in winter, and precipitation maximums occurring in spring and late summer. According to modelled climate data from E-OBS gridded dataset (Haylock et al., 2008) for the period (1950 - 2007), annual mean temperature for our research plot was 10.8 °C, and annual precipitation was 929.6 mm.



**Figure 1.** Location of the study site. Photograph of a European beech - silver fir community (a). Positions of the intensive monitoring plot (black square) and forest areas (shaded polygon) (b).

**Slika 1.** Lokacija istraživačke plohe. Fotografija sastojine obične bukve te obične jele (a). Položaj plohe intenzivnog motrenja (crni kvadrat) i šumskog područja (osjenčani poligon) (b).

### Meteorological data – *Meteorološki podaci*

We used climate data from E-OBS gridded dataset (Haylock et al., 2008). Values were extracted using R statistical environment (R Core Team, 2016) with “raster” (Hijmans, 2016) and “rgdal” (Bivand et al., 2017) packages. From the daily dataset we calculated mean monthly temperature (mt), mean monthly minimum temperature (min\_m), mean monthly maximum temperature (max\_m), absolute monthly minimum temperature (min\_a), absolute monthly maximum temperature (max\_a), and monthly sum of precipitation (pr). Furthermore, we calculated the quantile range of the central 90% region (0.95–0.05 quantile) of monthly maximum and minimum temperatures (max\_Q and min\_Q) to investigate the influence of extreme temperature variability on vitality indicators, our assumption being that increased variability of monthly extreme temperatures induces physiological stress that can be detected through vitality indicators. This dataset was also used to generate Standardised Precipitation Index (SPI) and self-calibrating Palmer drought severity index (scPDSI), which are standard indices for quantifying and reporting meteorological drought. Standardised Precipitation Index (McKee et al., 1993) was calculated for the period 1951–2008 on a time scale of three months. To calculate SPI and scPDSI we used R programming environment and package “SPEI” (Begueria and Vicente-Serrano, 2017) and “scPDSI” (Ruida et al., 2018), respectively. Values of SPI above 2 indicate extremely wet conditions, under -2 extremely dry conditions, and normal conditions range from 0.99 to -0.99. Values of scPDSI lower than -1 indicate moderate drought while values lower than -2 indicate severe drought.

### Defoliation assessment – *Procjena osutosti*

Defoliation of sample beech trees on the plot was assessed annually according to the ICP Forests Manual (Eichhorn

et al., 2016) in the period 1996–2007. The same two observers performed assessments in late August/early September. Each year 45 trees were assessed but only 29 beech trees that were assessed every year in this period were used in the sample.

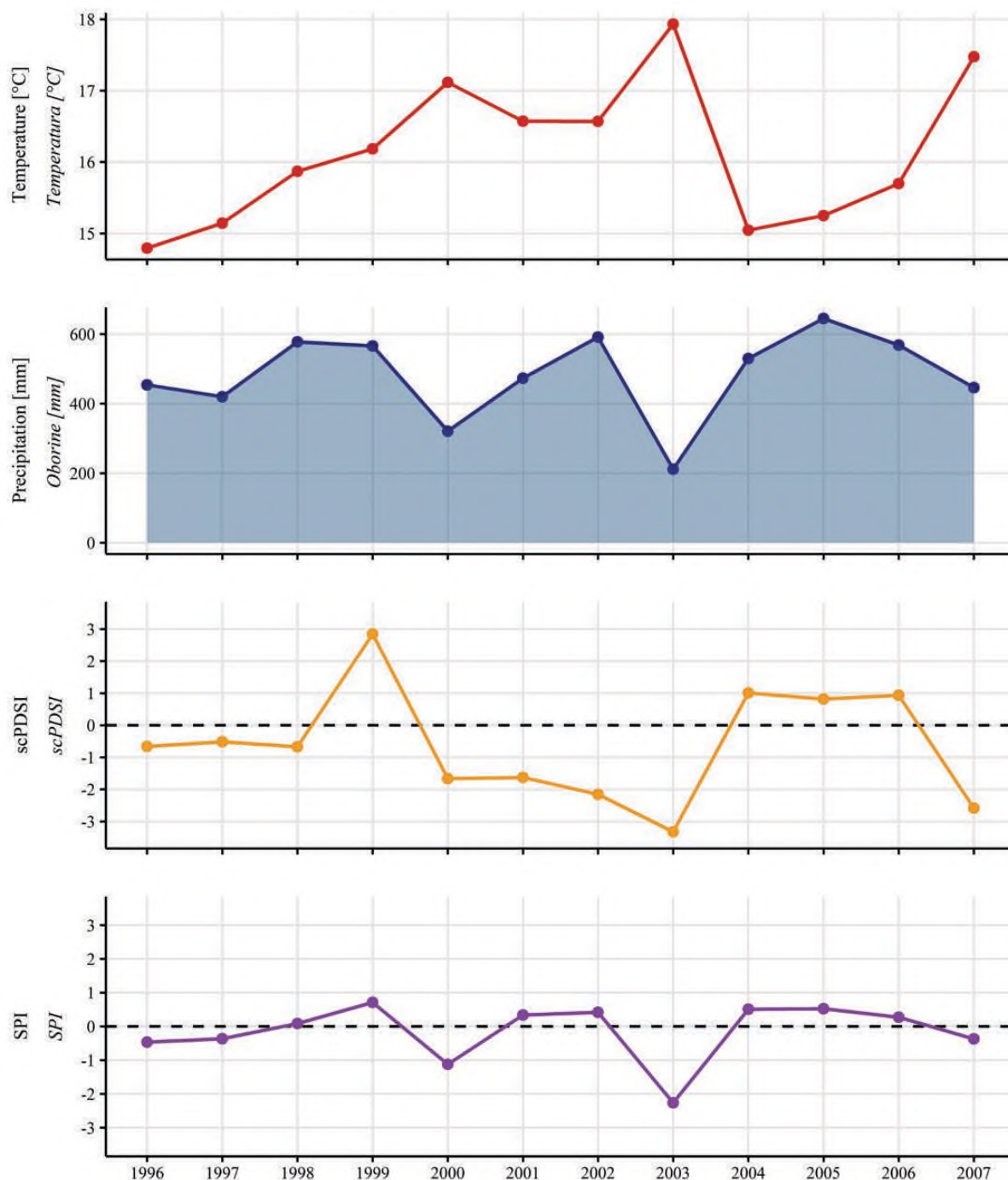
### Sampling and chemical analysis of foliage – *Uzorkovanje i kemijska analiza biljnog materijala*

Each year the same five trees were sampled from 1997 to 2007. Samples were taken from the upper third of the crown in mid-September. Collected samples were combined in the laboratory based on equal dry mass. Samples of foliage (100 leaves per sample) were dried at 105 °C, ground and analysed for total nitrogen (N) content at Leco CNS 2000 analyser (ISO-13878, 1998). The analysis of other elements content required sample drying, grinding and wet digestion. Phosphorus (P) was determined on UV/VIS spectrophotometer PE Lambda 1A, potassium (K) on flame photometer Eppendorf and calcium (Ca) and magnesium (Mg) by atomic absorption spectroscopy on Perkin-Elmer AAnalyst 700 (Rautio et al., 2016).

The established procedure for the interpretation of foliar analysis is based on the comparison of element concentrations with limit values as according to Raitio (1993). For evaluation of foliar nutrient concentrations, we compared them to the critical values statistically derived from van den Burg’s literature compilation which are close to a general optimum range, indicating health and intact resistance mechanisms of these tree species (Mellert and Göttlein, 2012).

### Tree-ring measurements – *Izmjera širine godova*

We collected cores from all 29 beech trees that were assessed for defoliation in autumn 2007 (last fully formed ring was in 2007). Each core was mounted and sanded to a high polish

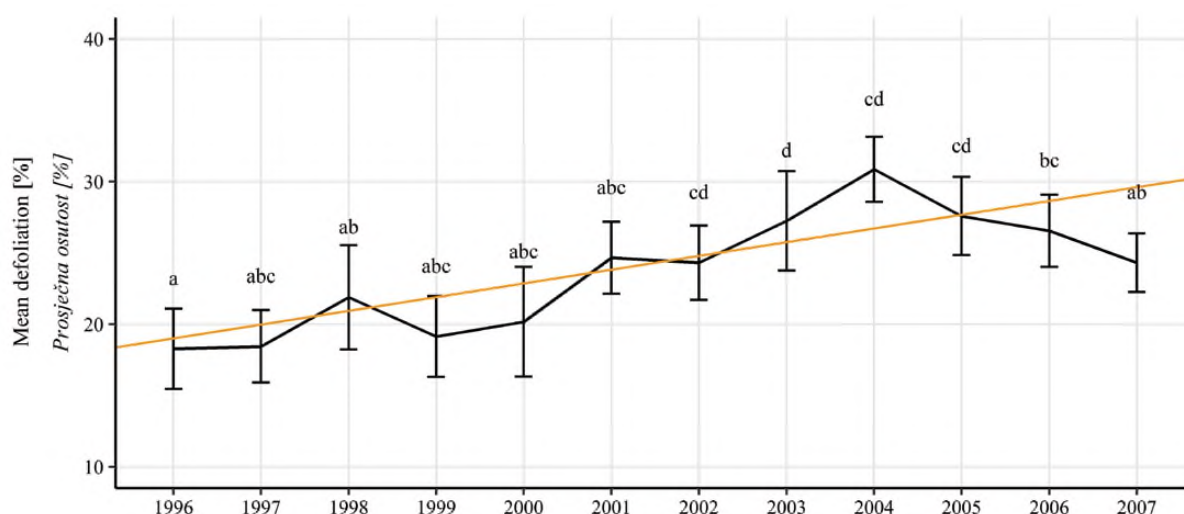


**Figure 2.** Mean monthly temperature (red line), sums of monthly precipitation (blue line), mean scPDSI (orange line) and mean SPI (purple line) from March to August on plot “Sljeme” in the period 1996 - 2007.

**Slika 2.** Prosječna mjesečna temperatura (crvena linija), suma mjesečnih oborina (plava linija), prosječni scPDSI (narančasta linija) te prosječan SPI (ljubičasta linija) od ožujka do kolovoza na plohi Sljeme za period od 1996 do 2007. godine.

following standard dendrochronological procedures (Stokes and Smiley, 1968). The cores were then digitized using ATRICS system<sup>1</sup> (Levanič, 2007) and annual radial growth was measured to the nearest 0.01 mm using WinDENDRO software. Each tree ring series was then visually and statistically crossdated using PAST-4. We used the COFECHA program (Holmes, 1983, Holmes, 1994) to check for errors in dating. Tree growth almost universally shows a non-climatic, age-related biological growth trend that must be removed

before any dendroclimatological analyses. Individual tree-ring width series were therefore standardised to remove long-term trends (Cook, 1985) using a smoothing loess function. To calculate index chronologies each year's ring width was divided by that year's fitted value to give a dimensionless index with a mean of 1. This procedure removed non-climatic trends due to tree age, size and the effects of stand dynamics (Cook, 1985). Index values were also pre-whitened using an autoregressive model selected on the basis of the minimum



**Figure 3.** Overall defoliation trend of common beech trees ( $\tau = 0.62$ , Sen's slope = 0.962,  $p = 0.005$ , orange line) and annual overall mean defoliation (black line). Vertical bars denote 95% confidence intervals. Years that do not share the same letter are significantly different.

**Slika 3.** Trend osutosti stabala obične bukve ( $\tau = 0.62$ , Sen's slope = 0.962,  $p = 0.005$ , narančasta linija) te godišnji prosjek osutosti (crna linija). Vertikalni linije označavaju interval pouzdanosti od 95%. Godine koje ne dijele isto slovo statistički se značajno razlikuju.

**Table 1.** Potassium and calcium ratio in beech leaves in the period 1994 – 2007.

**Tablica 1.** Omjer kalija i kalcija u lišću bukve u period od 1994. do 2007. godine.

| Year<br>Godina | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| K/Ca           | 0.59 | 0.66 | 0.50 | 0.53 | 0.56 | 0.52 | 1.02 | 0.75 | 0.85 | 1.20 | 1.01 | 0.77 | 0.36 | 0.51 |
| K/Ca           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Akaike Criterion and combined across all series using bi-weight robust estimation of the mean to exclude the influence of the outliers. ARSTAN produces two types of output chronologies – a standard chronology (STD) and a residual chronology (RES) containing only high-frequency variations (no autocorrelation) (Cook, 1985, Cook et al., 1990). For the purpose of this research, we used RES chronology, which represents a robust estimate of the arithmetic mean and contains no autocorrelation (Cook, 1985). After detrending, the Expressed Population Signal (EPS) was calculated to assess the common forcing (e.g. climate) in tree-ring width chronologies. An EPS of 0.85 or higher is generally accepted to be high enough to show that analysed tree ring series represent the common forcing mechanisms of a larger population of trees (Briffa and Jones, 1990).

### Data analyses – Analiza podataka

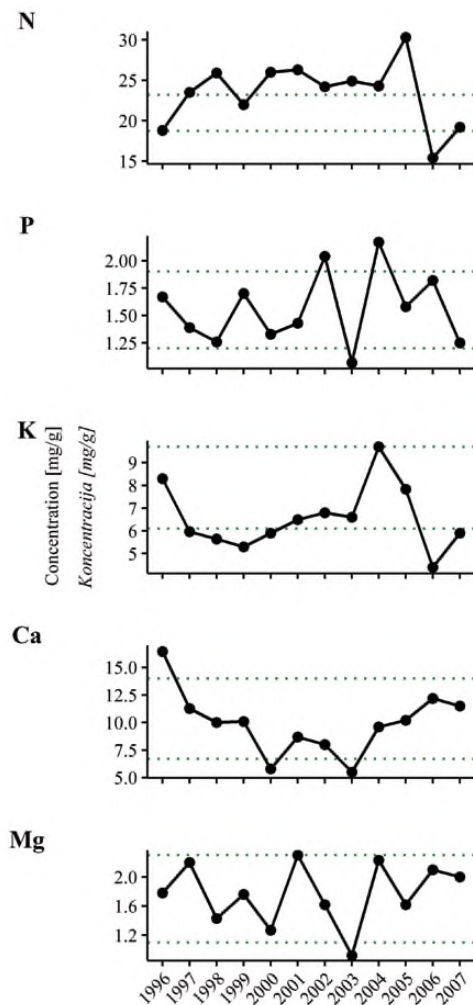
Defoliation trend was tested by Mann-Kendall test (Mann, 1945, Kendall, 1948) and the slope was estimated according to Sen (1968). In order to establish if defoliation statistically differed during the investigated period we performed one-way analysis of variance. Prior to the analysis, defoliation

data was checked for normality and homoscedasticity. Since the data did not adhere to the latter assumption we applied the Welch's ANOVA (Welch, 1951). To specify differences between years we conducted the Games-Howell test (Games and Howell, 1976). For the trend analysis we used the "EnvStats" package (Millard, 2013), while the package "userfriendlyscience" (Peters, 2017) was used to conduct ANOVA and the subsequent *post-hoc* test.

Bootstrapped Pearson's correlation coefficient calculated in the package "treeclim" (Zang and Biondi, 2015) was used to identify dependency between the residual chronology and climate variables for the period 1950-2008 and to identify dependency between defoliation and climate variables for the period 1996-2007.

Because foliar nutrition data followed a non-normal distribution we used Spearman's rank correlation coefficient to assess how foliar nutrition relates to climate variables and other vitality indicators. We also tested if previous year defoliation was correlated to current year residual chronology and vice versa. Additionally, we tested if previous year climate variables were correlated to current year vitality indicator values. All analyses were conducted in R statistical

<sup>1</sup> ATRICS stands for Automated Tree-Ring Image Capturing System, system was developed at Slovenian Forestry Institute for use in dendrochronological laboratory



**Figure 4.** Foliar nutrient status of beech trees. Horizontal, dotted lines represent the normal range of foliar concentrations of macronutrients according to Mellert and Göttlein (2012).

**Slika 4.** Stanje ishrane stabala bukve. Horizontalne isprekidane linije predstavljaju normalni raspon koncentracija makroelemenata prema Mellert and Göttlein (2012).

environment (R Core Team, 2016) with a probability of type I error of  $\alpha = 5\%$ . Plots were produced using “ggplot2” package (Wickham, 2009).

**Table 2.** Basic statistical data regarding tree-ring series.

**Tablica 2.** Osnovni statistički podaci analiziranih izvrtaka

|                                                                | Year<br>Godina | Mean<br>Prosjeak | Standard<br>deviation<br>Standardna<br>devijacija | Skewness<br>Asimetrija | Kurtosis<br>Kurtosis | Mean<br>sensitivity<br>Proslečna<br>osjetljivost | 1 <sup>st</sup> order<br>autokorelacija<br>prvog reda |
|----------------------------------------------------------------|----------------|------------------|---------------------------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| arithmetic mean – aritmetička sredina                          | 76             | 1.319            | 0.566                                             | 0.629                  | 3.748                | 0.339                                            | 0.524                                                 |
| standard deviation – standardna devijacija                     | 17             | 0.381            | 0.138                                             | 0.602                  | 2.546                | 0.057                                            | 0.181                                                 |
| median (50 <sup>th</sup> quantile) – medijan (50og kvantila)   | 76             | 1.249            | 0.545                                             | 0.512                  | 3.029                | 0.339                                            | 0.528                                                 |
| interquartile range – interkvartilni raspon                    | 28             | 0.488            | 0.108                                             | 0.349                  | 1.085                | 0.092                                            | 0.243                                                 |
| minimum value – minimalna vrijednost                           | 44             | 0.878            | 0.407                                             | -0.081                 | 2.083                | 0.254                                            | 0.060                                                 |
| lower hinge (25 <sup>th</sup> quantile) – donji kvartil (25%)  | 64             | 1.043            | 0.482                                             | 0.311                  | 2.603                | 0.293                                            | 0.375                                                 |
| upper hinge (75 <sup>th</sup> quantile) – gornji kvartil (75%) | 92             | 1.530            | 0.590                                             | 0.661                  | 3.688                | 0.384                                            | 0.619                                                 |
| maximum value – maksimalna vrijednost                          | 103            | 2.483            | 0.921                                             | 3.024                  | 15.082               | 0.430                                            | 0.878                                                 |

## RESULTS REZULTATI

### Climate conditions – *Klimatski uvjeti*

High mean temperatures and low precipitation were present especially in years 2000 and 2003, while high temperatures in 2007 were not coupled with low precipitation (Figure 2). Considering the ranges of SPI and scPDSI, water deficits on the research plot could have been expected especially in 2000 and 2003. The scPDSI index also shows the possibility of drought in 2007.

### Defoliation – *Osutost*

There is an increasing statistically significant trend of defoliation throughout the observed period (Figure 3). Statistical differences in mean defoliation were established between survey years ( $Df = 11$ ;  $MS = 480.3$ ;  $F = 7.7$ ;  $p < 0.001$ ). Defoliation was higher in the years following a drought year than in drought years but these differences were not significant. However, defoliation in year 2004 was significantly higher than in the years prior to 2003 drought (Figure 3).

### Nutritional status – *Stanje ishrane*

Based on the foliar concentrations, plot Sljeme provides satisfactory nutrition for beech trees. Some differences in element values depending on the sampling year are evident. These differences are especially interesting if the values fall below limit values (Figure 4). Ca and Mg deficiency was recorded in drought years (Figure 2). We found that the ratio of K and Ca in beech leaves was high in years 2000, 2003 and 2004 as shown in Table 1.

### Tree ring width – *Širina goda*

Beech chronology spans the period from 1904 to 2007 (103 years, Table 2). Since the purpose of this study was not to reconstruct climatic patterns but to evaluate effects of climate

**Table 3.** Expressed population signal and Signal-to-noise ratio statistics, together with within and between tree-ring series correlations.

**Tablica 3.** Izraženi signal populacije, omjer signala i šuma te korelacije unutar i između serija

|                                                                          |                       |                                                   |                                                    |  |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--|
| effective number of cores<br><i>efektivni broj jezgri</i>                | $C_{eff}$ :           | 1.263                                             |                                                    |  |
| effective chronology signal<br><i>efektivni signal kronologije</i>       | $r_{eff}$ :           | 0.314                                             |                                                    |  |
| signal-to-noise ratio<br><i>omjer signala i šuma</i>                     | SNR:                  | 8.460                                             |                                                    |  |
| expressed population signal<br><i>izraženi signal populacije</i>         | EPS:                  | 0.894                                             |                                                    |  |
|                                                                          | Number<br><i>Broj</i> | RBAR<br><i>Prosječna korelacija između serija</i> | Standard deviation<br><i>Standardna devijacija</i> |  |
| all series RBAR:<br><i>prosječna korelacija između svih serija</i>       | 231                   | 0.278                                             | 0.253                                              |  |
| within-trees RBAR:<br><i>prosječna korelacija serija unutar stabla</i>   | 12                    | 0.367                                             | 0.146                                              |  |
| between-trees RBAR:<br><i>prosječna korelacija serija između stabala</i> | 219                   | 0.273                                             | 0.257                                              |  |

on vitality indicators, for growth data we selected only a relatively short common period 1950-2007 for the analysis. EPS value of beech chronology within studied period (1950-2007) was 0.894, which is well above threshold of 0.85 and Signal-To-Noise ratio is also quite large – 8.460. (Table 3).

### Interactions – Interakcije

The results of bootstrapped Pearson's correlation indicate a significant influence of extreme temperatures on beech

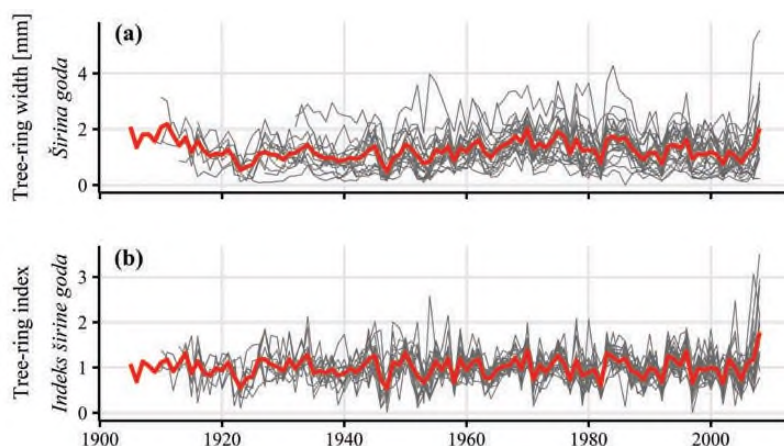
**Table 4.** Bootstrapped Pearson's correlation coefficients for correlations between defoliation and monthly climate variables during the vegetation period (March - August). Only significant results are shown ( $p < 0.05$ ). Abbreviations for months of the year in lower case denote previous, and in upper case font current sampling year.

**Tablica 4.** Bootstrap Pearsonov korelacijski koeficijenti za korelacije između osutosti i mjesečnih klimatskih varijabli za vrijeme vegetacijske sezone (Ožujak – Kolovoz). Prikazani su samo značajni rezultati ( $p < 0.05$ ). Skraćenice za mjesec u prethodnoj godini navedene su malim slovima, a za mjesec u trenutnoj godini velikim slovima.

| Climate variable<br><i>Klimatska varijabla</i> | Month<br><i>Mjesec</i> | $r$<br>$r$ |
|------------------------------------------------|------------------------|------------|
| Pr                                             | june                   | -0.637     |
| max_a                                          | june                   | 0.573      |
|                                                | july                   | 0.747      |
| max_a                                          | MAR                    | 0.737      |
|                                                | JULY                   | 0.610      |
| max_m                                          | JULY                   | 0.597      |
| max_Q                                          | MAR                    | 0.810      |
| min_Q                                          | MAR                    | 0.623      |

defoliation (Table 4), as well as a significant negative influence of precipitation in June of the previous year.

Results given in Table 5 indicate complex interactions between foliar mineral concentrations and climate variables of the current and previous year. Overall, a general pattern can be observed where current year temperature variables are mostly negatively correlated to foliar mineral concentrations, whereas precipitation and drought indices are positively correlated regardless of nutrient in question. Additionally, we noticed that most climate variables of summer months (June and August especially) are negatively correlated to nutrient concentrations, whereas climate variables during spring months are positively correlated. However, similar patterns cannot be observed when comparing foliar



**Figure 5.** Growth (a) and residual growth (b) of individual beech trees (grey lines) and the mean value (red line) in the period 1908 – 2007.

**Slika 5.** Rast (a) i rezidualni rast (b) individualnih stabala obične bukve (sive linije) te prosječna vrijednost (crvena linija) u period od 1908. do 2007. godine.

**Table 5.** Spearman's rho and corresponding p values for correlations between foliar nutrient concentrations and monthly climate variables during the vegetation period (March - September). Only significant results are shown ( $p < 0.05$ ). Abbreviations for months of the year in lower case denote previous, and in upper case current survey year.

**Tablica 5.** Spearmanov rho i pripadajuća p vrijednost za korelaciju između koncentracije biogenih elemenata i mjesečnih klimatskih varijabli tijekom vegetacijske sezone (Ožujak – Rujan). Prikazani su samo značajni rezultati ( $p < 0.05$ ). Skraćenice za mjesec u prethodnoj godini navedene su malim slovima, a za mjesec u trenutnoj godini velikim slovima.

| Element<br><i>Element</i> | Climate variable<br><i>Klimatska varijabla</i> | Month<br><i>Mjesec</i> | $\rho(\rho)$<br>$\rho(\rho)$ | Element<br><i>Element</i> | Climate variable<br><i>Klimatska varijabla</i> | Month<br><i>Mjesec</i> | $\rho(\rho)$<br>$\rho(\rho)$ |
|---------------------------|------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|
| N                         | Pr                                             | aug                    | -0.699                       | P                         | pr                                             | APR                    | 0.860                        |
|                           |                                                | sept                   | -0.606                       |                           |                                                | AUG                    | -0.622                       |
|                           | min_a                                          | aug                    | 0.636                        |                           | max_m                                          | JUNE                   | -0.580                       |
|                           | min_Q                                          | may                    | -0.692                       |                           | SPI                                            | APR                    | 0.790                        |
|                           | max_m                                          | aug                    | 0.643                        |                           |                                                | MAY                    | 0.678                        |
|                           | SPI                                            | sept                   | -0.748                       |                           |                                                | JUNE                   | 0.692                        |
| K                         | max_a                                          | MAR                    | 0.580                        | Ca                        | scPDSI                                         | APR                    | 0.713                        |
|                           | Pr                                             | july                   | -0.602                       |                           |                                                | MAY                    | 0.727                        |
|                           | min_a                                          | june                   | 0.641                        |                           | pr                                             | aug                    | 0.594                        |
|                           | max_Q                                          | apr                    | 0.662                        |                           | mt                                             | mar                    | -0.776                       |
|                           | max_m                                          | APR                    | -0.606                       |                           |                                                | may                    | -0.650                       |
|                           | max_Q                                          | APR                    | 0.637                        |                           |                                                | aug                    | -0.622                       |
| Mg                        |                                                | AUG                    | -0.644                       |                           | min_m                                          | mar                    | -0.825                       |
|                           | min_a                                          | mar                    | -0.630                       |                           |                                                | may                    | -0.671                       |
|                           | min_Q                                          | apr                    | 0.581                        |                           |                                                | aug                    | -0.790                       |
|                           |                                                | july                   | 0.634                        |                           | min_a                                          | mar                    | -0.685                       |
|                           | max_a                                          | apr                    | 0.648                        |                           |                                                | may                    | -0.734                       |
|                           | max_Q                                          | july                   | 0.592                        |                           | max_m                                          | mar                    | -0.811                       |
|                           | SPI                                            | june                   | -0.827                       |                           |                                                | may                    | -0.685                       |
|                           |                                                | july                   | -0.578                       |                           |                                                | aug                    | -0.587                       |
|                           | Mt                                             | JUNE                   | -0.701                       |                           | max_a                                          | aug                    | -0.678                       |
|                           | min_m                                          | JUNE                   | -0.689                       |                           | pr                                             | AUG                    | 0.622                        |
|                           | max_m                                          | JUNE                   | -0.809                       |                           | mt                                             | AUG                    | -0.769                       |
|                           | max_a                                          | JUNE                   | -0.578                       |                           | min_m                                          | AUG                    | -0.839                       |
|                           | SPI                                            | MAR                    | 0.732                        |                           | max_m                                          | AUG                    | -0.748                       |
|                           |                                                | MAY                    | 0.620                        |                           | max_a                                          | AUG                    | -0.748                       |

mineral concentrations with climate variables of the previous year.

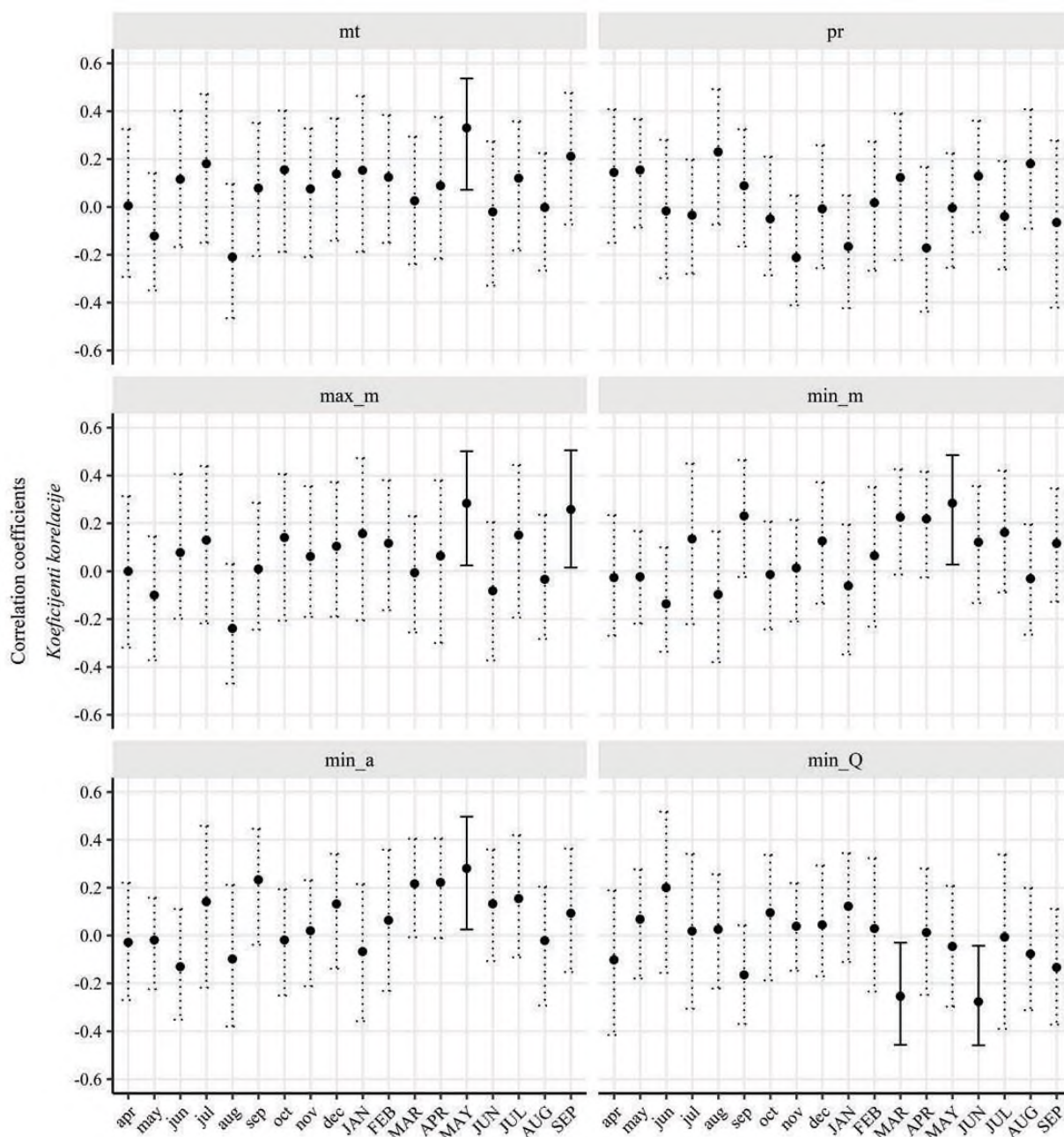
Correlation analysis based on residual tree ring width chronology and climate data reveals a positive correlation between tree-ring width and multiple temperature-related variables, mostly in May of the same year, and a negative correlation between tree-ring width and the range of minimum temperatures in March and June of the same year (Figure 6).

## DISCUSSION RASPRAVA

The region of south-eastern Europe represents one of the most vulnerable hotspots with expected intensification of severity and duration of droughts and heat waves. As the

effects of climate change on forests in Southern Europe will potentially be stronger and more rapid than in the rest of Europe, this area represents an ideal model for studying the impact of changing climatic conditions. This region is already faced with a high frequency of drought events; after 2000, significant droughts and heat-waves were observed in 2002, 2003, 2007-2008, 2011 and 2012 (EEA, 2012). Analyses of meteorological data (Gajić-Čapka et al., 2015) show that in Croatia a change in the temperature and precipitation regime is already present. In the decade 2001–2010 alone, four drought events occurred, and only 13 between 1961 and 2010 (Spinoni et al., 2013). In the future, Croatia is expected to be even hotter and drier (Cindrić et al., 2010, Mihajlović, 2006).

Our results suggest that drought was to be expected on the research plot in years 2000, 2003 and 2007; 2003 was also



**Figure 6.** Correlation between residual tree ring width and climate variables from previous year April to current year September. Coefficients significant at the 0.05 are identified by a solid line. Vertical bars denote 95% confidence intervals. Abbreviations for months of the year in lower case denote previous, and in upper case current survey year.

**Slika 6.** Korelacija između rezidualne širine goda te klimatskih varijabli od travnja prethodne godine do studenog trenutne godine. Ispunjene linije označavaju značajne koeficijenti pri razini od 0.05. Vertikalni linije označavaju interval pouzdanosti od 95%. Skraćenice za mjeseci u prethodnoj godini navedene su malim slovima, a za mjeseci u trenutnoj godini velikim slovima.

reported as very dry in most of Europe, with adverse impacts on vegetation (Gobron et al., 2005). These results correspond to the more general observations of drought in Croatia in 2000 and 2003 (Cindrić et al., 2010, Mihajlović, 2006)

The results of defoliation assessments seem to show a one-year lag effect, with defoliation rising in the year following a drought year. These results are consistent with previously reported findings (Graf Pannatier et al., 2007). De-

spite a wide range of ecological conditions present on ICP Forests Level I beech monitoring plots all over Europe, a similar rise in mean plot defoliation above the trend line was recorded in 2001 and 2004 (Timmermann et al., 2017). However, not every rise in defoliation of a tree should be equalled with the permanent decrease of vitality. Crown defoliation is obviously a product of tree crown status from the past several years of growth, which can be misleading if used as a stress indicator when assessing current vitality

(Polák et al., 2006). This can be seen clearly from our results.

The negative influence of precipitation in June of the previous year, coupled with the aforementioned influence of summer temperatures in the previous year, may point to the lasting effects of drought on defoliation through divergent mechanisms. The example for this is the uninterrupted rise in defoliation from the dry 2000 until 2004 - the years 2001 and 2002 were warm, but with plenty of precipitation; still, the defoliation continued to rise through the dry 2003, reaching peak values in the cool, moist 2004. Similarly, (Králíček et al., 2017) documented significant effect of temperature in July and August of previous year on beech defoliation. Severe drought limits leaf area production by reducing the number and viability of leaf buds and thus the tree's ability to recover an efficient crown development after resuming normal water availability (Bréda et al., 2006). Drought during the year of bud formation decreases the number of new leaves formed in the bud and the new stem segments present. Drought then influences the number of leaves, leaf surface area, and twig extension the following year when those buds expand (Coder and Daniel, 1999). In beech trees, all leaves are completely preformed in winter buds, so the number of leaves is predetermined in the preceding year (Uemura et al., 2000). On the other hand, defoliation can be related to drought events of the current year through a change in intensity of physiological processes such as (slower) leaf expansion or (enhanced) senescence of older leaves (Jackson, 1997), but our results do not show this effect: neither SPI nor scPDSI correlated with defoliation in the current year. This may be because the assessments of defoliation were performed during summer, when the effects of drought may have not occurred yet.

We found that drought affects mostly the foliar concentrations of Ca and Mg, and the ratio of K to Ca. According to Bergmann (1992), the uptake of Ca is negatively affected by irregular water supply and, in particular, by prolonged dry periods. Acting as a counterpart to K, Ca plays a key role in the stomatal movement and regulation of water balance of trees (Raghavendra et al., 2010). Ca and K are also competing for uptake and the lack of Ca in dry years can often be associated with enhanced K uptake (Wallace and Mueller, 1980).

While foliar composition is directly related to weather conditions in the current year through the functioning of uptake mechanisms, the links of current mineral element foliar concentrations and last year's weather conditions have to be considered through storage and remobilization mechanisms which are increasingly recognized as one of the key processes in nutrient conservation in plants and in nutrient cycling in ecosystems (Achat et al., 2018). To maintain growth under a permanently fluctuating availability of soil

nutrients, plants use various strategies to optimize nutrient acquisition - nutrient transporters, soil exploration by roots, root exudation, and remobilization of nutrients from storage (Maillard et al., 2015). For mobile nutrients, especially N, remobilization from reserves is very important, as shown in the multiple dependencies of N foliar concentrations on the climate variables of the previous year late summer and autumn months, reflecting the storing of N after the period of intensive vegetative growth is finished (Table 5). In case of elements that are generally not remobilized, such as Ca, we should not consider the effects of storage and remobilization processes: rather, as the growth of roots is dependent partly on the Ca availability (Emanuelsson, 1984), climate conditions in the previous year may modulate the uptake capacity of trees in the current year. However, this effect was not recorded in our study. Also we found no correlations of previous year climate variables and current year P leaf concentrations, although P can be used from reserves stored in the root (Marschner, 2002). Perhaps this is due to the generally very good P nutrition of beech on this site.

Jonard et al. (2010) found that beech defoliation levels were associated with lower foliar Ca and Mg concentrations in a study in Belgian Ardennes, but this relation could not be confirmed in our study: no significant relationship was observed between defoliation and foliar nutrient concentrations. According to Simon and Wild (1998), if the concentration of a certain element remains in the normal range, the decrease in mineral nutrition should be regarded more as a consequence than as the cause of damage. If, on the other hand, the concentrations are inadequate, we can suspect nutrition to be the cause of tree decline. Therefore, the lack of P, Ca and Mg caused by drought in year 2003, may have resulted in enhanced defoliation in the following year (i.e. the lag effect on defoliation).

The growth of trees is a key ecological parameter of forests and thus of high importance as an indicator of forest condition (Dobbertin et al., 2013). Trees generally respond to environmental stresses by increment decrease as a consequence of a reduced photosynthetic activity and altered carbon allocation. Most tree ring studies have observed that trees predisposed to die have lower mean growth rates or greater growth sensitivity to climate in the years proceeding mortality (McDowell et al., 2008). It is clear from our analysis that May average, minimum or maximum monthly temperature plays an important role in the tree-ring formation of the beech. May is critical month for the growth of beech on Medvednica massif, in particular for beech that grows above 800 m a.s.l. Above average temperature in May has a positive influence on tree growth as well as on the tree phenology (Tikvić et al., 2006), this was observed not only at Medvednica massif, but also in Slovenia (Prislan et al., 2019, Čufar et al., 2008) Bosnia and Herzegovina

(Stjepanović et al., 2018), Italy (Piovesan et al., 2005) or Serbia (Stojanović et al., 2018). Favourable May temperature initiate cambium activity and radial growth can start. Contrary, below average temperature in May negatively influences tree growth and hinder cambium development which leads to narrower radial increments in particular year (Dulamsuren et al., 2016, Zimmermann et al., 2015). According to our study precipitation is less critical for beech growth at the Medvednica massif, this could be mainly because precipitation is sufficient for the growth of beech and temperature is not so high that lower amount of precipitation would lead to serious occurrences of drought, this finding is in accordance with Prislan et al. (2018) who found similar lack of response in beech in Slovenia.

Similar to other indicators of vitality such as defoliation or foliar composition, radial growth of trees is an integrative variable of tree response (Seidling et al., 2012). Studies on growth of beech show that it is strongly drought limited (Jump et al., 2006). Several authors state that tree ring width is frequently smaller during years following a severe drought (Le Dantec et al., 2000, Battaglia et al., 1998), but we found no evidence in our data that would support this. Rather, radial growth was linked solely to temperature variables, possibly revealing the shortcomings of an intensive case study in comparison with a study based on a larger number plots with diverse conditions.

The core of our interest was, however, in disentangling the relations of growth and other vitality indicators. Only a few authors report on the relationship between tree growth and defoliation, and the patterns are not always uniform (Dittmar et al., 2003, Rybníček et al., 2015). Often the studies relating crown condition and tree growth suffer from the fact that the data is provided from different groups of trees and therefore is plot-related rather than tree-related (Seidling et al., 2012). We used the same trees for tree-ring analysis and for defoliation assessments, which enabled us to make direct comparisons. Despite our sampling strategy, we did not record any significant relationship between radial growth and defoliation. This could be explained by a very narrow range of defoliation values on our plot, since several authors reported on the relationship between radial growth and defoliation but using a wide range of defoliation values in their studies. Solberg (1999) found considerable growth depressions for Norway spruce already at slight levels of defoliation, and Drobyshev et al. (2007) reported that radial increment of oaks in Sweden was highest in trees with healthy crowns. Information on the relation of radial growth and defoliation for common beech is largely missing, Seidling et al. (2012) state that increment and crown defoliation represent only partially the C allocation or C assimilation of a tree, hence a functional relationship of these parameters might not exist. However, Bréda et al. (2006) found that severe and long drought produced stress

symptoms (premature leaf fall, yellowing), resulting in large number of individuals being in a weakened condition, with low radial growth. Dittmar and Elling (2007) related decreasing increment of beech in Switzerland to defoliation, suggesting that increment decline preceded crown decline. Our study, however, could not confirm this conclusion, even when taking into consideration various combinations of current and previous year observations.

The relation of growth and tree nutrition has also been extensively studied, mostly in studies dealing with characterization of forest soil productivity or stand fertilization/liming experiments (Fox et al., 2007, Sikström, 2002) with varying results. Improved nutrition is reported to have a positive effect on tree vitality and growth in some studies (Mohamed et al., 1993, Van Praag and Weissen, 1976). Similarly, several studies (Spohn et al., 2018, Yang et al., 2016) found that beech has a high metabolic flexibility to cope with low soil P stocks by growth adjustment. However we can expect long-term negative effects of prolonged drought (enhanced vulnerability to stresses, reduced growth) on beech trees, as the effects of low P are similar to drought-induced decreased stomatal conductance (Zavišić and Polle, 2018). Nys (1989) found that the addition of  $\text{CaCO}_3$  had a positive effect on the nutrition, defoliation and increment of beech in the French Ardennes. While liming in Belgian Ardennes improved foliar Ca and Mg status of beech trees and significantly limited the decline in crown condition triggered by the summer drought in 2003, it had no effect on basal area increment (Jonard et al., 2010). Compared to fertilization experiments, the analysis of naturally occurring mineral foliar concentrations is more demanding in that the differences in nutrient status are smaller and more difficult to detect. In our study K concentrations correlated to residual tree ring chronology, although this relation was not particularly strong. It is unlikely that this is due to any direct negative K effect on growth, but rather shows the elevated uptake of K and restricted uptake of Ca in hot and dry years. This is important because Ca has a direct influence on the capacity of plants to regulate the intensity of transpiration (Berkowitz, 1998) and tree water deficits can reduce radial growth as well as bud production (Bréda et al., 2006). Therefore, although we could not relate radial growth to precipitation directly, there is some evidence of indirect linkages of nutrition, growth and defoliation patterns.

## CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

In this study, we were able to determine that high maximum temperature variables of current year early spring and summer months, as well as previous year summer months caused an increase of defoliation. Low precipitation during

June of the previous year also caused an increase of defoliation, indicating that defoliation status depends on the climate conditions through various mechanisms that influence tree vitality. Beech was especially sensitive to drought or warmer than average years appearing in succession.

A similar relationship was observed between climate conditions and foliar nutrient concentrations where high temperatures during current year summer months negatively influenced nutrient uptake. Furthermore, we established that P and Ca concentrations in beech leaves are sensitive to the lack of precipitation. Temperature variables and precipitation in the previous year influenced the nutritional status of beech trees in the current year, although the results differed according to element in question and month of the year.

High temperatures in May positively influenced beech radial growth, while a wide range of minimum temperatures during March and June had a negative effect. Precipitation was shown to have no apparent effect on beech radial growth, perhaps due to the growth resilience of a healthy beech stand, maintaining radial growth in spite of less than ideal conditions.

Although we were not able to detect direct, significant links among vitality indicators, they all reacted to temperature variables within a current, or the previous year. The negative correlation of K to radial growth points to the effects of K/Ca antagonism in dry years and underlines the importance of nutrition for the health status of beech.

Overall, both high summer temperatures and low precipitation were shown to have the most negative effect, influencing the vitality of beech trees also in subsequent years.

## ACKNOWLEDGEMENT ZAHVALA

We acknowledge the E-OBS dataset from the EU-FP6 project ENSEMBLES (<http://ensembles-eu.metoffice.com>) and the data providers in the ECA&D project (<http://www.ecad.eu>). Tom Levanič was supported by the following programmes and projects supported by the Slovenian Research Agency: Program and Research Group “Forest biology, ecology and technology” P4-0107, basic research projects J4-5519 “Paleoclimate data enhances drought prediction in the W Balkan Region” and J4-8216 “Mortality of lowland oak forests - consequence of lowering underground water or climate change?”

## REFERENCES LITERATURA

- Achat, D.L., N. Pousse, M. Nicolas, L. Augusto 2018: Nutrient remobilization in tree foliage as affected by soil nutrients and leaf life span, *Ecological Monographs*, 88: 408-428
- Askeyev, O.V., D. Tishin, T.H. Sparks, I.V. Askeyev 2005: The effect of climate on the phenology, acorn crop and radial increment of pedunculate oak (*Quercus robur*) in the middle Volga region, Tatarstan, Russia, *Int J Biometeorol*, 49: 6
- Augustin, S., H. Andreae Year: Published: Cause-effect-interrelations in forest condition—state of knowledge. Study elaborated for the UN/ECE ICP Forests under the auspices of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution,
- Battaglia, M., M.L. Cherry, C.L. Beadle, P.J. Sands, A. Hingston 1998: Prediction of leaf area index in eucalypt plantations: effects of water stress and temperature, *Tree Physiology*, 18: 521-528
- Beguería, S., S.M. Vicente-Serrano 2017: SPEI: Calculation of the Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index.
- Bergmann, W. 1992: *Nutritional Disorders of Plants*, Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York
- Berkowitz, G.A. 1998: Water and salt stress, In: RAGHAVENDRA, A. S. (ed.) *Photosynthesis: A comprehensive treatise*, Cambridge Univ. Press, 226-237, Cambridge
- Bivand, R., T. Keitt, B. Rowlingson 2017: *rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library*.
- Bréda, N., R. Huc, A. Granier, E. Dreyer 2006: Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences, *Annals of Forest Science*, 63: 625-644
- Briffa, K.R., P.D. Jones 1990: Basic chronology statistics and assessment, In: COOK, E. R. & KAIRIUKSTIS, L. A. (eds.) *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*, Kluwer academic publishers, 137-152, Dordrecht, Boston, London
- Cindrić, K., Z. Pasarić, M. Gajić-Čapka 2010: Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia, *Theoretical and Applied Climatology*, 102: 171-184
- Coder, K.D., B. Daniel 1999: *Drought damage to trees*, University of Georgia, Cooperative Extension Service, Forest Resources,
- Cook, E.R. 1985: *Time series analysis approach to tree ring standardization*, Dissertation, University of Arizona.
- Cook, E.R., K. Briffa, S. Shiyatov, V. Mazepa 1990: Tree-Ring Standardization and Growth Trend Estimation, In: COOK, E. R. & KAIRIUKSTIS, L. A. (eds.) *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*, Kluwer academic publishers, 104-162, Dordrecht, Boston, London
- Čufar, K., M. De Luis, E. Horvat, P. Prislan 2008: Main patterns of variability in beech tree-ring chronologies from different sites in Slovenia and their relation to climate, *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 87: 123-134
- de Vries, W., M.H. Dobberty, S. Solberg, H.F. van Dobben, M. Schaub 2014: Impacts of acid deposition, ozone exposure and weather conditions on forest ecosystems in Europe: an overview, *Plant and Soil*, 380: 1-45
- Dittmar, C., W. Elling 2007: Dendroecological investigation of the vitality of Common Beech (*Fagus sylvatica* L.) in mixed mountain forests of the Northern Alps (South Bavaria), *Dendrochronologia*, 25: 37-56
- Dittmar, C., W. Zech, W. Elling 2003: Growth variations of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) under different climatic and environmental conditions in Europe—a dendroecological study, *Forest Ecology and Management*, 173: 63-78
- Dobberty, M. 2005: Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review, *European Journal of Forest Research*, 124: 319-333

- Dobbertin, M., P. Brang 2001: Crown defoliation improves tree mortality models, *Forest Ecology and Management*, 141: 13
- Dobbertin, M., M. Neumann, H.W. Schroeck 2013: Tree Growth Measurements in Long-Term Forest Monitoring in Europe, In: FERRETTI, M. & FISCHER, R. (eds.) *Developments in Environmental Science*, Elsevier, 183-204,
- Drobyshev, I., H. Linderson, K. Sonesson 2007: Relationship between crown condition and tree diameter growth in southern Swedish oaks, *Environmental Monitoring and Assessment*, 128: 61-73
- Dulamsuren, C., M. Hauck, G. Kopp, M. Ruff, C. Leuschner 2016: European beech responds to climate change with growth decline at lower, and growth increase at higher elevations in the center of its distribution range (SW Germany), *Trees*, 31: 673-686
- EEA. 2012. *Water scarcity and drought events in Europe during the last decade* [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/main-drought-events-in-europe> [Accessed 29.12.2017. 2017].
- Eichhorn, J., P. Roskams, N. Potočić, V. Timmermann, M. Ferretti, V. Mues, A. Szepesi, D. Durrant, I. Seletković, H.-W. Schroeck, S. Nevalainen, F. Bussotti, P. Garcia, S. Wulff 2016: Part IV: Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents, In: UNECE ICP FORESTS PROGRAMME COORDINATING CENTRE (ed.) *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*, Thünen Institute of Forest Ecosystems, 54, Eberswalde, Germany
- Emanuelsson, J. 1984: Root-Growth and Calcium-Uptake in Relation to Calcium-Concentration, *Plant and Soil*, 78: 325-334
- Fox, T.R., H. Lee Allen, T.J. Albaugh, R. Rubilar, C.A. Carlson 2007: Tree Nutrition and Forest Fertilization of Pine Plantations in the Southern United States, *Southern Journal of Applied Forestry*, 31: 5-11
- Fritts, H. 1976: *Tree rings and climate*, Academic Press, London, New York, San Francisco
- Gajić-Čapka, M., K. Cindrić, Z. Pasarić 2015: Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010, *Theoretical and Applied Climatology*, 121: 167-177
- Games, P.A., J.F. Howell 1976: Pairwise Multiple Comparison Procedures with Unequal N's and/or Variances: A Monte Carlo Study, *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 1: 113-125
- Gobron, N., B. Pinty, F. Melin, M. Taberner, M.M. Verstraete, A. Belward, T. Lavergne, J.L. Widlowski 2005: The state of vegetation in Europe following the 2003 drought, *International Journal of Remote Sensing*, 26: 2013-2020
- Graf Pannatier, E., M. Dobbertin, M. Schmitt, A. Thimonier, P. Waldner 2007: Effects of the drought 2003 on forests in Swiss Level II plots, In: EICHHORN, J. (ed.) *Symposium: Forests in a Changing Environment - Results of 20 Years ICP Forests Monitoring*, Göttingen: Sauerländer.
- Hallenbarter, D., W. Landolt, J. Bucher 1999: Nutrition and Vitality: Phenological investigation in forest under different fertilizer treatments, Paper presented at the Eurosila – Forest tree physiology research workshop, Root - Soil Interaction in Trees, COST E6.
- Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G.K. Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New 2008: A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 113
- Hijmans, R.J. 2016: raster: Geographic Data Analysis and Modeling., R package version 2.5-8.
- Holmes, R.L. 1983: Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement, *Tree-Ring Bulletin*, 43: 69-78
- Holmes, R.L. 1994: *Dendrochronology program library, Users manual*, University of Arizona.
- IPCC 2007: *Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the International Panel on Climate Change*, In: PARRY, M. L., CANZIANI, O. F., PALUTIKOF, J. P., VAN DER LINDEN, P. J. & HANSON, C. E. (eds.), Cambridge, UK.
- ISO-13878 1998: *Soil quality - Determination of total nitrogen content by dry combustion ("elemental analysis")*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jackson, M. 1997: Hormones from roots as signals for the shoots of stressed plants, *Trends in Plant Science*, 2: 22-28
- Jonard, M., F. André, P. Giot, F. Weissen, R. Van der Perre, Q. Ponette 2010: Thirteen-year monitoring of liming and PK fertilization effects on tree vitality in Norway spruce and European beech stands, *European Journal of Forest Research*, 129: 1203-1211
- Jump, A.S., J.M. Hunt, J. Penuelas 2006: Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*, *Global Change Biology*, 12: 2163-2174
- Kellomäki, S., S. Leinonen 2005: Silvicultural response strategies to climatic change in management of European forests, Joensuu, Finland.
- Kendall, M.G. 1948: *Rank correlation methods*, Griffin, Oxford, England
- Králíček, I., Z. Vacek, S. Vacek, J. Remeš, D. Bulušek, J. Král, I. Štefančík, T. Putalová 2017: Dynamics and structure of mountain autochthonous spruce-beech forests: impact of hilltop phenomenon, air pollutants and climate, *Dendrobiology*, 77: 119-137
- Landmann, G., M. Bonneau, L. Bouhot-Delduc, F. Fromard, V. Chéret, J. Dagnac, B. Souchier 1995: Crown Damage in Norway Spruce and Silver Fir: Relation to Nutritional Status and Soil Chemical Characteristics in the French Mountains, In: LANDMANN, G., BONNEAU, M. & KAENNEL, M. (eds.) *Forest Decline and Atmospheric Deposition Effects in the French Mountains*, Springer Berlin Heidelberg, 41-81, Berlin, Heidelberg
- Le Dantec, V., E. Dufrêne, B. Saugier 2000: Interannual and spatial variation in maximum leaf area index of temperate deciduous stands, *Forest Ecology and Management*, 134: 71-81
- Levanič, T. 2007: ATRICS - a new system for image acquisition in dendrochronology, *Tree Ring Research*, 63: 117-122
- Maillard, A., S. Diquélou, V. Billard, P. Lainé, M. Garnica, M. Prudent, J.-M. Garcia-Mina, J.-C. Yvin, A. Ourry 2015: Leaf mineral nutrient remobilization during leaf senescence and modulation by nutrient deficiency, *Frontiers in Plant Science*, 6: 317
- Mann, H.B. 1945: Nonparametric tests against trend, *Econometrica*, 13: 245-259
- Marschner, H. 2002: 8 - Functions of Mineral Nutrients: Macronutrients, *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Second Edition)*, Academic Press, 229-312, San Diego
- McDowell, N.G., D.J. Beerling, D.D. Breshears, R.A. Fisher, K.F. Raffa, M. Stitt 2011: The interdependence of mechanisms underlying climate-driven vegetation mortality, *Trends in Ecology and Evolution*, 26: 523-532

- McDowell, N.G., W.T. Pockman, C.D. Allen, D.D. Breshears, N. Cobb, T. Kolb, J. Plaut, J. Sperry, A. West, D.G. Williams, E.A. Ypez 2008: Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought?, *New Phytologist*, 178: 719-739
- McKee, T.B., N.J. Doesken, J. Kliest Year: Published: The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society: Boston, MA, USA, 179–184, Anaheim, CA, USA
- Mellert, K.H., A. Göttele 2012: Comparison of new foliar nutrient thresholds derived from van den Burg's literature compilation with established central European references, *European Journal of Forest Research*, 131: 1461-1472
- Mihajlović, D. 2006: Monitoring the 2003–2004 meteorological drought over Pannonian part of Croatia, *International Journal of Climatology*, 26: 2213-2225
- Millard, S.P. 2013: *EnvStats*, an R Package for Environmental Statistics, Springer, New York
- Mohamed, A.D., J. Ranger, E. Dambrine, M. Bonneau, D. Gelhaye, A. Granier 1993: The effects of limestone and of limestone plus NPK fertilization on the soil and mass balance of a spruce stand (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Vosges mountains, *Forest Ecology and Management*, 60: 291-310
- Nilsson, L., R. Hüttel, U. Johansson, H. Jochheim 1995: Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems—present status and future research directions, *Nutrient Uptake and Cycling in Forest Ecosystems*, Springer, 5-13
- Nys, C. 1989: Fertilisation, de pe'rissement et production de le'pice'a commun (*Picea abies*) dans les Ardennes, *Rev For Fr*, 41: 336–347
- Peters, G.-J. 2017: *userfriendlyscience*: Quantitative analysis made accessible.
- Piovesan, G., F. Biondi, M. Bernabei, A. Di Filippo, B. Schirone 2005: Spatial and altitudinal bioclimatic zones of the Italian peninsula identified from a beech (*Fagus sylvatica* L.) tree-ring network, *Acta Oecologica*, 27: 197-210
- Polák, T., B.N. Rock, P.E. Campbell, J. Soukupová, B. Solcová, K. Zvára, J. Albrechtová 2006: Shoot growth processes, assessed by bud development types, reflect Norway spruce vitality and sink prioritization, *Forest Ecology and Management*, 225: 337-348
- Potočić, N., T. Čosić, I. Pilaš, I. Seletković 2003: Utjecaj matične podloge i tipa tla na ishranu obične jele (*Abies alba* Mill.), *Radovi (Hrvat. Šumar. inst.)*, 32: 125-146
- Potočić, N., I. Seletković, D. Ugarković, A. Jazbec, S. Mikac 2008: The influence of climate properties on crown condition of Common beech (*Fagus sylvatica* L.) and Silver fir (*Abies alba* Mill.) on Velebit, *Periodicum biologorum*, 110: 145-150
- Potočić, N., V. Timmermann, M. Ognjenović 2018: Tree crown condition in 2017, In: MICHEL, A., SEIDLING, W. & ANNE-KATRIN, P. (eds.) *Forest Condition in Europe: 2017 Technical Report of ICP Forests*. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests.
- Prislán, P., K. Čufar, M. De Luis, J. Gričar 2018: Precipitation is not limiting for xylem formation dynamics and vessel development in European beech from two temperate forest sites, *Tree Physiology*, 38: 186-197
- Prislán, P., J. Gričar, K. Čufar, M. de Luis, M. Merela, S. Rossi 2019: Growing season and radial growth predicted for *Fagus sylvatica* under climate change, *Climatic Change*,
- Prpić, B., Z. Seletković Year: Published: Radial Increment of the Fir in the Faculty Forest of Zalesina as to the Climatic Excesses and Input of Pollutants. 6. IUFRO-Tannensymposium,
- R Core Team 2016: *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Raghavendra, A.S., V.K. Gonugunta, A. Christmann, E. Grill 2010: ABA perception and signalling, *Trends in Plant Science*, 15: 395-401
- Raitio, H. 1993: Chemical needle analysis as a diagnostic and monitoring method, In: NILSSON, L., HÜTTL, R. F. & JOHANSSON, U. (eds.) *Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems*, Kluwer Academic Publishers Dordrecht
- Rautio, P., A. Fürst, K. Stefan, H. Raitio, U. Bartels 2016: Part XII: Sampling and Analysis of Needles and Leaves., In: ECOSYSTEMS, T. I. O. F. (ed.) *UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*, Eberswalde, Germany.
- Ruida, Z., C. Xiaohong, W. Zhaoli, L. Chengguang 2018: scPDSI: Calculation of the Conventional and Self-Calibrating Palmer Drought Severity Index.
- Rybníček, M., P. Čermák, T. Žid, T. Kolář, M. Trnka, U. Büntgen 2015: Exploring Growth Variability and Crown Vitality of Sessile Oak (*Quercus Petraea*) in the Czech Republic, *Geochronometria*, 42: -1
- Seidling, W., D. Ziche, W. Beck 2012: Climate responses and interrelations of stem increment and crown transparency in Norway spruce, Scots pine, and common beech, *Forest Ecology and Management*, 284: 196-204
- Seletković, I., N. Potočić, D. Ugarković, A. Jazbec, R. Pernar, A. Seletković, M. Benko 2009: Climate and relief properties influence crown condition of common beech (*Fagus sylvatica* L.) on the Medvednica massif, *Periodicum Biologorum*, 111: 435-441
- Seletković, Z., I. Tikvić, B. Prpić 2003: Ecological constitution of Common beech, In: MATIĆ, S. (ed.) *Common beech (Fagus sylvatica L.) in Croatia*, Academy of Forestry sciences Zagreb
- Sen, P.K. 1968: Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau, *Journal of the American Statistical Association*, 63: 1379-1389
- Sikström, U. 2002: Effects of liming and fertilization (N, PK) on stem growth, crown transparency, and needle element concentrations of *Picea abies* stands in southwestern Sweden, *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 1717-1727
- Simon, A., A. Wild 1998: Mineral nutrients in leaves and bast of pedunculate oak (*Quercus Robur* L.) at different states of defoliation, *Chemosphere*, 36: 955-959
- Solberg, S. 1999: Crown condition and growth relationships within stands of *Picea abies*, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14: 320-327
- Spinoni, J., T. Antofie, P. Barbosa, Z. Bihari, M. Lakatos, S. Szalai, T. Szentimrey, J. Vogt 2013: An overview of drought events in the Carpathian Region in 1961–2010, *Advances in Science and Research*, 10: 21-32
- Spohn, M., A. Zavišić, P. Nassal, F. Bergkemper, S. Schulz, S. Marhan, M. Schloter, E. Kandel, A. Polle 2018: Temporal vari-

- ations of phosphorus uptake by soil microbial biomass and young beech trees in two forest soils with contrasting phosphorus stocks, *Soil Biology and Biochemistry*, 117: 191-202
- Stjepanović, S., B. Matović, D. Stojanović, B. Lalić, T. Levanić, S. Orlović, M. Gutalj 2018: The Impact of Adverse Weather and Climate on the Width of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) Tree Rings in Southeastern Europe, *Atmosphere*, 9
  - Stojanović, D.B., T. Levanić, B. Matović, S. Stjepanović, S. Orlović 2018: Growth response of different tree species (oaks, beech and pine) from SE Europe to precipitation over time, *Dendrobiology*, 79: 97-110
  - Stokes, M.A., T.L. Smiley 1968: An Introduction to Tree-Ring Dating, The University of Chicago Press,
  - Šegota, T., A. Filipčić 2017: Köppen's classification of climates and the problem of corresponding Croatian terminology, *Geoadria*, 8: 21
  - Tikvić, I., Ž. Španjol, D. Ugarković, Z. Seletković, D. Barčić 2006: The development of leaf phenophases of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Croatia in relation to ecological factors, *Periodicum Biologorum*, 108: 677-682
  - Timmermann, V., N. Potočić, T. Sanders, S. Trotzer, W. Seidling 2017: Tree crown condition and damage causes., In: MICHEL, A. & SEIDLING, W. (eds.) *Forest Condition in Europe: 2017 Technical Report of ICP Forests*. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLR-TAP). Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests.
  - Uemura, A., A. Ishida, T. Nakano, I. Terashima, H. Tanabe, Y. Matsumoto 2000: Acclimation of leaf characteristics of *Fagus* species to previous-year and current-year solar irradiances, *Tree Physiology*, 20: 945-951
  - Van Praag, H., F. Weissen 1976: Nutrition azotée des peuplements forestiers ardennais, *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*, 83: 175-188
  - Wallace, A., R.T. Mueller 1980: Calcium uptake and distribution in plants, *Journal of Plant Nutrition*, 2: 247-256
  - Watson, R.T., M.C. Zinyowera, R.H. Moss 1998: The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability, Cambridge University Press,
  - Welch, B.L. 1951: On the Comparison of Several Mean Values: An Alternative Approach, *Biometrika*, 38: 330-336
  - Wickham, H. 2009: *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*, Springer-Verlag New York,
  - Yang, N., A. Zavišić, R. Pena, A. Polle 2016: Phenology, photosynthesis, and phosphorus in European beech (*Fagus sylvatica* L.) in two forest soils with contrasting P contents, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 179: 151-158
  - Zang, C., F. Biondi 2015: treeclim: an R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships, *Ecography*, 38: 431-436
  - Zavišić, A., A. Polle 2018: Dynamics of phosphorus nutrition, allocation and growth of young beech (*Fagus sylvatica* L.) trees in P-rich and P-poor forest soil, *Tree Physiology*, 38: 37-51
  - Zierl, B. 2004: A simulation study to analyse the relations between crown condition and drought in Switzerland, *Forest Ecology and Management*, 188: 25-38
  - Zimmermann, J., M. Hauck, C. Dulamsuren, C. Leuschner 2015: Climate Warming-Related Growth Decline Affects *Fagus sylvatica*, But Not Other Broad-Leaved Tree Species in Central European Mixed Forests, *Ecosystems*, 18: 560-572

## SAŽETAK

Međuovisnosti različitih uobičajenih indikatora vitaliteta obične bukve (osutost krošnje, stanje ishrane, širina goda) kao i njihove moguće ovisnosti o klimatskim uvjetima istraživani su tijekom razdoblja od dvanaest godina u zreloj i zdravoj sastojini bukve na plohi intenzivnog motrenja br. 103 (Sljeme). Ploha se nalazi u sastojini bukve i jele (*Festuco drymeiae* – *Abietetum Vukelić et Baričević* 2007) na Medvednici, na 954 m nadmorske visine i južnoj ekspoziciji.

Naši rezultati potvrđuju važnost temperature za osutost, jer visoke temperature tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci utječu na porast osutosti. Isti negativan utjecaj je zabilježen u slučaju visokih maksimalnih temperatura i niske količine oborine u ljeto prethodne godine. Bukva je bila osobito osjetljiva na sušne godine ili natprosječno tople godine koje se pojavljuju u nizu.

Ishrana bukovih stabala fosforom, kalcijem i magnezijem lošija je u slučaju visokih temperatura tijekom ljeta tekuće godine, a poboljšava se porastom oborine. Također, u našem istraživanju utvrdili smo negativnu korelaciju koncentracije kalija u lišću sa širinom godova. Smatramo kako se ne radi o negativnom učinku kalija na rast bukve, već o posljedici slabijeg usvajanja kalcija u sušnim godinama.

Visoke temperature u svibnju tekuće godine pozitivno utječu na prirast, dok široki raspon minimalnih temperatura tijekom ožujka i lipnja ima negativan učinak. Nije utvrđen izravan utjecaj oborine na širinu goda.

Ukratko, visoke ljetne temperature i niske količine oborine negativno utječu, izravno ili neizravno, na sve istraživane indikatore, a kod osutosti i ishrane taj efekt može biti značajan i u sljedećoj godini.

**KLJUČNE RIJEČI:** osutost; stanje ishrane; širina goda; suša; vitalitet



## 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.

# RESPONSE OF BLACK ALDER (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN.) TO SELECTIVE THINNING OF VARIOUS INTENSITIES: A HALF-CENTURY STUDY IN NORTHEASTERN SLOVENIA

## ODZIV CRNE JOHE (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) NA RAZLIČITE INTENZITETE SELEKTIVNE PRORJEDE: PEDESETGODIŠNJA ISTRAŽIVANJA U SJEVEROISTOČNOJ SLOVENIJI

Simon LENDVAI<sup>1</sup>, Jurij DIACI<sup>2</sup>, Dušan ROŽENBERGAR<sup>2</sup>

### SUMMARY

Pure black alder stands are specific and require adapted silvicultural models. To determine the best intensity of selective thinning in such stands, research plots were established in Polanski Log in 1967. Three thinning intensities were selected: control, moderate and high. These stands are presently in a mature phase. In 1967, 1973, 1979, 1983, 1993, 1998 and 2018 diameter at breast height was measured and social status, vitality, tendency, silvicultural role, crown length and overall quality were estimated. The differences in black alder responses to thinning intensities were analysed and the results were compared with recommendations for selective high thinning and newer crop tree situational thinning models. Diameter increments were lower than expected regardless of thinning intensity. In moderately thinned plots and control plots diameter increment was the same (0.33 cm/year); high intensity thinning plots showed higher increment (0.37 cm/year). Dominant trees had slightly higher increment regardless of thinning model. Compared to thinning models with a lower number of crop trees, density and basal area of studied stands were significantly higher and diameter increments lower. We attribute the small diameter increments and small differences among thinning models to insufficient intensity and partially to inconsistent thinning. The results indicate that thinning must be of higher intensity and the largest-diameter trees which display the best vigour, quality, tendency, and which have well formed, long crowns, must be promoted from the beginning.

**KEY WORDS:** black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), thinning, diameter increment, traditional selection model, situational thinning model

### INTRODUCTION

#### UVOD

In central Europe the selective thinning is a widespread practice for tending young and mature forest stands. With it, crop trees in regular spacing across the whole stand are

favoured with removal of competing inferior trees. The density of crop tree decreases with age and their grid may adapt with each new entry (Schädelin, 1934). Conventional black alder thinning models were based on long rotations, sometimes longer than 100 years, which accelerated root rot formation (Claessens et al., 2010). Authors of traditio-

<sup>1</sup> Simon Lendvai, dipl. ing. šum. (simon.lendvai@gmail.com), Vučja vas 20, 9242 Križevci pri Ljutomeru, Slovenia

<sup>2</sup> Prof. dr. sc. Jurij Diaci (jurij.diaci@bf.uni-lj.si), Doc. dr. sc. Dušan Roženberger (dušan.rozenberger@bf.uni-lj.si), University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, Slovenia

**Table 1:** Principal guidelines of different thinning models**Tablica 1:** Osnovne smjernice različitih modela prorjeđivanja

|                                                                                                         | Source<br><i>Izvor</i>                                                           | Final no. of crop trees /ha<br><i>Konačni broj stabala/ha</i> | First thinning<br><i>Prva prorjeda</i>                                                                                                                        | Rotation (years)<br><i>Ophodnja (godine)</i> | Target diameter (cm)<br><i>Ciljani promjer (cm)</i> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Traditional models with selection thinning<br><i>Tradicionalni modeli sa selektivnim prorjeđivanjem</i> | Nemesszeghy (1986)<br>Rauš (1975)<br>Mlinšek (1961)<br>Kecman (1999)             | 300–350, 160 selected trees/ <i>odabranih stabala</i>         | Year 8–10/<br><i>8.-10. godina</i><br>Year 10/<br><i>10. godina</i><br>Year 6–7/<br><i>6.-7. godina</i>                                                       | 50–60                                        |                                                     |
| Newer models with fewer selected trees<br><i>Noviji modeli s manjim brojem odabranih stabala</i>        | Fennessy (2004)<br>Claessens (2004),<br>Claessens et al. (2010)<br>Lockow (2003) | 100–120<br>70–100<br>117                                      | At 6–7 m of branch free stem/ <i>uzgojeno</i><br><i>6–7 m čistog stabla</i><br>Year 10, 6 m of branch free stem/ <i>10 godini, uzgojeno 6 m čistog stabla</i> | 50–70<br>60–80                               | 50–60                                               |

nal black alder thinning models in Slovenia (Mlinšek, 1961; Nemesszeghy, 1986; Kecman, 1999) advocated shorter rotations, 50–60 years (Table 1). Subsequent studies found that thinning promotes too many crop trees, which requires a significant investment of effort and reduces collective stand stability (Spiecker and Spiecker, 1988; Schütz, J.-Ph., 1996; Arnič et al., 2018). Therefore, they started to develop crop tree situational thinning, which involves one-off selection of a smaller number of trees – which must be the most vigorous and best-quality trees – and final or semi-final spacing of crop trees (Ammann, 2013). Crop tree situational thinning focuses on favouring part of tree population with the highest quality potential; in other segments it is restricted to ensuring stand stability (Rozenberger et al., 2008; Arnič et al., 2018). Development of this thinning method started in the 1990s (Claessens et al., 2010) but it was not yet been tested for black alder stands in Slovenia.

Authors of thinning models with fewer selected trees (Table 1) recommend similar rotations as authors of traditional models, but with less frequent measures (Lockow, 2003; Immler, 2004; Claessens, 2004; Fennessy, 2004; Claessens et al., 2010), and lower densities (70–120 trees / ha) whereas Nemesszeghy (1986) and Rauš (1975) recommend a final density of 250–350 trees / ha, of which 160 are selected trees / ha. Most authors of traditional selection thinning models and models with a smaller number of selected trees advocate early thinning of alder stands, to be conducted no later than year 10 or at 6 metres of branch free stem (Table 1).

In Slovenia, the stands of pure black alder are mostly located in the Pannonian region, where they form larger forest complexes in Murska Šuma, Črni Log and Polanski Log (Brus, 2015). Polanski Log and Črni Log were studied in the past by Mlinšek (1961) and Nemesszeghy (1986), who contributed to a transition from coppicing to high forest with regular thinning and the production of better-quality

wood with larger diameter. Stand regeneration with coppicing was efficient, but the management method promoted irregular stem growth and accelerated root rot infection. After the Second World War it also turned out that black alder forest can represent an important input for the wood industry, and in recent years demand for high-quality black alder wood has been growing (Utschig, 2003). It is therefore important to develop optimal thinning models for managing such stands.

In 1967 sample plots were established in Polanski Log to monitor two different intensities (moderate and high intensity) of selection thinning compared to a control (no thinning). At present, the stands on these plots are mature and suitable for analysis. This study therefore analysed the development of densities, growing stock, basal area and diameter increments to determine the outcomes of different thinning intensities. We wanted to determine which method is best for pure black alder stands and the scope of differences between tended and untended plots. The results were compared with recommendations and findings of authors of traditional thinning models, and thinning models based on a smaller number of crop trees and less frequent intervention.

## STUDY AREA AND METHODS

### PODRUČJE ISTRAŽIVANJA I METODE

#### Study area – *Područje istraživanja*

Floodplain forests of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) account for just 0.4% (approx. 4708 ha) of total forest area in Slovenia (Čater et al., 2001). The largest black alder areas are found in Russia, Belarus and Ukraine (Pernar et al., 2012, quoted from Zalesov, 2008). The study was conducted in Prekmurje, Slovenia's north-eastern most region (Figure 1). Adjacent to Mala Polana is the Polanski Log forest, which forms a 1,100-hectare complex of lowland floodplain pure black alder forest.



**Figure 1:** Location of Polanski Log on Slovenia map (left) and locations of sample plots in Polanski Log (right)

**Slika 1:** Lokacija Polanskog Loga na karti Slovenije (lijevo) i lokacije pokusnih ploha u Polanskom logu (desno)

The altitude of study plots is approx. 163–165 metres above sea level. Although the terrain is typical lowland with small differences in altitude, such small, barely perceptible differences in altitude have a decisive impact on which species will thrive there (Nemesszeghy, 1986). The Polanski Log developed on gley soils on substrate of Holocene alluvial deposits of loam and clay (Lovrenčak, 1991). In gley soils groundwater is somewhere between 0–80 cm from surface all year, only in summer does the soil dry slightly (Nemesszeghy, 1986; Rauš, 1975). In depressions the groundwater comes to the surface, where it is stagnant or slow-flowing and where it remains longer than in slightly elevated areas (Wraber, 1951). These depressions are ideal black alder growing sites (Mlinšek, 1961; Vukelić and Rauš, 1998). Prekmurje has a sub-Pannonian climate with hot summers and cold winters. Mean annual temperature for 1963–2017 from the nearest meteorological station (Lendava, 190 m a.s.l.) was 10.5 °C, mean annual precipitation for the same period was 797.4 mm (ARSO METEO, 2018). Although precipitation is relatively low, 61% falls during vegetation period, which is favourable for forest vegetation (Nemesszeghy, 1986).

Sample plots were established at four locations. Each plot was divided into three 0.20 ha (40 x 50 m) fields representing different treatments: control, moderate thinning, high intensity thinning. The fields were separated by a 20 m buffer zone. In moderately thinned fields the strongest competitors of selected trees and some dominant trees of low quality were removed. In high intensity thinning fields all competitors and advanced regeneration of poor quality were removed (Kecman, 1999). As well-established, the thinning intensity decreased with the developmental stage of stands. For example, the thinning intensity of 40-year-old stands relative to the growing stock was approximately 13% and 20%, respectively.

Below is a brief description of each plot. Plot 4 is the oldest plot with trees aged 100–105 years. It was included in the experiment in 1967. In the subsequent years moderate and

high intensity thinning fields were carried out three times (Table 2). After 1986 there were no more measures on this plot because the area on which the plot is located was designated a protected forest. After change of ownership it was changed to its present status of forest reserve in which logging is banned.

Plot 5 was formed in 1970 with the planting of two-year saplings with a density of 10,000 saplings/ha (Table 2). The trees are presently about 50 years old. Until age 12, when the first thinning was performed in the thinned fields, ground vegetation was cleared and removed. At stand age 18 the second and final thinning was conducted.

Plot 11 was established with planting of 10,000 saplings/ha in 1963 (Table 2). First thinning was conducted at stand age 16 in the moderately thinned field and stand age 12 in the high intensity thinning field. Subsequent thinning in both fields was conducted at stand ages 38, 51 and 57. The final thinning was also conducted in the control field, just before the final measurement in 2018.

Trees on plot 12 are currently 66–72 years old, at the start of the experiment they were approximately 17 years old. Since then three thinnings were conducted in moderate and high intensity thinning fields (Table 2). There were no measures in the last 30 years.

## METHODS

### METODE

All trees in the fields were numbered and at each measurement their diameter at breast height (dbh) was measured using a diameter tape. Seven measurements were conducted on the plots (1967, 1973, 1979, 1983, 1993, 1998, 2018), except on plot 5, where five measurements were conducted (1975, 1980, 1993, 1998, 2018). Using IUFRO classification (Ouellet and Zarnovican, 1988), the trees were classified at measurement by social position, development class, evolutive trend, silvicultural role, crown length and

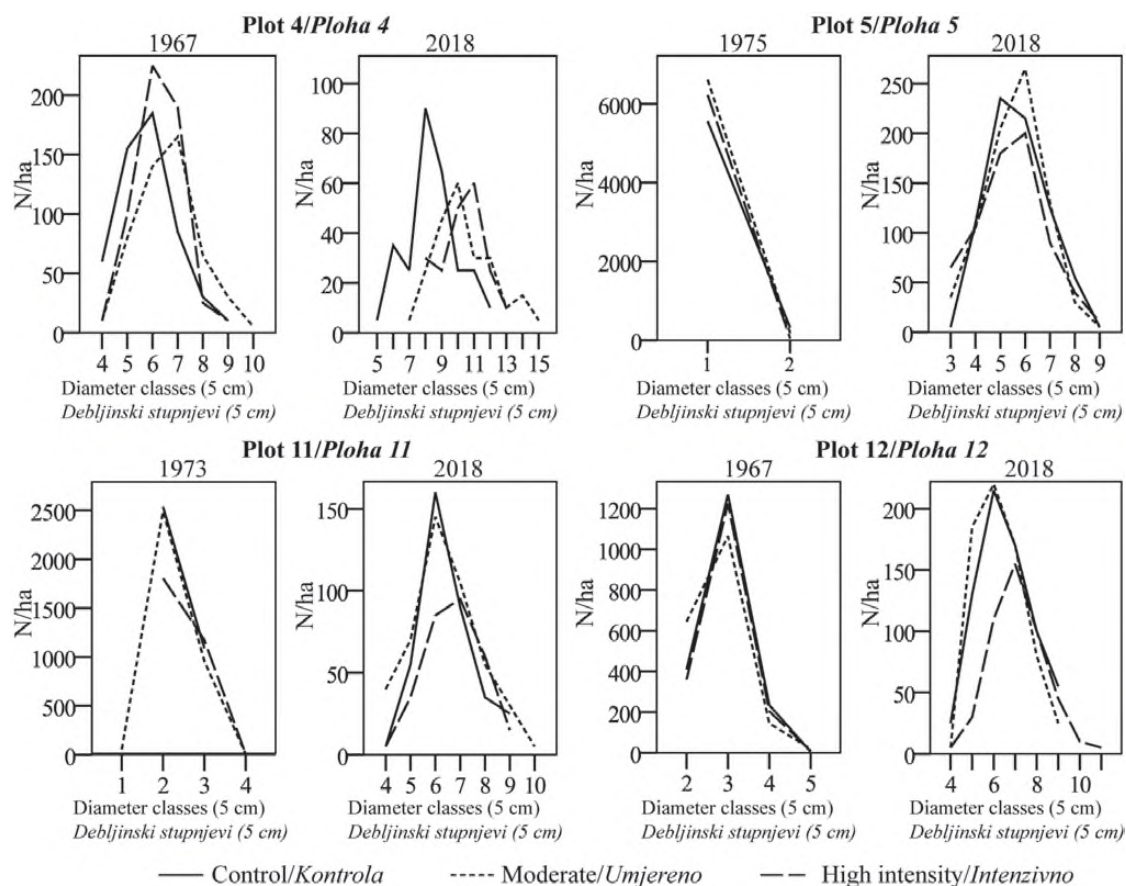
**Table 2:** Silvicultural measures on plots by treatment

Tablica 2: Šumskouzgojni postupci po ploham i tretiranju

|                            |                                                                                                                                                                                                                                   | Treatment/Tretiranje                                                                         |                                                                                              |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Control<br><i>Kontrola</i> |                                                                                                                                                                                                                                   | Moderate<br><i>Umjereno</i>                                                                  | High intensity<br><i>Intenzivno</i>                                                          |
| Plot 4<br><i>Ploha 4</i>   | No measures<br><i>Bez intervencije</i>                                                                                                                                                                                            | Thinning at stand age 52, 58 and 65 years<br><i>Prorjeda u dobi od 52, 58 i 65 godina</i>    |                                                                                              |
|                            | From stand age approx. 70 part of protected forest, eventually forest reserve (no measures)<br><i>Od približno 70. godine starosti sastojine ploha je uključena u šumski rezervat, kasnije ekološka stanica, bez intervencije</i> |                                                                                              |                                                                                              |
| Plot 5<br><i>Ploha 5</i>   |                                                                                                                                                                                                                                   | Planting in 1970, 10,000 saplings/ha<br><i>1970. godine posađeno je 10.000 sadnica/ha</i>    |                                                                                              |
|                            | No measures<br><i>Bez intervencije</i>                                                                                                                                                                                            | Thinning at stand age 12 and 18<br><i>Prorjeda u dobi od 12 i 18 godina</i>                  |                                                                                              |
| Plot 11<br><i>Ploha 11</i> |                                                                                                                                                                                                                                   | Planting in 1963, 10,000 saplings/ha<br><i>1963. godine posađeno je 10.000 sadnica/ha</i>    |                                                                                              |
|                            | Thinning at age 57<br><i>Prorjeda u dobi od 57 godina</i>                                                                                                                                                                         | Thinning at stand age 16, 38, 51 and 57/<br><i>Prorjeda u dobi od 16, 38, 51 i 57 godina</i> | Thinning at stand age 12, 38, 51 and 57/<br><i>Prorjeda u dobi od 12, 38, 51 i 57 godina</i> |
| Plot 12<br><i>Ploha 12</i> | No measures<br><i>Bez intervencije</i>                                                                                                                                                                                            | Thinning at stand age 18, 29 and 39<br><i>Prorjeda u dobi od 18, 29 i 39 godina</i>          |                                                                                              |

quality (Table 3). In 2018, we also measured the height of ten trees in upper stratum on each plot. Height was measured using Haglöl Vertex IV instrument.

The collected data was processed using IBM SPSS Statistics 22.0 and R Version 3.5.2 (R Core Team, 2018). Results were presented separately for all living trees and for dominant

**Figure 2:** Diameter structure by plot and method at first and last measurement

Slika 2: Debljinska struktura po ploham i metodama rada pri prvom i posljednjem mjerenju

**Table 3:** Classification of trees in plots**Tablica 3:** Razvrstavanje stabala na plohama

|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Social position<br><i>Pripadnost etaži</i>    | 1 – upper stratum (up to 1/3 of upper tree height)/ <i>gornji sloj (do 1/3 gornje visine stabla)</i> ,<br>+ predominant/ <i>predominantna</i> ,<br>° dominant/ <i>dominantna</i> ,                                                                                                                                                               |
|                                               | – co-dominant trees/ <i>kodominantna stabla</i> ,                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Development class<br><i>Vitalnost</i>         | 2 – middle stratum (from 1/3 to 2/3 of upper tree height)/ <i>srednji sloj (od 1/3 do 2/3 gornje visine stabla)</i> ,                                                                                                                                                                                                                            |
|                                               | 3 – lower stratum (under 1/3 of upper tree height)/ <i>donji sloj (ispod 1/3 gornje visine stabla)</i>                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                               | 1 – great vigour and responsiveness capacity of individual/ <i>velika vitalnost i sposobnost reakcije pojedinca</i> ,                                                                                                                                                                                                                            |
| Evolutive trend<br><i>Uzgojna perspektiva</i> | 2 – moderate vigour and responsiveness capacity of individual/ <i>umjerena vitalnost i sposobnost reakcije pojedinca</i> ,                                                                                                                                                                                                                       |
|                                               | 3 – poor vigour and responsiveness capacity of individual/ <i>loša vitalnost i sposobnost reakcije pojedinca</i>                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                               | 1 – sociologically progressive tree (noticeable tendency to dominate)/ <i>sociološki progresivno stablo (primjetna tendencija za dominacijom)</i> ,                                                                                                                                                                                              |
| Silvicultural role<br><i>Uzgojna uloga</i>    | 2 – sociologically stable trees (noticeable keeping up with surrounding individuals)/ <i>sociološki stabilna stabla (primjetno da budu u korak s okolnim pojedincima)</i> ,                                                                                                                                                                      |
|                                               | 3 – sociologically regressive (noticeable regression compared to surrounding individuals)/ <i>sociološka regresivna stabla (vidljiva regresija u odnosu na okolne pojedince)</i>                                                                                                                                                                 |
|                                               | 4 – crop (superior) trees/ <i>odabrana stabla</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Crown length<br><i>Duljina krošnje</i>        | 5 – indifferent trees/ <i>indiferentna stabla</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                               | 6 – competitors/ <i>konkurentna stabla</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                               | 4 – long crown (> 1/2 of total tree height)/ <i>duga krošnja (&gt; 1/2 ukupne visine stabla)</i>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Quality<br><i>Kvaliteta</i>                   | 5 – average crown (from 1/2 to 1/4 of total tree height)/ <i>srednja krošnja (od 1/2 do 1/4 ukupne visine stabla)</i>                                                                                                                                                                                                                            |
|                                               | 6 – short crown (< 1/4 of total tree height)/ <i>kratka krošnja (&lt; 1/4 ukupne visine stabla)</i>                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                               | 1 – trees without defects, with all characteristics to develop into logs of high standard/ <i>stabla bez pogreška, sa svim karakteristikama da se razviju u trupce visokog standarda</i> ,                                                                                                                                                       |
|                                               | 2 – trees that cannot be classified as highest quality; defects may affect log formation in the lower third to a smaller degree or can be predicted to disappear/ <i>stabla koja se ne mogu svrstati u najkvalitetnije; nedostaci mogu u manjoj mjeri utjecati na stvaranje trupaca u donjoj trećini ili se može predvidjeti da će nestati</i> , |
|                                               | 3 – other trees/ <i>ostala stabla</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

trees, classified as the 100 largest-dbh crop trees per hectare. To compare the diameter structure, we classified trees into diameter classes (5 cm): 1 (0–4.9 cm), 2 (5–9.9 cm), 3 (10–14.9 cm), 4 (15–19.9 cm), 5 (20–24.9 cm), 6 (25–29.9 cm), 7 (30–34.9 cm), 8 (35–39.9 cm), 9 (40–44.9 cm), 10 (45–49.9 cm), 11 (50–54.9 cm), 12 (55–59.9 cm), 13 (60–64.9 cm), 14 (65–69.9) and 15 (70–74.5 cm). The growing stock was calculated using modified French tables for even-aged stands (Schaeffer tariffs) as usual in Slovenia (Kotar, 2007). We adopted the tariff class from the Slovenian Forest Service. Diameter increment was calculated based on the difference between the first and last diameter measurement. Diameter increment was modelled with linear mixed-effects model (LMM) where three repetitions (i.e. plots) were considered as random factors. Final model was selected following a top-down approach (Zuur et al., 2009). For model diagnostics of all model types, we examined confidence intervals of parameters and analysed sets of graphical summaries proposed by Robinson and Hamann (2011).

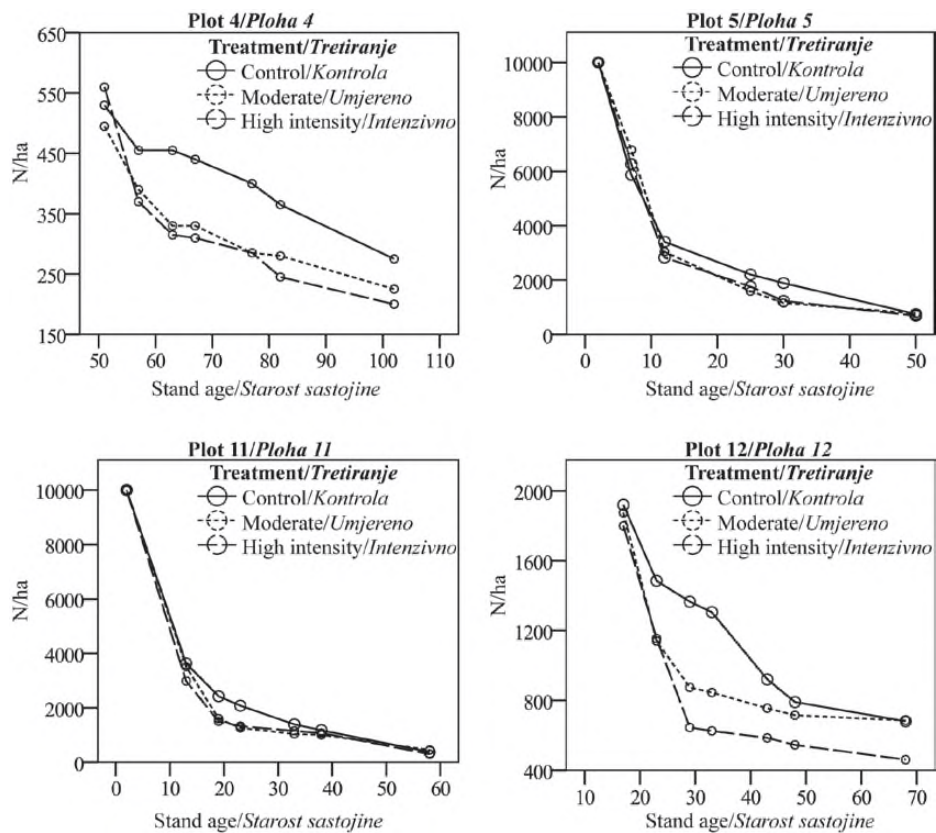
## RESULTS REZULTATI

By design the plots were of different ages at the start of the experiment, which made it possible to analyse the development of pure black alder stands from stand initiation to

over 100 years of age. In Polanski Log black alder stands are regenerated by planting; study plots 5 and 11 had 10,000 saplings/ha planted (Figure 3). The first data on diameter structure (Figure 2) is available several years after planting. At stand age of approximately 7 years, most trees on plot 5 were in diameter class 1 irrespective of the thinning model.

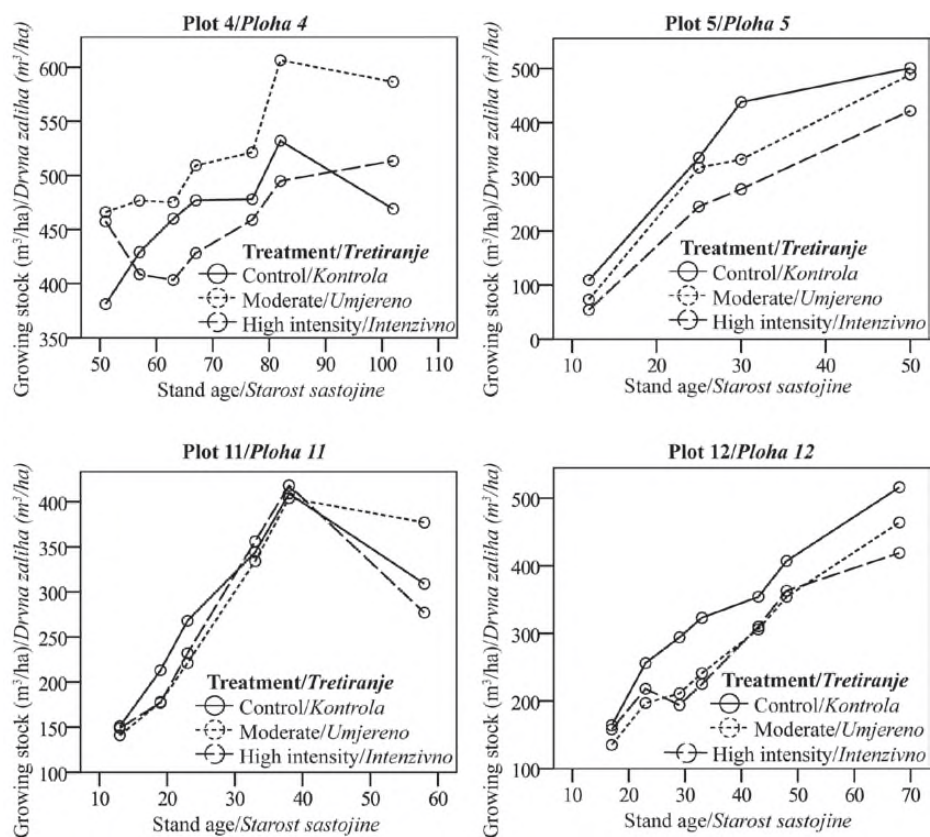
For plot 11 the first data on diameter structure is available at stand age approximately 13 years. At that point the majority of trees were in diameter class 2 and 3, with negligible differences among thinning models. The next diameter structure data is available for plot 12 at stand age 17. Irrespective of the thinning model, trees in diameter classes 2, 3 and 4 dominated. Between stand age 10 and 20, densities on plots were between 1,500–2,985 trees/ha in high intensity thinning fields and 1,920–3,630 in control fields (Figure 3). In the same period growing stock was 54–177 m<sup>3</sup>/ha in high intensity thinning fields and higher in control fields, 109–213 m<sup>3</sup>/ha (Figure 4). Basal area at this stand age was 12–22 m<sup>2</sup>/ha in high intensity thinning fields and 18–26 m<sup>2</sup>/ha in control fields (Figure 5).

Until approximately stand age 30, densities dropped to 625–1,235 trees/ha in high intensity thinning fields and 1,305–1,890 trees/ha in control fields (Figure 3). Growing stock increased to 194–356 m<sup>3</sup>/ha in high intensity thinning fields and 294–438 m<sup>3</sup>/ha in control fields (Figure 4). Basal area



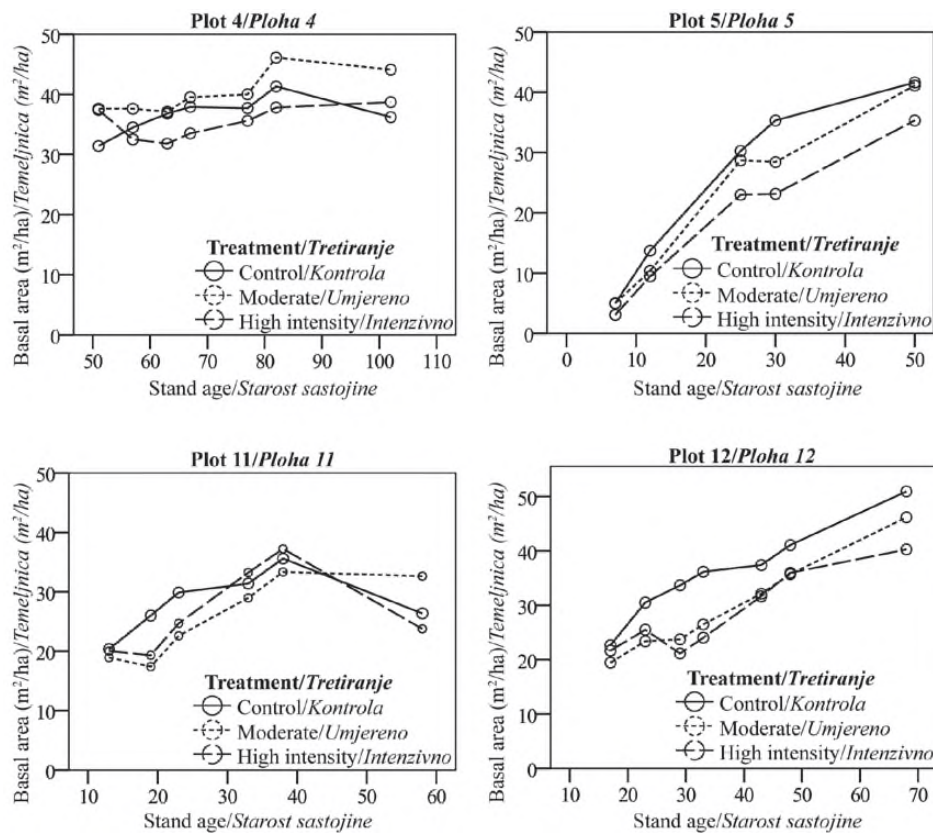
**Figure 3:** Change in number of trees over time by plot and thinning intensities

**Slika 3:** Promjene u broju stabala prema starosti sastojine na plohama s obzirom na intenzitet prorjeda



**Figure 4:** Development of growing stock over time by plot and thinning intensities

**Slika 4:** Razvoj drvene zalihe prema starosti sastojine na plohama s obzirom na intenzitet prorjeda



**Figure 5:** Development of basal area over time by plot and thinning intensities

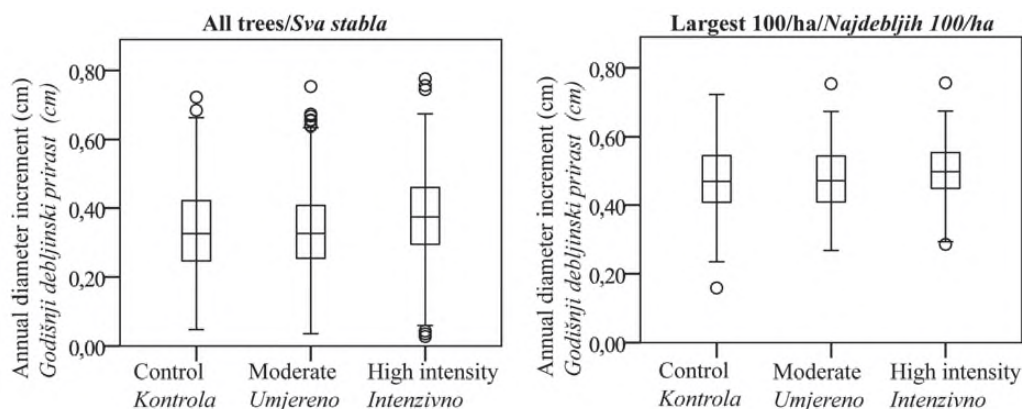
**Slika 5:** Razvoj temeljnice prema starosti sastoje na plohama s obzirom na intenzitet prorjeda

rose as well, to 21–34 m²/ha in high intensity thinning fields and 34–42 m²/ha in control fields (Figure 5).

At the end of rotation, at stand age 50–70, densities in high intensity thinning fields were 295–690 trees/ha (Figure 3); in control fields they were 370–790 trees/ha. At the end of the rotation densities were very similar in control fields and moderately thinned fields, but always lowest in high intensity thinning fields. Growing stock at the end of rotation was 277–458 m³/ha in high intensity thinning fields and higher in control fields, 309–516 m³/ha (Figure 4). The

highest growing stock was recorded on plot 4, where it exceeded 600 m³/ha in a moderately thinned field at stand age approximately 80 years. Between first measurement and the measurement in 2018, growing stock increased the least in high intensity thinning fields regardless of plot. Between stand ages 50 and 70 basal area was even higher 23–41 m²/ha in high intensity thinning fields and 26–51 m²/ha in control fields.

Development of pure black alder stands throughout the rotation period can be monitored at plot 4. We found that

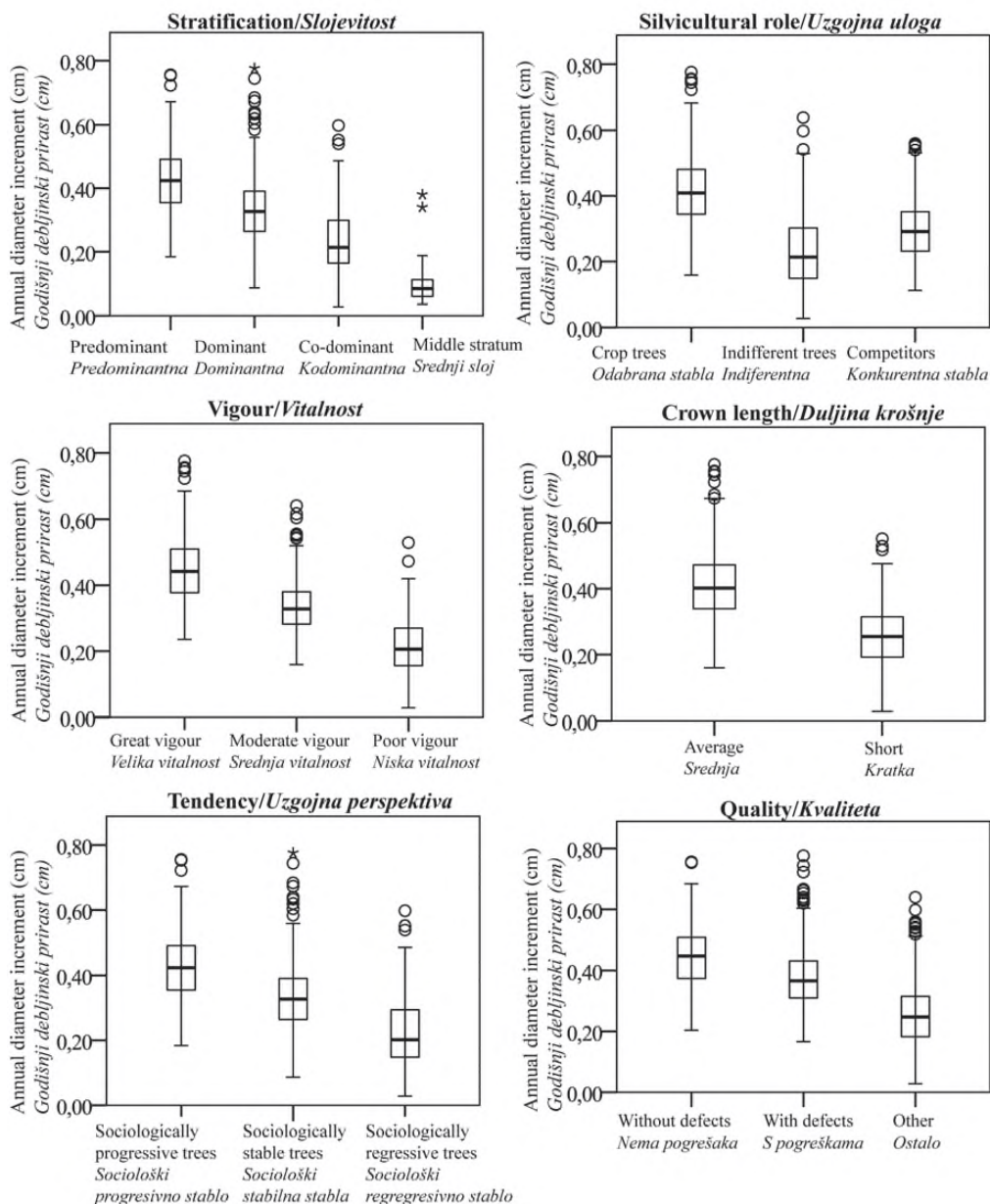


**Figure 6:** Annual diameter increment by tending model for all trees (left) and the 100 trees/ha with largest dbh (right) (circles=outliers)

**Slika 6:** Godišnji debljinski prirast prema metodama rada za sva stabla (lijevo) i najdeblja 100 stabla/ha (desno) (krugovi=outlier)

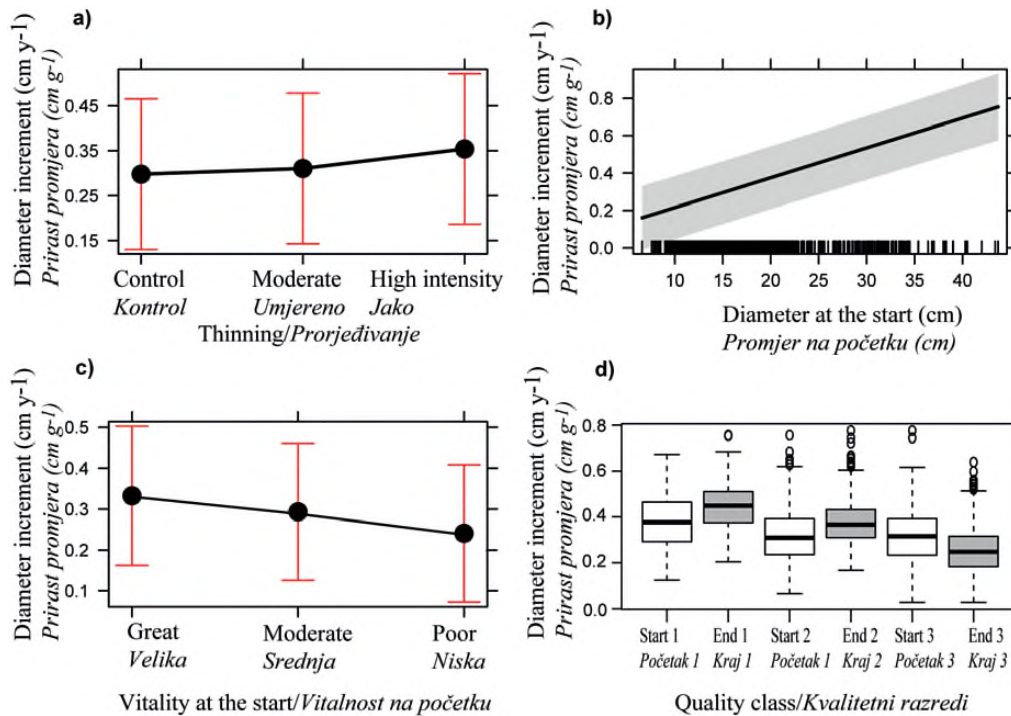
growing stock and basal area started to decline or stagnate after the stand was approximately 80 years old (Figures 4 and 5). At the start of monitoring of plot 4, at stand age approximately 51, most of the trees in moderately and high intensity thinning fields were in diameter class 6 and 7 (Figure 2). The control field has a slightly higher proportion of trees in diameter classes 4 and 5 compared to the thinning fields; 51 years later, the control field still had a noticeably higher proportion of trees in lower diameter classes. Regardless of thinning model, most trees gained 3–4 diameter classes. On other plots trees gained 3–4 diameter classes as well, despite lower age.

Annual diameter increment of trees in control fields and moderately thinned fields was practically the same, averaging 0.33 cm/year. In high intensity thinning fields it was slightly higher, on average 0.37 cm/year (Figure 6). Using statistical analysis, we determined statistically significant differences among thinning models ( $\chi^2 = 29.540$ ;  $p < 0.001$ ). There were statistically significant differences in annual diameter increments between high intensity and moderate intensity thinning fields ( $\chi^2 = 120.744$ ;  $p < 0.001$ ) and between high intensity thinning and control fields ( $\chi^2 = -119.383$ ;  $p < 0.001$ ). There were no statistically significant differences between moderately thinned and control fields



**Figure 7:** Impact of stratum, vigour, tendency, silvicultural role, crown length and quality on annual diameter increment (circles=outliers, stars=extreme outliers)

**Slika 7:** Utjecaj slojevitosti, vitalnosti, uzgojne perspektive, uzgojne uloge stabla, duljine krošnje i kvalitete na godišnji debljinski prirast (krugovi= outlier, zvijezde=ekstremni outlier)



**Figure 8:** Results from linear mixed-effects models (a, b, c). Predicted diameter increment with 95% confidence intervals (grey area or error bars) as a function of (a) thinning type, (b) diameter at the start of experiment and (c) vitality class at the start of experiment. (d) Measured diameter increment as a function of trunk quality classes at the start and at the end of experiment (N = 1178).

**Slika 8:** Rezultati linearnih modela miješanih efekata (a, b, c). Predviđeni porast promjera s intervalima pouzdanosti od 95% (šiva površina ili trake pogrešaka) kao funkcija (a) vrste prorjeđivanja, (b) promjera na početku pokusa i (c) razreda vitalnosti na početku pokusa. (d) Izmjereno povećanje promjera kao funkcija klase kvalitete stabla na početku i na kraju pokusa (N = 1178).

( $\chi^2 = 1.361$ ;  $p = 0.954$ ). In 2018 the mean tree heights per treatment were 31.0, 31.6 and 30.9 m in control, moderate, and high thinning intensity, respectively and were not statistically significant ( $\chi^2 = 0.117$ ;  $p = 0.943$ ).

Average annual diameter increment was highest for predominant trees (n=391), 0.43 cm/year (Figure 7), slightly lower for dominant trees (n=555), 0.33 cm/year, and even lower for co-dominant trees (n=207), 0.24 cm/year and trees in the middle stratum (n=25), 0.11 cm/year ( $\chi^2 = 410.056$ ;  $p < 0.001$ ). The most vigorous trees (n=408) added 0.45 cm/year on average (Figure 7), moderately vigorous trees (n=463) 0.12 cm/year less than the most vigorous trees, and the least vigorous trees had diameter increment of only 0.21 cm/year ( $\chi^2 = 649.661$ ;  $p < 0.001$ ). Sociologically progressive trees (n=391) on average grew faster (0.43 cm/year) than sociologically stable trees (n=555), which averaged 0.33 cm/year (Figure 7) and sociologically regressive trees (n=232), which grew 0.22 cm/year ( $\chi^2 = 401.944$ ;  $p < 0.001$ ).

Crop trees (n=572) had higher average annual diameter increment than competitors (n=396) and indifferent trees (n=210), 0.42 cm/year (Figure 7). Competitors grew 0.12 cm/year slower and indifferent trees 0.19 cm/year slower than crop trees ( $\chi^2 = 448.172$ ;  $p < 0.001$ ). Trees with average crown length (n=669) grew on average 0.41 cm/year (Fi-

gure 7), while trees with short crowns (n=508) grew 0.25 cm/year ( $\chi^2 = 497.668$ ;  $p < 0.001$ ). The results are similar for quality (Figure 7): the highest quality (n=195) trees grew fastest, 0.45 cm/year, while those of slightly lower quality (n=539) grew 0.38 cm/year and trees of the lowest quality (n=444) 0.26 cm/year ( $\chi^2 = 405.379$ ;  $p < 0.001$ ).

Among the largest 100 crop trees/ha the differences in annual diameter increments varied little by thinning model as well (Figure 6). The largest crop trees in control fields grew slowest, 0.46 cm/year on average, followed by trees in moderately thinned fields, which averaged 0.48 cm/year. The largest crop trees in high intensity thinning fields grew fastest, 0.50 cm/year. We did not detect statistically significant differences in annual diameter increments among thinning intensities ( $\chi^2 = 4.720$ ;  $p = 0.094$ ). But there were statistically significant differences in annual diameter increment by vigour ( $\chi^2 = 33.586$ ;  $p < 0.001$ ), crown length ( $\chi^2 = 12.081$ ;  $p < 0.01$ ) and quality ( $\chi^2 = 7.709$ ;  $p < 0.05$ ). We did not however detect statistically significant differences in annual diameter increment by stratum ( $\chi^2 = 3.360$ ;  $p = 0.186$ ) and evolutive trend - tendency ( $\chi^2 = 3.360$ ;  $p = 0.186$ ).

For the 100 largest-dbh crop trees it was determined that there are no statistically significant differences among thinning models in stratification ( $\chi^2 = 8.084$ ;  $p = 0.089$ ), vigour ( $\chi^2 = 3.354$ ;  $p = 0.500$ ), tendency ( $\chi^2 = 8.084$ ;  $p = 0.089$ ),

crown length ( $\chi^2 = 0.209$ ;  $p = 0.901$ ) and quality ( $\chi^2 = 7.328$ ;  $p = 0.120$ ). Regardless of thinning model, the majority of these trees were in the predominant layer (73%), highly vigorous (85%), sociologically progressive trees (73%) with average crown length (46%) or slightly lower quality (51%).

The regression model predicted that diameter increment increased with thinning intensity ( $p < 0.001$ ), diameter at the start of the experiment ( $p < 0.001$ ) and with vitality classes at the start of the experiment ( $p < 0.001$ ). The effects of the thinning intensity and vitality were weaker than that of the initial diameter (Figure 8). The effect of thinning was also reflected by the higher proportion of good and medium quality trees between the beginning of the experiment and year 2018 (49% vs. 62%). The differences in the diameter increment between the three trunk quality classes also increased (Figure 8d).

## DISCUSSION RASPRAVA

The densities, growing stock and basal area determined in this study are in line with the findings and recommendations of Nemesszeghy (1986) and Mlinšek (1961), who developed a traditional selection model for black alder thinning. As expected, the results correspond to a lesser extend to recommendations of more contemporary models with a lower number of selected trees and less frequent intervention. Some authors of these models recommend basal area values after second or third thinning of 15 m<sup>2</sup>/ha (Claessens, 2004) and decrease of densities until stand age 20–30 years to 200–300 trees/ha (Claessens et al., 2010) or selection of 300 trees/ha by stand age 18 (Immler, 2004). On our plots, such densities were not even achieved at the end of rotation, which Nemesszeghy (1986) recommends be at stand age of 50–60 years (Table 1).

Statistical model used in the study (LMM) proved thinning intensity, diameter at the start of the experiment and vitality class at the start of the experiment as the most important factors affecting the diameter increment. In all cases the relation was positive. Trees in moderately thinned fields and control fields had average annual diameter growth increment of 0.33 cm/year, while trees in high intensity thinning fields averaged 0.37 cm/year. The selected 100 largest-dbh trees grew faster, as expected. In control fields their annual diameter increment was 0.46 cm/year, in moderately thinned fields it was 0.02 cm/year higher, and in high intensity thinning fields it averaged 0.50 cm/year. Malus (2012) recorded similar annual diameter increment (0.34 cm) with dendrochronological analysis of cut trees in Polanski Log. Claessens et al. (2010) report than in the best growing sites, such as Slovenia, north Germany and south France, black alder can reach a dbh of 40–50 cm in 40–65 years. This means that annual diameter increment should

be at least 0.6 cm or even in excess of 1 cm. The trees in our plots did not even achieve the annual diameter increment values that Claessens et al. (2002) measured for dominant trees at the end of rotation on less productive sites in Belgium. There, dominant trees in non-thinned stands grew 0.4 cm/year and trees without competition 0.7 cm/year.

This shows that annual diameter increment of dominant trees in our plots was at least 0.5 cm lower than expected for black alder on such sites. At the same time, the differences among thinning models in this study were small, which may indicate that predominant black alders are characterised by a similar diameter increment for extended periods regardless of thinning measures. Favourable social differentiation and small differences in growth patterns of predominant crop trees was also indicated for spruce, beech, ash and maple by Ammann (2004). We also determined that there were no significant differences among thinning models in terms of stratification, vigour, tendency, crown length and quality of dominant trees, whereby it is necessary to account for inadequate consistency of measures in thinning fields: from two to a maximum of four thinnings were conducted, whereas Nemesszeghy (1986) and Kecman (1999) recommend from five to seven throughout the rotation period. Still, such intervention frequency may not be justifiable in today's economic terms.

Excluding plot 4, where intervention started at a significantly higher age, the first thinning on our plots was conducted later, at stand ages 12–18. Subsequent thinning was conducted at very different ages (Table 2) and even less in line with the recommendations of authors of traditional thinning models (Mlinšek, 1961; Nemesszeghy, 1986; Kecman, 1999).

It is also notable than in recent years thinning has not been conducted systematically, as labour costs rose and wood prices fell (Roženberger et al., 2008; Arnič et al., 2018). The thinning delay was partially influenced also by the change of ownership. In spite of all, the thinning performed exemplifies a representative situation from the past practice of thinning of lowland forests. In the future it seems worthwhile to check the appropriateness of crop tree situational thinning models for black alder in Slovenia.

We also attribute the low annual diameter increment to excessive densities, short crowns and developed epicormic sprouts. As many as 43% of trees in the plots had short crowns and there were no trees with long crowns at all. There was also a high share (38%) of trees of the lowest quality with developed epicormic sprouts. There may also be other reasons not dealt with in this study. Malus (2012) for example found that above-average irradiation and above-average water levels reduced diameter increment of black alder. Hydrological improvements may theoretically affect growth as well, but Levanič (1993) ruled that out in Polanski Log.

This study shows that thinning on plots was not intense enough and, to a certain extent, not consistent enough. In the case of delayed start of thinning, as in our experiment, two to four moderate (removal of strongest competitors) or high intensity (removal of all competitors) thinning are not enough to achieve satisfactory diameter increments. Differences in annual diameter increments among thinning intensities were not large, but it has nevertheless been shown that regular thinning of high intensity must be carried out and trees with highest dbh with the best vigour, quality, tendency and with a long, well-formed crown must be promoted. Traditional selection thinning should result in better growth, but also improved overall quality of the stand, to some extent, showed also from our results. If the cost of traditional selection thinning is too high, we recommend trying crop tree situational thinning, which also has a beneficial effect on collective stand stability.

## CONCLUSION ZAKLJUČAK

This study suggests that thinnings in black alder stands should be carried out at an early stage. It is a light-demanding species that quickly loses its ability to respond to silvicultural measures. However, care should also be taken to ensure that the natural branch shedding process in the lower part of the trunk is not interrupted. The most vital trees should be selected and favoured and the intensity of thinning should be significantly higher than in this study, e.g. up to 30% of the basal area. This study suggests that the implementation of long-term silvicultural experiments could be challenging, both due to knowledge progress and socio-economic changes. However, the results of such studies provide direct insights into stand development and the tree response to silvicultural measures and should therefore be actively pursued now more than ever.

## ACKNOWLEDGEMENT ZAHVALA

We sincerely thank the Pahernik Foundation for financially supporting this study.

## REFERENCES LITERATURA

- Ammann, P., 2004: Untersuchung der natürlichen Entwicklungsdynamik in Jungwaldbeständen-Biologische Rationalisierung der waldbaulichen Produktion bei Fichte, Esche, Bergahorn und Buche. Dissertation, ETH Zürich, Nr. 15761.
- Ammann, P., 2013: Erfolg der Jungwaldpflege im Schweizer Mittelland? Analyse und Folgerungen. Schweiz Z Forstwes, 164: 262–270.
- Arnič, D., J. Krč, J. Diaci, 2018: Primerjava izbiralnega redčenja in situacijskega redčenja v bukovih letvenjakih na Menini. Gozdarski vestnik, 76(2): 72–82.
- ARSO METEO, 2018: Ljubljana, Agency of the Republic of Slovenia for the Environment, <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/> (Feb 2, 2018).
- Brus R., 2015: Dendrologija za gozdarje. 4. natis. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
- Čater, M., L. Kutnar, M. Accetto, 2001: Slovenian lowland and floodplain forests. In: E. Klimo, H. Hager (ed.), The floodplain forests in Europe: current situation and perspectives, Brill, p. 233–248, Leiden, Boston, Cologne.
- Claessens H., A. Thibaut, J. Rondeux, 2002: Quelques résultats prometteurs pour une sylviculture de l'Aulne glutineux en Wallonie. Revue forestiere Francaise, 54(3): 259–270.
- Claessens, H., 2004: Réflexion sur le détournement des feuillus à croissance rapide. Forêt wallonne, 71: 3–11.
- Claessens, H., A. Oosterbaan, P. Savill, J. Rondeux, 2010: A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practice. Forestry, 83(2): 163–175.
- Fennessy, J., 2004: Common alder (*Alnus glutinosa*) as a forest tree in Ireland. Reproductive material, 8: 1–4.
- Immler, T., 2004: Waldbauliches Konzept zur Pflege der Schwarzerle, In: J. Hamberger (ed), Beiträge zur Schwarzerle, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, 42: 27–31.
- Kecman, M., 1999: Učinki različnih pristopov izbiralnega redčenja na sestoje črne jelše (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) v Polanskem logu. Diploma thesis, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, self-published, Ljubljana, 108 p.
- Kotar, M., 2007. Gozdarski priročnik. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 414 p.
- Levanič, T., 1993: Vpliv melioracij na debelinsko rast in prirastek črne jelše, ozkolistnega jesena in doba v Prekmurju. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 42: 7–65.
- Lockow, K.W., 2003: Wachstum, Entwicklung, Bestandesbehandlung und Ertragsleistung der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, 17: 76–100.
- Lovrenčak, F., 1991: Pedogeografska regionalizacija Pomurske ravnine. In: Geografska problematika Severovzhodne Slovenije, (Dela, 8), University of Ljubljana, Faculty of Arts, Department of Geography, Ljubljana, p. 65–71.
- Malus, A., 2012: Določanje vplivov okoljskih dejavnikov in človeka na priraščanje črne jelše v Prekmurju. Diploma thesis, University of Nova Gorica, School of Environmental Sciences, self-published, Nova Gorica, 56 p.
- Mlinšek, D., 1961: Rast in gospodarska vrednost črne jelše. Pomurski tisk, Murska Sobota, 32 p.
- Nemesszeghy, L., 1986: Črna jelša v Prekmurju/Die Schwarzerlenwälder von Prekmurje. Pomurska založba, Murska Sobota, 88 p.
- Ouellet, D., Zarnovican, R., 1988: Cultural treatment of young yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton). Canadian Journal of Forest Research 18, 1581–1586.

- Pernar, N., E. Klimo, D. Bakšić, I. Perković, M. Rybníček, H. Vavrčík, V. Gryc, 2012: Akumulacija ugljika i dušika u sastojini crne johe (*Alnus glutinosa* Gaertn.) u Podravini. Šumarski list, 136(9–10): 431–444.
- R Core Team, 2018: R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org> (accessed on 12th December 2018).
- Rauš, Đ., 1975: Šuma crne johe (*Frangulo-Alnetum glutinosae* Rauš 1968) u bazenu Spačve. Šumarski list, 99(11–12): 431–444.
- Robinson, A. P., J. D. Hamann, 2011: Forest Analytics with R: An Introduction. Springer, pp. 339.
- Roženberger, D., A. Ficko, J. Diaci, 2008: Sodobno gojenje bukovih gozdov. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 87: 77–87.
- Schädelin, W., 1934: Die Durchforstung als Auslese- und Veredlungsbetrieb höchster Wertleistung, Haupt, Bern & Leipzig.
- Schütz, J.-Ph., 1996: Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 147: 315–349.
- Spiecker, M., H. Spiecker, 1988: Erziehung von Kirschenwetherholz, AFZ-DerWald, 20: 562–565.
- Utschig, H., 2003: Waldwachstumskundliche Charakterisierung der Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner). In: J. Hamburger (ed.), Beiträge zur Schwarzerle, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, 42: 23–27.
- Vukelić, J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 310 p.
- Wraber, M., 1951: Gozdna vegetacijska slika in gozdnogojitveni problemi Prekmurja. Geografski vestnik, 23: 1–52.
- Zuur, A. F., E. N. Ieno, N. J. Walker, A. A. Saveliev, G. M. Smith, 2009: Mixed Effects Models and Extensions in Ecology. Springer, New York, pp. 574.

## SAŽETAK

Područje poplavnih šuma crne johe (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) u Sloveniji čini samo 0,4 % (približno 4708 ha) ukupne površine šumskog zemljišta (Čater i sur., 2001.). Veći kompleks takvih sastojina u Sloveniji su Črni i Polanski Log, a istraživanje je provedeno na području potonjeg (slika 1). Kako čiste sastojine johe odlikuju brojne specifičnosti, potrebno im je prilagoditi šumskougojne postupke.

Da bi se utvrdio odgovarajući intenzitet prorjede takvih sastojina, 1967. godine u Polanskom Logu postavljene su pokusne plohe. Od tada do 2018. godine na plohama je izvršeno pet do sedam mjerenja. Sva stabla na plohama su bila obrojčana. Izvršeno je mjerenje prsnih promjera i procjena sljedećih elemenata na stablima: pripadnost etaži, vitalnost, uzgojna perspektiva, uzgojna uloga, duljina krošnje i kvaliteta (tablica 3). Svaka ploha bila je podijeljena u tri polja (40 x 50 m) s različitim metodama rada: bez intervencije, umjereno i intenzivno prorjeđivanje. Uzgojni postupci koji su poduzeti tijekom praćenja pokusa prikazani su u tablici 2. Danas su te sastojine u zreloj fazi razvoja, stoga smo u ovom radu analizirali reakcije crne johe na različite intenzitete prorjeđivanja i dobivene rezultate usporedili s preporukama autora tradicionalnih uzgojnih modela i modela koji se temelje na situacijskoj njezi šuma.

Ustanovili smo da se na plohama s intenzivnim prorjeđivanjem gustoća sastojine koja je u dobi između 50 i 70 godina i na kraju je ophodnje kreće od 295 do 690 kom/ha (slika 3), dok se na plohama bez intervencije ova vrijednost kreće u rasponu od 370 do 790 kom/ha. Drvne zalihe u istom su se razdoblju kretale u rasponu od 277 do 458 m<sup>3</sup>/ha na plohama s intenzivnim prorjeđivanjem, dok su na plohama bez intervencije bile veće, u rasponu od 309 do 516 m<sup>3</sup>/ha (slika 4). U to su se doba temeljnica nalazile u rasponu između 23 i 41 m<sup>2</sup>/ha na plohama s intenzivnim prorjeđivanjem, a na plohama bez intervencije u rasponu od 26 do čak 51 m<sup>2</sup>/ha (slika 5). Tijekom cijelog razdoblja praćenja ploha, stabla su, bez obzira na metodu rada, narasla za tri do četiri debljinska stupnja (slika 2). Na plohama s umjerenim prorjeđivanjem i onima bez intervencije, debljinski prirast stabala bio je skoro jednak (0,33 cm godišnje) (slika 6). Statistički je značajan veći debljinski prirast stabala na plohama s jako intenzivnim prorjeđivanjem (0,37 cm godišnje). Debljinski prirast dominantnih stabala bio je nešto veći, od 0,46 cm godišnje na plohama bez intervencije do 0,50 cm godišnje na plohama s jako intenzivnim prorjeđivanjem, ali statistički značajne razlike između metoda rada nisu utvrđene (slika 6). Međutim, otkrili smo da kod dominantnih stabala ne postoje statistički značajne razlike s obzirom na njihovu slojevitost, vitalnost, tendenciju, dužinu krošnje i kvalitete s obzirom na korištenu metodu rada.

U usporedbi s uzgojnim modelima koji su se koristili za manji broj odabranih stabla, gustoća i temeljnica ispitivanih sastojina je znatno veća, a debljinski prirast manji. Autori tradicionalnih i modela s manjim brojem odabranih stabala zagovaraju rano prorjeđivanje takvih sastojina (tablica 1). Veće razlike nastaju u konačnom broju stabala po hektaru i u intenzitetu intervencije. Razlog malog debljinskog prirasta i razlike između metoda rada na našim plohama pripisali smo nedovoljnom intenzitetu i djelomično nedosljednoj provedbi postupka prorjeđivanja. Ipak, ukazala se potreba za intenzivnim prorjeđivanjem i pospešivanjem rasta stabala najvećeg prsnog promjera, vitalnosti i tendencije, lijepo oblikovane i duge krošnje (slika 7, slika 8).

**KLJUČNE RIJEČI:** crna joha (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), prorjeđivanje, godišnji debljinski prirast, tradicionalni model sa selektivnim prorjeđivanjem, situacijski model prorjeđivanja

# MODEL ZA PROCJENU VOLUMENA KRUPNOG DRVETA STABALA SMREKE (*PICEA ABIES* KARST) NA PODRUČJU KANTONA 10 U FEDERACIJI BOSNE I HERCEGOVINE

## MODEL FOR ESTIMATION MERCHANTABLE WOOD VOLUME OF SPRUCE (*PICEA ABIES* KARST) IN CANTON 10, FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Besim BALIĆ<sup>1</sup>, Ante SELETKOVIĆ<sup>2</sup>, Ahmet LOJO<sup>1</sup>, Aida IBRAHIMSPAHIĆ<sup>1</sup>, Jusuf MUSIĆ<sup>1</sup>, Admir AVDAGIĆ<sup>1</sup>, Velid HALILOVIĆ<sup>1</sup>

### SAŽETAK

U radu su korišteni podaci izmjere 377 modelnih stabala smreke koja su mjerena u oborenom stanju na širem području unutar državnih raznodobnih sastojina u Kantonu 10 (Hercegbosanski Kanton). Za određivanje volumena krupnog drveta stabala primijenjena je metoda sekcioniranja sa sekcijama nejednakih apsolutnih dužina (najčešće od 1 – 2 m). Za izravnjanje veličina volumena krupnog drveta od prsnog promjera i visine stabala primijenjena je metoda višestruke regresijske analize. Za procjenu parametara korištenih funkcija, testiranje značajnosti njihovih razlika te provođenje raznih transformacija, kao softversko rješenje korišteni su *StatGraphics Centurion* XVII. i *Statistica 8.0*. U cilju izbora „najboljeg“ modela za procjenu volumena krupnog drveta testiran je veći broj poznatih dendrometrijskih dvoparametarskih volumnih funkcija. Kvaliteta izjednačenja i prikladnost testiranih modela ocjenjivani su na bazi utvrđenih veličina osnovnih statističkih pokazatelja za karakteriziranje jačine korelacijskih veza. Najbolje ocjene parametara pokazao je model  $V_7 = a_0 + a_1 d_{1,3} + a_2 h + a_3 d_{1,3}^2 h + a_4 d_{1,3}^2 + a_5 d_{1,3}^2 h$  uz utvrđeni koeficijent determinacije:  $R^2 = 0,99$  i veličinu standardne greške regresije  $S_{ey} = 0,24 \text{ m}^3$ . Testirajući značajnost razlika između stvarnih volumena stabala iz uzorka i volumena tih istih stabala utvrđenih primjenom odabranog regresijskog modela, utvrđen je prosječni postotak odstupanja od 0,44%. To znači da su u prosjeku za 0,44% niži volumeni u odnosu na stvarne volumene na uzorku od 377 stabala smreke, što ukazuje da je ovaj regresijski model upotrebljiv za primjenu u praktičnom radu, jer je taj prosječni postotak manji od 1%.

**KEY WORDS:** smreka, volumen krupnog drveta, regresijski model, nelinearna regresija, dvoulazne volumne tablice.

### UVOD INTRODUCTION

Za procjenu zalihe u okviru uobičajenih poslova prilikom izrade šumskogospodarskih osnova (ŠGO), zatim u realizaciji godišnjih planova sječa i praćenju realizacije istih te formiranja ukupnog prihoda u šumarstvu, kao znanstveno

uporište koriste se volumne tablice i tarife. Međutim, postoje indicije da se primjenom volumnih tablica i tarifa koje se trenutno koriste u uređajnoj praksi u BiH (Drinić i dr. 1990) dobivaju određene razlike u količini drvene mase krupnog drveta u odnosu na stvarno stanje tih volumena. Kao uporište u objašnjenju navedenih razlika stoji saznanje da su one konstruirane na bazi volumnih koeficijenata

<sup>1</sup> Izv. prof. dr. sc. Besim Balić, e-mail: b.balic@sfsa.unsa.ba; Izv. prof. dr. sc. Ahmet Lojo, Izv. prof. dr. sc. Aida Ibrahimspahić, Izv. prof. dr. sc. Jusuf Musić, doc.dr. sc. Admir Avdagić, Izv. prof. dr. sc. Velid Halilović: Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zagrebačka 20, BiH - 71000 Sarajevo.

<sup>2</sup> Izv. prof. dr. sc. Ante Seletković, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za izmjernu i uređivanje šuma, Svetošimunska 25, HR-10002 Zagreb, Hrvatska



Područje istraživanja – Kanton 10 Federacije BiH  
Research area – Canton 10 Federation of BiH

stabala preuzetih iz njemačkih volumnih tablica stabala koja potiču iz jednodobnih sastojina, što upućuje na opravdanu sumnju da one daju nešto veći volumen stabala od stvarnog, jer su pri jednakim veličinama prsnog promjera i visina stabala veći volumni koeficijenti stabala koja su uzgojena u jednodobnim u odnosu na stabla koja potiču iz raznodobnih i prebornih sastojina. Drugim riječima, stabla iste vrste drveća koja potiču iz jednodobnih sastojina su punodrvnija u odnosu na stabla iste vrste iz raznodobnih i prebornih sastojina (Koprivica i Maunaga, 2008). To se, naravno, nepovoljno odražava na procjenu bilance ostvarene i planirane proizvodnje drvnih sortimenata, a samim tim i na planirane i ostvarene prihode koji su realiziraju tijekom uređajnog perioda nekog šumskog-gospodarskog područja, što kontinuirano stvara razne probleme u tekućem poslovanju.

Poznato je da većina naših volumnih tablica sadrži utabličene veličine različitih grafičkih, pa i analitičkih izjednačenja za koja nisu poznati parametri matematičkih modela funkcija izjednačenja, kao ni mjere pouzdanosti procjene volumena. Utabličene vrijednosti volumena kao takve nisu prikladne za automatiziranu kompjutersku obradu podataka. Iz tih razloga se nameće kao potreba iznalaženje matematičkih modela za procjenu volumena stabala kojim bi se na jedan brz, jednostavan i, ponajprije, učinkovit način uz dozvoljena odstupanja mogle pouzdano izračunati veličine volumena krupnog drveta, kako pojedinačnih stabala, tako i većih kompleksa šuma (sastojina, gazdinska klasa (GK), ŠGP,...).

Zato je u fokusu ovih istraživanja iznalaženje „najboljih“ regresijskih modela za izjednačenje volumena krupnog drveta stabala smreke, kao zavisne varijable, od promjera i visine stabala, kao nezavisnih varijabli.

## MATERIJAL I METODE MATERIAL I METHODS

Polazni materijal kao baza za izradu ovog rada predstavljali su podaci izmjere 377 modelnih stabala izabranih na širem području unutar državnih raznodobnih sastojina u Kantonu 10 (Hercegbosanski Kanton). Odabrana stabla su mjerena u oborenom stanju metodom sekcioniranja sa sekcijama nejednakih apsolutnih dužina (najčešće od 1 – 2 m).

Prilikom izbora modelnih stabala vodilo se računa da u uzorku budu zastupljena stabla svih debljinskih i visinskih stupnjeva. Osim toga težilo se da u uzorak budu zastupljena stabla smreke iz raznih područja shodno njihovom proporcionalnom učešću u zalihi smrekovih stabala cijeloga područja (Tablica 1).

Također je prikazana i distribucija broja modelnih stabala po debljinskim i visinskim stupnjevima (Tablica 2).

Iz tablice 2 je razvidno da su izabrana stabla smreke u rasponu od 10,0 cm pa do 110,0 cm prsnog promjera, te od 5 do 45 metara visine. Stabla su skoro ujednačeno distribuirana po debljinskim stupnjevima do debljinskog stupnja 67,5 cm, nakon čega njihov broj opada, jer je i udio takvih

**Tablica 1:** Distribucije broja modelnih stabala smreke po općinama  
**Table 1:** Distributions of the number of model trees of spruce by municipality

| Naziv općine<br><i>Name of the municipality</i> | Broj modelnih stabala<br><i>Number of model trees</i> |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Kupres                                          | 15                                                    |
| Livno                                           | 4                                                     |
| Glamoč                                          | 144                                                   |
| Grahovo                                         | 126                                                   |
| Drvar                                           | 86                                                    |
| Tomislavgrad                                    | 2                                                     |
| <b>Ukupno - Total</b>                           | <b>377</b>                                            |

**Tablica 2.** Distribucija ukupnog broja modelnih stabala smreke prema debljinskim i visinskim stupnjevima

Table 2. Distribution of the total number of model trees of spruce according to diameter and height degrees

| Promjer (cm)      | Visina (m) – Height (m) |       |       |       |       |       |      |      | n <sub>i</sub> |        |
|-------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|----------------|--------|
| Diameter (cm)     | 7,5                     | 12,5  | 17,5  | 22,5  | 27,5  | 32,5  | 37,5 | 42,5 | Broj – No      | %      |
| 12,5              | 6                       | 17    |       |       |       |       |      |      | 23             | 6,10   |
| 17,5              |                         | 18    | 6     | 2     |       |       |      |      | 26             | 6,90   |
| 22,5              |                         | 4     | 23    | 5     |       |       |      |      | 32             | 8,49   |
| 27,5              |                         | 1     | 8     | 22    |       |       |      |      | 31             | 8,22   |
| 32,5              |                         |       | 3     | 14    | 15    |       |      |      | 32             | 8,49   |
| 37,5              |                         |       | 1     | 19    | 12    |       |      |      | 32             | 8,49   |
| 42,5              |                         |       | 1     | 4     | 20    |       |      |      | 25             | 6,63   |
| 47,5              |                         |       |       | 5     | 16    | 1     |      |      | 22             | 5,84   |
| 52,5              |                         |       |       | 1     | 17    | 12    |      |      | 30             | 7,96   |
| 57,5              |                         |       |       |       | 13    | 15    |      |      | 28             | 7,43   |
| 62,5              |                         |       |       | 2     | 5     | 19    |      |      | 26             | 6,90   |
| 67,5              |                         |       |       |       | 9     | 14    | 2    |      | 25             | 6,63   |
| 72,5              |                         |       |       |       | 1     | 2     | 10   |      | 13             | 3,45   |
| 77,5              |                         |       |       |       | 1     | 4     | 8    |      | 13             | 3,45   |
| 82,5              |                         |       |       |       |       | 1     | 3    | 2    | 6              | 1,59   |
| 87,5              |                         |       |       |       |       | 1     | 7    | 1    | 9              | 2,39   |
| 92,5              |                         |       |       |       |       |       |      | 1    | 1              | 0,27   |
| 97,5              |                         |       |       |       |       | 1     | 1    |      | 2              | 0,53   |
| 102,5             |                         |       |       |       |       |       |      |      | 0              | 0,00   |
| 107,5             |                         |       |       |       |       | 1     |      |      | 1              | 0,27   |
| <b>SUMA - Sum</b> | 6                       | 40    | 42    | 74    | 109   | 71    | 31   | 4    | 377            | 100,00 |
| <b>%</b>          | 1,59                    | 10,61 | 11,14 | 19,63 | 28,91 | 18,83 | 8,22 | 1,06 | 100,00         | 100,00 |

stabala u osnovnom skupu znatno manji. Distribucija broja stabala po visinskim stupnjevima je nešto drukčija, po obliku je slična normalnoj distribuciji, pri čemu je najviše stabala zastupljeno u rasponu od 20-35 m visine, a najmanje u najnižem i najvišem visinskom stupnju.

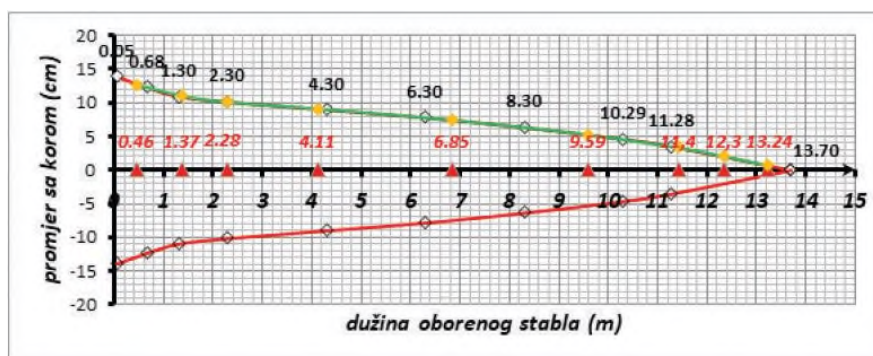
Za određivanje volumena krupnog drveta stabala primijenjena je složena Huberova formula (Banković i Pantić, 2006; Pranjić i Lukić, 1997). Za izjednačenje veličina volumena krupnog drveta od prsnog promjera i visine stabala primijenjena je metoda višestruke regresijske analize. Za kreiranje regresijskog modela, ponajprije za utvrđivanje pa-

rametara modela korišten je programski paket *Statistica 8.0* u okviru kojega je izabrana metoda nelinearne regresije (*Nonlinear Estimation*) na nivou značajnosti od 95%.

## REZULTATI I DISKUSIJA RESULTS AND DISCUSSION

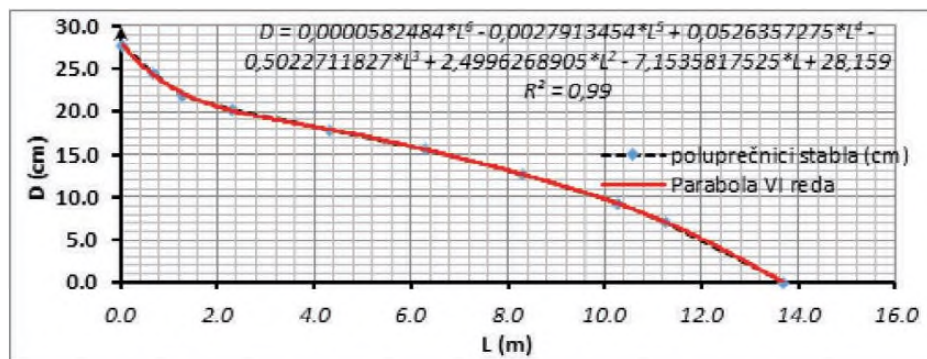
### Preliminarna obrada podataka – Preliminary data processing

Prije početka obrade i korištenja podataka mjerenja provedena je logička kontrola unesenih podataka izmjere te iz-



**Slika 1.** Grafički prikaz uzdužnog presjeka stabla za stablo smreke br.23. ŠGP "Livanjsko", GJ „Troglav“, odjel 23., odsjek a sa ucrtanim pozicijama promjera na sredinama sekcija (crveni trokuti) i funkcijom izjednačenja (zelena linija)

**Figure 1.** Example of a graphical representation of a longitudinal section of a tree (spruce tree No.23. ŠGP "Livanjsko", GJ "Troglav", Compartment 23, Subcompartment a with marked positions of diameters at the middle of the sections (red triangles) and a smoothing function (green line)



**Slika 2.** Primjer grafičkog prikaza izravnjanja ovisnosti polumjera stabla od njihove udaljenosti od debljeg kraja stabla parabolom VI reda.

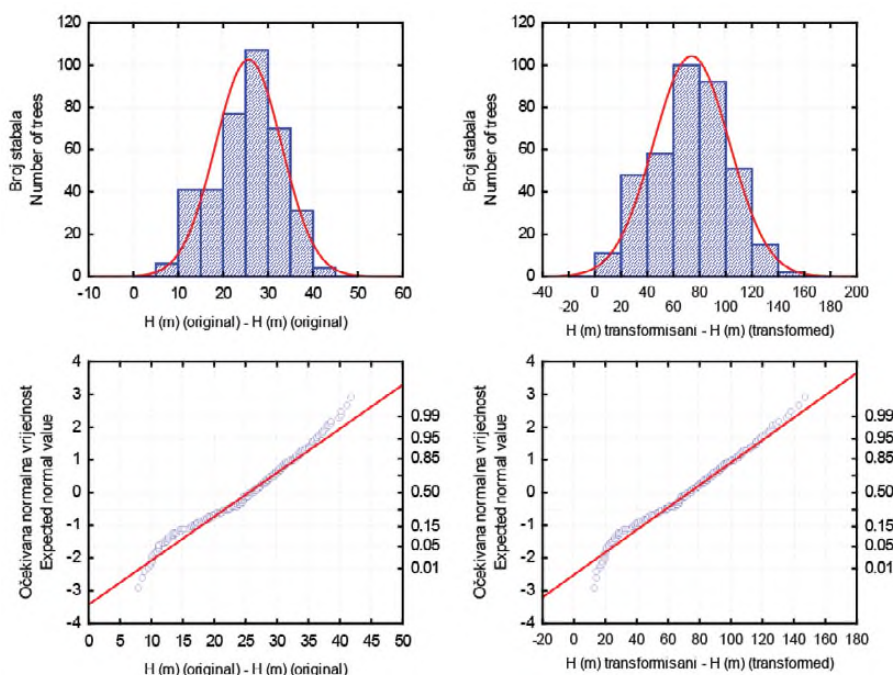
**Figure 2.** An example of a graphical representation of the equalization of the dependence of the diameter of the tree on their distance from the thicker end of the tree by a parabola of VI order

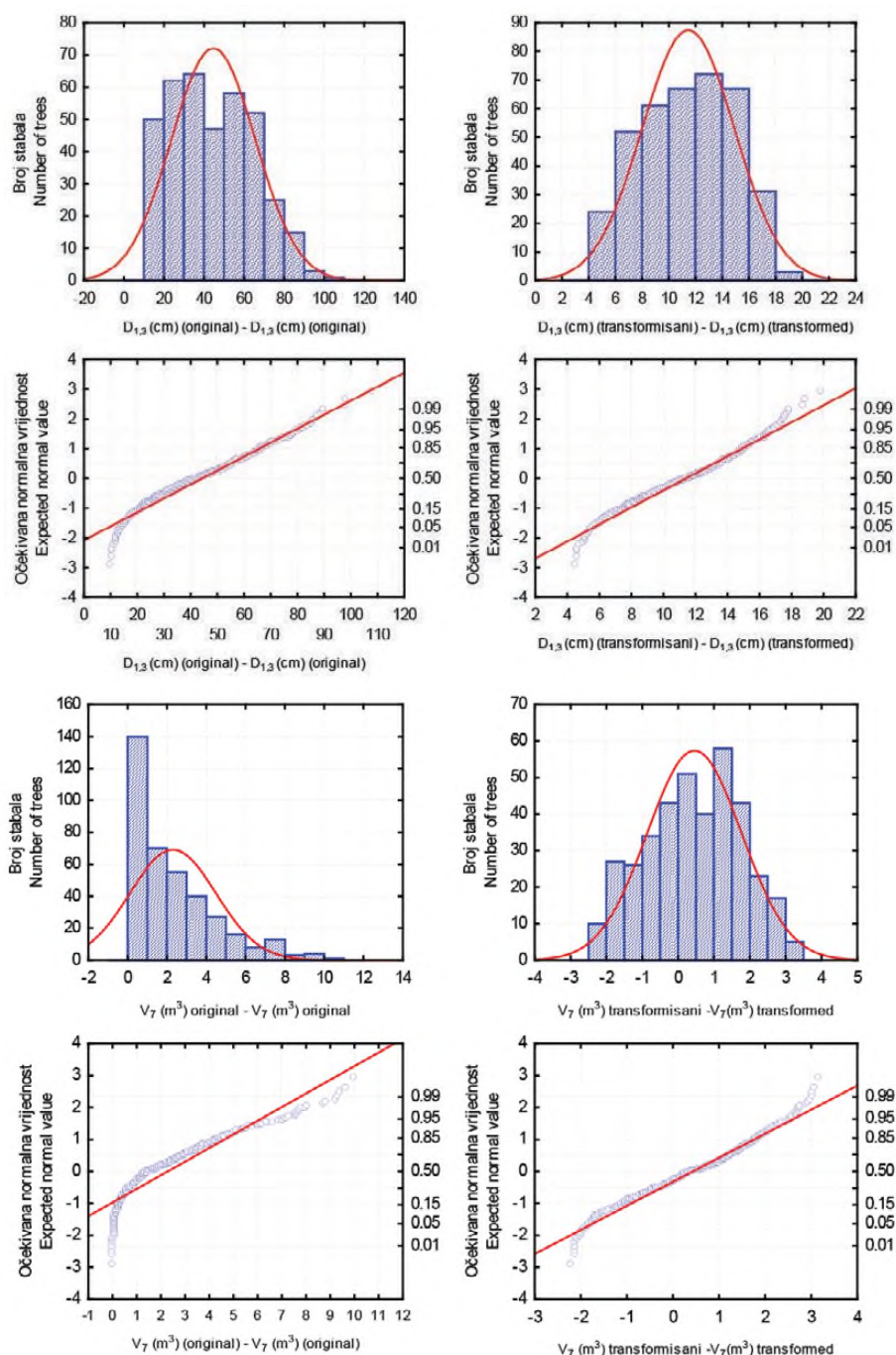
vršene potrebne korekcije. U cilju provođenja logičke kontrole, a posebice za obračun veličina promjera u sredinama sekcijskih jednakih relativnih dužina po metodama Hohenadla i Altera za svako modelno stablo kreiran je jedan matematičko-statistički model uzdužnog presjeka stabla, čije konturne linije (tzv. morfološke krive stabla, Banković i Pantić, 2006) zapravo predstavljaju ovisnost promjera stabla od udaljenosti datog presjeka (promjera) od debljeg kraja stabla, odnosno od visine panja. Izgled takvog jednog modela predstavljen je na slici 1.

Kao što se vidi iz uzdužnog presjeka stabla konturne linije stabla predstavljene crvenom bojom dobivene su spajanjem promjera izmjerenih u sredinama sekcijskih iznad kojih su upisane vrijednosti za udaljenost tih promjera od podnožja stabla (kvadratići sa numeričkim podacima crne boje). Da bi se dobile veličine promjera na sredinama sekcijskih po Alteru i Hohenadlu korištena je krivolinijska korelacijska ovi-

snost promjera stabla od izmjerenih promjera iskazana parabolama višeg reda (IV, V i VI reda). Na bazi izračunatih parametara modela moguće je izračunati promjer na bilo kojoj udaljenosti od debljeg kraja stabla (Koprivica i Munnaga, 2008). Ta ovisnost je na istom prikazu predstavljena zelenom linijom, a što je na slici prikazano ucrtanim pozicijama promjera na sredinama sekcijskih (crveni trokuti) i funkcijom izjednačenja (zeleni linija).

Na slici 2, primjenom parabole VI reda dan je (kao primjer) grafički prikaz izjednačenja ovisnosti polumjera stabla od njihove udaljenosti od debljeg kraja stabla, sa pripadajućim statističkim pokazateljima (funkcijom modela izjednačenja sa izračunatim parametrima i koeficijentom korelacije kao pokazateljem jačine korelacijske veze). Utvrđeni oblik izravnjanja predstavljen je na slici krivuljom crvene boje. Može se zaključiti visok stupanj suglasnosti empirijskog i procijenjenog oblika modela izravnjanja.





**Slika 3.** - Oblici distribucija i grafikoni normalne vjerovatnoće varijabli uključenih u regresiju prije i nakon provedene Box-Cox transformacije za smreku  
**Figure 3** - The forms of distribution and normal probability plots of variables included in the regression before and after an Box-Cox transformation for spruce

Na taj način je za svako stablo proveden isti postupak i obavljena provjera izmjerenih veličina za promjere i dužine. Na osnovi navedenog modela, izračunati su promjeri u središnjim i na krajevima jednaka relativnih dužina po Alteru (Banković i Pantić 2006) i to:  $d_{0,033h}$ ,  $d_{0,1h}$ ,  $d_{0,167h}$ ,  $d_{0,3h}$ ,  $d_{0,5h}$ ,  $d_{0,7h}$ ,  $d_{0,833h}$ ,  $d_{0,9h}$  i  $d_{0,967h}$ , a na osnovi njih i volumeni stabala sa korom po Hohenadlu ( $V = 0,2L \frac{\pi}{4} (d_{0,1}^2 + d_{0,3}^2 + d_{0,5}^2 + d_{0,7}^2 + d_{0,9}^2)$ ), Hohenadlov pravi oblični broj  $f_{0,1} = 0,2 (1 + K_{0,3}^2 + K_{0,5}^2 + K_{0,7}^2 + K_{0,9}^2)$  te pripadajući pravi i nepravi koeficijenti oblika stabla (Kramer i Akça, 2007). Vrijednosti nepravog ili prsnog obličnog

broja (-volumnog koeficijenta) su izračunate po sljedećoj formuli:  $f_{1,3} = v/w$  gdje su:  $f_{1,3}$  – volumni koeficijent;  $v$  – volumena stabla;  $w$  – volumen cilindra izračunat po formuli  $w = g_{1,30} \cdot h$ .

Prije bilo kakvih izjednačenja, bilo je potrebno provesti test normalnosti varijabli uključenih u regresijski model. To zapravo znači, da je na empirijske (stvarne) podatke izmjere za promjere i visine stabala, kao nezavisne varijable i izračunate volumene krupnog drveta, kao zavisne varijable bilo potrebno provesti test normalnosti i homogenosti varijanci. U proceduri preispitivanja oblika distribucija zavisne i ne-

**Tablica 3.** Rezultati Box-Cox transformacije za varijable prsni promjer, visinu i volumen krupnog drveta stabala smreke

Table 3. Results of the Box-Cox transformation of the variable diameter at breast height, height and merchantable wood volume of spruce trees

| Varijable<br>-variable           | Lambda<br>( ) | Sredina<br>Mean | Standardna<br>devijacija<br>Standard<br>deviation | Donja granica<br>intervala pouzda-<br>nosti Lower<br>Confidence Limit | Gornja granica<br>intervala pouzdanosti<br>Upper Confidence<br>Limit | Formula za Box-Cox transformaciju<br>The formula for the Box-Cox<br>transformation |
|----------------------------------|---------------|-----------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| D <sub>1,3</sub> (cm)            | 0,517374      | 11,40557        | 3,44414                                           | 0,322304                                                              | 0,715450                                                             | $((D_{1,3}^{(0,517374)} - 1) / (0,517374))$                                        |
| H (m)                            | 1,431997      | 73,30219        | 28,86548                                          | 1,131460                                                              | 1,740214                                                             | $((H^{(1,431997)} - 1) / (1,431997))$                                              |
| V <sub>7</sub> (m <sup>3</sup> ) | 0,261290      | 0,43416         | 1,31101                                           | 0,182494                                                              | 0,341722                                                             | $((V_7^{(0,261290)} - 1) / (0,261290))$                                            |

zavisnih varijabli koje su korištene za kreiranje modela regresije, uočeno je da ti oblici značajnije odstupaju od oblika normalne raspodjele kao teoretskog modela, te s toga, u cilju postizanja konvergencije obliku normalne raspodjele, zahtijevaju postupak transformacije. Izborom procedure Box-Cox transformacije (Box i Cox 1964) na originalne vrijednosti varijabli uzetih u regresiju, dobiveni su transformirani oblici distribucija, pri čemu se može zaključiti da su rezultirajuće (transformirane) vrijednosti varijabli približno normalno distribuirane (Slika 3).

Rezultati provedene Box-Cox transformacije za sve tri varijable predstavljeni su u tablici 3.

Tek nakon izvršene transformacije varijabli provedeno je testiranje prikladnosti većeg broja regresijskih modela za direktno izravnanje volumena stabala u ovisnosti od prsnog promjera i visine stabala.

### Ovisnost volumena krupnog drveta o prsnom promjeru i visini stabala smreke – Dependence of the volume of big timber of breast height diameter and height of trees spruce

Ako se krene od opće formule za volumen debećeg stabla  $v = g \cdot h \cdot f$  može se zaključiti da se mogu izraditi tablice koje sadrže podatke o volumenima izračunatim po navedenoj formuli. Ovakve tablice nose naziv volumne tablice (tablice drvnih masa, drvnogromadne tablice). Iz dane formule također se vidi da je volumen funkcija tri veličine: prsnog promjera, odnosno temeljnice, ukupne visine i obličnog broja (volumnog koeficijenta) stabla. Ova višestruka ovisnost volumena je osnova za klasifikaciju volumnih tablica, pri čemu se u tu svrhu koristi broj argumenata („ulaza“). Za argumente se uzimaju veličine o kojima volumen najviše ovisi, a koje se mogu lako mjeriti ili dovoljno

**Tablica 5:** Oblici izraza i osnovni statistički parametri testiranih dvoparametarskih modela za izjednačenje volumena krupnog drveta stabala smreke u ovisnosti o prsnom promjeru i visini stablaTable 5: Forms of expression and basic statistical parameters of the tested two-parameter models for leveling merchantable wood volume of spruce trees depending on the breast diameter - d<sub>1,3</sub> (cm) and tree height - h (m)

| Naziv modela – Model name | Matematički oblik modela – Mathematical form of the model                           | R <sup>2</sup> | R     | S <sub>ey</sub> |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-----------------|
| 1.NÄSLUND:                | $V_7 = b_1 d_{1,3}^2 + b_2 d_{1,3}^2 h + b_3 d_{1,3} h^2 + b_4 h^2$                 | 0,989          | 0,994 | 0,247           |
| 2.MEYER:                  | $V_7 = a_0 + a_1 d_{1,3} + a_2 d_{1,3} h + a_3 d_{1,3}^2 + a_4 d_{1,3}^2 h$         | 0,990          | 0,995 | 0,245           |
| 3.SCHUMACHER-HALL:        | $V_7 = a d_{1,3}^b h^c$                                                             | 0,990          | 0,995 | 0,244           |
| 4.SPURR:                  | $V_7 = a (d_{1,3}^2 h)^b$                                                           | 0,990          | 0,995 | 0,640           |
| 5.TAKATA:                 | $V_7 = (d_{1,3}^2 h) / (b_0 + b_1 d_{1,3})$                                         | 0,637          | 0,798 | 0,589           |
| 6.DWIGHT:                 | $V_7 = a d_{1,3}^b h^{(3-c)}$                                                       | 0,990          | 0,995 | 0,244           |
| 7.SPURR:                  | $V_7 = b_0 + b_1 d_{1,3}^2 h$                                                       | 0,648          | 0,805 | 0,243           |
| 8.SCOTT:                  | $V_7 = a + b d_{1,3}^c + d d_{1,3}^e h^f$                                           | 0,948          | 0,974 | 0,629           |
| 9.NAGEL:                  | $V_7 = e^{(a \ln(d_{1,3}) + b \ln(h - 1,3) - c)}$                                   | 0,990          | 0,995 | 0,245           |
| 10. STOJANOVIĆ I DR.      | $V_7 = b_0 d_{1,3}^2 + b_1 d_{1,3}^2 h + b_2 d_{1,3} h^2 + b_3 h^2$                 | 0,989          | 0,994 | 0,247           |
| 11.BALIĆ I DR.            | $V_7 = a_0 + a_1 d_{1,3} + a_2 h + a_3 d_{1,3} h + a_4 d_{1,3}^2 + a_5 d_{1,3}^2 h$ | 0,990          | 0,995 | 0,240           |

Legenda:

V<sub>7</sub> = volumen krupnog drveta sa korom (m<sup>3</sup>), zavisna varijabla  
d<sub>1,3</sub> = prsni promjer sa korom (cm), nezavisna varijabla  
h = visina stabla (m), nezavisna varijabla  
a, a<sub>0</sub>, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub>, a<sub>5</sub>, b, b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>, c, d, e, f: parametri funkcija  
R<sup>2</sup> – koeficijent višestruke determinacije  
R – koeficijent višestruke korelacije  
S<sub>ey</sub> – standardna greška regresije

**Tablica 6:** Osnovni statistički pokazatelji regresijskog modela (11) za procjenu volumena stabala smreke**Table 6:** Basic statistical indicators of the regression model (11) for estimating the volume of spruce trees

| Varijable u regresiji –<br>Variables in regression | Vrijednosti parametara<br>modela - Values of model<br>parameters | Standardna greška – Stan-<br>dard Error of B | t (371)  | p-nivo<br>p-level |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------|-------------------|
| Slobodni član – <i>Intercept</i>                   | -3.43452034                                                      | 0.162187                                     | -21.1763 | <0.001            |
| $d_{1,3\_transf.}$                                 | 0.20231789                                                       | 0.040199                                     | 5.0330   | <0.001            |
| $h_{\_transf.}$                                    | 0.01277572                                                       | 0.003092                                     | 4.1322   | <0.001            |
| $d_{1,3\_transf.} \cdot h_{\_transf.}$             | 0.00051096                                                       | 0.000447                                     | 2.1422   | 0.041             |
| $d_{1,3\_transf.}^2$                               | 0.00437652                                                       | 0.002108                                     | 2.0757   | 0.039             |
| $d_{1,3\_transf.}^2 \cdot h_{\_transf.}$           | -0.00003774                                                      | 0.000018                                     | -2.0592  | 0.040             |

pouzđano odrediti iz mjerljivih elemenata, kao što su: promjer, visina, koeficijent oblika, dužina krošnje, debljina kore, starost i sl. (Banković i Pantić, 2006). Veći broj argumenata osigurava veću točnost podataka u tablicama, ali i otežava njihovu praktičnu primjenu. Uobičajena je izrada dvoulaznih volumnih tablica, gdje se kao ulazi koriste promjer stabla izmjeren na „prsnoj“ visini ( $d_{1,3}$ ) i visina stabla ( $h$ ).

U cilju izbora „najboljeg“ modela za procjenu volumena krupnog drveta u ovisnosti o prsnom promjeru i visini stabla testiran je veći broj poznatih dendrometrijskih dvoparametarskih volumnih funkcija (Kramer i Akça, 2007; Banković i Pantić, 2006; Pranjić i Lukić, 1997) kao i model koji je korišten za konstrukciju postojećih dvoulaznih volumnih tablica za jelu i smreku u BiH (Stojanović i dr. 1978). Kvaliteta izjednačenja i prikladnost testiranih modela ocjenjivani su na bazi utvrđenih veličina osnovnih statističkih pokazatelja za karakteriziranje jačine korelacijskih veza, i to u ponajprije na osnovi veličine koeficijenta višestruke determinacije ( $R^2$ ), veličine standardne greške regresije ( $S_{ey}$ ), veličine  $F$ -količnika, značajnosti koeficijenata regresijskog modela te grafičke interpretacije reziduala u odnosu na izabrani model izjednačenja. Rezultati testiranja s obzirom na veličinu osnovnih statističkih parametara, kao i oblici testiranih modela prikazani su u tablici 5, a oblici funkcija izravnjanja preuzeti su iz sljedećih radova: Schumacher i Hall 1933; Meyer, 1941; Näslund 1941, 1947; Stoate 1945; Sputtr 1952; Hansen i Nagel 2012;

Najbolje ocjene parametara s obzirom na postavljene kriterije pokazao je model pod rednim brojem 11. koji je konačno i izabran za izražavanje ovisnosti volumena krupnog drveta stabala smreke o prsnom promjeru i visini stabala.

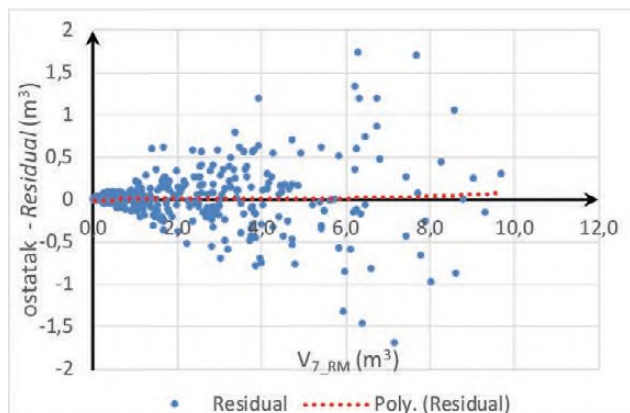
Osim toga, izabrani model sadrži šest parametara, a za dobro izravnjanje je potrebno minimalno četiri parametara (Kružić 1993) pa se isti može koristiti za sva stabla. Karakteristike izabranog modela prikazane su u tablicama (Tablice 6 i 7) i grafički (grafikon 6).

Na temelju grafičkog prikaza distribucije reziduala (grafikon 6) može se navesti da ne postoji značajnije sistematsko rasipanje reziduala, već su oni približno ravnomjerno raspoređeni oko izabranog modela za procjenu zavisne varijable – volumena stabala. Dijagram razdiobe ostataka izravnjan je krivuljom parabole II reda, koja bi trebala pratiti tendenciju sistematskog odstupanja i eventualnog grupiranja reziduala u odnosu na veličine procijenjene modelom regresije. Na grafičkom prikazu vidljivo je da se krivulja izjednačenja (koja je prikazana crvenom bojom) u cijelosti poklapa sa X-osi, čime je potvrđena tvrdnja o odsustvu sistematskog rasporeda reziduala u čitavoj domeni funkcije, kao i tvrdnja o nepostojanju (odsustvu) korelacijske veze između veličina reziduala i modelom utvrđenih volumena krupnog drveta stabala smreke (Banković i Pantić 1991; Koprivica i Maunaga 2008).

Grafički prikazi izabranog regresijskog modela predstavljeni su na grafikonima 5 i 6. Na bazi utvrđenih parametara modela konstruirane su grafičke predstave ovisnosti volumena krupnog drveta stabala smreke u ovisnosti o visini u rasponu variranja promjera stabala od 10 – 100 cm (kao volumne linije za  $d=10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$  i  $100$  cm) –slika 5. Iz grafikona je vidljiv progresivan krivolinijski (paraboličan) trend povećanja volumena krupnog drveta sa porastom promjera stabala. To je logično ako se ima u vidu oblik utjecaja za promjer stabla, koji je u modelu iska-

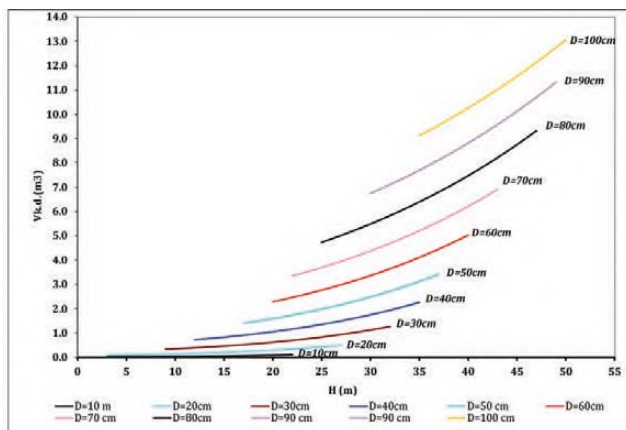
**Tablica 7.** Rezultati analize varijance (ANOVA) za regresijski model (11) za procjenu volumena krupnog drveta stabala smreke**Table 7.** Results of the analysis of variance (ANOVA) for the regression model (11) to estimate merchantable wood volume of spruce trees

| Izvori variranja<br>Sources of variation | Suma kvadrata<br>Sums of Squares | Stupnjevi slobode<br>Degrees of freedom | Sredina kvadrata<br>Mean Squares | F       | p-nivo<br>p-level |
|------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|---------|-------------------|
| Regresija – <i>Regression</i>            | 711.2229                         | 6.0000                                  | 118.5371                         | 7223.33 | 0.00              |
| Ostatak – <i>Residual</i>                | 6.0882                           | 371.0000                                | 0.0164                           |         |                   |
| Ukupno – <i>Total</i>                    | 717.3111                         | 377.0000                                |                                  |         |                   |



**Slika 4.** Dijagram razdiobe ostataka oko regresijskog modela za procjenu volumena krupnog drveta stabala smreke

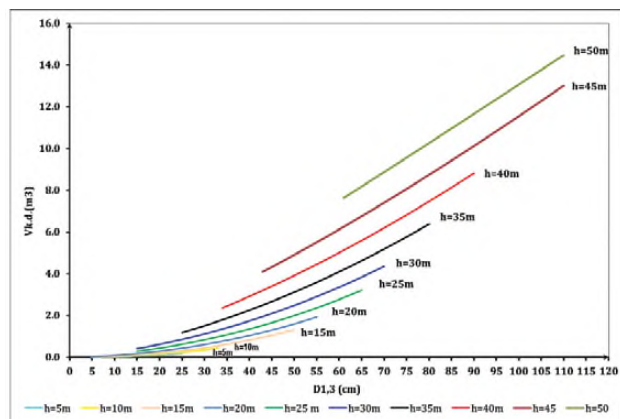
**Figure 4.** Diagram of dispersion residuals around the regression model to estimate merchantable wood volume of spruce trees



**Slika 5.** Ovisnost volumena krupnog drveta stabala smreke o visini pri različitim vrijednostima prsnog promjera

**Figure 5.** Dependence of merchantable wood volume of spruce trees on height and at different breast diameter

zan linearnim i kvadratnim članovima. Osim toga, i u formuli za volumen dubećeg stabla ( $V = g_{1,3} h f_{1,3}$ ) promjer stabala je iskazana kvadratnim članom.



**Slika 6.** Ovisnost volumena krupnog drveta stabala smreke o prsnom promjeru pri različitim vrijednostima visine stabala

**Figure 6.** Dependence of merchantable wood volume of spruce trees on breast diameter at different height sizes

Isto tako kreiran je i grafički prikaz ovisnosti volumena krupnog drveta stabala smreke u ovisnosti o promjeru stabala u domenu variranja visina stabala od 5 - 50 m (kao za-preminske linije za  $h=5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45$  i  $50m$ ) –slika 6.

Uvrštavanjem veličina izračunatih parametara u izabrani model funkcije (11) dobiveni su sljedeći konačni oblici (transformirani i originalni) regresijskog modela za procjenu volumena krupnog drveta stabala smreke u ovisnosti o prsnom promjeru i visini stabala:

$$V_{7\_transf} = ((-3.4345205 + 0.2023179 * ((d_{1,3}^{0.517374}) - 1) / (0.517374) + 0.0127757 * ((h^{1.4319967}) - 1) / (1.4319967) + 0.00051095 * ((d_{1,3}^{0.517374}) - 1) / (0.517374) * ((h^{1.4319967}) - 1) / (1.4319967) + 0.0043765 * ((d_{1,3}^{0.517374}) - 1) / (0.517374)^2 - 0.00003774 * ((d_{1,3}^{0.517374}) - 1) / (0.517374)^2 * ((h^{1.4319967}) - 1) / (1.4319967) * 0.2612895 + 1)^{3.82717}$$

Kako je  $V_{7\_RM} = (0.2612895 * V_{7\_transf} + 1)^{3.82717}$  onda konačni oblik regresijskog modela za procjenu volumena stabala smreke na bazi originalnih veličina zavisnih varijabli (prsnog promjera i visine) glasi:

$$V_{7\_RM} = 0.26128954 * (((-3.4345205 + 0.2023179 * ((d_{1,3}^{0.517374}) - 1) / (0.517374) + 0.0127757 * ((h^{1.4319967}) - 1) / (1.4319967) + 0.00051095 * ((d_{1,3}^{0.517374}) - 1) / (0.517374) * ((h^{1.4319967}) - 1) / (1.4319967) + 0.0043765 * ((d_{1,3}^{0.517374}) - 1) / (0.517374)^2 - 0.00003774 * ((d_{1,3}^{0.517374}) - 1) / (0.517374)^2 * ((h^{1.4319967}) - 1) / (1.4319967) * 0.2612895 + 1)^{3.82717189} + 1)^{3.82717189}$$

Na bazi dobivenog regresijskog modela moguće je izračunati volumene krupnog drveta stabala i prikazati ih u formi dvoulaznih tablica volumena stabala smreke.

### Testiranje točnosti i upotrebljivosti regresijskog modela – *Testing the accuracy and usability of established regression models*

Volumne tablice sadrže podatke o volumenima stabala određenih dimenzija, pa će pri njihovoj uporabi tablični volumeni za pojedinačna stabla manje ili više odstupati od stvarnih volumena. Koliko će to odstupanje iznositi zavisi od usklađenosti (istovjetnosti) oblika stabala na osnovi kojih su izrađene volumne tablice i stabala kojima se određuje volumen (što su razlike u obliku veće, odstupanja su veća. Ako treba procijeniti (odrediti) volumen samo nekoliko pojedinačnih dubećih stabala po nekim volumnim tablicama, onda treba znati da volumen očitani iz volumnih tablica može odstupati od stvarnog volumena za 10-15% i tada su te tablice neuporabljive. Ove greške od 10-15% se prilikom procjene (određivanja) volumena sastojine smanjuju po poznatom obrascu, tako da su te tablice za sastojinu ipak još uporabljive (Pranjić i Lukić 1997).

Testiranje točnosti tablica, odnosno izabranog regresijskog modela za procjenu volumena proveden je na istoj onoj

bazi podataka koja je poslužila za kreiranje izabranih modela tj. na uzorku od 377 stabala smreke. Uporabljivost tablica testirana je pomoću postotka odstupanja, koji se može izračunati po formuli (Bruce 1920, prema Pranjić i Lukić 1997):

$$p_v = \frac{v_s - v_t}{v_t} \cdot 100 \quad \text{gdje je } V_s - \text{stvarni volumen stabla; } V_t -$$

volumen istog stabla procijenjen pomoću tablica (regresijskih modela).

Na bazi izračunatih postotnih odstupanja za svih 377 stabala, utvrđen je prosječni postotak odstupanja pri čemu je dobivena vrijednost od  $\overline{p_v} = 0,44\%$ . To zapravo znači da se primjenom navedenog regresijskog modela na uzorak od 377 analiziranih stabala u prosjeku dobivaju za 0,44% manji volumeni u odnosu na stvarne volumene. Prema Pranjić i Lukić (1997), ako je postotak odstupanja veći od  $\pm 1\%$ , tablice su neuporabljive. To ukazuje da je ovaj regresijski model uporabljiv za primjenu u praktičnom radu.

Kada su tablice izrađene analitičkom metodom, pomoću neke funkcije i kad je poznata standardna devijacija volumena ( $s_v$ ), upotrebljivost tablica se može ispitati i na sljedeći način: obori se veći broj stabala srednjeg promjera i metodom sekcioniranja im se odrede volumeni ( $v_s$ ), a zatim se odrede volumeni tih stabala po tablicama ( $v_t$ ) i izračuna razlika aritmetičkih sredina  $\Delta v = \overline{v_s} - \overline{v_t}$ . Kako je poznata standardna devijacija volumena ( $S_v$ ), veličina  $t$  se može izračunati po sljedećem obrascu:  $t = \frac{\Delta v}{S_v \cdot \sqrt{n}}$ . Ako je izra-

čunata vrijednost  $t$  manja od tablične  $t_{0,05}$ , tablice su uporabljive (Banković i dr. 2003). Prema Pranjić i Lukić (1997), ukoliko je broj stabala  $n > 30$ , usporedba se vrši sa vrijednostima u tablicama normalne distribucije, pa ako je:

$$\Delta v < 1,96 \cdot 0,1 \cdot \frac{\overline{v_t}}{\sqrt{n}} \approx 0,2 \cdot \frac{\overline{v_t}}{\sqrt{n}} \quad \text{u tom slučaju tablice su uporabljive.}$$

Prema Pranjić i Lukić (1997), ukoliko su tablice konstruirane računskim putem, onda se prikladnost istih ispituje

biometrijskim metodama testiranja i to pomoću t-testa parova (*t-Test Paired Two Sample for Means*). Da bi se moglo utvrditi u kojoj domeni variranja prsnih promjera su razlike statistički značajne, a u kojoj nisu, provedeno je testiranje po debljinskim klasama po kojima se u BiH prikazuje struktura svih proizvodnih parametara sastojina. Najprije su provedena testiranja značajnosti razlika između stvarnih volumena krupnog drveta ( $V_{7\_stv.}$ ) i volumena utvrđenih pomoću regresijskog modela ( $V_{7\_RM}$ ) pri čemu su rezultati testiranja prikazani u tablici 8. Rezultati testiranja ukazuju da u svim debljinskim klasama kao i za volumene svih stabala u uzorku, uzevši ih zajedno, ne postoje statistički značajne razlike između stvarnih volumena krupnog drveta ( $V_{7\_stv.}$ ) i volumena procijenjenih primjenom kreiranog regresijskog modela ( $V_{7\_RM}$ ). Na analogan način, provedeno je testiranje značajnosti razlika volumena procijenjenih primjenom kreiranog regresijskog modela ( $V_{7\_RM}$ ) i volumena očitanih iz dvoulaznih volumnih tablica –  $V_{7\_Stoj.}$  (Stojanović i dr. 1978). Rezultati testiranja prikazani su u tablici 9. Rezultati testiranja ukazuju da su u svim debljinskim klasama, kao i za sva stabla u uzorku utvrđene statistički značajne razlike. Za stabla tanja od 30 cm volumeni krupnog drveta procijenjeni na bazi tablica Stojanović i dr. (1978) u prosjeku su veći, dok za stabla deblja od 30 cm u prosjeku su manji u odnosu na volumene procijenjene na bazi kreiranog regresijskog modela. Ako promatramo sva stabla u uzorku (tablica 13), onda volumeni stabala iz uzorka procijenjeni pomoću tablica Stojanović i dr. (1978) su za 189,5 m<sup>3</sup> (ili za 22,3%) viši u odnosu na stvarne volumene tih istih stabala.

Radi usporedbe provedena su testiranja sa rezultatima nekoliko dvoulaznih volumnih tablica za smreku koje se koriste u Hrvatskoj i Srbiji. Treba uzeti u obzir da je ova usporedba orijentacijskog karaktera, jer daje samo približan uvid u moguće razlike zbog toga jer se ne odnose na isti volumen kao ekvivalent. Naime, tablice za smreku koje se koriste u Hrvatskoj daju volumene stabla s uključenim volumenom panja, dok nam je za tablice u Srbiji ta informacija ostala nepoznata. U Srbiji su Banković i dr. (2003) izra-

**Tablica 8.** Rezultati testiranja značajnosti razlika pomoću t-testa parova između stvarnih ( $V_{7\_stv.}$ ) i procijenjenih volumena krupnog drveta ( $V_{7\_RM}$ ) po debljinskim klasama

**Table 8.** Results of testing the significance of differences by t-test of pairs between actual and estimated merchantable wood volumes by thickness classes

| Statistički parametri t-testa – Statistical parameters of the t-test | 10 ≤ d <sub>1,3</sub> < 20 |                   | 20 ≤ d <sub>1,3</sub> < 30 |                   | 30 ≤ d <sub>1,3</sub> < 50 |                   | 50 ≤ d <sub>1,3</sub> < 80 |                   | d <sub>1,3</sub> ≥ 80 |                   | Ukupno – Total      |                   |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
|                                                                      | V <sub>7_stv.</sub>        | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_stv.</sub>        | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_stv.</sub>        | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_stv.</sub>        | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_stv.</sub>   | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_stv.</sub> | V <sub>7_RM</sub> |
| Sredina – Mean                                                       | 0.118                      | 0.118             | 0.448                      | 0.442             | 1.351                      | 1.353             | 3.892                      | 3.871             | 7.969                 | 7.926             | 2.283               | 2.273             |
| Varijansa – Variance                                                 | 0.0044                     | 0.0045            | 0.0236                     | 0.0228            | 0.2185                     | 0.1879            | 1.6709                     | 1.4684            | 1.5499                | 0.8908            | 4.7330              | 4.5733            |
| Opažanja – Observations                                              | 49                         | 49                | 63                         | 63                | 111                        | 111               | 135                        | 135               | 19                    | 19                | 377                 | 377               |
| Pearsonova korelacija – Pearson Correlation                          | 0.9658                     |                   | 0.961859                   |                   | 0.9377                     |                   | 0.9356                     |                   | –                     |                   | 0.9876              |                   |
| Broj stepena slobode – Df                                            | 48                         |                   | 62                         |                   | 110                        |                   | 134                        |                   | 18                    |                   | 376                 |                   |
| Izračunata vrijednost t – t Stat                                     | 0.0960                     |                   | 1.0852                     |                   | -0.1432                    |                   | 0.5390                     |                   | 0.2230                |                   | 0.5741              |                   |
| Nivo značajnosti P(T ≤ t) two-tail                                   | 0.9239                     |                   | 0.2820                     |                   | 0.8864                     |                   | 0.5908                     |                   | 0.8261                |                   | 0.5663              |                   |
| Kritična vrijednost t-testa – t Critical two-tail                    | 2.0106                     |                   | 1.9990                     |                   | 1.9818                     |                   | 1.9778                     |                   | 2.1009                |                   | 1.9663              |                   |

**Tablica 9.** Rezultati testiranja značajnosti razlika pomoću t-testa parova između volumena iz dvoluaznih volumnih tablica (Stojanović i dr.1978) i volumena izračunatih pomoću izrađenog regresijskog modela po debljinskim klasama

**Table 9.** - Results of testing the significance of differences by t-test of pairs between volumes calculated on the basis of the chosen regression model and volumes from two-way volume tables (Stojanovic, i dr. 1978) by thickness classes

| Statistički parametri t-testa – <i>Statistical parameters of the t-test</i> | 10 ≤ d <sub>1,3</sub> < 20 |                      | 20 ≤ d <sub>1,3</sub> < 30 |                      | 30 ≤ d <sub>1,3</sub> < 50 |                      | 50 ≤ d <sub>1,3</sub> < 80 |                      | d <sub>1,3</sub> ≥ 80 |                      | Ukupno – Total    |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|                                                                             | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Stoj.</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Stoj.</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Stoj.</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Stoj.</sub> | V <sub>7_RM</sub>     | V <sub>7_Stoj.</sub> | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_Stoj.</sub> |
| Sredina – <i>Mean</i>                                                       | 0.118                      | 0.1215               | 0.442                      | 0.451                | 1.353                      | 1.318                | 3.871                      | 3.670                | 7.926                 | 7.481                | 2.274             | 2.178                |
| Varijansa – <i>Variance</i>                                                 | 0.0045                     | 0.0050               | 0.0228                     | 0.0232               | 0.1879                     | 0.1635               | 1.4684                     | 1.6215               | 0.8908                | 0.7419               | 4.5733            | 4.1759               |
| Opažanja – <i>Observations</i>                                              | 49                         | 49                   | 63                         | 63                   | 111                        | 111                  | 135                        | 135                  | 19                    | 19                   | 377               | 377                  |
| Pearsonova korelacija – <i>Pearson Correlation</i>                          | 0.9970                     |                      | 0.9851                     |                      | 0.9977                     |                      | 0.9731                     |                      | 0.7576                |                      | 0.9937            |                      |
| Broj stepena slobode – <i>Df</i>                                            | 48                         |                      | 62                         |                      | 110                        |                      | 134                        |                      | 18                    |                      | 376               |                      |
| Izračunata vrijednost t – <i>t Stat</i>                                     | -3.6446                    |                      | -2.8346                    |                      | 9.0658                     |                      | 7.1524                     |                      | 3.0635                |                      | 7.3533            |                      |
| Nivo značajnosti <i>P(T ≤ t) two-tail</i>                                   | 0.0007                     |                      | 0.0062                     |                      | <0.001                     |                      | <0.001                     |                      | 0.0067                |                      | <0.001            |                      |
| Kritična vrijednost t-testa – <i>t Critical two-tail</i>                    | 2.0106                     |                      | 1.9990                     |                      | 1.9818                     |                      | 1.9778                     |                      | 2.1009                |                      | 1.9663            |                      |

**Tablica 10.** Rezultati testiranja značajnosti razlika pomoću t-testa parova između volumena izračunatih pomoću regresijskog modela za planinski pojas Kopaonika (Banković i dr. 2003) i volumena izračunatih pomoću izrađenog regresijskog modela po debljinskim klasama

**Table 10.** - Results of testing the significance of differences by t-test of pairs between the volumes calculated on the basis of regression model for the Kopaonik mountain Belt (Banković i dr. 2003) and the volumes calculated using the created regression model by thickness classes

| Statistički parametri t-testa – <i>Statistical parameters of the t-test</i> | 10 ≤ d <sub>1,3</sub> < 20 |                          | 20 ≤ d <sub>1,3</sub> < 30 |                          | 30 ≤ d <sub>1,3</sub> < 50 |                          | 50 ≤ d <sub>1,3</sub> < 80 |                          | d <sub>1,3</sub> ≥ 80 |                          | Ukupno – Total    |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
|                                                                             | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Bank. Pl.</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Bank. Pl.</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Bank. Pl.</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Bank. Pl.</sub> | V <sub>7_RM</sub>     | V <sub>7_Bank. Pl.</sub> | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_Bank. Pl.</sub> |
| Sredina – <i>Mean</i>                                                       | 0.118                      | 0.156                    | 0.442                      | 0.526                    | 1.353                      | 1.483                    | 3.871                      | 4.113                    | 7.926                 | 8.585                    | 2.273             | 2.450                    |
| Varijansa – <i>Variance</i>                                                 | 0.004                      | 0.006                    | 0.0228                     | 0.0247                   | 0.188                      | 0.204                    | 1.468                      | 1.622                    | 0.891                 | 1.142                    | 4.5733            | 5.1752                   |
| Opažanja – <i>Observations</i>                                              | 49                         | 49                       | 63                         | 63                       | 111                        | 111                      | 135.000                    | 135.000                  | 19                    | 19                       | 377               | 377                      |
| Pearsonova korelacija – <i>Pearson Correlation</i>                          | 0.997                      |                          | 0.997                      |                          | 0.997                      |                          | 0.999                      |                          | 0.994                 |                          | 0.9996            |                          |
| Broj stepena slobode – <i>Df</i>                                            | 48                         |                          | 62                         |                          | 110                        |                          | 134                        |                          | 18                    |                          | 376               |                          |
| Izračunata vrijednost t – <i>t Stat</i>                                     | -20.268                    |                          | -46.799                    |                          | -35.290                    |                          | -31.210                    |                          | -17.177               |                          | -22.788           |                          |
| Nivo značajnosti <i>P(T ≤ t) two-tail</i>                                   | <0.001                     |                          | <0.001                     |                          | <0.001                     |                          | <0.001                     |                          | <0.001                |                          | <0.001            |                          |
| Kritična vrijednost t-testa – <i>t Critical two-tail</i>                    | 2.011                      |                          | 1.999                      |                          | 1.982                      |                          | 1.978                      |                          | 2.101                 |                          | 1.9663            |                          |

**Tablica 11.** Rezultati testiranja značajnosti razlika pomoću t-testa parova između volumena izračunatih pomoću regresijskog modela za subalpski pojas Kopaonika (Banković i dr. 2003) i volumena izračunatih pomoću izrađenog regresijskog modela po debljinskim klasama

**Table 11.** Results of testing the significance of differences using the t-test of pairs between the volumes calculated on the basis of regression model for the Kopaonik Sub-Alpine Belt (Banković i dr. 2003) and the volumes calculated using the created regression model by thickness classes

| Statistički parametri t-testa – <i>Statistical parameters of the t-test</i> | 10 ≤ d <sub>1,3</sub> < 20 |                         | 20 ≤ d <sub>1,3</sub> < 30 |                         | 30 ≤ d <sub>1,3</sub> < 50 |                         | 50 ≤ d <sub>1,3</sub> < 80 |                         | d <sub>1,3</sub> ≥ 80 |                         | Ukupno – Total    |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                                                             | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Bank. SA</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Bank. SA</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Bank. SA</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Bank. SA</sub> | V <sub>7_RM</sub>     | V <sub>7_Bank. SA</sub> | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_Bank. SA</sub> |
| Sredina – <i>Mean</i>                                                       | 0.118                      | 0.131                   | 0.442                      | 0.449                   | 1.353                      | 1.309                   | 3.871                      | 3.761                   | 7.926                 | 8.033                   | 2.273             | 2.229                   |
| Varijansa – <i>Variance</i>                                                 | 0.004                      | 0.004                   | 0.023                      | 0.018                   | 0.188                      | 0.171                   | 1.4684                     | 1.4296                  | 0.891                 | 1.118                   | 4.5733            | 4.5156                  |
| Opažanja – <i>Observations</i>                                              | 49                         | 49                      | 63                         | 63                      | 111                        | 111                     | 135                        | 135                     | 19                    | 19                      | 377               | 377                     |
| Pearsonova korelacija – <i>Pearson Correlation</i>                          | 0.995                      |                         | 0.994                      |                         | 0.994                      |                         | 0.997                      |                         | 0.983                 |                         | 0.9989            |                         |
| Broj stepena slobode – <i>Df</i>                                            | 48                         |                         | 62                         |                         | 110                        |                         | 134                        |                         | 18                    |                         | 376               |                         |
| Izračunata vrijednost t – <i>t Stat</i>                                     | -13.646                    |                         | -2.553                     |                         | 9.397                      |                         | 13.432                     |                         | -2.166                |                         | 8.6559            |                         |
| Nivo značajnosti <i>P(T ≤ t) two-tail</i>                                   | <0.001                     |                         | 0.013                      |                         | <0.001                     |                         | <0.001                     |                         | 0.044                 |                         | <0.001            |                         |
| Kritična vrijednost t-testa – <i>t Critical two-tail</i>                    | 2.011                      |                         | 1.999                      |                         | 1.982                      |                         | 1.978                      |                         | 2.101                 |                         | 1.9663            |                         |

dili zapremine tablice za smreku za područje nacionalnog parka Kopaonik i to odvojeno za planinski pojas (V<sub>7\_Bank. Pl</sub>) i za subalpski pojas (V<sub>7\_Bank.SA</sub>). Za kreiranje regresijskih modela za procjenu volumena stabala smreke za prvi model korišteno je 201 stabala, a za drugi 393 stabala. Za izravnanje volumena stabala smreke u ovisnosti o prsnom promjeru i visini korištena je Schumacher-Hallova funkcija (Schumacher i Hall 1933). Rezultati testiranja značajnosti

razlika između volumena izračunatih pomoću ovih regresijskih modela (Banković i dr. 2003) i volumena izračunatih pomoću izrađenog regresijskog modela po debljinskim klasama prikazani su u tablicama 10 i 11. Rezultati testiranja pokazuju da se za oba modela u svim debljinskim klasama, kao i za sva stabla u uzorku utvrđene statistički značajne razlike u odnosu na volumene procijenjene na bazi izrađenog modela. Ipak, model koji je izrađen za stabla

**Tablica 12.** Rezultati testiranja značajnosti razlika pomoću t-testa parova između volumena iz dvoluaznih volumnih tablica (Špiranec, 1977) i volumena izračunatih pomoću izrađenog regresijskog modela po debljinskim klasama

Table 12. Results of testing the significance of differences by t-test of pairs between volumes calculated on the basis of the chosen regression model and volumes from two-tier volume tables (Špiranec, 1977) by thickness classes

| Statistički parametri t-testa – Statistical parameters of the t-test | 10 ≤ d <sub>1,3</sub> < 20 |                         | 20 ≤ d <sub>1,3</sub> < 30 |                         | 30 ≤ d <sub>1,3</sub> < 50 |                         | 50 ≤ d <sub>1,3</sub> < 80 |                         | d <sub>1,3</sub> ≥ 80 |                         | Ukupno – Total    |                         |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                                                      | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Špiranec</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Špiranec</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Špiranec</sub> | V <sub>7_RM</sub>          | V <sub>7_Špiranec</sub> | V <sub>7_RM</sub>     | V <sub>7_Špiranec</sub> | V <sub>7_RM</sub> | V <sub>7_Špiranec</sub> |
| Sredina – Mean                                                       | 0.118                      | 0.118                   | 0.448                      | 0.443                   | 1.353                      | 1.371                   | 3.871                      | 4.159                   | 7.926                 | 9.229                   | 2.273             | 2.447                   |
| Varijansa – Variance                                                 | 0.0044                     | 0.0043                  | 0.0236                     | 0.0210                  | 0.1879                     | 0.2063                  | 1.4684                     | 1.9864                  | 0.8908                | 1.5479                  | 4.5733            | 5.9443                  |
| Opažanja – Observations                                              | 49                         | 49                      | 63                         | 63                      | 111                        | 111                     | 135                        | 135                     | 19                    | 19                      | 377               | 377                     |
| Pearsonova korelacija – Pearson Correlation                          | 0.9713                     |                         | 0.9606                     |                         | 0.9976                     |                         | 0.9987                     |                         | 0.9953                |                         | 0.9984            |                         |
| Broj stepena slobode – Df                                            | 48                         |                         | 62                         |                         | 110                        |                         | 134                        |                         | 18                    |                         | 376               |                         |
| Izračunata vrijednost t – t Stat                                     | 0.0163                     |                         | 0.9096                     |                         | -4.8927                    |                         | -16.038                    |                         | -17.856               |                         | -10.369           |                         |
| Nivo značajnosti – P(T ≤ t) two-tail                                 | 0.9871                     |                         | 0.3666                     |                         | <0.001                     |                         | <0.001                     |                         | <0.001                |                         | <0.001            |                         |
| Kritična vrijednost t-testa – t Critical two-tail                    | 2.0106                     |                         | 1.9990                     |                         | 1.9818                     |                         | 1.9778                     |                         | 2.1009                |                         | 1.9663            |                         |

**Tablica 13.** Razlike u volumenima krupnog drveta iz uzorka procijenjeni na bazi različitih modela

Table 13. Differences in the merchantable wood volumes from the sample estimated on the basis of different models

| Debljinski stupanj<br>DBH Class                      | Razlike između stvarnih i modelom procijenjenih volumena<br>Differences between actual and model estimated volumes – (m <sup>3</sup> ) |                                                           |                                                              |                                                               |                                                  |  |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--|
|                                                      | V <sub>7</sub> stvarna – V <sub>7</sub> Balić et al.                                                                                   | V <sub>7</sub> stvarna – V <sub>7</sub> Stojanović et al. | V <sub>7</sub> stvarna – V <sub>7</sub> Banković et al. SubA | V <sub>7</sub> stvarna – V <sub>7</sub> Banković et al. Plan. | V <sub>7</sub> stvarna – V <sub>7</sub> Špiranec |  |
| 12.5                                                 | 0.01                                                                                                                                   | -0.68                                                     | -0.22                                                        | -0.59                                                         | 0.03                                             |  |
| 17.5                                                 | 0.00                                                                                                                                   | -1.70                                                     | -0.26                                                        | -1.10                                                         | 0.13                                             |  |
| 22.5                                                 | 0.25                                                                                                                                   | -3.37                                                     | -0.25                                                        | -2.13                                                         | 0.18                                             |  |
| 27.5                                                 | 0.11                                                                                                                                   | -4.48                                                     | 0.25                                                         | -2.64                                                         | 0.28                                             |  |
| 32.5                                                 | -0.24                                                                                                                                  | -6.26                                                     | 1.05                                                         | -3.27                                                         | 0.23                                             |  |
| 37.5                                                 | -0.24                                                                                                                                  | -8.76                                                     | 0.91                                                         | -4.23                                                         | -0.47                                            |  |
| 42.5                                                 | 0.32                                                                                                                                   | -8.02                                                     | 1.66                                                         | -3.20                                                         | -0.29                                            |  |
| 47.5                                                 | -0.07                                                                                                                                  | -9.67                                                     | 1.18                                                         | -3.75                                                         | -1.39                                            |  |
| 52.5                                                 | 1.28                                                                                                                                   | -14.25                                                    | 4.89                                                         | -3.54                                                         | -1.33                                            |  |
| 57.5                                                 | 0.91                                                                                                                                   | -16.40                                                    | 3.95                                                         | -4.57                                                         | -3.30                                            |  |
| 62.5                                                 | -1.12                                                                                                                                  | -21.77                                                    | 2.12                                                         | -6.84                                                         | -7.17                                            |  |
| 67.5                                                 | 2.34                                                                                                                                   | -21.48                                                    | 4.78                                                         | -4.42                                                         | -6.17                                            |  |
| 72.5                                                 | -2.24                                                                                                                                  | -17.31                                                    | 0.10                                                         | -6.00                                                         | -8.98                                            |  |
| 77.5                                                 | 1.68                                                                                                                                   | -17.96                                                    | 2.23                                                         | -3.97                                                         | -8.22                                            |  |
| 82.5                                                 | 5.13                                                                                                                                   | -5.61                                                     | 5.60                                                         | 2.22                                                          | -0.85                                            |  |
| 87.5                                                 | -4.67                                                                                                                                  | -23.62                                                    | -5.55                                                        | -10.57                                                        | -16.11                                           |  |
| 92.5                                                 | -0.16                                                                                                                                  | -2.59                                                     | -0.19                                                        | -0.91                                                         | -1.86                                            |  |
| 97.5                                                 | 0.25                                                                                                                                   | -5.55                                                     | -0.73                                                        | -1.74                                                         | -3.43                                            |  |
| Ukupna razlika<br>Total difference (m <sup>3</sup> ) | 3.23                                                                                                                                   | -189.48                                                   | 21.51                                                        | -61.27                                                        | -58.74                                           |  |
| %                                                    | 0.42                                                                                                                                   | -22.27                                                    | 2.53                                                         | -7.20                                                         | -6.90                                            |  |

smreke iz subalpskog pojasa (*V<sub>7</sub>Bank.SA*) pokazuje nešto manja odstupanja s našim modelom u odnosu na model koji je izrađen za stabla smreke iz planinskog pojasa (*V<sub>7</sub>Bank.Pl*) koji u svim debljinskim klasama daje veće volumene u odnosu na izrađeni regresijski model. U odnosu na stvarne volumene, modelom koji je izrađen za stabla smreke za subalpski pojas dobivaju se nešto manji volumeni za 21,5 m<sup>3</sup> (ili za 2,5%) dok se modelom koji je izrađen za stabla

smreke za planinski pojas dobivaju veći volumeni za 61,3 m<sup>3</sup> (ili za 7,2 %). To je i logično ako se ima u vidu forma stabala smreke iz subalpskog pojasa Kopaonika, koja su pri jednakim veličinama promjera u prosjeku niža i malodrvnija u odnosu na stabla smreke istih dimenzija iz planinskog pojasa Kopaonika.

U susjednoj Hrvatskoj Špiranec je izradio tablice drvnih masa za smreku i to na bazi 750 modelnih stabala, pri čemu je za kreiranje regresijskog modela za procjenu ukupnog volumena stabala smreke u ovisnosti o prsnim promjerima i visinama također koristio Schumacher-Hallovu funkciju (Špiranec 1976). Tablice za deblovinu su dobivene množenjem vrijednosti ukupnog volumena s izrađenim tablicama postotka deblovine u ukupnom volumenu stabla (Špiranec 1976, str. 5 i str. 16). Osim toga, u volumenu deblovine uračunat je i volumen panja. Rezultati testiranja značajnosti razlika između volumena izračunatih pomoću tablica Špiraneca (Špiranec 1976) i volumena izračunatih primjenom kreiranog regresijskog modela po debljinskim klasama prikazani su u tablici 12. Rezultati testiranja pokazuju da za stabla tanja od 30 cm ne postoje značajne razlike u volumenima stabala, dok za stabla deblja od 30 cm volumeni procijenjeni na bazi regresijskog modela (Špiranec 1976) su u prosjeku veći u odnosu na volumene procijenjene primjenom izrađenog regresijskog modela. U odnosu na stvarne zapremine, navedenim modelom se za uzorak od 377 stabala dobivaju nešto veći volumeni, i to za 58,7 m<sup>3</sup> (ili za 6,9%)

## ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Na području Kantona 10 (Livanjski kanton) Federacije Bosne i Hercegovine, provedena su istraživanja oblika stabala smreke na uzorku od 377 modelnih stabala na kojima su u oborenom stanju metodom sekcioniranja utvrđeni volumeni krupnog drveta. Na bazi provedenih istraživanja izrađen je model za procjenu volumena krupnog drveta stabala smreke u ovisnosti o prsnom promjeru i visini stabala sljedećeg oblika:  $V_7 = a_0 + a_1 d_{1,3} + a_2 h + a_3 d_{1,3}^2 h + a_4 d_{1,3}^3 + a_5 d_{1,3}^2 h^2$  uz utvrđeni koeficijent determinacije:  $R^2 = 0,99$  i veličinu standardne greške regresije  $S_{ey} = 0,24 \text{ m}^3$ . Testirajući značajnost razlika između stvarnih volumena stabala iz uzorka i volumena tih istih stabala utvrđenih primjenom odabranog regresijskog modela nisu utvrđene statistički značajne razlike. Prosječni postotak odstupanja iznosio je -0,44%. To znači da se na uzorku od 377 stabala smreke u prosjeku dobivaju za 0,44% niži volumeni u odnosu na stvarne volumene, što ukazuje da je ovaj regresijski model upotrebljiv za primjenu u praktičnom radu, jer je prosječni postotak odstupanja manji od 1%. Statistički značajne razlike utvrđene su između volumena stabala utvrđenih primjenom odabranog regresijskog modela i volumina tablica drugih autora (Stojanović i dr. 1978; Banković i dr. 2003; Špiranec 1976). Ta odstupanja variraju u rasponu od 2,53% pa sve do 22,7%. Najveća odstupanja su utvrđena upravo kod modela koji se primjenjuje u BiH (Stojanović i dr. 1978) i iznose 22,7% dok su najmanja odstupanja utvrđena za volumene procijenjene pomoću modela koji je kreiran za stabla smreke iz subalpijskog pojasa planine Kopaonik (Banković i dr. 2003) i iznose 2,53 %. Imajući u vidu značaj i aktualnost ovih

istraživanja za šumarsku praksu, potrebno je nastaviti sa sličnim istraživanjima za druge gospodarski značajne šumske vrste drveća, kako za ovo, tako i za područje ostalih kantona u Federaciji Bosne i Hercegovine.

## LITERATURA REFERENCES

- Banković, S. Medarević, M., Pantić, D., Filipović, M., 2003: Zapreminske tablice za smrču na području nacionalnog parka Kopaonik. Šumarstvo 2-3, UŠIT, Beograd: 51-60.
- Banković, S., Pantić, D., 2006: Dendrometrija. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu. Str.1-256.
- Box, G, Cox, D. R., 1964: An Analysis of Transformations. *J Roy Stat Soc B Met* 26 (2): 211-252.
- Drinić, P., Matić, V., Pavlić, J., Prolić, N., Stojanović, O., Vukmirović, V., Koprivica, M. 1990: Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini. Posebno izdanje. Šumarski fakultet. 327 S.
- Koprivica, M., Maunaga Z., 2008: Oblik i zapremina vretena stabla smrče u jednodobnim sastojinama na području Bosne. Šumarski fakultet Univerziteta u Banja Luci. Str.1-81.
- Kramer, H., Akça, A., 2008: Leitfaden zur Waldmesslehre. J.D.Sauerländer's Verlag. 5. erweiterte Auflage. Frankfurt am Main. Str.1-210.
- Kružić, T., 1993: Izbor regresijskog modela za izjednačenje drvnogromadnih tablica. Glas. sum. pokuse: 29:149-198.
- Meyer, H. A., 1941: A Correction for a Systematic Error Occuring in the Application of the Logarithmic Volume Equation. The Pennsylvania State Forest School, Research Paper 7.
- Hansen, J., Nagel, J., 2012: Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGroSS - Anwendung und theoretische Grundlagen. Universitätsverlag Göttingen, 224. p.
- Näslund, M., 1941: Funktionen und Tabellen zur Kubierung stehender Baume, Kiefer, Fichte und Birke in Nordschweden. Medd. Skogsforskn lost., Stockh., 32.
- Näslund, M., 1947: Functions and tables for computing cubic volume of standing trees, pine, spruce and birch in southern Sweden and in whole of Sweden. Medd. Skogsforskn lost., Stockh.:1- 36.
- Pranjić, A., Lukić, N. 1997: Izmjera šuma. Šumarski Fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Str.1-410.
- Schumacher, F. X., F. D. S. Hall, 1933: Logarithmic expression of timber-tree volume., *Journ. of Agr. Res.* 47/9:719-734, Washington.
- Spurr, S. H., 1952: Forest Inventory. The Ronald Press Company, New York, 476 p.
- StatSoft, Inc., 2007: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.
- Stoate, T. N. 1945: The use of a volume equation in pine stands. *Australian Forestry* 9: 48-52.
- Stojanović, O., Pavlić, J., Prolić, N., 1976: Tablice zapremine stabala krupnog drveta za smrču: 171-191 u: Drinić, P., Matić, V., Pavlić, J., Prolić, N., Stojanović, O., Vukmirović, V., Koprivica, M. 1990: Tablice taksacionih elemenata visokih i izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini. Posebno izdanje. Šumarski fakultet Sarajevo. 327 S.
- Špiranec, M., 1976: Tablice drvnih masa jele i smreke. Radovi. Br. 29. Šumarski institut Jastrebarsko. Zajednica šumarstva, prerade drva i prometa drvnim proizvodima i papirom. Zagreb.

## SUMMARY

For assessment of growing stock in B&H forestry praxis as scientific baseline we are using volume tables and tariffs (Drinić dr. 1990). Having in mind the fact that these are constructed based on volume coefficients of the trees taken from German tree volume tables, which originate from single-age assortments, it is justified to suspect that by applying these tables one will get certain differences in quantity of large wood mass related to the actual status of those volumes. It is known that trees of the same tree species coming from single-age assortments are more full-bodied because they have larger volume coefficients compared to the trees of the same species from variable aged and selection forest assortments. That is why the objective of this research is to find "the best" regression model for levelling of volume of large wood of spruce, as dependent variable depending on diameter at breast height and tree height, as independent variables. To achieve this objective we have selected 377 model trees of spruce that were measured in felled condition on wider area of state owned variable aged assortments in Canton 10 (Livno Canton). To determine volume of large wood of trees we applied section method with sections of uneven absolute lengths (most often from 1 – 2 m). For levelling of volumes of large wood depending on diameter at breast height and tree height we applied method of multi-regression analysis. Quality of levelling and appropriateness of tested models was evaluated on the basis of determined values of basic statistical indicators for characterisation of the strength of correlation connections. The best values of the parameters showed model:  $V_j = a_0 + a_1 d_{1,3} + a_2 h + a_3 d_{1,3} h + a_4 d_{1,3}^2 + a_5 d_{1,3}^2 h$  with determined determination coefficient:  $R^2 = 0,99$  and size of standard regression error:  $S_{ey} = 0,245 \text{ m}^3$ . By testing significance of differences between actual/real tree volumes from the sample and volume of those trees determined by application of selected regression model by using *t*-test of pairs, no statistically significant differences were recorded. Average percentage of deviation was -0.44%. That means that in average we get 0.44% lower volumes comparing to the actual volumes in the sample of 377 spruce trees which shows that this regression model is usable for application in practice, because that average percentage is less than 1%. Statistically significant differences were recorded between volumes of trees of selected regression model and volume tables and models of other authors (Stojanović i dr. 1978; Banković i dr. 2003; Špiranec, 1976.). Those deviations vary in the range from 2.53% up to 22.7%. The largest deviations were determined exactly in model that is used in B&H (Stojanović i dr. 1978) and are in amount of 22.7% while the lower deviations were determined for volumes estimated by using model created for spruce trees from Sub-Alpine belt for area of Kopaonik (Banković i dr. 2003) and those amount to 2.53%.

---

**KEY WORDS:** spruce, merchantable wood volume, regression model, nonlinear regression, two-entry volume tables.



HRVATSKA KOMORA  
INŽENJERA ŠUMARSTVA  
I DRVNE TEHNOLOGIJE

Prilaz Gjüre Deželića 63, 10000 Zagreb  
Telefon: ++385(1)376-5501  
Telefax: ++385(1)376-5504  
[www.hkisdt.hr](http://www.hkisdt.hr); [info@hkisdt.hr](mailto: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.

# VISIBILITY ANALYSIS OF FIRE LOOKOUT TOWERS PROTECTING THE MEDITERRANEAN FOREST ECOSYSTEMS IN TURKEY

## ANALIZA VIDLJIVOSTI VATROGASNIH TORNJJEVA NAMIJENJENIH ZAŠTITI MEDITERANSKIH ŠUMSKIH EKOSUSTAVA OD POŽARA U TURSKOJ

Hüseyin Oğuz ÇOBAN<sup>1,\*</sup>, Halis BEREKET<sup>2</sup>

### SUMMARY

Urgent detection of fire and precise identification of its location are of critical importance for success of first response to fight forest fire. Forest fire lookout towers are main observation system and used in a sophisticated way to detect forest fires in Turkey. The objective of this study was to conduct visibility analysis of fire lookout towers deployed in mountainous Mediterranean forest region of Turkey, thereby assess their effectiveness. It is necessary to determine functionality and capacity of these towers to protect forest environment. Visible and invisible areas from towers were identified by using Geographic Information System and high resolution digital elevation data. In visibility analysis, scanning was performed with a rotation of 360 degrees at the 18 kilometres radius from the point where a lookout tower was located. Roads in this region are one of the elements that can be used in fire observation. People traveling on these roads may report forest fires by using cell phones. In this sense, the efficiency/effectiveness of the towers have been associated with forest road traffic. Therefore, visibility analysis of roads was also performed to check the observation capabilities from roads. Although there are 37 fire lookout towers in this area, where coniferous tree species such as brutian pine and black pine that are highly vulnerable to fire are dominantly distributed, 40% of forests are in parts that are not visible and 15% of them are at high risk of fire. More than 100 thousand hectares of fire-sensitive forest area in this region could not be controlled by the towers. The network of towers could view 56% of the overall area and 59% of the forest areas. People using the roads contributed to the lookout system by 11% and ensured that 70% of the forest area in this region was visible when combined with the towers. On the other hand, 59% of 523 thousand hectares of forest land that were not visible from the roads were visible from the towers. It was emphasized that the participatory behavior of people who lived in forests and used inner forest roads were an important part of the fire observation system. We recommend that the GIS-based methodologies including digital camera systems and remote sensing technologies in addition to the conventional lookout towers with a view to planning the economically, technically and operationally optimal fire lookout system.

**KEY WORDS:** viewshed analysis, fire risk, fire sensitivity, forest fire, forest road, Isparta

### INTRODUCTION UVOD

As a natural phenomenon of Mediterranean forest ecosystem (Pausas and Vallejo, 1999; Keeley et al., 2012), forest

fires can help their regeneration (Wuertner, 2006; Neyişçi, 2009). The survival of those ecosystems depends on their resilience and adaptability (Daniau et al., 2010; Keeley, 2012; San-Miguel-Ayaz et al., 2013). Moreover, economic and

<sup>1</sup> Assoc. Prof. Dr. for Hüseyin Oğuz Çoban, Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, 32260, Isparta, Turkey

<sup>2</sup> M.Sc. for Halis Bereket, Süleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 32260, Isparta, Turkey, e-mail: mail@halisbereket.com

\*Correspondence: oguzcoban@isparta.edu.tr

social negative impacts of forest fires (Küçükosmanoğlu, 1986; Garbolino et al., 2017) cannot be ignored. It is life threatening for people if forest fire goes beyond the scale that can be controlled and turns into a gigantic fire (Molina-Terre 'N et al., 2019). Restoration and rehabilitation of areas destroyed due to forest fire require high cost, long time and a big labour force (Eker and Çoban, 2009; Naama et al., 2019). Therefore, forest fires should be detected and extinguished in the shortest time possible (Cao et al., 2019). Along the south and west coast of Turkey, forests that are distributed in areas adjacent to the Mediterranean and Aegean Sea and under the influence of Mediterranean climate are first-degree fire-sensitive areas (Bilgili et al., 2001; Bilici et al., 2017; Çoban and Erdin, 2020). This region also contains special conservation areas such as national parks, wildlife promotion areas and archaeological conservation sites. Uninterrupted lookout throughout the fire season is extremely important for these high fire-risk areas.

The statistics of the European Union show that 63724 forest fires that broke out in Turkey from 1988 to 2017, 319 848 hectares burned down (JRC, 2018). More than 90% of those forest fires are man-made (Avci et al., 2009; JRC, 2018). Every year more than 10 thousand hectares of forest area is burnt in Turkey (GDF, 2019). These figures indicate that Turkey faces a serious threat of forest fire.

When fire prevention fails, firefighting process starts (Çanakçıoğlu, 1993). The first step of this process is to immediately identify the origin of the fire. It depends on noticing fire in the short time possible to extinguish it before it grows further. Delayed action of identifying the fire ignition location also delays response by the first teams and that may allow the fire to grow bigger and burn large areas (Rodrigues et al., 2019).

In Turkey, the primary method used for early detection of forest fire is the network of fire lookout towers installed on 774 lookout points (GDF, 2019). Being installed for an effective fire detection system and playing an important role for the success of first response to fire, this lookout system reduces the fire extinguishing costs substantially (Rego and Catry, 2006; Catry et al., 2007; Pompa-Garcia et al., 2010). Two people assigned at towers lookout for possible fires with binoculars uninterruptedly 24 hours a day for almost 4 months. When fire is detected from the tower, the coordinates of the fire point are determined and emergency response teams are alerted. Tower officers monitor the status of the fire on one hand while on the other hand they navigate the teams in the field. Moreover, in fire-sensitive Mediterranean and Aegean regions, there are only a few fire lookout towers that are endowed with smoke detection sensors and thermal camera systems (Kolaric et al., 2008; Wooster et al., 2013). These sensors are reported to have a very high rate of sensing fire as long as they are not influ-

enced by mist and fog (Küçük et al., 2017). In case of a meteorological alert, mobile first response teams and air surveillance (helicopters/planes) can be mobilized in the forest areas that are very sensitive to fire.

Fire lookout towers in Turkey are reported to have been built in 1946 (Çanakçıoğlu, 1993). Visibility analyses, that was once made on printed maps, can now be performed more quickly, precisely and with multiple dimensions in digital settings. Geographical Information System (GIS) is an effective tool to process digital surface data (Çoban and Eker, 2010; Yener, 2013) and to assess the locations of fire lookout towers on digital maps according to the designated criteria (Aşkın, 2004). In addition to the positioning of visible and invisible areas from the towers, GIS-based multi-dimensional assessment can be made through viewing the fire-sensitive areas from minimum two towers, processing and inquiring dangerous areas, picnic sites, energy transmission lines agricultural fields and settlement areas on different geographical layers. There are relatively few studies about the viewshed analyses at forest fire lookout towers in Turkey. In a study conducted in Boyabat in the West Black Sea Region, 73% of the forest area was reported to be visible from 6 fire lookout towers (Küçük et al., 2017). Another study was conducted in Ilgaz which was located in the same region (Kudu and Buğday, 2019). In a study conducted in Gallipoli Peninsula, 73% of the forest area was reported to be visible from 14 towers (Akbulak and Özdemir, 2008). Aşkın (2004) conducted a study in İzmir in the west, Akay et al. (2011) performed a study in Adıran in Kahramanmaraş region and Akay and Erdoğan (2017) conducted a study in Dursunbey-Balıkesir.

Fire lookout towers are an indispensable communication system despite the technological developments regarding the sensation of fire and notification of response teams about the fire including its location. The main function of these towers is the scanning of an area by a watchman on a regular basis at certain intervals. Therefore, these towers should be positioned in locations where a wide physical space can be visible and that have a wide field of view. There is a need to determine and assess the viewshed capacity of these towers that were positioned mainly on the basis of two dimensional map cross-section in the past. Several destructive fires break out in the Mediterranean forest ecosystems where first-degree fire-sensitive brutian pine and black pine species are widely distributed (GDF, 2019). Today, the effectiveness of the existing towers can be determined through analysis and assessment processes based on GIS that is capable of processing fine data such as digital maps and satellite data.

The objective of this study was to conduct visibility analysis of fire lookout towers by using GIS techniques, determine the visible and invisible areas and analyse the fire risk of fo-

rest areas that are invisible or outside detection range. The roads were considered to be part of the fire observation system with many observation points on them. People using roads passing through forests was reporting fires to the authorized officers, immediately. Therefore, visibility analysis of roads was also performed to check their observation potential in this region.

## MATERIALS AND METHODS

### MATERIJALI I METODE

#### Study Area – Područje istraživanja

This study was conducted in Isparta Regional Directorate of Forestry located on 36°49'24"– 38°29'35" North latitude and 29°19'45"– 31°34'25" East longitude (Figure 1). The study area covers about 1.8 million hectares, 44% of which is covered by forests. This study contains a very wide fire observation network of 37 fire lookout towers including the neighbouring 9 towers.

The minimum, maximum and mean elevation in the region are 72 m, 2984 m and 1236 meters, respectively, while the mean inclination is 26%. In addition to the Mediterranean climate, there are transition zones to continental Central Anatolia climate. The characteristic features of the Mediterranean climate (Lionello et al., 2006; Karatepe and Koyun, 2017) are observed in the south of the study area. Temperature increases ( $>32^{\circ}\text{C}$ ) and precipitation decreases (mean  $<20$  mm) in summer (Worldclim, 2019). Fire risk increases extraordinarily owing to high temperature combined with low relative humidity declining below 10% due to the impact of drying northerly winds during the period covering early June and late September (Neyişi, 1987) considered as the fire season in the region. The annual mean precipitation is 490 mm, while it declines to 17 mm on average in summer. The mean relative humidity is 60% in summer while the dominant wind direction is south (TSMS, 2019). Coniferous species account for 75% of the forests. Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) and black pine (*Pinus nigra* Arnold.) that are coniferous tree species very sensitive

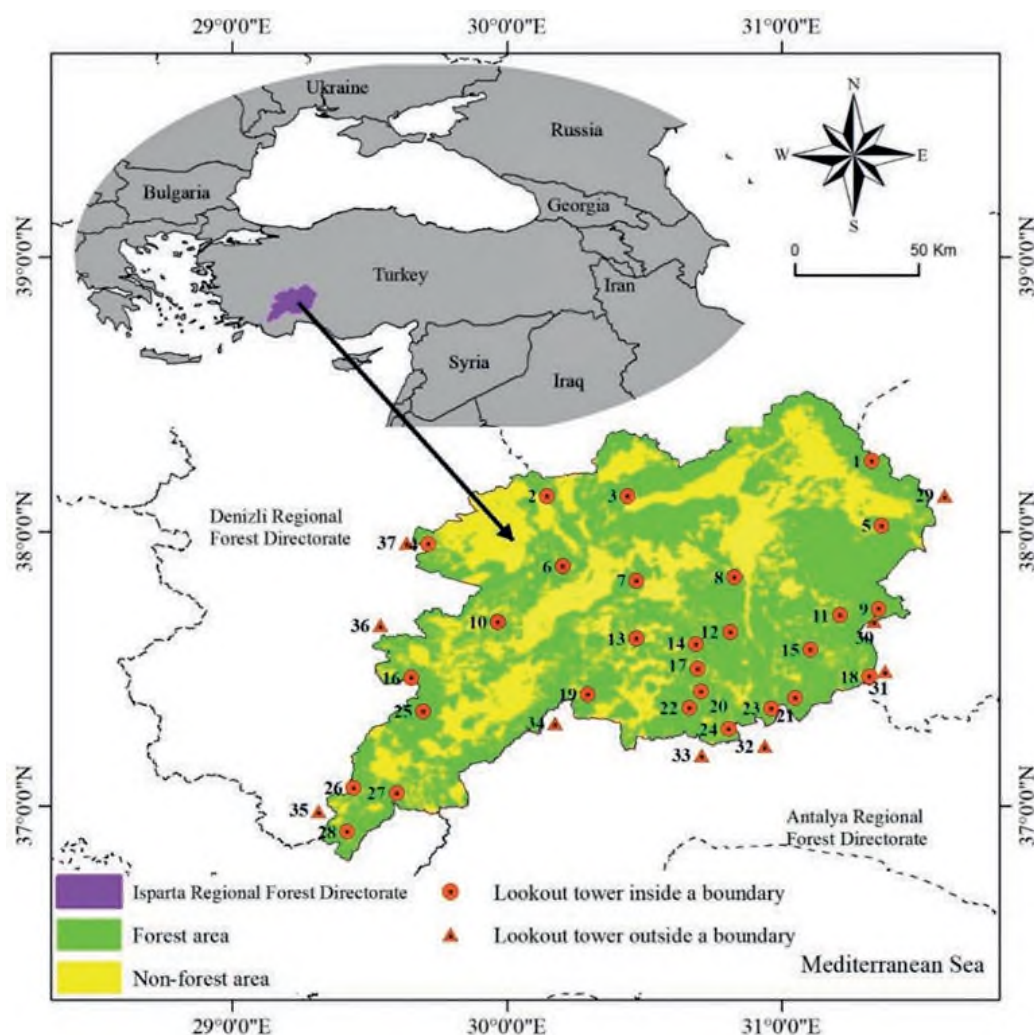
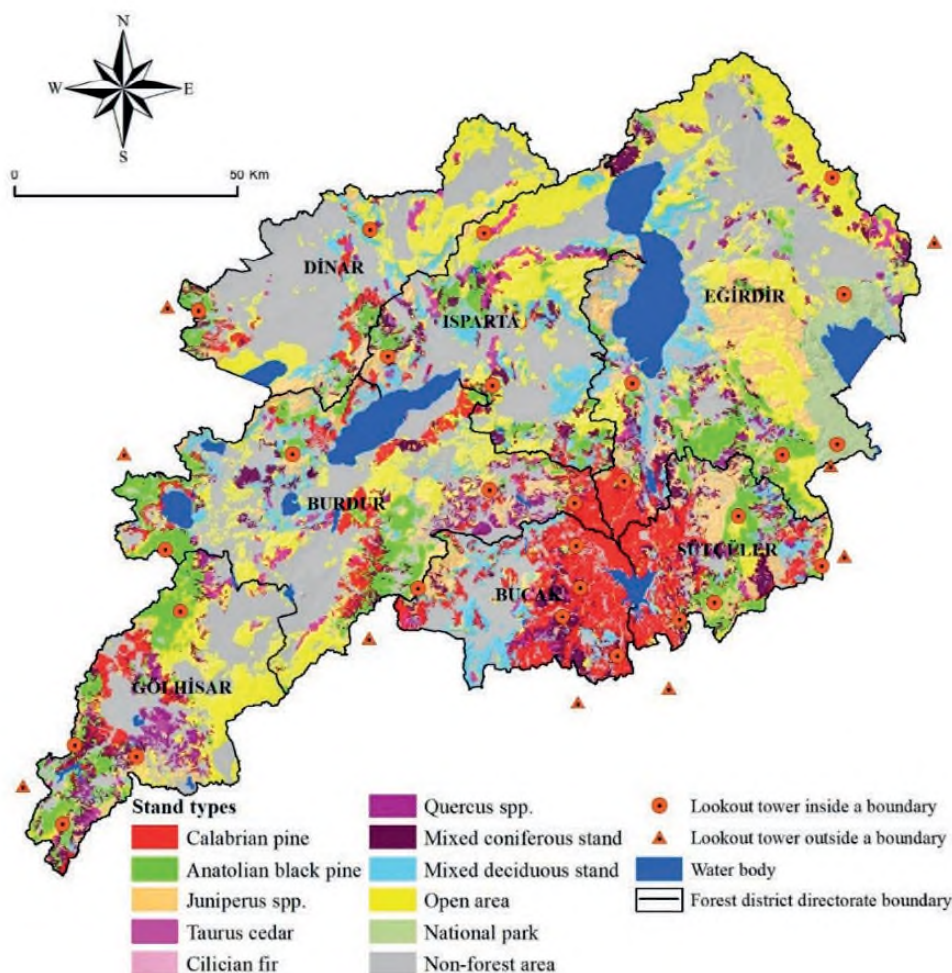


Figure 1. Location of study area

Slika 1. Lokacija istraživanog područja



**Figure 2.** Spatial distribution of stand types in the study area

**Slika 2.** Prostorni raspored tipova sastojina u istraživanom području

to fire represent 37% of the forests. The main broad-leaved species in the region include oak (*Quercus* spp.) species and false acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) as well as Turkish sweetgum (*Liquidambar orientalis* Mill.) species (Figure 2).

In the study area, tourism potential is high, settlement areas are intertwined with the forest, traffic increases on the roads passing through the forest, stubble burning practice is still sustained on the agricultural fields adjacent to the forest, which are the main human activities that further increase the fire risk. The forestry authority has 21 fire first response teams, 41 water trucks, 8 water supply tanks, 8 bulldozers, 6 graders, 104 utility motor vehicles, 41 fire pools, 46 water reservoirs, 99 water area (ponds/dams) and 500 fire workers for the organization of forest fire-fighting efforts in the region (IRDF, 2018).

#### Geographical Dataset – Skup geografskih podataka

The topographic variables of the study area were calculated with the help of NASA SRTM Version-3.0 1 arcsec (~30 meters) data (USGS, 2019) that could be downloaded from <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Digital elevation model

(DEM) of the study area was produced by using this SRTM data. Elevation, inclination and aspect layers were driven in ArcGIS software based on DEM reported to have high horizontal and vertical accuracy (Çoban and Eker, 2009; Bildirici et al., 2017). These topographic variables were assessed together with the findings of the previous scientific studies combined with the statistics obtained from the analysis of histogram distribution between the points of origin of 719 forest fires that occurred in the region in the last decade, and the fire risk categories proposed by Bereket (2019) were determined (Table 1).

Fire risk is defined as the likelihood of a fire to start due to the nature and formation of the factors that may lead to fire (Hardy, 2005). In fact, topographic factors, human behaviours and forest characteristics were used to determine the fire risk of the forest areas for this study (You et al., 2017). All fire risk values were assigned to the relevant raster geographic data and the fire risk zones layer developed in GIS environment by Bereket (2019) was used to inquire fire risks of visible and invisible forest areas in the viewshed analysis of the towers (Jaiswal et al., 2002; Eugino et al., 2016).

**Table 1.** Topographic variables used for mapping fire risk zones

**Tablica 1.** Topografske varijable korištene za kartiranje zona izloženih riziku od požara

| Variables<br>Varijable                               | Class<br>Klasa                       | Risk<br>Rizik                  | Risk value<br>Vrijednost rizika | Source<br>Izvor                                                               |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Elevation (meter)<br><i>Nadmorska visina (metar)</i> | 0-1100                               | Very high<br><i>Vrlo visok</i> | 5                               | Bereket, 2019                                                                 |
|                                                      | 1100-1800                            | High<br><i>Visok</i>           | 4                               |                                                                               |
|                                                      | > 1800                               | Very low<br><i>Vrlo nizak</i>  | 1                               |                                                                               |
| Inclination (°)<br><i>Nagib (°)</i>                  | 0-5                                  | Very low<br><i>Vrlo nizak</i>  | 1                               | Adapted from You et al., 2017<br><i>Prilagođeno od You et al., 2017</i>       |
|                                                      | 5-20                                 | Very high<br><i>Vrlo visok</i> | 5                               |                                                                               |
|                                                      | 20-30                                | High<br><i>Visok</i>           | 4                               |                                                                               |
|                                                      | > 30                                 | Very low<br><i>Vrlo nizak</i>  | 1                               |                                                                               |
|                                                      | Flat terrains<br><i>Ravni tereni</i> | Very low<br><i>Vrlo nizak</i>  | 1                               |                                                                               |
| Aspect<br><i>Izloženost</i>                          | N                                    | Moderate<br><i>Umjeren</i>     | 3                               | Adapted from Sağlam et al., 2008<br><i>Prilagođeno od Sağlam et al., 2008</i> |
|                                                      | NE, NW                               | High<br><i>Visok</i>           | 4                               |                                                                               |
|                                                      | E,SE,S,SW,W                          | Very high<br><i>Vrlo visok</i> | 5                               |                                                                               |

**Table 2.** Observatory parameters for viewshed analysis

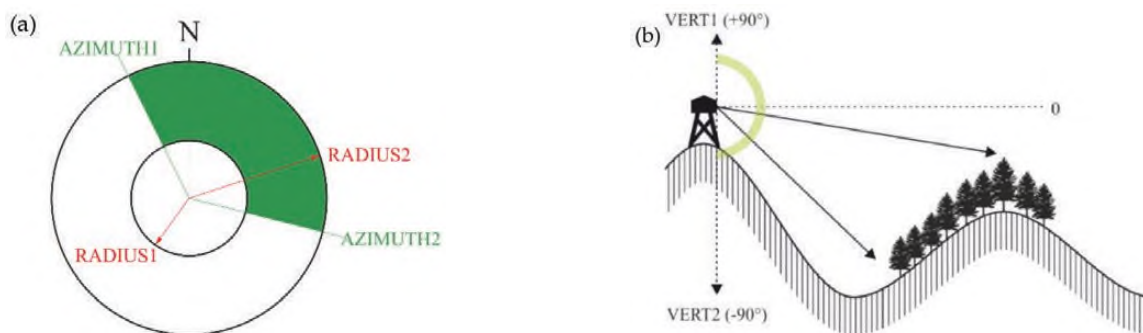
**Tablica 2.** Parametri osmatračnica za analizu vidljivosti

| Variable<br>Varijable      | Default<br>Zadano             | Used<br>Korišteno                                  | Remarks<br>Opaske                                                                                            |
|----------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SPOT<br><i>MJESTO</i>      |                               | SRTM data (30x30 m)<br><i>SRTM podaci (30x30m)</i> | Elevation of the tower from the sea level<br><i>Nadmorska visina tornja</i>                                  |
| OFFSETA<br><i>OFFEST A</i> | 1 m                           | 6 m                                                | Height of the lookout plane in the tower from the ground<br><i>Visina promatračke ravnine tornja s tla</i>   |
| OFFSETB<br><i>OFFSET B</i> | 0 m                           | 100 m                                              | Height of smoke to be recognized at the point viewed<br><i>Visina dima koji se vidi u promatranom mjestu</i> |
| AZIMUTH1<br><i>AZIMUT1</i> | 0°                            | 0°                                                 | Initial value of horizontal scanning angle<br><i>Inicijalna vrijednost horizontalnog kuta skeniranja</i>     |
| AZIMUTH2<br><i>AZIMUT2</i> | 360°                          | 360°                                               | End value of horizontal scanning angle<br><i>Krajnja vrijednost horizontalnog kuta skeniranja</i>            |
| VERT1                      | +90°                          | +90°                                               | Maximum vertical angle<br><i>Maksimalni vertikalni kut</i>                                                   |
| VERT2                      | -90°                          | -90°                                               | Minimum vertical angle<br><i>Minimalni vertikalni kut</i>                                                    |
| RADIUS1<br><i>RADIJUS1</i> | 0 m                           | 0 m                                                | Initial length of scanning<br><i>Inicijalna duljina skeniranja</i>                                           |
| RADIUS2<br><i>RADIJUS2</i> | Infinite<br><i>Beskonačno</i> | 18 km                                              | Completion length of scanning (detection radius)<br><i>Završna duljina skeniranja (radijus detekcije)</i>    |

### Viewshed Analysis of Fire Lookout Towers – *Analiza vidljivosti promatračkih tornjeva*

Viewshed analysis is performed to determine the visible and invisible areas through 360° lookouts at a certain point on the terrain from a certain elevation and at a certain radius. In addition to DEM data, the coordinates of 37 towers loca-

ted in the study area were also recorded in the geographical database for viewshed analysis. Table 2 shows the observatory parameters used for the viewshed analysis made by “viewshed” function under the ArcGIS-3D analysis tools. The elevation where the lookout is performed at the towers located within the study area, which is offsetA, was applied



**Figure 3.** Observatory parameters, a) Horizontal scanning angles (Azimuth1 and Azimuth2), detection radius (Radius1 and Radius2), b) vertical scanning angles (Vert1 and Vert2)

**Slika 3.** Parametri osmatračnica, a) horizontalni kutovi skeniranja (Azimut1 i Azimut2), radijus opažanja (Radijus1 i Radijus2), B) vertikalni kutovi skeniranja (Vert1 i Vert2)

as 6 meters. OffsetB is the height of the smoke that an observatory at the tower is expected to recognize. Usually horizontal scanning (Azimuth) in full circle in the range of 0°-360° and maximum vertical angle range (Vert.) are used at fire lookout towers (Figure 3).

Scanning is performed with a rotation of 360° at the designated scanning radius from the point where a lookout tower is located. The atmospheric condition changes the horizontal range where lookout from a tower will be effective. When there is mist and fog in the air, the range of vision decreases whereas it increases when the sky is totally clear (Catry et al., 2007). In a scientific study conducted in collaboration with the forestry authority to plan the networks of fire lookout towers in Turkey, the lookout radius of the towers was reported to be 18 km (Çanakçıoğlu, 1993). Therefore, 18 km was used as scanning radius in this study. The theoretical horizontal scanning capacity of a tower is 1017 km<sup>2</sup> which is the surface area of a circle with a radius of 18 km. This area also contains some places that are invisible due to the topographic structure. For this reason, each of two towers has its own visibility performance. To evaluate the individual performance of the towers, the visibility index values were calculated with the following equation (1):

$$VI = \frac{V_A}{S_A} \times 100 \quad (1)$$

Where VI is Visibility index, VA is Visible area from tower, SA is Scanned area. SA is the maximum scan ability and responsibility area for each tower. In the borderline, some towers can detect different management areas. The visible, invisible and areas that were outside the detection radius of each tower were identified on the data layer obtained from the viewshed analysis of the towers. After overlapping the data with the forest areas and fire risk zones, the degree of visibility of forests in the study area from the towers were determined and the fire risk of the invisible forest areas was assessed.

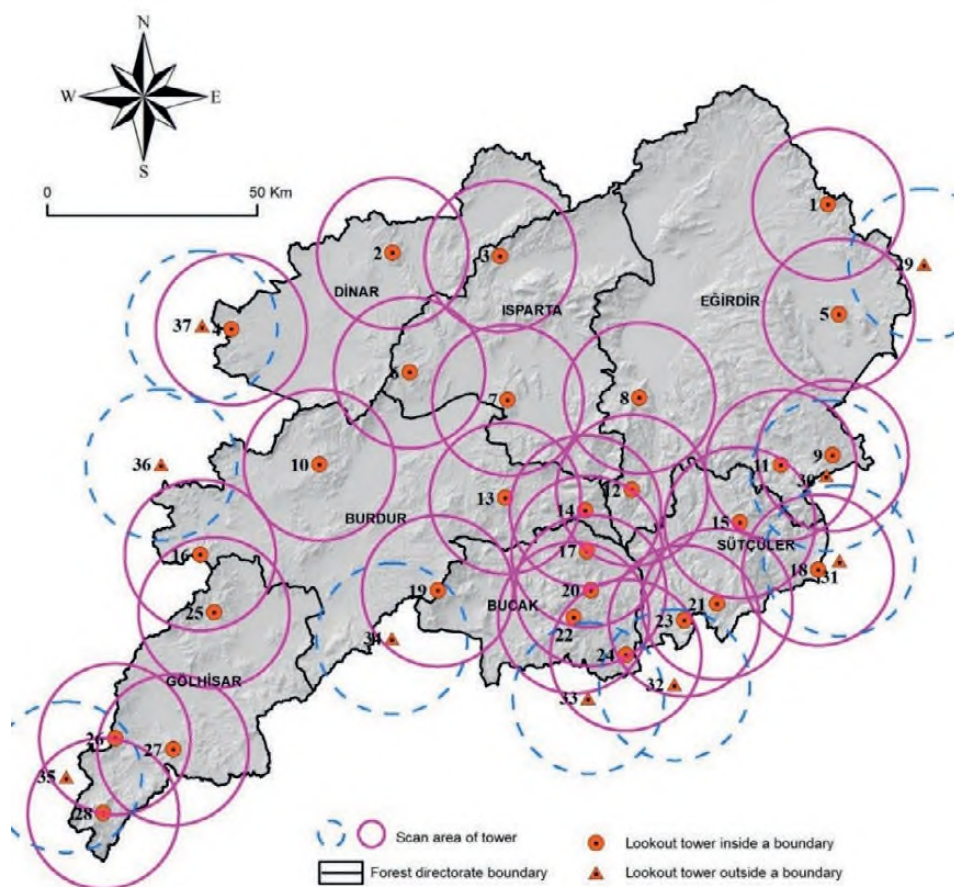
Viewshed analysis was also performed for the lines on the asphalt roads in the region where there was heavy traffic

because the fire statistics held by the forestry authority revealed that fires had been reported over the years by ordinary people rather than fire lookout towers. The forest areas that could be scanned by people in vehicles moving on the road were determined to understand which parts of the forest areas invisible from the towers could be viewed in that way. This was done to obtain a finding to support the idea that fire lookout towers were necessary and their performance should be assessed.

In order to measure the contribution of the roads to the lookout system, the roads with heavy traffic in the study area were identified. They were the asphalt roads that connected the settlement areas. This road layer was transferred to the geographic database. Points were placed on the road line with a spacing of 100 meters using the road lines layer in the geographic database. The viewshed analysis of these points was performed. For this analysis, the variables used in the viewshed analysis of the towers (Table 2) apart from OffsetA and the abovementioned method were used. OffsetA value was set as 1.4 meters in order to simulate the person traveling in a vehicle.

## RESULTS REZULTATI

Individual viewshed analysis of each tower was conducted and it was tested if they achieved visibility rate of 70% that the forestry authority expected from the towers in rugged terrain (Figure 4). Areas that were visible and invisible from each of 28 towers in the study area within the detection radius of 18 km were identified. The statistics obtained from the visibility analysis of the towers are given in Table 3. The viewshed analysis results revealed that Çağlayan (2: number 2 in Figure 4), Hisartepe (4) and Çakmak (26) towers had the highest percentage of visible areas (>mean 80%). Geledost (9), Harmancık (24) and Manastır (25) towers, however, had the lowest percentage of visible areas (<mean 30%). The mean percentage of visible areas of the towers



**Figure 4.** Detecting ranges of fire lookout towers

**Slika 4.** Prikaz dometa promatračkih tornjeva

**Table 3.** Descriptive statistics of the towers according to the visibility analysis

**Tablica 3.** Deskriptivna statistika tornjeva prema analizi vidljivosti

| Visibility<br><i>Vidljivost</i> | Visible area<br><i>Vidljivo područje</i> | Invisible area<br><i>Područje koje nije vidljivo</i> | VI (%) | Tower name<br>(no)<br><i>Ime tornja (no)</i> |
|---------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------|
| Lowest<br><i>Najmanja</i>       | 9579.42                                  | 43344.99                                             | 18.10  | Harmancık (24)                               |
| Highest<br><i>Najveća</i>       | 68349.51                                 | 8353.26                                              | 89.11  | Çağlayan (2)                                 |
| Average<br><i>Prosječna</i>     | 45829.07                                 | 34164.67                                             | 58.44  |                                              |

VI :Visibility index (Eq.1)  
*Indeks vidljivosti (Eq. 1)*

was 57.29%. The percentage in 14 towers was higher than the average. Only 8 towers in the study area achieved the visibility standard (>%70 visible area) designated by the forestry authority.

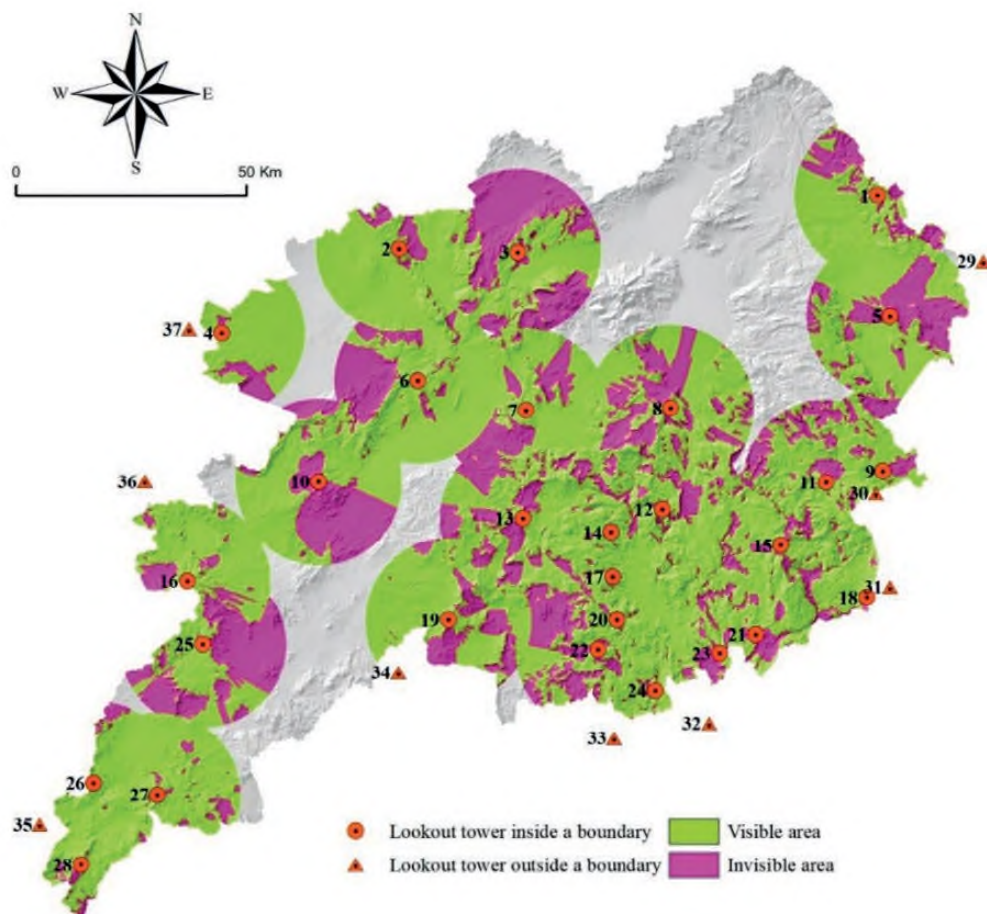
Forest fires are observed from the fire lookout towers in a lookout network where neighbouring towers can view one another. The contribution of the neighbouring towers that were not included in the study area besides 28 towers but could observe the forests there with their lookout capacity

was also taken into consideration. With the inclusion of the neighbouring 9 towers in the viewshed analysis, their positive contribution to the fire lookout process in the study area was assessed. In this way, the areas that were visible and invisible from 37 towers in the region were identified (Table 4), thus the performance of the lookout network was

**Table 4.** Visibility analysis results of fire lookout towers

**Tablica 4.** Rezultati analize vidljivosti sa promatračkih tornjeva

| Area<br><i>Područje</i>                                      | Total<br><i>Ukupno</i> |       | Forest area<br><i>Šumsko područje</i> |       | Non-forest area<br><i>Nešumsko područje</i> |       |
|--------------------------------------------------------------|------------------------|-------|---------------------------------------|-------|---------------------------------------------|-------|
|                                                              | (ha)                   | (%)   | (ha)                                  | (%)   | (ha)                                        | (%)   |
| Visible<br><i>Vidljivo</i>                                   | 1018375.11             | 56.63 | 654318.35                             | 59.59 | 364056.76                                   | 51.99 |
| Invisible<br><i>Nije vidljivo</i>                            | 383338.85              | 21.31 | 239107.29                             | 21.77 | 144231.56                                   | 20.60 |
| Outside detection radius<br><i>Vanjski radijus detekcije</i> | 396610.90              | 39.66 | 204694.70                             | 18.64 | 191916.20                                   | 27.41 |
| Total<br><i>Ukupno</i>                                       | 1798324.86             |       | 1098120.34                            |       | 700204.53                                   |       |



**Figure 5.** Visibility map of fire lookout towers

**Slika 5.** Karta vidljivosti sa promatračkih tornjeva

**Table 5.** Visible and invisible areas from one or multiple towers

**Tablica 5.** Vidljiva područja i područja koja nisu vidljiva s jednog ili više tornjeva

| Type of area<br><i>Vrsta područja</i>                                    | Forest<br><i>Šumsko</i> |        | Non-forest<br><i>Nešumsko</i> |        | Total<br><i>Ukupno</i> |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------|-------------------------------|--------|------------------------|
|                                                                          | (ha)                    | (%)    | (ha)                          | (%)    | (ha)                   |
| Visible area from 1 tower<br><i>Vidljivo područje s 1 tornja</i>         | 448158.80               | 40.82  | 283277.83                     | 40.46  | 731436.63              |
| Visible area from 2 towers<br><i>Vidljivo područje s 2 tornja</i>        | 155099.61               | 14.12  | 69690.87                      | 9.95   | 224790.48              |
| Visible area from 3 towers<br><i>Vidljivo područje s 3 tornja</i>        | 41174.16                | 3.75   | 8942.93                       | 1.28   | 50117.09               |
| Visible area from 4 towers<br><i>Vidljivo područje s 4 tornja</i>        | 8716.50                 | 0.79   | 1883.69                       | 0.27   | 10600.19               |
| Visible area from 5 towers<br><i>Vidljivo područje s 5 tornjeva</i>      | 1112.35                 | 0.10   | 261.44                        | 0.04   | 1373.79                |
| Visible area from 6 towers<br><i>Vidljivo područje sa 6 tornjeva</i>     | 56.93                   | 0.01   | 0.00                          | 0.00   | 56.93                  |
| Invisible area<br><i>Područje koje nije vidljivo</i>                     | 239107.29               | 21.77  | 144231.56                     | 20.60  | 383338.85              |
| Area outside the detection range<br><i>Područje izvan doseg opazanja</i> | 204694.70               | 18.64  | 191916.20                     | 27.40  | 396610.90              |
| Total<br><i>Ukupno</i>                                                   | 1098120.34              | 100.00 | 700204.53                     | 100.00 | 1798324.86             |

determined (Figure 5). In this system that looks out for tens of square kilometres of areas, areas that were not visible due to the topographic impact although they were inside the effective detection radius, areas that were outside the detection radius as they went beyond the optimum lookout distance and areas that were visible from one tower or several towers could be identified.

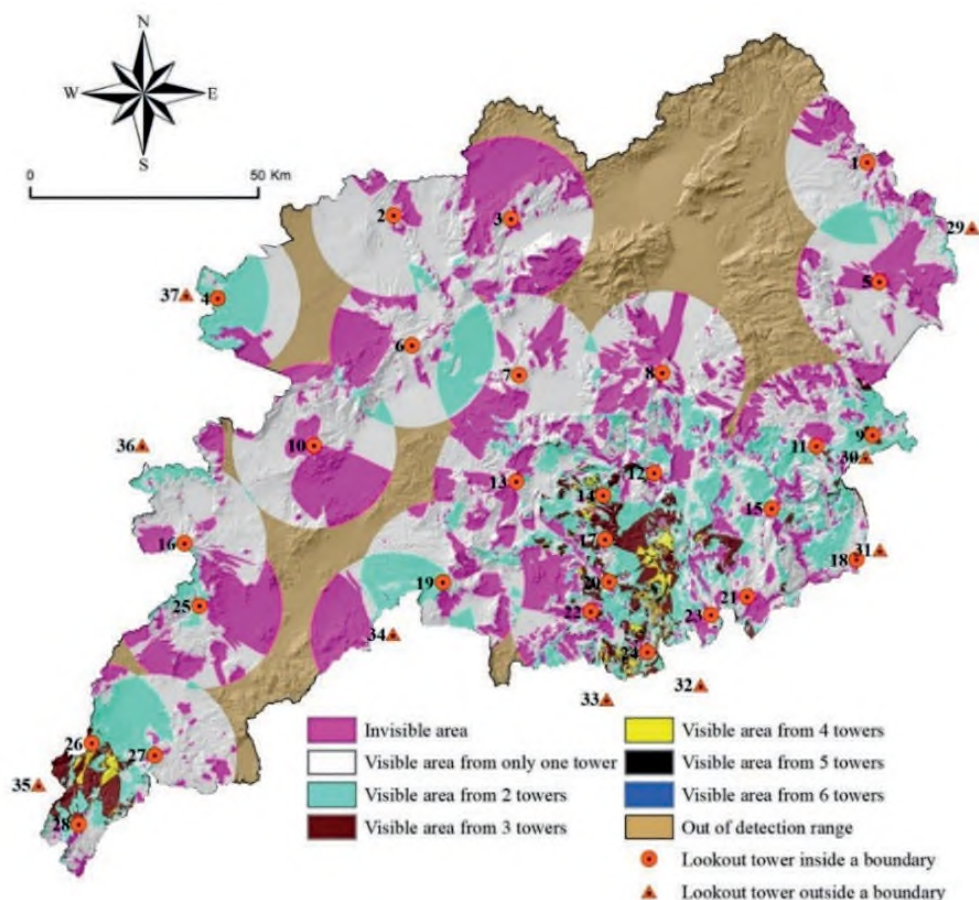
The network of towers in the study area could view 56% of the overall area and 59% of the forest areas (Table 4). These results revealed that 41% of the forests in the study area were invisible. It can be suggested that the rate of invisible forestland is high for an area with fire sensitive tree species and stands (Neyişçi, 1987). Moreover, as the Mediterranean climate characteristics lead to increased danger of forest fire, the forest fire risk is maximum in summer in this region (Neyişçi, 1987). As it was possible to assess the existing tower network in three-dimensional analyses in this study, the observation capacity through the existing tower network, which was constructed without digital data and methods and fire risk analysis, and its disadvantages, could be determined.

The horizontal distance between the neighbouring towers in the network in this region ranged from 5 km to 55 km. The average distance is lower between the towers inside the

forests. In this way, several towers can view one place. Table 5 shows the spatial distribution of the areas that were visible from one tower or several towers according to the viewshed analysis, while their spatial distribution is shown in Figure 6. The presence of towers that are 5 km close to one another is an indication that the terrain where the forests in the area are distributed is very rugged. Despite that, 21% of the forests was invisible and 18% was outside the observable range of the towers.

The fire risk of the invisible forest areas in this region was assessed by overlapping the fire risk zones map developed by Bereket (2019) with the viewshed analysis map (Figure 7). The spatial distribution of areas invisible from lookout towers across the fire risk classes demonstrates that 15% of the invisible forest areas had relatively higher fire risk (Table 6). After nine towers neighbouring with the study area were included, only 1% of the previously invisible high fire-risk areas became visible.

In order to test the visibility of forests in the region from the vehicles moving on the highway, viewshed analysis was conducted on points designated at an interval of 100 m on this road axis (Figure 8). From those roads, 52% of the forest area was visible.



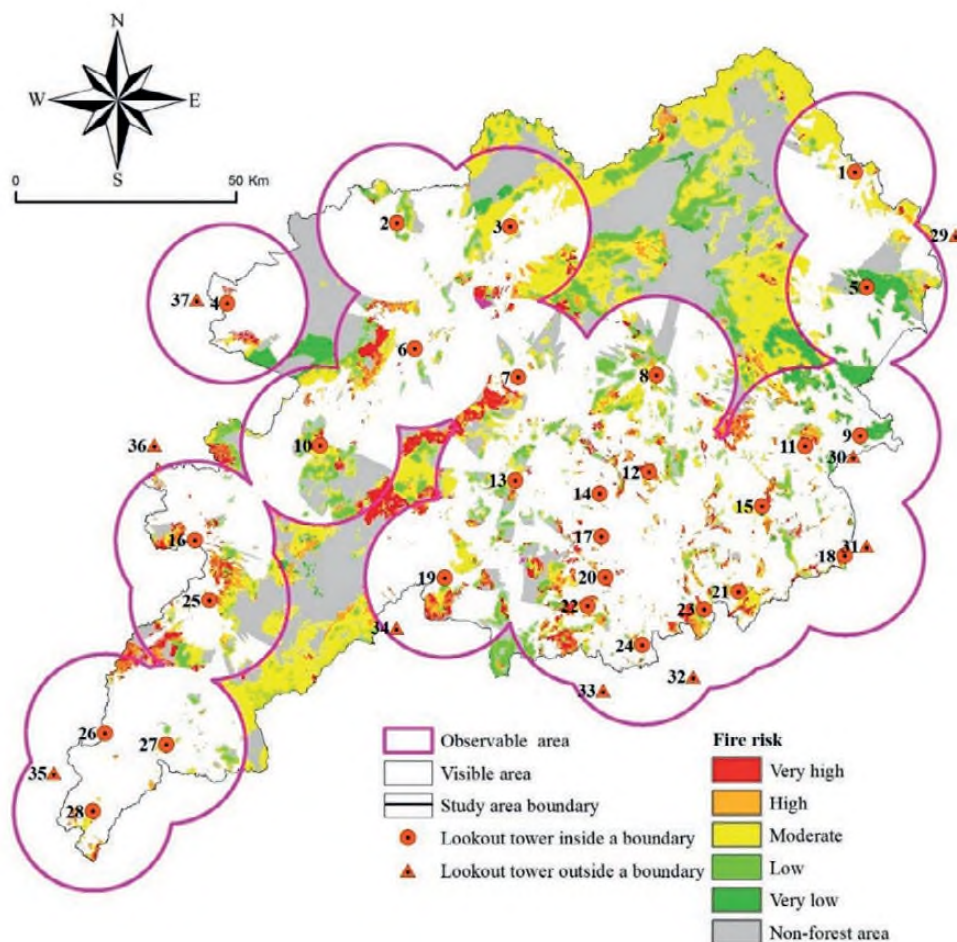
**Figure 6.** Spatial distribution of visibility from multiple towers

**Slika 6.** Prostorni raspored vidljivosti s više tornjeva

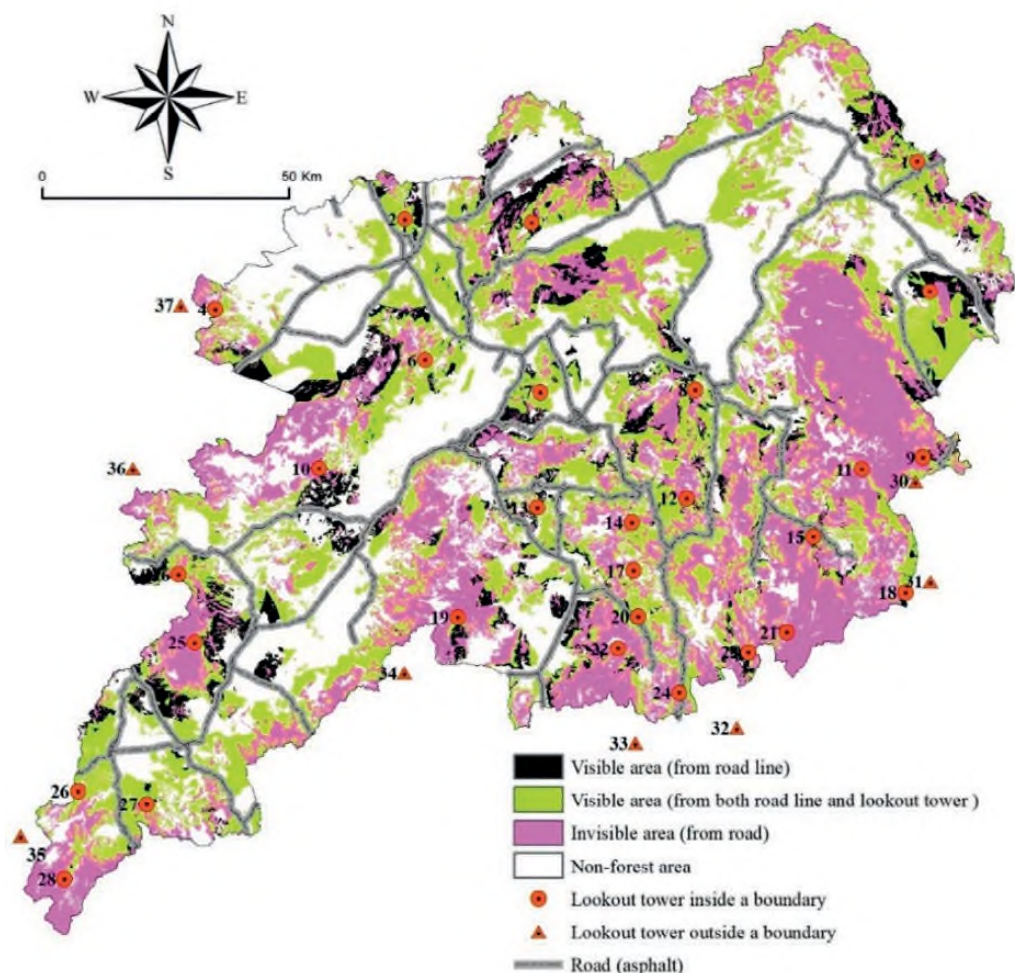
**Table 6.** Distribution of visibility analysis results to fire risk classes

Tablica 6. Distribucija rezultata analize vidljivosti po klasama rizika od požara

| Field characteristics<br><i>Karakteristike terena</i>           | Visible area<br><i>Vidljivo područje</i> |                                           | Invisible area<br><i>Nevidljivo područje</i> |         | Out of detection range<br><i>Izvan dosega opažanja</i> |         |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------|---------|
| Fire risk class<br><i>Klasa rizika od požara</i>                | Area (a), ha<br><i>Područje (a), ha</i>  | a/b (%)                                   | Area (a), ha<br><i>Područje (a) ha</i>       | a/b (%) | Area (a), ha<br><i>Područje (a) ha</i>                 | a/b (%) |
| Very high<br><i>Vrlo visok</i>                                  | 116361.54                                | 10.60                                     | 35688.37                                     | 3.25    | 11084.23                                               | 1.01    |
| High<br><i>Visok</i>                                            | 130281.58                                | 11.86                                     | 38297.85                                     | 3.49    | 13455.76                                               | 1.23    |
| Moderate<br><i>Umjeren</i>                                      | 226386.32                                | 20.62                                     | 96324.86                                     | 8.77    | 141082.25                                              | 12.85   |
| Low<br><i>Nizak</i>                                             | 107411.96                                | 9.78                                      | 39589.20                                     | 3.61    | 37031.84                                               | 3.37    |
| Very low<br><i>Vrlo nizak</i>                                   | 62621.74                                 | 5.70                                      | 26569.91                                     | 2.42    | 15932.94                                               | 1.45    |
| Total forest area<br><i>Ukupno šumsko područje</i>              | 643063.13                                |                                           | 236470.18                                    |         | 218587.02                                              |         |
| Non-forest area<br><i>Nešumsko područje</i>                     | 361092.06                                |                                           | 135115.63                                    |         | 203996.83                                              |         |
| Overall forest area (b)<br><i>Sveukupno šumsko područje (b)</i> | 1098120.34                               | Overall area<br><i>Sveukupno područje</i> | 1798324.86                                   |         |                                                        |         |

**Figure 7.** Spatial distribution of invisible areas to fire risk classes

Slika 7. Prostorni raspored područja koja nisu vidljiva prema klasama rizika od požara



**Figure 8.** Visibility analysis of roads

**Slika 8.** Analiza vidljivosti prometnica

When the visibility map of the asphalt road line was overlapped with the visibility map of the towers, it was found that 123 656 ha of forest area that had not been visible before from the towers or outside the detection range became visible. Thus, people using the roads contributed to the lookout system by 11% and ensured that 70% of the forest area in this region was visible when combined with the towers. On the other hand, 59% of 523 thousand hectares of forest land that were not visible from the roads were visible from the towers. Therefore, fire lookout towers are still the primary lookout structure for this region.

## DISCUSSION RASPRAVA

The efficiency/effectiveness/performance of the fire lookout towers is measured through the area that the towers can scan-view. Therefore, towers are supposed to be able to view an area that is scanned at 360-degree horizontal angle and minimum 120-degree vertical angle. Furthermore, the dis-

tance that can be viewed with optical devices such as binoculars is also taken into account. In this study, the scanning radius of the fire lookout towers was selected as 18 km. This value is the basic standard used by the Turkish State Forest Authority for the construction of towers (Çanakçıoğlu, 1993). The studies in the literature show that this scanning radius is an acceptable value. Rego and Catry (2006) calculated the effective detection radius for Portugal as 13.4 km for bad weather conditions and 20.6 km for good weather conditions. In America, effective detection range is usually 13-32 km. Especially in north America, the standard effective detection range is 24 km while it has been reported that 10-13 km detection radius could be used in areas with low range of vision in the south and southeast America (Davis, 1959; Brown and Davis, 1973). According to the United States Department of Agriculture (USDA), the observation radius of around 800 towers constructed in 1938 in the north of America was above 30 km on average. In Spain, the effective detection radius was reported to be 6-8 km for bad weather conditions and 10-20 km for optimal condi-

tions (Ruiz, 2000). In Turkey, Küçük et al. (2017) and Göltaş et al. (2017) also conducted viewshed analysis, in which they used 10 km as the detection radius. As understood from these studies, the visibility of towers is lower in areas where the terrain is rolling/rugged.

The forest authority expects 70% visibility from the towers on rugged terrains. However, two-thirds of the towers in the area does not meet this expectation. This raises the following question: although the forest authority constructed these towers, why are most of them below the visibility standard it expects? To answer this question, we need to know the circumstances then. When these towers were constructed, digital data, computer technologies and GIS software were not available. For that reason, digital topographic models were not used. The findings of this study demonstrate that the location of fire lookout towers was not identified optimally. When a tower location was selected, the visible and invisible areas from a tower to be placed at that location could be automatically calculated through viewshed analysis. However, only printed maps were used at that time, it was not possible to make such calculations. Moreover, cost is one of the important elements to select the location of a tower. Maybe a more reasonable location was selected instead of constructing the towers at very steep and stiff locations without any roads.

Figure 7 shows that some of the forests that were in the scanning range of the towers but not visible were at high fire risk. This may be due to two reasons: first, as fire risk analysis and three-dimensional analyses were not performed for the construction of the towers, a mistake was made in the selection of the towers' location. Secondly, as the terrain in the area where the forests were situated was highly rugged, observation capability is limited. This is definitely an optimization problem (Korkmaz, 2004). However, it can be suggested that the location of the towers in the existing lookout network, that does not rely on an optimization solution, does not meet the expectations.

The scientific studies conducted in Turkey demonstrate that the average visibility rate of the regional fire lookout systems is below the standard. Küçük et al. (2017) reported that towers could view 47% of the overall area and 52% of the forest areas in a study they conducted in West Black Sea Region. In other studies, 52%, 47% and 49% of the overall area were reported to be visible from the towers in studies performed by (Aşkın, 2004; Kudu and Buğday, 2019; Göltaş et al., 2017), respectively. According to the studies conducted in Turkey, the network of towers with the highest visibility rate is in Gallipoli Peninsula with 76% (Akbulak and Özdemir, 2008). These findings demonstrate that the fire lookout systems performed less than expected by the forestry authority. This is basically because the locations where the towers were positioned were determined according to the graphi-

cal calculations on printed maps rather than utilizing the data from digital elevation model. It is now possible to position towers with economically optimal (Korkmaz, 2004) and desired visibility rate using digital data and GIS (Bao et al., 2014; Shi and Xue, 2016).

There are only a few studies conducted in Turkey in which the network of fire lookout towers was overlapped with forest fire risk zones. Küçük et al. (2017) reported that 6% of the relatively high fire risk forest areas was invisible, 15% was outside the effective detection range. In this study, 15% of the forest area was found to be outside the detection range and have relatively high fire risk. Taking into account these risks, we think that a more effective lookout system should be constructed in forests at high fire risk through sensitive forestry activities (Şentürk, 2018). The forest authority is aware of the fact that fire lookout towers are not sufficient in certain areas. It tries to raise awareness of local people to fight forest fires in order to compensate these gaps. Through nation-wide public awareness-raising activities, people are advised to contribute to the prevention of forest fires and notify authorities immediately in case of a fire.

The fire statistics regarding the study area from 2008 to 2018 reveal that 70% of the fire reports were submitted by citizens to the security units or fire notification line of forestry authority. Fire reports from the towers have been decreasing, especially following 2010. This is because people use mobile phones more commonly and they can directly notify the security units about the fires that occur in places close to highways where especially there is heavy traffic (Eker and Özer, 2015).

People using the inner forest roads lead to the start of forest fire on one hand due to reasons such a cigarette litter and picnic fire while on the other hand they increase the success of first response by notifying the forest authority immediately if they see a fire while travelling through these roads (Narayanaraj and Wimberly, 2012; Ricotta et al., 2018). The records show that notification in this way is much earlier than the recognition by towers (IRDF, 2018). Almost everyone has a mobile phone today, this means that every conscious individual is a fire observatory. Therefore, it can be suggested that forests that are adjacent to settlement areas and visible from the frequently-used roads are under constant observation.

Fire lookout towers not only recognize fires in the shortest time and notify the fire response teams but also provide logistic support to them during fire extinguishing activities (Belval et al., 2019). We think that the tower lookout network will continue to be used as primary system in dangerous areas, protected areas and sensitive areas. With future technological developments in digital camera systems, thermal sensors and unmanned aerial vehicles, they can be more commonly used for fire observation. We think that it

will be more appropriate to find optimal solutions by assessing the areas at high fire risk rather than aiming at achieving 100% visibility from the towers in forests that are located on mountainous and rugged terrains such as Turkey. Furthermore, it can be suggested that a good self-check can be performed by using the methodology applied in this study when it is necessary to check the effectiveness of the existing towers and fixed lookout stations.

## CONCLUSIONS ZAKLJUČCI

The primary objective of forest fire fighting is to respond to fire before it occurs or grows to the extent that cannot be controlled. Early detection of fires can ensure success for early and moderate intervention. In this study, viewshed analysis was performed for 28 lookout towers inside the boundaries of Isparta Regional Directorate of Forestry and 9 towers outside its boundaries. The findings demonstrated that these towers could view 59% of the forest area inside the study area. While 19% of the remaining forest area was outside the detection range of the towers, 22% was not visible due to the rugged terrain and detection limits of the towers. In this lookout system, 41% of the forest area was visible from only one tower, while 19% was visible from multiple towers. The towers built without GIS-based viewshed analysis were understood to be able to control around 40% of the forest area in this mountainous and fire-sensitive region. It was also found that they could not control more than 100 thousand hectares of fire-sensitive forest area. This is a weakness in fighting fire as regards early alert. Although it is not possible to reach the data that can calculate the opportunity cost of fire lookout towers from statistical point of view, it can be suggested that they decrease the damage caused by fires. Moreover, GIS-based methodology developed and used in this study can be useful to install fixed cameras or chameleon vision cameras that are capable of detecting fires because it is an important decision support system that allows for multidimensional assessment. There is a need for further studies on GIS-based methodologies that include the use of fixed camera systems and remote sensing technologies in addition to the conventional lookout towers with a view to planning the economically, technically and operationally optimal lookout system. We recommend a multidimensional structure of human and digital technology interaction to establish the optimal fire observation systems in the future.

## REFERENCES LITERATURA

- Akay, A., A. Erdoğan, 2017: Assessment of fire watch towers by using visibility analysis: The case of Dursunbey, Balıkesir, International Symposium on New Horizons in Forestry, Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry publication, pp. 119-125, Isparta
- Akbulak, C., M. Özdemir, 2008: The application of the visibility analysis for fire observation towers in the Gelibolu Peninsula (NW Turkey) using GIS, BALWOIS-2008, pp. 1-7, Ohrid
- Aşkin, Y., 2004: Using GIS for Kemalpaşa Mountain forest fire observation towers visibility analysis and determination of alternative observation points, 3<sup>rd</sup> GIS Days, Fatih University publication, İstanbul. (in Turkish)
- Avci, M., M. Korkmaz, H. Alkan, 2009: An evaluation on the causes of forest fires in Turkey. 1<sup>st</sup> Combating Forest Fires Symposium, pp. 33-41, Antalya. (in Turkish)
- Bao, A., N. Xiao, Z. Lai, H. Zhang, C. Kim, 2014: Optimizing watchtower locations for forest fire monitoring using location models, Fire Safety J 71:100-109
- Belval, E., Y. Wei, Bevers, M., 2019: Modeling Ground Firefighting Resource Activities to Manage Risk Given Uncertain Weather, Forests 10(1077):1-21
- Bereket, H., 2019: Spatial analysis of fire lookout towers: example of Isparta Forest Regional Directorate, Dissertation (Master's thesis), Süleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Isparta. (in Turkish)
- Bildirici, İ.Ö., R. A. Abbak, 2017: Comparison of ASTER and SRTM digital elevation models at one-arc-second resolution over Turkey, Selçuk University, Journal of the Faculty of Engineering 5(1): 16-25
- Bilgili, E., B. Sağlam, E. Z. Başkent, 2001: Fire danger ratios and geographic information systems in fire management planning, Karadeniz Technical University, Journal of Science and Engineering, 4(2): 88-97
- Bilici, E., M. Eker, M. Hasdemir, A. E. Akay, 2017: Assessment of Post-fire Salvage Logging Operations in Mediterranean Region of Turkey, Şumarski list, 7-8: 363-373
- Brown, A. A., K. P. Davis, 1973: Forest fire detection. In Forest fire –Control and use, 2<sup>nd</sup> edition. (Ed. Brown, A.A., Davis, K.P.), pp. 327-344, McGraw-Hill: NewYork
- Cao, Y., F. Yang, Q. Tang, X. Lu, , 2019: An Attention Enhanced Bidirectional LSTM for Early Forest Fire Smoke Recognition, IEEE Access 7: 154732-154742
- Catry, F.X., F.C. Rego, T. Santos, J. Almeida, P. Relvas, 2007: Forest fires prevention in Portugal - using GIS to help improving early fire detection effectiveness. Proceedings of the International Wildland Fire Conference, Seville
- Çanakçıoğlu, H., 1993. Forest Protection, İstanbul University, Faculty of Forestry Publication, 3624/411, İstanbul (in Turkish)
- Çoban, H.O., C. Erdin, 2020: Forest fire risk assessment using GIS and AHP integration in Bucak forest Enterprise, Turkey. Appl Ecol Env Res 18(1): 1567-1583
- Çoban, H.O., M. Eker, 2009: Some topographic analysis with SRTM data: example of Isparta Forest Regional Directorate, Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry Journal A(2): 76-91 (in Turkish)
- Çoban, H.O., M. Eker, 2010: Analysis of forest road network conditions before and after forest fire. 43th International Symposium on Forestry Mechanization (FORMEC-2010), 1(1): 1-11, Italy
- Daniau, A.L., F. D'errico, M.F.S. Goni, 2010: Testing the hypothesis of fire use for ecosystem management by Neanderthal and upper Palaeolithic modern human populations, Plos One 5(2): 1-10
- Akay, A., A. Erdoğan, 2017: Assessment of fire watch towers by using visibility analysis: The case of Dursunbey, Balıkesir, International Symposium on New Horizons in Forestry, Süleyman

- Davis, K.P., 1959: Detection, In *Forest fire. Control and use* (Ed. Davis, K.P.), pp.283–303, McGraw-Hill: NewYork
- Eker, M., H.O. Çoban, 2009: Post-fire harvest and transport planning model, 1<sup>st</sup> Combating Forest Fires Symposium, pp. 395–402, Antalya (in Turkish)
- Eker, M., D. Özer, 2015: Precision forestry in forest harvesting: Conceptual framework, *Turkish Journal of Forestry* 16(2):183–194
- Eugenio, F.C., A.R. Dos Santos, N.C. Fiedler, G.A. Ribeiro, A.G. DA Silva, Á.B. Dos Santos, G.G. Paneto, V.R., Schettino, 2016: Applying GIS to develop a model for forest fire risk: a case study in Espírito Santo, Brazil, *J Environ Manage* 173: 65–71
- Garbolino, E., V. Sanseverino-Godfrin, G. Hinojos-Mendoza, 2017: Reprint of: Describing and predicting of the vegetation development of Corsica due to expected climate change and its impact on forest fire risk evolution, *Safety Sci.* 97: 81–87
- GDF, 2019. Forestry Statistics-2017. General Directorate of Forestry, Available online: <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx> (Accessed on: 28.02.2019)
- Göltaş, M., T. Demirel, İ. Çağlayan, 2017: Visibility analysis of fire watchtowers using GIS: a case study in Dalaman State Forest Enterprise, *European Journal of Forest Engineering* 3(2): 66–71
- Jaiswal, R.K., S. Mukherjee, D.K. Raju, R. Saxena, 2002: Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS, *Int J Appl Earth Obs* 4: 1–10
- JRC, 2018: Forest Fires in Europe. European Commission, Joint Research Centre (JRC) Technical Reports, Middle East and North Africa 2017, 10. EUR 29318 EN
- Hardy, C.C., 2005: Wildland fire hazard and risk: Problems, definitions, and context, *Forest Ecol Manag* 211: 73–82
- IRDF, 2018: Action Plan for Combating Forest Fires of Isparta Region. Isparta Regional Directorate of Forestry, Directorate of Combating Forest Fires, Isparta (in Turkish)
- Karatepe, Y., E. Koyun, 2017: Effects of soil-bedrock properties on tree growth in Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) natural regeneration sites under the influence of Mediterranean climate in Isparta Regional Directorate of Forestry, *Turkish Journal of Forestry* 18(1): 30–36 (in Turkish)
- Keeley, J.E., 2012: Fire in Mediterranean Climate Ecosystems - A comparative overview, *Isr J Ecol Evol.* 58: 123–135
- Keeley, J.E., W.J. Bond, R.A. Bradstock, J.G. Pausas, P.W. Rundel, 2012: *Fire in Mediterranean Ecosystems*, Cambridge University Press, pp. 3–29, New York
- Kolaric, D., K. Skala, A. Dubravic, 2008: Integrated system for forest fire early detection and management, *Period Biol* 11(2): 205–211
- Korkmaz, M., 2004: Determination of optimum fire observation points using cluster covering model, *Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry Journal A*(1): 37–49 (in Turkish)
- Kudu, U.M., E. Buğday, 2019: Evaluation of the suitability of fire lookout tower locations (Ilgaz Forest Management Directorate Sample), *Journal of Bartın Faculty of Forestry* 21(2): 550–559 (in Turkish)
- Küçük, Ö., Ö. Topaloğlu, A.O. Altunel, M. Çetin, 2017: Visibility analysis of fire lookout towers in the Boyabat State Forest Enterprise in Turkey, *Environ Monit Assess* 189 (329): 2–18
- Küçükosmanoğlu, A., 1986: Classification of the forest fires and the causes of occurrence and spread of big forest fires in Turkey, *İstanbul University, Faculty of Forestry Journal A* (36-1): 131–154
- Lionello, P., P. Malanotte-Rizzoli, R. Boscolo, P. Alpert, V. Artale, L. Li, J. Luterbacher, W. May, R. Trigo, M. Tsimplis, U. Ulbrich, E. Xoplaki, 2006: The Mediterranean climate: An overview of the main characteristics and issues, *Developments in Earth and Environmental Sciences* 4: 1–26
- Molina-Terre 'N, D.M., G. Xanthopoulos, M. Diakakis, L. Ribeiro, D. Caballero, G.M. Delogu, D.X. Viegas, C.A. Silva, A. Cardil, 2019: Analysis of forest fire fatalities in Southern Europe: Spain, Portugal, Greece and Sardinia (Italy), *Int J Wildland Fire* 28: 85–98
- Naama, T., B. Hanoch, R. Erez, A. Eli, K. Daniela, B. Anna, E. Eli, L. Wittenberg, 2019: Haifa fire restoration project – urban forest management: a case study, *Int J Wildland Fire* 28: 485–494
- Narayanaraj, G., M. Wimberly, 2012: Influences of forest roads on the spatial patterns of human- and lightning-caused wildfire ignitions, *Applied Geography* 32: 878–888
- Neyişçi, T., 1987: Ecology of red pine. In *Red Pine Handbook*, Öktem, E. (Ed.), Forestry Research Institute Publications, 52(2): 23–56, Antalya. (in Turkish)
- Neyişçi, T., 2009: Flammable management as a means of forest fire management. 1<sup>st</sup> Combating Forest Fires Symposium, pp.249–255, Antalya (in Turkish)
- Pausas, J.G., V.R. Vallejo 1999: The role of fire in European Mediterranean ecosystems, In *Remote Sensing of large wildfires in the European Mediterranean basin*, Editor Chuvieco, E., Springer-Verlag, pp. 3–16, Berlin
- Pompa-Garcia, M., R. Solis-Moreno, E. Rodriguez-Téllez, A. Pinedo-Álvarez, D. Avila-Flores, C. Hernández-Díaz, E. Velasco-Bautista, 2010: Viewshed analysis for improving the effectiveness of watchtowers, in the north of Mexico, *The Open Forest Science Journal* 3: 17–22
- Rego, F.C., F.X. Catry, 2006: Modelling the effects of distance on the probability of fire detection from lookouts, *Int J Wildland Fire* 15: 197–202
- Ricotta, C., S. Bajocco, D. Guglietta, M. Conedera, 2018: Assessing the Influence of Roads on Fire Ignition: Does Land Cover Matter? *Fire* 1(24):1–9
- Rodrigues, M., F. Alcasena, C. Vega-García, 2019: Modelling initial attack success of wildfire suppression in Catalonia, Spain, *Sci Total Environ* 666: 915–927
- Ruiz, E.M., 2000: Detección. In *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*, (Ed. Munoz R.V.), pp. 17.1–17.15, McGraw-Hill/Interamericana de España, SAU: Madrid (in Spanish).
- Sağlam, B., E. Bilgili, B.D. Durmaz, A. Kadioğullari, Ö. Küçük, 2008: Spatio-temporal analysis of forest fire risk and danger using LANDSAT imagery, *Sensors* 8: 3970–3987
- San-Miguel-Ayanz, J., J.M. Moreno, A. Camia, 2013: Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives, *Forest Ecol Manag* 294: 11–22
- Shi, X., B. Xue, 2016: Deriving a minimum set of viewpoints for maximum coverage over any given digital elevation model data, *Int J Digit Earth* 9(12): 1153–1167
- Şentürk, N., 2018: Assessment of relationship between locations and distances to roadside of forest fires in Istanbul, Turkey, *Appl Ecol Env Res* 16(5): 6195–6204

- TSMS, 2019: Turkish State Meteorological Service. Available online: Long term- climate statistics by provinces of Turkey, <https://mgm.gov.tr/eng/forecast-cities.aspx> (Accessed on: 10.02.2019)
- USGS, 2019: Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, United States Geological Survey, <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Access: 12.06.2019)
- Wooster, M.J., G. Roberts, A.M. Smith, J. Johnston, P. Freeborn, S. Amici, A.T. Hudak, 2013: Thermal Remote Sensing of Active Vegetation Fires and Biomass Burning Events. In: Thermal Infrared Remote Sensing. Remote Sensing and Digital Image Processing, Kuenzer, C., S. Dech, (Eds.), v.17, Springer, Dordrecht
- Worldclim, 2019: Global Climate Data. World Climate Version 2 (Free climate data for ecological modelling and GIS). <http://worldclim.org/version2> (accessed 07.06.2019)
- Wuertner, G., 2006: The Wildfire Reader: A Century of Failed Forest Policy, Island Press, pp. 89-102, Washington
- Yener, H., 2013: Determination of horizontal and vertical distribution of Calabrian pine stands in Turkey using SRTM satellite data and GIS. J Environ Biol 34: 903-915
- You, W., L. Lin, L. Wu, Z. Ji, J. Yu, J. Zhu, Y. Fan, D. He, 2017: Geographical information system-based forest fire risk assessment integrating national forest inventory data and analysis of its spatiotemporal variability, Ecol Indic 77:176-184

## SAŽETAK

Brza detekcija požara i precizna identifikacija njegovog mjesta od presudne su važnosti za uspjeh u borbi protiv šumskih požara. Vatrogasni tornjevi, odnosno motrionice, te njihovo pravilno korištenje, predstavljaju prvi korak u uspješnom otkrivanju šumskih požara u Turskoj. Cilj ove studije bio je izvršiti analizu vidljivosti vatrogasnih tornjeva postavljenih u planinskom mediteranskom šumskom dijelu Turske te procijeniti njihovu učinkovitost. Za zaštitu šumskog okoliša potrebno je utvrditi funkcionalnost i kapacitet ovih tornjeva. Područja koja su s tornjeva vidljiva i nevidljiva identificirana su pomoću geografskog informacijskog sustava i digitalnih podataka o nadmorskim visinama visoke rezolucije. U analizi vidljivosti, skeniranje je izvedeno rotacijom za 360 stupnjeva u radijusu od 18 kilometara od mjesta na kojem se nalazi vatrogasni toranj. Prometnice u ovoj regiji jedan su od elemenata koji se mogu koristiti u motrenju požara. Ljudi koji putuju ovim prometnicama mogu prijaviti šumske požare pomoću mobitela. U tom smislu, učinkovitost/djelotvornost tornjeva povezana je sa šumskim cestovnim prometom. Stoga je izvršena i analiza vidljivosti prometnica radi provjere mogućnosti motrenja s cesta. Iako su na ovom području, u kojemu su crnogorične vrste drveća poput brucijskog i crnog bora vrlo osjetljive na vatru postavljena 37 promatračka tornja, 40% šuma nalaze se u području koje nije vidljivo, a 15% tih šuma izložene su visokom riziku od požara. Preko 100 tisuća hektara područja osjetljivog na požare u ovoj regiji nije bilo moguće kontrolirati s tornjeva. Mreža tornjeva pokrivala je 56 % ukupnog područja i 59 % šumskog područja. Ljudi koji su koristili ceste doprinijeli su sustavu za detekciju požara s 11 % pa je na taj način, zajedno s tornjevima, 70 % šumskog područja u ovoj regiji bilo vidljivo. S druge strane, 59 % od 523 tisuća hektara šumskog zemljišta koji nisu bili vidljivi s cesta bili su uočljivi s tornjeva. Naglašeno je da je participativno ponašanje ljudi koji žive u šumama i koriste šumske prometnice važan dio sustava motrenja požara pri zaštiti okoliša.

**KLJUČNE RIJEČI:** analiza vidljivosti, opasnost od požara, osjetljivost na požar, šumski požar, šumska prometnica, Isparta

# PRIJE STO GODINA: ŠUMARSKI LIST 7/1920 I 8/1920

Već treći i četvrti broj traje "svađa" o promjerkama šumarnika Hajeka iz N. Gradiške i profesora Levakovića. Polemika ide dalje i u oba ova broja tako da se dalje njome nećemo baviti.

U broju 7/1920 pretežit obim zauzima pretisak Tršćanskih uzansi za trgovinu drvom. Zanimljivo je, nakon sto godina, promotriti kojim se to šumskim proizvodima trgovalo prije samo sto godina. Za ovu prigodu izabrali smo jedan nadasve zanimljiv proizvod: Šumski izrađena bukova vesla. Zamislite u šumi, sjekirom, otesati bukovo veslo dugačko 8,5 metara, širine lopatice 18-24 cm i debljine drška 10-12 cm. Prodaju se po 100 komada!

## § 263.

### Šumski izrađena bukova vesla (Remi).

To su iz stabla u smjeru sržnih trakova raskalani komadi, koji su nakon toga u obliku vesla sa sjekirom otesani.

Oni se trguju u jednoj jedinoj kakvoći: u „dobroj kakvoći“, isključiv škart, za kog vrijede isti propisi, kao i za prima robu vratila.

Osim toga bivaju kao škart isključeni komadi sa granama na takovim mjestima, gdje bi solidnost vesla trpjela, nadalje komadi od manjkavog i neproporcionalnog oblika.

Uobičajene dimenzije jesu:

Dužine:

|                 |      |      |                 |              |                |             |  |  |  |
|-----------------|------|------|-----------------|--------------|----------------|-------------|--|--|--|
| Mletačkih stopa | 8    | 2.75 | širina lopatica | od 11—16 cm; | debljina drška | od 7—9 cm   |  |  |  |
|                 | 10   | 3.45 |                 |              |                |             |  |  |  |
|                 | 12   | 4.15 | "               | od 16—21 cm; | "              | od 9—10 cm  |  |  |  |
|                 | 14   | 4.85 |                 |              |                |             |  |  |  |
|                 | 16   | 5.55 | "               | od 18—24 cm; | "              | od 10—12 cm |  |  |  |
|                 | 18   | 6.25 |                 |              |                |             |  |  |  |
|                 | 20   | 6.95 | "               |              |                |             |  |  |  |
|                 | 22   | 7.65 |                 |              |                |             |  |  |  |
| 24              | 8.30 |      |                 |              |                |             |  |  |  |

Dopušta se razlika u dužini od 5 cm manje ili više.

Cijena od 100 komada.

# VEGETACIJSKA I DENDROLOŠKA OBILJEŽJA PARK-ŠUME HOBER U KORČULI

## VEGETATIVE AND DENDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF HOBER FOREST PARK IN KORČULA

Željko ŠPANJOL<sup>1</sup>, Boris DORBIĆ<sup>2</sup>, Nikola VRH<sup>3</sup>, Ivana GAŠPAROVIĆ<sup>4</sup>, Ivan TOLIĆ<sup>5</sup>, Milan VOJINOVIĆ<sup>6</sup>

### SAŽETAK

Sustavnih istraživanja biološko-ekoloških obilježja cjelokupnog područja i same park-šume Hober nije bilo do sada. Strukturna obilježja sastojine nalazimo tek u *Planu gospodarenja za park-šumu Hober (2006-2015)*. Šumarsku problematiku nalazimo u radu Vojinovića (1997). Dendrološka istraživanja imamo u radovima Denich i Draganović (1985), Vojinović (1997), Fabris (2001), Onofri (2002). Izostala je njegova cjelovita inventarizacija.

Današnje stanje park-šume Hober karakterizira njegova zapuštenost i neuređenost kako šumske vegetacije i dendrološko-hortikulturnih, tako i vrtno-arhitektonskih sadržaja. Prisutna je konceptijska nedefiniranost cjelokupnog područja Hobera.

Park-šuma Hober u vegetacijskom smislu pripada šumskoj zajednici šuma alepskog bora i hrasta crnike (*Quercus ilicis* – *Pinetum halepensis* Loisel 1971). Upravo iz razloga vegetacijske i strukturne neujednačenosti, postavljeno je 7 pokusnih ploha u samoj park-šumi, te još 4 izvan nje. Cilj je detaljnom vegetacijskom i strukturnom analizom izdvojiti pojedina područja, dati njihov opis i prikazati njihovo stanje, što se kasnije može upotrijebiti u svrhu zoniranja prostora.

Analizirana istraživanja pokazuju da u sloju drveća alepski bor prevladava na plohama 1, 2, 3 i 9; crnika na plohama 4 i 5 te obični čempres na plohama 6 i 7. U sloju grmlja najzastupljenija je lemprika koja dolazi na svim plohama. Zatim su tu širokolisna zelenika i tršlja. Iz tablice 2 vidimo da je na svim plohama pokrovnost vegetacijom potpuna osim na plohi 6, gdje je rijetka makija. Sloj drveća je prevladavajući osim na plohama 8, 10 i 11, gdje je prisutna makija. Zamjetno je da je kod razvijenih sastojina podjednako gust sloj drveća i grmlja. Tu odstupaju plohe 6 i dijelom ploha 9 te plohe 10 gdje je makija te ploha 11 koja je prirodna sukcesija šumske vegetacije na zapuštenim poljoprivrednim površinama. Osim kod makije imamo vrlo visok drveni volumen (drvena zaliha) koji se ovisno o razvoju sastojine kreće od 100 do čak 270 m<sup>3</sup>/ha. Broj stabala je isto vrlo velik i kreće se od 1000 do 2700 po ha. Svi ti podaci ukazuju na neuređenost i izostanak bilo kakvih uzgojnih radova.

Cilj ovog rada je istražiti vegetacijska, dendrološka, šumsko-uzgojna i strukturna obilježja cjelokupnog područja Hober. Ona su primarni pokazatelj stanje i dat će smjernice za njegovu buduću biološku i prostornu valorizaciju.

**KLJUČNE RIJEČI:** park-šuma Hober, vegetacijska obilježja, strukturna obilježja, dendroflora

<sup>1</sup> Prof. dr. sc. Željko Španjol, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska c. 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-adresa: [zespanjol.rab@gmail.com](mailto:zespanjol.rab@gmail.com)

<sup>2</sup> Doc. dr. sc. Boris Dorbić, v. pred, Odjel Poljoprivreda krša, Veleučilište „Marko Marulić“ u Kninu, 22300 Knin, Hrvatska, e-adresa: [bdorbic@veleknin.hr](mailto:bdorbic@veleknin.hr)

<sup>3</sup> Nikola Vrh, mag. ing. silv.

<sup>4</sup> Ivana Gašparović, mag. ing. prosp. arch., Vile Velebita 30, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>5</sup> Ivan Tolić, mag. ing. prosp. arch.

<sup>6</sup> Milan Vojinović, mag. ing. silv.

## UVOD

### INTRODUCTION

Od vremena nastanka do danas prostor gradskog parka, danas i park-šume Hober doživljava niz promjena uvjetovanih različitim društveno-ekonomskim i prirodnim okolnostima koje su se događale kroz povijest, a koje se događaju i danas. Prostor Hobera prolazi kroz različite razvojne faze, od prirodne šume iz koje nastaje preko gradskog parka koji se održava i njeguje, sve do razine zaštite nakon koje slijedi drastično zapuštanje. U *Planu gospodarenja za park-šumu Hober (2006-2015)*, u poglavljima koja određuju smjernice budućeg gospodarenja, stoji da je "glavni cilj gospodarenja ovom sastojinom očuvanje autohtone šumske zajednice i ekološkog sustava". I drugi su istraživači istraživali park šumu Hober s aspekta šumarskih znanosti. Tako Vojinović (1997) u svom radu iznosi podatke o zdravstvenom stanju i uređenju ove park-šume. Onofri (1997) vrlo kritički i jasno iznosi činjenice o stanju parka u ono vrijeme. Popise dendroflora u većem ili manjem obimu nalazimo u radovima autora Denich i Draganović (1985), Vojinović (1997), Fabris (2001) i Onofri (2002).

## MATERIJALI I METODE

### MATERIALS AND METHODS

Istraživanje flornog sastava urađeno je izradom fitocenoloških snimaka na plohama po metodi ciriško-monpelješke škole (Braun-Blanquet 1964). Fitocenološke snimke su snimljene na plohama od 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m). Fitocenološko snimanje obuhvaća popis svih biljnih vrsta u sloju drveća, grmlja i prizemnog rašća koje su uočene i zabilježene na odabranim plohama s pripadajućim vrijednostima za pokrovnost. Obavljena su vegetacijska istraživanja na području cjelokupnog prostora Hobera. Ukupno je postavljeno 11 pokusnih ploha, od kojih je 7 ploha postavljeno na području park-šume Hober (plohe 1 do 7), dok su preostale 4 plohe postavljene izvan područja park-šume (plohe 8 do 11). Strukturna obilježja istraživana su na 10 ploha (izostavljena su na plohi 11- poljoprivredna površina). Plohe su površine 225 m<sup>2</sup>.

Nakon terenski prikupljenih podataka pristupilo se statističkoj obradi podataka i određivanju osnovnih sastojinskih elemenata te obračunu drvene zalihe sastojine. Osnovni sastojinski elementi su broj stabala (N), temeljnica (G) i volumen (V) izraženi po debljinskim stupnjevima i zbirno za svaku vrstu pojedino te ukupno kada se odnose na cijelu sastojinu, po hektaru. Znanstveni nazivi biljaka su prema bazi podataka Flora Croatica (Nikolić 2012); (Vidaković, M. i Franjić, J. 2004), (Idžojić, M., 2009), (Idžojić, M., 2013).

U radu su korištene metode analize, sinteze i komparativne metode. Rad obuhvaća prikupljanje i sistematizaciju arhiv-

ske građe, dokumentacije i kartografskih prikaza, postojećih Projekata, Planova, Studija, literature te podloga vezanih za park šumu u relevantnim institucijama, njihovu analizu i interpretaciju. Na temelju prikupljenog materijala i izvedenih analiza proizlaze podaci o temeljnim obilježjima područja, biološkim vrijednostima vegetacije, dendroflora i staništa te krajobrazne, oblikovne, stilske i kulturno povijesne vrijednosti.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### RESEARCH RESULTS

#### Povijesni pregled i analiza – *Historical review and analysis*

O nastanku gradskog parka Hober pronalazimo vrlo malo novijih radova koji se uglavnom temelje na prijepisima onih prijašnjih. Pisani izvori se prvenstveno temelje na zapisnicima sa sjednica iz austrijskih arhiva, te se smatra da bi se njihovim detaljnijim istraživanjem moguće moglo doći do još podataka o nastanku današnjeg gradskog parka i park-šume Hober.

Vojinović (1997) navodi da je prema predaji utemeljitelj gradskog parka Hober bio Rafo Arneri (1837.-1899.) koji je 1871. godine postao načelnikom Korčule i koji se kako navodi Peričić (2004), u svom djelovanju isticao kao preporoditelj koji je dao svoj obol javnom životu grada i otoka Korčule, ponajprije kroz kulturno-društveni rad i stremljenja na gospodarskom razvitku. O porijeklu šume iz koje je nastao park Hober Vojinović (1997) iznosi podatak o požaru iz 1879. godine nakon kojeg se "sredozemna vegetacija osobito bujno razvila", te podatak da se sa pošumljavanjem na području Luke krenulo u drugoj polovici 19. stoljeća. Prema navodima Fabrisa (2001) park-šuma Hober nastala je pošumljavanjem alepskim borom i pinijom uz duboku uvalu (luku) Uš (porto Pedoccio) južno od grada Korčule. Konstruirao ga je njemački inženjer Hober. Namjena je bila odmor, rekreacija i liječenje bolesnika dišnih organa („dišne kupke“). Vojinović (1997) ističe da o samom porijeklu imena parka ne možemo ništa s pouzdanjem reći, no vjerojatno je vezano uz naziv brda koje dominira parkom, a koje na karti iz 1830. godine, kao i kasnijih godina nosi naziv Ober (njem.-iznad, gore, gornji). Oreb (2007) također navodi kako je krajem 19. stoljeća pošumljeno područje kraj ceste prema Lumbardi na oko kilometar od grada, te da je ondje izrasla "lijepa borova šuma nazvana Hober, koja je prigodom jedne obljetnice cara Franje Josipa (1830.-1916.) općinskim novcem pretvorena u gradski perivoj". Uvidom u Pismohranu Općine Korčule, svezak Zapisnici Općinskog vijeća, 7. lipnja 1898. godine, održana je svečana sjednica Općinskog vijeća u dvorani Općinskog doma o proslavi u čast 50. godišnjice sretnog vladanja kralja Franje Josipa I. U Zapisniku se navodi prijedlog "da se od obćinske već



**Slika 1.** Dio karte Korčule s označenim brodogradilištima iz 1571. godine; kartograf Giovanni Francesco Camocio (Izvor: Gradski muzej Korčula)

**Pictures 1.** Part of the map of Korčula with marked shipyards from 1571

umjetno pošumljene obližnje gore 'Ober' ... uredi bašta" i da se nazove "Bašća Frana Josipa I.", kao i da se "svake godine u proračunu Grada uvrsti prilična svota za uređenje iste bašće". Sukladno zapisu može se pretpostaviti da je Hober službeno proglašen gradskim parkom tek u narednom razdoblju iste 1898. godine, te da je nastao umjetnim pošumljavanjem. Gljivoje (1969) navodi da je značajno umjetno pošumljavanje seoskih gajeva provedeno 1904. godine, a među kojima navodi i Hober. Hober, kao i padine oko grada pošumljene su u više navrata. Imamo podatke od kraja 19. i početka 20. stoljeća. Isto tako zabilježena su i dva požara, manji 1920. godine i veći 1929. godine kada je izgorjelo područje od naplova do groblja, zaštićene park-šume. Nakon požara to je područje pošumljavano u više navrata, pa tako imamo podatke za 1938. godinu, gdje su te sastojine općenito mlađe od onih u park-šumi (Vojinović 1997). Tako točno porijeklo šume iz koje je nastala današnja park-šuma nije moguće utvrditi. Važno je posebno se osvrnuti na šumarstvo kao djelatnost na otoku Korčuli, te napomenuti da su ovdje šume oduvijek bile od velike važnosti o čemu najviše podataka iznosi Gljivoje (1969). Sam naziv Korčule *Crna Korčula* (grč. *Korkyra Melaina*, lat. *Corcyra Nigra*) dokazuje da je otok oduvijek bio šumovit. Autor kao svjedočanstvo o značajnom broju površina šuma navodi *Korčulanski statut* iz 1214. Godine, iz čijih je odredbi vidljivo da je postojala briga o očuvanju i načinu iskorištavanja šuma budući je drvo imalo veliku gospodarsku važnosti. Osobito se koristilo drvo alepskog bora kao ogrjevno i građevno drvo, ponajprije u brodogradnji iako, kao tehničko drvo, ima relativno kratak vijek. Također se koristio i za smolarenje (Vukelić 2012). Makija je bila sječena za potrebe ogrijeva i hranidbe stoke. Iz tog razloga je razumljivo da se u jednom trenutku sječa borovih stabala otela kontroli, te da je šumama kroz statute i zbirke reformacija posvećena posebna pažnja. U Korčulanskom statutu postoji znatan broj odredbi o zabrani sječe, o ograničenju broja stoke koja

se držala po šumama i o čuvanju šuma, a slične propise pronalazimo i sa kasnijim datumima s početka 20. stoljeća. Gljivoje (1969) također ističe kao problem intenzivnu sječu i prodaju šuma od strane stanovništva koje je eksploataciju šume proširilo na sve strane otoka i do samih obala, posebice u prvoj polovini 20. stoljeća kada se drvo izvozilo u Split i Italiju. Oreb (2007) navodi da je tijekom 19. stoljeća na veliko smanjenje šuma bora i crnike najviše utjecalo svestrano iskorištavanje drva i kore te česti požari. U prilog tome pronalazimo brojne zapise među nesređenim spisima Fonda Kotorsko poglavarstvo u Korčuli iz Arhivskog sabirnog centra u Třnovu koji svjedoče o intenzivnom iskorištavanju šuma i pošumljavanju otoka Korčule s kraja 19. i početka 20. stoljeća. Tako od 20. prosinca 1885. godine pronalazimo dopis kojim općinski lugari od Visokog Zemaljskog Odbora mole da se uvaži njihova lugarska služba i da im se povisi plaća, jer, kako navode "Naša služba je mučna i teška, a suviše je teška jer se moramo s pukom omraziti kada službu točno vršimo, puk koji se bio naviko pusto goru sjeći, krčiti i pašu za marvu svudje prosto uživati i nas nevoli zato i nedade da se našu plaću od strane občine poviši...". Od 27. ožujka 1886. godine pronalazimo zapis o odluci da se skupljaju i donose šišarke prije nego se počnu otvarati kako bi se pod nadzorom lugara iz šišarki istresalo sjeme bora koje se koristilo za pošumljavanje. Kako navodi Oreb (2007) prema izvorima austrijskog arhiva iz 1865. godine, da bi se šuma zaštitila od bespravnog prisvajanja, sječe i krčenja, u gradu Korčuli je postojalo *Šumsko nadzorništvo* u kojem je bio *šumski nadzornik* koji je nadzirao šume i kažnjavao nedopuštenu sječu, njezino bespravno prisvajanje i krčenje. Kako autor dalje navodi, u svrhu razvoja šumarstva u pokrajini. Namjesništvo je 70-tih godina 19. stoljeća propisalo imenovanje *upravitelja šumarija*, *šumskih tehničara* i osnivanje *šumskih straža*. Godine 1881. je preustrojeno šumsko gospodarstvo u Općini Korčula područnom podjelom i pojačanom šumarskom službom.

Uvidom u kartu iz 16. stoljeća (Slika 1.) na kojoj je područje Hobera označeno drvećem, može se donijeti zaključak da je brdo Hober kroz čitavu daleku povijest bilo obraslo šumskom vegetacijom te da se to područje oduvijek koristilo kroz različite djelatnosti od strane okolnog stanovništva.

Prema navodima Onofria (1997), "na sjeveroistočnoj padini brežuljka Baterije u nedavnoj prošlosti je iskrčen vegetacijski pokrov i umjesto njega na tom je lokalitetu iznikao cementni naplov, pošto Korčula toga vremena nije imala vodovod ni tekuću vodu". Uvidom u dostupne planove Korčule koje nam je ustupio Odjel za katastar nekretnina Korčula, moguće je odrediti razdoblje u kojem je naplov izgrađen. Tako je na planu iz 1836. godine prema granicama čestica jasno vidljivo da naplov nije postojao, dok se na planu iz 1874. godine jasno iscrtana čestica koja prema prostornom položaju odgovara današnjoj lokaciji naplova. Tako sa sigurnošću možemo tvrditi da je naplov izgrađen za vrijeme au-



**Slika 2.i 3.** Prizor iz parka s kraja 20-tih godina 20. stoljeća (Izvor: Gradski muzej Korčula; Arhivski sabirni centar Korčula-Lastovo, sjedište Tŕnovo)

**Pictures 2. i 3.** Scenes from the park from the late 1920 s

stro-ugarske vladavine u razdoblju između 1836. do 1874. godine. Kako Onofri (1997) dalje navodi, donošenjem tekuće vode s kopna naplov gubi svoju funkciju. Autor također navodi da *“na samom naplovu, od njegovih prvih dana, a zaslugom arhitekta koji voli prirodu, raste par specifičnih i rijetkih borova vrste primorski bor (Pinus maritima).”*

Prema navodima Oreba (2007), kada je šuma Hober pretvorena u *“gradski perivoj”* u njemu su prokrčene i pošljunčane staze i postavljene mnoge klupice. Iz takvog navoda se može zaključiti da su prijašnje staze, ukoliko su i postojale, najvjerojatnije bile ugaženi putevi. Pozivajući se na Zapisnike Općinskog vijeća iz 1898. godine, autor navodi kako je Hober postao omiljeno sastajalište građana, posebno za blagdane kada bi se priređivali koncerti limene glazbe. O tadašnjoj važnosti parka svjedoče i današnji ostaci kamenih

klupa sa uklesanim imenom ugledne korčulanske obitelji Foretić koja ih je 1901. godine dala postaviti u parku. Denich i Draganović (1985) navode da se ispod vrha nalazi zaravan s koje se pruža lijepi vidikovac na okolicu.

U istočnom rubnom dijelu Hobera izgrađena je kapelica Gospe Lurdske. Spomenik palim vojnicima općine korčulanske podignut je 1917. godine. Prema ustupljenim zapisima od strane Arhivskog sabirnog centra Korčula-Lastovo u Tŕnovu, koji su nastali proučavanjem arhivskih izvora, novinskog fonda i postojeće literature, zadatak izrade nacrti i spomenika povjeren je nastavniku korčulanske obrtničke škole čehu Vaclavu Bardi. Dalje je navedeno da je za potrebe prijevoza kamena s otočića Vrnika na obali izgrađen mul i pristupni put do mjesta podizanja spomenika. Kako pišu izvori, spomenik je izrađen u secesijskom stilu, duhu ondašnjeg vremena.

Očito pod dojmom tadašnjeg izgleda parka i ugođaja koji je pružao, o njemu jepisao i Don. Mašo Bodulić *“Borovima te drugim zelenilom bogat gradski park Hober, nalazi se nedaleko od grada. Sa platoa ovoga parka uživa se krasan pogled na čarobnu okolicu i na mnoštvo malenih razasutih otočića, na poluotok Pelješac i na korčulanski kono.”* (Bodulić 1922). Vojinović (1997) navodi da je Hober uvršten u tadašnje turističke prospekte grada Korčule i opisan kao *“veliki i lijepo uređeni park”* koji čini uvalu u kojoj se nalazi *“pogodnom za dišne kupke”*. Isti autor dalje navodi da je Društvo za saobraćaj putnika i poljepšavanje grada Korčule 1926. godine, napravilo novi put koji vodi do tvrđave sv. Vlaha sa suprotne južne strane starom putu, te da je na taj novi put nadovezano i uređeno još jedno šetalište koje spaja tvrđavu (*Fortezzu*) s parkom Hober povrhu predjela zvanog Betlem. Autor također navodi da je iste godine popravljen i *“put oko Hobera”*, *“napravljen bunar”*, tzv. gusterna i da je na ulazu u park podignuta *“kamena piramida na kojoj je bilo uklesano ime parka”*, odnosno natpis *“gradski park”*. Onofri (2002) piše dakako se na područje parka moglo ula-



**Slika 4.** Prizor iz parka s kraja 20-tih godina 20. Stolja (Izvor: Arhivski sabirni centar Korčula-Lastovo, sjedište Tŕnovo)

**Picture 4.** Scene from the park from the late 1920s

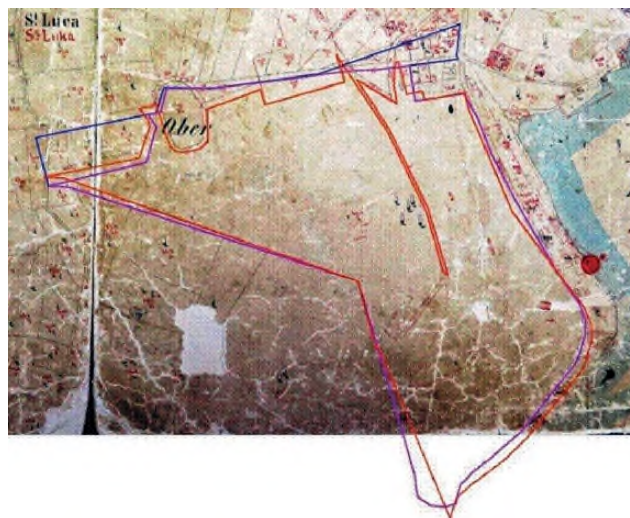
**Tablica 1.** Prikaz razlike površina 1952. godine i danas 2014**Table 1.** View of the difference in surface area in 1952 and today 2014

| Broj parcele<br><i>Lot number</i> | Naziv parcele<br><i>Plot name</i> | Površina (m <sup>2</sup> )-1952. god<br><i>Area (m<sup>2</sup>)-1952.</i> | Površina(m <sup>2</sup> )-2014. god<br><i>Area (m<sup>2</sup>)-2014.</i> |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 442/1                             | Park                              | 109487                                                                    | 99739                                                                    |
| 442/20                            | Park                              | 20085                                                                     | 23208                                                                    |
| 442/21                            | Park                              | 1326                                                                      | 1326                                                                     |
| 442/22                            | Park                              | 2443                                                                      | 1791                                                                     |
|                                   | Ukupno (m <sup>2</sup> )          | 139341                                                                    | 12,6064                                                                  |
|                                   | Ukupno (ha)                       | 13,9341                                                                   | 12,6064                                                                  |

ziti s nekoliko strana, ali je glavni ulaz bio i ostao u neposrednoj blizini kuće Skokandić.

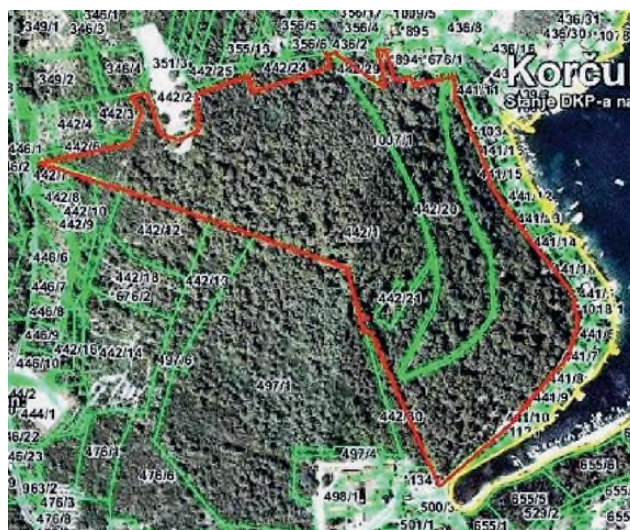
Sukladno fotografijama iz obiteljskog fonda Foretić koje su nam ustupljene i tumačene od stručnog osoblja Arhivskog sabirnog centra u Tρνovu, 30-tih godina započinje gradnja ladanjskih vila na obalama Luke Uš. Na planu Korčule iz 1874. godine je reambulacijom već naznačena parcelacija tog područja. Kako navodi Vojinović (1997), prilikom svečanog otkrivanja spomenika 1917. godine, park još uvijek nosi ime tada već preminulog Franje Josipa I, da bi ga 1922. godine preimenovali u “*Bašću Kralja Aleksandra*”. Porijeklo današnjeg imena parka najvjerojatnije potječe iz imena brda na čijim padinama se nalazi, a koja na najstarijim planovima iz 1836. i 1874. godine nosi naziv Ober (Hober). Nije poznato u kojem je razdoblju park dobio ime Hober, ali park je puku uvijek bio “*poznatiji pod imenom Hober*”. Sa sigurnošću se može utvrditi da je taj naziv službeno dobio najkasnije 1969. godine kada je Skupština općine Korčula 14. 8. 1969. godine donijela Odluku o proglašenju gradskog parka u Korčuli rezervatom prirodnog predjela-park-šuma, u kojoj je kategoriji zaštićen do danas. Republički zavod za zaštitu prirode SR Hrvatske donio je 26. 3. 1970. godine Rješenje o upisu gradskog parka Hober u Korčuli, kao rezervat prirodnog predjela-park-šuma u Registar posebno zaštićenih objekata (dijelova) prirode pod reg. br. 282.

Prema navodima Onofrija (1997), gradski park Hober “*obuhvaća čitavo područje brežuljka Hober*”. O obuhvatu i površini gradskog parka Hober zatičemo različite, najvjerojatnije netočne navode. Tako se, sukladno Odluci iz 1969. godine, kao njegova površina navodi oko 25 ha. Prema Odluci park Hober je u vrijeme proglašenja obuhvaćao katastarske čestice broj 442/1, 442/20, 442/21 i 442/22, sve k.o. Korčula. Analizom granica prema starijim planovima i na osnovu posjedovnih listova iz 1952. godine, utvrđeno je da je ukupna površina predmetnih čestica bila gotovo duplo manja (oko 13,93 ha), te da je navedena površina od oko 25 ha najvjerojatnije pogrešno određena. Danas su te iste čestice uslijed urbanizacije okolnog područja, ponajprije u njegovom sjevernom dijelu, umanjene u ukupnoj površini od oko 13 277 m<sup>2</sup>, odnosno 1,32 ha (Tablica 1.). Tako njihova ukupna površina iznosi 12,60 ha. Popis parcela se

**Slika5.** Detalj plana Korčule iz 1874. godine (Izvor: Odjel za katastar nekretnina Korčula)

Picture 5. Korčula plain detail from 1874.

obnavlja 1951. godine na osnovi posjedovnih listova iz 1948. godine. Popis je obnovljen zaključno s 20. ožujkom 1952. godine.

**Slika 6.** Detalj katastarskog plana Korčule iz 2014. godine sa označenom granicom obuhvata (Izvor: Geoportal Državne geodetske uprave)

Picture 6. Detail of Korčula cadastral plan from 2014. with marked boundary of coverage

Uvidom u planove iz 1836., iz razdoblja između 1836. i 1874. godine, 1874. i 2014. godine razvidno je i sa sigurnošću utvrđeno da su granice park-šume Hober sukladno predmetnim česticama, te njihovim reambulacijama, kroz cijelu nama poznatu povijest bile podjednako nepravilnog oblika. Granica se u manjem obimu mijenjala u sjevernom dijelu i na krajnjem jugu, dok je u širini ostala ista. Ta činjenica nam dodatno potvrđuje da površina parka nikako nije mogla biti 25 ha, kako je navedeno u Odluci.

Na slici 5. su označene granicama obuhvata iz 1836. godine (plavo), nakon 1836. u razdoblju do 1874. godine (ljubičasto) i sa granicom obuhvata 1874. godine (crveno)

Jednaki oblik granica prepoznajemo i na današnjim planovima, čime možemo zaključiti da se granice od razdoblja druge polovice 19. stoljeća gotovo nisu niti mijenjale.

Sukladno popisu zaštićenih dijelova prirode koji vodi Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (Prije: Državni zavod za zaštitu okoliša i prirode) površina gradskog parka Hober određena je na 12,7 ha.

Na osnovi posjedovnih listova je utvrđeno da se kroz prošlo stoljeće mijenjao i način uporabe katastarskih čestica. Godine 1948. sve čestice vode se kao šuma, osim k. č. 442/22 koja je neplodno zemljište. Interesantno je da se 1952. godine sve četiri čestice vode kao neplodno zemljište. Danas se kao šuma vode k. č. 442/1 i 442/20, a neplodno-pijaceta je k. č. 442/21 te neplodno-cesta k. č. 442/22.

Kako navodi Vojinović (1997), osim spomenutog Društva, za park se sve do 2. Svjetskog rata brinuo i određen broj šumara, te stalnih i sezonskih radnika koji su svakodnevno vodili brigu o parku. U blizini groblja Sv. Luke je postojao rasadnik u kom su se uzgajale sadnice za pošumljavanje područja oko grada i otoka općenito. Nakon 2. Svjetskog rata gotovo svi radovi na brizi park-šume Hober gotovo u potpunosti prestaju. Ubrzo nakon rata prestao je sa radom i rasadnik, da bi se na poslijetku sedamdesetih godina ugasila i šumarija. Jedino se šezdesetih godina u Općinskom vijeću vodila rasprava o Hoberu, što je rezultiralo njegovom zaštitom. Od osamdesetih godina uglavnom se govori o nebrizi i zapuštenosti parka, prepuštenog spontanom razvoju bez određene koncepcije upravljanja i uređenja. Dana 27. 1. 1994. godine orkanska bura napravila je znatnu štetu polomivši i izvalivši znatan broj stabala. Iste godine je provedena jaka proreda u parku, međutim kako ističe Vojinović (1997) vrlo nestručno i pogrešno, jer se sjekla podstojna etaža koju čine autohtone vrste, zanemarujući polomljena, suha i bolesna borova stabla. Zahvat je rađen pod izgovorom očuvanja grada od požara. Udruga prijatelja modrozelenih vrijednosti „Petra Giuino“ od polovice devedesetih volonterski provodi akcije čišćenja i ukazuje na nebrigu oko uređenja Hobera (Fabris 2001).

## Dendroflora park-šume Hober – *Dendroflora of Park-forest Hober*

Na prostoru park-šume Hober danas su zastupljene pretežno autohtone vrste od kojih su najzastupljenije obični čempres (*Cupressus sempervirens* L.), alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.) i crnika (*Quercus ilex* L.). Alohtone vrste su najzastupljenije u rubnom dijelu parka na prostoru uz naselje, nešto manje unutar šume, te se sa sigurnošću može tvrditi da su iste unesene od polovice 20. stoljeća. Unutar samog parka ne nalazimo primjerke alohtonih vrsta s kraja 19. i početka 20. stoljeća.

Popise dendroflore u većem ili manjem obimu nalazimo u radovima autora Denich i Draganović (1985), Vojinović (1997), Fabris (2001) i Onofri (2002), gdje se navedene vrste podudaraju s vrstama utvrđenim tijekom našeg istraživanja. Naravno, neke od navedenih vrsta nalazimo u Hoberu u više razvojnih slojeva.

U sloju drveća determinirane su sljedeće vrste, ukupno 22:

1. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle - pajasen
2. *Arbutus unedo* L. - planika
3. *Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don - himalajski cedar
4. *Celtis australis* L. - obični koprivić, koščela
5. *Ceratonia siliqua* L. - rogač
6. *Cupressus sempervirens* L. - obični čempres
7. *Erica arborea* L. - velika crnjuša
8. *Ficus carica* L. - obična smokva
9. *Fraxinus ornus* L. - crni jasen
10. *Laurus nobilis* L. - lovor
11. *Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot. - divlja maslina
12. *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. - paulovnja
13. *Phoenix canariensis* Chabaud - Kanarska datulja
14. *Pinus halepensis* Mill. - alepski bor
15. *Pinus pinaster* Aiton (= *P. maritima*) - primorski bor
16. *Pinus pinea* L. - pinija
17. *Prunus domestica* L. - šljiva
18. *Prunus persica* (L.) Stokes - breskva
19. *Punica granatum* L. - mogranj, nar
20. *Quercus ilex* L. - crnika
21. *Robinia pseudoacacia* L. - obični bagrem
22. *Sorbus domestica* L. - oskoruša

U sloju grmlja determinirane su sljedeće vrste, ukupno 28:

1. *Agave americana* L. - američka agava
2. *Aloa* sp. - aloa
3. *Chamaerops humilis* L. - niska žumara
4. *Cistus incanus* L. - vlasasti buštin
5. *Cistus salvifolius* L. - bijeli buštin
6. *Colutea arborescens* L. - drvolika pucalina
7. *Coronilla emerus* L. - šibika
8. *Crataegus monogyna* Jack. - glog

9. *Erica manipuliflora* Salisb. - primorska crnjuša
10. *Frangula rupestris* (Scop.) Schur.- kamenjarska krkavina
11. *Helichrysum italicum* (Roth) G.Don - sredozemno smilje
12. *Juniperus oxycedrus* L. - šmrika
13. *Juniperus phoenicea* L. - primorska somina, gluhać, gluhaćuša
14. *Myrtus communis* L. - mirta
15. *Nerium oleander* L. - oleandar
16. *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. - opuncija
17. *Osyris alba* L. - metlika
18. *Paliurus-spina christi* Mill. - drača
19. *Pistacia lentiscus* L. - tršlja
20. *Pistacia terebinthus* L. - smrdljika
21. *Pittosporum tobira* (Thunb.) Aiton f. - tobirovac
22. *Phyllirea latifolia* L.- širokolisna zelenika
23. *Rosmarinus officinalis* L. - ružmarin
24. *Ruscus aculeatus* L. - bodljikava veprina
25. *Salvia officinalis* L. - ljekovita kadulja
26. *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zabel - Vanhuteova suručica
27. *Thuja occidentalis* L. var. *globosa* Gord - obična američka tuja 'globosa'
28. *Viburnum tinus* L. - lemprika

Među penjačicama i povijušama su determinirane sljedeće vrste, ukupno 9:

1. *Asparagus acutifolius* L. - šparožina
2. *Clematis vitalba* L. - obična pavit
3. *Hedera helix* L. - bršljan
4. *Jasminum nudiflorum* Lindl. - zimski jasmin
5. *Lonicera implexa* Aiton - isprepletena kozokrvina
6. *Rosa sempervirens* L. - zimzelena ruža
7. *Rosa* sp. - ukrasna ruža
8. *Rubus discolor* Weihe et Ness - primorska kupina
9. *Smilax aspera* L. - tetivika

Denich i Draganović (1985) u svom popisu vrsta navode i kanarski bor (*Pinus canariensis* C. Sm.), te kao jednu od najzastupljenijih vrsta navode i piniju (*Pinus pinea* L.) od koje danas zatičemo tek nekoliko primjeraka.

### Vegetacijska i strukturna istraživanja – *Vegetation and structural research*

Biljni svijet otoka Korčule je mediteranski jednako onome duž čitave jadranske obale. Kako navodi Gljivoje (1969), zbog vrlo blage klime vegetacija je na cijelom otoku vrlo bujna, čime Korčula spada u najšumovitije otoke na Jadrani sa čak 61 % površine pod šumama, od čega je dobar dio pod makijom. Šume su zastupljene na cijelom otoku, posebice šume bora, ponajviše na zapadnoj strani otoka, a

jednako tako i na Hoberu. Da se pod antropogenim utjecajem udio šumskih površina znatno promijenio, najbolje potvrđuju toponimi na kojima danas više nema šuma, a koji su pobliže određivali zastupljeniju vrstu u sastojini (Hrastova, Hrastovica, Borova, Maslinova, Česvinova, Dubova i drugi). Autor također navodi da su početkom 20. stoljeća značajna umjetna pošumljavanja seoskih gajeva, dok se u drugoj polovici 20.stoljeća podižu parkovi i ozelenjavaju naseljena mjesta.

Park-šuma Hober u vegetacijskom smislu pripada šumskoj zajednici šuma alepskog bora i hrasta crnike (*Quercus ilicis* – *Pinetum halepensis* Loisel 1971). Kako navodi Vukelić (2012) to je mješovita šuma karakterističnog izgleda s hrastom crnikom (*Quercus ilex* L.) u podstojnom sloju i dominantnim alepskim borom (*Pinus halepensis* Mill.). Zajednica je vrlo česta u Sredozemlju, a u Hrvatskoj dolazi na otocima Hvaru, Braču, Korčuli, Lastovu, Mljetu, Murteru i Lokrumu. U zoni pridolaska zauzima vlažnija i bogatija staništa. Razvija se na silikatnoj i karbonatnoj litološkoj podlozi, dok u hrvatskom arealu uspijeva isključivo na karbonatnoj litološkoj podlozi. Po flornom sastavu naše se sastojine podudaraju sastojinama iz zapadnoga Sredozemlja (Trinajstić 1988., Vukelić 2012). Njen florni sastav u odnosu na eumediteransku zonu i zajednice s prevlašću hrasta crnike upućuje na kserotermije uvjete u stenomediteranskoj zoni litoralno – mediteranskoga vegetacijskoga pojasa.



Slika 7. Karta položaja pokusnih ploha

Picture 7. Map of the position of the test surfaces

**Tablica 2.** Fitocenološke snimke pokusnih ploha  
Table 2. Stands plots phytocoenological records

| FITOCENOLOŠKE SNIMKE POKUSNIH PLOHA (1-11) PARK-ŠUME HOBER – KORČULA |                                                                                                                     |                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                                                |                                                                                                                |                                                     |                                                                                                        |                                           |                                                                                                   |                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Broj plohe<br>Plot number                                            | 1                                                                                                                   | 2                                                                | 3                                                                                                                      | 4                                                                                                               | 5                                                                                              | 6                                                                                                              | 7                                                   | 8                                                                                                      | 9                                         | 10                                                                                                | 11                                                                                                         |
| Datum<br>Date                                                        | 2.12.                                                                                                               | 2.12.                                                            | 2.12.                                                                                                                  | 3.12.                                                                                                           | 3.12.                                                                                          | 3.12.                                                                                                          | 3.12.                                               | 3.12.                                                                                                  | 3.12.                                     | 4.12.                                                                                             | 4.12.                                                                                                      |
| Godina<br>Year                                                       | 2014                                                                                                                | 2014                                                             | 2014                                                                                                                   | 2014                                                                                                            | 2014                                                                                           | 2014                                                                                                           | 2014                                                | 2014                                                                                                   | 2014.                                     | 2014.                                                                                             | 2014.                                                                                                      |
| Lokalitet<br>Locality                                                | P.Š. Hober                                                                                                          | P.Š. Hober                                                       | P.Š. Hober                                                                                                             | P.Š. Hober                                                                                                      | P.Š. Hober                                                                                     | P.Š. Hober                                                                                                     | P.Š. Hober                                          | P.Š. Hober                                                                                             | P.Š. Hober                                | P.Š. Hober                                                                                        | P.Š. Hober                                                                                                 |
| Površina<br>Area                                                     | 20 x 20 m                                                                                                           | 20 x 20 m                                                        | 20 x 20 m                                                                                                              | 20 x 20 m                                                                                                       | 20 x 20 m                                                                                      | 20 x 20 m                                                                                                      | 20 x 20 m                                           | 20 x 20 m                                                                                              | 20 x 20 m                                 | 20 x 20 m                                                                                         | 20 x 20 m                                                                                                  |
| Sastojina<br>Stand type                                              | alepski bor s crnikom                                                                                               | alepski bor s crnikom                                            | alepski bor s crnikom                                                                                                  | alepski bor s crnikom                                                                                           | panjača crnike, podstojno alepski bor                                                          | sastojina alepskog bora s čempresom                                                                            | sastojina čempresa i običnog bora, podstojna crnika | makija                                                                                                 | alepski bor s čempresom, podstojno crnika | makija s pokojim alepskim borom                                                                   | terase- poljo-privredne površine – ograde                                                                  |
| Nadmorska visina<br>Altitude                                         | 6 m.n.v.                                                                                                            | 21 m.n.v.                                                        | 46,5 m.n.v.                                                                                                            | 66,5 m.n.v.                                                                                                     | 60 m.n.v.                                                                                      | 79 m.n.v.                                                                                                      | 81 m.n.v.                                           | 44 m.n.v.                                                                                              | 60 m.n.v.                                 | 23,5 m.n.v.                                                                                       | 28 m.n.v.                                                                                                  |
| Izloženost<br>Exposition                                             | Jl                                                                                                                  | Jl                                                               | Sl                                                                                                                     | I-Sl                                                                                                            | Jl-J                                                                                           | J                                                                                                              | Z                                                   | Z                                                                                                      | Z-SZ                                      | J                                                                                                 | J-JZ                                                                                                       |
| Nagib<br>Inclination                                                 | 10°                                                                                                                 | 8-10°                                                            | 10-15°                                                                                                                 | 15°                                                                                                             | 10-15°                                                                                         | 10°                                                                                                            | 10°                                                 | 8°                                                                                                     | 15°                                       | 5°                                                                                                | ravno                                                                                                      |
| Pokrovnost<br>Ground cover                                           | 100%                                                                                                                | 100%                                                             | 100%                                                                                                                   | 100%                                                                                                            | 100%                                                                                           | 65%                                                                                                            | 100%                                                | 100%                                                                                                   | 100%                                      | 100%                                                                                              | 100%                                                                                                       |
| Sloj drveća<br>Tree layer                                            | 90%                                                                                                                 | 85%                                                              | 90%                                                                                                                    | 80%                                                                                                             | 90%                                                                                            | 35%                                                                                                            | 70%                                                 | 5%                                                                                                     | 85%                                       | 20%                                                                                               | 35%                                                                                                        |
| Sloj grmlja<br>Shrub layer                                           | 90%                                                                                                                 | 80%                                                              | 85%                                                                                                                    | 55%                                                                                                             | 85%                                                                                            | 45%                                                                                                            | 80%                                                 | 85%                                                                                                    | 100%                                      | 95%                                                                                               | 95%                                                                                                        |
| Prizemni sloj<br>Undergrowth                                         | 70%                                                                                                                 | 70%                                                              | 35%                                                                                                                    | 45%                                                                                                             | 35%                                                                                            | 30%                                                                                                            | 40%                                                 | 35%                                                                                                    | 40%                                       | 40%                                                                                               | 55%                                                                                                        |
| Tip tla<br>Soil type                                                 | smeđe tlo na vapnencu                                                                                               | smeđe tlo na vapnencu                                            | smeđe tlo na vapnencu                                                                                                  | smeđe tlo na vapnencu                                                                                           | smeđe tlo na vapnencu                                                                          | smeđe tlo na vapnencu                                                                                          | smeđe tlo na vapnencu                               | smeđe tlo na vapnencu                                                                                  | smeđe tlo na vapnencu                     | smeđe tlo na vapnencu                                                                             | antropoge - niziarno                                                                                       |
| Matični supstrat<br>Soil matrix                                      | kredni vapnenci - uslojeni                                                                                          | kredni vapnenci - uslojeni                                       | kredni vapnenci - uslojeni                                                                                             | kredni vapnenci - uslojeni                                                                                      | kredni vapnenci - uslojeni                                                                     | kredni vapnenci - uslojeni                                                                                     | kredni vapnenci - uslojeni                          | kredni vapnenci - uslojeni                                                                             | kredni vapnenci - uslojeni                | kredni vapnenci - uslojeni                                                                        | kredni vapnenci - uslojeni                                                                                 |
| Napomena<br>Note                                                     | Stara sastojina alepskog bora i čempresa. Vrlo gust sloj pomlatka do visine 0,30 - 1,5 m. Listinac debljine 2-4 cm. | Listinac debljine 2-5 cm, grmlje prevladava, visine 0,3 - 1,8 m. | Listinac debljine 2-5 cm, grmlje prevladava, visine 0,3 - 1,8 m. Podstojni mladi borovi visine desetak metara se suše. | Listinac debljine 3-5 cm, potpuno prekriva. Borovi vitalni. Prevladava lemprika u sloju grmlja visine do 1,5 m. | Listinac dosta između kamenja, kamen vidljivo na površini za razliku od plohe 4. Tanji borovi. | Progaljeno, svjetlo, izloženo južnoj strani. Kamenito, malo listinca. Dosta mahovine i lišajeva na tlu-kamenu. | Kamenito, mahovina, lišajevi, gljive.               | Vrlo gusto, teško prohodno, bez sloja listinca, kamenito, zastrto grmljem, stabla čempresa pojedinačna | Listinac debljine 3-5 cm, kameni blokovi  | Gusto, neprohodno u sloju grmlja. Zamjetna je sjeća crnike za ogrjev. Kamenje pokriveno mahovima. | Sukcesija šumske vegetacije na poljoprivrednim površinama. Na tlu prisutna veća pokrovnost mahovina (15%). |

## FITOCENOLOŠKE SNIMKE POKUSNIH PLOHA (1-11) PARK-ŠUME HOBER – KORČULA

| <b>BROJ PLOHE</b><br><i>Plot number</i>                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| <b>SLOJ DRVEĆA</b><br><i>Tree layer</i>                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <i>Pinus halepensis</i> Mill.- alepski bor                            | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | +  | 3  |
| <i>Cupressus sempervirens</i> L. - obični čempres                     | 1 | . | . | . | . | 2 | 3 | 1 | 2 | .  | .  |
| <i>Arbutus unedo</i> L.- planika                                      | . | + | . | . | . | 1 | + | 1 | . | .  | .  |
| <i>Phillyrea latifolia</i> L. - širokolisna zelenka                   | . | + | . | . | + | . | . | . | . | .  | .  |
| <i>Quercus ilex</i> L. – crnika                                       | 1 | 1 | + | 3 | 4 | 1 | 1 | . | + | 1  | 1  |
| <i>Erica arborea</i> L. – veliki vrijes                               | . | + | 2 | . | 1 | . | + | . | . | .  | .  |
| <i>Fraxinus ornus</i> L. - crni jasen                                 | . | . | . | . | . | . | . | . | + | .  | .  |
| <i>Ceratonia siliqua</i> L. – rogač                                   | . | + | . | . | . | . | . | . | . | .  | .  |
| <i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> Brot. - divlja maslina | . | + | . | . | . | . | . | . | . | .  | .  |
| <i>Viburnum tinus</i> L. – lemprika                                   | . | . | . | + | + | . | . | . | . | .  | .  |
| <b>SLOJ GRMLJA</b><br><i>Shrub layer</i>                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <i>Arbutus unedo</i> L.- planika                                      | 1 | 1 | 1 | . | . | . | 2 | 3 | . | 2  | 2  |
| <i>Asparagus acutifolius</i> L. - oštrolišna šparoga                  | + | 1 | + | + | + | . | . | . | . | +  | .  |
| <i>Ceratonia siliqua</i> L. – rogač                                   | + | + | . | . | . | . | . | . | . | .  | .  |
| <i>Cistus incanus</i> L. - vlasnati bušin                             | + | + | . | . | . | 3 | 1 | 1 | . | 2  | 1  |
| <i>Coronilla emerus</i> L. - grmoliki grašar                          | 2 | 2 | + | + | + | . | 1 | 2 | + | 1  | 1  |
| <i>Erica arborea</i> L. – veliki vrijes                               | 1 | + | 1 | . | . | + | 1 | . | 2 | 1  | 1  |
| <i>Quercus ilex</i> L. – crnika                                       | 2 | + | + | 1 | . | . | . | . | 1 | 3  | 3  |
| <i>Laurus nobilis</i> L. – lovor                                      | . | + | . | . | 1 | + | . | . | + | .  | .  |
| <i>Myrtus communis</i> L. – mirta                                     | + | 2 | + | . | + | . | . | 2 | . | 1  | 1  |
| <i>Phillyrea latifolia</i> L. - širokolisna zelenika                  | + | 1 | 1 | 1 | 1 | + | 1 | 2 | . | 1  | +  |
| <i>Hedera helix</i> L. – bršljan                                      | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | .  | .  |
| <i>Viburnum tinus</i> L. – lemprika                                   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1  | +  |
| <i>Smilax aspera</i> L. – tetivika                                    | 1 | + | 1 | 2 | 2 | . | . | 1 | 2 | +  | .  |
| <i>Pistacia lentiscus</i> L. – tršlja                                 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1  | 1  |
| <i>Colutea arborescens</i> L. – pucalina                              | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | .  | .  |
| <i>Erica manipuliflora</i> Salisb. - primorska crnjuša                | . | . | . | . | . | 2 | 2 | 2 | . | 1  | 1  |
| <i>Lonicera implexa</i> Aiton - isprepletana kozokrvina               | + | . | . | . | . | + | + | 1 | . | 1  | 1  |
| <i>Juniperus oxycedrus</i> L.- šmrika                                 | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | . | .  | +  |
| <i>Pinus halepensis</i> Mill.- alepski bor                            | + | . | . | . | . | + | + | 1 | . | +  | .  |
| <i>Frangula rupestris</i> (Scop.)Schur - kamenjarska krkavina         | . | . | . | + | . | . | . | . | . | .  | .  |
| <i>Cistus salvifolius</i> L. - bijeli bušin                           | . | . | . | . | . | . | + | + | . | .  | .  |
| <i>Ruscus aculeatus</i> L. - bodljikava veprina                       | . | + | . | . | . | . | . | . | . | .  | .  |
| <i>Salvia officinalis</i> L. - ljekovita kadulja                      | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | .  | .  |
| <i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G.Don – smilje                     | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | .  | .  |
| <i>Rosmarinus officinalis</i> L. – ružmarin                           | . | . | . | . | . | . | . | 2 | . | .  | .  |
| <i>Rosa sempervirens</i> L. - vazdazelena ruža                        | . | . | . | . | . | . | . | . | + | .  | .  |
| <i>Rubia peregrina</i> L. - strani broć                               | . | . | . | . | . | . | . | . | + | .  | .  |
| <b>PRIZEMNO RAŠĆE</b><br><i>Undergrowth</i>                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| <i>Arbutus unedo</i> L.- planika                                      | + | . | . | . | . | 1 | . | . | . | .  | .  |
| <i>Erica arborea</i> L. – veliki vrijes                               | + | + | . | . | . | . | 1 | . | . | +  | .  |

|                                                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <i>Asparagus acutifolius</i> L. - oštrolišna šparoga                 | + | + | + | . | + | . | . | . | . | + | . |
| <i>Carex</i> sp. – šaš                                               | 1 | + | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Coronilla emerus</i> L. - grmoliki grašar                         | + | . | + | + | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Viburnum tinus</i> L. – lemprika                                  | 1 | + | + | . | 2 | . | 1 | . | 1 | . | + |
| <i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P. Beauv. - razgranjena kostrika | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | + | 1 | . | 2 | 3 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> L. – tršlja                                | + | + | + | 1 | . | . | . | . | 1 | + | . |
| <i>Phillyrea latifolia</i> L. - širokolisna zelenika                 | 1 | 1 | 1 | . | 1 | . | 1 | . | + | + | . |
| <i>Rubia peregrina</i> L. - broć                                     | 1 | . | 1 | + | 1 | . | . | . | 1 | + | . |
| <i>Smilax aspera</i> L. – tetivika                                   | + | + | . | + | 1 | . | . | 1 | . | . | . |
| <i>Stipa bromoides</i> (L.) Dorfl. - kratkobodljasto kovilje         | . | 1 | . | . | . | 1 | . | . | . | 1 | + |
| <i>Ruscus aculeatus</i> L. - bodljikava veprina                      | . | + | . | + | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Pinus halepensis</i> Mill.- alepski bor                           | . | . | + | . | . | . | . | 1 | . | . | . |
| <i>Hedera helix</i> L. – bršljan                                     | . | . | . | + | . | . | . | . | . | . | . |
| <i>Laurus nobilis</i> L. – lovor                                     | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . | . |
| <i>Quercus ilex</i> L. – crnika                                      | . | . | . | . | + | . | . | . | 1 | + | . |
| <i>Erica manipuliflora</i> Salisb. - primorska crnjuša               | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | . |
| <i>Cistus salvifolius</i> L. - bijeli bušin                          | . | . | . | . | . | . | + | 1 | . | . | . |
| <i>Cistus incanus</i> L. - vlasnati bušin                            | . | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | + |
| <i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G.Don - sredozemno smilje         | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . |
| <i>Rosmarinus officinalis</i> L. – ružmarin                          | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . |
| <i>Fraxinus ornus</i> L. - crni jasen                                | . | . | . | . | . | . | . | . | 1 | . | . |
| <i>Rosa sempervirens</i> L. - vazdazelena ruža                       | . | . | . | . | . | . | . | . | + | . | . |
| <i>Myrtus communis</i> L. – mirta                                    | . | . | . | . | . | . | . | . | + | + | . |

## RASPRAVA I ZAKLJUČCI

### DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Park-šuma Hober je obuhvaćena gospodarskom jedinicom "Pupnatska luka" (2006-2015) u sklopu koje je i izrađen Plan gospodarenja park-šumom Hober. U sklopu G.J. park-šuma Hober je obuhvaćena odjelom/odsjeком 24c. Ukupna površina odsjeka je 16,19 ha, od čega je 15,94 ha obraslih površina, a neplodnih 0,25 ha, a čine ga sljedeće katastarske čestice: 340/1, 340/2, 340/4, 350/2, 352/3, 355/10, 356/1, 356/5, 356/6, 356/10, 440/2, 441/11, 442/1, 442/20, 442/21, 442/23, 442/24, 442/25 i 442/28. Sve površine nalaze se na teritoriju grada Korčule, time i na području katastarske općine Korčula.

Odsjek po strukturi čini oko 110 godina stara sjemenjača alepskog bora, ponešto čempresa, a u podstojnoj etaži je panjača crnike u stadiju tankih stabala. U odsjeku 24c obrast je slabiji od normalnoga (0,64).

Drvena zaliha i prirast po vrstama drveća prikazani su u tablici 4.

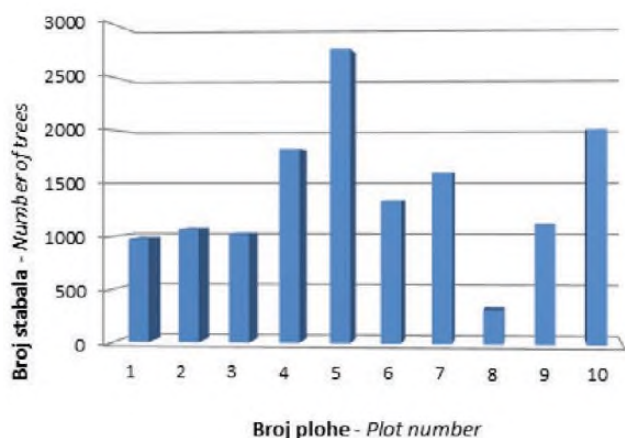
Zauzima greben i stranu istočne i jugoistočne ekspozicije u samom gradu Korčuli. Sastojina je neujednačena, mozaično ima ogoljelih dijelova. Podstojnu etažu čini panjača crnike s pratećim vrstama. Već su se izdiferencirala pojedina stabla crnike koja odlaze u glavnu etažu. Na jugoistoč-

noj strani odsjeka ima više crnike i to posebice prema moru, gdje su borovi nešto tanji. Na samom vrhu grebena dominiraju deblja stabla alepskog bora.

Upravo iz razloga spomenute vegetacijske i strukturne neujednačenosti, postavljeno je 7 pokusnih ploha u samoj park-šumi, te još 4 izvan nje. Cilj je detaljnom vegetacijskom i strukturnom analizom izdvojiti pojedina područja, dati njihov opis i prikazati njihovo stanje, što se kasnije može upotrijebiti u svrhu zoniranja prostora.

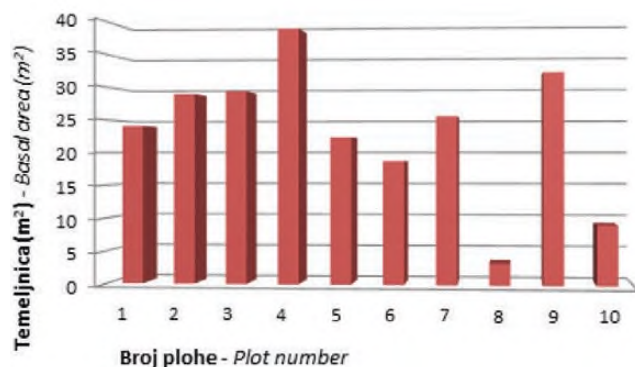
Analizirana istraživanja pokazuju da u sloju drveća alepski bor prevladava na plohama 1,2,3 i 9; crnika na plohama 4 i 5 te obični čempres na plohama 6 i 7. U sloju grmlja najzastupljenija je lemprika koja dolazi na svim plohama. Zatim su tu širokolisna zelenika i tršlja. Iz tablice 2 vidimo da je na svim plohama potpuna osim na plohi 6 gdje je rijetka makija. Sloj drveća je prevladavajući osim na plohama 8,10 i 11 gdje je prisutna makija. Zamjetno je da je kod razvijenih sastojina podjednako gust sloj drveća i grmlja. Tu odstupaju plohe 6 i dijelom ploha 9 te plohe 10 gdje je makija te ploha 11 koja je prirodna sukcesija šumske vegetacije na zapuštenim poljoprivrednim površinama. Osim kod makije imamo vrlo visok drveni volumen koji se ovisno o razvoju sastojine kreće od 100 do čak 270 m<sup>3</sup>/ha. Broj stabala je isto vrlo velik i kreće se od 1000 do 2700 po ha. Svi ti po-





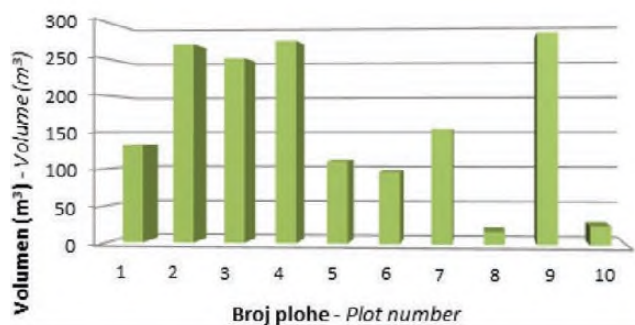
**Graf 1.** Broj stabala po hektaru

Graph 1. Number of trees per hectare



**Graf 2.** Vrijednosti temeljnice po hektaru

Graph 2. Basal area values per hectare



**Graf 3.** Vrijednosti volumena po hektaru

Graph 3. Volume values per hectare

**Tablica 4.** Drvna zaliha i prirast po vrstama park-šume Hober

Table 4. Wood stock and increment by species in Park forest Hober

| Vrsta drveća<br>Tree type | Drvna zaliha m³<br>Wood stock m³ | Drvna zaliha %<br>Wood stock % | Prirast m³<br>Growth m³ | Prirast %<br>Growth % |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Crnika                    | 32                               | 1,5                            | 1                       | 2,9                   |
| Alepki bor                | 2004                             | 94,4                           | 32                      | 94,2                  |
| Čempres                   | 87                               | 4,1                            | 1                       | 2,9                   |
| Sumarno                   | 2123                             | 100,00                         | 34                      | 100,00                |
| ha                        |                                  | 15,94                          |                         | 15,94                 |
| m³/ha                     |                                  | 133                            |                         | 2,13                  |

(Izvor: Plan gospodarenja park-šumom "Hober" 2006.-2015.)

daci ukazuju na neuređenost i izostanak bilo kakvih uzgojnih radova.

Vojinović (1997) u svom radu donosi podatke o zdravstvenom stanju u park-šumi Hober. Autor ističe da općenito gledano zdravstveno stanje šume alepskog bora u Hoberu nije zadovoljavajuće. Velik je broj stabala zaraženih gljivom *Phellinus pini*, a da je ta trulež već duže vrijeme aktivna vidimo po brojnim karpoforima, te suhim, porušenim i polomljenim stablima širom parka, posebno u njegovom gornjem dijelu, za čije je odumiranje dobrim djelom i ona odgovorna. Gljiva se vjerojatno pojavila kao sekundarni čimbenik s obzirom da je sastojina zrela, na mnogim mjestima već i prezrela, a prorede i sanitarne sječe nisu rađene. Ovo možda ne bi niti predstavljalo velik problem za samu šumu jer se podstojna etaža dugo razvijala u smjeru pozitivne sukcesije, pa je došlo do stabiliziranja lokalne mikroklimatske staništa pogodne za daljnji razvoj klimaksne vegetacije. Heterogenost parka Hober, jednako kao po zastupljenosti pojedinih vrsta drveća, njihovom broju i starosti, očituje se i u strukturi sastojine. Uspoređujući podatke Vojinovića (1997) s našim, zamjetno je smanjenje broja stabala alepskog bora, a povećanje broja stabala crnike po hektaru, time i volumena spomenutih vrsta, što jasno ukazuje u kojem smjeru se razvija ova šumska vegetacija. S tim u vezi su i podaci o prirastu sastojine gdje je opći trend radialnog prirasta alepskog bora u cijeloj sastojini ispod optimuma, a stagnacija prirašćivanja počinje od 1940. godine, dakle sa prestankom intenzivnijih radova u parku.

Inače u Planu gospodarenja za park-šumu Hober (2006-2015), u poglavljima koja određuju smjernice budućeg gospodarenja, stoji da je "glavni cilj gospodarenja ovom sastojinom očuvanje autohtone šumske zajednice te ekološkog sustava. Primarna namjena ove sastojine je ostvarivanje općekorisnih funkcija šuma i to prvenstveno turističko-rekreativne funkcije i estetske funkcije." S tim u vezi Plan gospodarenja propisuje šumsko-uzgojne zahvate kojim bi se postigao cilj gospodarenja. U ovom uređajnom razredu propisano je jednodobno gospodarenje. Ophodnja je fizička zrelost. Obnovu sastojine je potrebno provoditi postupno, prirodnim putem, grupimičnim sječama na manjim površinama sa dugim pomladnim razdobljem. Najpovoljniji uzgojni oblik kojemu treba težiti u gospodarenju park-šumom

Hober je grupimična razdioba mješovite šume četinjača sa listačama. S obzirom na to da je riječ o zaštićenom području, planom gospodarenja zahvati se neće istovremeno provoditi po čitavoj površini zbog neujednačenosti sastojine i vjerojatnog otpora lokalne zajednice. Stoga se obnova sastojine preporuča obavljati u manjim, mozaično raspoređenim grupama na temelju stanja sastojine. To znači da bi se grupimične sječe vršile ponajprije u dijelovima gdje se izdiferencirala podstojna etaža crnike s pratilicama. Plan gospodarenja predviđa i uređenje podstojne etaže koju čine crnika i ostale vrste reduciranjem dijela izbojaka iz panja, te pomaganje razvoju hrasta crnike. Međutim s obzirom na zaštitu i funkciju park-šume Hober ne smijese u potpunosti posjeći njene pratilice, lemprika, zelenika, planika, mirta, tršlja i druge, zbog njenih ekoloških i estetskih vrijednosti. Uređivanjem donje etaže stvoriti će se i kvalitetniji uvjeti za prirodno pomlađivanje alepskog bora i čempresa, kao izrazito heliofilnih vrsta koje trebaju više svjetla za razvoj ponika i pomlatka.

Kako je naveo i Vojinović (1997) dolazimo do činjenice da se parkom posljednjih desetljeća gotovo uopće nije gospodarilo zbog čega je došlo do spontanog razvoja bujne autohtone vegetacije *“te je Hober sve više postajao šumom, a sve manje parkom.”*

\*Rad je nastao iz istraživanja obavljenih tijekom 2014. i 2015. godine u sklopu projekta „Biološka i krajobrazna valorizacija i uređenje park-šume Hober u Korčuli“.

**Iskrena zahvala Gradu Korčuli.**

## LITERATURA REFERENCES:

- Bodulić, M. (1922): Kratak izvadak iz povijesti grada Korčule na istoimenom otoku. Narodna svijest, Dubrovnik.
- Denich, A i Draganović, E. (1985): Valorizacija i kategorizacija prirodnih vrijednosti područja općine Korčula. Republički zavod za zaštitu prirode Zagreb.
- Fabris, V. (2001): Parkovi i zelene površine grada Korčule. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Gljivoje, M. (1969): Otok Korčula (II ispravljeno i prošireno izdanje). Vlastita naklada, Zagreb.
- Gospodarska jedinica “Pupnatska luka”, Plan gospodarenja Park šumom Hober (2006-2015), Hrvatske šume d.o.o., Zagreb.
- Idžojić, M. (2009): Dendrologija – List. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, sveučilišni udžbenik, 904 str.
- Idžojić, M. (2013): Dendrologija – Cvijet, češer, plod, sjeme. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, sveučilišni udžbenik, 672 str.
- Nikolić, T., ur., (2012): Flora Croatica, baza podataka. On-line (<http://hirc.botanic.hr/fcd>), Botanički zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, pristupljeno studeni 2019.
- Odluka o proglašenju gradskog parka Hober u Korčuli rezervatom prirodnog predjela, Zagreb 1969.
- Onofri, J. (1997): Stanje neposredne prirode sredine grada Korčule. Godišnjak grada Korčule 2, 171-181, Gradski muzej Korčula.
- Onofri, J. (2002): Park šuma Hober. Gradska šetališta Hrvatske: kulturna šetanja, 176- 177, Školska knjiga, Zagreb.
- Oreb, F. (2007): Otok Korčula u doba druge austrijske uprave. Biblioteka Skalić 5., Naklada Bošković.
- Peričić, Š. (2004): Doprinos Rafe Arnerija Hrvatskom narodnom preporodu u Dalmaciji. Rad. Zavoda povij. znan. HAZU Zadru, sv. 47/2005., str. 325–340.
- Trinajstić, I. (1988): O problemu sintaksonomske pripadnosti šuma alepskog bora – *Pinus halepensis* Miller u jadranskom primorju Jugoslavije. Glasnik za šumske pokuse 24:233-245, Zagreb.
- Vidaković, M. i Franjić, J. 2004: Golosjemenjače. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; HŠ d.o.o. Zagreb; Akademija šumarskih znanosti Zagreb, 824 str.
- Vojinović, M. (1997): Dendrokronološki razvoj alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) u park-šumi Hober – Korčula. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Vukelić, J. (2012): Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, DZZP.
- Zakon o zaštiti prirode. Narodne novine (80/2013, 15/2018, 14/2019)
- Ostali izvori:  
Arhivski sabirni centar Korčula - Lastovo u Třnovu  
Geoportal Državne geodetske uprave  
Gradski muzej Korčula  
Javna ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima Dubrovačko neretvanske županije  
Odjel za katastar nekretnina Korčula
- Internetske stranice: [www.korcula.hr](http://www.korcula.hr)

## SUMMARY

A systematic research of biological and ecological characteristics of the overall Hober area and Hober forest park itself has not been performed thus far. Structural characteristics of the stand were included only in *The Management Plan for Hober Forest Park (2006-2015)*. Forestry issues were addressed in the paper by Vojinović (1997). Dendrological research was included in the papers by Denich and Draganović (1985), Vojinović (1997), Fabris (2001) and Onofri (2002). Its overall inventory records are missing.

The current condition of Hober forest park is characterised by its neglect and no landscape design in terms of both forest vegetation, dendrological, horticultural and garden and architectural content. Moreover, there is conceptual indefiniteness of the overall Hober area.

Hober forest park in terms of vegetation belongs to the forest community of the Aleppo pine and Holm oak (*Quercus ilicis* – *Pinetum halepensis* Loisel 1971). It is primarily due to vegetative and structural unevenness that 7 experimental surfaces were placed in the forest park itself and 4 more outside of it. A comprehensive vegetation and structural analysis was intended for the selection of individual areas, in order to provide their description and present their condition, which can subsequently be used for the purpose of zoning the area.

According to the analysed research the Aleppo pine prevails in the layer of trees on the surfaces 1, 2, 3 and 9; Holm oak on the surfaces 4 and 5 and Common cypress on the surfaces 6 and 7. Laurestine is the most common species in the shrub layer, which appears on all the surfaces. Then there are green olive trees with broad leaves and mastic trees. The tree layer prevails with the exception of the surfaces 8, 10 and 11 where there is maquis. It is evident that in developed stands the tree layer and the shrub layer are almost equally dense. The latter is not the case on the surface 6, partially on the surface 9 and the surface 10 where maquis prevails and the surface 11, which is a natural succession of forest vegetation on abandoned agricultural surfaces. With the exception of maquis, there is a very high wood volume which, depending on stand development, ranges from 100 to even 270 m<sup>3</sup>/ha. The number of trees is also very large and it ranges from 1,000 to 2,700 per hectare. All this data indicates no landscape design and absence of any silvicultural work.

The objective of this paper is to explore vegetative, dendrological, silvicultural and structural characteristics of the overall Hober area. They are the primary indicators of the condition and will provide the guidelines for its future biological and spatial valorisation.

---

**KEY WORDS:** Hober forest park, vegetative characteristics, structural characteristics, dendroflora

# JASTREBAČA (*Strix uralensis* Pallas)

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

Opisano je 15 podvrsta, a na području Hrvatske obitava *S.u. macroura*. Naraste u dužinu oko 50 – 60 cm s rasponom krila 100 – 135 cm, te ima 680 – 970 (1450) g težine. Po izgledu možemo je usporediti sa šumskom sovom (*Strix aluco* L.) od koje je po veličini znatno veća. Izgled tijela je zdepast s velikom glavom na kojoj je izražen svijetao facijalni disk i tamne oči. Boja perja tijela je sivo



Slika 1. Karakterističan facijalni disk i tamne oči.

smeđa sa širokim tamno smeđim prugama posebno na leđima i krilima, dok po trbuhu ima nježne uske uzdužne smeđe pruge po sredini pera. Rep joj je duži od većine sova pa je zbog repa i obrisa u letu dobila naziv. Spolovi su po boji perja međusobno slični, a po veličini ženke su veće od mužjaka. Glasanje je karakteristično i sastoji se od dubokog dvosložnog huka i uz kratak prekid se nastavlja s najčešće pet dubokih kliktaja. U Europi kontinuirano naseljava područje na sjeveru, a u istočnom dijelu isprekidano šire područje Karpata i Dinarida koje je najjužnija granica areala upravo na području Hrvatske. Vezana je za šumska područja. Gnijezda ne gradi već traži prikladnu šupljinu u duplji drveća ili koristi stara gnijezda najčešće od ptica iz porodice *Accipitridae*. Prvo gniježđenje ima u trećoj ili četvrtoj godini, a parovi žive zajedno cijeli život. Gnijezdi jedan puta godišnje od veljače do svibnja. Nese 2 – 4 (6) bijelih jaja veličine oko 40 x 50 mm koje teže oko 50 g. Na jajima sjedi ženka oko četiri tjedna i u tom razdoblju hranu joj donosi mužjak. Mlade ptice u gnijezdu hrane više od mjesec dana kada nauče letjeti i napuste gnijezdo. Izvan gnijezda roditelji se brinu za njih još oko 2 mjeseca. Hrani se manjim sisavcima do veličine vjeverice i pticama do veličine lještardke. Velika površina krila s mekim zamascima omogućuje joj bešuman let. Najaktivnije su noću, posebice u sumrak i prije zore, ali često lovi i danju.

U Hrvatskoj je gnjezdarica gorskog dijela i u nižim područjima središnjeg dijela. U nacionalnom parku Plitvička jezera zabilježena je gustoća od 5,4 para/10 km<sup>2</sup> što je jedna od najviših gustoća zabilježenih u Europi. Zimi se spušta u niže predjele, dok je u priobalnom dijelu tijekom zimovanja izuzetno rijetko opažamo. Na Crvenom popisu gnjezdarica Hrvatske koji obuhvaća 91 vrstu svrstana je u kategoriju gotovo ugroženih gnjezdarica (NT–Near Threatened).

Jastrebača je strogo zaštićena vrsta u Republici Hrvatskoj.

# ZAPISI IZ HRVATSKIH ŠUMA (6)

## ŠUMSKI DRAGULJI

*Dr. sc. Radovan Kranjčev*

Ovaj metaforički naziv odnosi se na manje poznatu skupinu živih organizama koja se tek u posljednjih 20-30 godina u nekim dijelovima svijeta sustavno istražuje. Riječ je o miksomicetima (*Myxomycetes*), dalje u tekstu M., ili gljivama sluznjačama. To su „primitivni“ organizmi koje smo tek odnedavna svrstali u odjeljak protista (*Protisti*), kao najnižu skupinu organizama s pravom stanicom (*Eukarioti*).

Glavno im je obilježje veoma neobično i pomalo zagonetno: oni imaju neke osobine biljaka, neke osobine životinja, ali i neke osobine gljiva, ali nisu ni prave gljive, ni biljke, ni životinje. Budući da je struktura jednog dijela njihovog razvoja vidljiva kao sluz prostrta po površini biljnih organa, dobili su i naziv sluzave gljive. Svojom brojnošću svojiti i veličinom njihovih populacija, nevjerojatno velikim arealima prostiranja u svim zemljopisnim širinama i nadmorskim visinama te svojim značenjem koje

imaju unutar raznih biocenoza i ekosustava, ponajprije šumskih – zbog vrlo malih dimenzija i pomalo skrivenog načina života, dugo vremena veliko carstvo M ostalo je gotovo nepoznato. Ukoliko su se i zamijetili neki njihovi oblici u šumskim zajednicama, odnosilo se to tek na nekolicinu svojiti koje u nekim svojim stadijima razvoja pokazuju napadne žute, bijele ili crvene strukture koje može zamijetiti bilo koja osoba koja šumom prolazi otvorenih radoznalih očiju.

Danas znamo koliko im je njihov životni ciklus kompleksan, morfološko-anatomske i funkcionalno veoma složen, u povoljnim okolnostima veoma brz i promjenjiv, često nepredvidiv, neočekivan i samozatajan, a nerijetko svojim bojama zarazno izazovan i gotovo razmetljiv, privlačan i lijep.

Kako bismo sve to mogli saznati i doživjeti, trebalo je proći mnogim i raznolikim šumskim staništima kakvih u Hrvatskoj odista ima mnogo. Trebalo se, najčešće, mnogo i mnogo puta prignuti, kleknuti, i zaviriti u šupljinu kakvog starog panja i pretražiti, nerijetko i lupom, površinu kakvog oborenog ili stojećeg trupca bukve, kako bismo doprli do ovih blistavih minijatura.

Moj osjećaj i doživljaj nepredvidivosti pojavljivanja M neprestano je bio nazočan u prirodi. Primjerice i onda kad



Sl. 1 Sporokarpi u nastajanju. Nepoznata svojita iz šume na Biokovu kod Zaveterja.



Sl. 2 Zelenkasta glavičica (*Physarum virescens* Ditmar). Oblikovanje sporokarpa na maloj grančici. Šuma Crni jarci.



Sl. 3 Mrežasta sjajnica (*Hemitrichia serpula* (Scop.) Rost.). *Dianemataceae*. Razvijeno plodno tijelo. Okolica Gerova.



Sl. 4 Mrežasta sjajnica (*Hemitrichia serpulata* (Scop.) Rost.). Dianemataceae. Oblikovanje plazmodija. Okolica Gerova.



Sl. 5 Dvoopnica (*Diderma* sp.) iz šume kod Glogovca u okolici Koprivnice

sam zgrtao suho orahovo lišće ujesen u jednom voćnjaku u Senjskom kod Vrbovskog, ili kad sam veliku populaciju M otkrio na jednom malom travnjaku u Istri nedaleko Vranje, kad sam podignuo s tla jednu trulu grančicu na Kalinovačkim pijescima, ili kad sam pješačio stazom kroz šumu od Zaveterja prema Ščirovcu na Biokovu, ili kad sam naišao na jedan primjerak koprive uz rub šume Crni jarci „iskičen“ tek razvijenim sporokarpima jedne M.

Gorski kotar ističem samo kao jedan od mnogobrojnih primjera staništa bogatih M. Kad sam se jednom ljeti zatekao u dnu velikih bukovih šuma u okviru Zelenog vira, pozornost su mi privukla dva velika oborena i napola istrunula trupca bukve, svaki promjera većeg od 80 cm. Vlažna trulež je uznapredovala do te mjere da sam ih golim rukama mogao uzdužno raspoloviti. Miksomiceti koji su se ukazali po cijeloj površini mrtvog drveta u različitim etapama razvoja, nekoliko različitih svojti, bili su nazočni u tolikoj množini da sam nekoliko dana uzastopce dolazio na ovo mjesto i bio neprestano zauzet opažanjima, uzorkovanjima i fotografiranjem stotina i tisuća njihovih maštovitih struktura.

Život svake svojte mogli bismo približno podijeliti u dva međusobno čvrsto povezana dijela. Jedan je pretežno spolni brzorastući sluzavi plazmodij, a drugi je pretežno nespolni rasplodni dio, različito oblikovan i obično bolje uočljiv, kao sporokarp, etalij, ili pseudoetalij.

U povoljnim uvjetima sluzavi i poput ameba puzeći higrofilni i negativno foto-taksičan plazmodij brzo raste i prekriva površinu raznih biljnih organa ili površinu kamenja u nekoliko dm<sup>2</sup> ili čak 0,5 do m<sup>2</sup>. Hrani se saprofitski, ponekad i parazitski u različitim stupnjevima kompetitivnih odnosa spram bakterija, hifa i micelija gljiva.

Bojom može biti različit, ali budući je najčešće siv i gotovo proziran, posebno u početnim dijelovima razvoja ostaje skoro nevidljiv. Tek u poodmakloj fazi razvoja kad dolazi do fuzije većeg broja plazmodija iste svojte, kod mnogih vrsta višezegreni plazmodij može poprimiti upadljive boje i veće dimenzije.

Sporokarpi kao najčešći oblici plodnih tijela M razvijaju se iz zrelog plazmodija. Taj razvoj u povoljnim uvjetima je razmjerno brz, ponekad gotovo očigledan, začuđujuće slikovit i maštovit. Svojim oblicima i bojama plodna tjelešca su vrlo raznolika.

Najpovoljniji staništa za razvitak M su ona koja nisu neposredno izložena suncu, ali su uvijek više ili manje vlažna. Većina svojti M preferira temperature iznad ništice, optimalno između 15 i 25°C. Zbog toga je razumljivo da su šume u najširem smislu riječi većini svojti najpogodnija staništa. U sušnim i hladnim razdobljima u godini, i u suhom zraku i prosušenom tlu i na raznim biljnim supstratima, M provode samo latentni način života i za motritelja ostaju gotovo nevidljivi.

# ZIMSKO POŠUMLJAVANJE TRAVNATIH POVRŠINA

*Slavko Petrič, dipl. ing. šum.*



Zimsko pošumljavanje pašnjaka crnim borom proveo sam prvi puta 1958. godine kada sam bio zaposlen u Poslovnom udruženju Javornik u Rakeku. Poslovna udruženja upravljala su privatnim šumama u Sloveniji u razdoblju od 1957. do 1960. godine. Površina objekta koji smo pošumili sjemenom crnog bora iznosila je otprilike 1 hektar. Objekt je bio smješten u južnom podnožju Slivnice iznad Cerkniškog jezera. Bio je to napušteni pašnjak na šumskom staništu cera i crnoga graba.

Pošumljavali smo sjetvom sjemena crnog bora u mjesecu veljači. Za vrijeme sjetve teren je bio prekriven snježnim pokrivačem debljine 20 – 25 cm. Da bi se sjeme ravnomjerno raspodijelilo po površini pošumljavanja, sijač se orijentirao prema tragovima svojih stopa u snijegu i prema tragovima posijanog sjemena.

Sjetva sjemena po snijegu ima nekoliko prednosti. Sjeme do klijanja ima dovoljno vremena apsorbirati dovoljnu količinu vode za klijanje koja mu je potrebna. Voda otapajućeg snijega i naknadna kiša ispiru sjeme iz travnatog bilja, tako da sjeme dođe u dodir sa zemljom. Sjeme je skriveno od ptica. Trava blagotvorno utječe na uspjeh pošumljavanja sjetvom sjemena na pašnjacima jer svojom sjenom štiti mlade, nježne izdanke od sunčeve žege.

Uspjeh tog zimskog pošumljavanja nadmašio je sva očekivanja. Procijenio sam da su se uglavnom iz svih posija-

nih sjemenki razvile mladice. Iz preventivnih smo razloga sijali nešto gušće nego što je bilo potrebno. Dovoljna bi bilo već 2 – 3 sjemena na 1 m<sup>2</sup> površine. U trećoj godini starosti mladica, kad su mladice već prerasle sloj trave, požar je uništio cijelu pošumljenu površinu. Metoda zimskog pošumljavanja travnjaka sjetvom sjemena u snijegu neusporedivo je jeftinija od pošumljavanja sadnicama. Trošak predstavljaju samo kupnja sjemena i rad sijača. Ova vrsta pošumljavanja ne zahtijeva nikakvu skupu njegu mladica. Važni su uvjeti za uspješno zimsko pošumljavanje: sjeme mora doći u dodir s mineralnim slojem tla, sjeme mora u vrijeme klijanja sadržavati dovoljno veliku količinu vode, a prikladno gust sloj trave mora štititi mladice od sunčeve žege.

Smatram da bi zimsko pošumljavanje travnjaka moglo biti uspješno i sjetvom sjemena nekih drugih vrsta drveća na njima prikladnom tlu.

Ova vrsta uspješne inovativne metode zimskog pošumljavanja vrlo je bliska djelovanju prirode, odnosno oponaša ju. Vjerojatno bi metoda zimskog pošumljavanja sjemenom bila vrlo uspješna metoda pošumljavanja i ozelenjavanja napuštenih pašnjaka na Krasu, kao i pašnjaka u Istri i Dinaridima, na područjima gdje je pašarenje napušteno.

# HRVATSKO ŠUMARSKO DRUŠTVO – OGRANAK SENJ U PROTEKLOM OSMOGODIŠNJEM RAZDOBLJU (2012-2019)

*Dr. sc. Vice Ivančević*

Senjski Ogranak osnovan je 1966.g. u Jablancu, sjedištu tadašnje šumarije Jablanac u sastavu Šumskog gospodarstva Senj pod nazivom “Društvo inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Senj”. O radu šumarskih društava na ovom širem području poslije Drugog svjetskog rata prvi put se spominje Šumarsko društvo Rijeka 1950.godine.\* Naime, novoizabrani Upravni odbor Šumarskog društva NRH te godine pristupio je osnivanju šumarskih društava na terenu, među ostalima najbliži nama u Rijeci i Gospiću. Matično društvo organiziralo je savjetovanje stručnjaka šumarstva i drvne industrije u Crikvenici 1950. god., na kojemu je sudjelovalo 308 stručnjaka. Na kraju savjetovanja održana je stručna ekskurzija na senjsko-novljansko područje visokih šuma s posjetom područnim pilanama. Na godišnjoj skupštini Šumarskog društva NRH 1954. god. podnijela su izvješća pojedina šumarska društva među kojima se navodi i riječko. Na sljedećoj godišnjoj skupštini 1955. god. poimence se navode neaktivna društva, među kojima nema riječkog društva. Kao nadopunu gore navedenih izvora navodi se jedan podatak o stručnoj ekskurziji Šumarskog društva Rijeka 1957. god. na području Velebita. Na toj fotografiji prepoznaje se nekoliko šumarskih stručnjaka koji su bili za-

posleni u šumarijama novljansko-senjskog područja (slika 1.). Prema tim saznanjima senjski ogranak zapravo predstavlja nastavak rada Šumarskog društva Rijeka sa crikveničko-novljansko-senjskog područja. Zbog toga njegov početak možemo okarakterizirati kao nastavak rada Šumarskog društva Rijeka. Zadnji podatak o Šumarskom društvu Rijeka potječe iz 1958. god. kada je u Opatiji održana redovita godišnja skupština Šumarskog društva NRH. Skupu je nazočilo 250 članova, pod predsjedanjem Nikole Šepića, dipl. ing. istaknutog šumarskog stručnjaka rodom s riječkog područja. Inače šumarska struka bila je organizirana u Šumarsko društvo NRH od 1950-1960. god. s područnim društvima, Savez šumarskih društava NRH od 1961-1965. god., Savez inženjera i tehničara šumarstva i drvne industrije Hrvatske od 1966-1990. god., te Hrvatsko šumarsko društvo s ograncima od 1991. god. do danas.

Detaljan opis rada senjskog Ogranka u razdoblju od tri desetljeća (1966-1996) nalazi se u gore spomenutoj knjizi\*. Uz to, povremeno je o senjskom Ogranku pisao autor ovog članka na stranicama “Šumarskog lista”, do ovog najnovijeg članka.



Slika 1. Rožanski kukovi (Sjeverni Velebit) 1957.god. Šumarsko društvo Rijeka, stručna ekskurzija

## 2012. godina

### 4. svibnja

Na redovnoj izbornoj skupštini Ogranka u Krasnu, uz nazočnost 52 člana izabran je Upravni odbor, i to: predsjednik Domagoj Devčić, dipl. ing. (dotadašnji je bio Zdravko Vukelić, dipl. ing.), potpredsjednik Elvis Vuleta, dipl. ing., tajnik Krešimir Blažević, dipl. ing.; članovi dipl. ing. Boris Belamarić, Boris Miklić, Miljenko Butorac i Tomo Devčić, te Đurđa Devčić, šum. tehn., a u Nadzorni odbor dipl. ing. Jurica Tomljanović, Marija Vukušić, Vlatko Skorup i Damir Vukelić (slika 2.).

\* Hrvatsko šumarsko društvo 1846–1996, Zagreb 1996.



Slika 2. Vodstvo senjskog Ogranka 2012–2019. god., Domagoj Devčić, dipl. ing. upravitelj Šumarije Novi Vinodolski, predsjednik 2012–2016. god. i mr.sc. Boris Belamarić, aktualni predsjednik od 2017. god., upravitelj Šumarije Rab, kraj svog uzora šumara Pravdoje Belia u rapskom parku Komrčar

### 30. svibnja

Šumarski stručnjaci Zavoda za gozdovje Slovenije gospodarskog područja Brežice (15 članova) posjetili su Šumariju Krasno – gdje su se upoznali s gospodarenjem pretplaninskih šuma bukve i pritom posjetili Šumarski muzej, Velebitski botanički vrt, planinarski dom na Zavižanu i svetište Krasno.

### 6-8. srpnja

Druženje članova ogranaka Bjelovar, Požega, Zagreb, Karlovac, Gospić i Senj na području Šumarije Krasno. U stručnom dijelu organiziran je posjet Velebitskom botaničkom vrtu, Štirovači, Šumarskom muzeju i Premužićevoj stazi.

### 12-17. rujna

U suorganizaciji senjskog Ogranka i novljanske knjižnice u Novom Vinodolskom priređena je izložba „Šuma okom šumara“.

### Listopad:

Popravljen je grobnica Jurja Sabolića, dipl. ing. na groblju u Krasnu, nekadašnjeg uspješnog i tragično stradalog upravitelja Šumarije Krasno, o kojoj će ubuduće brinuti naš Ogranak.

### 20. prosinca

Tradicionalni susret aktualnog vodstva Ogranka s umirovljenim članovima.

## 2013. godina

### 1. veljače

Za članove Ogranka Senj i Gospić u Senju je Hrvatska komora inženjera šumarstva i drvne tehnologije (HKIŠIDT) organizirala predavanja prema programu stručnog usavršavanja. Predavači prof. Željko Zečić i Marinko Prka, dipl. ing. šum. obradili su teme o europskom standardu za drvne sortimente.

### 18. i 21. veljače

U suorganizaciji Ogranka i stručno vodstvo dr.sc. Petra Vrgoča dvije grupe sudionika 45. europskog šumarskog natjecanja u nordijskom skijanju (EFNS) održanom u Gorskom kotaru posjetili su u dva navrata otok Krk.

### Lipanj:

U dvodnevnoj ekskurziji 30 članova Ogranka Zagreb posjetili su Krasno, Zavižan, Premužićevu stazu (dio) i Štirovaču, te Goli otok, Sveti Grgur, Zavrtnicu i Rab (brodom).

### 6-8. srpnja

Senjski ogranak kao domaćin nekolicine ogranaka: Bjelovar, Gospić, Karlovac, Požega i Zagreb s ukupno 30 članova posjetili su Štirovaču te Goli otok i Sveti Grgur (brodom).

### 22-23. rujna

Ekskurzija Ogranka od 18 članova u gostima kod karlovačkog Ogranka. Stručni dio obuhvatio je obnovu sastojina hrasta lužnjaka na području šumarije Jastrebarsko, a turistički obilazak Karlovca, Petrove gore, vojnog kompleksa Turanj i Jastrebarskog.

### 3. i 4. listopada

Šumarima Inspektorata pokrajine Koruška od 15 članova prezentirano je gospodarenje prebornih šuma šumarije Krasno s posjetom Šumarskom muzeju, kuli Nehaj i požarištu Barbara (iznad Selca).

### Prosinac:

Tradicionalni susret s umirovljenim članovima Ogranka.

## 2014. godina

### 9-11. svibnja

Ekskurzija od 29 članova Ogranka bila je u gostima kod zagrebačkog Ogranka. Stručni dio obuhvatio je poslovanje šumarije Velika Gorica, te gospodarenje šuma hrasta lužnjaka i nizinskih šuma. U turističkom dijelu organiziran je obilazak dvoraca Hrvatskog zagorja i Muzeja krapinskog pračovjeka (slika 3.).

### 7. i 8. lipnja

Ekskurzija od 37 članova ogranka Karlovac na otok Krk obuhvatila je poslovanje Šumarije, posjet bonsai zbirci i hortikulturnom rasadniku, te obilazak grada Krka, Košljuna, Vrbnika, kuće Klović(Grižane), gospodarenje prebornih šuma, vjetroparka Vrataruša, biološko-tehničke radove u Senjskoj dragi, kulu Nehaj i grad Senj.

### 2. listopada

Mješovitoj grupi austrijskih šumara i šumoposjednika od 50 sudionika prezentirani su biološko-tehnički radovi Senjske drage, gospodarenje prebornim šumama šumarije Krasno, s posjetom Šumarskom muzeju.

### 25. i 26. listopada

Ogranak Zagreb od 50 članova, većinom umirovljenika, po povratku iz Raba, gdje su bili gosti Šumarskog fakulteta, posjetili su kulu Nehaj uz stručno vodstvo, koje je završilo zajedničkim druženjem.

### Studeni:

Na izbornoj Skupštini HKIŠIDT u Zagrebu sudjelovalo je devet delegata Ogranka, koji su ujedno nazočili predavanjima u sklopu programa stručnog usavršavanja.

### Prosinac:

U Senju je održan već tradicionalni susret umirovljenih članova s aktualnim vodstvom Ogranka.

## 2015. godina

### Veljača:

U suorganizaciji senjskog Ogranka za 15 svojih članova Komore održano je u Senju predavanje o EU fondovima u šumarstvu prema programu stručnog usavršavanja.

### Travanj:

U akciji „Zelena čistka“ 15 članova Ogranka prikupilo je 10m<sup>3</sup> komunalnog otpada na području Šumarije Senj.

### 28-30. svibnja

Na eskurziji Ogranka 40 članova posjetilo je dubrovačko primorje i Crnu Goru (arboretum Tršteno uz stručnu pratnju, te Ston, Dubrovnik, Budvu, Lovćen, Cetinje i Kotor uz pratnju turističkog vodiča) (slika 4.).

### Lipanj:

U informativnoj polusatnoj emisiji uživo Radio Otočca gostovao je dr.sc. Vice Ivančević na temu „Šumarski muzej Krasno“.



Slika 3. Trakošćan, 2014.god., tragom dvoraca Hrvatskog zagorja



Slika 4. Cetinje, 2015.god. Manastir sv. Petra Cetinskog iz 17.stoljeća, zadužbina Vladike Danila Petrovića

## 12. lipnja

Na središnjem stručnom skupu u povodu „250 godina hrvatskog šumarstva“ u Otočcu dr.sc. Vice Ivančević održao je predavanje: Krasno- najstarija šumarija u našoj zemlji u neprekidnom razdoblju od 250 godina (1765-2015), više na stranicama „Šumarskog lista“.

## Srpanj:

U organizaciji Ogranka i povodom 250 godina hrvatskog šumarstva priređena je u kuli Nehaj izložba „Povijest šumarstva“ i „Šuma okom šumara“.

## 14. kolovoza

U Krasnu je održan stručni skup u povodu 250.godina šumarije Krasno u suorganizaciji senjskog Ogranka i Mjesnog odbora Krasno i pokroviteljstvom prof. Darka Nekića, gradonačelnika Senja. Prigodnim govorom skupu su se obratili prof. Darko Nekić i Oliver Vlainić, dipl.ing. predsjednik HŠD, a u stručnom dijelu „Šume i šumarstvo krasnarskog područja“ prezentirali su svoje radove prof. dr. sc. M. Glavaš, prof. dr. sc. J. Vukelić i dr. sc. Vice Ivančević. U suorganizaciji senjskog Ogranka priređena je izložba „250 godina hrvatskog šumarstva“. Za sudionike organiziran je besplatni posjet Šumarskom muzeju uz stručno vodstvo dr. sc. Vice Ivančevića, a nakon toga je snimljena milenijska fotografija posvećena obljetnici (više na stranicama „Šumarskog lista“).

## 17. i 18. listopada

Sjednica Upravnog i Nadzornog odbora HŠD-a u Krasnu zajedno sa senjskim Ogrankom u jednom je dijelu bila

posvećena obljetnici Šumarije Krasno. U kratkom programu prilikom otkrivanja spomen ploče sudjelovali su: kolegica Marina Mamić, dipl.ing., prof. dr. Milan Glavaš i dr.sc. Vice Ivančević. U terenskom dijelu programa članovi Upravnog i Nadzornog odbora obišli su zaštićene šume NP Sjeverni Velebit i gospodarske šume šumarije Krasno, gdje su razmatrane metode zaštite gospodarskih šuma od šuma NP Sjeverni Velebit prema prijedlogu prof.dr. Borisa Hrašovca. Cjelovite podatke o sušenju crnogorice na području gospodarskih šuma Šumarije Krasno od 1992. godine do danas obradio je i prezentirao Domagoj Devčić, dipl.ing. (više na stranicama „Šumarskog lista“).

## 19. listopada

Gostovanje predsjednika Olivera Vlainića, dipl.ing. , tajnika mr.sc. Damira Delača i dr.sc. Vice Ivančevića na Radio Otočcu u polusatnoj emisiji uživo „Gackom zajedno“ o šumarstvu, radu HŠD-a i protekloj važnoj obljetnici 250 godina hrvatskog šumarstva.

## Prosinac:

Još jedan ugodni susret umirovljenih članova i aktualnog vodstva Ogranka.

## 2016. godina

## 29. travnja

U suorganizaciji Gradske knjižnice Senj, senjskog planinarskog društva „Zavižan“ i našeg Ogranka, održao je predavanje dr. sc. Vice Ivančević „250 godina Šumarije Krasno (1765-2015), najstarije u našoj zemlji“.



Slika 5. Olib, 2016.god. „Morska ekskurzija“ po susjednim otocima Hrvatskog primorja

### 3.-5. svibnja

Na ekskurziji Ogranka 23 člana posjetili su brodom otoke Rab, Mali Lošinj, Olib, Silbu i Susak. Na Rabu su razgledali park Komrčar pod stručnim vodstvom mr. sc. Borisa Belamarića, a na Lošinju privatni mirisni otočki vrt, s obiljem flore lošinjsko-creskog otočja i muzej Apoksiomena. Na 3551m<sup>2</sup> spomenutog vrta koji je otvoren 2005.godine raste preko 250 samoniklih ili ukupno 102.000 komada sadnica (slika 5.).

### 19. svibnja

Šumarija Novi Vinodolski zajedno sa senjskim Ogrankom i Gradskom knjižnicom priredili su u Novom Vinodolskom izložbu „125 godina Šumarije Novi Vinodolski“ autora dr. sc. Vice Ivančevića. Na 64 velikih panoa s više manjih slika i popratnog teksta prikazano je razdoblje od 125 godina novljanskog šumarstva visokih šuma i krša. Uz to, afirmirani kolega fotograf Goran Dorić, koji je rodbinski vezan za susjedni Bribir, izložio je seriju najnovijih slika šuma i prirodnih motiva novljanskog područja, zajedno sa slikama starijih kolega Zaljesova i Vilima Hiblera te Damira Bičanića, darovitog mladog fotografa šumarije Novi Vinodolski. Pri tome ističemo lijepu gestu akademika prof.dr. sc. Matića, Olivera Vlainića dipl. ing., mr. sc. Damira Delača i Gorana Dorića dipl. ing. koji su nazočili otvorenju izložbe (slika 6.).

### 24. studeni

Za nastavno osoblje i čak gimnazije „Pavao Ritter Vitezović“ u Senju održao je predavanje dr. sc. Vice Ivančević pod nazivom „Krasno – 250 godina Šumarije, najstarije u našoj zemlji“ (slika 7.).



Slika 6. Novi Vinodolski, 2016.god. Prezencijacija izložbe autora dr.sc. Vice Ivančevića „125 godina Šumarije Novi Vinodolski“



Slika 7. Gimnazija P.R. Vitezovića, Senj, 2016.god. Nakon predavanja dr.sc. Vice Ivančevića „250 godina Šumarije Krasno“, zajednički snimak za uspomenu s ravnateljicom prof. Danijelom Vukelić

## 9. prosinca

Na svečanoj akademiji u povodu 170. obljetnice osnutka HŠD-a i 140 godina izlaženja Šumarskog lista u Muzičkoj akademiji – koncertnoj dvorani Blagoje Bersa u Zagrebu među 34 nagrađena člana svih ogranka, dodijeljen je zlatnik 170 godina HŠD-a s priznanjem za višegodišnji rad na dobrobit šumarske struke našim članovima Vlatku Skorupu, dipl.ing.(posthumno) i dr. sc. Vici Ivančeviću.

## Prosinac

Tradicionalni susret vodstva Ogranka s umirovljenim članovima. Napominjemo da se ove godine navršilo 50 godina od osnutka Ogranka, koji je nažalost prošao nezapaženo.

## 2017. godina

### Veljača:

Na izornoj skupštini (dopisnoj) izabrani su: mr. sc. Boris Belamarić, predsjednik, Zdravko Vukelić, dipl. ing., dopredsjednik, Krešimir Blažević dipl. ing., tajnik i Đurđica Devčić, šum. tehn., blagajnik. U Upravni odbor izabrani su dipl. ing.: Ljuba Stipančić, Krešimir Blažević, Miljenko Butorac, Željko Landić, Boris Miklić i Ana Butorac, te Đurđica Devčić, šum. tehn., a u Nadzorni odbor dipl. ing.: Dalibor Tomljanović, Jurica Tomljanović, Damir Vukelić i Marija Vukušić (slika 2b.).

### 7.-9. travnja

Na tematskoj sjednici HŠD-a u Istri sudjelovali su mr. sc. Boris Belamarić i Domagoj Devčić, dipl. ing.

### 6. lipnja

U organizaciji senjskog Ogranka u Senju je HKIŠDT održala dva predavanja za članove Uprave šuma podružnice Senj, i to: Samir Glavaš, dipl. ing.: „Šumski red – praktični primjeri“ i prof. dr. sc. Boris Hrašovec: „Šumski red – pravni pojam i znanstveno-stručni temelji za njegovu realizaciju na terenu“.

### 7. lipnja

Ekskurzija Pro silva Švicarske od 29 članova na otok Rab i NPO u organizaciji Šumarskog fakulteta pod vodstvom dr.sc. Stjepana Mikeca i mr. sc. Borisa Belamarića prilikom terenskog obilaska šuma crnike i grada Raba.

### 21. i 22. lipnja

Ekskurzija HŠD-a ogranka Požega od 30 članova uz stručno vodstvo obuhvatila je Gradski muzej, gradsku jezgru i kulu Nehaj u Senju, svetište Krasno, Šumarski muzej i NP Sjeverni Velebit.



Slika 8. Istra, 2017.god. , kanjon Vela draga, spomenik prirode

## 4. listopada

U organizaciji senjskog ogranka u gradu Rabu je priredena izložba fotografija „Šuma okom šumara“ s 13. bjelovarskog salona fotografija. Prilikom otvorenja četvorica profesora Šumarskog fakulteta (Mikac, Ugarković, Barčić i Tikvić) održali su zanimljiva izlaganja o šumarstvu mediteranskih šuma, s posebnim osvrtom na šume otoka Raba.

### 6.-8. listopada

Ekskurzija senjskog ogranka u Istru od 19 članova domaćinu istarskom Ogranku. Pod stručnim vodstvom domaćina, predsjednika Čedomira Križmanića, dipl. prirode), motovunska šuma (posebni rezervat šumske vegetacije), NP Brijuni, sajam tartufa, posjet Poreču, Grožnjanu, ponor uređene jame Baredine (čovječja ribica), te izložba starih traktora, kruha, ulja i vina (slika 8.).

### 28. i 29. studeni

Domaćini ekskurzije HŠD Ogranka Zagreb na otok Krk. Program je obuhvaćao posjet rasadniku našeg kolege Petra Vrgoča, koji je održao prezentaciju „Bonsai tehnike“, razgledavanje grada Krka, posjet otočiću Košljunu, obilazak Novog Vinodolskog i na kraju zajedničko druženje.

## 15. prosinca

Tradicionalno druženje Ogranka s umirovljenim članovima u Senju. Zahvaljujući dr. sc. Vici Ivančeviću koji je sačuvao video kasete o zadnjoj 11.šumarskoj zabavi u Crikvenici 1999 .godine prikazana je zabava u novoj tehnici reprodukcije, pa se nadamo da će pobuditi interes kod mlađih kolega za ponovno oživljavanje ovakvog sadržaja.

## 2018. godina

### 13.-15. travnja

Ogranak Senj bio je suorganizator trodnevnog susreta članova Upravnog odbora HŠD-a na Rabu i Lošinj. Pod stručnim vodstvom mr. sc. Borisa Belamarića prilikom obi-

laska rapskih šuma, parka Komrčar, grada Raba, NPO Šumarskog fakulteta i muzeja Apoksiomena na Lošinj (više na stranicama „Šumarskog lista“).

### 19. svibnja

Ekskurzija Ogranka Ogulin na području šumarije Krasno.

### 30. svibnja – 3. lipnja

Ekskurzija od 39 članova našeg Ogranka u Makedoniju, Albaniju i Crnu Goru. Nakon cjelodnevnog putovanja do Skopja drugog dana organiziran je posjet Šumarskom fakultetu zajedno s HŠD- ogrankom Buzet. Uz srdačne dobrodošlice predstavnici Fakulteta upoznali su goste s organizacijom fakultetske nastave, a potom predstavnici jedinstvenog poduzeća „Makedonske šume“ o poslovanju i šumama Makedonije. Tom prilikom kolega Čedomir Križmanić dipl. ing. upoznao je domaćine o poslovanju organizacije „Hrvatske šume“, a mr. sc. Boris Belamarić o HŠD-u. Potom su članovi dvaju ogranaka razgledali Skopje, poznat u novije vrijeme kao grad kipova i trećeg dana nastavili putovanje preko NP Mavrovo za Ohrid. Četvrtog dana upriličena je vožnja brodom do svetog Nauma, posjet Tirani i noćenje u Podgorici, dok su sudionici peti dan proveli na putovanju do svojih kuća (slika 9.).

### 19. i 20. listopada

Na znanstvenom skupu Matice hrvatske, odjela za prirodoslovlje i matematiku u Senju, prezentirali su svoje zapažene stručne radove o krškom šumarstvu našeg podneblja kolege Boris Miklič dipl. ing. i dr. sc. Vice Ivančević.

### 20. i 21. listopada

Ekskurzija Savinjskog gozdarskog društva Nazarje (Slovenija) od 15 članova na području šumarije Krasno (pre-

orno gospodarenje s posjetom Štirovači) i šumarije Rab (Kalifront i Dundo- gospodarenje šumama i zaštita šuma od požara).

### 8. studenog

Za naše članove Komore u Upravi šuma podružnici Senj održana su predavanja u organizaciji Komore i Ogranka, i to: prof. dr. sc. Ivan Martinić: Novosti u propisima Zakona o šumama, zaštiti prirode i Nature 2000.; mr. Branko Sitaš: Kotroling radnih strojeva u gospodarenju šumama.

### 10. i 11. studenog

Ekskurzija našeg Ogranka od 22 člana u Požegu.

### 7. prosinca

Na Rabu je otvorena izložba 14.bjelovarskog salona fotografije „Šuma okom šumara“ s međunarodnim sudjelovanjem pod pokroviteljstvom HŠD-a ogranak Senj, grada Raba i Pučkog otvorenog učilišta. U sklopu izložbe održana su dva zanimljiva predavanja o rapskim šumama, i to mr. sc. Borisa Belamarića: „Gospodarenje rapskim šumama u posljednjih 30 godina“ i prof. dr. sc. Željka Španjola: „Prirodni prostor otoka Raba u funkciji njegova razvoja“.

### 14. prosinca

Kao svake, tako i ove godine organiziran je susret sadašnjeg vodstva Ogranka s umirovljenim članovima.

### 2019. godina

### 14. ožujka

U gimnaziji „P.R. Vitezović“ u Senju za učenike i nastavno osoblje održao je predavanje dr.sc. Vice Ivančević pod nazivom: „140.obljetnica osnutka Kr. Nadzorništva – Inspek-



Slika 9. Makedonija, 2018.god. Manastir sv. Arhandela Mihaila na Ohridskom jezeru (više poznat kao manastir sv. Nauma)



Slika 10. Vukovar, 2019.god. Memorijalno groblje

torata u Senju 1878. godine- naše najstarije posebne šumarske organizacije za pošumljavanje krša“.

#### 16. travnja

U organizaciji Ogranka i HKIŠDT-e u Senju su održana dva predavanja za članove Komore Uprave šuma podružnice Senj, i to: doc. dr. sc. Krunoslava Teslaka: “Planiranje i provedba raznodobnog načina gospodarenja” i „Dozvoljena odstupanja u realizaciji etata“. Tom prilikom prof.dr.sc. Ivica Tikvić predstavio je svoju monografiju i suradnika pod naslovom „Branimir Prpić – ekologija šuma i šumarstvo“.

#### 10.-12. svibnja

Na području šumarije Rab i grada Senja boravila su 52 člana ekskurzije vinkovačkog ogranka pod stručnim vodstvom mr.sc. Borisa Belamarića. Program je obuhvatio obilazak grada Raba, Luna (masline) na Pagu, Zavratnice, šume Dundo i kule Nehaj.

#### 25.-26. svibnja

Ogranak Gospić od 17 članova pod stručnim vodstvom dr.sc. Borisa Belamarića posjetili su šumu Dundo, Kalifront, park Komrčar i razgledali grad Rab, a u nastavku kulu Nehaj, kuću Velebit, Šumarski muzej i NP Sjeverni Velebit.

#### 30. svibnja

Istaknuti član starije generacije Milan Krmpotić, dipl. ing. i uspješni pisac, predstavio je u Gradskoj knjižnici Senj naj-

noviji roman „Kraljevstvo pružene ruke“. Od prve zbirke pjesama „Skamenjene svirale“ 1978. godine do danas objavio je 27 različitih književnih ostvarenja, s kojima se šumarska struka opravdano ponosi.

#### 4.-6. listopada

U ekskurziji našeg Ogranka od 21 člana organiziran je posjet Vukovaru, Iloku, Osijeku i Đakovu u aranžmanu vinkovačkog i osječkog ogranka. Program je obuhvatio posjet Šumarskom muzeju u Bošnjacima, Vukovaru, Osijeku (staroj jezgri) i Sajmu antikviteta. Uz to, organizirana je vožnja brodom do Baranje i prijemnog centra Parka prirode „Kopački rit“, te obilazak Katedrale sv. Petra i državne ergele u Đakovu (slika 10.).

#### 12. prosinca

Tradicionalno druženje vodstva Ogranka s članovima umirovljenika. dr. sc. Vice Ivančević sačuvao je video-kasetu sa stručne ekskurzije našeg Ogranka u Austriju 1999. godine, koja je tom prilikom prikazana članovima Ogranka.

#### Brojno stanje članstva

|               | 2013. g.   | 2018. g.   | 2019. g.   |
|---------------|------------|------------|------------|
| Punopravni    | 96         | 79         | 91         |
| Izvanredni    | 35         | 38         | 33         |
| <b>Ukupno</b> | <b>131</b> | <b>117</b> | <b>124</b> |

## Pregled izvanrednih članova po zvanjima 2019. g.

|    |                                |           |     |            |
|----|--------------------------------|-----------|-----|------------|
| 1. | dr. sc.                        | 1         |     |            |
| 2. | dipl. ing. šum.                | 6         | 1-3 | 30%        |
| 3. | dipl. ing. drv. tehnologije    | 3         |     |            |
| 4. | ing. lovstva i zaštite prirode | 1         |     |            |
| 5. | šum. teh.                      | 22        | 4-5 | 70%        |
|    | <b>Ukupno</b>                  | <b>33</b> |     | <b>100</b> |

## Broj članova po zvanjima – ukupno 2019. g.

|     |                                |            |             |
|-----|--------------------------------|------------|-------------|
| 1.  | dr. sc.                        | 1          | -           |
| 2.  | dipl. ing. šum.                | 47         | 39%         |
| 3.  | ing. lovstva i zaštite prirode | 2          | 2%          |
| 4.  | šum. teh.                      | 59         | 48%         |
| 5.  | dipl. ing. drv. tehnologije    | 3          | 2%          |
| 6.  | dipl. ing. gođenje             | 1          | -           |
| 7.  | dipl. oec.                     | 3          | 2%          |
| 8.  | ostali inženjeri               | 1          | -           |
| 9.  | ostale srednjoškolske struke   | 2          | 2%          |
| 10. | Ostalo                         | 5          | 4%          |
|     | <b>Ukupno</b>                  | <b>124</b> | <b>100%</b> |

Na kraju prisjećamo se s tugom i pijetetom naših članova Ogranka koji su nas napustili u proteklom razdoblju, i to:

2013. god. – Zdravko Tot, dipl. ing. drvne tehnologije

2014. god. – Božena Vujasinović, dipl. ing. šum. i Anton Devčić, šum. tehničar

2015. god. – Vlatko Skorup, dipl. ing. šum., Damir Piškulić, dipl. ing. šum. i Dinko Podnar, dipl. ing. šum.

2016. god. – Darko Fekeža, dipl. ing. drvne tehnologije i Edi Lopac, šum. tehničar

2017. god. – Boris Miklič, dipl. ing. šum., Petar Prpić, dipl. ing. šum., Mate Mavrić, dipl. oec.; Jozo Granić, šum. tehničar, Vinko Smojver, šum. tehničar i Dragan Ažić, šum. tehničar

2019. god. – Ivan Vukelić, šum. tehničar i Marko Biondić, šum. tehničar

Od 16 preminulih članova, osim Edija Lopca, šum. tehničara koji je bio u radnom odnosu, svi ostali su bili umirovljenici.

Izražavamo zahvalnost umrlim članovima i njihovim obiteljima, koji su svojim angažmanom pridonijeli ugledu našeg Ogranka, njegovoj važnosti u boljem međusobnom razumijevanju uvažavanju i poticanju pozitivnih ljudskih vrijednosti, ali i uspješnijem radu naše cjelokupne šumarske struke.

## Obilježavanje važnih obljetnica našeg područnog šumarstva

Situacija oko korone u mnogome je usporila, pa čak i zaustavila organizaciju nekoliko važnih obljetnica šumarstva na području Uprave šuma podružnice Senj. U takvim okolnostima će vjerojatno doći do njihove redukcije ili spajanja u manji broj manifestacija. Od više važnih obljetnica izdajamo 60. obljetnicu osnutka Šumskog gospodarstva Senj, 1. 7. 1960. godine, te potom 130 godina osnutka šumarice Novi Vinodolski (1890-2020), 15 godina osnutka i rada Šumarskog muzeja Krasno (2005-2020) i 75 godina života našeg kolege Milana Krmpotića, istaknutog šumarskog stručnjaka i afirmiranog književnika s ukupno 27 različitih književnih ostvarenja.

Ukoliko se u sljedećem razdoblju pogorša situacija oko korone, jedan dio predloženih manifestacija može se prolongirati za sljedeću godinu, ali bi 75 godina života Milana Krmpotića svakako trebalo obilježiti još ove godine. U njegovoj pripremi osim našeg Ogranka svakako bi bilo potrebno uključiti središnjicu HŠD-a, senjsko književno društvo „Ognjište“ i Hrvatsko društvo književnika, čiji je član i kolega Krmpotić.

Međutim, nadamo se da će se situacija oko korone uskoro poboljšati i da ćemo se ponovno vratiti u normalnu kolotečinu te obilježiti navedene obljetnice. U tome želimo puno uspjeha sadašnjoj garnituri senjskog Ogranka na čelu s mr. Borisom Belamarićem, aktualnim predsjednikom.

Ovim kronološkim redom ukratko su opisane sve aktivnosti senjskog Ogranka u razdoblju od osam godina, pa se nadamo da će se takva praksa i ubuduće nastaviti. Na taj način pisanom riječi čuvamo spomen na protekli uspješni rad senjskog Ogranka, koji je zasigurno doprinijeo boljem sveukupnom radu i upoznavanju aktivnosti našeg šumarskog društva kao sastavnog dijela jedinstvenog Hrvatskog šumarskog društva naše zemlje.

# PRIJE STO GODINA: ŠUMARSKI LIST 7/1920 I 8/1920

Odborska sjednica hrvatskog šumar. društva, održana je 22./III. 1920. u 3 sata popodne u društvenim prostorijama u Zagrebu. Predsjedao je društveni predsjednik Milan barun Turković u prisutnosti podpredsjednika Dragutina Trotzera, vršioca dužnosti tajnika Srećka Majera, blagajnika Šandora pl. Lajera, i odbornika Jure Dražića, Dr Aleksandra Ugrenovića, Manojla Divjaka, Milana Marinovića i urednika šum. lista prof. Petračića.

Odbornici se bave redovitim problemima rada Društva, a za ovu priliku i ova vremena izdvojimo samo jednu jednostavnu odluku. Ako ste mislili da je problem komunikacije struke sa okruženjem ovodobni problem, u krivu ste. Ili da naši prethodnici nisu znali da je najvažnije poučiti one najmlađe. Pogledajte točku 8:

8. Na predlog Dr. Ugrenovića zaključeno je, da se zamoli ministarstvo prosvjete i vjere, da u komisiji za sastav nove čitanke za pučke škole učestvuje i šumarsko društvo, pa kao svoga izaslanika bira prof. Petračića.

## UPUTE AUTORIMA

Šumarski list objavljuje znanstvene i stručne članke iz područja šumarstva, odnosno svih znanstvenih grana pripadajućih šumarstvu, zatim zaštite prirode i lovstva. Svaki znanstveni i stručni članak trebao bi težiti provedbi autorove zamisli u stručnu praksu, budući da je šumarska znanost primjenjiva. U rubrikama časopisa donose se napisi o zaštiti prirode povezane uz šume, o obljetnicama, znanstvenim i stručnim skupovima, knjigama i časopisima, o zbivanjima u Hrvatskom šumarskom društvu, tijeku i zaključcima sjednica Upravnoga odbora te godišnje i izvanredne skupštine, obavijesti o ograncima Društva i dr.

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

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

Opseg teksta članaka može imati najviše 15 stranica zajedno s 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.** Meksička vašingtonija u Splitu. ■ **Figure 1.** Mexican fan palm in Split (Croatia).



**Slika 3.** Peteljke su oko 1 m dugačke, s velikim zupcima duž rubova, na osnovi crvenkastosmeđe. ■ **Figure 3.** Petioles are about 1 m long, with large teeth along margins; petiole bases are reddish-brown.

**Slika 2.** Lisne plojke su okruglaste, oko 1 m dugačke i široke, duboko razdijeljene na preklopljene segmente. ■ **Figure 2.** Leaf blades are orbicular, about 1 m long and wide, deeply divided into single-fold segments.



**Slika 4.** Stabljika je siva, s prstenastim lisnim ožiljcima. Plodovi su tamnosmeđi do crni, elipsoidni, 6–7 mm dugački, u visećim metlicama; dozrijevaju tijekom jeseni, dugo ostaju. ■ **Figure 4.** Stem is grey and ringed by leaf scars. Fruits are dark brown to black, ellipsoid, 6–7 mm long, in pendulous clusters; maturing in autumn, long persistent.

### ***Washingtonia robusta* H.Wendl. – meksička vašingtonija, robustna vašingtonija (*Arecaceae*)**

Rod *Washingtonia*, koji je nazvan prema prvom predsjedniku SAD-a Georgeu Washingtonu (1732.–1799.), sadrži pet vrsta lepezastih palmi prirodno rasprostranjenih u jugozapadnom dijelu SAD-a i sjeverozapadnom Meksiku. *W. robusta* (*W. filifera* var. *robusta* (H.Wendl.) Parish, *W. sonorae* S. Watson) je brzorastuća palma s jednom čvrstom, vitkom stabljikom promjera 25–50 (–80) cm, visine do 20 (30) m. Brojni lepezasti listovi, s prevješanim vrhovima, nalaze se u gustom, kuglastoj rozeti na vrhu stabljike. Na stabljikama mlađih biljaka ostaju visiti stari, suhi listovi, a na starijim biljkama ti listovi otpadaju nekoliko godina nakon sušenja te je stabljika gola. Cvjetovi su dvospolni, entomofilni, sitni, kremastobijeli, skupljeni u višecvjetnim, 2–3 m dugačkim, visećim metlicama, koje se nalaze u pazušcima listova. Cvjetanje je tijekom ljeta. Plodovi su jednosjemene koštunice. Meksička vašingtonija je tolerantna na vjetar, posolicu i visoke temperature. Popularna je ukrasna vrsta u područjima s mediteranskom klimom. U mediteranskom dijelu Hrvatske često je sađena palma u drvoredima i parkovima ili kao pojedinačna biljka, s izrazitim okomitim naglaskom.

### ***Washingtonia robusta* H.Wendl. – Mexican Fan Palm, Sonoran Fan Palm, Mexican Washingtonia, Northern Washingtonia (*Arecaceae*)**

The genus *Washingtonia* was named after the first president of the United States, George Washington (1732–1799). It comprises 5 species of fan-leaved palms native to southwestern United States and northwestern Mexico. *W. robusta* (*W. filifera* var. *robusta* (H.Wendl.) Parish, *W. sonorae* S. Watson) is a fast-growing palm with solitary, stout, slender stem, 25–50 (–80) cm in diameter, up to 20 (30) m high. The stem is topped with a dense, spherical rosette of numerous, fan-like leaves, with drooping leaf tips. Young plants retain their dead, dry leaves to hang around the stem, but older plants drop those leaves within a couple of years of dying, leaving bare stem. Flowers are bisexual, entomophilous, small, yellowish-white, arranged in many-flowered, 2–3 m long, pendulous panicles, within the rosette of leaves. Flowering occurs in summer. Fruits are single-seeded drupes. It is wind, salt and heat tolerant. It is a popular ornamental plant in regions with Mediterranean climate. In Croatia Mexican fan palm is often cultivated in the Mediterranean region as a street or park tree or as a single specimen with a strong vertical effect.