

UDK 630

ISSN 0352-3861

GLAS. ŠUM. POKUSE

Pos. izd. 5

Str. 1-736

Zagreb, 2006.

GLASNIK ZA ŠUMSKE POKUSE

ANNALES

EXPERIMENTIS SILVARUM CULTURAE PROVEHENDIS

Posebno izdanje 5



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
UNIVERSITAS STUDIORUM ZAGRABIENSIS
FACULTAS FORESTALIS



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA

OŽUJAK, 2017.

Glasnik za šumske pokuse

ANNALES

EXPERIMENTIS SILVARUM CULTURAE PROVEHENDIS

Posebno izdanje 5

UNIVERSITAS STUDIORUM ZAGRABIENSIS
FACULTAS FORESTALIS
ZAGREB MMVI

GLASNIK

ZA ŠUMSKE POKUSE

Posebno izdanje 5

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ZAGREB, 2006.

Izdavač
Published by

Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Faculty of Forestry, University of Zagreb
p. p. 422, HR – 10002 Zagreb

Glavni urednik
Editor in Chief

JOSO VUKELIĆ

Tehnički urednik
Technical Editor

IGOR ANIĆ

Lektori
Language Editors

LJERKA VAJAGIĆ (za engleski jezik)
BRANKA TAFRA (za hrvatski jezik)

Uredništvo
Editorial Board

Walter Bäumler (Technische Universität München, Germany), Vladimir Beus (University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina), Milan Glavaš (Faculty of Forestry, Zagreb, Croatia), Joso Gračan (Forest Research Institute, Jastrebarsko, Croatia), Emil Klimo (Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno Czech Republic), József Kolozsár (University of Sopron, Hungary) Boštjan Košir (Biotechnical Faculty, Ljubljana, Slovenia), Ante P. B. Krpan (Faculty of Forestry, Zagreb, Croatia) Branimir Prpić (Academy of Forestry Science, Zagreb, Croatia), Milan Saniga (Faculty of Forestry, Zvolen, Slovakia), Hardi Tullus (Estonian Agricultural University, Tartu, Estonia)

Časopis je glasilo znanstvenih djelatnika i suradnika Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Tiska se kao godišnjak. Naklada 600 primjeraka. Članci podliježu međunarodnoj recenziji. Objavljeni se članci referiraju u publikacijama: CAB Abstracts, Forestry Abstracts, Agris, Geobase. Tiskanje ove publikacije omogućile su «Hrvatske šume» d.o.o. Zagreb.

Tisak
Printed by

DENONA d.o.o., Zagreb

PREDGOVOR

Glasnik za šumske pokuse znanstveni je časopis Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji se tiska od 1926. godine. U proteklih 80 godina tiskan je 41 redoviti broj i 4 posebna izdanja. U njima su 483 autora i suautora, pretežito iz Hrvatske i povremeno iz drugih zemalja, u 512 članaka predstavila dostignuća svojih znanstvenih istraživanja. Danas je to moderan časopis na engleskom jeziku, s obvezatnom međunarodnom recenzijom, koji se referira u međunarodnim bazama relevantnima za šumarsku struku. Časopis je uređivalo osam glavnih urednika (Antun Levaković, brojevi 1 – 11, Miljenko Plavšić, broj 12, Zvonimir Špoljarić, brojevi 13 i 14, Ivo Horvat, broj 15, Zlatko Vajda, brojevi 16 i 17, Dušan Klepac, brojevi 18 – 20, Đuro Rauš, brojevi 21 – 32 i 4 posebna izdanja, i Joso Vukelić, brojevi 33 – 41). Jedan od urednika bio je i akademik Milan Anić. Ove godine obilježavamo stotu obljetnicu njegova rođenja i stoga ovaj broj posvećujemo toj obljetnici. Akademik Milan Anić vrlo je priznat šumarski stručnjak koji je sa 7 udžbenika, 154 znanstvena i stručna rada i 220 naslova u šumarskoj enciklopediji, predavanjima šest kolegija dao golem prinos naobrazbi tisućama šumarskih stručnjaka, postignuću i primjeni brojnih rezultata znanstvenih istraživanja iz široke šumarske problematike.

Ovaj broj *Glasnika za šumske pokuse* sadrži 55 članaka koji su rezultat petogodišnjih istraživanja znanstvenika Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u suradnji sa stručnjacima državnoga poduzeća „Hrvatske šume“ d.o.o. Istraživanja su obuhvatila 2 projekta i 70 zadataka u kojima su zajednički istraživane i obrađene teme iz opsežne problematike gospodarenja šumama. Zadatak je istraživanja bio vrlo složen jer su se upravo u vrijeme istraživanja znatno promijenile gospodarske prilike u Hrvatskoj, a uvjeti u kojima šume rastu već su dulje vrijeme podložne pretežno negativnim ekološkim promjenama koje utječu na njihov rast i uspijevanje. Zbog toga članke iz časopisa smatramo vrlo bitnim za gospodarenje šumama u današnjim ekološkim i gospodarskim prilikama i primjer nužne suradnje znanstvenih i gospodarskih čimbenika. Kako bi rezultati istraživanja bili što dostupniji i primjenjivi u praksi, odustali smo od uređivačkih pravila pa je ovaj broj časopisa *Glasnik za šumske pokuse* tiskan na hrvatskom jeziku. To ne umanjuje njegovu vrijednost jer su svi članci recenzirani i jer sadrže opširan sažetak na engleskom jeziku koji omogućuje njihovo praćenje stručnjacima iz cijeloga svijeta.

Glavni urednik
prof. dr. sc. Joso Vukelić

FOREWORD

Published since 1926, *Glasnik za šumske pokuse* is a scientific journal of the Faculty of Forestry of Zagreb University. Forty-one regular and four special issues have been published in the past 80 years, featuring 512 articles by 483 Croatian and foreign authors and co-authors and presenting the results of their scientific research. Today, this is a modern, internationally reviewed journal in the English language, which is referenced in relevant international databases of the forestry profession. There have been eight editors-in-chief to date (Antun Levaković, numbers 1 – 11, Miljenko Plavšić, number 12, Zvonimir Špoljarić, numbers 13 and 14, Ivo Horvat, number 15, Zlatko Vajda, numbers 16 and 17, Dušan Klepac, numbers 19 – 20, Đuro Rauš, numbers 21 – 32 and 4 special issues, and Joso Vukelić, numbers 33 – 41). One of the editors also included Academician Milan Anić. Since this year marks the one-hundredth anniversary of his birth, this issue is dedicated to this celebrated scientist. With 7 textbooks, 154 scientific and professional articles, 220 titles in the forestry encyclopedia and six different courses of study, Academician Milan Anić provided an invaluable contribution to the education of thousands of forestry professionals. He also left an indelible mark on the achievements and applications of a vast array of scientific research from the field of forestry.

This issue of *Glasnik za šumske pokuse* features 55 articles resulting from five-year cooperation between the scientists of the Faculty of Forestry of Zagreb University and the state company "Hrvatske Šume". Research includes 2 projects and 70 tasks, where topics from an exhaustive field of forest management have been jointly investigated and processed. The research task proved to be very complex, as it was precisely during the time of research that the economic conditions in Croatia underwent profound changes. In addition, the conditions of forest growth have for a relatively long period been subject to predominantly negative ecological changes, which affected their growth and development. For this reason, the articles in the journal are perceived both as highly important for forest management in the current ecological and economic conditions and as an example of necessary cooperation between scientific and economic factors. In order to make the results of research as broadly available and applicable in practice as possible, we have deviated from the editorial rules by publishing this issue of the journal *Glasnik za šumske pokuse* in the Croatian language. This in no way diminishes its value, since all the articles have been reviewed and equipped with extensive summaries in the English language so as to allow experts worldwide to read them.

Editor-in-chief
Prof. dr. sc. Joso Vukelić

SADRŽAJ
CONTENTS**Branimir Prpić**

- U povodu stogodišnjice rođenja akademika Milana Anića
(1906 – 2006)
One hundredth anniversary of the birth of academician Milan Anić
(1906 – 2006) 1

Slavko Matić, Igor Anić, Milan Oršanić

- Aktualni problemi gospodarenja običnom jelom (*Abies alba* Mill.)
u Republici Hrvatskoj
Current problems of Silver fir management (Abies alba Mill.)
in the Republic of Croatia 7

Slavko Matić, Ivica Milković

- Strukturna, proizvodna i prostorna obilježja minski sumnjivih šuma
i šumskih zemljišta u Republici Hrvatskoj
Structural, productive and spatial properties of mine-suspicious
forests and forestland in the Republic of Croatia 29

Igor Anić, Slavko Matić, Milan Oršanić, Stjepan Mikac, Marinko Blašković

- Strukturalni odnosi i šumskouzgojni postupci u raznodobnim bukovim
sastojinama hrvatskih Dinarida
Structural relations and silvicultural activities in uneven-aged beech
stands of the Dinaride mountains in Croatia 61

Milan Oršanić, Igor Anić, Damir Drvodelić

- Prilog poznavanju morfološko-bioloških značajki plodova i sjemena
grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.)
A contribution to the knowledge of morphological-biological properties
of fruits and seeds of the false indigo (Amorpha fruticosa L.) 75

Ivica Tikvić, Zvonko Seletković, Damir Ugarković

- Odnos razvoja fenoforni hrasta lužnjaka i mikroklime šumskoga tla
The relationship between phenoform development of Pedunculate
oak and forest soil microclimate 91

Ivica Tikvić, Zvonko Seletković, Damir Ugarković, Nikola Magdić

- Dinamika razvoja i odumiranja stabala u prašumi Čorkova uvala
Nacionalnoga parka Plitvička jezera
Dynamics of tree development and mortality in Čorkova uvala
virgin forest in the Plitvice lakes National park 105

<i>Ivica Tikvić, Zvonko Seletković, Damir Ugarković, Zlatko Balta</i> Procjena propadanja šuma hrasta lužnjaka na temelju indeksa odumiranja stabala <i>Estimating the decline of Pedunculate oak forests on the basis of tree mortality indeks</i>	117
<i>Ivica Tikvić, Zvonko Seletković, Damir Ugarković, Gordana Žnidarić</i> Utjecaj endomikoriznoga inokuluma na rast sadnica poljskoga jasena (<i>Fraxi- nus angustifolia</i> Vahl) i crne johe (<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.) u rasadniku <i>The effect of endomycorrhizal inoculum on nursery-grown seedlings of Narrow-leaved ash (Fraxinus angustifolia Vahl) and European alder (Alnus glutinosa Gaertn.)</i>	129
<i>Joso Vukelić, Dario Baričević, Stjepan Mikac, Miroslav Rukavina, Dalibor Tomljanović</i> Karta šumske vegetacije sjevernoga Velebita <i>Map of forest communities on northern Velebit</i>	139
+ <i>Dario Baričević, Joso Vukelić, Nikola Pernar, Darko Bakšić</i> Acidotermofilne zajednice hrasta kitnjaka u šumskoj vegetaciji Požeškoga gorja <i>Acidothermophilic communities of Sessile oak in the forest vegetation of Požega hills</i>	151
<i>Roman Rosavec, Željko Španjol, Damir Barčić</i> Sanacija opožarenih površina alepskoga bora (<i>Pinus halepensis</i> Mill.) na području šumarije Dubrovnik <i>Recovery of the burnt Aleppo pine (Pinus halepensis Mill.) areas in the Forest office Dubrovnik</i>	167
<i>Željko Španjol, Damir Barčić, Roman Rosavec, Andrej Mandić, Marko Vučetić</i> Procjena ugroženosti mediteranskih šuma od požara uporabom tehnologije GIS <i>Using GIS technology to assess fire risk in Mediterranean forests</i>	179
<i>Damir Barčić, Željko Španjol, Roman Rosavec</i> Uloga borovih kultura u zaustavljanju degradacije staništa na mediteranskom kršu <i>The pine culture role in stopping of site degradation on Mediterranean karst</i>	191
+ <i>Nikola Pernar, Darko Bakšić</i> Kontaminiranost tla u naftnom polju <i>Contaminated state of the soil in the oil field area</i>	201
+ <i>Nikola Pernar, Darko Bakšić, Joso Vukelić, Dario Baričević</i> Organska tvar tla šumskoga ekosustava Bilogore <i>Soil organic matter of Mt. Bilogora forest ecosystem</i>	213

<i>Želimir Borzan, Dario Kremer, Edith Stabenheimer</i> Mikromorfološke značajke sjevernoameričkih vrsta jasena unesenih u Hrvatskoj <i>Micromorphological traits of north American ash species</i> <i>introduced in Croatia</i>	225
<i>Davorin Kajba, Joso Gračan, Mladen Ivanković, Saša Bogdan,</i> <i>Marija Gradečki-Poštenjak, Tibor Littvay, Ida Katičić</i> Očuvanje genofonda šumskih vrsta drveća u Hrvatskoj <i>Conservation of forest genetic resources in Croatia</i>	235
<i>Davorin Kajba, Saša Bogdan, Ida Katičić</i> Procjena genetskoga poboljšanja bujnosti rasta putem klonskih sjemenskih plantaža hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.) <i>Estimation of genetic gain for vigorous growth by clonal seed</i> <i>orchards of Pedunculate oak (Quercus robur L.)</i>	251
<i>Saša Bogdan, Davorin Kajba, Ida Katičić</i> Produkcija biomase u klonskim testovima stablastih vrba na marginalnim staništima u Hrvatskoj <i>Biomass production in willow clonal tests on marginal sites in Croatia</i>	261
<i>Jozo Franjić, Andraž Čarni, Željko Škvorc, Urban Šilc</i> Vegetacija šumskih rubova u sjevernoj Hrvatskoj <i>Vegetation of forest fringes of the northern Croatia</i>	277
<i>Željko Škvorc, Jozo Franjić, Zlatko Liber</i> Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost hrasta medunca (<i>Quercus pubescens</i> Willd., <i>Fagaceae</i>) u Hrvatskoj <i>Intra- and interpopulation variability of Quercus pubescens Willd.,</i> <i>Fagaceae in Croatia</i>	289
<i>Marilena Idžojić, Marko Zebec, Damir Drvodelić</i> Varijabilnost populacija brekinje u kontinentalnom dijelu Hrvatske prema morfološkim obilježjima lišća i plodova <i>The variability of Wild service tree populations in the continental part</i> <i>of Croatia according to morphology of leaves and fruits</i>	305
<i>Marilena Idžojić, Marko Zebec</i> Rasprostranjenost pajasena (<i>Ailanthus altissima</i> /Mill./ Swingle) i širenje invazivnih drvenastih neofita u Hrvatskoj <i>Distribution of the Tree of Heaven (Ailanthus altissima /Mill./ Swingle)</i> <i>and spreading of invasive woody alien species in Croatia</i>	315
<i>Milan Glavaš, Andrija Vukadin</i> <i>Rosellinia mycophila</i> (Fr. : Fr.) Sacc. uzročnik opasne bolesti smrekovih sadnica <i>Rosellinia mycophila (Fr. : Fr.) Sacc. an important disease on</i> <i>spruce saplings</i>	325

- Boris Hrašovec, Milan Pernek, Dinka Matošević**
 Rezultati jednogodišnjega motrenja populacija potkornjaka na širem području Risnjačkoga masiva sustavom feromonskih klopki
One year bark beetle monitoring results in the wider area of Mt. Risnjak with the aid of pheromone traps 337
- Danko Diminić, Maja Gršković, Antonija Mozer**
 Gljivične bolesti šumskoga drveća u kulturama četinjača sjevernojadranskoga područja Hrvatske
Fungal diseases of coniferous trees in plantations in north Adriatic area of Croatia 355
- Danko Diminić, Željko Kauzlarić**
 Zaraženost stabala obične jele (*Abies alba* Mill.) bijelom imelom (*Viscum album* ssp. *abietis* /Wiesb./Abromeit) u Gorskom kotaru
The occurrence of Common mistletoe (Viscum album ssp. abietis /Wiesb./ Abromeit) on Silver fir (Abies alba Mill.) in Gorski kotar (Croatia)..... 365
- Josip Margaletić, Marijan Grubešić, Krešimir Krapinec, Karlo Kauzlarić, Silvija Krajer**
 Dinamika i struktura populacije sivoga puha (*Glis glis* L.) u šumama u Hrvatskoj u razdoblju od 2002. do 2004. godine
Dynamics and structure of fat dormouse (Glis glis L.) population in Croatian forests in the period from 2002 to 2004 377
- Josip Margaletić, Alemka Markotić, Marica Miletić-Medved, Lidija Cvetko, Nenad Turk, Zoran Milas, Heikki Henttonen, Ana Pavelić**
 Sitni glodavci kao rezervoari hantavirusa i leptospira na području zapadne Slavonije
Small rodents as reservoirs of hantaviruses and leptospire on the area of west Slavonija 387
- Marijan Grubešić, Krešimir Krapinec, Viktor Šegrt**
 Utvrđivanje optimalnoga broja krupne divljači u otvorenom i ograđenom lovištu
Determining the optimal number of big game in open and fenced hunting grounds..... 395
- Krešimir Krapinec, Marijan Grubešić, Viktor Šegrt, Boris Šabić**
 Usporedba trofejnih vrijednosti muflona (*Ovis ammon musimon* Pallas, 1811) s trima lokalitetima sredozemnoga dijela Hrvatske
Comparison of mouflon (Ovis ammon musimon Pallas, 1811) trophy values from three localities in the Mediterranean part of Croatia..... 405
- Juro Čavlović, Mario Božić, Krumoslav Teslak**
 Mogućnosti uspostave potrajnoga gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u budućim gospodarskim razdobljima

<i>Possibility of establishment of sustainable Pedunculata oak forest management in future management periods</i>	419
<i>Juro Čavlović, Mario Božić, Krunoslav Teslak, Mislav Vedriš</i> Struktura prirodne obnove preborne sastojine u uvjetima povećanja intenziteta preborne sječe <i>Natural regeneration structure of a selection stand under conditions of increased intensity of selection cut</i>	433
<i>Mario Božić, Juro Čavlović, Krunoslav Teslak</i> Modeliranje prirasta jelovih stabala na temelju sastojinskih čimbenika <i>Modelling fir tree increment on the basis of stand factors</i>	443
<i>Mario Božić, Juro Čavlović, Krunoslav Teslak</i> Istraživanje kriterija izdvajanja zaštitnih sastojina na primjeru UŠP Gospić <i>Research of criteries for detachment of protective stands – Forest administration Gospić case study</i>	455
<i>Renata Pernar, Davor Šelendić</i> Prilog povećanju interpretabilnosti aerosnimaka i satelitskih snimaka za potrebe uređivanja šuma <i>A contribution to improved interpretability of aerial and satellite imagery in forest management</i>	467
<i>Renata Pernar, Vladimir Grgesina, Mario Ančić, Ante Seletković</i> Određivanje preciznosti snimanja točaka pomoću GPS-a u različitim fenološkim i strukturnim stanjima sastojina <i>Optimizing GPS accuracy of point recording in different phenological and structural stand conditions</i>	479
<i>Ante P. B. Krpan, Igor Stankić</i> Projekt 2 u istraživačkom razdoblju 2001 – 2005. <i>Project 2 in previous research period 2001 – 2005.....</i>	491
<i>Ante P. B. Krpan, Tomislav Poršinsky</i> Produktivnost sječe i izradbe drva u Hrvatskoj ili – da li nam je nužan tehnološki skok? <i>Productivity of felling and processing in Croatia – or is there a need for technological jump?</i>	515
<i>Ante P. B. Krpan, Marinko Prka, Željko Zečić</i> Pojava i značajke neprave srži u bukovim prorednim i oplodnim sječama gospodarske jedinice «Bjelovarska bilogora» <i>Phenomenon and characteristic of false heartwood in the beech thinings and regenerative fellings in management unit «Bjelovarska bilogora»</i>	529

<i>Željko Zečić, Ante P. B. Krpan</i>	
Primjena skupnoga rada pri pridobivanju drva u prorednim sastojinama brdskoga područja <i>Using of teamwork in timber harvesting from thinning stands in hilly terrains</i>	543
<i>Željko Zečić</i>	
Usporedba djelotvornosti traktora Ecotrac 120V pri privlačenju drva u brdskim i gorskim uvjetima <i>Comparison of productivity of skidder Ecotrac 120V at timber skidding in hilly and mountains conditions</i>	557
<i>Tomislav Poršinsky, Igor Stankić</i>	
Djelotvornost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske <i>Efficiency of Timberjack 1710B forwarder on roundwood extraction from Croatian lowland forests</i>	573
<i>Tomislav Poršinsky, Igor Stankić</i>	
Okolišna pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske <i>Environmental evaluation of Timberjack 1710B forwarder on roundwood extraction from Croatian lowland forests</i>	589
<i>Marijan Šušnjar, Dubravko Horvat</i>	
Dinamičko opterećenje kotača skidera pri privlačenju drva <i>Dynamic loading of skidder wheels at timber skidding</i>	601
<i>Dragutin Pičman, Tibor Pentek, Hrvoje Nevečeral</i>	
Otvaranje šuma šumskim cestama – odabir mogućih lokacija trasa budućih šumskih cesta <i>Forest opening by forest roads – choosing the potential locations of the future forest road routes</i>	617
<i>Dragutin Pičman, Tibor Pentek, Hrvoje Nevečeral</i>	
Katastar šumskih prometnica – postojeće stanje, metodologija izradbe i koristi od njega <i>Forest road cadastre – the present condition, the working methodology and obtained uses</i>	635
<i>Tibor Pentek, Dragutin Pičman, Hrvoje Nevečeral</i>	
Uspostava optimalne mreže šumskih cesta na terenu – smjernice za unapređenje pojedine faze rada <i>Establishing the optimum forest road network on the terrain – guidelines for improving individual work stages</i>	647

<i>Tibor Pentek, Dragutin Pičman, Hrvoje Nevečeral</i>	
Definiranje faza postupka optimiziranja mreže šumskih cesta dizajniranim dijagramima toka podataka <i>Defining procedure stages of forest road network optimizing with designed of data flow diagrams</i>	665
<i>Mario Šporčić, Ksenija Šegotić, Ivan Martinić</i>	
Efikasnost prijevoza drva kamionskim skupovima određena analizom omeđivanja podataka <i>Efficiency of wood transport by truck assemblies determined by data envelopment analysis</i>	679
<i>Ivan Martinić, Mario Šporčić, Venci Vondra</i>	
Jesu li kvaliteta i sigurnost šumskoga rada zaboravljene dimenzije šumarskoga inženjerstva? <i>Are the quality and safety of forest work the forgotten dimensions of forestry engineering?</i>	691
<i>Ivan Martinić, Mario Šporčić, Venci Vondra</i>	
Inovacijski procesi kao ključ provedbe Hrvatske šumarske politike <i>Innovative processes as a key to effectuating the Croatian forestry policy</i>	703
<i>Stjepan Posavec</i>	
Analiza upravljanja troškovima u šumarstvu <i>Costs management analysis in forestry</i>	715
<i>Andelka Šajković</i>	
Opstanak šuma kroz latentnu strukturu mišljenja studenata šumarstva <i>Forest's survival through the latent structure of forestry students opinions</i>	727

UDK: 630*902.1

U POVODU STOGODIŠNJICE ROĐENJA AKADEMIKA MILANA ANIĆA (1906 – 2006)

ONE HUNDREDTH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF
ACADEMICIAN MILAN ANIĆ (1906 – 2006)

BRANIMIR PRPIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Članak je priređen prigodom 100. obljetnice rođenja dugogodišnjega profesora, predstojnika Zavoda za uzgajanje šuma i dekana Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, akademika Milana Anića. Akademik Anić vrlo je priznat šumarski stručnjak koji je sa 7 udžbenika, 154 znanstvena i stručna rada, 220 naslova u šumarskoj enciklopediji te predavanjima šest kolegija dao golem prinos sveučilišnoj šumarskoj naobrazbi. Odgojio je 28 generacija šumarskih stručnjaka, diplomiranih inženjera šumarstva. Zaslužan je za razvoj zagrebačke škole uzgajanja šuma koja se temelji na prirodnosti šume.

Ključne riječi: Milan Anić, zagrebačka škola uzgajanja šuma, povijest šumarstva

Akademik Milan Anić, doktor šumarskih znanosti, redoviti profesor Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, rodio se 8. listopada 1906. godine u Plitvičkom Ljeskovcu gdje mu je otac bio zaposlen u tamošnjoj šumariji. U drugoj godini njegova života roditelji mu se vraćaju u zavičajno Krasno, ubavo mjesto u srednjem Velebitu, u kojem je mladi Anić proveo djetinjstvo i prvu mladost.

Pučku je školu pohađao u Krasnu, a gimnaziju u Senju i Sušaku. Ljubav prema velebitskim šumama, koja se razvila uz očevo zanimanje, odredila je njegov budući životni put. Godine 1924. upisao se na Šumarski odjel Poljoprivredno-šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na kojem je diplomirao 1929. godine. Iste je godine izabran za asistenta u Zavodu za uzgajanje šuma Šumarskoga odjela Fakulteta te za šumarskoga vježbenika fakultetskoga dobra.

Pod vodstvom predstojnika Zavoda za uzgajanje šuma, poznatoga uzgajivača prof. dr. Andrije Petračića, Milan Anić se brzo uveo u znanstveno područje i šumarsku praksu. Godine 1931. položio je stručni ispit, a 1934. asistentski ispit. Bio je vrlo nadaren i marljiv, a posebno su ga zanimali ondašnji iskoraci šumarske

znanosti iz područja proučavanja šumske vegetacije te ekologije i biologije šumskog drveća i šuma.

Godine 1939. obranio je disertaciju pod naslovom *Pitomi kesten u Zagrebačkoj gori*, a 1940. habilitirao je s temom *Sociologija bilja i njezina važnost za naše šumarstvo*. Poslije izložene habilitacije izabran je i postavljen za docenta iz predmeta *Dendrologija* i *Biljno-sociološke osnove uzgajanja šuma*. Za izvanrednoga profesora izabran je 1945, a za redovitoga 1949. godine, kada mu je Znanstveno-nastavno vijeće Fakulteta povjerilo predmete *Šumarska fitocenologija* i *Uzgajanje šuma*.

Otada pa sve do svoje prerane smrti 1968. godine akademik je Anić znanstvenik koji apsolutno vlada silvikulturom i područjem šumske vegetacije te je kao vrstan dendrolog, poznavatelj šumskog drveća i grmlja, uključujući ukrasno drveće i grmlje te rasadničarstvo, obuhvatio i najveći dio hortikulture u Hrvatskoj.

Zahvaljujući sretnoj okolnosti u razdoblju pedesetih i šezdesetih godina, surađuju akademik Anić i izvrsni crtač bilja Vladimir Buday, koji pomaže akademiku svojim zasigurno neponovljivim crtežima za prikaz i determinaciju šumskog drveća i grmlja te ukrasne dendroflore u sva tri izdanja *Šumarske enciklopedije* Leksikografskoga zavoda "Miroslav Krleža" (1963, 1980, 1987). Posebno vrijedan prilog su klijanci autohtonoga šumskog drveća i grmlja, te ukrasnoga drveća i grmlja alohtone dendroflore. Sjeme stranih vrsta nabavljeno je razmjenom iz svih krajeva svijeta kako bi se dobili klijanci s kotiledonima i prvim listovima za izradu crteža. Prikazana su i opisana 323 klijanca, od kojih 46 crnogorice. Prikaz sadrži vrijedan uradak koji omogućuje determinaciju vrste u prvom stadiju razvoja.

Biološka šumarska erudicija akademika Anića praktično nije imala granice. Sve što nije bilo vezano uz nastavu, znanost i šumarsku struku za njega je bio gubitak vremena. Njegov je radni dan daleko prelazio uobičajeno radno vrijeme.

Cilj profesora Anića u znanosti bio je što bolje poznavanje svih vrlo zamršenih sastavnica šumskog ekosustava u kompleksu staništa i biocenoze, s težištem na šumsko drveće, grmlje, prizemno rašće te na biotski utjecaj međusobne povezanosti ostalih članova biocenoze posebno sa šumskim drvećem. Ta se njegova težnja zrcali u skriptima iz uzgajanja šuma: *Ekologija šuma i šumsko drveće*, *Morfologija šuma i šumskog drveća* i *Geografija šumskog drveća i šuma* te *Šumarska fitocenologija*, I i II. Prvi njegov udžbenik koji se još i danas djelomično koristi je *Dendrologija* iz Velikoga šumarskoga priručnika I, Zagreb 1946.

Akademik Milan Anić sudjelovao je prilikom uvođenja magistarskoga studija na Šumarskom fakultetu. Vodio je magistarski studij iz *Uzgajanja šuma* te predavao prema potrebi programa u drugim magistarskim studijima.

Njegov se prvi rad odnosio na biotske utjecaje odnosno na bolest *Rhabdocline* kod plave i zelene duglazije (1933), a poslije toga se potpuno posvetio istraživanju pitomoga kestena u Hrvatskoj, što je u konačnici rezultiralo obranom disertacije. U znanstvenom je radu bio vrlo sustavan. Baveći se dendrogeografijom i šumskom vegetacijom, učvrstio je spoznaju o stabilnosti prirodne šume, pa je u bukovo-jelovoj prašumi Čorkova uvala prvi u bivšoj Jugoslaviji 1957. godine osnovao trajnu

pokusnu plohu u kojoj je detaljno snimio sastojinu utvrdivši prostorni položaj svakoga pojedinoga stabla, njihove dendrometrijske parametre, stanje vitalnosti, odumrla stabla i njihov položaj te fitocenološke snimke po mikrostanjima unutar plohe. Rad u istraživanju prašume nastavili su njegovi nasljednici, a rezultati su još više učvrstili spoznaju o potrebi održavanja prirodosti šume i razumnih uzgojnih zahvata kojima se izbjegavaju neproizvodne faze prašume, što daje veliku prednost zagrebačkoj školi uzgajanja šuma.

Akademik Anić među prvima je pisao o općekorisnim funkcijama šume. U općim časopisima (*Narodno kolo*, 1934, *Kalendar Gospodarske sloge*, 1940) objavljivao je članke o utjecaju šume na zdravlje naroda, te kako čuvati naše šume koje nas štite od poplava i drugih vremenskih nepogoda.

Hortikulturi je posvetio više radova pišući o nekoliko vrijednih i manje poznatih egzota prikladnih za parkove u sjevernom Primorju, o smokvi penjačici, o dendrološkoj i uzgojnoj važnosti parkova u području Varaždina, o dekorativnim oblicima raznih vrsta drveća i grmlja, iz prošlosti i problematici Maksimira i dr.

Šumama pitomoga kestena i dalje je posvećivao znatnu pozornost. Objavio je knjigu o rasprostranjenosti te vrste drveća u Hrvatskoj i susjednim zemljama (1942), zatim o hrvatskim i južnošvicarskim šumama pitomoga kestena (1953), o pitomom kestenu na Cresu (1953) te o orijaškim stablima pitomoga kestena u nas i drugdje u Europi (1966).

Istraživao je žuti koprivici na litoralnim padinama Velebita (1953, 1964) i opisao šumsku zajednicu crnoga bora na sjevernom Velebitu.

U dnevnom i periodičnom nešumarskom tisku objavio je više priloga o potrebi čuvanja šume zbog njezina značenja za kakvoću okoliša, zatim o postupku sa šumama na Zagrebačkoj gori, o odnosu planinara i šume, o uzrocima katastrofalnih poplava u Samoborskoj gori, kako sačuvati naše šume od požara, o našim šumama i njihovoj gospodarskoj vrijednosti, o šumskoj paši, o važnosti šuma i kakve bi trebale biti šume u okolici Zagreba, o gospodarskoj važnosti naših nizinskih šuma, o obnovi i njezi šumskih sastojina u Maksimiru, povodom pretvorbe crnikove šume u borovu kulturu na otoku Rabu. Kako vidimo, akademik Anić posegnuo je za dnevnim tiskom kad se radilo o šumarskim problemima o kojima je trebalo obavijestiti javnost.

Osim već spomenutoga vrlo značajnoga priloga u *Šumarskoj enciklopediji* akademik Anić objavio je 154 znanstvena i stručna rada. Više je puta boravio u inozemstvu. Godine 1934. bio je na studijskom boravku u bivšoj Čehoslovačkoj, godine 1948. sudjelovao je na Šumarskom kongresu u Pragu, na silvikulturnom seminaru FAO sudjelovao je u Rimu 1956. godine, na Međunarodnom šumarskom kongresu u Oxfordu 1956, a iste godine na silvikulturnom seminaru za kulture obične smreke i običnoga bora u Čehoslovačkoj, na Internacionalnoj komisiji FAO za kesten u Grčkoj 1958, u radnoj skupini IUFRO-a za primjenu fitocenologije u Oxfordu 1956. i u Varšavi 1959. godine. Na studijskom je boravku bio u SSSR-u 1963, dok je na Međunarodnom šumarskom kongresu u Madridu sudjelovao 1966. godine predlažući u svojem referatu zaštitu na ekstremnim sredozemnim lokalitetima.

Kao vrhunski znanstvenik i stručnjak biran je u više savjeta šumarskih i prirodosaštarskih institucija. Izabran je za predsjednika Savjeta Instituta za šumarska istraživanja i Savjeta Zavoda za četinjače u Jastrebarskom, biran je za člana Savjeta za zaštitu prirode, Savjeta za kontrolu šumskoga sjemena, Savjeta za nacionalne parkove i Savjeta za rekreaciju građana Zagreba.

Glavnim je urednikom *Glasnika za šumske pokuse* bio od 1962. do 1966, članom Fakultetskoga savjeta od 1954. do 1960, predsjednikom Hrvatskoga šumarskoga društva 1945. i glavnim urednikom *Šumarskoga lista* 1945. i 1946. godine.

Za dvogodišnji mandat dekana Poljoprivredno-šumarskoga fakulteta izabran je 1951. godine. Izabran je za dopisnoga člana bivše Jugoslavenske, danas Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, i prošavši sve stupnjeve izbora te institucije godine 1968. u suton života izabran je za njezina redovitoga člana. I samo je prerana smrt mogla prekinuti jednu golemu životnu i intelektualnu snagu toga velikana šumarske znanosti.

Proučavajući šumsku vegetaciju te ekologiju i biologiju šumskoga drveća i šuma, spoznao je golemo edifikatorsko značenje i utjecaj drveća, tih šumskih gorostasa, na strukturu i još više na funkcioniranje šumskih zajednica i, šire, na funkcioniranje šumskih ekosustava proznavši ih po šumskom drveću. Neke njegove nazive prihvaćaju i drugi istraživači toga područja izvan šumarske struke.

Akademik Anić bio je zaljubljenik u prirodu, ali i vrlo hrabar čovjek. Tijekom Drugoga svjetskoga rata njemačka vojska htjela je zbog potrebe za ogrjevnim drvom posjeći Maksimir. On se tomu energično i uz velik rizik protivio, spasivši tako taj jedinstveni spomenik parkovne arhitekture.

Profesor Anić neposredno je odgojio 28 generacija šumarskih stručnjaka, diplomiranih inženjera šumarstva, dok je posredno utjecao na čitavu šumarsku struku održavajući brojne seminare. Za svoj je rad primio više odličja i priznanja, među ostalim i Orden rada 1966. godine. Na dvadesetogodišnjicu njegove smrti 1988. godine u Zavodu za uzgajanje šuma Šumarskoga fakulteta u Zagrebu te u Osnovnoj školi u Krasnu, koja nosi njegovo ime, podignuta mu je bista koju je izradio akademski kipar Lovro Findrik.

Na kraju je potrebno naglasiti da je akademik Anić vrlo zaslužan za razvoj zagrebačke škole uzgajanja šuma koja se temelji na prirodnosti šume i njezine optimalne faze.

IZBOR RADOVA AKADEMIKA MILANA ANIĆA A SELECTION OF WORKS BY ACADEMICIAN MILAN ANIĆ

Pitomi kesten u Zagrebačkoj gori. *Glasnik za šumske pokuse*, 7 (1940): 103–312.

Dendroflora otoka Brača. *Glasnik za šumske pokuse*, 8 (1942): 239–290.

Pogled na dendrosociološke odnošaje državnih šuma otoka Mljeta. *Glasnik za šumske pokuse*, 8 (1942): 307–340.

Šume Hrvatske. *Zemljopis Hrvatske*, Zagreb, 1942: 539–558.

Sociologija bilja i njena važnost za hrvatsko šumarstvo. *Šumarski list*, LXV (1943) 10–12: 297–309.

- Hrvatske i južnošvicarske šume pitomoga kestena sa biljnociološkoga gledišta. Šumarski list, LXVIII (1943) 9: 257–260.
- Dendrologija. U: J. Šafar (ur.), Šumarski priručnik, I. dio, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb, 1946: 475–582.
- Putevima modernog uzgajanja šuma. Šumarski list, LXXII (1948) 11: 345–363.
- Pitomi kesten na Cresu. Glasnik za šumske pokuse, 11 (1953): 321–356.
- Dendrološka i uzgojna važnost nekoliko starih parkova u području Varaždina. Šumarski list, LXXVIII: 413–433.
- Crni bor u sjevernom Velebitu. Glasnik za šumske pokuse, 13 (1957): 321–356.
- Weitere Erfahrungen ueber den Rhythmus des Hoehenwachstums bein verschiedenen Holzarten im Laufe ihrer Vegetationsperiode, Intemationaier Verband Jbfsth'eher Forschungsanstalten. Berichte des 13. Kongresses in Wien 1961. Bd. 1, 2. Teil Wien 1962. No 23–29.
- Proučavanje crnog koprivića i ekstremnih nalazišta česmine i zelenike. Ljetopis JAZU, 69 (1963): 301–302.
- Kotiledoni i klijanci. Šumarska enciklopedija, 2. dio Zagreb, 1963: 1–12.
- Il dinamisifno di creseita longitudinale di alcuni specie arbotee durante il periodb vegertat-hre. Annah dell Accademia Italiana di Science Forestali, Vol. XH, Firenze, 1964: 317–354.
- Žuti koprivić (*Celtis tournefortii* Lam.) u Jugoslaviji. Krš Jugoslavije, 4, 1964: 65–102.
- Iz novije fitocenološke nomenklature. Šumarski list, 1965 (7–8): 305–315.
- Šume i šumarstvo na podrucju slavonskoga dijela Vojne krajine. Centar za organizaciju znanstvenoistraživačkoga rada JAZU u Vinkovcima, Zagreb, 1971.

ONE HUNDREDTH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ACADEMICIAN MILAN ANIĆ (1906 – 2006)

SUMMARY

The article marks one hundredth anniversary of the birth of Academician Milan Anić, a longstanding professor, Head of the Department of Silviculture and Dean of the Faculty of Forestry of Zagreb University. A highly renowned forestry expert, Academician Anić provided an invaluable contribution to the academic forestry education with 7 textbooks, 154 scientific and professional articles, 220 titles in the forestry encyclopedia and six different courses of study that he taught. He educated 28 generations of experts who obtained degrees in the forestry science. He receives recognition for the establishment of the Zagreb School of Silviculture, which is based on the natural forest condition.

Key words: Milan Anić, the Zagreb School of Silviculture, history of forestry

UDK: 630*221.4

AKTUALNI PROBLEMI GOSPODARENJA OBIČNOM JELOM (*Abies alba* Mill.) U REPUBLICI HRVATSKOJ

CURRENT PROBLEMS OF SILVER FIR MANAGEMENT (*Abies alba* Mill.) IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SLAVKO MATIĆ, IGOR ANIĆ, MILAN ORŠANIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu se iznose podaci o današnjem stanju prebornih jelovo-bukovih šuma u Gorskom kotaru. U njima se uočavaju promjene koje su najizraženije u njihovoj morfologiji, a posebno se ističe loše prirodno pomlađivanje, odstupanje volumena od normale, gubljenje preborne strukture, opadanje prirasta, fiziološko slabljenje i sušenje dominantnih jelovih stabala, promjene stanišnih uvjeta i dr. Pojava moljca jelovih iglica (*Argyresthia fundella* F. R.), prije 50 godina, bila je prva naznaka dugoga i za jelu katastrofalnoga razdoblja, koje traje do današnjih dana. Istodobno je u tom razdoblju intenzitet sječa svake iduće ophodnjice bio niži, postotak prirasta je padao, jela se sve više sušila, preborna se struktura gubila, a prirodno pomlađivanje je sve slabije. Preniski intenziteti sječe, koji danas na tom području iznose 15,2 %, umjesto normalnih 25 %, uzrokom su strukturnih promjena koje su lančano povukle sve negativne promjene u prebornim sastojinama. Uzgojne zahvate moramo provoditi tako da ponovno vratimo prebornu strukturu, posebno uravnotežen odnos u debljinskim razredima, što će pozitivno utjecati na pomlađivanje, prirast, povećanje etata, poboljšanje stanišnih, posebno mikroklimatskih uvjeta te značajno smanjenje sušenja.

Ključne riječi: obična jela, preborno gospodarenje, preborna struktura, uzgojni zahvati, intenziteti sječa, sušenje, pomlađivanje

UVOD INTRODUCTION

Jedno je od značajnih obilježja prebornih šuma i prebornoga gospodarenja povezanost i uzajamna ovisnost pomlađivanja i preborne strukture. Iz toga izlazi da je, među ostalim, važan zadatak prebornoga gospodarenja stvaranje i održavanje normalne preborne strukture. Ona nije isključivo prirodni fenomen jer se oblikuje

i trajno održava samo pravilnim i redovitim prebornim gospodarenjem odnosno prebornim zahvatima sječe. Sječe se moraju obavljati tako da ispune ciljeve gospodarenja. Smanjivanje (sušenje, pretjerana sječa) ili nagomilavanje drvene zalihe (prepuštanje sastojine spontanomu razvoju, nizak intenzitet sječe) nalazi se u sinergizmu s promjenama u okolišu te rezultira pojačanim sušenjem obične jele koje utječe na poremećaje u procesu pomlađivanja i priljeva stabala u sastojinu.

Svi oni koji se danas bave prebornim šumama uočavaju promjene koje su najizraženije u njihovoj morfologiji, a uzrokovane su različitim razlozima (Matić i dr. 2001), od kojih navodima najznačajnije:

- loše ili potpuno izostalo prirodno pomlađivanje jele
- ponekad agresivno pomlađivanje bukve
- smanjenje ili povećanje volumena u odnosu na normalu
- poremećena distribucija volumena po debljinskim razredima
- nenormalan raspored stabala u okomitim slojevima sastojine
- opadanje prirasta, starenje, fiziološko slabljenje i sušenje dominantnih stabala jele
- neusklađenost stvarnih intenziteta sječe s mogućima
- klimatske i druge promjene u okolišu prebornih šuma
- stanišne promjene odnosno promjene u mikroklimi sastojina i svojstvima tla.

Svrha je ovoga istraživanja, među ostalim, bila i u tome da se induktivnom metodom, na temelju analize strukturnih značajki prebornih šuma, upozori na pogreške u gospodarskim postupcima koji neposredno utječu na strukturu preborne sastojine, a posredno i na prirodno pomlađivanje.

Rezultati istraživanja omogućit će donošenje stava o šumskouzgojnim postupcima u prebornim sastojinama radi popravljivanja strukture sastojina i pojave pomlađivanja, a povezano s realnim i mogućim intenzitetima zahvata u sastojini. Osim toga ukazat će se na sastojine čija je strukturna slika narušena intenzivnim sušenjem obične jele te predvidjeti pravce i mogućnosti njihova razvoja.

Ovo smo istraživanje jelovih sastojina vodili u dva usporedna smjera. Pratili smo intenzitete i posljedice sušenja jele te njihov utjecaj na današnje i buduće stanje jelovih prebornih šuma.

Drugi se smjer istraživanja odnosio na analizu općenitoga stanja prebornih jelovih šuma s posebnim naglaskom na strukturne elemente, elemente pomlađivanja te predviđene i izvršene gospodarske zahvate (sječa) u okvirima ophodnjice od 10 godina. Na osnovi navedenih elemenata definiralo bi se sadašnje stanje tih sastojina i njihov razvoj u budućnosti.

Na prvi se pogled čini da su to dva različita smjera istraživanja jelovih šuma. Međutim, tijekom istraživanja postalo je razvidno da se radi samo o jednom problemu koji se najviše manifestira u netipičnom izgledu normalne preborne šume, a koji se u različitim stanišnim i strukturnim uvjetima prikazuje na više načina.

Osnovna je činjenica da su naše preborne šume nespremno dočekale stanišne promjene odnosno promjene klime i tla, jer smo poprilično zanemarili temeljne

postulate gospodarenja prebornim šumama. Bez obzira na neke prirodne pojave koje danas nepovoljno utječu na stanište, a na koje nismo u mogućnosti utjecati (promjena klime) ipak su nam uvijek bili i još su na raspolaganju gospodarski zahvati, temeljeni na znanstvenim i stručnim načelima, primjenom kojih smo u stanju amortizirati negativne utjecaje izazvane promjenom stanišnih uvjeta.

Pritom problem jelovih šuma i prebornoga gospodarenja moramo promatrati sveobuhvatno, s tim da nam moraju biti jasne znanstvene i stručne spoznaje o ekološkim zahtjevima i biološkim svojstvima jele. Isto tako moramo uvažavati spoznaje o temeljnim i nespornim znanstvenim i stručnim načelima kad je riječ o prebornoj šumi, prebornom gospodarenju s posebnim naglaskom na strukturu sastojine, pomlađivanje, prirast, intenzitet i način zahvata te čvrstu povezanost stanišnih i strukturnih elemenata te elemenata pomlađivanja u tom ekosustavu.

PROBLEM SUŠENJA OBIČNE JELE SILVER FIR DIEBACK

Sušenje jele je problem već dugi niz godina. Vrlo je dobro praćeno i evidentirano i u hrvatskoj šumarskoj praksi i u znanosti. Postoji značajan broj podataka, stručnih i znanstvenih radova koji taj problem oslikavaju i približavaju šumarskoj javnosti, a i šire. Mogli bismo reći da sušenje jele već dugo zauzima takve razmjere koji poprimaju obilježja elementarnih nepogoda na nacionalnoj razini. Nažalost, hrvatsko šumarstvo taj problem pokušava riješiti u svojim okvirima, a kako za to nema realnih uvjeta, nastaju nepopravljive štete, ponajprije za cijelo društvo, šumu i zaposlenike u šumarstvu.

Značajniju objavu sušenja i današnjega stanja jelovih sastojina odigrala je u prošlosti masovna pojava moljca jelovih iglica (*Argyresthia fundella* F. R.). Tako već Vajda (1954) piše o nalaženju jelova moljca na mladiku i odraslim jelovim stablima u Zalesini. Spaić (1967, 1969a, 1969b) iznosi podatke o intenzitetu napada na tom području. Androić i Klepac (1969) primjećuju da je bitno smanjen prirast drva u Zalesini zbog napada jelova moljca. Klepac (1972) donosi podatke o smanjenju asimilacijske površine jelovih stabala u vrijednosti od 7,5 % zbog napada toga štetnika. Matić (1972) piše o prirodnom pomlađivanju i urodu sjemena u zaraženim jelovim sastojinama na području Zalesine. Napominje da je jela u razdoblju od 1966. do 1971. unatoč zarazi dobro urodila pet puta, i to tri uzastopna uroda svake druge godine, a dva zadnja uroda svake godine. Isto tako zaključuje da je urod sjemena i prirodno pomlađivanje uspješnije na sjevernoj nego na južnoj strani.

Šumarska praksa i veći broj autora sustavno prate sušenje, evidentiraju osušeni drvni volumen, procjenjuju osutost krošanja, ocjenjuju stupnjeve oštećenja jelovih stabala i dr. Danas se procjenjuje da je oko 74 % stabala obične jele s oštećenim krošnjama u različitim stupnjevima oštećenja. Problem sušenja jele vrlo je aktualan i zabrinjavajući.

Imajući na umu pojave i zbivanja koja su se događala s običnom jelom u posljednjih nešto više od pola stoljeća, možemo sa sigurnošću tvrditi da je pojava moljca jelovih iglica bila prva naznaka jednoga dugoga i za jelu katastrofalnoga razdoblja, koje traje do današnjih dana. Moljac jelovih iglica ponašao se kao sekundarni štetnik koji se pojavio na fiziološki oslabljenim stablima, najvjerojatnije zbog štetne kemijske, ali i promjene globalne klime, a to znači i sastojinske klime. U ono vrijeme već smo iznosili naša zapažanja o promijenjenim stanišnim uvjetima, fiziološkom slabljenju stabala, masovnoj pojavi štetnika i sl. (Matić 1972, 1986, 1989, Matić i Harapin 1986). Te su pojave danas vrlo uočljive, raširene i intenzivne.

Problem, stanje, uzroke i posljedice sušenja jele pratili smo, među ostalim, i na području Šumarije Vrbovsko u gospodarskoj jedinici «Litorić» te na području Šumarije Otočac, gdje smo u jelovim sastojinama uočili pojačano sušenje u gospodarskim jedinicama «Crno jezero» i «Rastovka – Kuterevska kosa», i to posebice u sastojinama koje se pružaju uz trasu autoceste Zagreb – Split.

Podatke o gospodarskoj jedinici «Litorić» dobili smo u Upravi šuma područnici Delnice, u Odjelu za uređivanje šuma, Odjelu za ekologiji, te Šumariji Vrbovsko, a nadopunili smo ih vlastitim terenskim i drugim istraživanjima.

Ova je gospodarska jedinica tipičan primjer koji upućuje na stanje naših prebornih šuma koje su obilježene pretežno nepovoljnim utjecajima tijekom posljednjih 50 godina. Promjene stanišnih uvjeta i strukturnih pokazatelja, fiziološko slabljenje i sušenje stabala praćeno s često neodgovarajućim gospodarskim zahvatima posljednjih 50 godina danas doživljavaju kulminaciju. Gospodarska jedinica ž'Litorić'' ima proizvodnu površinu od 2791,95 ha s drvnim fondom od 966 197 m³ ili 336 m³/ha, od čega su 61 % četinjače, a 39 % su listopadne vrste s prirastom od 18 901 m³ ili 6,57 m³/ha. Predviđeni etat u 10 godina iznosi 150 000 m³ uz prosječni intenzitet sječe od 15 %. U vremenu od 2000. do 2002. godine, odnosno za tri godine propisani etat iznosi 45 000 m³, a ostvareni je 56 755 m³, znači da je zbog sušenja više posječeno 11 755 m³.

U planu sječa za 2003. godinu stoji da je ukupni etat 15 039 m³, od toga sanitarne sječe su se predviđale u iznosu od 5 978 m³. Do konca lipnja 2003. godine doznačen je zbog sanitarnih sječa iznos od 15 895 m³, koji je gotovo tri puta veći od planiranoga, što je realizirano na 2 093 ha ili 75 % ukupne površine gospodarske jedinice. Na osnovi toga možemo zaključiti da će se u 2003. godini realizirati etat u ukupnom iznosu od 26 707 m³, što znači da će bit prebačen u iznosu od 11 977 m³.

Rezultati analize osutosti krošanja u ovoj gospodarskoj jedinici pokazuju da se u najslabijem stupnju osutosti, tj. stupnju 0 i 1, nalazi 6,56 % stabala, a u stupnjevima 2a do 4 nalazi se 94,44 %. Samo u najjačem stupnju 3b i 4 nalazi se 14,81 % osutih stabala. Imelom je na tom području zaraženo 67 % stabala. Analizom je podataka ustanovljeno da je redoviti prihod četinjača realiziran samo u stablima 3b i 4 stupnja oštećenosti.

Raščlambom dostupnih nam podataka ustanovili smo da se za vrijeme 5 ophodnjica u razdoblju od 1955. do 2003. godine intenzitet sječe kretao u ovim vrijedno-

stima: 14,5 %, 18,4 %, 23,5 %, 17,0 % i 15,3 % ili prosječno 17,4 %. Isto tako u navedenom je razdoblju broj tanjih i srednje debelih stabala padao, a debelih rastao. Tako u debljinskom razredu 10 – 30 cm od početnih 16 % stabala danas imamo 13 % stabala. U razredu 31– 50 cm od početnih 47 % došlo se do 36 %, a u razredu od 51 cm na više od početnih 37 % došlo se do 51 %. Taj podatak govori o povećanju broja debelih i istodobno fiziološki slabih uz smanjenje broja tanjih i vitalnijih stabala, što nedvojbeno ukazuje na postupno gubljenje preborne strukture, u prvom redu zbog premalih i za preborne šume neodgovarajućih intenziteta zahvata.

Postotak prirasta jele u razdoblju od 1955. do 2000. godine ove gospodarske jedinice padao je od početnih 1,72 % na 1,51 %, 1,38 % i 1,31 % i u prosjeku iznosi 1,48 %.

Terenskim smo pregledom ustanovili da se najviše suše stabla na nadmorskim visinama od 550 do 650 m i na južnim i jugozapadnim ekspozicijama. Najviše se suše debela, a i srednje debela stabla tako da sušenje počinje od vrha stabla i da ide prema nižim dijelovima.

Na osnovi svega navedenoga možemo zaključiti da postoji više objektivnih razloga za sušenje jele u ovoj gospodarskoj jedinici. Ponajprije treba istaknuti da se ovakav ili sličan scenarij sušenja jele odigrava na gotovo cijelom području prirodne rasprostranjenosti jele u nas. Razloge uočenoga negativnoga trenda današnjega razvoja prebornih jelovo-bukovih šuma i u analiziranoj gospodarskoj jedinici ž'Litortić' i u cijeloj Hrvatskoj te uzroke koji su doveli do takva stanja možemo podijeliti u tri skupine:

- Pogrešni gospodarski zahvati, posebno glede intenziteta i načina zahvata te dužine ophodnjice.
- Pojava dužih sušnih razdoblja u globalnoj klimi.
- Nepovoljan utjecaj drastičnih, nestručno planiranih i izvedenih zahvata u sastojini zbog izgradnje infrastrukturnih objekata (autoceste, naftovodi, plinovodi, dalekovodi i dr.), te kiselih kiša i ostalih onečišćivača zraka, vode i tla.

Sve su to utjecaji koji s jačim ili slabijim intenzitetom djeluju na šumski ekosustav, a intenzitet je utjecaja ovisan o svojstvima ekosustava posebno obilježenim zemljopisnim položajem, strukturom sastojine, zdravstvenim stanjem, biološkoj raznolikosti, prirodnom pomlađivanju, geološkoj podlozi, stanju tla, načinu gospodarenja i sl. Zbog poznatih uzajamnih utjecaja i povezanosti ekoloških i strukturnih čimbenika te elemenata pomlađivanja u prebornoj šumi ta se uzajamnost i povezanost odražava na sve bitne strukturne i stanišne uvjete te uvjete pomlađivanja, koji su svojstveni šumskom ekosustavu.

Sve navedeno je razlog što se propadanje prebornih šuma, a isto tako nužna prirodna ili umjetna sanacija oštećenih sastojina oslikava u nekoliko tipičnih oblika, a to su:

- Fiziološko slabljenje i postupno sušenje najdebljih jelovih stabala, što ima utjecaja na gubitak preborne strukture, izostanak prirodnoga pomlađivanja, smanjenje prirasta i svih onih kvalitetnih svojstava koje nam preborna šuma pruža s posebnim naglaskom na općekoriske funkcije šuma.

- Sušenje jele i širenje bukve na račun jele, što je posebno izraženo na rubnim, južnim područjima rasprostranjenosti jele.
- Katastrofalna sušenja jele, posebno čistih jelovih sastojina, što dovodi do obešumljenja šumskoga tla i njegove degradacije.

To su tri tipična pojavna oblika u kontekstu oštećenja, sušenja i propadanja prebornih jelovih šuma u Hrvatskoj.

Imajući na umu navedene konstatacije i uspoređujući ih s podacima koji se odnose na gospodarsku jedinicu "Litorič", dolazimo do ovih spoznaja:

Tijekom razdoblja od 1955. do 2003. godine odnosno tijekom 5 ophodnjica intenziteti su sječa bili manji od normalnih i iznosili su prosječno 17,74 % (od 14,5 % do 23,5 %), a koji su se u prosjeku trebali kretati od 20 % do 30 % temeljne drvene zalihe, što se u apsolutnom iznosu poklapa s vrijednostima tečajnoga prirasta. To je razlog izostanka prirodnoga pomlađivanja, gubljenja preborne strukture i sustavnoga povećanja broja najdebljih, fiziološki oslabljenih stabala. Takva stabla imaju smanjen prirast, a u nepovoljnim stanišnim uvjetima globalnoga zatopljenja i sušnih godina postaju kandidati za sušenje i propadanje. To se upravo događa jer se suše osuta i imelom zaražena stabla koja se većim dijelom nalaze na južnim stranama i nižim nadmorskim visinama.

Osim navedenoga značajno je još jednom navesti kako se s globalnim zatopljenjem mijenjaju stanišni uvjeti koji su nekada za jelove sastojine bili povoljni, što je upravo vidljivo na primjeru gospodarske jedinice "Litorič". Promjenom tih uvjeta skraćuje se i životni vijek jelovih stabala koji je najčešće u korelaciji s prsnim promjerom. U takvim uvjetima nužno je primjenom odgovarajućih odnosno viših intenziteta zahvata iz sastojine eliminirati debela, fiziološki oslabljena stabla koja bi se i onako osušila tijekom iduće ophodnjice. Tu pojavu možemo usporediti s jelovim sastojinama u panonskom dijelu Hrvatske, koje se zbog toplije klime i manje količine oborina nalaze na nepovoljnijim stanišnim uvjetima u odnosu na dinarske jelove šume. U tim sastojinama jelova za sječú zrela stabla imaju manje dimenzije, a i kraći životni vijek upravo zbog nepovoljnijih stanišnih odnosno klimatskih uvjeta koji uzrokuju kraći životni vijek jele.

U današnjim uvjetima velikoga broja fiziološki oslabljenih stabala i permanentnoga prebacivanja etata na račun sanitarnih sječa nužno je s povećanim intenzitetom sječe obuhvatiti i potencijalne sušce, koji bi se i inače osušili u idućoj ophodnjici. Na taj bi način postupno vraćali i formirali poremećenu prebornu strukturu, povećali broj vitalnih i tanjih stabala, povećali prirast i etat kao i njegovu kvalitetu, pogodovali boljemu prirodnomu pomlađivanju i formirali stabilnije sastojine. U tom bi procesu moglo doći do promijenjenoga postotnoga udjela u omjeru smjese crnogorice u odnosu na bjelogoricu, što ne bi značajno utjecalo na gospodarske i općekorisne vrijednosti ovih sastojina.

U takvim, za jelove šume nepovoljnim stanišnim i strukturnim uvjetima, pri određivanju intenziteta zahvata i njihovih provođenja, ne smijemo robovati striktnim načelima normala koje imaju svoje opravdanje, ali za normalne sastojinske i

stanišne uvjete. Najvažnije je da poslije sječe u sastojini ostaje veći broj fizioloških sposobnih stabala u svim slojevima preborne šume koja će biti sposobna za maksimalan prirast i optimalan urod sjemena, a to znači i za prirodno pomlađivanje. Smanjenje drvnoga obujma ispod normalne drvene zalihe nakon sječe će vjerojatno rezultirati izostavljanjem jednoga ili dvaju zahvata nakon protekle ophodnjice, a to znači i gomilanje prirasta na kvalitetnim i vitalnim stablima svih debljina i visina. To je jedini pravi put vraćanja prebornih jelovo-bukovih šuma u normalne sastojinske, a to znači i stanišne uvjete.

Na području Šumarije Otočac uočilo se pojačano sušenje u jelovim sastojinama u gospodarskim jedinicama "Crno jezero" i "Rastovka – Kuterevska kosa", i to posebice u onim sastojinama koje se pružaju uz trasu autoceste Zagreb – Split. Na području Uprave šuma podružnice Gospić zbog gradnje autoceste posječeno je 38 788 m³ drva. Od toga je na području Šumarije Otočac posječeno 23 199 m³, i to 17 220 m³ jelovine, 1051 m³ bukve, 1704 m³ ostale bjelogorice, 1096 m³ bora, 2128 m³ hrasta kitnjaka.

Oštećenost stabala obične jele uz trasu autoceste poprimilo je razmjere koji premašuju prosječnu oštećenost na području Uprave šuma podružnice Gospić za 2002. godinu u iznosu od 41,7 %.

Stabla se suše u grupama. Znakovito je kako se suše i grupe jela u razvojnim stadijima pomlatka i mladika, što je neosporan dokaz da su se te sastojine našle u vrlo nepovoljnim stanišnim uvjetima. Iako se jelove sastojine nalaze na nešto nižim nadmorskim visinama te su zbog toga jelova stabla u slabijoj fiziološkoj kondiciji, ipak glavni razlog sušenja možemo tražiti u probijanju autoceste, u širini i preko 200 m, pa su se razbijanjem cjelovitosti kompleksa sastojina drastično promijenili odnosno pogoršali stanišni uvjeti. Promijenjena je mikroklima sastojina, jer je u njoj postalo svjetlije (bočno svjetlo), toplije i suše. Dosadašnja su istraživanja pokazala kako su to temeljni ekološki čimbenici koji utječu na pojavu i opstanak jelova mladoga naraštaja i fiziološkoga stanje zrelih jelovih stabala.

Čini se kako će se na problematičnim lokalitetima morati mijenjati sastojinski oblik, ali prije svega uz detaljan šumskouzgojni plan. Morat će se uzeti u obzir postojeći jelov i bukov pomladak, formirati suvisle grupe u veće cjeline, a na onim mjestima gdje je izostala pojava pomlatka glavnih vrsta drveća trebat će se pristupiti sadnji neke od pionirskih vrsta drveća, ponajprije smreke. To će trebati učiniti posebice na onim tlima koja su ostala bez zaštite krošanja stabala i koja su izgubila svojstva šumskih tala.

Problem sušenja jele i njezinih sastojina bit će sve veći ako se šumarska struka bude, kao dosad, pasivno odnosila prema planiranju, projektiranju i izgradnji svih vrsta infrastrukturnih objekata, koji prolaze kroz šumu, bespovratno je uništavajući. Krajnje je vrijeme da hrvatska šumarska struka shvati da svojim pasivnim držanjem preuzima veliku odgovornost, posebno zbog gubljenja održivoga razvoja šuma, na kojem se temelji opstanak šuma i šumarske struke.

STANJE JELOVIH SASTOJINA S POSEBNIM OSVRTOM NA STRUKTURU I GOSPODARSKE ZAHVATE

THE CONDITION OF FIR STANDS WITH SPECIAL REFERENCE TO THEIR STRUCTURE AND SILVICULTURAL TREATMENTS

Da bi se dobio što objektivniji pregled današnjega stanja jelovih šuma u području njihove optimalne prirodne rasprostranjenosti s posebnim naglaskom na drvene zalihe, stvarne i moguće intenzitete zahvata kao značajne čimbenike strukture sastojine, obavili smo analizu podataka, terenske opservacije i usporedbe na području šuma Uprave šuma podružnice Delnice.

Na području Podružnice Delnice analizirali smo tri skupine šumarija koje upravljaju državnim šumama tako da smo u prvu skupinu svrstali šumarije Delnice, Skrad, Ravna Gora, Mrkopalj, Fužine, Lokve i Crni Lug. Drugu skupinu obuhvaćaju šumarije Gerovo, Tršće i Prezid, a treću skupinu šumarije Vrbovsko i Gornirje. Napominjemo da u ovu analizu nismo uključili šumarije Rijeka i Klana imajući na umu da je u sastojinama tih šumarija jela zastupljena s 24 %, a bukva i ostala bjelogorica s 76 % te da one po omjeru smjese, a to znači i načinu gospodarenja, iskaču od prosjeka ostalih šumarija. Za ovu smo analizu dobili podatke Odjela za uređivanje šuma Uprave šuma podružnice Delnice.

Državne šume na području sedam šumarija delničkoga područja obuhvaćaju 41 258,38 ha obrasle površine s drvnom zalihom od 13 422 014 m³ ili u prosjeku 325 m³/ha. Prirast u ophodnjici od 10 godina iznosi 2 406 899 m³ ili 1,79 %, a planirani etat za to razdoblje je 2 022 258 m³ koji se treba realizirati s intenzitetom sječe od 15,1 % odnosno 48,8 m³/ha. Etat iznosi 84 % prirasta ili u apsolutnim iznosima prirast je veći od planiranoga etata za 384 641 m³.

Ako bi se planirao posjeći sav prirast, što je uobičajeno u svakoj normalnoj prebornoj šumi, onda bi etat iznosio 2 406 899 m³, intenzitet bi sječe bio 18 % ili 47,5 m³/ha, a prosječni drvni volumen iznosio bi 267 m³/ha. Ako bi se sječa obavila s intenzitetom 20 %, etat bi iznosio 2 684 403 m³, a prosječni drvni volumen 260 m³/ha. Sjekla bi se 52 m³/ha. Ako bi se sječa obavila s prosječnim intenzitetom od 25 %, etat bi iznosio 3 355 503 m³, a prosječni drvni volumen 244 m³/ha, a sjekao bi se 61 m³/ha.

Državne šume kojima gospodare šumarije Gerovo, Tršće i Prezid nalaze se na 16 870 ha obrasle površine s drvnom zalihom od 5 247 992 m³ ili prosječno 311 m³/ha. Prirast u ophodnjici od 10 godina iznosi 1 007 416 m³ ili 1,92 %, a planirani etat za to razdoblje iznosi 785 381 m³ uz intenzitet sječe 15 % odnosno 46,7 m³/ha.

Etat je pokriven sa 78 % prirasta odnosno u apsolutnim iznosima prirast je veći od planiranoga etata 222 035 m³. Ako bi se sječom obuhvatio sav 10-godišnji prirast, onda bi etat iznosio 1 007 416 m³, intenzitet bi sječe bio 19,2 % ili 59,7 m³/ha, a prosječni drvni volumen iznosio bi 251 m³/ha. Ako bi se sječa obavila

s intenzitetom 20 %, etat bi iznosio 1 049 598 m³, a prosječni drveni volumen 249 m³/ha. Sjekla bi se 62 m³/ha. Ako bi se sječa obavila s prosječnim intenzitetom od 25 %, etat bi iznosio 1 311 998 m³, a prosječni drveni volumen 233 m³/ha, a sjeklo bi se 78 m³/ha.

Državne šume kojima gospodare šumarije Vrbovsko i Gomirje nalaze se na 14 948 ha obrasle površine s drvnom zalihom od 4 544 268 m³ ili prosječno 304 m³/ha. Prirast u ophodnjici od 10 godina iznosi 914 670 m³ ili 2,01 %, a planirani etat za to razdoblje iznosi 702 998 m³ uz intenzitet sječe 15,5 % odnosno 47 m³/ha.

Etat je pokriven sa 77 % prirasta odnosno u apsolutnim iznosima prirast je veći od planiranoga etata 219 672 m³. Ako bi se sječom obuhvatio sav 10-godišnji prirast, onda bi etat iznosio 914 670 m³, intenzitet sječe bio bi 20 % ili 61,2 m³/ha, a prosječni drveni volumen iznosio bi 243 m³/ha. Ako bi se sječa obavila s prosječnim intenzitetom od 25 %, etat bi iznosio 1 136 067 m³, a prosječni drveni volumen bio bi 228 m³/ha, a sjeklo bi se 76 m³/ha.

Iz iznesenih podataka razvidno je da su intenziteti prebornih sječa od 15 % niski i neodgovarajući za prebornu šumu. Intenzitet sječe utječe na održavanje normalne drvene zalihe, maksimalnoga prirasta, dobre preborne strukture, normalnoga rasporeda broja stabala u svim debljinskim razredima, a što sve utječe na stabilnost i produktivnost kako kvalitetnoga volumena tako i općekorisnih funkcija šuma. U vremenu ozbiljnoga sušenja jele i velikih problema koje izazivaju sanitarne sječe povećanim, a za preborne šume normalnim intenzitetima sjekli bi se i potencijalni sušci, što bi išlo u prilog bolje strukture i pomlađivanja te boljih gospodarskih učinaka.

Smatramo da bi se intenziteti prebornih sječa u prebornim šumama trebali kretati od minimalno 17 %, do maksimalno 30 %, u prosjeku oko 25 %. Kad to primijenimo na 12 analiziranih šumarija u Gorskome kotaru, dobijemo podatke koje donosimo u tablici 1.

Tablica 1. Današnji (15,2 %) i normalni (25 %) intenziteti prebornih sječa, odgovarajući 10-godišnji etati te razlike u etatima za 12 šumarija u Gorskome kotaru

Table 1 Current (15.2%) and normal (25%) intensities of selection cutting, the corresponding 10-year yield and differences in the yields for 12 forest offices in Gorski Kotar

Šumarije (broj) Forests office (number)	Intenzitet sječe Cutting intensity %	Etat Yield m ³	Intenzitet sječe Cutting intensity %	Etat Yield m ³
Delnice (7)	15,1	2 022 258	25	3 355 503
Gerovo (3)	15,0	787 198	25	1 311 998
Vrbovsko (2)	15,5	702 998	25	1 136 067
Prosjeck/Zbroj Mean/ Total	15,2	3 512 454	25	5 803 568
Razlika Difference	–	–	9,8	2 291 114

Iz tablice 1 vidljivo je da bi se povećanjem intenziteta sječe od današnje prosječne vrijednosti od 15,2 % na prosječnu vrijednost od 25 % povećao 10-godišnji

etat od današnjih 3 512 454 m³ na 5 803 568 m³. Razlika u etatu od današnjega inteziteta od 15,2 % do budućega od 25 % u apsolutnim iznosima je 2 291 114 m³, što bi se pozitivno odrazilo na mnoge značajne čimbenike koji su bitni za prebornu šumu i preborno gospodarenje, a prije svega na stanje šuma posebno glede njihove stabilnosti, strukture, prirasta i pomlađivanja.

RASPRAVA O REZULTATIMA ISTRAŽIVANJA S POSEBNIM NAGLASKOM NA TEMELJNA NAČELA PREBORNOGA GOSPODARENJA

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION WITH SPECIAL EMPHASIS ON BASIC PRINCIPLES OF SELECTION MANAGEMENT

Iznoseći rezultate istraživanja istodobno smo, u skladu s potrebom njihova boljega razumijevanja i njihova značenja, iznosili podrobnija objašnjenja koja su po-negdje imala i obilježja rasprave o rezultatima. Zbog toga nećemo neke od iznese-nih rezultata ponovno komentirati, ali ćemo pokušati raspravljati o spoznajama na koje nas oni upućuju.

U ovoj ćemo raspravi nastojati posebno posvetiti pozornost temeljnim postav-kama prebornoga gospodarenja bez kojih se ne može ni raspravljati, a kamoli go-spodariti prebornim šumama. Analizirajući aktivnosti koje su se obavljale u prebor-nim šumama u posljednjih nekoliko desetljeća, kako od djela šumarske prakse i službe nadzora tako i od pojedinca iz znanstvenih krugova, uočavaju se pogreške u temeljnom pristupu gospodarenja tim šumama (Matić i dr. 2001). U prvom redu najčešće se ne uvažavaju, a vjerojatno i ne poznaju provjerene znanstvene i stručne spoznaje o ekološkim zahtjevima i biološkim svojstvima jele, što je temelj prebor-noga gospodarenja. Isto tako zanemaruju se nesporna znanstvena i stručna načela značajna za preborno gospodarenje s posebnim naglaskom na strukturu sastojine, normale, pomlađivanje, prirast, intenzitet i način zahvata te povezanost stanišnih i strukturnih elemenata te elemenata pomlađivanja u dinamičnom razvoju toga eko-sustava (Matić 1979a). Važno je istaknuti da su današnji prirasti u prebornim šu-mama vrlo niski zbog velikoga broja fizioloških zrelih stabala s oštećenim krošnjama. Zbog toga u takvim sastojinama oni ne mogu biti presudan čimbenik pri odre-đivanju intenziteta prebornoga zahvata.

Sve je to, zajedno s drugim za preborne šume nepovoljnim uvjetima, dovelo te šume u takvo stanje da danas moramo govoriti o sušenju kao elementarnoj nepogo-di. To je i jedan od razloga da u ovoj raspravi posvetimo posebnu pozornost temel-jnim načelima prebornoga gospodarenja.

Kad u današnje vrijeme govorimo o aktualnim problemima gospodarenja obi-čnom jelom u Hrvatskoj, a u nastojanju da damo prilog rješenju toga problema, normalno je da razmišljamo o sušenju jele, koje je danas vrlo uočljiva i štetna poja-

va u prebornim šumama. Isto tako ne možemo zanemariti ni gospodarske zahvate koje provodimo u tim šumama i koji su značajan čimbenik koji utječe na formiranje strukture sastojine, njezino pomlađivanje, prirast i razvoj staništa.

Pritom je vrlo značajno da se ne zaboravi činjenica da su po struci i znanosti definirani, a danas uobičajeni zahvati u prebornim šumama, postali pravilo odnosno usvojena metoda gospodarenja. Međutim, važno je istaknuti da metode gospodarenja prebornim šumama nalaze svoju primjenu i da imaju punu učinkovitost kod normalnih, zdravih, strukturno i stanišno prepoznatljivih prebornih sastojina. Činjenica je da se u različitim fazama sušenja javljaju i stanišno i strukturno drugačije šume od onih za koje su propisani određeni zahvati, kako po svom načinu tako i po intenzitetu zahvata.

Pri takvu razmišljanju vrlo nas često zbunjuje cilj koji želimo postići tim zahvatima. On je za normalne i zdrave sastojine uvijek isti, što znači da moramo uzgajati takve preborne jelovo-bukove šume koje će maksimalno prirašćivati, a istodobno imati takvu strukturu i stanišne uvjete u kojima će se moći trajno optimalno prirodno pomlađivati (Matić 1980). Također pri određivanju cilja gospodarenja ne smijemo smetnuti s uma ni prirodnost ili prirodnu strukturu, koju moramo održavati u rasponu od preborne do optimalne faze, a kakva se javlja u životnom ciklusu najprirodnije šume – prašume.

Iz svega navedenoga, a uz poznavanje današnjega stanja naših prebornih šuma, jasno nam je da su se u našim prebornim sastojinama dogodile značajne promjene. Nastali su prekidi u kontinuitetu održavanja preborne strukture, pomlađivanja i maksimalnoga prirasta. Osim navedenoga promijenili su se stanišni, prije svega mikroklimatski uvjeti (Matić i dr. 2001a), a to sve znači da se uobičajeni ciljevi gospodarenja moraju značajno korigirati. Uzgojne zahvate moramo provoditi na taj način kako bismo ponovno vratili prebornu strukturu, posebice uravnoteženi odnos u debljinskim razredima, što će pozitivno utjecati na pomlađivanje, prirast, poboljšanje stanišnih, osobito mikroklimatskih uvjeta te na značajno smanjenje sušenja.

Sušenje, koje je danas uvelike zahvatilo jelove šume, nastalo je zbog promijenjenih stanišnih i strukturnih svojstava prebornih šuma. Pitanje je koji je od tih dvaju čimbenika dominantan, a koji sekundaran ili su oba podjednako značajna. Promjene stanišnih uvjeta svakim su danom sve uočljivije jer klima općenito posljednjih tridesetak godina postaje toplija, a mijenja se i kemijska klima, te su sve češći agresivni infrastrukturni zahvati u šumama.

Pitamo se jesu li klimatske prilike, koje su samo jedan od čimbenika staništa, toliko značajne da su dovele do tako velike katastrofe kao što je današnje sušenje jele i njezinih sastojina? Što bi bilo da su nam strukturni i ostali pokazatelji prebornih šuma tijekom toga razdoblja bili normalni? Pokazatelji normalnih odnosa u prebornoj šumi su normalna drvna zaliha, preborna struktura koja je po debljinskim razredima u postotnim odnosima raspoređena u odnose 20 % : 30 % : 50 %, tri uočljiva sloja u okomitoj prebornoj strukturi, optimalno prirodno pomlađivanje, normalan priljev u sastojinu, maksimalan prirast, intenzitet zahvata od 25 % i dr. Da li bi u takvim uvjetima klimatske promjene, kao značajan čimbenik staništa,

bile tako snažne i u negativnom smislu učinkovite da bi bile uzrokom katastrofalnoga sušenja?

Kad bi naše preborne šume danas imale navedena i željena svojstva, sušenje bi bilo manje i bez katastrofalnih posljedica. S obzirom na to da su te sastojine, zbog gubljenja navedenih svojstava, danas dovedene u stanje vrlo smanjene prirodne otpornosti, katastrofalno sušenje je realna i očekivana posljedica takva stanja.

Imajući na umu rezultate istraživanja iznesene u ovom radu u dva prethodna poglavlja, koja se na prvi pogled bave različitom problematikom u okvirima prebornih šuma, ipak je vidljivo da su oni vrlo čvrsto povezani i nedjeljivi. To moramo uzeti u obzir posebno ako želimo donijeti učinkovite zaključke o budućem gospodarenju jelovim prebornim šumama.

Moljac jelovih iglica (*Argyresthia fundella* F.R), kojega je u šumama Gorskoga kotara uočio Vajda (1954), ponašao se kao sekundarni štetnik koji se pojavio na fiziološki oslabljenim stablima, najvjerojatnije zbog štetne kemijske, ali i već započete promjene globalne i sastojinske klime. U ono smo vrijeme već iznosili naša prva zapažanja o promijenjenim stanišnim uvjetima u jelovim sastojinama, fiziološkom slabljenju stabala, masovnoj pojavi štetnika, urodu sjemena i prirodnom pomlađivanju u takvim uvjetima i sl. Matić (1972, 1986, 1989).

Istraživana gospodarska jedinica "Litorić" tipičan je primjer koji upućuje na stanje naših prebornih šuma, koje su obilježene pretežno nepovoljnim utjecajima posljednjih 50 godina. Promjene stanišnih uvjeta i strukturnih pokazatelja, fiziološko slabljenje i sušenje stabala praćeno s često neodgovarajućim gospodarskim zahvatima posljednjih 50 godina danas doživljavaju kulminaciju takvih nepovoljnih utjecaja.

I pogreške u gospodarenju tipične su i za gospodarsku jedinicu "Litorić" i za veći dio istraživanoga područja s ponekim iznimkama koje upravo potvrđuju to pravilo. Ne postoji opravdanje ni logično objašnjenje da se etat ostvaruje u klasama stabala s najvećom oštećenosti, i to s nerazumljivo niskim intenzitetom sječe, u prosjeku od 15,2 %. Nakon toga se tijekom cijele ophodnjice sijeku sušci te se na taj način, među ostalim, šumi ne da mira u trajanju od 10 godina kako bi se nesmetano pomlađivala i kako bi se razvijalo stanište, posebno tlo. Nasuprot tomu sječom i izvlačenjem svake godine uništava se pomladak, zbija tlo i uništava njegova struktura odnosno njegova fizikalna, kemijska i biološka svojstva.

U gospodarskoj jedinici "Litorić" u posljednjih pet ophodnjica, odnosno 50 godina, sjeklo se s vrlo niskim intenzitetima, čije su vrijednosti bile od 14,3 % minimalno (1955. god.) do 23,5 % maksimalno (1975. god.), što prosječno iznosi 17,4 %. Zbog toga se u tom razdoblju smanjivao broj stabala u najtanjim (od 16 % na 13 %) i srednje debelim (od 47 % na 36 %) razredima, a povećavao u najdebljem razredu (od 37 % na 51 %). Danas je vidljivo da su najdeblja stabla razlogom što su te sastojine postale jednoslojne, što im je izgubljena preborna struktura, a ta fiziološki oslabljena jelova stabla malo prirašćuju i suše se.

Isto tako, zbog premalih intenziteta zahvata i nastale nepovoljne strukture sastojine, smanjivao se postotak prirasta jele. On je u razdoblju od 1955. do 2000.

godine padao od početnih 1,72 % na 1,51 %, 1,38 % i 1,31 % i u prosjeku danas iznosi 1,48 %.

Intenzitet sječe utječe na održavanje normalne drvne zalihe, maksimalnoga prirasta, dobre preborne strukture, normalnoga rasporeda broja stabala u svim debljinskim razredima, a što sve utječe na stabilnost i produktivnost kako kvalitetnoga volumena tako i općekorisnih funkcija šuma. U vremenu ozbiljnoga sušenja jele i velikih problema koje izazivaju sanitarne sječe, povećanim, a za preborne šume normalnim intenzitetima sjekli bi se i potencijalni sušci, što bi išlo u prilog bolje strukture sastojine, pomlađivanja i očuvanja staništa te boljih gospodarskih učinaka.

Analizirajući stanje sastojina, posebno posljedice koje su nastale sušenjem jelovih sastojina uz izgrađenu autocestu na području Šumarije Otočac, vidljivo je da se stabla jele i smreke suše u grupama. Znakovito je da se suše i grupe jela u razvojnim stadijima pomlatka i mladika, što je neosporan dokaz da su se te sastojine našle u vrlo nepovoljnim stanišnim uvjetima.

Glavni razlog sušenja možemo tražiti u probijanju autoceste, u širini i preko 200 m, pa su se razbijanjem cjelovitosti kompleksa sastojina drastično promijenili odnosno pogoršali stanišni uvjeti. Promijenjena je mikroklima sastojina, jer je unutar sastojina postalo svjetlije (bočno svjetlo), toplije i suše. Poremećeni navedeni čimbenici upravo su temeljni ekološki čimbenici koji utječu na pojavu i opstanak jelova mladoga naraštaja i fiziološkoga stanja zrelih jelovih stabala (Matić 1973). Zbog toga i zbog ostalih značajnih čimbenika koje šumama daju posebnu vrijednost u općekorisnim i gospodarskim pokazateljima nužno je nastojati, prilikom izgradnje različitih infrastrukturnih objekata, izbjegavati razbijanje cjelovitoga kompleksa šuma, posebno u onim brojnim slučajevima kad se to može izbjeći.

Analizirajući 12 šumarija na području Uprave šuma podružnice Delnice, došli smo do interesantnih podataka s obzirom na današnje moguće intenzitete zahvata i etate. Pritom je važno napomenuti da sve šumarije imaju u prosjeku normalne drvne zalihe od oko 315 m³/ha, s tim da ti volumeni nisu raspoređeni u poželjnu prebornu strukturu i da prosječni intenzitet zahvata iznosi 15,2 %.

Struktura je sastojina gotovo svih šumarija poremećena u usporedbi s prebornom s naglaskom na nagomilani drveni volumen u zadnjem debljinskom razredu, gdje se nalaze stabla većih prsnih promjera, fiziološki oslabljena s oštećenim krošnjama, a pomlađivanje u takvim strukturnim uvjetima je slabo.

Iz podataka u tablici 1 vidljivo je da se današnjim intenzitetima od prosječno 15,2 % postiže 10-godišnji etat od 3 512 454 m³. Ako bi se prosječni etat povećao za 9,8 % i iznosio za preborne šume uobičajenih 25 %, postigao bi se 10-godišnji etat od 5 803 568 m³. Razlika od 2 291 114 m³ ne bi samo bila značajna gospodarska vrijednost nego bi to bio pravi put kojim bi se postiglo poboljšanje preborne strukture i pomlađivanje, smanjenje broja stabala koja su stalni kandidati za sušenje, povećanje broja vitalnih stabala u sastojini, povećanje prirasta i dr.

Opća pojava koja je prisutna i vidljiva na svim područjima u kojima se gospodari prebornim jelovo-bukovim šumama želja je za stalnim povećanjem volumena sastojine. To bismo mogli nazvati prvim pogrešnim i fatalnim korakom u gospodarenju tim šumama.

Volumen sam za sebe nije dostatan pokazatelj strukture i kvalitete preborne šume. Potpuni uvid daje njegova razdioba po debljinskim razredima na pojedinim bonitetima (Matić 1990). Veliki volumen ograničava razvoj prebornoga oblika šume i onemogućuje pomlađivanje, dok mali volumen ne zadovoljava jer se najveći dio prirasta nakuplja na najdebljim stablima uz istodobnu degradaciju tla. U prebornoj šumi nije dobar ni prevelik ni premalen volumen, već treba težiti optimalnomu, tj. normalnomu volumenu, koji odgovara staništu, a to je onaj volumen predstavljen normalama (Klepac 1997, Matić 1979, Šafar 1948).

Ako bismo trebali birati između prevelikoga i premalenoga volumena u prebornoj šumi, uputnije je odlučiti se za manji, jer je kod takva volumena brži put prema normalnoj sastojini nego kod prevelikoga. U tablici 2 navedeno je kako se mijenjaju neke temeljne značajke preborne sastojine kod previsokoga volumena (Matić i dr. 2001).

Tablica 2. Neke značajke preborne sastojine kod optimalnoga i visokoga volumena
Table 2. Some characteristics of a selection stand at optimal high volume

Optimalni volumen <i>Optimal volume</i>	Visoki volumen <i>High volume</i>
– intenzivno pomlađivanje – <i>intensive regeneration</i>	– otežano pomlađivanje – <i>aggravated regeneration</i>
– optimalan priljev i uraštanje donjih u gornje slojeve – <i>optimal influx and distribution of lower into upper layers</i>	– poremećen priljev i uraštanje donjih u gornje slojeve – <i>disturbed influx and distribution of lower into higher layers</i>
– veća brojnost, raznovrsnost i vitalnost pomlatka – <i>a higher number, diversity and vitality of young growth</i>	– manja brojnost, raznovrsnost i vitalnost pomladka – <i>a lower number, diversity and vitality of young growth</i>
– manji udio debelih stabala – <i>a smaller share of thick trees</i>	– veći udio debelih stabala – <i>a higher share of thick trees</i>
– veća vitalnost stabala – <i>better tree vitality</i>	– manja vitalnost stabala – <i>poorer tree vitality</i>
– veća raznolikost prizemne flore – <i>higher diversity of ground vegetation</i>	– manja raznolikost prizemne flore – <i>lower diversity of ground vegetation</i>
– stabilna klima sastojine – <i>a stable stand climate</i>	– narušena klima sastojine – <i>a disturbed stand climate</i>
– veća ponuda hrane za divljač – <i>higher quantity of food for game</i>	– manja ponuda hrane za divljač – <i>smaller quantity of food for game</i>

Ako razvrstamo debljinske razrede prema trećinama dimenzije zrelosti, tada se volumeni u svakoj trećini odnose 1 : 3 : 5. To znači da je volumen debelih stabala iznad 50 cm prsnoga promjera 5 puta veći od volumena tankih stabala (prsni promjeri ispod 30 cm) odnosno za 2/5 veći od volumena srednje debelih stabala (prsni promjeri od 30 do 50 cm). Neki autori (Biolley 1920) preporučuju odnos volumena po debljinskim razredima 20 % (udio tankih stabala do 30 cm prsnoga

promjera): 30 % (udio srednjih stabala od 30 do 50 cm prsnoga promjera) : 50 % (udio debelih stabala prsnoga promjera većega od 50 cm).

Raspored stabala u prostoru preborne sastojine može biti stablimičan i grupimičan. Kod stablimičnoga rasporeda stabla različitih debljina i visina raspoređena su nejednolično u prostoru. Krošnje potpuno ispunjavaju sastojinski prostor, pa se u tom slučaju formira tipični preborni sklop (Matić i dr. 1996). Mladi se naraštaj pojavljuje i razvija također pojedinačno, rjeđe u grupama. U ovom slučaju distribucija stabala po debljinskim stupnjevima poprima potpuni preborni oblik Liocourtove krivulje. Stablimičan preborni oblik karakterističan je za bukovo-jelove šume na krševitom terenu, na geološkoj podlozi vapnenca. Za grupimični preborni oblik karakteristično je grupiranje mladoga naraštaja u grupe čiji je promjer od 0,5 do 1,5 visine najviših stabala u sastojini. Time je omogućena konkurencija zbog gušćega sklopa, a veća je i kvaliteta stabala. Distribucija stabala po debljinskim stupnjevima ima karakteristično povećanje broja stabala u višim debljinskim razredima. Grupimični preborni oblik dolazi u sastojinama koja su na staništima blaga nagiba s dubokim, hranivima bogatim i dovoljno vlažnim tlama, najčešće na silikatnoj, a ponekad i na dubljim tlama na geološkoj podlozi vapnenca (Matić 1976).

Razdioba stabala prema kriteriju razvojnoga stadija nije bitna u prebornoj šumi, jer stabla podjednake visina i promjera mogu biti različite dobi, međutim kriteriji za određivanje razvojnih stadija pojedinačnih ili stabala u grupama vrijede kao i u regularnoj šumi (ponik, pomladak, mladik i dr.) (Matić 1986b). Zato je dovoljna vertikalna klasifikacija na nadstojna, srednjostojna i podstojna stabla. U nadstojnom su položaju stabla čije se krošnje slobodno razvijaju ili su pod neznatnim utjecajem krošanja susjednih stabala. To su ona stabla koja su se u oštroj međusobnoj konkurenciji definitivno izborila za prostor u tlu i iznad tla. U srednjostojnom su položaju stabla koja su odozgo jako zasjenjena s nadstojnim stablima, s malim visinskim prirastom, ali zbog skiofilnosti jele nisu biološki otpisana stabla. Ova stabla konkuriraju susjednim i takmiče se za prostor s konkurencijom, a kod povoljnih strukturnih promjena (sječa) izbore se za dominantan položaj u sastojini. Ostala su stabla u podstojnom prostornom položaju i ona najčešće dugo čekaju, što im je omogućeno skiofilnošću jele, kako bi u određenom vremenu i strukturnim uvjetima postupno prelazili u gornje položaje sastojine.

Omjer smjese preborne šume ovisi o nizu čimbenika, a ponajprije o svojstvima staništa i o načinu prebornoga gospodarenja. Preborna je šuma mješovita karaktera u čijem omjeru smjese prevladava obična jela, a uz nju je najviše rasprostranjena obična bukva. Od ostalih vrsta u omjeru smjese obično pridolaze gorski javor, mlijječ, obični jasen, gorski brijest i obična smreka. Smatra se kako je omjer smjese s gospodarskoga i ekološkoga stajališta povoljan ako je zastupljenost obične jele u prebornoj sastojini od 60 do 80 %.

Preborno je gospodarenje trajno održavanje normalne drvene zalihe raspoređene u prebornu strukturu u kojoj broj stabala pada s porastom prsnoga promjera ili debljinskoga razreda. To se postiže prebornim uzgojnim postupcima kojima istodobno negujemo i pomlađujemo, oblikujemo i održavamo prebornu strukturu

te iskorištavamo zrela stabla i ona koja se moraju užiti iz navedenih razloga. Preborno gospodarenje obuhvaća sustavno plansko provođenje uzgojnih postupaka u prebornoj šumi, a preborna je sječa dio toga gospodarenja. Prebiranje ili odabiranje za sječju onih stabala koja nam u određenom trenutku zadovoljavaju kriterije odabira (najčešće po vrsti drveća, dimenzijama i kvaliteti) nije preborno gospodarenje nego preborna sječa (Matić i dr. 1992). Važno je napomenuti da se preborno može sječji u svakoj uređenoj i neuređenoj šumi, a preborno gospodariti i sječji samo u prebornoj šumi gdje obična jela ima udio u strukturi sastojine. Iz ovoga proizlazi kako su preborna šuma i preborno gospodarenje šumom idealan oblik šume i gospodarenja, gdje na površini stalno uspijeva šuma u svom optimumu glede stabilnosti, produktivnosti i pomlađivanja i koja nam stalno daje prihode u obliku općekorisnih funkcija šume i drva (Matić 1990a).

Preborno uzgajati šumu znači uzgojnim postupcima trajno održavati prebornu strukturu. Karakteristična preborna struktura uravnotežene preborne šume nije samo prirodni fenomen. Ona nestaje i moguće ju je trajno održati samo sustavnim planskim šumskim gospodarenjem, tj. sustavnim prebornim sječama. I uravnotežena preborna šuma s optimalnom strukturom, s vertikalnim sklopom, bez prebornih sječja, prepuštena nagomilavanju drvnoga volumena i samoregulacijskim procesima postupno se osiromašuje stablima donje i srednje etaže i pretvara se u jednoslojnu strukturu s horizontalnim sklopom. Preborna se šuma ne može identificirati s prašumom, jer je ona proizvod prirode i gospodarenja. Hrvatsko šumarstvo, zbog svoje stoljetne organiziranosti kao i opredjeljenja za gospodarenje i trajno održavanje prirodnih šuma, ima u gotovo svim šumskim zajednicama i prašume s kojima može uspoređivati i korigirati svoje uzgojne zahvate (Matić 1999). Preborna je šuma samo jedan stadij u razvojnom procesu prašume. Kod kvalitetnoga gospodarenja prebornom šumom koja ima normalnu drvenu zalihu raspoređenu u prebornu strukturu nakon preborne sječje na početku ophodnjice ona se dovodi u stanje prebornoga stadija, a na koncu ophodnjice ona je u optimalnom stadiju. Svi ti stadiji nalaze se i u prašumi, ali traju kratko vrijeme u odnosu na cijeli životni vijek prašume. Životni vijek prašume traje u rasponu od faze pomlađivanja do faze raspadanja ili od stadija dorastanja s inicijalnom fazom do stadija raspadanja u kojoj se javlja i pomlađivanje (Leibundgut 1982, Korpel 1996). U našim dinarskim bukovo-jelovim prašumama struktura je preborna, stablimična, a pojedine se razvojne faze javljaju na malim površinama te se stvara preborni mozaik (Prpić i dr. 2001). Međutim, i u takvim strukturnim i stanišnim uvjetima preborna i optimalna faza se nadopunjuju, a životni vijek je u rasponu, kako smo ga naprijed naveli, od faze pomlađivanja do faze raspadanja. Ako u prebornom gospodarenju ne poštujemo načelo da sastojine uzgojnim zahvatima ne držimo unutar preborne i optimalne faze te ih pustimo da se razvijaju u prirodnom procesu koji se događa u prašumi, bit ćemo prisiljeni da prirodni proces gospodarenja ostavimo prašumskoj stihiji koja u ovim sastojinama traje i preko 500 godina.

Umijeće je šumara da gospodarske preborne šume trajno održava u optimalnom i prebornom stadiju u kojima najviše dolaze do izražaja gospodarske i općeko-

risne funkcije šume. Uzgojnim postupcima nastojimo formirati prebornu sastojinu optimalne strukture koja će u omjeru smjese imati vrste s najvrjednijim i najvećim prirastom, a koja će se maksimalno koristiti proizvodnom sposobnošću tla i istodobno obilno stvarati prirodni pomladak.

Odabiranje stabala za sječū ili doznaka stabala u prebornoj šumi vrlo je odgovoran i stručan posao s kojim bi se trebao ispuniti cilj gospodarenja u prebornoj šumi, a to je:

- uzgajanje mješovitih prebornih sastojina koje osiguravaju kvalitetan prirast i stabilnost sastojine
- obilan prirodni pomladak
- maksimalno korištenje proizvodne sposobnosti staništa
- postizavanje najveće vrijednosti proizvodnje.

Odabiranjem stabala za sječū i sječom u prebornoj šumi istodobno provodimo njegu i pomlađivanje, formiramo prebornu strukturu, iskorištavamo šumu i održavamo njezinu higijenu. To znači da gospodarenje u prebornoj šumi obuhvaća dvije skupine uzgojnih postupaka, i to njegu mladoga naraštaja (pomlatka i mladika) i prebiranje, u koje se ubrajaju proreda i iskorištavanje zrelih stabala. Svi postupci u prebornoj šumi vremenski su i prostorno koncentrirani te čine nerazdvojiivu cjelinu. Ako izostane jedna od navedenih radnji, dolazi do poremećaja u strukturi preborne sastojine koji se odražavaju na prirast, pomlađivanje i stabilnost.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Istražujući aktualne probleme gospodarenja jelom u Republici Hrvatskoj došli smo do ovih zaključaka:

Stvaranje i održavanje normalne preborne strukture, koja osigurava optimalno prirodno pomlađivanje, temeljni je zadatak prebornoga gospodarenja. Preborna struktura nije isključivo prirodni fenomen jer se oblikuje i trajno održava samo pravilnim i redovitim prebornim gospodarenjem odnosno prebornim zahvatima sječē.

Danas se u prebornim šumama uočavaju promjene koje su najizraženije u njihovoj morfologiji, a posebno se ističe loše prirodno pomlađivanje, odstupanje volumena od normale, gubljenje preborne strukture, opadanje prirasta, fiziološko slabljenje i sušenje dominantnih jelovih stabala, promjene stanišnih uvjeta i dr.

Pojava moljca jelovih iglica (*Argyresthia fundella* F.R) prije 50 godina bila je prva naznaka jednoga dugoga i za jelu katastrofalnoga razdoblja sušenja, koje traje do današnjih dana. Moljac jelovih iglica je sekundarni štetnik koji se pojavio na fiziološki oslabljenim stablima, najvjerojatnije zbog promjene globalne klime, a to znači i sastojinske klime, te zbog promjene strukture sastojine.

Preborne su šume nespремne dočekale promjene klime i staništa, jer su zane-mareni temeljni postulati gospodarenja prebornim šumama, što se lančano odrazilo na niz negativnih promjena u njima. Primjenom pravilnih gospodarskih zahvata

u stanju smo održavati prebornu strukturu i amortizirati negativne utjecaje izazvane promjenom stanišnih i ostalih sastojinskih uvjeta.

Propisani intenziteti sječa na istraživanom području danas iznose oko 15 % i s takvim se intenzitetom siječe samo dio onih stabala koja se u normalnom prebornom gospodarenju moraju sjeći, posebno zbog održivoga razvoja i vječnosti prebornih šuma.

Analizirajući intenzitete sječa, postotak prirasta i strukturu sastojine na tom području u posljednjih 50 godina, ustanovili smo da je intenzitet svake iduće ophodnjice bio niži, postotak prirasta opada, sušenje je jele sve intenzivnije, preborna struktura se gubi, a prirodno je pomlađivanje sve slabije.

Pre niski intenziteti zahvata uzrokom su strukturnih promjena koje su lančano povukle sve negativne promjene u prebornim sastojinama u kojima se gubi preborna struktura, povećava se broj najdebljih i istodobno fiziološki oslabljenih stabala koja se stalno suše, gubi se prirodno pomlađivanje i dr.

Povećanjem intenziteta sječa na istraživanom području, površine od 73 076 ha prebornih šuma, od današnjega, pre niskoga 15,2 % na intenzitet od 25 %, koji je za preborne šume normalan, povećao bi se 10-godišnji etat za 2 291 114 m³, što bi se pozitivno odrazilo na mnoge značajne čimbenike koji su bitni za prebornu šumu i preborno gospodarenje, a prije svega na stanje šuma posebno glede njihove stabilnosti, strukture, prirasta i pomlađivanja. U vremenu ozbiljnoga sušenja jele i velikih problema koje izazivaju sanitarne sječe, povećanim intenzitetima sjekli bi se i potencijalni sušci, što bi išlo u prilog bolje strukture sastojine, pomlađivanja i očuvanja staništa te boljih gospodarskih učinaka.

Intenzitet zahvata utječe na održavanje normalne drvne zalihe, maksimalnoga prirasta, dobre preborne strukture, normalnoga rasporeda broja stabala u svim debljinskim razredima, optimalno prirodno pomlađivanje, što sve utječe na stabilnost i produktivnost kako kvalitetnoga volumena tako i općekorisnih funkcija šuma. Današnji prirasti u prebornim šumama vrlo su niski zbog velikoga broja fizioloških zrelih stabala s oštećenim krošnjama. Zbog toga u takvim sastojinama oni ne mogu biti presudan čimbenik pri određivanju intenziteta prebornoga zahvata.

Globalnim zatopljenjem mijenjaju se stanišni uvjeti koji su nekada za jelove sastojine bili povoljni. Promjenom tih uvjeta skraćuje se i životni vijek jelovih stabala koji je najčešće u korelaciji s prsnim promjerom. U takvim uvjetima nužno je primjenom odgovarajućih odnosno viših intenziteta zahvata iz sastojine eliminirati debela, fiziološki oslabljena stabla koja bi se i onako osušila tijekom iduće ophodnjice.

U nepovoljnim stanišnim i strukturnim uvjetima, pri određivanju intenziteta zahvata, ne smijemo robovati striktnim načelima normala, koje imaju svoje opravdanje, ali za normalne sastojinske i stanišne uvjete. Najvažnije je da nam poslije sječe u sastojini ostaje veći broj fizioloških sposobnih stabala u svim slojevima preborne šume koja će biti sposobna za maksimalan prirast i optimalan urod sjemena, a to znači i za prirodno pomlađivanje.

Volumen sam za sebe nije dostatan pokazatelj strukture i kvalitete preborne šume. Potpuni uvid daje njegova razdioba po debljinskim razredima na pojedinim

bonitetima. Veliki volumen ograničava razvoj prebornoga oblika šume i onemogućuje pomlađivanje. U prebornoj šumi nije dobar ni prevelik ni premalen volumen, već treba težiti optimalnomu, tj. normalnomu volumenu koji odgovara staništu, a to je onaj volumen predstavljen normalama.

Smanjenjem drvnoga volumena ispod normalne drvne zalihe nakon sječe će vjerojatno rezultirati izostavljanjem jednoga ili dvaju zahvata nakon protekle ophodnjice, a to istodobno znači i gomilanje prirasta na kvalitetnim i vitalnim stablima svih debljina i visina. To je jedini pravi put vraćanja prebornih jelovo-bukovih šuma u normalne sastojinske i stanišne uvjete.

Fiziološko slabljenje i sušenje jele izazivaju i nepovoljni utjecaji zahvata u sastojini zbog izgradnje infrastrukturnih objekata (autoceste, naftovodi, plinovodi, dalekovodi i dr.), te kiselih kiša i ostalih onečišćivača zraka, vode i tla.

U današnjim ekološkim i gospodarskim uvjetima uočavamo da su se u prebornim sastojinama dogodile značajne promjene. Nastali su prekidi u kontinuitetu održavanja preborne strukture, pomlađivanja i maksimalnoga prirasta. Uzgojne zahvate treba provoditi tako kako bi se ponovno vratila preborna struktura, posebice uravnoteženi odnos u debljinskim razredima, što će pozitivno utjecati na pomlađivanje, prirast, povećanje etata, poboljšanje stanišnih, osobito mikroklimatskih uvjeta te na značajno smanjenje sušenja jele.

LITERATURA REFERENCES

- SL Č Androić, M., D. Klepac, 1969: Problem sušenja jele u Gorskom Kotaru i Slaveniji. Šum. list, 1–2, Zagreb.
- κ Biolley, H., 1920: L'aménagement de forêts par la methode experimentale et specialment la methode du controle. Paris–Neuchatel.
- SL Č Klepac, D., 1970: Kako utvrditi postotak smanjenja asimilacijske površine u zaraženim jelovim šumama. Šum. list, 7–8, Zagreb.
- SL Č Klepac, D., 1972: Istraživanja o utjecaju defolijatora na prirast jelovih šuma. Šum. list, 40–62, Zagreb.
- o Klepac, D., 1997: Novi sistem uređivanja prebornih šuma. "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, 1–36, Zagreb.
- SL Č Korpel, Š., 1996: Razvoj i struktura bukovo-jelovih prašuma i njihova primjena kod gospodarenja prebornom šumom. Šum. list, CXX (3–4), Zagreb.
- κ Leibungut, H., 1982: Europäische Urwalder der Begstufe. Bern–Stuttgart.
- SL Č Matić, S., 1972: Prirodno pomlađivanje u zaraženim jelovim sastojinama. Šum. list, 11–12 (XCVI): 432–441, Zagreb.
- SL Č Matić, S., 1973: Prirodno pomlađivanje kao faktor strukture sastojina u šumama jele s bračom (*Blechno-Abietetum* Horv.). Šum. list, 9–10 (XCVII): 321–355; 11–12 (XCVII): 432–462, Zagreb.
- o Matić, S., 1976: Ecological and structural data about the Silver Fir–Beech selection forests in Croatia with special reference to their natural regeneration. XVI IUFRO World Congress, Oslo.
- ž Matić, S., 1979: Ekološke i strukturne karakteristike prebornih šuma jele i bukve u Gorskom kotaru. U: Đ. Rauš (ur.), Drugi kongres ekologa Jugoslavije, Savez društava ekologa Jugoslavije, 741–765, Zagreb.

- Đ Matić, S., 1979a: Utjecaj ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom kotaru. Disertacija, Šumarski fakultet, 195 str., Zagreb.
- Đ Matić, S., 1980: Natural regeneration of Fir forests on the northwestern part of the Balkan Peninsula (Gorski kotar). II International symposium on the problems of Balkan flora and vegetation, Istanbul.
- SL Ć Matić, S., 1986a: Sadašnje stanje i povijesni razvoj uzgajanja šuma u šumarskoj praksi i znanosti Hrvatske. Šum. list, 5–6 (CX): 307–312, Zagreb.
- SL Ć Matić, S., 1986b: Uzgojni radovi u prirodnim sastojinama i mogućnost njihovog normiranja. Šum. list, 1–2 (CXIII): 39–53, Zagreb.
- ⊕ Matić, S., M. Harapin, 1986: Uzgajanje i zaštita šuma. U: B. Prpić (ur.), Šume i prerada drveta Jugoslavije, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Jugoslavije, 177–194, Beograd.
- z Matić, S., 1990: Selection Beech and Fir Forests in Croatia in Today's Ecological and Economical Circumstances. U: B. Prpić, Z. Seletković (ur.), VI IUFRO Tannensymposium, Šumarski fakultet, 123–132, 1992, Zagreb.
- z Matić, S., 1990a: Smjernice gospodarenja šumama u parku prirode Medvednica. Zbornik radova "Znanstveni savjet za promet Jug. akademije znanosti i umjetnosti", 63–66, Zagreb.
- ⊕ Matić, S., J. Skenderović, 1992: Uzgajanje šuma. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Zagreb i Hrvatske šume, p. o. Zagreb, 81–97, Zagreb.
- SL Ć Matić, S., M. Oršanić, I. Anić, 1996: Neke karakteristike i problemi prebornih šuma obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Šum. list, 3–4 (CXX): 91–99, Zagreb
- ⊕ Matić, S., 1999: The forests of Croatia – country report. U: Diaci, J. (ur.), Virgin forests and forest reserves in Central and East european countries, Department of forestry and renewable forest resources, Biotechnical faculty, 17–24, 1999, Ljubljana.
- ⊕ Matić, S., I. Anić, M. Oršanić, 2001: Uzgojni postupci u prebornim šumama. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, 407–460, Zagreb.
- ⊕ Matić, S., I. Anić, B. Prpić., M. Oršanić, 2001a: Uzgojni postupci u jelovim šumama oštećenima propadanjem. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, 461–478, Zagreb.
- ⊕ Prpić, B., S. Matić, J. Vukelić, Z. Seletković, 2001b: Bukovo-jelove prašume hrvatskih Dinarida. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, 479–494, Zagreb.
- SL Ć Spaić, I., 1967: Neka ekološka opažanja i rezultati suzbijanja moljca jelinih iglica (*Argyresthia fundella* F.R.). Šum. list, 5–6, Zagreb.
- SL Ć Spaić, I., 1969a: Suzbijanje moljca jelinih iglica (*Argyresthia fundella* F.R.) 1968. god. u Gorskom kotaru. Šum. list, 1–2, Zagreb.
- SL Ć Spaić, I., 1969b: Stanje zaraze i suzbijanje moljca jelinih iglica (*Argyresthia fundella* F.R.) u 1969. godini. Šum. list, 11–12, Zagreb.
- ⊕ Šafar, J., 1948: Preborne šume i preborno gospodarenje. Institut za šumarska istraživanja, 1–100, Zagreb.
- SL Ć Vajda, Z., 1954: Moljac jelovih iglica u sastojinama Gorskog kotara. Šum. list, LXXVIII (9–10): 527–528, Zagreb.

CURRENT PROBLEMS OF SILVER FIR MANAGEMENT (*Abies alba* Mill.) IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY

The paper presents data on the current condition of selection forests of fir and beech in the area of Gorski Kotar. These forests manifest changes, of which the most conspicuous relate to their morphology. Poor natural regeneration, digression of the volume from the normal one, the loss of selection structure, decreased increment, physiological weakening and dieback of dominant fir trees, changes in site conditions, etc., are of particular importance. The onset of the fir needle moth (*Argyresthia fundella* F. R.) some 50 years ago initiated the beginning of a long and perilous period for the fir, which has continued until the present day. Throughout this period the cutting intensity of each subsequent cutting cycle has been lower, the increment percentage has dropped, the fir has suffered increased dieback, the selection structure has gradually disappeared and natural regeneration has weakened. Excessively low cutting intensities, which currently amount to 15.2% instead of the normal 25%, have caused structural changes which have triggered a negative chain of events in selection stands. Silvicultural treatments should be aimed at restoring the selection structure and achieving a balanced relationship in diameter classes. This will have a positive effect on regeneration, increment, increased yield, improved site and microclimatic conditions and lessened dieback.

Key words: silver fir, selection management, selection structure, silvicultural treatments, cutting intensity, dieback, regeneration

UDK: 630*583

STRUKTURNA, PROIZVODNA I PROSTORNA OBILJEŽJA MINSKI SUMNJIVIH ŠUMA I ŠUMSKIH ZEMLJIŠTA U REPUBLICI HRVATSKOJ

STRUCTURAL, PRODUCTIVE AND SPATIAL PROPERTIES OF
MINE-SUSPICIOUS FORESTS AND FORESTLAND IN THE
REPUBLIC OF CROATIA

SLAVKO MATIĆ, IVICA MILKOVIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Hrvatska se ubraja u 10 zemalja koje su najonečišćenije minama. Šume i šumska zemljišta su onečišćene minama na 159 tisuća ha (1590 km²), što je 9 % ukupne površine šuma i šumskoga zemljišta. Svakako je to velika opasnost za ljude i divljač, a osim toga velika vrijednost prirodnih šuma propada zbog izostanka radova na njezi i obnovi. Minama su onečišćene površine kojima gospodari 13 uprava šuma podružnica. U radu se iznose podatci o strukturi sastojina na području 13 uprava šuma koje su onečišćene minama. Dani su podatci o površinama, namjeni šuma, značajnijim uređajnim razredima, drvnoj zalihi i prirastu. Prikazuju se prosječni godišnji etat te etat glavnoga i prethodnoga prihoda s glavnim vrstama drveća koje sudjeluju u etatu. Na uređenim minski sumnjivim površinama drvna je zaliha 20,7 milijuna m³ s godišnjim prirastom od 608 tisuća m³ i prosječnim godišnjim etatom od 344 tisuće m³. Na površinama koje su za vrijeme rata bile neuređene (Upravu šuma podružnica Split) nalazi se daljnjih 2,9 milijuna m³ biomase s godišnjim tečajnim prirastom od 57 tisuća m³, tako da ukupna drvna zaliha na minski sumnjivim površinama iznosi 23,6 milijuna m³, a prirast 665 tisuća m³. Ukupni etat iznosi 3,4 milijuna m³, od toga je etat glavnoga prihoda 43 %, etat je u prebornim šumama 26 %, a etat prethodnoga prihoda 31 %. Dominantno mjesto u ukupnom etatu od 35 % ima bukva. U radu je obračunata sirovinsko-energetska vrijednost koja iznosi 3,3 milijarde kuna (443 milijuna eura), a općekorisne vrijednosti su 77,2 milijarde kn (10,3 milijarde eura). Te su vrijednosti blokirane, a šume paralizirane u svom održivom i kvalitetnom prirodnom razvoju. Razvoj šuma, od njihova nastanka do zrelosti, mora biti podržavan sa značajnim gospodarskim zahvatima, posebno njegovom i obnovom. Zbog toga one trajno i maksimalno proizvođe drveni volumen i općekorisna dobra izražena u ekološkim, društvenim ili socijalnim i socijalno-ekofiziološkim funkcijama. Izostankom radova na njezi i obnovi, kao što je to slučaj s miniranim šumama, šume iz stadija optimalnoga prirodnoga stanja prelaze u druga nepovoljna stanja i stadije, što ih vodi prema

degradaciji i propadanju. Ako se ne razminiraju, šume će doći u stanje u kojem će izgubiti poželjnu proizvodnost, stabilnost, biološku raznolikost, strukturni i gospodarski održivi razvoj, povećat će se broj starih i fiziološki slabih stabala, izgubit će se kvalitetno stanište i mogućnost progresivne sukcesije.

Ključne riječi: miniranost šuma, gospodarske vrijednosti, općekorisne funkcije, njega šuma, obnova šuma, degradacija i propadanje, etat, prirast, drveni volumen

UVOD INTRODUCTION

Pretpostavlja se da je Hrvatska onečišćena s oko milijun mina, te se po broju mina u odnosu na ukupni teritorij države svrstava među 10 zemalja svijeta koje su minama najonečišćenije. Od početka rata do konca 2005. godine bilo je 1812 slučajeva stradavanja stanovništva od mina, od čega 451 smrtni. Za vrijeme rata stradavali su najčešće vojnici, a od 1995. godine do danas u minskim incidentima stradavaju civili.

S obzirom na to da šume i šumska zemljišta sudjeluju s 47 % u ukupnom teritoriju Hrvatske, znatan je dio šumskih površina sumnjiv zbog mina. Stručne službe "Hrvatskih šuma" pristupile su, odmah nakon rata, prikupljanju podataka o minski sumnjivim šumskim površinama. Pritom su korišteni različiti izvori podataka: podaci vojske, policije, HCR-a, podaci prikupljeni od zaposlenika i lokalnoga stanovništva i sl. Uzimajući u obzir korištene izvore podataka, može se govoriti o procjenama manje ili veće pouzdanosti.

Prema prvim podacima Hrvatskih šuma d.o.o. iz 1997. godine minske sumnjive površine šuma i šumskih zemljišta iznosila je oko 244 tisuće hektara (2440 km²). Prema podacima HŠ d.o.o. s početka 2005. godine, zbog sumnje da su onečišćene minske eksplozivnim ili neeksplozivnim ubojnim sredstvima, izvan gospodarenja je oko 159 tisuća hektara šuma i šumskih zemljišta (1590 km²) odnosno oko 9 % ukupne površine kojom ovo poduzeće gospodari.

Smanjenje minske sumnjive šumskih površina većinom je postignuto razmjernom informacijom i postupnim privođenjem gospodarskomu korištenju površina koje su prvotno tretirane kao minske sumnjive, te općim izvidima HCR-a, a tek manjim dijelom razminiranjem i pretraživanjem minske sumnjive područja.

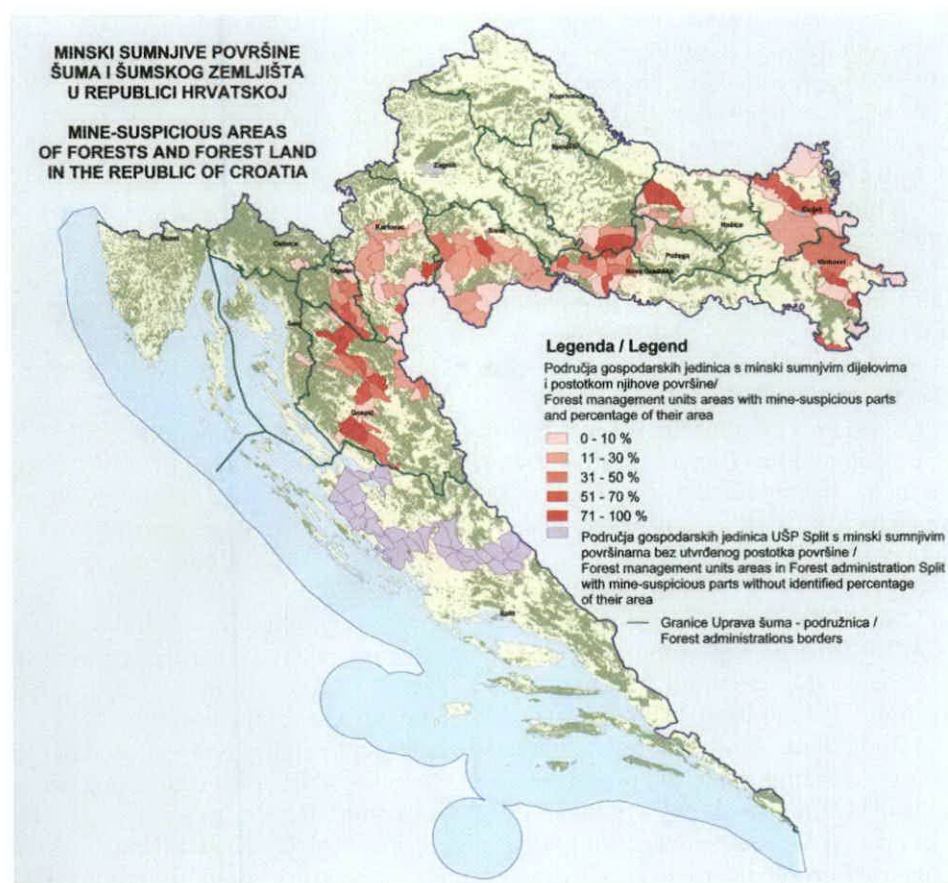
Zbog ograničenih sredstava kojima Vlada Republike Hrvatske i gospodarstvo raspoložu za razminiranje ukupnoga prostora Republike Hrvatske teče sporo, te se godišnje razminira oko 30 milijuna m², odnosno 3000 ha teritorija.

Pri utvrđivanju prioriteta za razminiranje na teret sredstava državnoga proračuna prednost imaju urbana područja, objekti infrastrukture i poljoprivredne površine te je u proteklom razdoblju razminiranje šuma uglavnom ovisilo o financijskim mogućnostima poduzeća Hrvatske šume d.o.o.

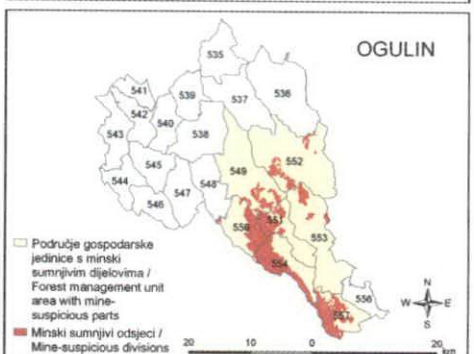
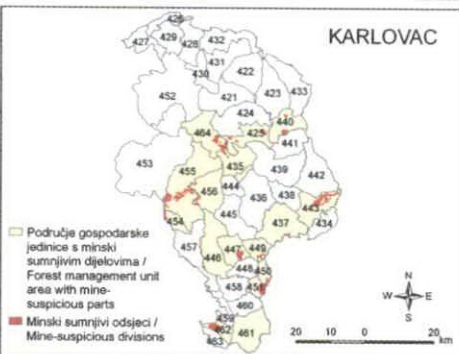
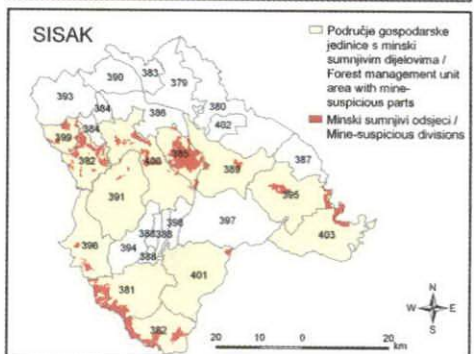
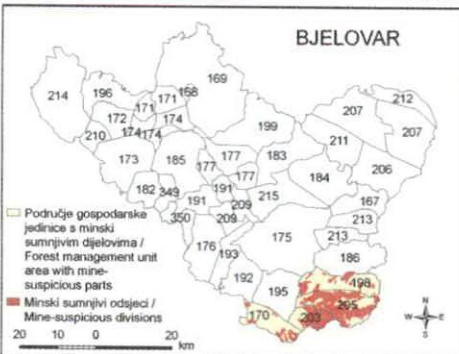
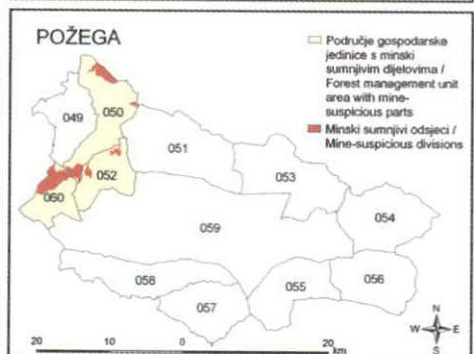
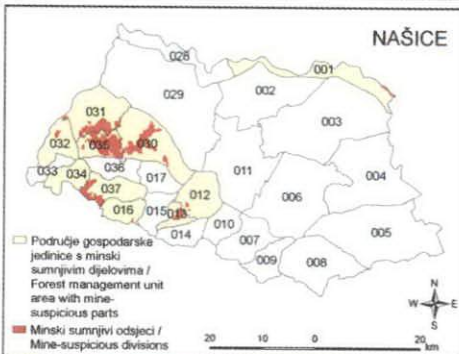
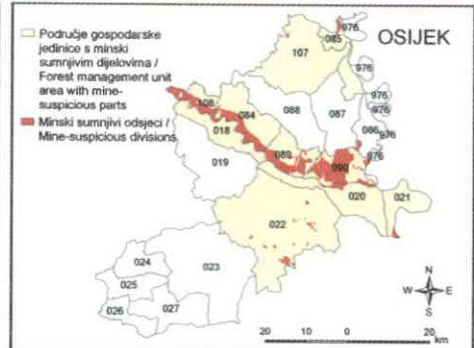
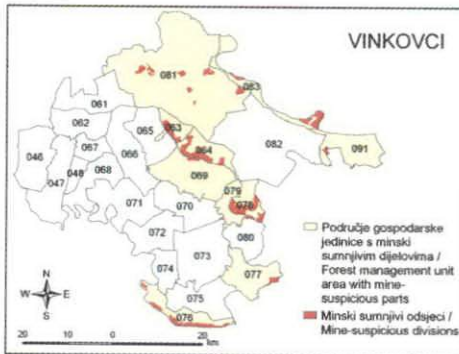
Ovisno o financijskim mogućnostima HŠ d.o.o., godišnji opseg radova razminiranja i pretraživanja šuma i šumskih zemljišta kretao se između 300 tisuća (u 2001. godini) i 2 milijuna m² (u 2005. godini).

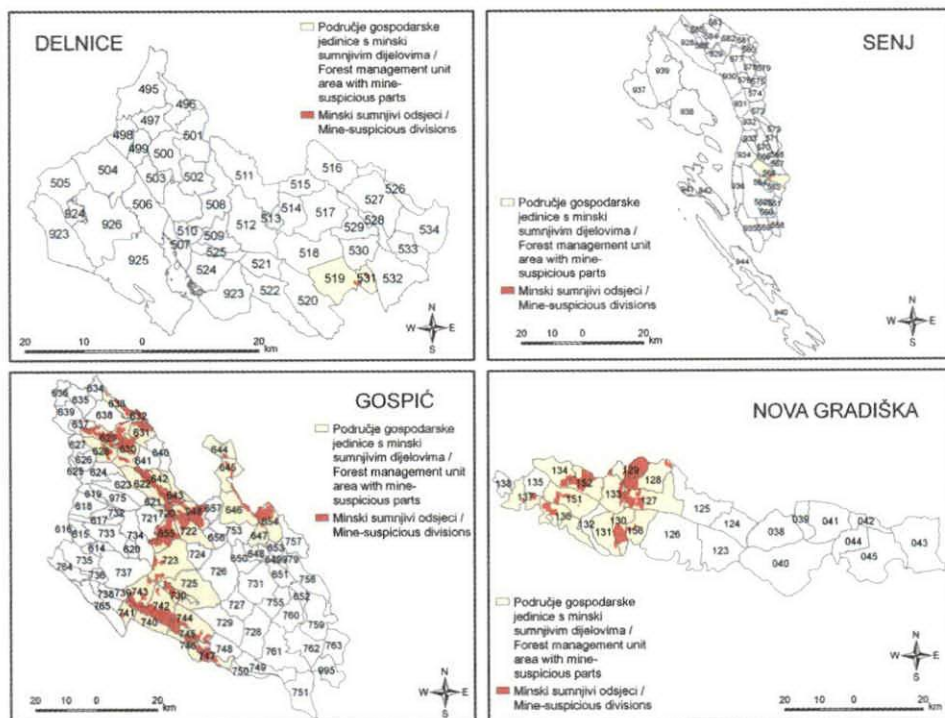
Štetne posljedice onečišćenja šuma i šumskih zemljišta minama višestruke su, a svakako je najveći gubitak stradavanje ljudi. Daljnje štetne posljedice su stradavanje divljači, izostanak njege, zaštite i pomlađivanja šuma, nemogućnost otklanjanja posljedica elementarnih nepogoda, propadanje šumskih prometnica, nemogućnost gospodarskoga korištenja šuma, smanjenje općekorisnih funkcija i održivoga razvoja šuma. Uz gospodarske šume na minske sumnjivim područjima nalaze se i brojni zaštićeni dijelovi prirode.

Radi što cjelovitijega sagledavanja ove problematike u radu se iznose rezultati istraživanja minske sumnjive površine šuma i šumskih zemljišta s posebnim naglaskom na struktur-



Slika 1. Minske sumnjive površine šuma i šumskih zemljišta u Republici Hrvatskoj
Figure 1 Review of the mine-suspicious areas of forests and forest land in the Republic of Croatia





Slika 2. Prostorna raspodjela minske sumnjivih površina šuma i šumskih zemljišta po upravama šuma i gospodarskim jedinicama

Figure 2 Review of the mine-suspicious areas of forests and forest land divided into forest administrations and forest management units

na, proizvodna, prostorna obilježja minske sumnjivih površina, štetne posljedice takva stanja za hrvatsko društvo i s gospodarskoga i s općekorisnoga stajališta.

Na slici 1 prikazane su minske sumnjive površine šuma i šumskih zemljišta u cijeloj Republici Hrvatskoj. Različitim bojama prikazani su postotci površina pod minama, i to u postotcima 0 – 20, 11 – 30, 31 – 50, ... 71 – 100.

Na slici 2 prikazana je prostorna raspodjela minske sumnjivih površina šuma i šumskih zemljišta po upravama šuma, gospodarskim jedinicama i odjelima.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

Zbog bolje preglednosti rezultate istraživanja minske sumnjivih površina šuma i šumskih zemljišta iznositi ćemo po pojedinim upravama šuma koje su opterećene takvim površinama.

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA VINKOVCI
FOREST ADMINISTRATION, VINKOVCI OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma Vinkovci iznosi 6536 ha, odnosno 9 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Glavninu minski sumnjivih površina čine gospodarske šume (6104 ha), i to sastojine uredajnih razreda sjemenjača hrasta lužnjaka (3164 ha), sjemenjača poljskoga jasena (306 ha), euroameričke topole (438 ha) i dr. Šikare, neobraslo proizvodno, neproizvodno i neplodno tlo zauzimaju površinu od 911,73 ha. Preostala površina (433 ha) se odnosi na šume posebne namjene i to na šume za rekreaciju i odmor, značajne krajolike, posebne rezervate i sjemenske sastojine.

Drvena zaliha na tom području iznosi 976 969 m³, odnosno 235 m³/ha (tablica 1). Oko 46 % ukupne drvene zalihe čini hrast lužnjak. Uz lužnjak je u drvnj zalihi značajnije zastupljen poljski jasen i grab. Godišnji prirast iznosi 33 719 m³, odnosno 8,1 m³/ha.

Ukupna dobna struktura sastojina prikazana je u tablici 1. Od ukupne površine prvoga dobnoga razreda sastojine hrasta lužnjaka zauzimaju površinu od 1217 ha. Zbog izostanka njege i zaštite može se očekivati da je struktura ovih sastojina znatno narušena te će, u velikom broju slučajeva nakon razminiranja trebati pristupiti njihovoj sanaciji.

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi 21,6 tisuća m³, od čega etat glavnoga prihoda 12 tisuća m³, a ostatak od 9,5 tisuća m³ su prorede. U glavnom prihodu hrast lužnjak sudjeluje s 42,6 tisuća m³, a u prethodnom 50 tisuća m³, euroameričke topole s 34,3 tisuće m³, a u prethodnom 10 tisuća m³, američki jasen s 20,4 tisuće m³, obični grab s 13 tisuća m³, a u prethodnom 11 tisuća m³, poljski jasen s 4,8 tisuća m³, a u prethodnom 11 tisuća m³ i dr.

Tablica 1. Dobna struktura šuma na minski sumnjivim površinama
Table 1 Age structure of forests in mine-suspicious areas

Ukupno UŠP	Pokazatelj Indicator	Jed. mjere Unit	Dobni razred / Age class							Ukupno Total
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
Vinkovci Overall forest administration, Vinkovci office	Površina Area	ha	1 410	947	412	577	956	646	617	5 565
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		109 176	84 042	140 710	283 136	174 964	184 941	976 969
		m ³ /ha		115	204	244	296	271	300	235
	Prirast Increment	m ³		8 453	3 311	4 105	6 488	5 331	6 031	33 719
		m ³ /ha		8,9	8,0	7,1	6,8	8,3	9,8	8,1

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA OSIJEK
FOREST ADMINISTRATION, OSIJEK OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Osijek iznosi 13 827,82 ha, odnosno 18 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

U ukupnoj minski sumnjivoj površini gospodarske šume sudjeluju s 10 304,81 ha. Uglavnom se radi o prirodnim i umjetno podignutim sastojinama vrba i topola. Šikare, neobraslo proizvodno, neproizvodno i neplodno tlo unutar gospodarskih šuma zauzimaju površinu od 3220,71 ha.

Šume posebne namjene (rezervati šumske vegetacije) čine preostalih 3523,01 ha unutar kojih se nalaze i šikare, neobraslo proizvodno, neproizvodno i neplodno tlo ukupne površine od 2794,52 ha.

Drvena zaliha na tom području iznosi 1 671 974 m³, odnosno 228 m³/ha (tablica 2). Oko 82 % ukupne drvene zalihe čini meka bjelogorica (vrbe, domaće topole, euroameričke topole). Godišnji prirast iznosi 81 659 m³, odnosno 11,2 m³/ha. Ukupna dobna struktura sastojina prikazana je u tablici 2.

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi oko 73 tisuće m³, od čega je više od 72 tisuće m³ glavni prihod, a ostatak su prorede.

S obzirom na to da se radi o mekoj bjelogorici koja se uzgaja u kratkim ophodnjama, zbog nemogućnosti pravodobne sječe nastaju znatni gubici u vrijednosti drvene zalihe.

Tablica 2. Dobna struktura šuma na minski sumnjivim površinama
Table 2 Age structure of forests in mine-suspicious areas

Ukupno UŠP Osijek Overall forest administration, Osijek office	Pokazatelj Indicator	Jed. mjere Unit	Dobni razred / Age class							Ukupno Total
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
	Površina Area	ha	488	1 176	1 765	1 175	1 123	731	1 352	7 810
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		145 399	294 660	270 502	286 884	182 382	492 147	1 671 974
		m ³ /ha		124	167	230	255	249	364	228
	Prirast Increment	m ³		11 195	21 381	15 058	13 975	6 282	13 768	81 659
		m ³ /ha		9,5	12,1	12,8	12,4	8,6	10,2	11,2

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA NAŠICE
FOREST ADMINISTRATION, NAŠICE OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Našice iznosi 5 297,69 ha, odnosno 6 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Glavninu minski sumnjivih površina čine gospodarske šume (5170 ha), i to sastojine uređajnih razreda bukovih sjemenjača (2278 ha), kitnjakovih sjemenjača (1655 ha) i dr. Zaštitne šume zauzimaju površinu od 30 ha, a šume posebne namjene 98 ha. Šume posebne namjene obuhvaćaju posebne rezervate, park-šume, šume za znanstvena istraživanja i sjemenske sastojine.

Drvena zaliha na tom području iznosi 1 451 180 m³, odnosno 295 m³/ha (tablica 3). Oko 34 % ukupne drvene zalihe čini bukva. Uz bukvu su u drvnjoj zalihi značajnije zastupljeni kitnjak i grab.

Godišnji prirast iznosi 47 644 m³, odnosno 9,7 m³/ha.

Iz dobne strukture sastojina koja je prikazana u tablici 3 vidljivo je da u ukupnoj minski sumnjivoj površini najznačajnije sudjeluju mlade i srednjodobne sastojine.

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi 11,9 tisuća m³, od čega su 11,5 tisuća m³ prorde na površini od 3624 ha, a ostatak od 3,7 tisuća m³ je glavni prihod na površini od 24 ha.

Tablica 3. Dobna struktura šuma na minski sumnjivim površinama
Table 3 Age structure of forests in mine-suspicious areas

	Pokazatelj Indicator	Jed. mjere Unit	Dobni razred / Age class							Ukupno Total
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
Ukupno UŠP Našice Overall forest administration, Našice office	Površina Area	ha	291	425	2 039	1 469	700	234	59	5 217
	Drvena zaliha	m ³	61 262	522 214	442 232	286 131	110 498	28 843	1 451 180	
	Growing stock	m ³ /ha		144	256	301	409	472	489	295
	Prirast Increment	m ³		3 604	19 559	14 176	7 178	2 375	752	47 644
		m ³ /ha		8,5	9,6	9,7	10,3	10,1	12,7	9,7

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA POŽEGA FOREST ADMINISTRATION, POŽEGA OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Požega iznosi 1 455,46 ha, odnosno 3 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Glavninu minski sumnjivih površina čine gospodarske šume (1410,01 ha), i to sastojine uređajnih razreda regularnih bukovih sjemenjača (589 ha), preborna bukovo-jelova šuma (384 ha) i dr. Zaštitne šume zauzimaju površinu od 45 ha.

Dobna struktura regularnih šuma po površinama, drvnjoj zalihi i prirastu prikazana je u tablici 4, a debljinska struktura prebornih bukovo-jelovih šuma po istim pokazateljima prikazana je u tablici 5.

Drvena zaliha na tom području iznosi 335 378 m³, odnosno 230 m³/ha. Oko 59 % ukupne drvene zalihe čini bukva. Uz bukvu u drvnjoj zalihi značajnije su zastupljeni kitnjak i jela.

Godišnji prirast iznosi 10 567 m³, odnosno 7,3 m³/ha u regularnim te 9,3 m³/ha u prebornim šumama. Iz dobne strukture sastojina (tablica 4) vidljivo je da u ukupnoj minski sumnjivoj površini najznačajnije sudjeluju srednjodobne i stare sastojine.

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi oko 4 tisuće m³, od čega su 500 m³ prorede, 1700 m³ glavni prihod jednodobnih šuma i 1800 m³ opći prihod prebornih šuma.

Tablica 4. Dobna struktura šuma na minski sumnjivim površinama
Table 4 Age structure of forests in mine-suspicious areas

UŠP Požega (regularne šume) <i>Forest administra- tion, Požega offi- ce (regular forests)</i>	Pokazatelj <i>Indicator</i>	Jed. mjere <i>Unit</i>	Dobni razred / <i>Age class</i>							Ukupno <i>Total</i>
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
	Površina <i>Area</i>	ha	34	9	420	236	269	3	18	989
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³		1 081	83 939	54 456	72 459	734	3 463	216 132
		m ³ /ha		120	200	231	269	245	192	226
	Prirast <i>Increment</i>	m ³		44	3 393	1 657	1 787	15	87	6 983
		m ³ /ha		4,9	8,1	7,0	6,6	5,0	4,8	7,3

Tablica 5. Debljinska struktura prebornih šuma na minski sumnjivim površinama
Table 5 Diameter structure of selection forests in mine-suspicious areas

UŠP Požega (preborne šume) <i>Forest administration, Požega office (selection forests)</i>	Pokazatelj <i>Indicator</i>	Jed. mjere <i>Unit</i>	Debljinski razredi / <i>Diameter class</i>			Ukupno <i>Total</i>
			10 – 30 cm	31 – 50 cm	> 50 cm	
	Površina <i>Area</i>	ha	384,00			
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³	37 541	65 680	16 025	119 246
		m ³ /ha	98	171	42	311
	Prirast <i>Increment</i>	m ³	1 301	1 974	309	3 584
		m ³ /ha	3,4	5,1	0,8	9,3

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA BJELOVAR FOREST ADMINISTRATION, BJELOVAR OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Bjelovar iznosi 11 427 ha, odnosno 9 % ukupne površine Uprave šuma. Na minski sumnjivim područjima nalazi se oko 75 km šumskih prometnica. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Te se površine nalaze na istočnim i jugoistočnim dijelovima Uprave šuma. Radi se, uglavnom, o brdskim područjima Psunja i Papuka. Minski sumnjivim površinama gospodare šumarije Pakrac (7727 ha) i Lipik (3696 ha).

Glavninu minski sumnjivih površina čine gospodarske šume (11 346 ha), i to sastojine uređajnih razreda bukovih sjemenjača (7427 ha), sjemenjača hrasta kitnjaka (933 ha) i bukovih panjača (576 ha).

Drvena zaliha na predmetnom području iznosi 2 315 378 m³, odnosno 240 m³/ha. Više od 65 % ukupne drvne zalihe čini bukva uz koju je značajnije zastupljen i hrast kitnjak (14 %) i obični grab (6 %).

Godišnji prirast iznosi 65 806 m³, odnosno 6,8 m³/ha.

Iz dobne strukture sastojine koja je prikazana u tablici 6 vidljivo je da se na 898 ha minski sumnjivih površina nalaze sastojine prvoga dobnoga razreda. Zbog izostanka njege i zaštite može se očekivati da je struktura ovih sastojina znatno narušena te će, u velikom broju slučajeva, nakon razminiranja trebati pristupiti njihovoj sanaciji.

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi 47,5 tisuća m³, od čega etat glavnoga prihoda 34 tisuće m³, a ostatak od 13,5 tisuća m³ su prorde.

Posebno velik problem na ovom području čini velik udio zrelih i prezrelih bukovih sastojina. Čak 1683 ha čine bukove sastojine starije od 100 godina, te se može očekivati da je u velikom dijelu ovih sastojina već smanjena kakvoća.

Tablica 6. Dobna struktura šuma na minski sumnjivim površinama
Table 6 Age structure of forests in mine-suspicious areas

Ukupno UŠP Bjelovar	Pokazatelj Indicator	Jed. mjere Unit	Dobni razred / Age class							Ukupno Total
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
Overall forest administrati on, Bjelovar office	Površina Area	ha	898	2 093	1 221	2 194	1 427	1 571	1 146	10 550
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		215 505	273 291	633 562	469 350	464 800	258 870	2 315 378
		m ³ /ha		103	224	289	329	296	226	240
	Prirast Increment	m ³		10 281	10 207	20 041	10 818	9 421	5 038	65 806
		m ³ /ha		4,9	8,4	9,1	7,6	6,0	4,4	6,8

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA SISAK FOREST ADMINISTRATION, SISAK OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Sisak iznosi 11 710,88 ha, odnosno 13 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

U ukupnoj minski sumnjivoj površini gospodarske šume sudjeluju s 11 520,13 ha, šume posebne namjene s 127,56 ha i zaštitne šume s 63,19 ha.

Drvena zaliha na tom području iznosi 2 293 649 m³, odnosno 221 m³/ha (tablica 7). Glavninu drvene zalihe čine bukva, kitnjak i lužnjak.

Godišnji prirast iznosi 91 802 m³, odnosno 9,00 m³/ha.

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi oko 28 tisuća m³, od čega je 12 tisuća m³ glavni prihod, a ostatak su prorode. U glavnom prihodu sudjeluje bukva s 3,6 tisuća m³, lužnjak s 2,2 tisuće m³, pitomi kesten s 2,1 m³, kitnjak s 1,6 m³ i dr. U prethodnom prihodu sudjeluje bukva s 3 tisuće m³, kitnjak s 2,7 tisuća m³, pitomi kesten s 2,5 tisuća m³, obični grab s 2,5 tisuća m³, poljski jasen s 2,4 tisuće m³, lužnjak s 1,8 tisuća m³ i dr.

Tablica 7. Dobna struktura šuma na minski sumnjivim površinama
Table 7 Age structure of forests in mine-suspicious areas

	Pokazatelj <i>Indicator</i>	Jed. mjere <i>Unit</i>	Dobni razred / <i>Age class</i>							Ukupno <i>Total</i>
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
Sveukupno UŠP Sisak <i>Overall forest administration, Sisak office</i>	Površina <i>Area</i>	ha	872	2 413	2 967	2 570	1 088	1 180	171	11 262
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³		308 799	593 048	642 901	332 622	375 243	41 036	2 293 649
		m ³ /ha		128	200	250	306	318	240	221
	Prirast <i>Increment</i>	m ³		20 057	28 771	22 491	9 247	9 736	1 500	91 802
	m ³ /ha		8,3	9,7	8,8	8,5	8,3		8,8	

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA KARLOVAC FOREST ADMINISTRATION, KARLOVAC OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Karlovac iznosi 4109,51 ha, odnosno 5 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Glavninu minski sumnjivih površina čine gospodarske šume (3237,63 ha), i to sastojine uređajnih razreda bukovih sjemenjača (1207 ha), kitnjakovih sjemenjača (606 ha), lužnjakovih sjemenjača (252 ha) i dr. Unutar gospodarskih šuma nalazi se i 223 ha šikara, neobrasloga proizvodnoga, neproizvodnoga i neplodnoga zemljišta. Zaštitne šume zauzimaju površinu od 862 ha, od kojih je u degradacijskom stadiju šikare 427 ha.

Drvena zaliha na tom području iznosi 840 829 m³, odnosno 230 m³/ha (tablica 8). Oko 38 % ukupne drvene zalihe čini bukva. Uz bukvu su u drvnj zalihi značajnije zastupljeni lužnjak, kitnjak i grab.

Osim regularnih šuma na tom se području nalazi 545 ha prebornih bukovo-jelovih šuma s drvnom zalihom od 129 608 m³ ili 238 m³/ha (tablica 9). Godišnji

prirast regularnih šuma iznosi 20 429 m³, odnosno 7,2 m³/ha, a prebornih šuma 3772 m³ ili 6,9 m³/ha (tablice 8 i 9).

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi oko 9700 m³, od čega su 2300 m³ prorede, 4800 m³ glavni prihod jednodobnih šuma i 2600 m³ opći prihod prebornih šuma.

Tablica 8. Dobna struktura šuma na minski sumnjivim površinama
Table 8 Age structure of forests in mine-suspicious areas

UŠP Karlovac (regularne šume) Forest administration, Karlovac office (even-aged forests)	Pokazatelj Indicator	Jed. mjere Unit	Dobni razred / Age class							Ukupno Total
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
	Površina Area	ha	274	724	701	200	373	343	503	3 118
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		91 847	160 225	52 858	134 966	132 963	138 362	711 221
	Prirast Increment	m ³ /ha		127	229	264	362	388	275	250
		m ³		4 655	6 215	1 477	3 059	2 251	2 772	20 429
		m ³ /ha		6,4	8,9	7,4	8,2	6,6	5,5	7,2

Tablica 9. Debljinska struktura prebornih šuma na minski sumnjivim površinama
Table 9 Diameter structure of selection forests in mine-suspicious areas

UŠP Karlovac (Preborne šume) Forest administration, Karlovac office (selection forests)	Pokazatelj Indicator	Jed. mjere Unit	Debljinski razredi / Diameter class			Ukupno Total
			10 – 30 cm	31 – 50 cm	> 50 cm	
	Površina Area	ha				544,50
	Drvena zaliha Growing stock	m ³	28 864	66 480	34 264	129 608
	Prirast Increment	m ³ /ha	53	122	63	238
		m ³	990	1 930	852	3 772
		m ³ /ha	1,8	3,5	1,6	6,9

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA OGULIN FOREST ADMINISTRATION, OGULIN OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Ogulin iznosi 6 470,37 ha, odnosno 10 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Glavninu minski sumnjivih površina čine gospodarske šume (6123 ha), i to preborne bukovo-jelove šume (4558 ha). Unutar gospodarskih šuma nalazi se 437,15 ha šikara, neobraslih proizvodnih i neplodnih zemljišta.

Zaštitne šume zauzimaju ukupnu površinu od 347,48 ha, i to 271 ha unutar regularnih šuma, a 76,48 ha unutar prebornih šuma.

Drvena zaliha na minski sumnjivom području iznosi 1674 125 m³, odnosno 280 m³/ha. Drvena zaliha regularnih šuma iznosi 115 062 m³, a prebornih 1 548

867 m³ (tablica 10 i 11). Oko 45 % ukupne drvene zalihe čini bukva, jela 40 %, od ostalih vrsta značajnije je zastupljena smreka.

Godišnji prirast iznosi 32 527 m³, odnosno 5,4 m³/ha.

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi oko 24 tisuće m³. Etat glavnoga prihoda je 6,4 tisuća m³, etat prethodnoga prihoda 6,8 tisuća m³, a etat prebornih šuma 230 tisuća m³.

Glavni prihod u regularnim šumama u cijelosti se odnosi na bukvu, a na nju se odnosi i 60 % prethodnoga prihoda. U etatu prebornih šuma najviše je zastupljena bukva s 116 tisuća m³, zatim slijede jela s 82 tisuće m³, ostala tvrda bjelogorica s 17 tisuća m³, smreka s 14,6 m³ i dr.

Tablica 10. Dobna struktura regularnih šuma na minski sumnjivim površinama
Table 10 Age structure of forests in mine-suspicious areas

UŠP Ogulin (Regularne šume) <i>Forest administration, Ogulin office (even-aged forests)</i>	Pokazatelj <i>Indicator</i>	Jed. mjere <i>Unit</i>	Dobni razred / <i>Age class</i>							Ukupno <i>Total</i>
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
	Površina <i>Area</i>	ha	22	237	679	177		88	55	1 258
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³		17 728	48 813	25 726		16 520	6 275	115 062
		m ³ /ha			72	145		189		93
	Prirast <i>Increment</i>	m ³		597	1 481	575		358	131	3 142
		m ³ /ha			2,2	3,2		4,1		2,5

Tablica 11. Debljinska struktura prebornih šuma na minski sumnjivim površinama
Table 11 Diameter structure of selection forests in mine-suspicious areas

UŠP Ogulin (Preborne šume) <i>Forest administration, Ogulin office (selection forests)</i>	Pokazatelj <i>Indicator</i>	Jed. mjere <i>Unit</i>	Debljinski razredi / <i>Diameter class</i>			Ukupno <i>Total</i>
			10 – 30 cm	31 – 50 cm	> 50 cm	
	Površina <i>Area</i>	ha				4 713,06
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³	232 874	565 202	760 987	1 559 063
		m ³ /ha	49	120	161	331
	Prirast <i>Increment</i>	m ³				29 385
		m ³ /ha		0,0	0,0	0,0

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA DELNICE FOREST ADMINISTRATION, DELNICE OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Delnice iznosi 99 ha. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Minski sumnjivu površinu čine odsjeci 21a i 21b u gospodarskoj jedinici Čarapine drage i odsjeci 53a i 54a u gospodarskoj jedinici Ravna gora. Ukupna drvena zaliha na minski sumnjivom području iznosi oko 38 tisuća m³, godišnji tečajni prirast oko 700 m³ i desetogodišnji etat 5730 m³.

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA SENJ
FOREST ADMINISTRATION, SENJ OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Senj iznosi 68 ha. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Minski sumnjivu površinu čine odsjeci 54a, 83a i 83b u gospodarskoj jedinici Nadžak-bilo. Struktura drvne zalihe na tom području prikazana je u tablici 12.

Tablica 12. Debljinska struktura drvne zalihe
Table 12 Diameter structure of Growing stock

Sveukupno UŠP Senj (preborne šume) <i>Overall forest administration, Senj office (selection forests)</i>	Pokazatelj <i>Indicator</i>	Jed. mjere <i>Unit</i>	Debljinski razredi / <i>Diameter class</i>			Ukupno <i>Total</i>
			10 – 30 cm	31 – 50 cm	> 50 cm	
	Površina <i>Area</i>	ha				68,00
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³	4 880	8 556	4 207	17 643
		m ³ /ha	72	126	62	259
	Prirast <i>Increment</i>	m ³				292
		m ³ /ha	0,0	0,0	0,0	4,3

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA GOSPIĆ
FOREST ADMINISTRATION, GOSPIĆ OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Gospić iznosi 36 852 ha, odnosno 12 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

Glavninu minski sumnjivih površina čine gospodarske šume (34 338 ha). Uglavnom se radi o bukovim (sjemenjače i panjače) i jelovim šumama. Šume posebne namjene zauzimaju manju površinu (177 ha) i odnose se pretežno na park-šume, dok su zaštitne šume zastupljene s površinom od 2338 ha, gdje je neobrasloga proizvodnoga i neproizvodnoga zemljišta 165 ha.

Drvena zaliha na minski sumnjivom području iznosi 6 004 807 m³, odnosno 200 m³/ha. Oko 70 % ukupne drvne zalihe čini bukva, od ostalih vrsta značajnije je zastupljena jela. Drvena zaliha regularnih šuma iznosi 2 117 162 m³ ili 151 m³/ha (tablica 13), a prebornih šuma 3 632 459 m³ ili 257 m³/ha (tablica 14).

Godišnji prirast za preborne i regularne šume iznosi 134 436 m³ odnosno 4,4 m³/ha. Za regularne šume je 56 889 m³ ili 4,1 m³/ha, a za preborne šume 77 547 m³ ili 4,9 m³/ha (tablice 13 i 14).

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi oko 86 tisuća m³. Etat glavnoga prihoda u regularnim šumama iznosi 2,6 tisuća m³, prethodnoga prihoda 21,5 tisuća m³, a prebornih šuma 61,7 tisuća m³.

Tablica 13. Dobna struktura regularnih šuma na minski sumnjivim površinama
 Table 13 Age structure of forests in mine-suspicious areas

UŠP Gospić (regularne šume) Forest administration, Gospić office (regular forests)	Pokazatelj Indicator	Jed. mjere Unit	Dobni razred / Age class							Ukupno Total
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
	Površina Area	ha	199	4 891	4 809	3 123	618	520	44	14 205
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		563 556	674 311	580 512	130 529	155 160	13 094	2 117 162
	Prirast Increment	m ³ /ha		115	140	186	211	298	296	151
		m ³		17 162	19 279	13 689	3 260	3 245	254	56 889
		m ³ /ha		3,5	4,0	4,4	5,3	6,2	5,7	4,1

Tablica 14. Debljinska struktura prebornih šuma na minski sumnjivim površinama
 Table 14 Diameter structure of selection forests in mine-suspicious areas

UŠP Gospić (Preborne šume) Forest administration, Gospić office (selection forests)	Pokazatelj Indicator	Jed. mjere Unit	Debljinski razredi / Diameter class			Ukupno Total
			10 – 30 cm	31 – 50 cm	> 50 cm	
	Površina Area	ha				15 861,87
	Drvena zaliha Growing stock	m ³	1 313 695	1 544 304	1 029 646	3 887 645
	Prirast Increment	m ³ /ha	83	97	65	245
		m ³				77 547
		m ³ /ha				4,9

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA SPLIT FOREST ADMINISTRATION, SPLIT OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Split iznosi 49 264,71 ha, odnosno 9 % ukupne površine. Prikaz strukture po uzgojnim oblicima, vrstama drveća i degradacijskim stadijima na minski sumnjivim površinama po uređajnim razredima i namjeni daje se u tablici 14.

Glavninu minski sumnjivih površina čine gospodarske šume. Kako se radi o površinama koje u vrijeme postavljanja minskih polja nisu bile uređene, nismo u mogućnosti iskazati drvenu zalihu i prirast na navedenim površinama.

S obzirom na to da raspoložemo podatcima za regularne šume visokoga (bjelogorica i crnogorica) i niskoga (bjelogorica) uzgojnoga oblika, te za degradacijske stadije tih šuma na mediteranskom i submediteranskom području, a na kojim se staništima nalaze šume Uprave šuma podružnice Split, u mogućnosti smo obaviti procjenu koja će zadovoljiti bit ovoga rada i odgovoriti na temeljna pitanja (Matić 1981, 1983, 1989, Rauš i Matić 1984). Pritom ćemo imati na umu stanišne uvjete na kojima se nalaze te sastojine, kao i stanje šuma posebno glede uzgojnoga oblika i degradacijskih stadija.

Tablica 15. Prikaz minske sumnjivih površina Uprave šuma podružnice Split
Table 15 Review of mine-suspicious areas of Forest administration, Split office

	Namjena <i>Purpose of forests</i>	Uredajni razred <i>Management class</i>	Površina <i>Area, ha</i>
Rekapitulacija za UŠP Split <i>Recapitulation for the area of forest administra- tion, Split office</i>	Gospodarske šume <i>Commercial forests</i>	Bukove sjemenjača	848,37
		Crni bor	813,19
		Alepski bor	934,26
		Medunčeva panjača	6 265,66
		Bukova panjača	1 518,22
		Panjača crnoga graba	52,96
		Šikara	20 528,71
		Šibljak	8 976,35
		Makija	1 498,00
		Garig	1 553,27
		Neobraslo proizvodno	4 846,17
		Neobraslo neproizvodno	354,46
	Neploidno	1 009,60	
	Ukupno gospodarske šume / <i>Total commercial forests</i>		49 199,22
Zaštitne šume <i>Protective forest</i>	Crni bor	21,32	
	Alepski bor	44,17	
Ukupno zaštitne šume / <i>Total protective forests</i>		65,49	
Sveukupno UŠP Split / <i>Overall forest administration, Split office</i>			49 264,71

Vrlo je važno imati podatke o biomasi na tom području s obzirom na činjenicu da šume svih uzgojnih oblika i degradacijskih stadija mediteranskoga i submediteranskoga područja imaju značajnu općekorisnu funkciju. U posljednje vrijeme sve više dolazi do izražaja i njihova gospodarska vrijednost posebno u proizvodnji biomase za bioenergiju koja će dobro poslužiti za proizvodnju topline, električne energije, bioplina, biogoriva, za hlađenje i dr.

Sve navedeno pokazuje da ne smijemo zanemariti gospodarsku i općekorisnu vrijednost šuma na tom području. Biomasa je jedan od značajnih čimbenika kojim se služimo pri računanju vrijednosti tih šuma.

Imajući na umu navedenu literaturu i druge podatke, te naše iskustvo u procjeni prosječnih drvnih zaliha ili biomase i postotka prirasta u šumama različitih vrsta drveća, uzgojnih oblika i degradacijskih stadija mediteranskoga i submediteranskoga područja, obavili smo procjenu za konkretne minske sumnjive površine.

Gospodarske i zaštitne šume visokoga uzgojnoga oblika, prema našoj procjeni, imaju ovu prosječnu drvenu zalihu: bukove šume 250 m³/ha, šume crnoga bora 150 m³/ha, a alepskoga bora 170 m³/ha. Medunčeve panjače imaju 120 m³/ha, bukove 150 m³/ha, a crnoga graba 100 m³/ha. Degradacijski stadij šikara i makija imaju 50 m³/ha, a šibljaka i gariga 25 m³/ha. Postotak prirasta za sve vrste drveća, uzgojne oblike i degradacijske stadije procijenili smo s 2 %.

Na osnovi navedenih podataka izračunali smo za konkretne površine drvenu zalihu i prirast za sve obrasle površine koje su minske onečišćene. Unutar gospodarskih šuma šume visokoga uzgojnoga oblika zauzimaju površinu od 2 595,82 ha s

volumenom od 492 896 m³ i godišnjim prirastom od 9858 m³. Šume niskoga uzgojnoga oblika ili panjače zauzimaju površinu od 7836,84 ha s volumenom od 984 855 m³ i godišnjim tečajnim prirastom od 19 697 m³. Degradirane šume (šikare, makije, šibljaci, garizi) zauzimaju površinu od 32 556,33 ha s volumenom od 1 364 557 m³ i godišnjim tečajnim prirastom od 27 288 m³. Zaštitne šume zauzimaju površinu od 65,49 ha šuma crnoga i alepskoga bora s volumenom od 10 707 m³ i godišnjim tečajnim prirastom od 214 m³.

Ukupna površina, koja je obrasla šumama i koja je na području UŠP Split onečišćena minama, rasprostire se na 43 054,51 ha s volumenom od 2 853 015 m³ i godišnjim tečajnim prirastom od 57 057 m³. Pri ovom obračunu izostavili smo površine koje nisu obrasle šumom, a koje se odnose na 6210,23 ha neobrasloga proizvodnoga i neproizvodnoga te neplodnoga tla.

UPRAVA ŠUMA PODRUŽNICA NOVA GRADIŠKA FOREST ADMINISTRATION, NOVA GRADIŠKA OFFICE

Minski sumnjiva površina šuma i šumskih zemljišta kojima gospodari Uprava šuma podružnica Nova Gradiška iznosi 11 944,94 ha, odnosno 15 % ukupne površine Uprave šuma. Detaljan prikaz prostorne raspodjele minski sumnjivih površina po gospodarskim jedinicama donosimo na slici 2.

U ukupnoj minski sumnjivoj površini gospodarske šume sudjeluju s 11 800,57 ha, i to sastojine uređajnih razreda bukovih sjemenjača (4150 ha), kitnjakovih sjemenjača (2945 ha), lužnjakovih sjemenjača (1760 ha), jasenovih sjemenjače (775,30 ha), kitnjakovih panjača (798,79 ha) i dr. Unutar gospodarskih šuma nalazi se i 697,86 ha neobrasloga proizvodnoga, neproizvodnoga i neplodnoga zemljišta. Zaštitne šume zauzimaju površinu od 3,85 ha, a šume posebne namjene u površini od 140,53 ha, od kojih su 55,17 ha posebni rezervat lužnjakove sjemenjače, 43,42 posebni rezervat bukove sjemenjače, 37,79 ha sjemenska kitnjakova sastojina te 415 ha neobraslo proizvodno zemljište.

Drvena zaliha na tom području iznosi 3 096 020 m³, odnosno 309 m³/ha. Glavninu drvene zalihe čine bukva, kitnjak i lužnjak (tablica 16).

Tablica 16. Dobna struktura šuma na minski sumnjivim površinama
Table 16 Age structure of forests in mine-suspicious areas

Ukupno UŠP Nova Gradiška Overall forest admin- istration, Nova Gra- diška office	Pokaza- telj Indicator	Jed. mjere Unit	Dobni razred / Age class							Ukupno Total
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
	Površina Area	ha	1 201	1 709	2 133	3 118	1 940	468	667	11 236
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		273 958	524 403	1 038 285	797 000	195 610	266 764	3 096 020
	Prirast	m ³ /ha		160	246	333	411	418	400	309
	Incre- ment	m ³ /ha		13 780	18 874	26 584	17 128	3 915	4 683	84 964
		m ³ /ha		8,1	8,8	8,5	8,8	8,4	7,0	8,5

Godišnji prirast iznosi $84\,964\text{ m}^3$, odnosno $8,5\text{ m}^3/\text{ha}$.

Prosječni godišnji etat, prema važećim gospodarskim osnovama, iznosi oko 37 tisuća m^3 , od čega je 11 tisuća m^3 glavni prihod, a 26 tisuća m^3 su prorede. U glavnom prihodu sudjeluje bukva s $5,2$ tisuća m^3 , lužnjak s $1,6$ tisuće m^3 , smreka s $1,7\text{ m}^3$, kitnjak s $1,3\text{ m}^3$ i dr. Prethodni prihod čini bukva s $11,7$ tisuće m^3 , kitnjak s $5,2$ tisuća m^3 , lužnjak s $3,4$ tisuća m^3 , obični grab s $1,6$ tisuća m^3 , poljski jasen s $1,6$ tisuće m^3 i dr.

RASPRAVA DISCUSSION

Istražujući šumske površine koje su minski onečišćene u Republici Hrvatskoj težište smo dali na uređene šume kojima upravlja trgovačko društvo Hrvatske šume d.o.o. Zagreb. Te su šume za razliku od privatnih sve uređene i o njima imamo sve podatke zajedno s gospodarskim kartama. Privatne šume zauzimaju relativno malu površinu, one su pretežno regularne šume niskoga uzgojnoga oblika, a većina nije uređena. To je glavni razlog što u ovom razmatranju nismo uzeli i te šume.

Rezultate smo istraživanja prikazali u ovom tekstu uz priložene 2 slike i 16 tablica. Iz iznesenih rezultata istraživanja dobili smo podatke o strukturi sastojina na području 13 uprava šuma koje su onečišćene minama. Posebno smo nastojali dati informaciju o površinama, namjeni šuma, značajnijim uređajnim razredima, drvnj zalih i prirastu ukupnom i po hektaru. Struktura je sastojine prikazana po dobnim razredima za regularne šume i debljinskim za preborne šume. Također smo prikazali prosječni godišnji etat te etat glavnoga i prethodnoga prihoda s glavnim vrstama drveća koje sudjeluju u etatu.

Da bi nam izneseni rezultati bili pregledniji i pogodniji za raspravu, u tablici 17 donosimo rekapitulaciju osnovnih podataka po upravama šuma, a odnose se na površinu, drvenu zalihu, godišnji prirast i prosječni godišnji etat za gospodarske šume, zaštitne šume i šume s posebnom namjenom.

Iz tablice 17 vidljivo je da je u Hrvatskoj minama onečišćeno $159\,064,35$ ha i da se na tom prostoru nalazi drvena zaliha od $20\,715\,952\text{ m}^3$, s godišnjim prirastom od $608\,317\text{ m}^3$ i prosječnim godišnjim etatom od $343\,732\text{ m}^3$. Ako bi vrijednostima ukupne drvene zalihe i prirasta dodali vrijednosti tih parametara koje smo izračunali za Upravu šuma podružnicu Split, gdje je drvena zaliha iznosila $2\,853\,015\text{ m}^3$ i godišnji tečajni prirast od $57\,057\text{ m}^3$, onda bi ukupna drvena zaliha na minski sumnjivim površinama iznosila $23\,569\,447\text{ m}^3$, a prirast $665\,374\text{ m}^3$.

Najveća površina minski sumnjivih šuma nalazi se na području Uprave šuma podružnice Split i iznosi $49\,264,71$ ha. S obzirom na to da su te šume u doba domovinskoga rata bile neuređene, proračun je temeljen na točnim površinama, a drvene zalihe i prirast na osnovi literature i poznavanja strukture tih šuma. Kako smo naprijed naveli, na tim se površinama nalaze šume visokoga i niskoga uzgojnoga oblika i degradirane šume makija, šibljaka i gariga kod kojih je procijenjen volumen od $2\,853\,015\text{ m}^3$ i godišnji tečajni prirast od $57\,057\text{ m}^3$.

Na drugom je mjestu po minski sumnjivim površinama Uprava šuma područnica Gospić s površinom od 36 852,82 ha, s drvnom zalihom od 6 004 807 m³, godišnjim prirastom od 134 436 m³ i prosječnim godišnjim etatom od 85 798 m³.

Na trećem je mjestu po minski sumnjivim površinama Uprava šuma područnica Osijek s površinom od 13 827,82 ha, s drvnom zalihom od 1 671 974 m³, godišnjim prirastom od 81 659 m³ i prosječnim godišnjim etatom od 73 288 m³.

Najmanja površina po minski sumnjivim površinama je Uprava šuma područnica Senj s površinom od 68,00 ha, s drvnom zalihom od 17 643 m³, godišnjim prirastom od 292 m³.

U tablica 18 prikazana je površina šuma i šumskih zemljišta po uređajnim razredima kao rekapitulacija za cijelo područje Hrvatskih šuma d.o.o. Od cijeloga područja minski sumnjivih površina (159 064,35 ha) gospodarske šume zauzimaju 150 720,51 ha, zaštitne šume 3 826,81 ha, a šume posebne namjene 4 517,03 ha.

Po uređajnim razredima šuma visokoga uzgojnoga oblika najveće površine zauzima razred bukovih sjemenjača s površinom od 30 067,77 ha. Uredajni bukovo-jelov razred zauzima 11 100,94 ha, a zatim slijedi uređajni razred kitnjaka, lužnjaka i dr. Uredajni razred niskoga uzgojnoga oblika zastupljen je s panjačama na 25 349,43 ha. Od degradiranih šuma najveću površinu zauzimaju šikare s površinom 23 770,07 ha. U šumama posebne namjene najveću površinu ima uređajni razred posebni rezervati s površinom 3689,44 ha.

U tablici 19 prikazana je dobna struktura regularnih šuma na minski sumnjivim područjima kao rekapitulacija za cijelo područje kojim gospodare Hrvatske šume d.o.o. Iz tablice je vidljivo da je ukupna površina regularnih šuma 71 206 ha s drvnom zalihom od 14 964 927 m³ ili 228 m³/ha, te da je godišnji prirast 493 037 m³ odnosno 7,5 m³/ha. Od navedene ukupne površine 96 % odnosi se na gospodarske šume, a ostalo su zaštitne i šume posebne namjene.

Sastojine do dobi od 40 godina, odnosno I. i II. dobni razred, zauzimaju površinu od 20 313 ha ili 29 % ukupne minski sumnjive površine. To su dva najmlađa dobna razreda u kojima su nužni čišćenje i prve prorede o kojima ovisi kvalitetna i proizvodna budućnost tih sastojina.

Sastojine u dobi od 101 do 140 godina, odnosno V, VI. i VII. dobno razreda, imaju površinu od 18 909 ha ili 27 % od ukupne površine. U sastojinama te dobi nužno je izvoditi njegu proredom ili pripremu za obnovu provodeći zahvate pripremnoga, naplrodnoga i dovršnoga sijeka. Neprovođenjem tih zahvata sastojine stare, fiziološki slabe i postupno propadaju bez osiguranoga pomlađivanja.

Iz podataka u tablici 19 vidljivo je da se 56 % sastojina nalazi u najmlađoj i najstarijoj dobi, a to je životna dob kad su njega i obnova nužne i odlučujuće za njihov opstanak i kvalitetan razvoj.

Debljinska struktura prebornih šuma na minski sumnjivim područjima – rekapitulacija za cijelo područje kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o. – prikazana je u tablici 20. Iz tablice je vidljivo da je ukupna površina prebornih šuma 21 571 ha s drvnom zalihom od 5 751 205 m³ ili 267 m³/ha, te da je godišnji prirast 115 280

m³ odnosno 5,3 m³/ha. Od navedene ukupne površine 92 % odnosi se na gospodarske šume, a ostalo su zaštitne i šume posebne namjene.

Iz tablice 20 vidljivo je da preborne šume imaju gotovo normalnu prebornu strukturu glede postotnih odnosa debljinskih razreda koji su 28 % : 40 % : 32 % u odnosu na normalnu koja bi trebala biti 20 % : 30 % : 50 %. Izostankom prebornih zahvata koji omogućuju održavanje optimalne preborne strukture i pomlađivanja ove će šume postupno prelaziti u neku od faza prašume u kojoj će prevladavati faza starenja, raspadanja i propadanja (Matić 2001, Matić, Anić i Oršanić 2003, Prpić i dr. 2005).

Prosječni 10-godišnji etat na minski sumnjivim površinama – rekapitulacija za Hrvatske šume d.o.o. – prikazan je u tablici 21. Ukupni etat od 3 437 311 m³ ostvario bi se na 58 667 ha. Etat glavnoga prihoda sudjeluje s 43 % drvne zalihe u ukupnom etatu, etat u prebornim šumama s 26 %, a etat prethodnoga prihoda s 31 %. Dominantno mjesto u ukupnom etatu od 35 % ima bukva, i u etatu glavnoga i prethodnoga prihoda i u etatu prebornih šuma.

Tablica 17. Rekapitulacija po upravama šuma
Table 17 Recapitulation for the area of Forest Administration

Uprava šuma podružnica <i>Forest administration, office</i>	Osnovni podaci o šumama i šumskim zemljištima na minski sumnjivim područjima <i>Basic data of forests and forestland in mine-suspicious areas</i>				
	Namjena šume i šumskoga zemljišta <i>Purpose of forest and forestland</i>	Površina Area ha	Drvena zaliha <i>Growing stock</i> m ³	Godišnji prirast <i>Annual increment</i> m ³	Prosječni godišnji etat <i>Average annual allowable cut,</i> m ³
VINKOVCI	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	6 103,85	877 572	31 317	21 606
	Šume s posebnom namjenom / <i>Special purpose forests</i>	432,51	99 397	2 402	
	UKUPNO	6 536,36	976 969	33 719	21 606
OSIJEK	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	10 304,81	1 504 871	77 487	73 288
	Šume s posebnom namjenom / <i>Special purpose forests</i>	3 523,01	167 103	4 172	
	UKUPNO	13 827,82	1 671 974	81 659	73 288
NAŠICE	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	5 170,13	1 411 755	46 073	11 910
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	29,74	1 091	81	
	Šume s posebnom namjenom / <i>Special purpose forests</i>	97,82	38 334	1 490	
	UKUPNO	5 297,69	1 451 180	47 644	11 910
POŽEGA	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	1 410,01	327 394	10 461	4 041
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	45,45	7 984	106	
	UKUPNO	1 455,46	335 378	10 567	4 041

Uprava šuma podružnica <i>Forest administration, office</i>	Osnovni podaci o šumama i šumskim zemljištima na minske sumnjivim područjima <i>Basic data of forests and forestland in mine-suspicious areas</i>				
	Namjena šume i šumskoga zemljišta <i>Purpose of forest and forestland</i>	Površina Area ha	Drvena zaliha <i>Growing stock</i> m ³	Godišnji prirast <i>Annual increment</i> m ³	Prosječni godišnji etat <i>Average annual allowable cut,</i> m ³
BJELOVAR	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	11 346,27	2 267 484	64 911	47 596
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	62,50	11 186	261	
	Šume s posebnom namjenom / <i>Special purpose forests</i>	18,71	36 708	634	
	UKUPNO	11 427,48	2 315 378	65 806	47 596
SISAK	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	11 520,13	2 267 485	90 692	27 852
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	63,19	3 938	189	
	Šume s posebnom namjenom / <i>Special purpose forests</i>	127,56	22 226	921	
	UKUPNO	11 710,88	2 293 649	91 802	27 852
KARLOVAC	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	3 237,63	765 844	21 861	9 746
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	871,88	74 985	2 340	
	UKUPNO	4 109,51	840 829	24 201	9 746
OGULIN	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	6 123,18	1 638 678	31 641	24 351
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	347,19	35 447	886	
	UKUPNO	6 470,37	1 674 125	32 527	24 351
DELNICE	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	99,00	38 000	700	573
	UKUPNO	99,00	38 000	700	573
SENJ	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	68,00	17 643	292	
	UKUPNO	68,00	17 643	292	0
GOSPIĆ	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	34 337,71	5 652 584	126 213	85 798
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	2 337,53	290 773	6 609	
	Šume s posebnom namjenom / <i>Special purpose forests</i>	176,89	61 450	1 614	
	UKUPNO / TOTAL	36 852,13	6 004 807	134 436	85 798
SPLIT	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	49 199,22			
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	65,49			
	UKUPNO / TOTAL	49 264,71	0	0	0
NOVA GRADIŠKA	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	11 800,57	3 021 901	83 922	36 971
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	3,84	1 595	28	
	Šume s posebnom namjenom / <i>Special purpose forests</i>	140,53	72 524	1 014	
	UKUPNO / TOTAL	11 944,94	3 096 020	84 964	36 971
Sveukupno HŠ d.o.o. <i>Overall HŠ d.o.o.</i>	Gospodarske šume / <i>Commercial forests</i>	150 720,51	19 791 211	585 570	343 732
	Zaštitne šume / <i>Protective forests</i>	3 826,81	426 999	10 500	0
	Šume s posebnom namjenom / <i>Special purpose forests</i>	4 517,03	497 742	12 247	0
	UKUPNO / TOTAL	159 064,35	20 715 952	608 317	343 732

Tablica 18. Površina šuma i šumskih zemljišta po uređajnim razredima – rekapitulacija za HŠ d.o.o.
 Table 18 Recapitulation of forest and forestland in HŠ d.o.o. for the management class

	Namjena <i>Purpose of forest</i>	Uredajni razred <i>Management class</i>	Površina <i>Area</i> ha	
Rekapitulacija za HŠ d.o.o. <i>Recapitulation of HŠ d.o.o.</i>	Gospodarske šume <i>Commercial forests</i>	Sjemenjača hrasta lužnjaka	7 185,52	
		Sjemenjača hrasta kitnjaka	8 940,11	
		Bukova sjemenjača	30 067,77	
		Sjemenjača poljskoga jasena	2 386,01	
		Ostale sjemenjače – bjelogorica	6 936,40	
		Jela i bukva	11 100,94	
		Ostale sjemenjače – crnogorica	2 237,89	
		Panjače	25 349,43	
		Kulture	2 958,15	
		Plantaže	2 469,91	
		Šikare	23 770,07	
		Šibljadi	8 976,35	
		Makije	1 498,00	
		Garizi	1 553,27	
		Neobraslo proizvodno	11 537,33	
		Neobraslo neproizvodno	1 788,76	
		Neploidno	1 964,60	
		Ukupno gospodarske šume / <i>Total commercial forests</i>		150 720,51
		Ukupno zaštitne šume / <i>Total protective forests</i>		3 826,81
		Šume posebne namjene <i>Special purpose forests</i>	Sjemenske sastojine	180,27
	Posebni rezervati		3 689,44	
	Značajni krajolici		305,44	
	Park-šume		136,98	
	Šuma za odmor i rekreaciju		17,82	
	Šuma za znanst. istr.		55,37	
		Šuma za vojne potrebe	2,73	
		Ostale namjene	128,98	
		Ukupno šume posebne namjene / <i>Total special purpose forests</i>	4 517,03	
		Sveukupno svi oblici namjene / <i>Overall all kind of purpose of forest</i>	159 064,35	

Tablica 19. Dobna struktura regularnih šuma – rekapitulacija za HŠ d.o.o.
 Table 19 Recapitulation of regular forest in HŠ d.o.o. for the age class

Namjena šume Purpose of forest	Poka- zatelj Indica- tor	Jed. mjere Unit	Dobni razred / Age class							Ukupno / Total
			I	II	III	IV	V	VI	VII	
Ukupno gospo- darske šume Total com- mercial forests	Površina Area	ha	5 573	14 416	16 426	14 256	8 079	5 268	3 989	68 007
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		1 768 269	3 176 360	3 796 795	2 699 490	1 666 172	1 198 482	14 305 568
		m ³ /ha		123	193	266	334	316	300	229
	Prirast Increment	m ³		88 643	129 160	117 829	70 552	39 778	30 326	476 288
		m ³ /ha		6,1	7,9	8,3	8,7	7,6	7,6	7,6
Ukupno zaštitne šume Total protec- tive fo- rests	Površina Area	ha	73	117	557	495	63	34	201	1 540
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		9 255	57 152	60 567	12 144	6 190	46 526	191 834
		m ³ /ha		79	103	122	193	182	231	131
	Prirast Increment	m ³		549	1 849	1 428	188	173	977	5 164
		m ³ /ha		4,7	3,3	2,9	3,0	5,1	4,9	3,5
Ukupno šume poseb- ne nam- jene Total special purpose forests	Površina Area	ha	43	91	162	88	351	482	442	1 659
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		10 967	25 434	24 382	81 443	136 512	188 787	467 525
		m ³ /ha		121	157	277	232	283	427	289
	Prirast Increment	m ³		636	1 462	596	2 200	2 978	3 713	11 585
		m ³ /ha		7,0	9,0	6,8	6,3	6,2	8,4	7,2
Sveuku- pno Overall	Površina Area	ha	5 689	14 624	17 145	14 839	8 493	5 784	4 632	71 206
	Drvena zaliha Growing stock	m ³		1 788 491	3 258 946	3 881 744	2 793 077	1 808 874	1 433 795	14 964 927
		m ³ /ha		122	190	262	329	313	310	228
	Prirast Increment	m ³		89 828	132 471	119 853	72 940	42 929	35 016	493 037
		m ³ /ha		6,1	7,7	8,1	8,6	7,4	7,6	7,5

Tablica 20. Debljinska struktura prebornih šuma – rekapitulacija za HŠ d.o.o.
Table 20 Recapitulation of selection forest in HŠ d.o.o. for the diameter class

Namjena šume <i>Purpose of forest</i>	Pokazatelj <i>Indicator</i>	Jed. mjere <i>Unit</i>	Debljinski razredi / <i>Diameter class</i>			Ukupno <i>Total</i>
			10 – 30 cm	31 – 50 cm	> 50 cm	
Ukupno gospodarske preborne šume <i>Total commercial selection forests</i>	Površina / <i>Area</i>	ha				19 775,99
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³	1 498 929	2 182 654	1 804 240	5 485 823
		m ³ /ha	76	110	91	277
	Prirast <i>Increment</i>	m ³ m ³ /ha				109 282 5,5
Ukupno zaštitne preborne šume <i>Total protective selection forests</i>	Površina / <i>Area</i>	ha				1 746,70
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³	113 104	95 561	26 500	235 165
		m ³ /ha	65	55	15	135
	Prirast <i>Increment</i>	m ³ m ³ /ha				5 336 3,1
Ukupno preborne šume posebne namjene <i>Total special purpose selection forests</i>	Površina / <i>Area</i>	ha				48,74
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³	5 821	10 007	14 389	30 217
		m ³ /ha	119	205	295	620
	Prirast <i>Increment</i>	m ³ m ³ /ha				662 13,6
Sveukupno preborne šume <i>Overall selection forests</i>	Površina / <i>Area</i>	ha				21 571,43
	Drvena zaliha <i>Growing stock</i>	m ³	1 617 854	2 288 222	1 845 129	5 751 205
		m ³ /ha	75	106	85	267
	Prirast <i>Increment</i>	m ³ m ³ /ha				115 280 5,3

Tablica 21. Etat – rekapitulacija za HŠ d.o.o.
Table 21 Recapitulation of allowable cut in HŠ d.o.o.

Vrsta drveća <i>Tree species</i>	Prosječni 10-godišnji etat / <i>Average 10-years allowable cut</i>			
	Glavni prihod <i>Felling</i>	Prebor <i>Selection</i>	Prethodni prihod <i>Thinning</i>	Ukupno <i>Total</i>
Lužnjak / <i>Pedunculata oak</i>	82 886		97 879	180 765
Kitnjak / <i>Sessile oak</i>	90 038	175	65 113	155 326
Bukva / <i>Beech</i>	374 585	616 293	438 255	1 429 133
Poljski jasen / <i>Ash</i>	23 793		45 583	69 376
Grab / <i>Hornbeam</i>	29 987		119 083	149 070
Jela / <i>Fir</i>	5 812	206 230	2 429	214 471
Smreka / <i>Spruce</i>	7 625	18 812	16 987	43 424
Ostale vrste / <i>Other</i>	875 592	54 782	265 372	1 195 746
UKUPNO / <i>TOTAL</i>	1 490 318	896 292	1 050 701	3 437 311
Površina / <i>Area</i> ha	5 103,50	14 647,27	38 915,90	58 667

Iz prethodno iznesenih podataka o šumama i šumskom zemljištu na minske sumnjivim površinama razvidno je da se na površini od 159 064,35 ha, koja u kontinuitetu obuhvaća 13 uprava šuma od Splita do Vinkovaca, nalaze prirodne, raz-

nolike i vrijedne šume i šumska zemljišta. Njihova se vrijednost odražava i u gospodarskim odnosno sirovinsko-energetskim i u općekorisnim dobrima izraženima u ekološkim, društvenim ili socijalnim i socijalno-ekofiziološkim funkcijama. Ta vrijednost ne može biti zanemarena, a da bi se o njoj moglo argumentirano raspravljati, moraju se poznavati njezine vrijednosti iskazane u konkretnim novčanim pokazateljima. Za tu svrhu služili smo se našim konkretnim podacima o drvnim zaliham toga područja i radovima koje su pisali šumari ekolozi i šumari ekonomisti. Osim toga uzimamo u obzir činjenicu da Europska unija podržava procjenu općekorisnih funkcija šuma služeći se faktorom 30 kojim se multiplicira vrijednost konkretne drvne zalihe.

Budući da neke šume imaju relativno malu drvenu zalihu (mediteranske degradirane šume, mlade sastojine i dr.), a vrlo veliku općekorisnu vrijednost (Topić i Butorac 2005), smatramo da bi realna procjena vrijednosti biomase tih sastojina i upotreba višega faktora dala realnu i očekivanu općekorisnu vrijednost tih šuma.

Pritom moramo uzeti u obzir činjenicu da je drvo u današnje vrijeme dobilo posebnu tržišnu vrijednost kao bioenergija za proizvodnju topline, električne energije i biogoriva. To je dovelo do spoznaje da tradicionalni sortimenti koji su se temeljili na dimenzijama i posebnoj kvaliteti nisu više presudni pri određivanju njihove tržišne vrijednosti.

Računajući sirovinsko-energetsku i općekorisnu vrijednost šuma na minski sumnjivim površinama, služili smo se aktualnom literaturom iz toga područja koja se odnosi na ovu problematiku (Prpić i dr. 1989, Matić i Prpić 1887, Prpić i dr. 1997, Prpić i Jakovac 1998, Prpić i dr. 2005, Sabadi i dr. 2001, Jurjević i Posavec 2003, Prpić 2005).

Pri obračunu sirovinsko-energetske i općekorisne vrijednosti šuma minskih sumnjivih područja šume smo razvrstali na regularne, preborne i šume sredozemnoga područja Hrvatske. Cijenu drveta na panju navedenih područja odredili smo služeći se navedenom literaturom i podacima kako se to određuje u Hrvatskim šumama d.o.o.

Cijena drveta na panju regularnih i prebornih šuma iznosi 150 kn (20 EUR), a sredozemnih 75 kn (10 EUR). Prosječni faktor kojim se multiplicira vrijednost konkretne drvne zalihe, da bi se dobila općekorisna vrijednost, za regularne šume iznosi 20, a za preborne i sredozemne 30. Relativno visoka ocjena prebornih šuma temelji se na njihovoj značajnoj ulozi u zaštiti okoliša (Sabadi i dr. 2001) posebno zbog trajnoga pokrova i njihove biološke raznolikosti. Značenje je općekorisnih funkcija sredozemnih šuma poznato, iako im je relativno mala i još uvijek u nas malo vrijedna drvena zaliha odnosno biomasa. Određivanje faktora 30 za te šume u skladu je sa stavom EU-a, a popraćeno je koliko-toliko realnom procjenom cijene biomase imajući na umu današnji europski trend uporabe biomase svih vrsta drveća, dimenzija i kvaliteta u proizvodnji energije.

Temeljem svega navedenoga sirovinsko-energetska vrijednost 23 569 147 m³ drvnoga volumena na minski sumnjivim šumskim površinama Hrvatske iznosi ukupno 3 321 395 200 kn (442 859 007 EUR). Od toga vrijednost 14 964 927 m³ drvnoga volumena regularnih šuma iznosi 2 244 738 700 kn (299 305 070 EUR),

vrijednost 5 751 205 m³ drvnoga volumena prebornih šuma iznosi 862 680 500 kn (115 024 070 EUR), a vrijednost 2 853 015 m³ drvnoga volumena biomase sredozemnih šuma iznosi 213 976 000 kn (28 529 867 EUR).

Vrijednost općekorisnih funkcija šuma na minski sumnjivim šumskim površinama Hrvatske iznosi ukupno 77 194 320 000 kn (10 292 716 000 EUR). Od toga iznosa na regularne se šume odnosi 44 894 700 000 kn (5 986 100 000 EUR), na preborne 25 880 400 000 kn (3 450 720 000 EUR), a na sredozemne 6 419 220 000 kn (855 896 000 EUR).

Iz navedenih iznosa drvnih zaliha i gospodarske odnosno sirovinsko-energetske vrijednosti te vrijednosti općekorisnih funkcija šuma razvidno je koje su vrijednosti blokirane, a šume paralizirane u svom održivom i kvalitetnom prirodnom razvoju. Razvoj šuma, od njihova nastanka do zrelosti, mora biti podržavan sa značajnim gospodarskim zahvatima. Riječ je o njezi i pomlađivanju koje obavljamo tijekom cijeloga života svake sastojine, a s njima šume održavamo u optimalnim stanišnim i strukturnim uvjetima (Prpić i dr. 2005). Tako one trajno i maksimalno proizvode drveni volumen i ostala gospodarska dobra, te općekorisna dobra izražena u ekološkim, društvenim ili socijalnim i socijalno-ekofiziološkim funkcijama. Istodobno pomoću njege i obnove šume zadržavaju stabilnost i biološku raznolikost te značajno utječu na prirodni i optimalni razvoj staništa, u kojem šumska mikroklima imaju važnu ulogu.

Dugotrajnim izostankom stručnih radova na njezi i obnovi, kao što je to slučaj s miniranim šumama, šume iz stadija optimalnoga prirodnoga stanja prelaze u druga nepovoljna stanja i stadije. Ona su istovjetna nekim stanjima koja se nalaze u prašumi i svima ostalim sastojinama u kojima se ne provode njega i obnova te postupno gube vitalnost i propadaju (starenje, truljenje, raspadanje). Na taj način šume gube poželjnu produktivnost, stabilnost, biološku raznolikost, strukturni i gospodarski održivi razvoj, povećava se broj starih i fiziološki slabih stabala, gubi se kvalitetno stanište i mogućnost progresivne sukcesije prema klimatogenomu stadiju. Ako se sastojina nalazi u trajnom klimatogenom stadiju, zbog izostanka aktivnih zahvata na njezi i obnovi, on se gubi, a njegov ponovni povratak na isto stanište s optimalnom prirodnom strukturom traje stoljećima.

Prirodne, njegovane gospodarske šume imaju veću biološku raznolikost, strukturnu stabilnost, prirast i vitalnost od trajno zaštićenih šuma, koje zbog izostanka njege i obnove gube optimalnu prirodnu strukturu i idu u smjeru degradacije.

Optimalni strukturni uvjeti moraju se postići i održavati u svim regularnim i prebornim šumama. Ako se šume nalaze u nekom od degradacijskih stadija, uz pravilnu i pravodobnu njegu i obnovu, uz intenzivnu zaštitu od nepovoljnih biotskih i abiotskih utjecaja, njihov razvoj prema optimalnim strukturnim i stanišnim uvjetima ne može biti upitan.

Njegovane sastojine osim gospodarskih pružaju i općekorisne vrijednosti jer kvalitetna gospodarska šuma istodobno dobro ispunjava općekorisnu funkciju (Matić 1996). Njegujući sastojine, počnimo s prvom fazom koja se odnosi na radove s tlom odnosno na njegovoj kompleksnoj zaštiti, a potom na popunjavanje dovoljno neobnovljenih površina. Nakon toga sastojine njegujemo provodeći ne-

gativnu selekciju ili njegu u mlađem i starijem pomlatku te čišćenje u mladiku. Pozitivnu selekciju u obliku proreda provodimo nakon kulminacije visinskoga prirasta u svim razvojnim stadijima sastojine, u mladim, srednjodobnim, starijim i starijim sastojinama (Matić 2003).

Kvalitetno prirodno pomladiti sastojinu znači provoditi takve zahvate koji će omogućiti da se na stručan način, ponajprije bez šokova za sastojinu i stanište, zamijeni stara sastojina s mladom. Pri tome šumsko tlo mora biti trajno zaštićeno, a da novonastala mlada sastojine stekne obilježje prirodnosti, biološke raznolikosti i stabilnosti (Matić, Anić i Oršanić 2005).

Razlikujemo prirodnu i umjetnu obnovu poplavnih šuma. Prirodna se obnova obavlja po prirodnim načelima oplodnim ili postupičnim sječama, pod zastorom krošanja matične sastojine (pripremni, naplodni, dovršni sijek), s radovima na pripremi staništa ili bez njih.

Umjetnim pomlađivanjem ili obnovom mlada sastojina nastaje na pomladnoj površini gdje se nalazi stara sastojina koja se pomlađuje, s tom posebnosti što sjeme ili sadnice na pomladnu površinu donosi, sije i sadi čovjek. Potrebna količina sjemena i šumskih sadnica za umjetnu obnovu određuje se na temelju bioloških svojstava vrsta drveća koje pomlađujemo.

Optimalni stanišni uvjeti (tlo, klima, nadmorska visina, nagib) nužni su u svim sastojinama i takve uvjete moramo održavati tijekom cijeloga života sastojine u svim fazama njezina razvoja. Oni su najvažnija pretpostavka kvalitetnoga razvoja sastojina koje će trajno i kvalitetno ispunjavati gospodarsku funkciju, u maksimalnim i optimalnim vrijednostima u prvom redu sortimentne kakvoće stabala, a istodobno će ispunjavati i općekorisne funkcije. Od navedenih stanišnih uvjeta možemo uzgojnim zahvatima utjecati na stanje tla i mikroklima formirajući i održavajući onu strukturu sastojine koja će te stanišne čimbenike održavati u optimalnom za šumu povoljnom stanju (Matić 1980).

Izravne i opće koristi u svakoj šumi stoje u čvrstoj korelaciji. Povećanjem vrijednosti jednih povećava se vrijednost drugih. I izravne i opće koristi proizvod su staništa i biocenoze, a njihove vrijednosti ovise o kvaliteti njege i obnove koje taj ekosustav održavaju u optimalnim uvjetima i čine ga vječnim. Onemogućavanjem provođenja uzgojnih zahvata na njezi i obnovi sastojina gubi optimalnu strukturu, fiziološki slabi, smanjuje joj se prirast i mogućnost kvalitetne prirodne obnove, onemogućuje se dobivanje sirovinsko-energetskih vrijednosti i sposobnost pružanja optimalnih općekorisnih funkcija.

Sve se navedeno danas događa na 159 064,35 ha minski sumnjivih šuma i šumskih zemljišta u Hrvatskoj. Te velike površine šuma smanjuju proizvodnju, gube stabilnost i postupno propadaju, a i stalna su opasnost za ljude i divljač. Držeći šume u takvu pasivnom stanju, one gube sposobnost optimalne proizvodnje i obnove, a istodobno gubimo i svi mi jer nam ne pružaju očekivana dobra na području gospodarskih i kvalitetnih životnih uvjeta. Jedino rješenje toga problema nazire se u razminiranju šuma i šumskoga zemljišta jer za to postoje čvrsti gospodarski, ekološki i socijalni razlozi.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Hrvatska se ubraja u 10 zemalja koje su najonečišćenije. Njezine su šume i šumska zemljišta onečišćeni minama na 159 tisuća ha (1590 km²), što je 9 % ukupne površine šuma i šumskoga zemljišta. Minama su onečišćene površine kojima gospodari 13 uprava šuma podružnica od Splita do Vinkovaca. Na uređenim minski sumnjivim površinama drvna je zaliha od 20,7 milijuna m³, s godišnjim prirastom od 608 tisuća m³ i prosječnim godišnjim etatom od 344 tisuće m³.

Na površinama koje su za vrijeme rata bile neuređene (Upravu šuma podružnica Split) nalazi se daljnjih 2,9 milijuna m³ biomase s godišnjim tečajnim prirastom od 57 tisuća m³, tako da ukupna drvna zaliha na minski sumnjivim površinama iznosi 23,6 milijuna m³, a prirast 665 tisuća m³.

Od cijeloga područja minski sumnjivih površina gospodarske se šume prostiru na 151 tisuću ha (1507 km²), zaštitne šume na 3,8 tisuća ha (38 km²), a šume posebne namjene na 4,5 ha. (45 km²). Po uređajnim razredima šuma visokoga uzgojnoga oblika najveće površine zauzima razred bukovich sjemenjača s površinom od 30,1 tisuću ha (300,1 km²). Uredajni bukovo-jelov razred zauzima 11,1 tisuću ha 111 km², a zatim slijedi uređajni razred kitnjaka, lužnjaka i dr. Uredajni razred niskoga uzgojnoga oblika zastupljen je s panjačama na 25,4 tisuće ha (254 km²). Od degradiranih šuma najveću površinu zauzimaju šikare (237,7 km²). U šumama posebne namjene najveću površinu ima uređajni razred posebni rezervati s površinom 3,7 tisuća ha (37 km²).

Ukupna površina regularnih šuma iznosi 71,2 tisuće ha (712 km²) s drvnom zalihom od 15 milijuna m³ ili 228 m³/ha i godišnjim prirastom od 493 tisuće m³ odnosno 7,5 m³/ha. Sastojine do 40 godina, odnosno I. i II. dobnog razreda, zauzimaju površinu od 20,3 tisuće ha ili 29 % ukupne minski sumnjive površine. To su dva najmlađa dobnog razreda u kojima su nužni čišćenje i prve prorede, o kojima ovisi kvalitetna i proizvodna budućnost tih sastojina.

Sastojine u dobi od 101 do 140 godina, odnosno V, VI. i VII. dobnog razreda, imaju površinu od 19 tisuća ha ili 27 % od ukupne površine. U sastojinama te dobi nužno je izvoditi njegu proredom ili pripremu za obnovu provodeći zahvate pripremnoga, naplrodnoga i dovršnoga sijek. Neprovođenjem tih zahvata sastojine stare, fiziološki slabe i postupno propadaju bez osiguranoga pomlađivanja.

Iz navedenih je podataka vidljivo da se 56 % sastojina nalazi u najmlađoj i najstarijoj dobi, a to je životna dob kad su njega i obnova nužni i odlučujući za njihov opstanak i kvalitetan razvoj.

Ukupna je površina prebornih šuma 21,6 tisuća ha s drvnom zalihom od 5, 8 milijuna m³ ili 267 m³/ha i s godišnjim prirastom od 115 tisuća m³ odnosno 5,3 m³/ha. Od navedene ukupne površine 92 % odnosi se na gospodarske šume, a ostalo su zaštitne i šume posebne namjene.

Ukupni etat ovih šuma iznosi 3,4 milijuna m³, od toga je etat glavnoga prihoda 43 %, etat prebornim šumama je 26 %, a etat prethodnoga prihoda 31 %. Dominantno mjesto u ukupnom etatu od 35 % ima bukva.

U radu smo obračunali sirovinsko-energetsku vrijednost koja iznosi 3,3 milijarde kn (443 milijuna EUR), a očekorisne vrijednosti su 77,2 milijarde kn (10,3 milijarde EUR). Te su vrijednosti blokirane, a šume paralizirane u svom održivom i kvalitetnom prirodnom razvoju.

Razvoj šuma, od njihova nastanka do zrelosti, mora biti podržavan značajnim gospodarskim zahvatima na njezi i pomlađivanju, koje obavljamo tijekom cijeloga života svake sastojine i kojima šume održavamo u optimalnim stanišnim i strukturnim uvjetima. Dugotrajnim izostankom stručnih radova na njezi i obnovi, kao što je to slučaj s miniranim šumama, šume iz stadija optimalnoga prirodnoga stanja prelaze u druga nepovoljna stanja i stadije. Zbog toga šume gube poželjnu produktivnost, stabilnost, biološku raznolikost, strukturni i gospodarski održivi razvoj, povećava se broj starih i fiziološki slabih stabala, gubi se kvalitetno stanište i mogućnost progresivne sukcesije prema klimatogenomu stadiju.

Izravne i opće koristi u svakoj šumi stoje u čvrstoj korelaciji. Povećanjem vrijednosti jednih povećava se vrijednost drugih. I izravne i opće koristi proizvod su staništa i biocenoze, a njihove vrijednosti ovise o kvaliteti njege i obnove, koje taj ekosustav održavaju u optimalnim uvjetima i koje ga čine vječnim.

Sve navedene negativnosti zbog nemogućnosti provođenja gospodarskih zahvata danas se događaju na 159 tisuća ha minske sumnjive šuma i šumskih zemljišta u Hrvatskoj. Jedino rješenje toga problema nazire se u razminiranju šuma i šumskog zemljišta jer za to postoje čvrsti gospodarski, ekološki i socijalni razlozi.

LITERATURA REFERENCES

- κ Jurjević, P., S. Posavec, 2003: Vrijednost bukovih šuma. U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, 769–786, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- * č Matić, S., 1979: Utjecaj ekoloških i strukturnih čimbenika na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskom kotaru. *Annales pro experimentis foresticis*, XXI: 223–400 (separat), Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Zagreb.
- Matić, S., Đ. Rauš, 1981: Šumske kulture alohtonih borova na otoku Rabu. Prvi kongres biologa Hrvatske, Poreč.
- z Matić, S., 1983: Struktura šuma hrasta crnike (*Orno-Quercetum ilicis* H-ić 1958) na Rabu. Zbornik Roberta Visianija Šibenčanina, Šibenik.
- z Matić, S., 1989: Sastojinski oblici, struktura i razvojne faze šuma na Lokrumu. Zbornik radova "Otok Lokrum", ekološka monografija, 1: 239–251, Zagreb.
- κ Matić, S., 1996: Uzgojni radovi na obnovi i njezi sastojina hrasta lužnjaka. U: D. Klepac (ur.), Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj, 167–212, HAZU i "Hrvatske šume" p. o. Zagreb, Zagreb.
- κ v Matić, S., B. Prpić, 1997: Program njege, obnove i održavanja te ekološke i socijalne funkcije park šuma na području Grada Zagreba, *Šum. list*, 120 (5–6): 225–242, Zagreb.
- κ Matić, S., B. Prpić, I. Anić, M. Oršanić, 2003: Bukove prašume. U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, 414–434, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- κ Matić, S., 2003: Njege i obnova šuma hrasta lužnjaka. U: D. Klepac, K. Čorkalo Jemrić (ur.), Retrospektiva i perspektiva gospodarenja šumama hrasta lužnjaka u Hrvatskoj,

- Posebna izdanja – Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad u Vinkovcima, knjiga XV: 143 – 166, Zagreb – Vinkovci.
- SL č Matić, S., I. Anić, M. Oršanić, 2005: Uzgojni zahvati u funkciji poboljšanja protuerozijske i vodozaštitne uloge šuma. Posebni broj Šumarskoga lista, 17–30, Zagreb.
- ž Prpić, B., H. Jakovac, 1998: Značenje općekorisnih funkcija nizinskih šuma u usporedbi s planiranim gospodarskim koristima H.E. Novo Virje. Zbornik radova Međunarodne konferencije «Održivo gospodarsko korištenje nizinskih rijeka i zaštita prirode i okoliša», 53–60, Hrvatsko šumarsko društvo, Euronatur i Hrvatsko energetska društvo, Zagreb.
- < Prpić, B., S. Matić, J. Vukelić, Z. Seletković, 2001: Bukovo-jelove prašume hrvatskih Dinara. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, 479–494, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- < Prpić, B., S. Matić, P. Jurjević, H. Jakovac, I. Milković, 2005: Općekorisno i gospodarsko značenje poplavnih šuma. U: J. Vukelić (ur.), Poplavne šume u Hrvatskoj, 50–68, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- < Prpić, B., 2005: Općekorisne funkcije park-šuma Jelenovac, Pantovčak, Prekrižje, Zelengaj i Tuškanac, Dubravkin put – Cmrok. U: J. Janjić (ur.), Park šume – prijedlog za zaštitu, 12–22, Gradski zavod za zaštitu spomenika kulture i prirode, Zagreb.
- SL č Rauš, Đ., S. Matić, 1984: Sinekološko-uzgojna istraživanja u šumama otoka Raba. Šum. list, CVIII (3–4): 131–144, Zagreb.
- ž Sabadi, R., B. Prpić, H. Jakovac, 2001: Ukupna vrijednost jelovih šuma u Hrvatskoj. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, 792–826, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- č Topić, V., L. Butorac, 2005: Utjecaj šikara bijelog graba (*Caroinus orientalis* Mill.) na zaštitu tla od erozije u Hrvatskoj. Posebni broj Šumarskoga lista, 40–50, Zagreb.

STRUCTURAL, PRODUCTIVE AND SPATIAL PROPERTIES OF MINE-SUSPICIOUS FORESTS AND FORESTLAND IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY

Croatia is one of the ten most heavily mine-contaminated countries. As much as 159 thousand ha (1.590 km²) of forests and forestland, which accounts for 9 % of the total forest and forestland area, are mine-contaminated. Not only do mines pose a severe threat to people and wildlife, but they also preclude the application of tending and regeneration operations, thus contributing to a decline of exceptionally valuable natural forests. Mines are scattered over an area managed by 13 forest administrations and offices from Split to Vinkovci. The paper presents data on the structure of stands in 13 mine-contaminated forest administrations. The data refer to the size of the areas, purpose of forests, important management classes, growing stock and increment. The mean annual cut and the felling and thinning volumes have also been presented with principal tree species participating in the cut. The managed, mine-suspicious areas contain a growing stock of 20.7 million

m³, with the annual increment of 608 thousand m³ and the mean annual cut of 344 thousand m³. The areas not managed during the war (Forest Administration, Split Office) contain a further 2.9 million m³ of biomass with the annual current increment of 57 thousand m³, so that the total growing stock in mine-suspicious areas amounts to 23.6 million m³ and the increment amounts to 665 thousand m³. The total cut is 3.4 million m³: of this amount, the felling volume is 43 %, the cut in selection forests is 26 %, and the thinning volume is 31 %. Beech holds the dominant position in the total cut to the extent of 35 %. The raw material - energetic value has been calculated at 3.3 billion kuna (443 million EUR), while non-commercial values account for 77.2 billion kuna (10 billion EUR). These values are blocked and the forests paralyzed and prevented from developing in a sustainable and qualitative natural manner. The growth of a forest, from its origin to its maturity, must be supported by considerable management practices and by tending and regeneration in particular. Only in such conditions is a forest capable of permanent and maximal production of wood volume and general values expressed in ecological, social or social and social-ecophysiological functions. If tending and regeneration activities are lacking, which is the case in mined forests, these forests pass from the stage of an optimal natural condition to other unfavourable conditions and stages that culminate in degradation and decline. Unless forests are de-mined, they will lose the desirable productivity, stability and biological diversity, while their structural and economically sustainable development will be arrested. The number of old and physiologically weak trees will increase, the quality of the site will degrade and so will the possibility of progressive succession of climatogenic communities.

Key words: mine-contaminated forests, commercial values, non-commercial values, tending of forests, regeneration of forests, degradation and decline, cut, increment, wood volume

UDK: 630*221.23

STRUKTURNI ODNOSI I ŠUMSKOUZGOJNI POSTUPCI U RAZNODOBNIM BUKOVIM SASTOJINAMA HRVATSKIH DINARIDA

STRUCTURAL RELATIONS AND SILVICULTURAL ACTIVITIES IN
UNEVEN-AGED BEECH STANDS OF THE DINARIDE MOUNTAINS
IN CROATIA

IGOR ANIĆ, SLAVKO MATIĆ, MILAN ORŠANIĆ, STJEPAN MIKAC,
MARINKO BLAŠKOVIĆ

Received – Prispjelo: 15. 6. 2006.

Accepted – Prihvaćeno: 21. 9. 2006.

Ciljevi su ovoga istraživanja bili ustanoviti temeljne strukturne značajke bukove sastojine montanskoga vegetacijskoga pojasa hrvatskih Dinarida koja je u razdoblju 1957 – 1996. godine bila podvrgnuta prebornim sječama te koji su šumskouzgojni postupci nužni tijekom procesa oblikovanja jednodobne strukture. Ustanovljeno je da je primjena prebornih sječa dovela do stvaranja raznodobne strukture sastojina te da se odsjek – sastojina površine 17,12 ha sastoji od četiri strukturno različita dijela koji se prostiru na pet njezinih dijelova. Prva se strukturna jedinica prostire na 4,13 ha ili 24 % površine odsjeka. Ima jednodobnu strukturu. U razvojnom je stadiju koljika. Druga se strukturna jedinica prostire na dva odvojena dijela odsjeka koji zauzimaju 6,61 ha ili 39 % površine. Taj je dio jednodobne strukture, u srednjodobnom razvojnom stadiju. Treća se strukturna jedinica prostire na 3,03 ha ili 18 % ukupne površine odsjeka. Predstavlja dio sastojine u kojem je stabilimičnom prebornom sječom oblikovan stepenast oblik sklopa s dominacijom bukova predrasta te zrelih, krošnjatih bukovih sjemenjaka. Četvrti se dio sastojine prostire na 3,35 ha ili 20 % površine. U njemu je primjenom oplodne sječe s dugim pomladnim razdobljem formirana dvoslojna struktura sastojine. U sastojini je simulirana doznaka koja bi trebala započeti proces uvođenja regularnoga načina gospodarenja umjesto dosadašnjega prebornoga. Šumskouzgojnim planom projektirano je sastojinsko gospodarenje na malim površinama gdje svaka strukturna jedinica predstavlja poseban dio sastojine s posebnim šumskouzgojnim tretmanom. Tako su u ranoj fazi pretvorbe načina gospodarenja šumskouzgojni postupci prostorno razdvojeni, a vremenski su ostali koncentrirani.

Ključne riječi: *Fagus sylvatica*, raznodobna sastojina, preborna sastojina, preborno gospodarenje, regularno gospodarenje, konverzija načina gospodarenja

UVOD INTRODUCTION

U Hrvatskoj su se bukove sastojine oduvijek pomlađivale prirodno, raznim varijantama pomladnih sječa pod zastorom krošanja matičnih stabala (Matić i dr. 2003). Većina se domaćih autora zauzimala za pomlađivanje oplodnim sječama: Matić i dr. (2003, 1996), Matić i Korpel (1995), Đuričić (1994), Šafar (1967), Lončar (1946), Petračić (1931), Hankony (1896). Zato se danas za pomlađivanje bukovih sastojina u Hrvatskoj redovito primjenjuju oplodne sječe na velikim i malim površinama, i to u varijanti s tri do pet sjekova tijekom 10 – 20 godina dugoga pomladnoga razdoblja.

U počecima šumskoga gospodarenja u mnogim bukovim šumama montanskoga vegetacijskoga pojasa hrvatskih Dinarida upotrebljavale su se preborne ili selektivne sječe (Matić i dr. 2003, Meštrović i Čavlović 2003, Vajda 1943, Bunjevčević 1967, Šušteršič 1930). Obavljale su se u različitim ophodnjicama koje su, ovisno o povijesnom razdoblju, bile u rasponu 10 – 50 godina. Obuhvaćale su *prebiranje* odgovarajućih stabala u stablimičnom, skupinastom i grupimičnom prostornom rasporedu, a često su prerastale u oplodne sječe na malim površinama s dugim pomladnim razdobljem. U teže pristupačnim predjelima sječa je bila slabijega intenziteta ili je uopće nije bilo. Stablimično prebiranje upotrebljavalo se na južnim stranama i strminama (Milković 1979). Na kvalitetnijim staništima i dubljim tlima preborne su se sječe provodile u skupinama, grupama ili u obliku oplodnih sječa na malim površinama s dugim pomladnim razdobljem. Njihovom primjenom mnoge su bukove sastojine dinarskoga područja poprimile raznodobni karakter. O posljedicama uporabe prebornih sječa u bukovim šumama izvješćuju Matić i dr. (2003). Meštrović i Čavlović (2003) upozoravaju da je primjena prebornih sječa u bukovim šumama montanskoga vegetacijskoga pojasa, posebice na hrvatskim Dinaridima, išla na štetu kakvoće i stabala i bukovih sastojina u cjelini. Isti autori navode kako je 47-godišnje razdoblje uporabe prebornih sječa ostavilo traga u gospodarenju bukovim šumama u Lici i na Učki, a nešto manje u Gorskom kotaru.

Na tim su područjima bukove šume bile uređene kao preborne. Primjerice, u današnjim upravama šuma Delnice, Ogulin, Gospić, Buzet i Split u bukovim se šumama od 1957. do 1996. godine provodilo preborno gospodarenje (Meštrović i Čavlović 2003). Tomu je pridonijela tzv. Smilajeva podjela šuma iz 1957. godine prema kojoj je dio bukovih šuma svrstan u šumskogospodarsku oblast prebornih šuma. Prema Klepcu (2003) preborno se gospodarenje u bukovim šumama u praksi pokazalo lošim, pogotovu u Hrvatskoj. O nedostacima uporabe prebornoga gospodarenja u bukovim šumama u nas izvješćuju Matić i dr. (2003), Šafar (1967, 1964, 1962, 1962a) te Šušteršič (1930).

Ciljevi ovoga istraživanja bili su ustanoviti temeljne strukturne značajke bukovih sastojine montanskoga vegetacijskoga pojasa hrvatskih Dinarida koja je u razdoblju 1957 – 1996. godine bila uređena kao preborna i podvrgnuta prebornim sječama te koji su šumskouzgojni postupci u toj sastojini nužni tijekom procesa uvođenja regularnoga gospodarenja.

Istraživanja su obavljena uz pomoć djelatnika tvrtke «Hrvatske šume» d. o. o. Zagreb, Uprave šuma podružnice Ogulin, Šumarije Ogulin.

METODE ISTRAŽIVANJA METHODS OF RESEARCH

Istraživanje je obavljeno na području Uprave šuma podružnice Ogulin, Šumarije Ogulin, gospodarske jedinice Bukovača. Šumska površina ove gospodarske jedinice iznosi 2560,92 ha, od čega sjemenjače obraštaju 2103,51 ha (82 %), panjače 276,50 ha (11 %), a šikare 180,91 ha (7 %). Gospodarska jedinica Bukovača prostire se sjeverno od Ogulina, između rijeke Dobre i ceste Ogulin – Zdihovo. Prema Seletkoviću i Tikviću (2003) srednja godišnja temperatura na tom prostoru iznosi 10,0 °C. Srednja godišnja količina oborina je 1473 mm, od čega 49,5 % otpada na vegetacijsko razdoblje.

Kao reprezentativan istraživački objekt izabran je odsjek 38a. On se prostire na nadmorskim visinama 400 – 500 m, na krševitom terenu južne i jugozapadne izloženosti i smeđem tlu na vapnencu. Sastojina je čista bukova s primjesama javora. Fitocenološki je definirana kao brdska bukova šuma s mrtvom koprivom (As: *Lamio orvalae-Fagetum sylvaticae* /Ht. 1938/ Borhidi 1963). U Osnovi gospodarenja stoji njezin opis ovoga sadržaja: «Gotovo raznodobna sjemenjača bukve grupično-skupinastog rasporeda. Tu su zastupljeni svi vidovi prijelaza jednodobnih i raznodobnih šuma nastalih načinom gospodarenja. Odrasla stabla su dobrih kvaliteta, pravna i osrednjeg uzrasta, a formirane grupe mlade sastojine su također kvalitetne. Prosječni stadij ovog odsjeka dobiven je kao starija sastojina.»

Istraživanja su obavljena u razdoblju 2001 – 2003. godine. Najprije je uređajem GPS snimljena granica odsjeka kako bi se dobila točna površina istraživane sastojine. Zatim je prema morfološkim karakteristikama odsjek razdijeljen na pet dijelova ili strukturnih jedinica. Za svaki od njih utvrđena je površina i oblik prostiranja. Time je omogućena analiza prostornoga odnosa mozaika strukturnih jedinica unutar odsjeka. Na izlučenim dijelovima ustanovljene su četiri vrste sastojinske strukture (jedna od njih se pojavljuje na dva dijela) u kojima su postavljene pokusne plohe. Dakle, pokusne plohe reprezentiraju strukturno različite dijelove iste sastojine (odsjeka). Tako su razgraničeni dio odsjeka u razvojnom stadiju koljika (ploha 1 površine 400 m², 20 × 20 m), dio odsjeka u srednjodobnom razvojnom stadiju (ploha 2 površine 2500 m², 50 × 50 m), dio odsjeka u fazi pomlađivanja, s pričuvcima i predrastom koji stvaraju stepenast oblik sklopa (ploha 3 površine 2490 m², 83 × 30 m) te dio odsjeka koji karakterizira dvoslojni oblik sklopa (ploha 4 površine 1089 m², 33 × 33 m).

Na pokusnim plohama svim je stablima izmjeren prsni promjer. Pri tome je obavljano razvrstavanje stabala po debljinskim stupnjevima i etažama prema Dekanićevoj biološko-gospodarskoj klasifikaciji. Zbog pojednostavljenja mjerenja i kasnije obrade podataka stabla su podrasta svrstana u podstojnu etažu, ako su prešla

taksacijsku granicu. Taksacijska granica iznosila je 3 cm. Na temelju totalne klu-paže ustanovljene su distribucije stabala, temeljnice i volumena po debljinskim raz-redima i etažama. Na svakoj pokusnoj plohi izmjeren je uzorak visina stabala pomoću Blume-Leissova visinomjera. Izmjerene visine stabala korištene su za iz-radbu sastojinskih visinskih krivulja i lokalnih tarifa na temelju kojih je izračunat volumen.

Mjerenje ponika i pomlatka obavljeno je okomito na slojnice, na svim ploha-ma osim prve (bukov koljik). Na plohi 2 mjereno je na ukupnoj površini od 200 m² (dvije pruge širine 2 m i duljine 50 m). Na plohi 3 mjereno je obavljeno na ukup-noj površini od 240 m² (četiri pruge položene okomito na dulju stranicu pokusne plohe, širine 2 m i duljine 30 m). Na pokusnoj plohi 4 mjereno je obuhvatilo ukup-nu površinu od 66 m² (dvije pruge širine 2 m, duljine 33 m). Mjerila se visina bilja-ka u razvojnim stadijima pomlatka i mladika do visine 400 cm ili taksacijske grani-ce. Vrijednosti su razvrstavane po vrstama drveća i visinskim klasama širine 25 cm.

Na temelju analize strukturnih značajki sastojina na svakoj pokusnoj plohi obavljena je simulacija doznake koja je imala za cilj ukazati na moguće šumskouz-gojne postupke u svakom dijelu istraživanoga odjela – sastojine.

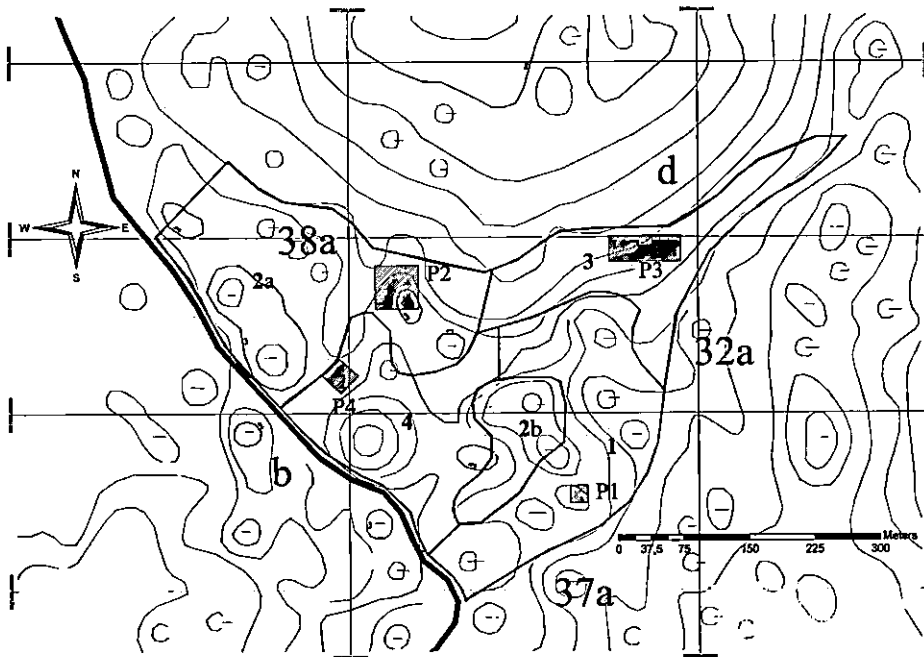
REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

KARTOGRAFSKI PRIKAZ ISTRAŽIVANOGA ODSJEKA A MAP OF THE INVESTIGATED STAND

Površina istraživanoga odsjeka s reljefnim obilježjima, podjelom sastojine na strukturne jedinice i u mjerilu ucrtanim položajem pokusnih ploha prikazani su na slici 1. Ukupna snimljena površina iznosi 17,12 ha. Unutar odsjeka izlučeni su manji dijelovi sastojine ili strukturne jedinice ovih površina: dio sastojine s ozna-kom 1 površine 4,13 ha, dio sastojine s oznakama 2a površine 5,37 ha i 2b površine 1,24 ha, dio sastojine s oznakom 3 površine 3,03 ha te dio sastojine s ozna-kom 4 površine 3,35 ha. Dio sastojine čije strukturne značajke odgovaraju ozna-ci 2 pojavljuje se na dva odvojena dijela odsjeka (2a i 2b), pa je njegova ukupna površina 6,61 ha. Svaki od tih pet dijelova posebna je strukturna, a time i šumsko-uzgojna jedinica. Veličinom površina ne ispunjavaju kriterij za naziv *skupina* ili *grupa*.

STRUKTURNE ZNAČAJKE POKUSNIH PLOHA STRUCTURAL PROPERTIES OF EXPERIMENTAL PLOTS

Dio sastojine koji nosi oznaku 1 reprezentira pokusna ploha 1. Riječ je o buko-vom koljiku s primjesama javora čija je gustoća 7500 stabala po hektaru (tablica 1). U dominantnoj etaži raste 2550 stabala po hektaru, u nuzgrednoj 2050, a u pod-



Slika 1. Istraživani odsjek s razgraničenim dijelovima sastojine i u mjerilu ucrtanim položajem pokusnih ploha

Figure 1 The investigated compartment with delineated parts of the stand and the position of experimental plots drawn at a scale

stojnoj 2900 stabala po hektaru (tablica 1). To znači kako se u svakoj od etaža sastojine nalazi približno 1/3 stabala (tablica 2). Prsni su promjeri stabala između 4 i 14 cm. Temeljica ovoga dijela sastojine iznosi 27,25 m²/ha, a volumen 114,00 m³/ha. Visine su stabala u rasponu 6,24 – 11,00 m. Formiran je vertikalni oblik sklopa s dominantnom, nuzgrednom i podstojnom etažom, što je tipična karakteristika sastojine u razvojnom stadiju starijega mladika ili koljika. Do sada ovaj dio sastojine nije njegovan.

Dio sastojine koji nosi oznake 2a i 2b reprezentira pokusna ploha 2. Riječ je o dijelu sastojine koji s obzirom na dimenzije stabala i njihove biološke odnose svrstavamo u srednjodolni razvojni stadij. Oblik sklopa i distribucija stabala pokazuju značajke jednodobne strukture. Prsni su promjeri bukovih stabala u dominantnoj etaži između 18 i 70 cm, a visine su u rasponu 18,83 – 35,32 m. Tako široki raspon distribucije dominantne etaže nastao je zbog mjestimice razbijenoga sklopa, zbog čega su tanja bukova stabla iz podstojne i nuzgredne etaže urasla u dominantnu etažu. Stabla nuzgredne etaže distribuirana su u rasponu 10 – 34 cm, a stabla podstojne etaže u rasponu 4 – 18 cm. Po hektaru u ovoj strukturalnoj jedinici rastu 732 stabla s temeljnicom u iznosu od 28,08 m² i volumenom od 427,88 m³. U dominantnoj etaži sastojine raste 22 % stabala, a u nuzgrednoj etaži 17 % stabala.

Tablica 1. Elementi sastojinske strukture po pokusnim plohama. Stanje prije doznake u listopadu 2001. godine. Šumarija Ogulin, GJ Bukovača, odsjek 38a.

Table 1 Elements of the stand structure at the experimental plots. Situation before tree marking in October 2001. Forest office Ogulin, Management unit Bukovača, compartment 38a

Ploha Plot	Element strukture Structural element	Dominantna etaža Dominant layer	Nuzgredna etaža Suppressed layer	Podstojna etaža Underwood	Ukupno Total
1	N (kom./ha)	2550	2050	2900	7500
	G (m ² /ha)	17,00	5,50	4,75	27,25
	V (m ³ /ha)	78,25	20,25	15,50	114,00
2	N (kom./ha)	152	128	452	732
	G (m ² /ha)	23,52	3,16	1,40	28,08
	V (m ³ /ha)	389,24	32,68	5,96	427,88
3	N (kom./ha)	84	92	590	766
	G (m ² /ha)	26,07	2,53	2,04	30,64
	V (m ³ /ha)	382,79	25,59	8,90	417,28
4	N (kom./ha)	129	294	1928	2351
	G (m ² /ha)	17,44	4,04	5,97	27,45
	V (m ³ /ha)	256,39	29,65	25,16	311,20

Ostatak se nalazi u podstojnoj etaži, u kojoj 95 % stabala raste u prvom debljin-
skom razredu do 10 cm i većinom predstavlja podrast.

Tablica 2. Postotni odnosi broja stabala, temeljnica i volumena u vertikalnoj strukturi istraživanih sa-
stojina

Table 2 Relations between the number of trees, basal area and wood volume according to the vertical
structure of the investigated stand

	Pokusna ploha Exp. plot	Dominantna etaža Dominant layer (A)	Nuzgredna etaža Supressed layer (B)	Podstojna etaža Underwood (C)	Ukupno Total (A+B+C)
		%			
Broj stabala Number of trees	1	35	27	38	100
	2	22	17	61	100
	3	11	13	76	100
	4	5	13	82	100
Temeljnica Basal area	1	63	20	17	100
	2	85	11	4	100
	3	85	8	7	100
	4	63	15	22	100
Volumen Volume	1	69	18	13	100
	2	92	7	1	100
	3	92	6	2	100
	4	82	10	8	100

Dio sastojine koji nosi oznaku 3 reprezentira pokusna ploha 3. U ovom dijelu
odsjeka sklop je nadstojnih stabala razbijen, po površini su raspoređena krošnjata i
zrela bukova stabla ili pričuvci te predrast, a sastojina se nalazi u fazi pomlađivanja.

Slika sastojine ukazuje na situaciju u kojoj je stablimičnim prebiranjem uspostavljeno pomlađivanje s dugim pomladnim razdobljem. Bez obzira na to, odnose stabala promatrat ćemo na temelju biološko-gospodarske klasifikacije stabala. U ovom dijelu sastojine nalazi se ukupno 766 stabala po hektaru s temeljnicom u iznosu od $30,64 \text{ m}^2$ i volumenom $417,28 \text{ m}^3$. Prsni su promjeri bukovih stabala u dominantnoj etaži između 40 – 90 cm, u nuzgrednoj etaži 10 – 46 cm, a u podstojnoj etaži 4 – 20 cm. U dominantnoj etaži sastojine raste 11 % stabala, a u nuzgrednoj etaži 13 % stabala. Većina se stabala nalazi u podstojnoj etaži, većim dijelom u ulozu krošnjatoga predrasta koji se razvio zbog razbijena sklopa.

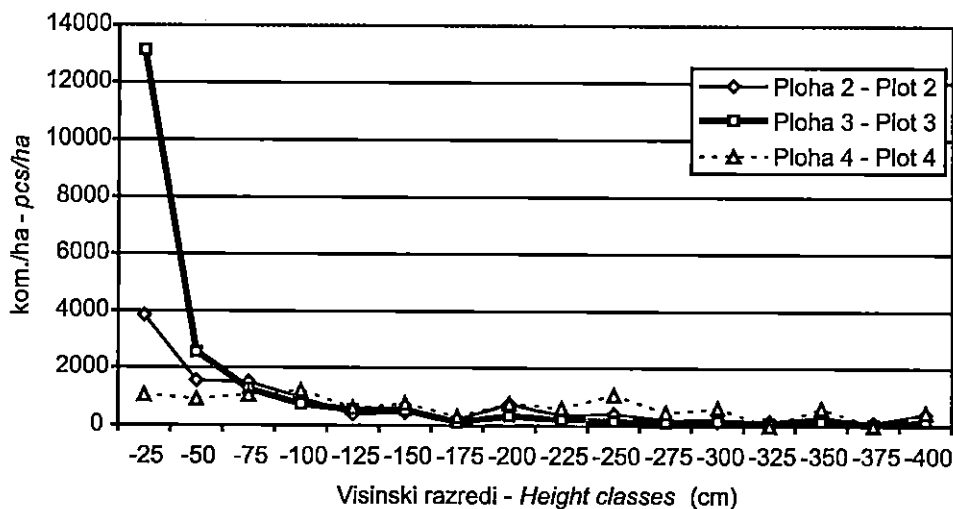
Dio sastojine koji nosi oznaku 4 reprezentira pokusna ploha 4. U ovom dijelu istraživanoga odsjeka formirao se dvoslojni oblik sklopa. Pod nadstojnim bukovim stablima raste poseban sloj bukova podrasta koji se razvio do stadija koljika, a mjestimice i stupovlja. Od ukupnoga broja stabala po hektaru, koji iznosi 2351, u proizvodnom dijelu sastojine raste njih 423 ili 18 %. Od toga je 129 ili 5 % stabala u dominantnoj, a 294 ili 13 % stabala u nuzgrednoj etaži. Ostatak od 1928 stabala po hektaru ili 82 % nalazi se u sloju podrasta koji je zbog pojednostavljenja izmjere svrstan u podstojnu etažu. Raspon distribucije prsnih promjera u dominantnoj etaži sastojine iznosi 16 – 68 cm, u nuzgrednoj etaži 8 – 26 cm. Visine su stabala u proizvodnom dijelu sastojine između 15,30 – 32,41 m. Stabla u podstojnoj etaži, a riječ je zapravo o spomenutom sloju podrasta, imaju prsne promjere u rasponu 4 – 20 cm. Visine su tih stabala između 7,12 i 11,81 m.

PRIRODNO POMLAĐIVANJE NATURAL REGENERATION

Struktura mladoga naraštaja analizirana je na svim pokusnim plohama osim prve zbog činjenice da se radi o koljiku. Ustanovljena je struktura koja je prikazana u grafikonu 1. Na drugoj pokusnoj plohi ustanovljeno je 11 700 kom./ha biljaka pomlatka koji se mjestimice razvio u podrast visine do 400 cm ili do taksacijske granice. Većina njih odgovara razvojnomu stadiju mlađega i starijega pomlatka. Njihova gustoća iznosi 8700 kom./ha. Na pokusnoj plohi 3 najveća je brojnost biljaka mladoga naraštaja. Po hektaru je ustanovljena gustoća od 21 252 stabla. Najveća je brojnost mlađega pomlatka visine do 50 cm i ona iznosi 16 968 kom./ha. Na pokusnoj plohi 4 izmjereno je 10 454 kom./ha mladoga naraštaja. Slično pokusnoj plohi 3, biljke su distribuirane u svim visinskim razredima, od 25 do 400 cm. Njihova je najveća gustoća u visinskim razredima 25 – 100 cm i ona u prosjeku iznosi 1064 kom./ha.

RASPRAVA DISCUSSION

Jedna od temeljnih značajki prebornoga gospodarenja jest da se u svojem tipičnom obliku uspješno može primijeniti samo u onim šumskim sastojinama u koji-



Grafikon 1. Distribucija mladoga naraštaja po visinskim razredima na pokusnim plohama
 Figure 1 Distribution of young growth in experimental plots by height classes

ma je glavna vrsta drveća obična jela. Preborna sječa (selektivna sječa, prebiranje) može se primijeniti u bilo kojoj sastojini, ali se preborno gospodariti može samo u prebornoj sastojini s običnom jelom kao glavnom vrstom drveća (Matić i dr. 2001).

Istraživana bukova sastojina nema tipične značajke preborne stablimične ili grupimične strukture. Njezina se struktura iz nekoliko razloga može svesti pod nazivnik raznodobna. Prvo, u sastojinama su se ove vrste tijekom povijesti izmijenile metode prebornih sječa u ophodnjicama 10 – 50 godina. Preduge ophodnjice otežavaju oblikovanje tipične preborne strukture. Drugo, preborne sječe nisu bile stablimične niti su se obavljale na površinama koje odgovaraju *skupini stabala* (stabla istih dimenzija ili istoga razvojnoga stadija na površini manjoj od 0,5 H ili 0,01 ha) ili *grupi* (stabla istih dimenzija ili istoga razvojnoga stadija na površini 0,5 – 1,5 H ili 0,01 – 1,00 ha). Istraživani primjer pokazuje kako se svaka strukturna jedinica prostire na nekoliko hektara. Prema Klepcu (2003) što je površina veća, to se više udaljujemo od prebornoga gospodarenja i prelazimo na drugi oblik gospodarenja koji je svojstven za visoke regularne šume. Treće, pomlađivanje nije trajno jer nema priljeva kvalitetnoga mladoga naraštaja obične bukve. U strukturnim jedinicama 1, 2 i 4 ono je *dovršeno* u dugom pomladnom razdoblju. Četvrto, dio sastojine pod oznakom 4 nastao je nedosljednom primjenom oplodnih sječa s dugim pomladnim razdobljem. Peto, u dijelu sastojine koji nosi oznaku 1 nije obavljeno čišćenje, iako su prostorna i vremenska koncentracija šumskouzgojnih zahvata na cijeloj površini sastojine jedna od temeljnih karakteristika prebornoga gospodarenja. Šesto, doznanaka za preborno sječu nije ispunjavala sve kriterije prebornoga gospodarenja. Sedmo, preliminarna istraživanja u nas novijega datuma (Štajdohar 2004) pokazala su

da kvaliteta pričuvaka (krošnjatost, visina baze krošnje, širina krošnje, kvrgavost, rašljivost, upaljena kora) ukazuje na gospodarsku nesvrhovitost uporabe prebornoga gospodarenja u čistim bukovim sastojinama.

Uvođenjem regularnoga, sastojinskoga gospodarenja pojavio se problem kako obavljati doznaku u sastojinama takve strukture. Zato je na istraživanom primjeru simulirana doznaka koja bi ispunila kriterije te vrste gospodarenja. Najprije, treba primijetiti kako je sastojinsko gospodarenje organizirano na malim površinama (svaka strukturna jedinica – poseban šumskouzgojni tretman). Šumskouzgojni postupci u ovoj su fazi razdvojeni prostorno. Dio sastojine koji nosi oznaku 1 prostire se na 24 % njezine površine ili na 4,13 ha. Kako se vidi iz slike 1, duguljasta je oblika, prosječne širine 80 m, prislomljen uz šumsku cestu koja se proteže istočnim rubom odsjeka. Njegovu strukturu reprezentira pokusna ploha 1. Ona ima tipična obilježja jednodobne sastojine u razvojnom stadiju starijega mladika ili koljika čija je gustoća 7500 stabala po hektaru. Približno se u svakoj etaži sastojine nalazi 1/3 stabala. S obzirom na razvojni stadij i činjenicu da do sada u njoj nije bilo nikakve njege, u sastojini je simulirano tzv. zakašnjelo čišćenje. Intenzitet je iznosio 24,6 % po broju stabala ili 39,9 % po volumenu (tablica 3). Prilikom odabira vodilo se računa o kriterijima koji određuju čišćenje kao negativnu selekciju. Doznačivana su rakasta, savijena, rašljava, prelomljena, granata i oštećena stabla, stabla s abnormalno razvijenom krošnjom, stabla sa slomljenim, oštećenim ili deformiranim vrhom, izbojci, predrast i sl. Ukupno je doznačeno 45,50 m³/ha volumena s prsnim promjerima 4 – 14 cm.

Dio sastojine koji nosi oznaku 2 prostire se na dva odvojena dijela sastojine (2a i 2b). Prvi se prostire kao jedinstvena cjelina u sjeverozapadnom dijelu sastojine, na površini od 5,37 ha. Prislomljen je uz šumsku cestu. Drugi se prostire kao izdvojena enklava u središnjem dijelu sastojine, na površini od 1,24 ha. S obzirom na to da su ti dijelovi sastojine ista strukturna jedinica, analizirat ćemo ih zajedno. Dakle, ukupna površina ove strukturne jedinice iznosi 6,61 ha i ona zauzima 39 % površine cijele sastojine ili odsjeka. Strukturni pokazatelji, a posebice raspored stabala po etažama i prsnim promjerima, pokazuju da je u ovom dijelu sastojine riječ o jednodobnoj strukturi s vertikalnim oblikom sklopa. S obzirom na gustoću, prostorni raspored i povoljnu strukturnu sliku mladoga naraštaja te položaj ovih dijelova sastojine u odnosu na ostale, obavljena je doznaka koja ima karakter naplodnoga sijeka. Razmaknute su krošnje stabala proizvodnoga dijela sastojine kako bi se omogućio brži razvoj bukova pomlatka. Ovisno o njegovu razvoju, u idućem razdoblju pomladno će se razdoblje završiti naknadnim i dovršnim ili samo dovršnim sijekom. S obzirom na blizinu šumske ceste i postojanje vlake štete na pomlatku prilikom privlačenja moguće je svesti na minimalnu mjeru. U pomoćnom dijelu sastojine doznaka je obuhvatila samo najnužnija stabla jer se većinom radi o podrastu. Dijelom ga je moguće uklopiti u buduću sastojinu, a dijelom ga treba iskoristiti za popunjavanje nenaplođenih lokaliteta ili lokaliteta na kojima će se eventualno pojaviti štete od privlačenja. Intenzitet doznake iznosio je 159,00 m³/ha ili 37,2 %.

Tablica 3. Doznaka i njezin intenzitet po pokusnim plohama
 Table 3 The structure of marked trees per experimental plot

Plo- ha Plot		Dominantna etaža <i>Dominant layer</i>			Nuzgredna etaža <i>Supressed layer</i>			Podstojna etaža <i>Underwood</i>			Ukupno <i>Total</i>		
		N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
1	a	2550	17,00	78,25	2050	5,50	20,25	2900	4,75	15,50	7500	27,25	114,00
	b	1825	10,25	45,75	1600	3,50	13,50	2225	2,75	9,25	5650	16,50	68,50
	D	725	6,75	32,50	450	2,00	6,75	675	2,00	6,25	1850	10,75	45,50
	i			28,50 %			5,90 %			5,50 %			39,9 %
2	a	152	23,52	389,24	128	3,16	32,68	452	1,40	5,96	732	28,08	427,88
	b	104	14,92	243,76	116	2,88	20,44	448	1,28	4,68	668	19,08	268,88
	D	48	8,60	145,48	12	0,28	12,24	4	0,12	1,28	64	9,00	159,00
	i			34,00 %			2,90 %			0,30 %			37,2 %
3	a	84	26,07	382,79	92	2,53	25,59	590	2,04	8,90	766	30,64	417,28
	b	0	0,00	0,00	76	1,12	8,51	566	1,52	5,34	642	2,64	13,85
	D	84	26,07	382,79	16	1,41	17,08	24	0,52	3,56	124	28,00	403,43
	i			91,70 %			4,10 %			0,90 %			96,7 %
4	a	129	17,44	256,39	294	4,04	29,65	1928	5,97	25,16	2351	27,45	311,20
	b	37	1,38	5,97	248	2,30	12,94	1919	5,69	22,40	2204	9,37	41,31
	D	92	16,06	250,42	46	1,74	16,71	9	0,28	2,76	147	18,08	269,89
	i			80,40 %			5,40 %			0,90 %			86,7 %

a – stanje prije doznake, b – stanje poslije doznake, D – doznačeno, i – intenzitet doznake
 a – situation before tree marking, b – situation after tree marking, D – marked trees, i – tree marking intensity

Dio sastojine koji nosi oznaku 3 prostire se na sjeveroistočnom, rubnom dijelu odsjeka, na površini od 3,03 ha ili 18 % njegove ukupne površine. Na površini ovoga dijela sastojine stablimično su raspoređeni krošnjati bukovi pričuvci velikih prsnih promjera (u debljinskom razredu 72 – 90 cm nalazi se 28 stabala po hektaru) te brojani i najčešće nekvalitetan, zakrivljen, asimetrično krošnjat i rašljiv bukov predrast (u debljinskom razredu do 10 cm nalaze se 594 stabla po hektaru). Sklop ovoga dijela sastojine razbijen je sječom koja je imala karakter stablimičnoga prebiranja. Stabla su predrasta zbog pojednostavljenja izmjere svrstavana u podstojnu etažu, iako joj po svom biološkom karakteru ne pripadaju. Vertikalna struktura odaje sliku stepenasta oblika sklopa koju osim predrasta upotpunjuje i brojani mladi naraštaj. Zbog toga se u ovom dijelu sastojine obavila doznaka koja je imala cilj da se uklone prezreli, krošnjati pričuvci. Istodobno je obavljena njega pomlatka nakon dovršnoga sijeka tako da je uklonjen loš predrast te oslobođen kvalitetan pomladak. S obzirom na to da je dio pomladne površine ostao nenaplođen, bit će potrebno popunjavanje «na krpe» za koje se mogu upotrijebiti obični jasen i gorski javor.

Dio sastojine koji nosi oznaku 4 prostire se u središnjem i jugozapadnom dijelu odsjeka, na površini od 3,35 ha ili 20 %. Prislonjen je uz šumsku cestu. Sastojina ima dvoslojni oblik sklopa u kojem je ispod svoda nadstojnih stabala formiran sloj podstojnih stabala. To je zapravo podrast koji je urastao do razvojnoga stadija kol-

jika i stupovlja. Nastao je produljenjem pomladnoga razdoblja, i to tako da neka-
dašnji pomladak nije oslobođen na vrijeme dovršnim sijekom. Da je pomladno raz-
doblje trajalo dugo, dokaz su popunjenost profila sastojine mladim naraštajem, po-
drastom – koljikom, nešto razvijenijim stablima podrasta koja su prilikom izmjere
svrstavana u nuzgrednu etažu (stupovlje) te nepotpun sklop stabala dominantne
etaže. Doznaka je većinom obuhvatila nadstojna stabla. Nakon sječe u podrastu će
se obaviti njega pomlatka nakon dovršnoga sijeka i čišćenje.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Primjenom prebornih ili selektivnih sječa u bukovim sastojinama montanskoga
vegetacijskoga pojasa hrvatskih Dinarida stvorene su raznodobne strukture tih sa-
stojina.

Na istraživanom primjeru ustanovljeno je kako se odsjek – sastojina površine
17,12 ha sastoji od četiri strukturno različita dijela koji se prostiru na pet njezinih
dijelova. Prva se strukturna jedinica prostire na 4,13 ha ili 24 % površine odsjeka i
predstavlja dio sastojine jednodobne strukture u razvojnom stadiju koljika. Druga
se strukturna jedinica prostire na dva odvojena dijela odsjeka koji zauzimaju 6,61
ha ili 39 % površine. Taj je dio jednodobne strukture u srednjodobnom razvojnom
stadiju. Treća se strukturna jedinica prostire na 3,03 ha ili 18 % ukupne površine
odsjeka. Predstavlja dio sastojine u kojem je stablimičnom prebornom sječom pre-
kinut i oblikovan stepenast oblik sklopa s dominacijom bukova predrasta te zrelih,
krošnjatih bukovih pričuvaka. Četvrti dio sastojine prostire se na 3,35 ha ili 20 %
površine. U njemu je primjenom oplodne sječe s dugim pomladnim razdobljem for-
mirana dvoslojna struktura sastojine.

U sastojini je simulirana doznaka koja bi trebala započeti proces uvođenja re-
gularnoga načina gospodarenja umjesto dosadašnjega prebornoga. Šumskouzgoj-
nim planom projektirano je sastojinsko gospodarenje na malim površinama, gdje je
svaka strukturna jedinica poseban dio sastojine s posebnim šumskouzgojnim tret-
manom. Tako su u ranoj fazi pretvorbe načina gospodarenja šumskouzgojni po-
stupci prostorno razdvojeni, a vremenski su ostali koncentrirani.

LITERATURA REFERENCES

- sl. č. Bunjevčević, Z., 1967: Nekoliko napomena za gospodarenje i uređivanje šuma u planinskim
predjelima Like. Šum. list, 91(1 – 2): 1 – 20, Zagreb.
- tt. č. Đuričić, I., 1994: Prirodna obnova sastojina obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) na obroncima
Kalnika i Bilogore. "Hrvatske šume" p. o. Zagreb, Zagreb, 61 str.
- sl. č. Hankony, S., 1896: Izbor uzgojnog oblika u visokoj šumi. Šum. list, XX(9 – 10): 415 – 496,
Zagreb.

- ✧ Klepac, D., 2003: Uređivanje bukovih prebornih šuma. U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 509 – 518.
- SL Č Lončar, I., 1946: Oplodna sječa u bukovim sastojinama. Šum. list, LXX(1): 36 – 45, Zagreb.
- SL Č Milković, S., 1979: Gospodarski postupci u državnim prebornim šumama ogulinskog područja u svjetlu propisa osnova gospodarenja. Šum. list, 103(11 – 12): 561 – 567, Zagreb.
- ✧ Matić S., I. Anić, M. Oršanić, 2003: Uzgojni postupci u bukovim šumama. U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 340 – 369.
- ✧ Matić S., I. Anić, M. Oršanić, 2001: Uzgojni postupci u prebornim šumama. U: B. Prpić (ur.), Obična jela (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 407 – 442.
- ✧ Matić, S., I. Anić, M. Oršanić, 1996: Bukove šume Hrvatske i njihovo mjesto u kompleksu šuma središnje i jugoistočne Europe. U: B. Mayer (ur.), Unapređenje proizvodne biomase šumskih ekosustava, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut, Jastrebarsko, Zagreb, 113 – 124.
- Matić, S., Š. Korpel, 1995: Silviculture of beech stands in Central and South-Eastern Europe. 6th IUFRO beech symposium, Ukrajina.
- ✧ Meštrović, Š., J. Čavlović, 2003: Uređivanje šuma obične bukve. U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 464 – 489.
- Osnova gospodarenja Gospodarske jedinice «Bukovača», 1998 – 2007.
- ✧ Petračić, A., 1931: Uzgajanje šuma – knjiga II. Nadbiskupska tiskara, 309 str.
- ✧ Seletković, Z., I. Tikvić, 2003: Klimatske prilike u šumskim ekosustavima obične bukve u Hrvatskoj. U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 72 – 82.
- SL Č Šafar, J., 1967: Funkcionalno oblikovanje bukovih sastojina na Dinaridima. Šum. list, 91(5 – 6): 198 – 204, Zagreb.
- SL Č Šafar, J., 1964: Kakvoća bukovog mladika u sastojinama dinarskih planina. Šum. list, LXXXVIII(7 – 8): 307 – 315, Zagreb.
- SL Č Šafar, J., 1962: Oplodna ili preborna sječa u bukovim šumama, osvrt na razmatranja o načinu uzgajanja na dinarskom području. Šum. list, LXXXVI(9 – 10): 340 – 347, Zagreb.
- SL Č Šafar, J., 1962a: Problem i pojam skupinastog gospodarenja. Šum. list, 86(8): 257 – 269, Zagreb.
- ▷ Štajdohar, M., 2004: Utjecaj načina gospodarenja na kakvoću bukovih sastojina. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 23 str.
- SL Č Šušteršič, J., 1930: Bukva u Gorskom kotaru. Šum. list, LIV(9 – 10): 408 – 414, Zagreb.
- SL Č Vajda, Z., 1943: O do sada primjenjivanim metodama kod uređivanja šumskih sastojina državne šumarije u Ogulinu. Šum. list, 67(1): 1 – 13, Zagreb.

STRUCTURAL RELATIONS AND SILVICULTURAL ACTIVITIES IN UNEVEN-AGED BEECH STANDS OF THE DINARIDE MOUNTAINS IN CROATIA

SUMMARY

The goal of this research was to establish basic structural properties of beech stands in the montane vegetation belt of the Croatian Dinaride mountains subjected to selection cutting between 1957 and 1966, as well as determine the type of silvicultural activities needed to form an even-aged structure of these stands. It was found that the application of selection cutting led to the formation of an uneven-aged stand structure. The compartment – stand of 17.12 ha in size consists of four structurally different units extending over five of its parts. The first structural unit covers 4.13 ha or 24% of the compartment area. It has an even-aged structure and is in the pole stage of development. The second structural unit extends over two separate parts of the compartment and accounts for 6.61 ha or 39% of the area. It has an even-aged structure and is in the middle-aged developmental stage. The third structural unit covers 3.03 ha or 18% of the total compartment area. It represents a part of the stand in which the application of the single tree selection cutting method has formed a cascading canopy with a dominance of beech foregrowth and mature beech seed trees with well developed crowns. The fourth part of the stand extends over 3.35 ha or 20% of the area. A two-storey stand structure has been formed with selection cutting with a long regeneration period. Tree marking was simulated in the stand to initiate the process of introducing a shelterwood forest management system aimed at replacing the existing selection one. The silvicultural plan envisages stand management over small areas, where each structural unit represents a separate part of the stand treated with special silvicultural activities. Silvicultural treatments will thus be spatially separated and temporally concentrated in the early stage of forest management system conversion.

Key words: *Fagus sylvatica*, uneven-aged stand, selection stand, selection forest management system, shelterwood forest management system, conversion of forest management systems

UDK: 630*164

PRILOG POZNAVANJU MORFOLOŠKO-BIOLOŠKIH ZNAČAJKI PLODOVA I SJEMENA GRMASTE ČIVITNJAČE (*Amorpha fruticosa* L.)

A CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF
MORPHOLOGICAL-BIOLOGICAL PROPERTIES OF FRUITS AND
SEEDS OF THE FALSE INDIGO (*Amorpha fruticosa* L.)

MILAN ORŠANIĆ, IGOR ANIĆ, DAMIR DRVODELIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu se ispituju morfološka i biološka svojstva plodova (mahuna) i sjemena grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.). U studenome 2005. godine u potpunosti su skupljeni plodovi s dvaju prosječnih grmova amorfe na svjetlu i dvaju grmova pod zastorom krošanja starih stabala.

Nakon 10 dana sušenja plodova razgrnutih u tankim slojevima plodovi su izmjereni, izvagani i pobrojani te ručno očišćeni na određenom težinskom uzorku. Apsolutna težina sjemena skupljena s grmova na svjetlu iznosila je 6,7 g, a grmova pod zastorom 8,8 g. Unatoč zamjetnoj razlici u veličini mahuna, a samim time i apsolutnoj težini sjemena s obzirom na to je li ono skupljeno s grmova na svjetlu ili pod zastorom krošanja, nije dokazana statistički značajna razlika u varijabilnosti mahuna (maks. promjer/maks. duljina).

U skladu s Pravilima ISTA, metodom tetrazola, ispitivana je vitalnost svježega sjemena. Vitalnost sjemena u jednom i drugom slučaju bila je izuzetno visoka i iznosila je 94 % kod sjemena s grmova na svjetlu odnosno 98 % kod sjemena s grmova pod zastorom krošanja. Dio je sjemena stavljen u posudu s vodom koja je ostavljena u vanjskim uvjetima preko zime. Nakon 146 dana močenja sjemena u vodi ponovno je ispitana vitalnost. Vitalnost sjemena s grmova na svjetlu pala je za 72 %, a sjemena s grmova pod zastorom za 70 %.

Ispitivano je i tonjenje mahuna amorfe u vodi sobne temperature. Nakon 10 dana potonulo je 74,50 % mahuna s grmova na svjetlu i 86,25 % mahuna s grmova pod zastorom krošanja. Nakon četiri tjedna zabilježen je početak klijanja mahuna u vodi, a nakon 42 dana izbrojene su proklijale sjemenke. Ukupno je proklijalo 18,75 % sjemena s grmova na svjetlu odnosno 8,00 % sjemena s grmova pod zastorom.

Laboratorijsko ispitivanje plodova (mahuna) i sjemena obavljeno je prema Pravilima ISTA uz procjenu klijanaca (pravilni i nepravilni). U radu su posebno prikazani nepravilni klijanci (%) s kratkim opisom nepravilnosti. Najmanju laboratorijsku klijavost, prosječno 19,13 %, imalo je sjeme amorfe moćeno 146

dana u vodi, slijedi laboratorijska klijavost mahuna čuvanih na sobnoj temperaturi (48,25 %). Najveću laboratorijsku klijavost, kao i energiju klijavosti, imalo je očišćeno sjeme amorfe (67,50 %). Klijavost mahuna amorfe koje potječe s grmova na svjetlu bila je za 3 % veća od klijavosti mahuna skupljenih pod zastorom krošanja. Klijavost očišćenoga sjemena amorfe koje potječe s grmova na svjetlu također je bila 7 % veća od onoga skupljenoga pod zastorom krošanja.

Ključne riječi: *Amorpha fruticosa*, varijabilnost plodova, vitalnost sjemena, laboratorijska klijavost sjemena

UVOD INTRODUCTION

Rod *Amorpha* L. (porodica mahunarke – *Fabaceae*) uključuje oko 15 vrsta listopadnih grmova ili polugrmova (Wilbur 1975). Među četiri najvažnije vrste roda ubraja se *Amorpha fruticosa* L., koju naš narod naziva amorfa, divlji bagrem, kineski bagrem, bagremac i čivitnjača (Glavaš 1990). U posljednje vrijeme sve je značajnije istraživanje biološko-uzgojnih svojstava grmaste čivitnjače. To je vrsta izuzetne agresivnosti osvajanja novih staništa i mogućnosti brzoga rasprostiranja sjemena na veće udaljenosti, zbog čega je uvelike otežana obnova i njega šuma te povećani njezini troškovi. S druge strane, amorfa je dobra medonosna vrsta, a njezino drvo ima veliku kaloričnu vrijednost. Biološki potencijal ove vrste, koji bi se mogao primijeniti za uzgajanje u kulturama kratkih ophodnji za proizvodnju biomase, izuzetan je. Istraživanje morfološko-bioloških svojstava plodova i sjemena grmova amorfe koji rastu u uvjetima potpunoga odnosno difuznoga svjetla te njihova usporedba dat će mali prinos boljemu poznavanju razmnožavanja i rasprostiranja ove vrste.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA INVESTIGATION AREA

Na području Šumarije Lipovljani u GJ "Josip Kozarac", uz rub odjela 101 i šumske ceste, u potpunosti su skupljeni plodovi s dvaju prosječnih grmova amorfe rasle u uvjetima potpunoga svjetla. U susjednom odjelu 106 iste gospodarske jedinice skupljeno je sjeme s dvaju prosječnih grmova amorfe rasle u uvjetima difuznoga svjetla odnosno pod zastorom krošanja starih stabala.

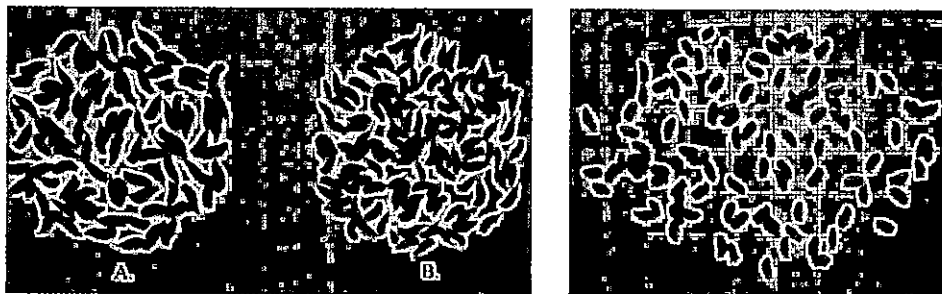
MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Plodovi (mahune) amorfe skupljeni su u drugoj polovici studenoga 2005. godine. Svi su skidani ručno s dvaju prosječnih grmova koji su rasli u uvjetima izravnoga svjetla i s dvaju grmova koji su rasli u uvjetima difuznoga svjetla. Svakomu je grmu izmjerena ukupna visina i promjer na 1,3 m, registriran je broj izbojaka grma,

izbrojeni su rodni klasići i procijenjen urod prema ovim stupnjevima: pun, djelomičan, loš i nikakav. Nakon 10 dana sušenja mahuna razgrnutih u tankim slojevima na sobnoj temperaturi, u laboratoriju Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma Šumarskoga fakulteta detaljno su istražene. Izvagana je ukupna težina mahuna s grma i izbrojen broj mahuna na grmu. Izračunom je dobiven broj mahuna amorfe u 1 kg. Da bismo hipotetski izračunali broj sjemenki po grmu, metodom poprečnoga rezanja mahuna (4×100) određen je broj punih sjemenki. Digitalnom promjerkom mjerena je duljina, širina i debljina mahuna ($n = 30$). Na prosječnom težinskom uzorku (10 g) ručno smo očistili sjeme iz mahuna te time dobili broj sjemenki iz 1 kg plodova i prosječan broj sjemenki amorfe u 1 kg. Prema Pravilima ISTA, za određivanje apsolutne težine sjemena, uzet je prosječni uzorak od 4×100 sjemenki. Svakih tjedan dana sjeme je vagano digitalnom vagom. Nakon četiri vaganja nije bilo promjene u težini sjemena i rezultati su uzeti kao konačni. Vitalnost je sjemena određena metodom tetrazola i procijenjena je na prosječnom uzorku od 100 sjemenki s grmova na svjetlu i 100 sjemenki s grmova pod zastorom krošanja. Priprema, postupak i procjena vitalnosti sjemena rađeni su prema Pravilima ISTA i uz pomoć radnih obrazaca (ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing). Prema tim Pravilima sjeme amorfe, da bi se procijenilo kao vitalno, u potpunosti treba biti obojeno, odnosno nisu dopuštena neobojena ili nekrotična područja.

Zbog biološko-morfoloških svojstava plodova amorfe i spoznaje o njihovu rasprostriranju ponajprije poplavnim vodama (hidrohorija) te u manjoj mjeri životinjama (zoohorija) ispitivali smo tonjenje mahuna amorfe u vodi. Pokus tonjenja mahuna amorfe u vodi ispitivan je na prosječnom uzorku od 400 (4×100) sjemenki s grmova na svjetlu i 400 sjemenki (4×100) s grmova pod zastorom krošanja. Tijekom 10 dana, svakoga dana, brojili smo mahune koje su potonule u vodi. Prosječna temperatura vode iznosila je oko $19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nakon 42 dana od stavljanja mahuna u vodu izbrojene su proklijale sjemenke.

Dio skupljenih mahuna stavljen je u posude s vodom 22. 12. 2005. godine, a one su ostavljene u vanjskim uvjetima. Po potrebi je dolijevana voda, a mahune su tijekom zime bile izvrnute procesima smrzavanja i odmrzavanja vode, što se događa i u prirodnim uvjetima. Nakon 146 dana (17. 5. 2006) čuvanja mahuna amorfe u vodi dio je mahuna izvađen kako bi se ponovno ispitala vitalnost i laboratorijska klijavost sjemena. Priprema i procjena sjemena za određivanje vitalnosti napravljeni su u laboratoriju Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma Šumarskoga fakulteta u Zagrebu. Za laboratorijsko ispitivanje klijavosti plodova i sjemena korištene su Krstičeve klijalice. Čivitnjača je jedina vrsta iz roda *Amorpha* koja je uvrštena u službena pravila za ispitivanje sjemena. Prema Pravilima ISTA (International Rules for Seed Testing, Edition 2006) pri laboratorijskomu ispitivanju klijavosti sjemena amorfe potrebno je svjetlo i temperatura od 20 do $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sjeme se raspoređuje na vlažni filter-papir. Ispitivanje traje 28 dana, a prvo brojenje obavlja se deseti dan, što predstavlja energiju klijavosti. Na osnovi propisanih kriterija klijanci se procjenjuju kao pravilni ili nepravilni. U postotak klijavosti i energije klijanja sjemena ulaze isključivo normalno iskljale sjemenke u propisanom roku.



Slika 1. Mahune (A. pod zastorom, B. na svjetlu) i sjeme grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.)
Figure 1 Pods (A. under the crown cover of old trees, B. in full sunlight) and seed of false indigo (*Amorpha fruticosa* L.)

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

U tablici br. 1 prikazana su obilježja grmova grmaste čivitnjače, a u tablici br. 3 podaci o plodovima odnosno sjemenu.

Tablica 1. Obilježja grmova amorfe (*Amorpha fruticosa* L.)
Table 1 Characteristics of false indigo shrubs (*Amorpha fruticosa* L.)

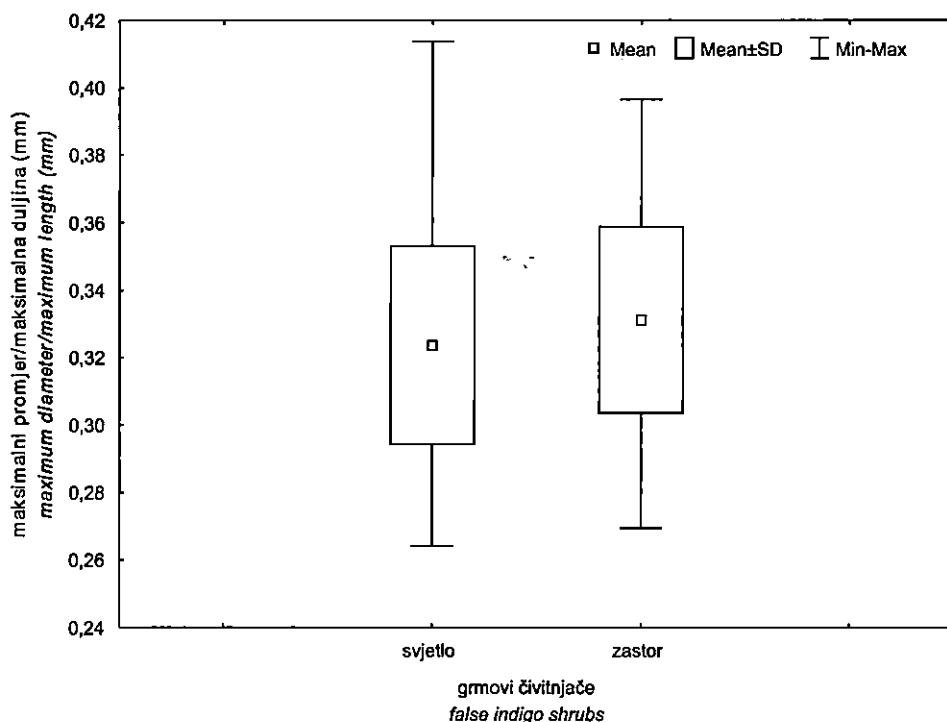
Visina (m) Height (m)	Promjer (cm) Diameter (cm)	Broj stabljika (kom.) No of plants (pcs)	Broj klasova (kom.) Number of spikes (pcs)	Urod Yield
Grmovi na svjetlu – Shrubs in full sunlight				
2,95	1,75	3	694	dobar
3,25	2,29	9	574	dobar
Grmovi pod zastorom krošanja – Shrubs under the crown cover				
2,30	1,37	14	101	djelomičan
2,31	1,43	10	80	djelomičan

Tablica 2. Podaci o plodovima i očišćenom sjemenu grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.)
Table 2 Data on the fruits and cleaned seeds of false indigo (*Amorpha fruticosa* L.)

Težina mahuna na grmu (g) Pod weight on a shrub (g)	Broj mahuna na grmu (kom.) No of pods on a shrub (pcs)	Broj mahuna u kg (kom.) No of pods in 1 kg (pcs)	Duljina/širina/debljina mahuna (mm) Pod length/width/thickness (mm)	Mahune u kg plodova (%) Pods in 1 kg of fruits (%)	Punoća mahuna (%) Pod fullness (%)	Broj sjemenki na grmu (kom.) No of seeds on a shrub (pcs)	Broj sjemenki iz 1 kg plodova (kom.) No of seeds on a from 1 kg of fruits (pcs)	Broj sjemenki u 1 kg (kom.) No of seeds in 1 kg (pcs)
Grmovi na svjetlu – Shrubs in full sunlight								
463,35	42 119	90 900	7,81/2,56/1,58	37,7	96	40 434	82 100	131 782
557,62	61 227	109 800	7,67/2,43/1,34	37,6	99	101 700	101 700	162 981
Grmovi pod zastorom krošanja – Shrubs under the crown cover								
195,73	13 584	69 400	9,04/2,86/1,61	51,5	100	13 584	49 100	101 237
119,51	9334	78 100	8,23/2,84/1,56	39,1	98	9147	72 200	118 555

Urod grmova amorfe na svjetlu procijenjen je kao dobar, a pod zastorom krošanja starih stabala kao djelomičan. Težina mahuna na grmu iznosila je od 119,51 g do 557,62 g. Broj mahuna na grmu kretao se od 9334 do 61 227 komada. Broj mahuna u 1 kilogramu iznosio je od 69 400 do 109 800 komada. Prosječna duljina/širina/debljina mahune amorfe s grmova na svjetlu bila je 7,74/2,50/1,46 mm, odnosno mahune amorfe s grmova pod zastorom krošanja 8,64/2,85/1,59 mm. Udio samih mahuna u 1 kg plodova iznosio je od 37,6 % do 51,5 % (amorfa pod zastorom). Šturih mahuna bilo je prosječno od 1 % (amorfa pod zastorom) do samo 2,5 % (amorfa na svjetlu). Izračunato je da broj sjemenki na grmu iznosi od 9147 do 101 700 komada. U 1 kg plodova amorfe ima od 49 100 do 101 700 sjemenki. Broj sjemenki u 1 kg kretao se od 101 237 do 131 782 komada.

Na slici 2 prikazana je varijabilnost mahuna amorfe s grmova na svjetlu i pod zastorom krošanja. Analizom varijance (ANOVA) nije dokazana statistički značajna razlika u varijabilnosti mahuna amorfe skupljenih s grmova na svjetlu i pod zastorom krošanja.



Slika 2. Varijabilnost mahuna grmaste čitvijače (*Amorpha fruticosa* L.) s grmova na svjetlu i pod zastorom krošanja starih stabala

Figure 2. Pod variability of the species *false indigo* (*Amorpha fruticosa* L.) from the shrubs in full sunlight and from the shrubs under the crown cover of old trees

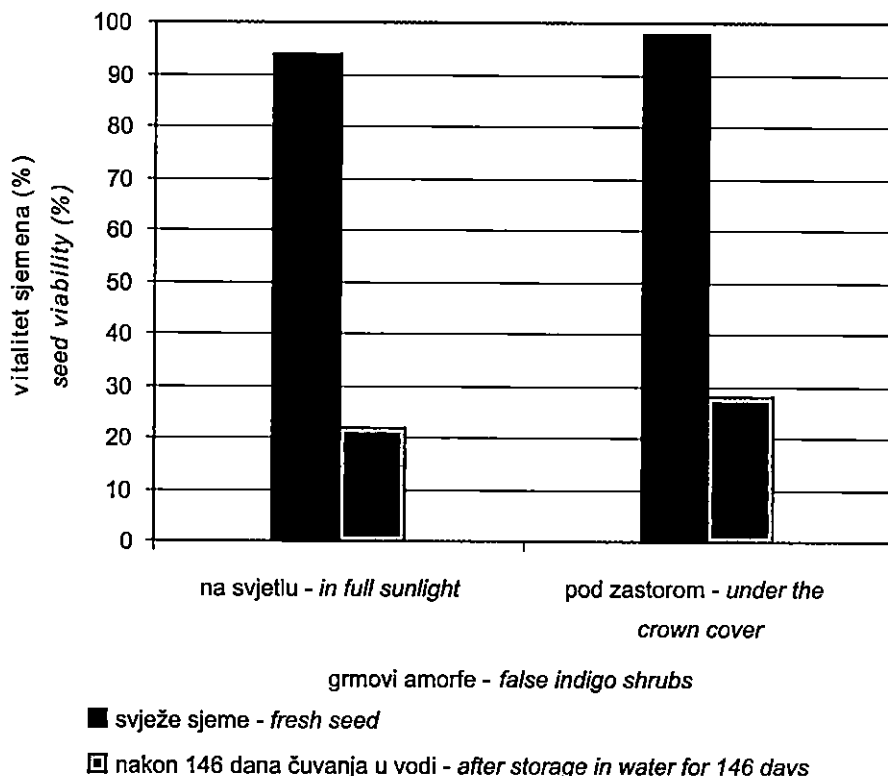
Apsolutna težina sjemena amorfe iznosila je od 5,90 g (gram na svjetlu) do 9,30 g (gram pod zastorom) odnosno prosječno za grmove na svjetlu 6,70 g, a one pod zastorom 8,80 g.

Vitalnost svježega sjemena s grmova na svjetlu iznosila je 94 %, ostatak su činile sjemenke koje pripadaju u kategoriju ostaloga sjemena (nedovoljno obojene sjemenke). Vitalnost svježega sjemena s grmova pod zastorom krošanja bila je 98 %, dok su 2 % činile sjemenke koje su kukci više oštetili.

Na slici 3 prikazana je vitalnost sjemena grmaste čivitnjače nakon skupljanja odnosno čuvanja u vodi u trajanju od 146 dana.

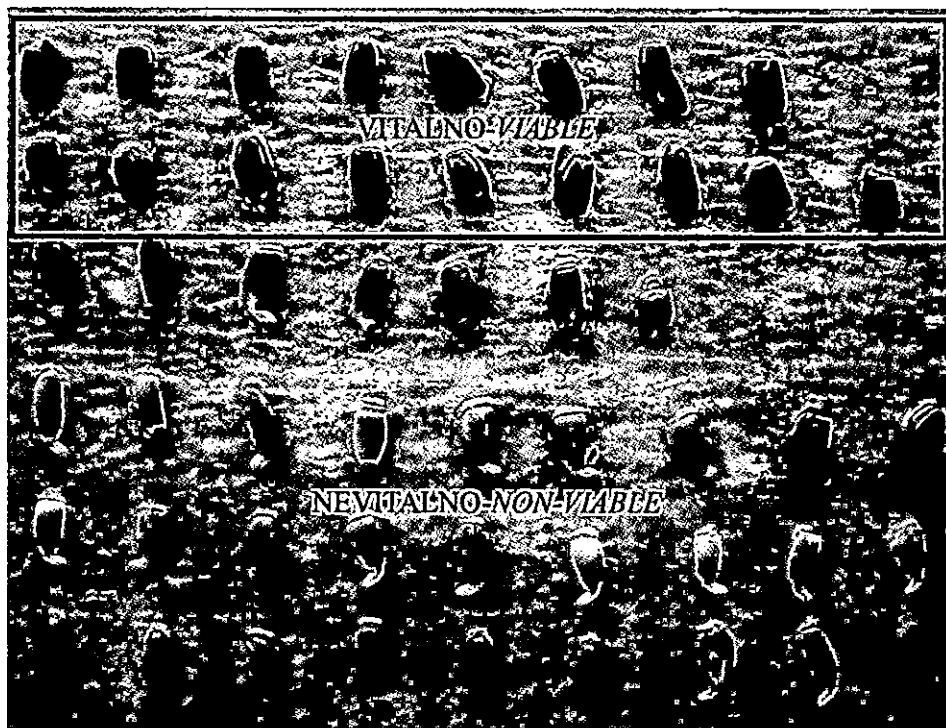
Vitalnost sjemena s grmova na svjetlu nakon 146 dana čuvanja u vodi iznosila je samo 22 %. Sjeme koje pripada u kategoriju ostaloga sjemena činilo je 74 %, gnjiloga sjemena bilo je 1 %, šturoga 3 % i oštećenoga kukcima 0 %.

Vitalnost sjemena s grmova pod zastorom krošanja nakon 146 dana čuvanja u vodi iznosila je 28 %. Sjeme koje pripada u kategoriju ostaloga sjemena činilo je 67 %, gnjiloga sjemena bilo je 3 %, šturoga 2 % i oštećenoga kukcima 0 %.



Slika 3. Vitalnost sjemena grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.) nakon skupljanja odnosno čuvanja u vodi u trajanju od 146 dana

Figure 3 Seed viability of the species false indigo (*Amorpha fruticosa* L.) after collection and storage in water for 146 days



Slika 4. Vitalno i nevitalno sjeme grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.) nakon čuvanja u vodi u trajanju od 146 dana

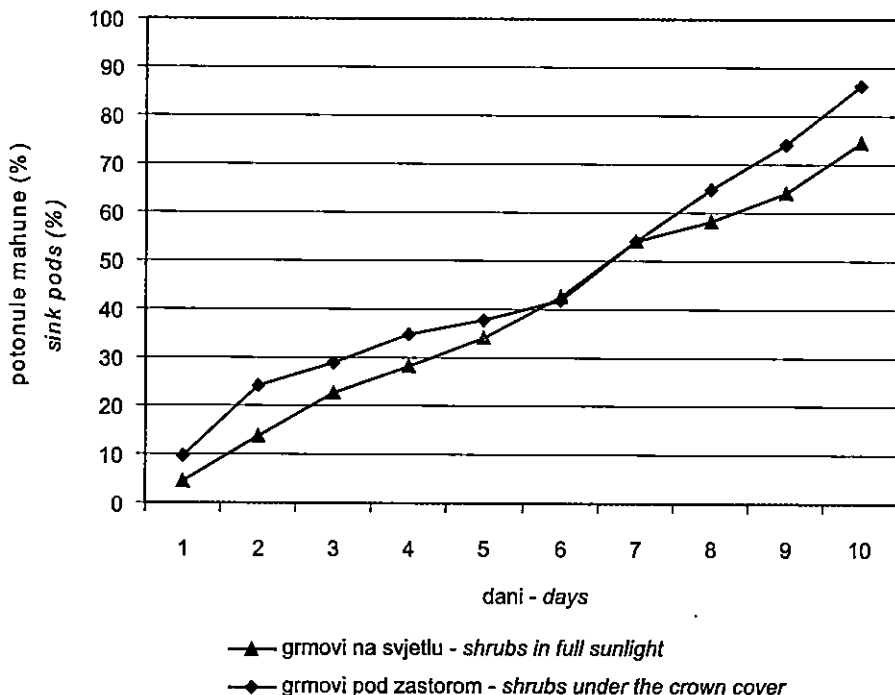
Figure 4 Viable and non-viable seeds of the species false.indigo (*Amorpha fruticosa* L.) after storage in water for 146 days

Nakon 10 dana močenja mahuna amorfe u vodi potonulo je 74,50 % mahuna s grmova na svjetlu i 86,25 % mahuna s grmova pod zastorom krošanja. Početak klijanja sjemena u vodi primijećen je nakon četiri tjedna od početka močenja. Nakon 42 dana od stavljanja mahuna u vodu izbrojene su proklijale sjemenke. Ukupno je isklijalo 18,75 % sjemena skupljenoga s grmova na svjetlu i 8,00 % sjemena skupljenoga s grmova pod zastorom krošanja.

Tijek tonjenja mahuna grmaste čivitnjače u vodi prikazan je na slici 5.

Energija klijavosti mahuna čuvanih na sobnoj temperaturi iznosila je kod amorfe na svjetlu 22,25 %, a kod amorfe pod zastorom krošanja 25,00 %. Energija klijavosti očišćenoga sjemena čuvanoga na sobnoj temperaturi iznosila je kod amorfe pod zastorom krošanja 39,25 %, a kod amorfe na svjetlu 51,75 %. Energija klijavosti mahuna močenih 146 dana u vodi iznosila je kod amorfe na svjetlu 10,75 %, a kod amorfe pod zastorom krošanja 20,00 %.

Laboratorijska klijavost mahuna čuvanih na sobnoj temperaturi iznosila je kod amorfe na svjetlu 49,75 %. Nepravilnih klijanaca bilo je 7,75 %, bolesnoga i gnjiloga sjemena 4,25 %, šturoga 1,25 % i svježe neisklijaloga 37,00 %. Klijavost ma-



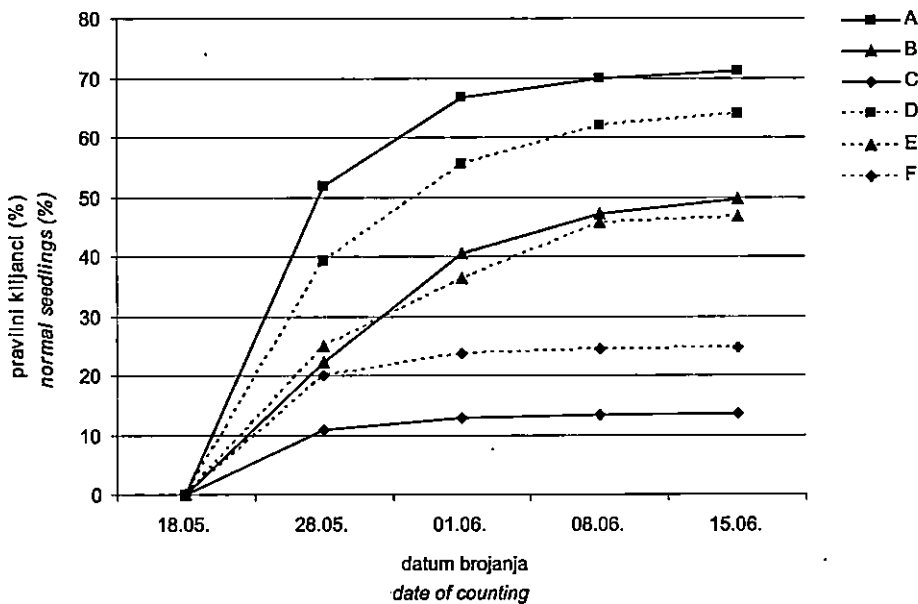
Slika 5. Tijek tonjenja mahuna grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.) u vodi sobne temperature
 Figure 5 Sinking the pods of the species false indigo (*Amorpha fruticosa* L.) in water at room temperature

huna čuvanih na sobnoj temperaturi kod amorfe pod zastorom krošanja bila je 46,75 %. Nepravilnih klijanaca bilo je 9,25 %, bolesnoga i gnjiloga sjemena 3,75 %, šturoga 2,00 % i svježe neisklijaloga 38,25 %. Laboratorijska klijavost očišćenoga sjemena čuvanoga na sobnoj temperaturi iznosila je kod amorfe na svjetlu 71,00 %. Nepravilnih klijanaca bilo je 8,00 %, bolesnoga i gnjiloga sjemena 1,25 %, šturoga 0,00 % i svježe neisklijaloga 19,75 %. Klijavost očišćenoga sjemena čuvanoga na sobnoj temperaturi kod amorfe pod zastorom krošanja iznosila je 64,00 %. Nepravilnih klijanaca bilo je 18,50 %, bolesnoga i gnjiloga sjemena 3,00 %, šturoga 0,00 % i svježe neisklijaloga 14,50 %. Laboratorijska klijavost mahuna čuvanih 146 dana u vodi iznosila je kod amorfe na svjetlu 13,50 %. Nepravilnih klijanaca bilo je 12,75 %, bolesnoga i gnjiloga sjemena 17,00 %, šturoga 1,00 % i svježe neisklijaloga 55,75 %. Klijavost mahuna čuvanih 146 dana u vodi kod amorfe pod zastorom krošanja iznosila je 24,75 %. Nepravilnih klijanaca bilo je 7,00 %, bolesnoga i gnjiloga sjemena 20,00 %, šturoga 1,25 % i svježe neisklijaloga 47,00 %.

Na slici 6 prikazan je tijek laboratorijskoga ispitivanja klijavosti plodova i sjemena grmaste čivitnjače.

Prema Pravilima ISTA za procjenu klijanaca (ISTA Handbook on Seedling Evaluation) grmasta čivitnjača pripada u tip klijanca E i skupinu B-2-1-1-1. Riječ je o dvo-supnicama s nadzemnim tipom klijanja. U toj skupini tijekom testa klijavosti obično ne raste epikotil; epikotil i plumula uglavnom nisu vidljivi. Korijenski sustav sastoji se od primarnoga korijena (radikule), obično s korijenskim dlačicama, i smatra se izuzetno važnim prilikom procjene. Za vrijeme ispitivanja klijavosti ponekad se mogu razviti sekundarni korjenčići, ali se pri procjeni ne uzimaju u obzir. Nadzemni dio klijanca sastoji se od hipokotila i dva kotiledona između kojih se nalazi plumula.

Već nakon prvoga brojenja isključivih sjemenki grmaste čivitnjače (10. dan) primijećen je rast sekundarnoga korijenja i epikotila (slika 7).



Slika 6. Tijek laboratorijskoga ispitivanja klijavosti plodova i sjemena grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.)

Figure 6 Laboratory germination test on pods and seeds of the species false indigo (*Amorpha fruticosa* L.)

Legenda:

- A.....očišćeno sjeme čuvano na sobnoj temperaturi, grmovi na svjetlu
A.....cleaned seed storage at room temperature, shrubs in full sunlight
- B.....mahune čuvane na sobnoj temperaturi, grmovi na svjetlu
B..... pods storage at room temperature, shrubs in full sunlight
- C.....mahune čuvane u vodi u trajanju od 146 dana, grmovi na svjetlu
C..... pods storage in water for 146 days, shrubs in full sunlight
- D.....očišćeno sjeme čuvano na sobnoj temperaturi, grmovi pod zastorom krošanja
D..... cleaned seed storage at room temperature, shrubs under the crown cover
- E.....mahune čuvane na sobnoj temperaturi, grmovi pod zastorom krošanja
E..... pods storage at room temperature, shrubs under the crown cover
- F.....mahune čuvane u vodi u trajanju od 146 dana, grmovi pod zastorom krošanja
F..... pods storage in water for 146 days, shrubs under the crown cover

Tablica 3. Nepravilni klijanci (%) grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.) i kratki opis (prema Pravilima ISTA)

Table 3 Abnormal seedlings (%) of the species false indigo (*Amorpha fruticosa* L.) and short description (according to the ISTA Rules)

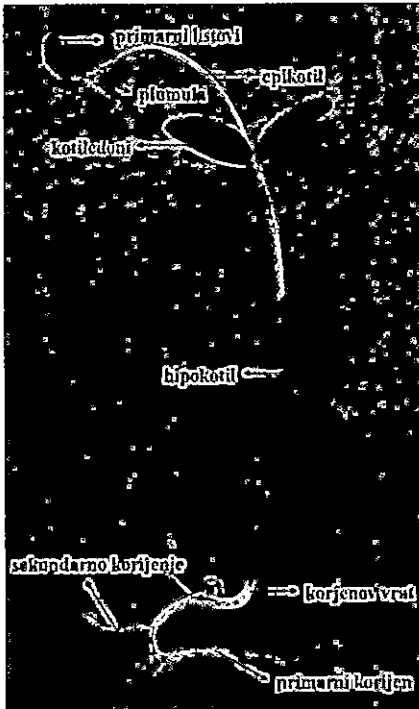
Kratki opis - Short description	Nepravilni klijanci - Abnormal seedlings (%)					
	A	B	C	D	E	F
Primarna zaraza uzrokovala trulež klijanca <i>The seedling is decayed as a result of primary infection</i>	21,87	12,90	-	17,57	10,81	3,57
Primarnom korijenu nedostaje vrh ili je kratak <i>The primary root is stunted or stubby</i>	-	3,23	72,55	4,05	-	71,43
Primarnoga korijena uopće nema <i>The primary root is missing</i>	-	-	7,85	17,57	-	3,57
Primarni korijen ima negativan geotropizam <i>The primary root with negative geotropism</i>	25,00	25,81	3,92	10,81	18,92	14,29
Primarni korijen je tanak ili proziran <i>The primary root is spindly or glassy</i>	3,13	-	1,96	1,35	-	-
Primarna zaraza uzrokovala trulež primarnoga korijena <i>The primary root is decayed as a result of primary infection</i>	34,37	35,48	5,88	40,54	48,65	3,57
Hipokotil kratak i debeo <i>The hypocotyl is short and thick</i>	-	-	3,92	-	-	-
Hipokotil spiralno zavnut <i>The hypocotyl is forming a spiral</i>	6,25	9,68	-	1,35	8,11	-
Hipokotil tanak ili proziran <i>The hypocotyl is spindly or glassy</i>	-	-	1,96	-	-	-
Primarna zaraza uzrokovala trulež hipokotila <i>The hypocotyl is decayed as a result of primary infection</i>	-	6,45	1,96	6,76	13,51	3,57
Primarna zaraza uzrokovala trulež kotiledona <i>The cotyledons are decayed as a result of primary infection</i>	9,38	6,45	-	-	-	-

RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

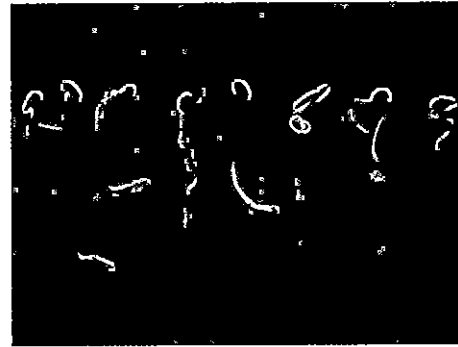
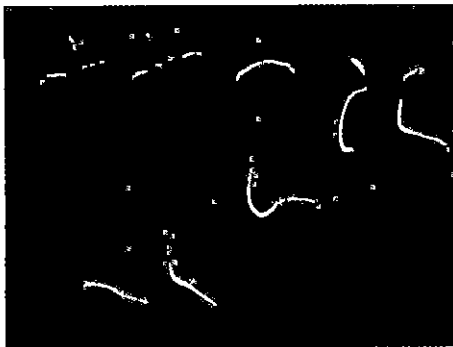
Petračić već 1938. godine o amorfi piše da se u mnoge naše posavske slavonske šume naselila u posljednja tri desetljeća u velikoj množini. Prema istomu autoru 1 g amorfinoga sjemena sadrži oko 90 sjemenki. U našem istraživanju broj sjemenki u 1 g kretao se od 101 do 163, prosječno 129 komada.

U Petračićevu je pokusu, u kojem je ispitivano tonjenje mahuna amorfe u vodi, 10. dan potonulo 99 % mahuna. U našem istraživanju, u slično postavljenom pokusu, potonulo je 74,5 % mahuna s grmova na svjetlu odnosno 86,25 % mahuna s grmova pod zastorom krošanja ili prosječno 80,38 %. I u jednom i drugom slučaju dokazano je da veći dio sjemena amorfe mogu raznositi poplavne vode, i to na veće udaljenosti. Prema Petračiću (1938) male i lagane mahune može po svoj prilici raznositi na manje udaljenosti i jači vjetar, a raznose ih donekle i životinje.

Jasno je da čivitnjača klije u uvjetima niskoga parcijalnoga pritiska kisika. Vjerojatno je kako energiju tijekom klijanja u vodi amorfa dobiva aktivacijom



Slika 7. Građa klijanca grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.)
Figure 7 Structure of the false indigo seedling (*Amorpha fruticosa* L.)



Slika 8. Pravilni (lijevo) i nepravilni (desno) klijanci grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.) u skladu s Pravilima ISTA
Figure 8 Normal (left) and abnormal (right) seedlings of the species false indigo (*Amorpha fruticosa* L.) according to the ISTA Rules

određenih enzima vrenja. Početak klijanja primijećen je nakon 28 dana od stavljanja mahuna u vodu, dok je nakon 42 dana proklijalo prosječno 13,38 % sjemena. Kod sjemena skupljenoga s grmova na svjetlu klijavost je u vodi bila za 10,75 % veća od sjemena skupljenoga pod zastorom krošanja.



Slika 9. Nepravilni klijanci grmaste čivitnjače (*Amorpha fruticosa* L.) od mahuna čuvanih u vodi u trajanju od 146 dana

Figure 9 Abnormal seedlings of the species false indigo (*Amorpha fruticosa* L.) from the pods storage in water for 146 days

Prema Aniću (1943) u 1 kg nalazi se preko 100 000 plodova (mahune i sjeme zajedno) odnosno samo sjemenki u 1 kg ima preko 150 000. Odnos je ploda i sjemena u omjeru 10 : 6. Anić ističe da najbolje klija sjeme koje potone u vodu (većina sjemenki potone za 10 dana) i u njoj ostane oko 10 dana. Autor zaključuje kako će se amorfa najbolje razmnožavati u slučaju ako poplave traju dvadesetak dana. U našim istraživanjima prosječni broj plodova u kilogramu kod grmova na svjetlu iznosio je 100 350, grmova pod zastorom krošanja 73 750 ili prosječno 87 050 komada. Iz navedenoga je vidljivo da su plodovi (mahune) skupljeni s grmova na svjetlu mnogo manji od onih pod zastorom krošanja, iako analizom varijance nije dokazana statistički značajna razlika u njihovoj varijabilnosti (širina/duljina ploda). Apsolutna težina sjemena skupljenoga s grmova na svjetlu manja je za čak 23,86 % od apsolutne težine sjemena s grmova pod zastorom. Broj sjemenki u 1 kg kod grmova na svjetlu iznosio je 147 382, kod grmova pod zastorom krošanja 109 896 ili prosječno 128 639 komada, što je manje od podataka koje navodi Anić. Postotni udio mahuna u kilogramu plodova kreće se od 37,65 % (grmova na svjetlu) do 45,30 % (grmova pod zastorom) ili prosječno 41,48 %, što se podudara s Anićevim podacima.

Spaić (1957) piše da su u našem nizinskom području, osobito u srednjoj i istočnoj Posavini, velike šumske površine zakorovljene amorfom i ističe kako ona vrlo obilno plodonosi, a njezino lagano sjeme raznosi poplavna voda, čime se zakorovljena površina naglo povećava.

Liović (1988) također navodi da su u nizinskim šumama velike površine zakorovljene bagremcom ili čivitnjačom koja je često ograničavajući čimbenik za obnovu šuma prirodnim putem ili pošumljavanjem. Napominje da vrlo obilno rodi i da njezino sjeme raznosi poplavna voda, zbog čega se najveće zakorovljene površine nalaze uz velike rijeke: Savu, Dravu i Dunav.

Prema Brinkmanu (1974) dobar urod koda vrste *Amorpha californica* Nutt. te drugih vrsta iz roda *Amorpha* događa se svake dvije godine.

U našem istraživanju zabilježeni su puni urodi kod grmova amorfe na svjetlu, a djelomični kod grmova pod zastorom krošanja, iako su punoća mahuna i vitalnost

sjemena u oba slučaja vrlo visoki. Vitalnost sjemena amorfe nakon čuvanja u vodi u trajanju od 146 dana pala je za 72 % (sjeme s grmova na svjetlu) odnosno 70 % (sjeme s grmova pod zastorom). Tako značajan pad vitalnosti sjemena, bez obzira na to potječe li s grmova na svjetlu ili pod zastorom krošanja, govori nam kako sjemenu amorfe ne odgovara duže razdoblje držanja u vodi. Nakon 146 dana čuvanja mahuna amorfe u vodi u najvećem postotku zabilježene su nepravilnosti povezane s primarnim korijenom kojemu nedostaje vrh ili je kratak. Nakon pojave nepravilnosti slijedi negativni geotropizam primarnoga korijena i njegov izostanak.

Prema B. Regentu (1980) grmasta čivitnjača ima dormantno sjeme uzrokovano nepropusnom sjemenom ljuskom. Isti autor navodi prosječnu klijavost sjemena od 67 % (42–85 %) i ističe da vađenje sjemena nije prijeko potrebno jer se siju i čitavi plodovi (mahune).

Prema Youngu i Youngu (1992) uskladišteno sjeme svih vrsta iz roda *Amorpha* ima nepropusnu sjemenku i visok postotak dormantnoga sjemena. Autori također naglašavaju kako nije potrebno vaditi sjeme iz mahuna jer one u većini slučajeva sadrže samo jednu sjemenku i ne ometaju klijanje. Sjeme čuvano na sobnoj temperaturi zadrži vitalnost 3–5 godina. Prije ispitivanja klijavosti sjemena grmaste čivitnjače potrebno je odrediti razinu njegove dormantnosti.

Brinkman (1974) također spominje da odvajanje sjemena kod amorfe nije potrebno jer ne utječe na klijanje. Mahune koje obično sadrže samo 1 sjemenku imaju tanku stijenku i mekane su u tolikoj mjeri da značajnije ne utječu na klijanje. Sjeme amorfe zadržava vitalnost 3–5 godina ako se čuva na sobnoj temperaturi. Novija istraživanja dokazuju da se sjeme amorfe može čuvati na temperaturi od 2 °C u razdoblju od nekoliko godina bez značajnijega gubitka vitalnosti (Lincoln Oakes Nurseries 1996).

Piotto i di Noi (2001) navode prosječnu klijavost sjemena amorfe 60–90 %.

U našem istraživanju broj mahuna na grmu bio je mnogo veći kod jedinki na svjetlu u odnosu na one pod zastorom.

Najmanju energiju klijavosti imalo je sjeme amorfe držano u vodi u trajanju od 146 dana, prosječno 15,38 %, slijedi energija klijavosti mahuna čuvanih na sobnoj temperaturi (23,63 %). Najveću energiju klijavosti od 45,50 % imalo je očišćeno sjeme amorfe, što je razumljivo s obzirom na to da je uklonjena mahuna koja usprava (ali ne sprječava) klijanje.

Najmanju laboratorijsku klijavost, prosječno 19,13 %, imalo je sjeme amorfe čuvano u vodi u trajanju od 146 dana, slijedi laboratorijska klijavost mahuna čuvanih na sobnoj temperaturi (48,25 %). Najveću laboratorijsku klijavost, kao i energiju klijavosti, imalo je očišćeno sjeme amorfe (67,50 %). Dobivena klijavost očišćenoga sjemena amorfe u potpunosti se podudara s podatkom koji navodi Regent (1980). Klijavost plodova (mahuna) amorfe koji potječu s grmova na svjetlu bila je za 3 % veća od klijavosti mahuna skupljenih pod zastorom krošanja. Klijavost očišćenoga sjemena amorfe koja potječe s grmova na svjetlu također je bila za 7 % veća od onoga pod zastorom krošanja.

Glavaš (1990) piše o štetnosti, ali i korisnosti čivitnjače. Ističe kako je u našem nizinskom području veoma rasprostranjena te da se u nas s jedne strane (šumarske) smatra opasnim korovom, a s druge strane (pčelarske) dobrom medonosnom biljkom koja ima i niz drugih neiskorištenih vrijednosti (dekorativna vrsta, za prehranu i zaklanjanje divljači, protiv erozije, za dobivanje mirisa, insekticida, za medicinske svrhe, za proizvodnju amorfina i ulja, za biomasu itd.).

Čivitnjača je zasigurno vrsta o kojoj će se još mnogo pisati i raspravljati u budućnosti, kao što se raspravljalo i u prošlosti, upravo zbog njezine dvostruke uloge, kao opasnoga šumskoga korova s jedne strane i dobre vrste kad je u pitanju iskorištavanje i uzgoj za potrebe bionergije i ostalih koristi.

LITERATURA REFERENCES

- sl. č Anić, M., 1943: O klijavosti amorfina sjemena. Šumarski list, 9: 261–263, Zagreb.
- č Brinkman, K. A., 1974: *Amorpha*, *amorpha*, false indigo. Seeds of woody plants in the United States, DC: USDA Forest Service: 216–219, Washington.
- κ Dirr, M. A., C. W. Jr Heuser, 1987: Reference Manual of Woody Plant Propagation (*From Seed to Tissue Culture*). Athens, 239 str.
- č Glavaš, M., 1990: Upoznajmo amorfu. Pčela, 8 (109): 223–227, Zagreb.
- κ ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing 2003: Volume II Tree & Shrub Species, The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland.
- κ ISTA (International Seed Testing Association) 2006: International Rules for Seed Testing, Edition 2006/1, Chapter 5: The Germination Test, Bassersdorf, Switzerland.
- ℞ č Liović, B., M. Halambek, 1988: Suzbijanje bagremca (*Amorpha fruticosa* L.). Radovi, 23 (75): 141–145, Zagreb.
- sl. č Petračić, A., 1938: *Amorpha fruticosa* L. kao nov i opasan korov u posavskim šumama. Šumarski list, 62: 623–626, Zagreb.
- κ Piotto, B., A. di Noi, 2001: Propagation of Mediterranean trees and shrubs from seed. ANPA Handbook, Roma, 108 str.
- κ Regent, B., 1980: Šumsko sjemenarstvo. Jugoslovenski poljoprivredni šumarski centar – služba šumske proizvodnje. Beograd, 201 str.
- sl. č Spaić, I., 1957: Suzbijanje amorfe herbicidima. Šumarski list, 81 (5–6): 216–222, Zagreb.
- € Zasada, J. C., D. Martineau: *Amorpha* L. *amorpha* or indigobush, www.nsl.fs.fed.us/wpsm/Amorpha.pdf
- κ Young, J. A., C. G. Young, 1992: Seeds of Woody Plants in North America. Portland, 407 str.
- č Wilbur, R. L., 1975: A revision of the North American genus *Amorpha* (*Leguminosae-Psoraleae*). Rhodora 77 (811): 337–409, USA.

A CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF MORPHOLOGICAL-BIOLOGICAL PROPERTIES OF FRUITS AND SEEDS OF THE FALSE INDIGO (*Amorpha fruticosa* L.)

SUMMARY

The paper examines morphological and biological properties of fruits-pods and seeds of false indigo (*Amorpha fruticosa* L.). Fruits were collected in November 2005 from two average false indigo shrubs growing in full sunlight and two shrubs sheltered by the crown cover of old trees.

After the fruits, spread in thin layers, were dried for 10 days, they were measured, weighted and counted. Fruits from a weight sample were manually cleaned. The absolute weight of the seeds collected from the shrubs in light positions was 6.7 g, while that from the shrubs under the crown cover was 8.8 g. Despite the conspicuous difference in pod size and absolute seed in relation to the site of collection (shrubs growing in full sunlight versus shrubs growing under the crown shelter), no statistically significant difference in pod variability was confirmed (max. diameter/max. length).

The viability of fresh seeds was tested with the tetrazolium method following the ISTA Rules. In both cases seed viability was exceptionally high and amounted to 94 % in seeds from the shrubs growing in light positions and 98 % in seeds from the shrubs growing under the crown cover. A part of the seeds was placed in a water-filled vessel, which was left in external conditions over the winter. After soaking the seed for 146 days, its viability was tested again. The viability of the seed from the shrubs in full sunlight dropped by 72 % and of the seed from the shrubs under the crown shelter by 70 %.

Sinking of false indigo pods in water at room temperature was also tested. After 10 days, 74.50 % of the pods from the shrubs in light positions and 86.25 % of the seed from the shrubs under the crown cover sank. The pods submerged in water began to germinate after four weeks, and the germinating seeds were counted after 42 days. Germination involved a total of 18.75 % of the seeds from the shrubs in full sunlight and 8.00 % of the seeds from the shrubs under the crown cover.

Laboratory testing of fruits-pods and seeds was performed and the seedlings were evaluated (normal and abnormal) according to the ISTA Rules. The paper discusses abnormal seedlings (%) and provides brief descriptions of abnormality in a separate section. The lowest laboratory germination rate, averaging 19.13 %, was displayed by the seeds of false indigo soaked in water for 146 days, followed by laboratory germination of pods kept at room temperature (48.25 %). The highest laboratory germination and germination energy was shown by cleaned false indigo seeds (67.50 %). Germination of false indigo fruits-pods from the shrubs in full sunlight exceeded by 3 % that of pods collected from the shrubs under the crown

cover. Germination of cleaned false indigo seeds from the shrubs in full sunlight was also 7 % higher than that of the seeds collected from the shrubs under the crown cover.

Key words: *Amorpha fruticosa*, fruit variability, seed viability, laboratory seed germination

UDK: 630*181.8

ODNOS RAZVOJA FENOFORMI HRASTA LUŽNJAKA I MIKROKLIME ŠUMSKOGA TLA

THE RELATIONSHIP BETWEEN PHENOFORM DEVELOPMENT OF
PEDUNCULATE OAK AND FOREST SOIL MICROCLIMATE

IVICA TIKVIĆ, ZVONKO SELETKOVIĆ, DAMIR UGARKOVIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Pojava ranoga i kasnoga listanja hrasta lužnjaka u nas je uočena krajem 19. stoljeća na području Zagreba, Siska i Lekenika. Početak i završetak fenofaza hrasta lužnjaka pod utjecajem je stanišnih čimbenika koji uzrokuju varijabilnost morfoloških i fizioloških obilježja. Odstupanja u početku i završetku listanja ovisе o genetskoj konstituciji, ali i o utjecaju okoline. U radu je prikazana temperatura šumskoga tla u sastojinama ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, te razvoj lisnih i generativnih fenofaza. Sastojine su odabrane na području šumarija Lekenik i Otok. Cilj je istraživanja bio utvrditi razlike u temperaturi tla i razlike u početku lisnih i generativnih fenofaza različitih fenoforni hrasta lužnjaka. Temperatura je tla mjerena koljenastim geotermometrima na dubinama od 5, 10, 20, 30, 50 i 100 cm. Početkom vegetacijskoga razdoblja promatrane su prve dvije lisne i generativne fenofaze. Nisu utvrđene statistički značajne razlike između temperature tla sastojina ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, dok su razlike između pojedinih dubina i mjeseci bile statistički značajne. Minimalne vrijednosti temperature šumskoga tla u pravilu su bile u sastojinama kasnoga hrasta lužnjaka, kao i razlike temperaturnih ekstrema, ali te razlike nisu bile statistički značajne. Utvrđena je razlika u početku razvoja lista fenoforni hrasta lužnjaka od 42 dana. Kod razvoja lisnih fenofaza utvrđene su razlike između rane i kasne fenoforme hrasta lužnjaka, dok kod generativnih fenofaza nisu postojale razlike. Pojava ranoga i kasnoga listanja hrasta lužnjaka primarno je pod utjecajem nasljednih obilježja, a manje pod utjecajem ekoloških čimbenika.

Ključne riječi: rani i kasni hrast lužnjak, temperatura tla, fenofaze

UVOD INTRODUCTION

Mikroklima u šumskim ekosustavima određena je makroklimatskim obilježjima, flornim sastavom šumskih zajednica, strukturom sastojina i drugim čim-

benicima. Temperatura zraka kao jedan od parametara mikroklimе značajno se razlikuje od vrhova krošanja do površine tla. Maksimalne vrijednosti temperature zraka najveće su u krošnjama stabala, a prema tlu su sve manje. Utjecaj makroklimе na mikroklimu šume najveći je u krošnjama stabala, a prema nižim slojevima šume sve je jači utjecaj strukture sastojina.

Temperatura je tla značajan ekološki čimbenik o kojem ovise različiti procesi u tlu i u biljkama. Za život i razvoj biljaka važna je temperatura površinskih slojeva tla u kojima se razvija korijenje. Ta temperatura utječe na biokemijske procese razgradnje mineralnih i organskih tvari, strukturu tla, kretanje vode i zraka u tlu, razvoj korijenja i dr. Temperatura tla ovisi o količini topline koju tlo prima i oslobađa te o njegovim toplinskim obilježjima. Glavni izvor topline za tlo je Sunce, a u manjoj mjeri atmosferska radijacija, unutarnje zračenje Zemlje, te biološki procesi u pedosferi.

Pedosfera vrlo intenzivno upija Sunčevu energiju, odnosno toplinu. Iz površinskih slojeva tla toplina se širi u dublje slojeve, te oni nemaju jednaku temperaturu. Zagrijavanje tla ovisi o intenzitetu Sunčeve radijacije, toplinskim svojstvima tla, kapacitetu za toplinu, provodljivosti topline, vegetacijskom pokrovu, nagibu terena, strani svijeta, vlažnosti tla i dr.

Promjene temperature tla razlikuju se s obzirom na dubinu. S porastom dubine maksimalne i minimalne temperature tla su sve manje (Penzar 2000). Te su promjene još manje u tlima s biljnim pokrovom. Kolebanja između temperaturnoga maksimuma i minimuma mijenjaju se s promjenom dubine tla. Na površini tla kolebanja su veća, a s povećanjem dubine kolebanja se smanjuju (Penzar 2000). Na najvećim dubinama temperatura tla pokazuje najmanju sezonsku promjenjivost, a mjesečne su amplitude veće ljeti nego zimi (Medvedović 1996). Morecroft M. D. i dr. (1998) utvrdili su značajan utjecaj šumske vegetacije na temperaturu tla. Razlike između temperature tla i temperature zraka unutar i izvan šume značajno su ovisele o intenzitetu Sunčeva zračenja, rasprostranjenosti lišća na šumskoj vegetaciji i brzini vjetra.

Hrast lužnjak je najvrednija vrsta drveća u Hrvatskoj koja je rasprostranjenja na preko 200 000 ha. Na tako velikom području rasprostranjenosti izražena je varijabilnost edafskih i hidroloških čimbenika, koji utječu na varijabilnost morfoloških i fizioloških obilježja. Fiziološka se obilježja odnose na početak i završetak listanja i razvoja plodova.

Pojava kasnoga listanja stabala hrasta lužnjaka utvrđena je u drugoj polovici 19. stoljeća (Nikodem 1897, prema Raušu i dr. 1979). Na području Zagreba, Siska i Lekenika utvrđena je razlika od 4 tjedna u početku listanja stabala hrasta lužnjaka. Istu je pojavu uočio i Kozarac (1898). On se zalagao za intenzivnija istraživanja ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka. U 20. stoljeću Hayek (1909), Cieslar (1923), Hesmmer (1955), Krahl-Urban (1959), Šafar (1966) i Stojković (1991) utvrdili su unutarpopulacijsku varijabilnost početka listanja hrasta lužnjaka (Šafar 1966, Stojković 1991). Opisane su rana forma pod nazivom "*praecox*", te kasna forma pod nazivima "*tarda*", "*tardissima*" i "*tardiflora*" (Šafar 1966). Međutim, Mátyás je

(1967) napravio podjelu na pet formi hrasta lužnjaka s obzirom na početak listanja. Najraniju je formu nazvao *super praecox*, ranu *praecox*, kasnu *tardiflora* i najkasniju formu *tardissima*. Intermedijarno je bila normalna forma.

Razlike između ranoga i kasnoga početka listanja hrasta lužnjaka iznosile su 2 do 4 tjedana, a pokusima je dokazano da je ta pojava nasljedna (Šafar 1966). Kasne forme zadrže obilježje kasnijega listanja i kada se razvijaju iz sjemena ili sadnica na staništima koja se razlikuju od njihovih prirodnih staništa. Prema tomu, početak je listanja genetski uvjetovan bez obzira na promjene stanišnih čimbenika (Rauš i dr. 1979). Međutim, pojava kasnoga listanja ne ovisi samo o genetskoj konstituciji već i o utjecaju ekoloških čimbenika. Kasni hrast lužnjak više pridolazi u nizama na vlažnijim tlima. On počinje listati pri višoj temperaturi tla (oko 10 °C), za razliku od ranoga hrasta lužnjaka koji počinje listati pri temperaturi tla od 5 °C. Razlike u početku listanja mogu nastati zbog utjecaja mikroreljefa, odnosno vlažnosti mikro-staništa. Listanje započinje kasnije na vlažnijim i hladnijim mikrostanjima nego na toplijim i sušim. Prema tomu, ekološki čimbenici zajedno s genetskim obilježjima uzrokuju pojavu fenoforni hrasta lužnjaka (Šafar 1966).

Cilj je istraživanja bio utvrditi razlike u temperaturi tla na različitim dubinama, usporediti temperaturu tla u sastojinama ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, te utvrditi razlike između temperature tla i tipova sastojina. Usporedbom početka pojavljivanja fenofaza ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka te temperature tla željeli smo utvrditi ovisnost razvoja fenoforni o mikroklimi tla.

MATERIJAL I METODE RADA MATERIALS AND METHODS

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Terenska su istraživanja obavljena na području uprava šuma Sisak i Vinkovci. Na području Uprave šuma Sisak, Šumarija Lekenik, u gospodarskoj jedinici Kalje odabrane su sastojine ranoga (odjel 52 b) i kasnoga hrasta lužnjaka (odjel 8 b). Na području Uprave šuma Vinkovci, Šumarija Otok, u gospodarskoj jedinici Slavir također su odabrane sastojine ranoga (odjel 66 c) i kasnoga hrasta lužnjaka (odjel 66 b). U njima je mjerena temperatura tla i praćene su fenofaze hrasta lužnjaka. U tablici 1 prikazani su osnovni stanišni i strukturni pokazatelji istraživanih sastojina.

NAČIN PRIKUPLJANJA PODATAKA DATA COLLECTION

Temperatura je tla mjerena pomoću koljenastih geotermometara na dubinama od 5, 10, 20, 30, 50 i 100 cm. Mjerilo se svaki drugi dan u 7⁰⁰ sati na oba lokaliteta početkom vegetacijskoga razdoblja (ožujak – lipanj).

Lisne i generativne fenofaze hrasta lužnjaka (fenofaze 1, 2a i 2b) motrene su u gospodarskoj jedinici Slavir. Od lisnih fenofaza praćen je početak listanja (L1),

Tablica 1. Obilježja istraživanih sastojina u gosp. jed. Kalje i Slavir. U svim je sastojinama utvrđena šumska zajednica hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/ Rauš 1969).
 Table 1 Characteristics of investigated stands in the MU Kalje and Slavir. Forest community of pedunculate oak and common hornbeam (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/ Rauš 1969) was determined in all the stands

Fenoforna	Kalje		Slavir	
	rani	kasni	rani	kasni
Tlo	pseudoglej-glej	pseudoglej-glej	euglej-hipoglej	euglej-hipoglej
Nad. visina (m)	100	104	80–81	80–81
Nagib	ravno	ravno	ravno	ravno
Dob (god.)	122	67	146	146
N/ha	355	437	265	264
V/ha	360	332	587	594
Sklop	nepotpun	nepotpun	potpun	potpun
Obrast	-	-	1	1

(N – broj stabala po ha, number of trees per ha; V – volumen sastojina m³/ha, stand volume)

potpuno razvijeno lišće (L2a) i potpuno razvijeno sekundarno lišće (L2b), a od generativnih fenofaza početak cvatnje (G1) i puna cvatnja (G2). Promatrano je 6 dominantnih i zdravih stabala na svakoj plohi. Motrenja su fenofaza obavljana jednom tjedno. Prema datumu pojavljivanja pojedine fenofaze zabilježena je promjena razvoja lisnih i generativnih organa.

OBRADA I ANALIZA PODATAKA PROCESSING AND STATISTICAL ANALYSES

Jednostrukom analizom varijance (post hoc LSD test) uspoređivana je temperatura tla na različitim dubinama unutar jedne sastojine, te između sastojina ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka za svaki lokalitet posebno. Utvrđene su i razlike u početku pojavljivanja pojedine fenofaze prema najranijem, srednjem i najkasnijem pojavljivanju fenofaza. Svi su podaci obrađeni u programima Ms Office, Fenologija 1.0* i Statistica 7.0. (*Program Fenologija 1.0 programski je paket koji je izrađen za potrebe Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.)

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

TEMPERATURA ŠUMSKOGA TLA PO DUBINAMA FOREST SOIL TEMPERATURE BY DEPTHS

Gospodarska jedinica Kalje
Management unit Kalje

Na području gospodarske jedinice Kalje najveća prosječna temperatura tla za cijelo razdoblje motrenja utvrđena je na dubini od 10 cm, a najmanja na dubini od

30 cm (tablica 2). Maksimalne vrijednosti temperature tla utvrđene su pri površini tla na 5, 10 i 20 cm dubine, dok su minimalne vrijednosti bile na 30 cm dubine.

Od površine do 20 cm dubine temperature tla nisu pokazivale značajniju oscilaciju, dok su na dubini od 30 cm do 100 cm temperature tla značajnije oscilirale. Najveće amplitude, tj. razlike između najvećih i najmanjih temperatura tla, utvrđene su do dubine od 20 cm.

Tablica 2. Temperatura tla ($^{\circ}\text{C}$) na različitim dubinama za cijelo promatrano razdoblje u sastojinama ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka gospodarske jedinice Kalje

Table 2 Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$) at different depths for the whole period in the stands of early and late pedunculate oak in the MU Kalje

Dubina cm	Rani hrast lužnjak				Kasni hrast lužnjak			
	Pros.	Var.	Min.	Maks.	Pros.	Var.	Min.	Maks.
5	11,0	20,0	5,5	19,0	11,1	21,5	5,5	19,0
10	11,3	18,9	6,0	18,5	11,3	21,1	5,0	19,0
20	11,1	16,7	6,0	18,0	11,2	19,0	5,5	19,0
30	8,9	14,2	4,0	15,5	9,0	14,4	3,5	16,0
50	10,4	7,3	6,0	15,0	10,4	8,0	6,0	15,6
100	9,3	8,4	5,0	14,5	9,1	8,9	4,5	14,5

Prema rezultatima analize varijance nisu utvrđene razlike u temperaturi tla između istih dubina sastojina ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, dok su utvrđene statistički značajne razlike u temperaturi tla između pojedinih dubina kod ranoga i kod kasnoga hrasta lužnjaka. Utvrđene su statistički značajne razlike u temperaturi tla između 20 i 30 cm, kao i između 20 i 100 cm dubine.

Gospodarska jedinica Slavir Management unit Slavir

Na području gospodarske jedinice Slavir najveća prosječna temperatura tla za promatrano je razdoblje bila na 50 cm dubine, a najmanja na 100 cm dubine (tablica 3). Maksimalne i minimalne vrijednosti temperature tla utvrđene su pri površini tla (na 5 i 10 cm). Do 50 cm dubine temperature se tla nisu značajnije razlikovale, dok su se na većim dubinama razlikovale.

Amplitude temperature tla bile su najveće pri površini, a s povećanjem dubine tla one su se smanjivale. Jednostrukom analizom varijance nisu utvrđene razlike između temperature tla ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, kako između istih dubina različitih sastojina, tako i između različitih dubina iste sastojine.

TEMPERATURA ŠUMSKOGA TLA PO MJESECIMA FOREST SOIL TEMPERATURE BY MONTHS

U gospodarskoj jedinici Kalje amplitude temperature tla bile su najmanje u ožujku, a najveće u travnju. Od proljeća prema ljetu prosječna se temperatura tla povećavala za 3°C mjesečno (slika 1). Minimalne vrijednosti temperature tla u

Tablica 3. Temperatura tla ($^{\circ}\text{C}$) na različitim dubinama za cijelo promatrano razdoblje u sastojinama ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka gospodarske jedinice Slavir
 Table 3 Soil temperature ($^{\circ}\text{C}$) at different depths for the whole period in the stands of early and late pedunculate oak in the MU Slavir

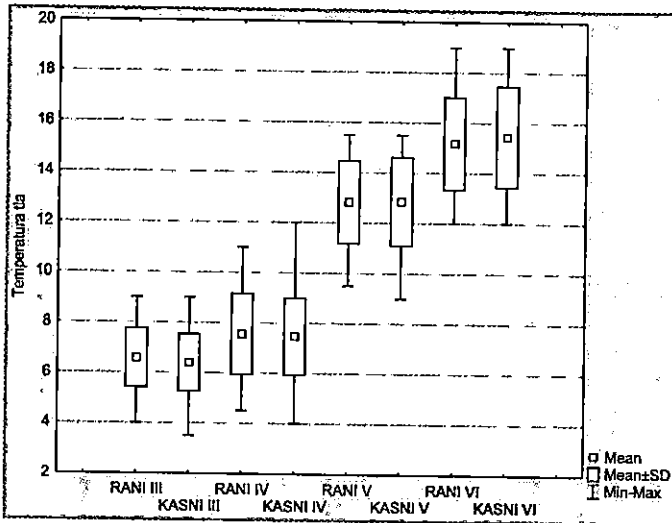
Dubina cm	Rani hrast lužnjak				Kasni hrast lužnjak			
	Pros.	Var.	Min.	Maks.	Pros.	Var.	Min.	Maks.
5	10,6	13,9	5,0	16,5	10,5	13,7	4,5	16,5
10	10,7	13,1	5,0	16,5	10,4	14,0	4,5	16,5
20	10,8	11,3	6,0	16,0	10,6	10,9	6,0	16,0
30	10,7	10,8	6,0	15,5	10,5	11,1	6,0	16,0
50	11,0	7,9	7,0	15,5	10,8	7,2	7,0	15,0
100	9,5	6,5	6,0	14,0	9,4	6,5	6,3	14,0

pravilu su uvijek zabilježene u sastojinama kasnoga hrasta lužnjaka, dok su maksimalne vrijednosti uglavnom bile podjednake kod ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka.

Prema rezultatima analize varijance nisu utvrđene razlike u temperaturi tla po mjesecima između sastojina ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, dok su razlike između mjeseci bile značajne (slika 1).

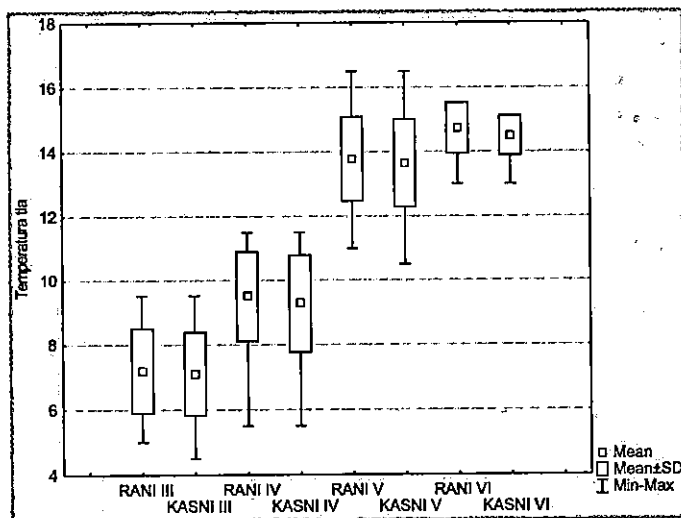
Najveće su amplitude temperature tla u sastojinama na području Slavira bile u travnju, a najmanje u lipnju. Minimalne vrijednosti temperature tla bile su češće u sastojini kasnoga hrasta lužnjaka, dok su maksimalne vrijednosti bile podjednake u objema sastojinama (slika 2).

Prema rezultatima analize varijance nisu utvrđene razlike u temperaturi tla između sastojina ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, dok su razlike između mjeseci bile statistički značajne (slika 2).



Slika 1. Prosječna temperatura tla po mjesecima za cijeli profil tla u sastojinama ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka u gosp. jed. Kalje

Figure 1 Mean soil temperature by months for the whole soil profile in the stands of early and late pedunculate oak in the MU Kalje



Slika 2. Prosječna temperatura tla po mjesecima za cijeli profil tla u sastojinama ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka u gosp. jed. Slavir
 Figure 2 Mean soil temperature by months for the whole soil profile in the stands of early and late pedunculate oak in the MU Slavir

ODNOSI PROSJEČNE I EKSTREMNE TEMPERATURE ŠUMSKOGA TLA MEAN AND EXTREME FOREST SOIL TEMPERATURES

U gospodarskoj jedinici Kalje prosječne vrijednosti temperature tla u ožujku i travnju u objema sastojinama do dubine od 20 cm imale su pravilan trend porasta s povećanjem dubine, a zatim su nepravilno odstupale. U svibnju i lipnju prosječna temperatura tla postupno se smanjivala s povećanjem dubine, iako je ta pravilnost u svibnju bila djelomična, a u lipnju potpuna. U svim su se mjesecima vrijednosti temperature tla do 20 cm dubine značajno razlikovale od vrijednosti na većim dubinama (tablica 4).

Razlike (Δ) između maksimalne i minimalne temperature tla u sastojinama ranoga hrasta lužnjaka postupno su se smanjivale s povećanjem dubine tla, dok su se u sastojinama kasnoga hrasta lužnjaka razlike prvo povećavale do 20 cm, a zatim su se smanjivale (tablice 4 i 5). Veće su razlike utvrđene u sastojinama kasnoga hrasta lužnjaka. Najveća razlika u sastojini ranoga hrasta lužnjaka izmjerena je u travnju na dubini od 10 cm, a kod kasnoga hrasta lužnjaka na dubini od 20 cm.

Prosječne vrijednosti temperature tla u gospodarskoj jedinici Slavir u ožujku i travnju značajno su se razlikovale po trendu promjena u odnosu na temperaturu u svibnju i lipnju. U ožujku je temperatura tla imala najmanje vrijednosti pri površini i na najvećoj dubini. U travnju je utvrđeno intezivnije zagrijavanje površinskih slojeva tla, dok je u svibnju i lipnju temperatura tla imala pravilan trend sniženja s obzirom na povećanje dubine (tablica 6).

Razlike između maksimalne i minimalne temperature tla na području Slavira smanjivale su se s povećanjem dubine tla. U sastojini ranoga hrasta lužnjaka u lipnju su razlike bile jednake na svim dubinama i veće od onih u sastojini kasnoga hra-

Tablica 4. Prosječna temperatura tla po mjesecima i razlike maksimalne i minimalne temperature tla u sastojini ranoga hrasta lužnjaka u gosp. jed. Kalje

Table 4 Mean soil temperature by months and differences in maximal and minimal soil temperatures in the stand of early pedunculate oak in the MU Kalje

Dubina cm	ožujak		travanj		svibanj		lipanj	
	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ
5	6,8	3,5	7,4	4,0	14,1	4,0	16,9	3,5
10	7,0	2,5	7,9	5,0	14,4	3,5	16,8	3,5
20	7,1	3,0	8,0	4,5	13,8	3,0	16,5	3,0
30	5,2	2,5	6,0	4,0	11,3	3,5	13,9	2,5
50	7,5	3,0	8,6	2,5	12,2	2,0	13,9	2,0
100	6,0	2,0	7,4	2,5	11,2	2,0	13,1	2,5

Tablica 5. Prosječna temperatura tla po mjesecima i razlike maksimalne i minimalne temperature tla u sastojini kasnoga hrasta lužnjaka u gosp. jed. Kalje

Table 5 Mean soil temperature by months and differences in maximal and minimal soil temperatures in the stand of late pedunculate oak in the MU Kalje

Dubina cm	ožujak		travanj		svibanj		lipanj	
	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ
5	6,6	3,5	7,4	5,0	14,3	3,5	17,2	3,5
10	6,5	4,0	8,0	5,0	14,7	2,0	17,2	4,0
20	6,7	2,5	8,0	6,0	14,2	2,0	16,9	4,0
30	5,3	4,0	6,2	4,5	10,9	3,5	14,4	3,0
50	7,3	2,5	8,4	3,0	12,2	2,0	14,1	2,1
100	6,0	3,0	7,0	2,5	11,0	2,5	13,1	2,5

Tablica 6. Prosječna temperatura tla po mjesecima i razlike maksimalne i minimalne temperature tla u sastojini ranoga hrasta lužnjaka u gosp. jed. Slavir

Table 6 Mean soil temperature by months and differences in maximal and minimal soil temperatures in the stand of early pedunculate oak in the MU Slavir

Dubinac m	ožujak		travanj		svibanj		lipanj	
	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ	\bar{X}	Δ
5	6,8	4,5	9,6	6,0	14,4	3,5	15,0	1,0
10	6,9	4,5	9,7	5,5	14,4	3,5	15,0	1,0
20	7,4	3,5	9,7	4,5	14,3	3,0	15,0	1,0
30	7,2	3,0	9,7	4,0	13,9	2,5	15,0	1,0
50	8,2	2,0	9,7	2,5	13,8	2,0	15,0	1,0
100	6,8	1,5	8,6	2,0	11,9	1,5	13,4	1,0

sta lužnjaka. Razlike između maksimalne i minimalne temperature tla u pravilu su bile veće u sastojini kasnoga hrasta lužnjaka (tablice 6 i 7). Najveće su razlike temperature tla bile u travnju, i iznosile su 6,0 °C u objema sastojinama. U sastojini ranoga hrasta lužnjaka one su utvrđene na dubini od 5 cm, a u sastojini kasnoga hrasta lužnjaka na dubini od 5 i 10 cm.

Tablica 7. Prosječna temperatura tla po mjesecima i razlike maksimalne i minimalne temperature tla u sastojini kasnoga hrasta lužnjaka u gosp. jed. Slavir

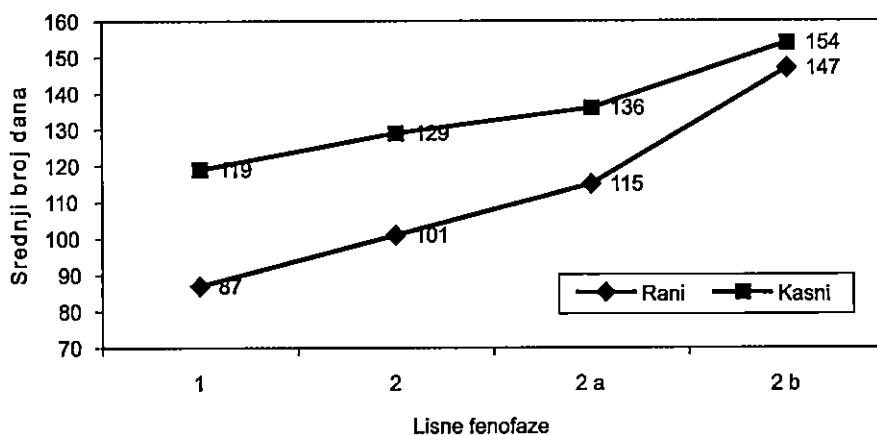
Table 7 Mean soil temperature by months and differences in maximal and minimal soil temperatures in the stand of late pedunculate oak in the MU Slavir

Dubina cm	ožujak		travanj		svibanj		lipanj	
	\bar{X}	D	\bar{X}	D	\bar{X}	D	\bar{X}	D
5	6,7	5,0	9,6	6,0	14,3	3,5	14,8	0,5
10	6,7	5,0	9,2	6,0	14,3	3,5	14,8	0,5
20	7,3	3,0	9,5	4,5	14,1	3,0	14,8	0,5
30	7,1	2,5	9,3	4,5	13,9	3,5	14,8	0,5
50	8,2	2,0	9,6	2,5	13,5	2,0	14,6	1,0
100	6,8	1,2	8,5	2,5	11,8	2,5	13,4	1,0

FENOLOGIJA RANOGA I KASNOGA HRASTA LUŽNJAKA PHENOLOGY OF EARLY AND LATE PEDUNCULATE OAK

Fenološka motrenja lisnih i generativnih fenofaza provedena su na području gospodarske jedinice Slavir. Praćene su prve dvije lisne i generativne fenofaze na početku vegetacijskoga razdoblja. Najraniji početak listanja (fenofaza L1) u sastojini ranoga hrasta lužnjaka bio je 14. 3. 2002. godine, tj. 73. dana, dok je najraniji početak listanja kod kasnoga hrasta lužnjaka bio 25. 4. 2002. godine, odnosno 115. dana kalendarske godine. Razlika u početku listanja ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka iznosila je 42 dana (6 tjedana).

Najkasniji početak fenofaze L1 kod ranoga hrasta lužnjaka bio je 11. 4. 2002. godine ili 101. dana, a kod kasnoga hrasta lužnjaka 2. 5. 2002. godine ili 122. dana kalendarske godine. Razlika je bila znatno manja i iznosila je 21 dan (3 tjedna). Trajanje lisne fenofaze L1 bilo je dulje kod stabala ranoga nego kod stabala kasnoga hrasta lužnjaka.



Slika 3. Pojava lisnih fenofaza ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka u gosp. jed. Slavir

Figure 3 Occurrence of leaf phenophases of early and late pedunculate oak in the MU Slavir

Fenofaza L1 kod ranoga hrasta lužnjaka prosječno je utvrđena 87. dana, a kod kasnoga hrasta lužnjaka 119. dana. Prosječna varijabilnost početka listanja iznosila je 32 dana (4,5 tjedana). Varijabilnost promatranih lisnih fenofaza od početka listanja (fenofaza L1) do potpuno razvijenoga sekundarnoga lišća (fenofaza L2b) smanjivala se, te je kod razvijenoga lišća iznosila samo 7 dana (slika 3).

U vrijeme početka listanja kasnoga hrasta lužnjaka dnevna je temperatura tla bila nešto veća i iznosila je 11,0 °C za razliku od ranoga hrasta lužnjaka kod kojega je u vrijeme početka listanja zabilježena dnevna temperatura od 6,0 °C (tablica 6).

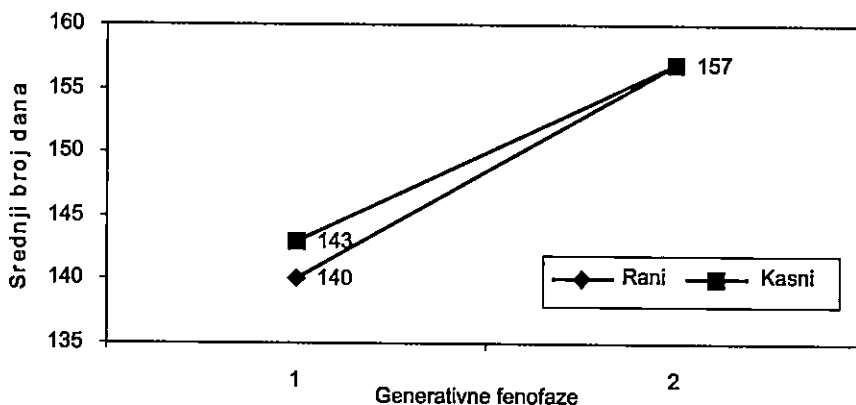
Tablica 6. Prosječni datumi pojave lisnih fenofaza ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, te dnevne, tjedne i mjesečne temperature tla (°C) na dubini od 30 cm.

Table 6 Mean dates of leaf phenophase occurrence of early and late pedunculate oak, and daily, weekly and monthly soil temperatures at a depth of 30 cm

Lisne fenofaze	Rani hrast lužnjak				Kasni hrast lužnjak			
	Datum	$\bar{X}_{dn.}$	$\bar{X}_{tj.}$	$\bar{X}_{mj.}$	Datum	$\bar{X}_{dn.}$	$\bar{X}_{tj.}$	$\bar{X}_{mj.}$
L1	28. 3.	6,0	6,0	7,2	29. 4.	11,0	11,8	9,3
L2	11. 4.	8,3	8,3	9,7	9. 5.	13,0	12,8	13,9
L2a	25. 4.	11,0	11,0	9,7	16. 5.	14,0	13,8	13,9
L2b	27. 5.	15,0	15,0	13,9	3. 6.	14,5	14,5	14,8

Utvrđene su dnevne, tjedne i mjesečne temperaturne razlike za sve promatrane fenofaze ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka. Najveće razlike u dnevnoj, tjednoj i mjesečnoj temperaturi tla bile su kod lisne fenofaze L1, a najmanje kod lisne fenofaze L2b. Nisu utvrđene razlike između dnevne i tjedne temperature tla istoga tipa sastojina.

Prosječni početak cvatnje (fenofaze G1) ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka razlikovao se samo 3 dana, dok razlika u prosječnom početku pune cvatnje (fenofaza G2) nije utvrđena. Fenofaza G1 prosječno se pojavila 140. dana kod ranoga, a 143. dana kod kasnoga hrasta lužnjaka. Fenofaza G2 prosječno se pojavila 157. dana kalendarske godine kod obje fenoforme hrasta lužnjaka (slika 4).



Slika 4. Pojava generativnih fenofaza ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka u gosp. jed. Slavir
Figure 4 Occurrence of generative phenophases of early and late pedunculate oak in the MU Slavir

RASPRAVA DISCUSSION

U šumskim ekosustavima na temperaturu tla utječu mnogobrojni ekološki čimbenici. Rauš i dr. (1991) i Medvedović (1996) utvrdili su zvonoliki oblik krivulje srednje mjesečne temperature tla s malom asimetrijom udesno, na dubinama od 30, odnosno 2 cm. Međutim, s porastom dubine šumskoga tla mijenjaju se intenzitet i smjer promjena temperature tla. U dubljim slojevima tla promjene su temperature sporije nego pri površini. Na području Kalja utvrđene su statistički značajne razlike u prosječnoj temperaturi tla različitih dubina. Temperatura tla na dubinama od 30 i 100 cm razlikovala se od temperature na ostalim dubinama. Na području Slavira nisu utvrđene takve razlike. Osim toga temperatura tla na području Kalja nije se značajnije razlikovala pri površini tla (do 20 cm dubine), dok je u dubljim slojevima tla nepravilno odstupala. Na području Slavira slične su razlike utvrđene na većoj dubini (preko 50 cm).

Temperatura tla po mjesecima značajno se razlikovala. U ožujku i travnju temperatura je postupno rasla s povećanjem dubine, a zatim nepravilno odstupala, dok se u svibnju i lipnju temperatura tla pravilno smanjivala s povećanjem dubine.

Obrast je jedan od značajnijih čimbenika koji utječe na temperaturu tla i kao takav može biti presudan čimbenik koji je utjecao na oscilacije temperature tla na području Kalja. Nadalje, razlike u nadmorskoj visini između lokaliteta bile su oko 20 m, što se može povezati s utjecajem podzemnih voda na temperaturu tla. Provodljivost za toplinu biološki aktivnih slojeva tla ovisi u prvom redu o stupnju vlažnosti, odnosno o odnosu vode i zraka u tlu. Vlažna tla provode toplinu bolje od suhih tala. Tla na području Slavira (hipoglej) vlažnija su od onih na području Kalja (pseudoglej), što je također utjecalo na razlike u temperaturi tla na različitim dubinama.

Razvoj lisnih fenofaza ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka značajno se razlikovao. Razlike su prosječno iznosile oko 4,5 tjedna u početku razvoja lista, te su se sve više smanjivale prema potpunom razvoju lista. Kod generativnih fenofaza razlike nisu bile značajne. Razlike u temperaturi tla između rane i kasne fenoforme hrasta lužnjaka nisu utvrđene, te je pojava fenofaza primarno uzrokovana genetskom konstitucijom vrste, a manje ekološkim i stanišnim čimbenicima. Prema Ettingeru (1893) poplavne vode nanese žir raznih vrsta i obilježja, te se fenoforme hrasta lužnjaka često međusobno izmješaju, ako mraz ne obavi selekciju. Vjerojatno je i to bio slučaj na području Slavira, gdje je bilo i ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, te nisu utvrđene razlike u temperaturi tla pojedinih dubina, a razlike u početku listanja genetski su uzrokovane.

Šafar (1966) na osnovi domaćih i inozemnih istraživanja zaključuje da se kasni hrast lužnjak više razvija u mikroudubinama koje su vlažnije i gdje je mraz češći, dok rani hrast lužnjak uspijeva na višim, sušim i dreniranim staništima. Međutim, obje fenoforme hrasta lužnjaka većinom su izmiješane, pogotovo na onim područjima na kojima nema velikih razlika u nadmorskoj visini i koja su često poplavljena.

Što se tiče razlika u početku listanja između ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, u testovima provenijencija utvrđene su razlike od 7 dana (Kleinschmit 1993) do 2–4 tjedna (Šafar 1966). Širina varijabilnosti početka listanja ovisi o populaciji, te je ona više izražena na individualnoj nego na populacijskoj razini (Krstinić 1996). Prema Stojkoviću (1991) ukupna širina individualne varijabilnosti početka listanja u populaciji Turopoljski lug iznosila je 54 dana. Najkasniji početak listanja utvrđen je 15. svibnja. U ovom istraživanju na području Slavira ukupna širina individualne varijabilnosti početka listanja ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka iznosila je 42 dana, a najkasniji je početak listanja kod kasnoga hrasta lužnjaka utvrđen 2. svibnja. Prema Krstiniću (1996) rano se listanje nasljeđuje poludominantno. Najraniji fenotipovi listaju oko 15. ožujka, međutim oni su dosta rijetki. U našem slučaju na području Slavira najranije je listanje bilo 14. ožujka.

Razlike u početku listanja stabala hrasta lužnjaka mogu biti od 2 do 4 (5) tjedna. U ovom istraživanju one su prosječno iznosile 4 tjedna. Prema Šafaru (1966) samo velike razlike u toj pojavi mogu biti pokazatelj nasljednosti pojave, što potvrđuje da je genetsko nasljeđe uvjetovalo pojavu ranijega, odnosno kasnijega listanja.

ZAKLJUČCI CONCLUSION

S povećanjem temperature zraka povećava se i temperatura tla na svim istraživanim dubinama šumskoga tla. Prosječno mjesečno povećanje temperature tla iznosilo je 3 °C. Dublji slojevi tla kasnije i sporije reagiraju na promjene temperature zraka od površinskih slojeva. Te su promjene temperature tla različite prema mjesecima. U ožujku i travnju temperatura tla s povećanjem dubine do 100 cm postupno raste, a zatim pada, dok u svibnju i lipnju pravilno pada s povećanjem dubine tla.

Nisu uočene statistički značajne razlike u temperaturi tla istih dubina između sastojina ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka, dok su razlike između pojedinih dubina bile značajne. Minimalna temperatura tla bila je u sastojinama kasnoga hrasta lužnjaka, dok je maksimalna temperatura bila podjednaka u sastojinama ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka.

Na području gospodarske jedinice Slavir utvrđene su veće vrijednosti temperature tla u odnosu na gospodarsku jedinicu Kalje.

Ukupna širina individualne varijabilnosti početka listanja ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka na području Slavira iznosila je 42 dana. Razlike u početku razvoja lisnih fenofaza ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka smanjuju se od početka listanja do potpuno razvijenoga lišća. Razlike u početku generativnih fenofaza ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka nisu utvrđene.

Početak listanja ranoga i kasnoga hrasta lužnjaka primarno je pod genetskim utjecajem, a manje pod utjecajem ekoloških čimbenika.

LITERATURA REFERENCES

- SL Ć Erttinger, J., 1893: *Quercus pedunculata* Croatica. Šum. list, Zagreb.
- Č Kleinschmit, J., 1993: Intraspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species. Ann. Sci. For., 50 (suppl. 1): 166–185.
- SL Ć Kozarac, J., 1898: Kasni (pozni) hrast (*Quercus pedunculata* var. *tardissima* Sim.). Šum. list, 41, Zagreb.
- κ Krstinić, A., 1996: Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost hrasta lužnjaka. U: D. Klepac (ur.), Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj, 112–118, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, Zagreb.
- κ Mátyás, V., 1967: Tölgy makk – termesztés. U: B. Keresztési (ur.), A tölgyek, 204–237, Akadémiai kiadó, Budapest.
- κ Medvedović, J., 1996: Mikroklima staništa hrasta lužnjaka. U: D. Klepac (ur.), Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj, 83–89, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, Zagreb.
- Ď Morecroft, M. D., M. E. Taylor, H. R. Oliver, 1998: Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. Agr. For. Meteorology, 90(1–2): 141–156.
- κ Penzar, I., B. Penzar, 2000: Agrometeorologija. Školska knjiga, Zagreb, 222 str.
- z Rauš, Đ., S. Matić, B. Prpić, A. Vranković, 1979: Prilog poznavanju biološko-ekoloških svojstava kasnog hrasta lužnjaka (*Quercus robur* var. *tardissima* Sim.) u bazenu Spačve i Česme. U: Đ. Rauš (ur.), Drugi kongres ekologa Jugoslavije, 997–1009, Savez društava ekologa Jugoslavije, Zadar-Plitvice.
- q Ć Stojkić, M., 1991: Varijabilnost i nasljednost listanja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Glas. šum. pokuse, 27: 227–259.
- SL Ć Šafar, J., 1966: Problem fizioloških, ekoloških i ekonomskih karakteristika kasnog i ranog hrasta lužnjaka. Šum. list, 11–12: 503–515.

THE RELATIONSHIP BETWEEN PHENOFORM DEVELOPMENT OF PEDUNCULATE OAK AND FOREST SOIL MICROCLIMATE

SUMMARY

The phenomenon of early and late flushing of pedunculate oak was registered in the late 19th century in the area of Zagreb, Sisak and Lekenik. The beginning and the end of pedunculate oak phenophases are influenced by site factors, which cause variability in morphological and physiological characteristics. Deviations in the beginning and end of flushing depend both on the genetic constitution and environmental impacts. The paper presents forest soil temperatures in the stands of early and late pedunculate oak, as well as the development of leaf and generative phenophases. The stands were selected in the area of Lekenik and Otok Forest offices. The goal of research was to determine differences in soil temperatures, as well as the differences in the beginning of leaf and generative phenophases of di-

verse pedunculate oak phenofoms. Soil temperatures were taken at depths of 5, 10, 20, 30, 50 and 100 cm using geothermometers. The first two leaf and generative phenophases were monitored at the beginning of the vegetation period. No statistically significant differences were found between soil temperatures in the stands of early and late pedunculate oak, whereas differences between individual depths and months proved to be statistically significant. As a rule, minimal values of forest soil temperatures were found in the stands of late pedunculate oak; the same refers to differences in temperature extremes, but these differences were not statistically significant. There was a difference of 42 days relating to the beginning of pedunculate oak leaf phenofom development. The leaf phenophase development revealed differences between early and late pedunculate oak phenofom, whereas no differences were found in generative phenophases. The onset of early and late flushing of pedunculate oak was primarily affected by hereditary features and less by the impact of ecological factors.

Key words: early and late pedunculate oak, soil temperature, phenophases

UDK: 630*228.81

DINAMIKA RAZVOJA I ODUMIRANJA STABALA U PRAŠUMI ČORKOVA UVALA NACIONALNOGA PARKA PLITVIČKA JEZERA

DYNAMICS OF TREE DEVELOPMENT AND MORTALITY IN
ČORKOVA UVALA VIRGIN FOREST IN THE PLITVICE LAKES
NATIONAL PARK

IVICA TIKVIĆ, ZVONKO SELETKOVIĆ, DAMIR UGARKOVIĆ,
NIKOLA MAGDIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Prašuma Čorkova uvala u Nacionalnom parku Plitvička jezera prirodna je bukovo-jelova šuma koja se razvija bez izravnoga utjecaja čovjeka u posljednjih pedeset godina. U toj se prašumi odvija dinamičan prirodni razvoj glavnih vrsta drveća koji rezultira raznodobnom strukturom, raznolikošću vrsta, različitim razvojnim stadijima i fazama, te različitim intezitetom odumiranja stabala. U radu su prikazani i uspoređeni pokazatelji strukture i odumiranja stabala za razdoblje od 1957. do 2000. godine. Broj se stabala glavnih vrsta drveća smanjuje u promatranom razdoblju, obične bukve za 1,8 % godišnje, obične smreke za 1,3 %, a obične jele za 0,5 %. Prema razdiobi broja stabala po debljinskim razredima uočava se poremećaj raznodobne strukture. To je uzrokovano značajnim smanjenjem broja stabala obične bukve u debljinskim razredima do 30 cm. Ukupni drvni obujam prašume u promatranom razdoblju prvo raste, a zatim se u posljednjih dvadesetak godina smanjuje. To smanjivanje ukupnoga drvnoga obujma posljedica je smanjenja drvnoga obujma obične jele kroz cijelo promatrano razdoblje. Drvni je obujam obične bukve u postupnom porastu. S obzirom na uočene trendove strukturnih odnosa zaključujemo kako se prašuma nalazi u optimalnom stadiju i na početku stadija raspadanja.

Ključne riječi: prašuma, strukturni odnosi, odumiranje stabala, razvojni stadiji

UVOD INTRODUCTION

Jedna od najznačajnijih prašuma u Hrvatskoj je bukovo-jelova prašuma Čorkova uvala u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Prema Zakonu o zaštiti prirode

(NN, 70/05) to je posebni rezervat šumske vegetacije, koji kao i sve ostale prašume ima izvanredno znanstveno značenje. Ono se očituje u istraživanju i praćenju dinamike i razvoja šumskih ekosustava u ovisnosti o današnjim ekološkim prilikama i biotskim odnosima. Prema Korpelu (1995) razvoj je stabala u prašumi uravnotežen i stabilan u odnosu na klimu, tlo i organizme i nije pod utjecajem čovjeka za razliku od gospodarskih šuma u kojima čovjek utječe na životne procese i strukturne odnose. Prema Prpiću (1972) prašuma je prirodna šuma razvijena bez značajnoga čovjekova utjecaja, odnosno to je šuma koja se razvija samo pod utjecajem prirode. Tu definiciju nadopunjuje Leibundgut (1982) prema kojemu prašumu predstavlja šuma u kojoj su stanište, vegetacija i smjesa drveća isključivo podložni prirodnim ekološkim čimbenicima. Kako se vrste drveća koje prevladavaju u prašumama umjerenih područja razvijaju kroz dugo razdoblje od 100 do 400 godina, prikaz je razvoja u posljednjih pedesetak godina samo jedan segment u tom dugoročnom razvoju. Dinamika razvoja prašume je pod utjecajem raznodobne strukture, različitih vrsta vrsta drveća, različitih ekoloških i bioloških čimbenika, različitih razvojnih stadija i faza, različitoga životnoga vijeka vrsta drveća i pojedinih stabala, te konkurencije vrsta.

Prema Aniću (1957) prašuma Čorkova uvala nalazila se u optimalnoj fazi razvoja. U njoj su provedena istraživanja strukturnih, vegetacijskih i ekoloških pokazatelja (Prpić 1972, 1979, Prpić, Seletković i Vukelić 1994, Prpić i Seletković 1996).

Cilj je istraživanja bio prikazati dinamiku razvoja prašume Čorkova uvala u Nacionalnom parku Plitvička jezera za razdoblje od 1957. do 2000. godine na temelju strukturnih parametara, te procijeniti u kojoj se fazi razvoja nalazi prašuma.

MATERIJAL I METODA RADA MATERIALS AND METHODS OF THE RESEARCH

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Istraživanje je provedeno na trajnoj pokusnoj plohi površine 1 ha u prašumi Čorkova uvala u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Ta je prašuma 1965. godine zaštićena kao posebni rezervat šumske vegetacije na površini od 79,50 ha. Prašuma Čorkova uvala nalazi se u sjeverozapadnom dijelu Nacionalnoga parka Plitvička jezera, na obroncima Oštroga javora u sklopu planinskoga lanca Male Kapele. Nadmorska visina na trajnoj pokusnoj plohi iznosi od 935 do 950 m. Ekspozicija je istočna i sjeveroistočna, a inklinacija 5 – 37 %.

Matičnu podlogu čine vapnenaste breče s ulošcima dolomita, te uslojeni vapnenci iz lijasa, dogera i donje krede. Ovisno o mikrostaništu odnosno krškim fenomenima (škrape, vrtače), u većem je dijelu prašume smeđe tlo na vapnencu (kalkokambisol), u vrtačama duboko lesivirano tlo (luvisol), a na kamenim blokovima

planinska crnica (kalkomelanosol). Važno obilježje mikrostaništa u prašumi je različita dubina tla. Ona varira od vrlo plitke do duboke (Prpić i dr. 2001).

Prema Köpenu područje prašume ima umjereno toplu kišnu klimu (Seletković i Katušin 1992). Prema procjeni u prašumi padne oko 1600 mm oborina, od čega više od polovice u toplom dijelu godine (travanj – rujanj). Najviše oborina padne u svibnju ili lipnju, te studenome, a najmanje u veljači. Srednja je temperatura zraka oko 6 °C. Najtopliji je mjesec srpanj, a najhladniji je siječanj. Prema Aniću (1965) i Raušu (Prpić 1979) prašuma Čorkova uvala pripada dinarskoj bukovo-jelovoj šumi (*Omphalodo-Fagetum* Marinček et al. 1992). U njoj se nalaze dvije varijante te biljne zajednice s kamenitošću terena do 25 % i preko 25 %.

PRIKUPLJANJE PODATAKA DATA COLLECTION

Na pokusnoj plohi površine 1 ha izmjereno je prsni promjer ($d_{1,30}$ m) svih stabala promjera od 2 cm naviše. Visinomjerom je izmjerena visina 10 dominantnih stabala glavnih vrsta drveća. Na temelju prsnoga promjera i visine stabala glavnih vrsta drveća izrađene su lokalne tarife prema Schumacher Hallovoj formuli. Izmjera je obavljena okomito na slojnice od manje nadmorske visine prema većoj.

OBRADA PODATAKA PROCESSING AND STATISTICAL ANALYSES

Strukturni parametri prašume tijekom posljednjih 50 godina prikazani su grafički i napravljene su usporedbe. Za prikazivanje dinamike i trenda strukturnih parametara korištena je funkcija polinoma drugoga stupnja (parabola) i linerana funkcija (pravac) kao modeli trenda.

Postotak broja odumrlih stabala izračunat je prema formuli:

$$m = 1 - \left(\frac{N_1}{N_0} \right)^{1/t}$$

gdje je N_0 broj stabala na početku, a N_1 na kraju promatranoga razdoblja ili vremenskoga intervala t (Sheil i dr. 1995). Svi su podaci obrađeni u programu Ms Office.

REZULTATI RADA RESEARCH RESULTS

STRUKTURA SASTOJINE STAND STRUCTURE

Strukturni odnosi glavnih vrsta drveća u prašumi Čorkova uvala za razdoblje od 1957. do 2000. godine prikazani su u tablici 1. Broj stabala svih vrsta drveća

opada od 1957. prema 2000. godini. To smanjivanje broja stabala najveće je kod obične bukve, zatim kod obične smreke, dok je najmanje kod obične jele. Temeljnica i drvni obujam i za pojedine vrste drveća i ukupno za sve vrste prvo su u porastu, a zatim se smanjuju u 2000. godini.

Broj stabala obične bukve smanjuje se od manjega prema većim debljinskim razredima. 1957. godine bilo je tri puta više mladih stabala obične bukve nego 2000. godine. Najveće je odumiranje u manjim debljinskim razredima, dok u većim debljinskim razredima nema razlika u broju stabala obične bukve u istraživa-
nom razdoblju (grafikon 1).

Tablica 1. Strukturni odnosi glavnih vrsta drveća u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera za razdoblje od 1957. do 2000. godine

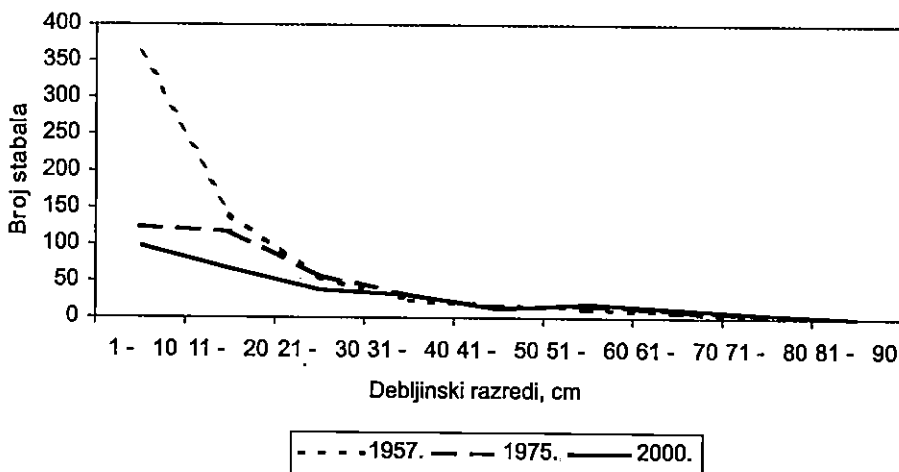
Table 1 Structural relationship of principal tree species in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park for the period 1957 – 2000

Godine	<i>Fagus sylvatica</i>			<i>Abies alba</i>			<i>Picea abies</i>			Ukupno		
	N	G	V	N	G	V	N	G	V	N	G	V
1957.	611	15,6	227	125	26,7	458	30	4,2	76	766	46,5	761
1965.	519	17,4	258	124	28,1	513	27	4,5	83	670	50,0	854
1970.	463	18,7	284	116	28,5	531	27	4,9	88	606	52,1	903
1975.	373	18,9	294	100	27,5	510	26	5,0	93	499	51,4	897
1987.	318	19,3	317	99	27,9	520	24	5,1	95	441	52,3	932
2000.	279	19,1	315	102	24,7	413	17	3,1	51	398	46,9	779

N – broj stabala

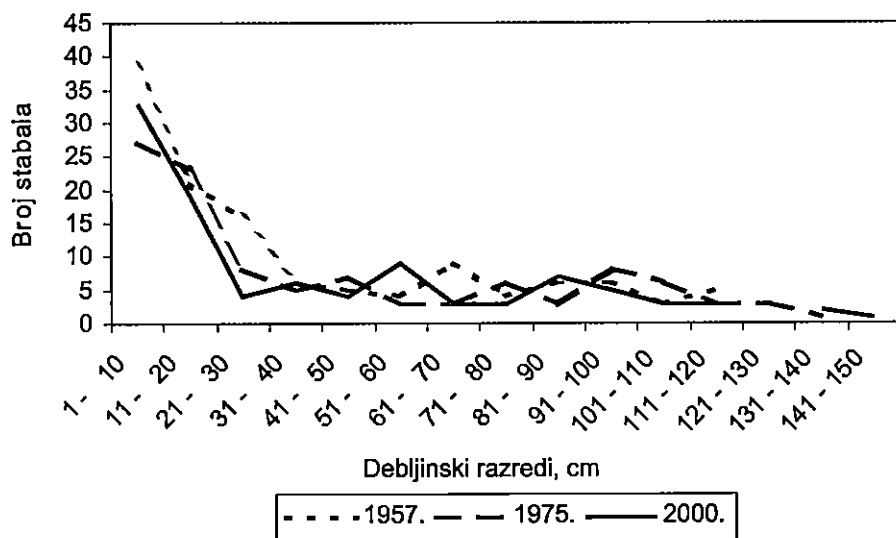
G – temeljnica (m²)

V – drvni volumen (m³)



Grafikon 1. Distribucija broja stabala obične bukve u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera

Figure 1 Tree number distribution of European beech in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park



Grafikon 2. Distribucija broja stabala obične jele u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera

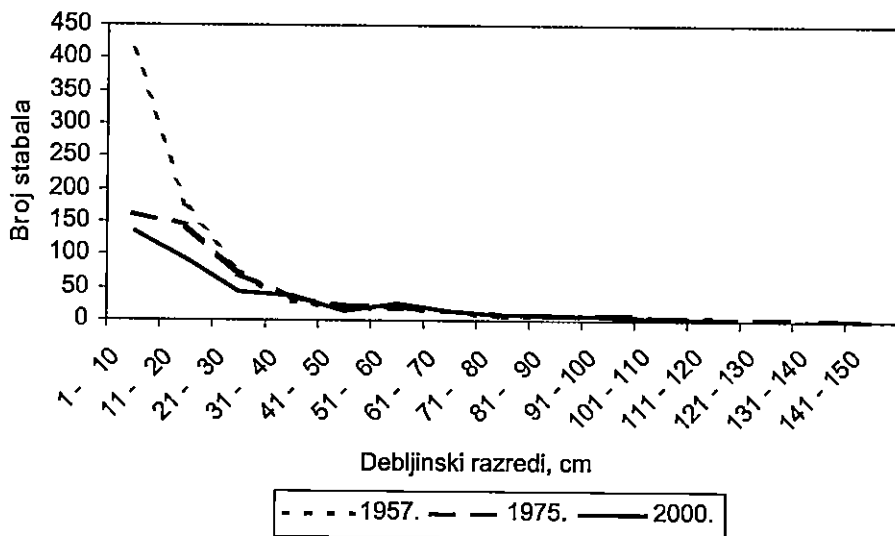
Figure 2 Tree number distribution of silver fir in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park

Broj stabala obične jele u promatranom razdoblju nije se značajnije mijenjao (grafikon 2). Također je uočljivo smanjenje broja stabala od manjih debljinskih razreda prema većima. Ako se uspoređi broj stabala obične jele s brojem stabala obične bukve, on je oko 10 puta manji u promatranom razdoblju.

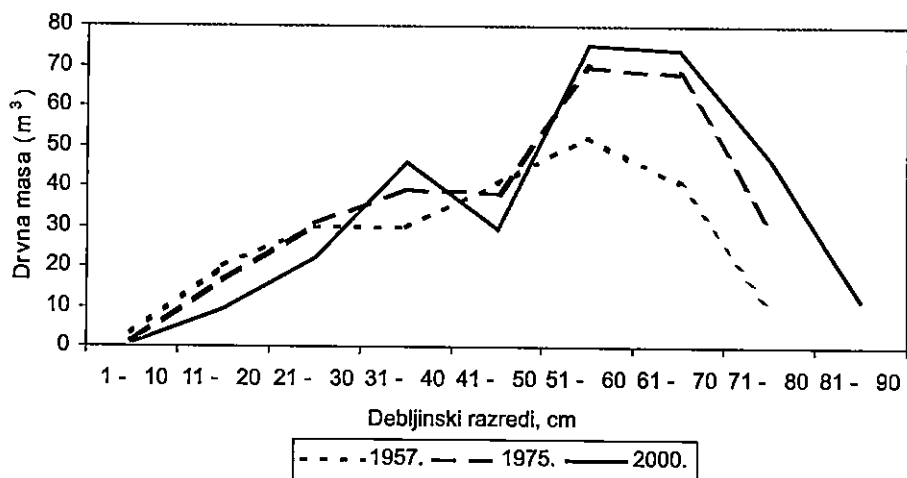
Ukupan broj stabala u promatranom je razdoblju imao sličan trend broju stabala obične bukve i on se mijenjao u promatranom razdoblju samo u debljinskim razredima do 30 cm, dok je u većim debljinskim razredima imao podjednake vrijednosti (grafikon 3). Broj stabala po debljinskim razredima 1957. godine imao je oblik Liocourtove krivulje, što je obilježje raznodobne strukture, ali se značajno promijenio do 2000. godine u manjim debljinskim razredima.

Prema grafikonu 4 drvni se obujam obične bukve u manjim debljinskim razredima smanjuje, a u većim debljinskim razredima povećava. Najveći je drvni obujam utvrđen u debljinskom razredu 55 cm. Kod obične se jele uočava smanjenje drvnoga obujma svih stabala izuzev debljinske razrede 55 i 85 cm (grafikon 5).

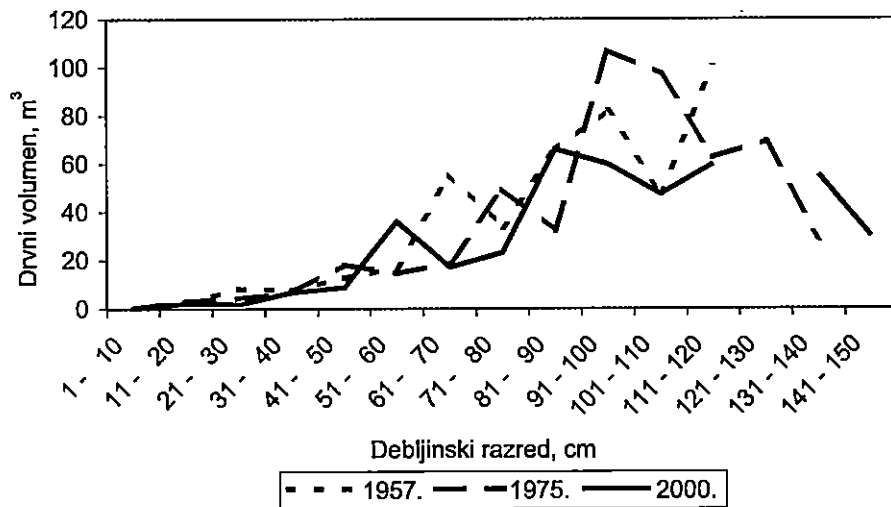
Većina se drvnoga obujma svih stabala nalazi u debljinskim razredima od 55 cm naviše (83,5 %), što pokazuje da se prašuma nalazi u terminalnoj fazi razvoja. Udio je debelih stabala (s promjerom preko 75 cm) iznosio 57,5 % od ukupnoga drvnoga obujma po hektaru. U odnosu na obujam uočava se znatan udio debelih stabala iznad 55 cm prsnoga promjera, što je pokazatelj poremećene raznodobne strukture (grafikon 6).



Grafikon 3. Distribucija ukupnoga broja stabala u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera
 Figure 3 Total tree number distribution in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park

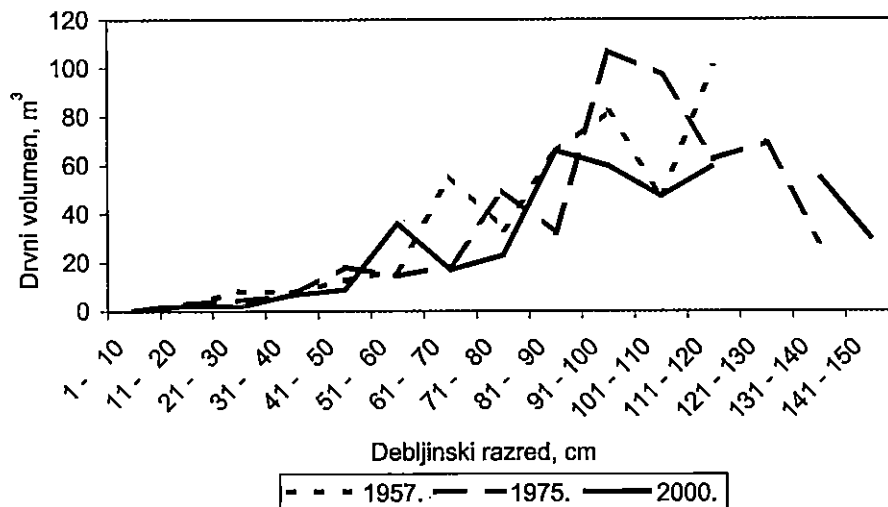


Grafikon 4. Distribucija drvnoga obujma obične bukve u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera
 Figure 4 Wood mass distribution of silver fir in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park



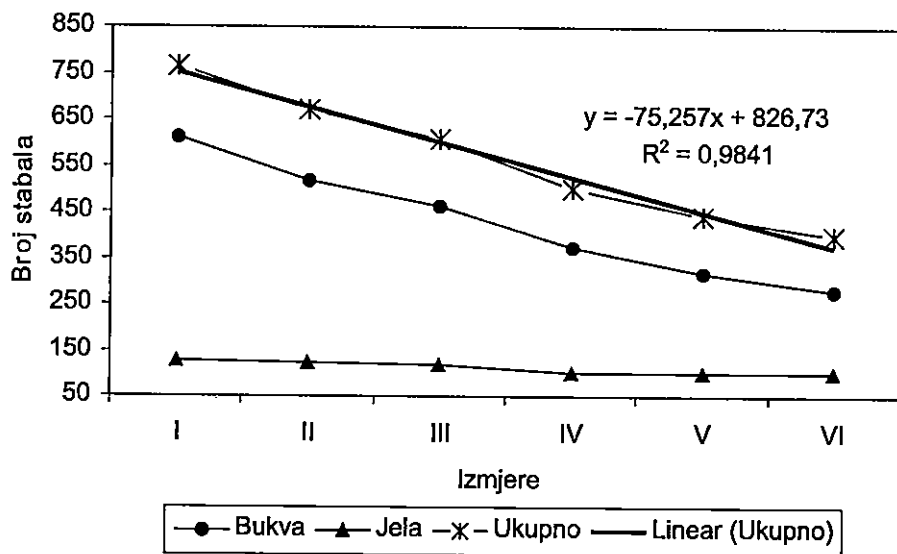
Grafikon 5. Distribucija drvnoga obujma obične jele u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera

Figure 5 Wood mass distribution of silver fir in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park



Grafikon 6. Ukupni drveni obujam stabala u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera

Figure 6 Total wood mass of trees in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park



I – 1957, II – 1965, III – 1970, IV – 1975, V – 1987, VI – 2000.

Grafikon 7. Distribucija broja stabala po vrstama drveća u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera

Figure 7 Distribution of tree number by tree species in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park

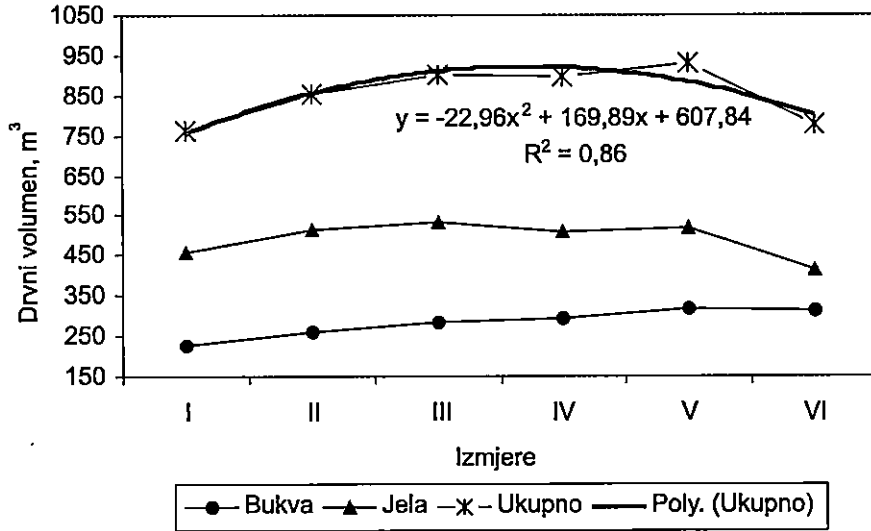
Broj je stabala svih vrsta drveća na pokusnoj plohi u stalnom padu (grafikon 7). Međutim, značajno je veće smanjivanje broja stabala obične bukve u odnosu na običnu jelu.

Drvni je obujam prašume iznosio od 761 do 932 m³/ha. U zadnje dvije izmjere ukupni se drvni obujam smanjuje, na što je utjecalo smanjenje drvnoga obujma obične jele (oko 100 m³), dok se drvni obujam obične bukve postupno povećavao (grafikon 8).

Prema omjeru smjese glavnih vrsta drveća obična smreka ima najmanji udio, zatim obična bukva, dok obična jela ima najveći udio u omjeru smjese (grafikon 9). U promatranom razdoblju omjer je smjese obične smreke bio gotovo nepromjenljiv, udio se obične bukve postupno povećavao, a udio se obične jele smanjivao.

ODUMRLA STABLA DEAD TREES

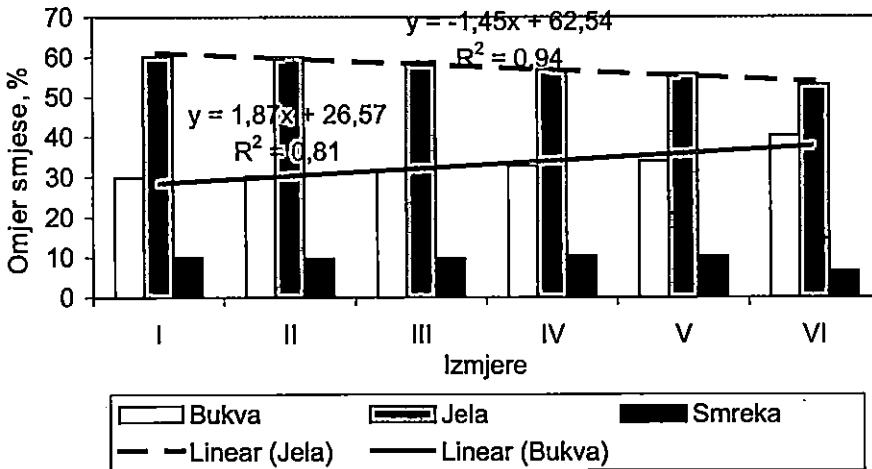
Najveći prosječni godišnji postotak odumrlih stabala tijekom 50 godina bio je kod obične bukve (1,8 %), a najmanji kod obične jele (0,5 %, tablica 2). U razdoblju od 1970. do 1975. godine bio je najveći postotak odumrlih stabala prema vrstama drveća i ukupno. Od 1975. godine postotak se ukupno odumrlih stabala smanjivao.



I – 1957, II – 1965, III – 1970, IV – 1975, V – 1987., VI – 2000.

Grafikon 8. Distribucija drvene zalihe po vrstama drveća u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera

Figure 8 Distribution of growing stock by tree species in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park



I – 1957, II – 1965, III – 1970, IV – 1975, V – 1987, VI – 2000.

Grafikon 9. Omjer smjese glavnih vrsta drveća u ukupnom drvnom obujmu u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera

Figure 9 Species composition of the principal tree species in the total wood mass in Čorkova Uvala virgin forest in the Plitvice Lakes National Park

Tablica 2. Godišnji mortalitet broja stabala (N, %) u prašumi Čorkova uvala Nacionalnoga parka Plitvička jezera

Table 2. Annual number of dead trees (N, %) in Čorkova uvala virgin forest in the Plitvice Lakers National Park

Razdoblje	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Abies alba</i>	<i>Picea abies</i>	Ukupno
	N (% god. ⁻¹)			
1957-'65.	2,0	0,1	1,3	1,7
1965-'70.	2,3	1,3	0	2,0
1970-'75.	4,3	3,0	0,8	3,9
1975-'87.	1,3	0,1	0,7	1,0
1987-'00.	1,0	-	2,7	0,8
1957-'00.				
	1,8	0,5	1,3	1,5

RASPRAVA DISCUSSION

Uspoređujući podatke strukture sastojine 2000. godine s podacima iz ranijih izmjera (tablica 1), uočava se trend smanjenja broja stabala (grafikon 7). Iz grafikona 1–3 uočava se veće smanjenje broja stabala obične bukve u manjim debljinskim razredima. Kod obične jele utvrđeno je manje smanjenje broja stabala u odnosu na običnu bukvu, ali i izostanak prirodne obnove nakon odumiranja starijih stabala. Distribucija ukupnoga broja stabala postupno gubi oblik Liocourtove krivulje, što je pokazatelj poremećaja prirodne obnove.

Prema rezultatima strukturalnih istraživanja prašume Čorkova uvala na pokusnoj se plohi pojavljuje optimalni stadij i stadij raspadanja. Međutim, stadij raspadanja koji se događa gotovo ravnomjerno po cijeloj površini pokusne plohe ne prati ravnomjerno pojavljivanje prirodnoga pomlatka, što je posljedica različitih ekoloških i biotskih čimbenika. Prema Korpelu (1996) razvojne faze prašume imaju uglavnom površinu od 0,5 do 1,5 ha. Odumiranje jedne vrste znači početak faze raspadanja i istodobno pomlađivanja, koje uglavnom ne prelazi površinu projekcije krošnje odumrloga stabla.

U istraživanju je utvrđen veći udio četinjača s obzirom na drvenu zalihu (59,6 %), a s obzirom na broj stabala zabilježen je veći udio obične bukve (70,1 %). Na trajnoj pokusnoj plohi obična je bukva najrasprostranjenija vrsta drveća u najtanjim debljinskim razredima (grafikon 1) te je u postupnoj progresiji (grafikoni 8 i 9).

Izmjena omjera smjese po vrstama drveća najviše je rasprostranjena u sastojinama glavnih skiofita, tj. jele i bukve (Šafar 1968). Prema Šafaru u sastojinama koje u većim debljinskim razredima imaju veliku drvenu zalihu obične jele, ima više bukova mladoga naraštaja. Zbog odumiranja debelih stabala obične jele sklop krošanja postaje sve rjeđi, i u tako izmijenjenom kompleksu mikroklimatskih prilika agresivnija bukva popunjava otvore sastojine. Zbog nagloga razvoja bukve njezine krošnje potisnu smreku koja je manje tolerantna na zasjenu nego jela.

Dinamika odumiranja stabala pokazuje različite odnose glavnih vrsta drveća. Uočljiv je značajno veće smanjivanje broja stabala obične bukve u odnosu na običnu jelu. Međutim, to je smanjivanje broja stabala naglašeno u manjim debljinskim razredima, što je posljedica konkurencije za prostorom i hranom. Prema postotku odumrlih stabala obična je smreka intermedijarna vrsta između obične bukve i obične jele.

ZAKLJUČCI CONCLUSION

Ukupan broj stabala svih vrsta drveća na trajnoj pokusnoj plohi u prašumi Čorkova uvala značajno se smanjuje u posljednjih 50 godina.

U odnosu na pojedine vrste drveća odumiranje stabala obične bukve bilo je najveće i iznosilo je 1,8 % godišnje, obične smreke 1,3 %, a obične jele 0,5 % godišnje.

Prema distribuciji broja stabala po debljinskim razredima utvrđeno je značajno smanjenje broja stabala obične bukve u najmanjim debljinskim razredima (do 30 cm).

Ukupne vrijednosti temeljnice i drvnoga obujma u prašumi rastu od 1957. do 1987. godine, kada dostižu maksimum, što je optimalni stadij razvoja prašume. Od 1987. godine vrijednosti temeljnice i drvnoga obujma opadaju i započinje stadij raspadanja.

LITERATURA REFERENCES

- Anić, M., 1965: Prašuma "Čorkova uvala". Zagreb (rukopis).
- ⊕ Č Korpel, Š., 1996: Razvoj i struktura bukovo-jelovih prašuma i njihova primjena kod gospodarenja prebornom šumom. Šumarski list, 3–4: 203–208.
- z Matić, S., 1979: Ekološke i strukturne karakteristike prebornih šuma jele i bukve u Gorskom kotaru. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, Zagreb, 741–765.
- z Prpić, B., 1979: Struktura i funkcioniranje prašume bukve i jele (*Abieti-Fagetum illyricum* Horv. 1938) u Dinaridima SR Hrvatske. U: Đ. Rauš (ur.), Drugi kongres ekologa Jugoslavije: 899–924, Zagreb.
- z Prpić, B., Z. Seletković, J. Vukelić, 1994: Der Urwald Čorkova uvala – ein Modell für den multifunktionalen Buchen-Tannen Planterwald. Ergebnisse d. 7. IUFRO – Tannensymposiums, Mainz, 250–253.
- z Prpić, B., Z. Seletković, 1996: Istraživanja u hrvatskim prašumama i korištenje rezultata u postupku s prirodnom šumom. U: B. Mayer (ur.), Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava: 97–104, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb.
- ⊕ Prpić, B., S. Matić, J. Vukelić, Z. Seletković, 2001: Bukovo-jelove prašume hrvatskih Dinarida. U: Prpić, B. (ur.), Obična jela u Hrvatskoj: 479–492, Akademija šumarskih znanosti i "Hrvatske šume", p.o. Zagreb, Zagreb.

- κ Seletković, Z., Z. Katušin, 1992: Klima Hrvatske. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj: 13–18, Šumarski fakultet Zagreb i “Hrvatske šume”, p.o. Zagreb, Zagreb.
- č Sheil, D., D. F. R. P. Burslem, D. Adler, 1995: The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. *Journal of Ecology*, 83: 331–333.
- sl č Šafar, J., 1968: Tokovi izmjene smjese jele i bukve u prašumi, *Šumarski list*, 92: 215–222.
- κ Vukelić, J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Zagreb, Zagreb, 310 str.
- o NN, 70/05: Zakon o zaštiti prirode, Narodne novine, Zagreb.

DYNAMICS OF TREE DEVELOPMENT AND MORTALITY IN ČORKOVA UVALA VIRGIN FOREST IN THE PLITVICE LAKES NATIONAL PARK

SUMMARY

The virgin forest of Čorkova Uvala in the Plitvice Lakes National Park is a natural beech-fir forest that has suffered no direct human impact for the last fifty years. The virgin forest is the site of a dynamic natural development of principal tree species, resulting in the uneven-aged structure, diversity of species, various developmental stages and phases, and different tree mortality intensities. The article presents and compares indicators of tree structure and mortality for the period from 1957 to 2000. The number of principal tree species has decreased in the observed period. During this period, the number of European beeches fell by 1.8%, of common spruces by 1.3%, and of silver fir by 0.5% annually. Tree number distribution by diameter classes shows a disturbance in the uneven-aged structure. This is due to a considerable decrease in the number of European beeches in the diameter class up to 30 cm. The total virgin forest wood mass in the observed period first rose but then fell from the 1980s to 2000. A falling trend in the total wood mass is the consequence of reduced wood mass of silver fir throughout the observed period. The wood mass of European beech is gradually increasing. The observed trends in structural relations point to the conclusion that the virgin forest is in the optimal stage and at the beginning of the decomposition stage.

Key words: virgin forest, structural relations, tree mortality, developmental stages

UDK: 630*572

PROCJENA PROPADANJA ŠUMA HRASTA LUŽNJAKA NA TEMELJU INDEKSA ODUMIRANJA STABALA

ESTIMATING THE DECLINE OF PEDUNCULATE OAK FORESTS
ON THE BASIS OF TREE MORTALITY INDEX

IVICA TIKVIĆ, ZVONKO SELETKOVIĆ, DAMIR UGARKOVIĆ,
ZLATKO BALTA

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Kao posljedica promjene prirodnih stanišnih čimbenika drveće propada i iznenada odumire, što je jedan od najvećih ekoloških problema u šumarstvu i što uzrokuje i značajne gospodrske probleme, kao što je smanjenje drvene zalihe, izostanak prirodne obnove, zakorovljenje staništa i dr. U nas je odumiranje stabala hrasta lužnjaka utvrđeno čak prije stotinu godina, ali još uvijek postoje brojne nepoznanice o tom problemu. U radu su istraživani dinamika i intenziteti odumiranja stabala hrasta lužnjaka na primjeru gospodarske jedinice "Josip Kozarac" kod Lipovljana. Obradeni su podaci o odumrlim stablima za razdoblje od 1995. do 2004. godine. Procjena je propadanja šuma napravljena na temelju indeksa odumiranja stabala i indeksa propadanja prirasta. Indeks odumiranja stabala predstavlja odnos drvnoga volumena odumrlih stabala određene vrste drveća i drvnoga volumena te vrste drveća u sastojini. Indeks propadanja prirasta predstavlja odnos drvnoga volumena odumrlih stabala određene vrste drveća po jedinici površine i prosječnoga tečajnoga prirasta za tu vrstu. Prosječno je godišnje odumiranje stabala hrasta lužnjaka iznosilo od 6 do 17 m³/ha. Utvrđeno je dugoročno kronično odumiranje stabala s pojedinačnim slučajevima katastrofalnoga propadanja sastojina. Odumiranje je stabala zahvatilo veći dio gospodarske jedinice jer je utvrđeno na preko 60 % površine. Na 95 % odsjeka s utvrđenim odumiranjem intenzitet je bio manji od 25 % od drvene zalihe. U odnosu na prirast oko 27 % odsjeka s utvrđenim odumiranjem imalo je intenzitet odumiranja veći od polovice godišnjega prirasta.

Ključne riječi: odumiranje stabala, hrast lužnjak, indeks propadanja stabala

UVOD INTRODUCTION

Funkcioniranje i razvoj šumskih ekosustava ovisi o dinamici rasta i razvoja organizama, međuvrstoj i unutarvrstoj konkurenciji, prirodnoj ravnoteži i utjecaju

čovjeka. U tim se ekosustavima trajno događa prirodno odumiranje stabala zbog konkurencije za ograničenim uvjetima rasta. Prema Matiću (1996) na pomladnim površinama jednodobnih šuma hrasta lužnjaka pojavljuje se oko 40 000 jedinki drvenastih vrsta po hektaru. Pri koncu ophodnje, odnosno u dobi od 140 godina, na istoj površini ostane oko 200 stabala glavnih vrsta drveća. Uzrok tako velikoj prirodnoj selekciji stabala je konkurencija biljaka za prostorom, tlom, svjetlom, hranom i vodom. Ta se prirodna zakonitost koristi pri uzgajanju i iskorištavanju šuma, gdje se prirodna selekcija prilagođava ciljevima gospodarenja šumama, tj. proizvodnji što više drva šte bolje kakvoće.

Čovjek sve više mijenja prirodnu ravnotežu šumskih ekosustava mijenjajući prirodni sastav biocenoza i prirodna staništa. Te promjene uzrokuju poremećaje u razvoju stabala i šumskih ekosustava.

Kronično propadanje i iznenadno odumiranje stabala pokazatelj je poremećaja u funkcioniranju šumskih ekosustava. Propadanje je stabala posljedica smanjene vitalnosti i fiziološke aktivnosti stabala. Odumiranje je stabala potpuni prestanak svih fizioloških funkcija (Eckmüller i Sterba 2000). U stručnim se šumarskim krugovima koriste nepravilni izrazi za odumrla stabla, kao što su «suha stabla» ili «sušci». Nazivi su nepravilni jer se ne radi samo o gubitku vlage u stablu, nego i o prestanku svih funkcija. U ovom se članku izraz *odumrlo stablo* odnosi na stablo kod kojega su prestale sve životne funkcije, dok se za različito oštećena stabla koristi izraz *propala stabla*.

Osim propadanja stabala pojavljuje se i propadanje šuma. Propadanje šuma predstavlja masovno i katastrofalno propadanje i odumiranje stabala na većim površinama. Odumiranje stabala i propadanje šuma nepredvidljivo je bilo po opsegu ili po mjestu pojavljivanja. Ono je jedan od najvećih ekoloških problema u hrvatskom šumarstvu. Razlikuje se po vrstama drveća i intenzitetu pojavljivanja, a nepovoljno se odražava na stabilnost šumskih ekosustava, te gospodarske i općekorisne funkcija šuma (Prpić 1988).

Propadanje i odumiranje stabala u šumskim ekosustavima nastaje zbog konkurencije vrsta i individua, djelovanja različitih prirodnih pojava kao što su klimatski ekscesi, grom, vjetar, mokr snijeg, ledena kiša, suša, dugotrajna poplava, biotski čimbenici, zatim kao posljedica promjene ekoloških uvjeta (promjene razine podzemne vode, promjene dinamike poplavne vode, zamočvarenje i isušivanje staništa, onečišćenje poplavne i oborinske vode) i nepovoljnoga utjecaja čovjeka. Ono je posljedica kumulativnoga i sinergetskoga djelovanja različitih nepovoljnih čimbenika (Kozarac 1897, Kovačević 1928, Nenadić 1940, Dekanić 1972, Androić 1975, Prpić 2003).

Prema Starčeviću (1995) propadanje i odumiranje stabala rezultira smanjenjem vrijednosti drva i do 40 %, a smanjenje općekorisnih funkcija šuma mnogostruko je veće. Ono također utječe na smanjenje prirasta i drvne zalihe, izostanak prirodne obnove, zakorovljenje šumskoga tla, promjenu mikroklimе sastojina, razvoj štetnika, izostanak uroda sjemena, promjene stanišnih uvjeta i dr.

U posljednjih 30 godina u Hrvatskoj se uočava propadanje i odumiranje stabala različitih vrsta šumskoga drveća. Osim ranije utvrđenoga propadanja i odumiranja

stabala hrasta lužnjaka i obične jele pojavilo se i odumiranje stabala hrasta kitnjaka, pitomoga kestena, obične bukve, poljskoga jasena, srebrnolisne lipe, običnoga čempresa i hrasta crnike (Prpić 1988). Tridesetih godina prošloga stoljeća zabilježeno je katastrofalno propadanje nizinskoga brijesta, dok su obična tisa, pitomi kesten i neke šumske voćkarice također ugrožene (König 1911, Vajda 1968).

Intenzitet se odumiranja stabala utvrđuje na temelju broja stabala, drvnoga volumena ili smanjenja prirasta sastojina. Razlikujemo mali, srednji, veliki i katastrofalni intenzitet odumiranja stabala. Na temelju tih pokazatelja utvrđuje se intenzitet propadanja šuma. Propadanje šuma i odumiranje stabala izražava se u apsolutnim vrijednostima po jedinici površine ili u relativnim vrijednostima. Relativne se vrijednosti mogu izraziti i pomoću različitih indeksa. U ovom radu indeks odumiranja stabala predstavlja odnos drvnoga volumena odumrlih stabala jedne vrste drveća i drvnoga volumena te vrste drveća po jedinici površine. Indeks propadanja prirasta predstavlja odnos drvnoga volumena odumrlih stabala određene vrste drveća izražen po jedinici površine i prosječnoga tečajnoga prirasta za tu vrstu.

Cilj je rada bio utvrditi intenzitet odumiranja stabala hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici "Josip Kozarac" na temelju drvnoga volumena i prirasta kao najvažnijih pokazatelja.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Gospodarska jedinica "Josip Kozarac" nalazi se u sklopu Šumarije Lipovljani, Uprave šuma Zagreb. Smještena je južno od autoceste Zagreb–Lipovac, u blizini sela Kraljeva Velika i Lipovljani.

Visinska razlika gospodarske jedinice iznosi oko 13 m, te su razvijeni nizinski oblici mikrouzvisine (mikrouzvisine – grede i mikroudubine – nize i bare). Gospodarska jedinica pripada slivu rijeke Save i njezinih pritoka (Trebež, Strug, Ilova i Pakra). O njihovu vodostaju ovise podzemne vode, odnosno njihova razina i kolebanje. Razina podzemne vode, tj. vegetacijski srednjak u gospodarskoj jedinici "Josip Kozarac" kreće se od 150 cm u nizi do 200 cm na gredi i vlažnoj gredi. U niza ma se pojavljuje površinska voda koja se zadržava do 60 dana. Matičnu podlogu čine pretaložene ilovine, glina, pijesak, šljunak i pješčani mulj, koji je prekriven humusom. Dominantni tipovi tala su aluvijalno tlo, močvarno glejno tlo i pseudoglej.

Područje ima značajke umjereno tople kišne klime. Najhladniji je mjesec siječanj, a najtopliji srpanj, dok je srednja godišnja temperatura zraka 10,3 °C. Srednja godišnja količina oborina na meteorološkoj postaji Opeke iznosi 915 mm. Najviše oborina padne u lipnju i rujnu, a najmanje u veljači i siječnju. Srednja količina oborina u razdoblju razvoja vegetacije iznosi 540 mm, što je 59 % od godišnje količine oborina.

Od šumskih zajednica u najnižim predjelima dolaze šume vrba i topola, a uz vodotoke i u reljefnim mikroudubinama šume crne johe. S povećanjem nadmorske

visine pojavljuju se zajednica hrasta lužnjaka i poljskoga jasena, a na gredama šuma hrasta lužnjaka i običnoga graba. Na nešto većim nadmorskim visinama u zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba dolazi i obična bukva. Površina gospodarske jedinice “Josip Kozarac” iznosi 5442 ha.

MATERIJAL I METODE MATERIALS AND METHODS

Podaci o doznaci odumrlih stabala hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici “Josip Kozarac” prikupljeni su za desetogodišnje razdoblje (1995–2004. godine). Odumrla su stabla prikazana prema drvnom volumenu koji je dobiven na temelju promjera odumrlih stabala i lokalnih tarifa. Analiza je podataka napravljena pomoću računalnoga programa MsExcel.

Drvni je volumen odumrlih stabala hrasta lužnjaka utvrđen za sve odsjeka u kojima je zabilježeno odumiranje. Podaci su o odumiranju stabala po odsjecima zbrojeni, te je dobiveno ukupno godišnje odumiranje stabala. Zatim je izračunato prosječno odumiranje u cijelom promatranom razdoblju, odnosno zbroj drvnoga volumena odumrlih stabala u deset godina podijeljen s površinom odsjeka. Na temelju ukupnoga drvnoga volumena hrasta lužnjaka po odsjecima i drvnoga volumena odumrlih stabala hrasta lužnjaka izračunat je postotni udio odumrlih stabala u odnosu na ukupni drvni volumen hrasta lužnjaka. Odsjeci su razvrstani u četiri stupnja prema indeksu odumiranja stabala:

I. – odsjeci s odumiranjem do 10 % u odnosu na ukupni drvni volumen

II. – odsjeci s odumiranjem do 25 %

III. – odsjeci s odumiranjem do 50 %

IV. – odsjeci s odumiranjem do 100 % u odnosu na ukupni drvni volumen.

Zatim je drvni volumen odumrlih stabala po odsjecima (m^3/ha) podijeljen s 10 godina i dobiven je godišnji drvni volumen odumrlih stabala hrasta lužnjaka po hektaru. Ta je vrijednost stavljena u odnos s prosječnim godišnjim prirastom hrasta lužnjaka u Hrvatskoj, te je dobiven postotni udio odumrloga drva u odnosu na prosječni prirast. Referentni prosječni godišnji prirast hrasta lužnjaka bio je $7,5 m^3/ha/godišnje$. Na temelju toga odsjeci su razvrstani u četiri stupnja prema indeksu propadanja prirasta:

I. – odsjeci s odumiranjem do 15 % u odnosu na prosječni godišnji prirast

II. – odsjeci s odumiranjem do 50 %

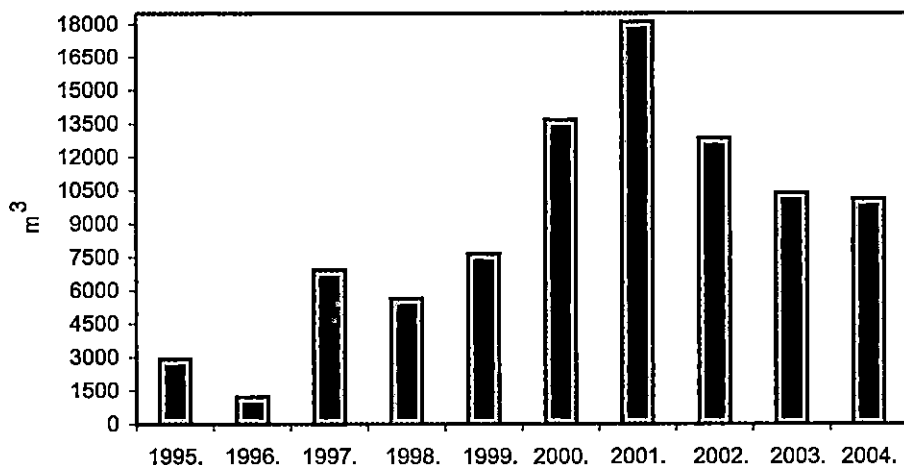
III. – odsjeci s odumiranjem do 100 %

IV. – odsjeci s odumiranjem preko 100 % u odnosu na prosječni godišnji prirast.

REZULTATI RESULTS

Odumiranje stabala hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici “Josip Kozarac” u razdoblju od 1995. do 2004. godine prikazano je na grafikonu 1. Odumiranje je

bilo najmanje 1996. godine kada je odumrlo oko 1200 m³, a najveće 2001. godine kada je odumrlo preko 18 000 m³. Godine s najmanjim i najvećim količinama odumrloga drva razlikovale su se do 15 puta. Utvrđene su značajne razlike između intenziteta odumiranja prvoga i drugoga polurazdoblja. U drugom je polurazdoblju godišnje odumiralo preko 10 000 m³ hrasta lužnjaka.



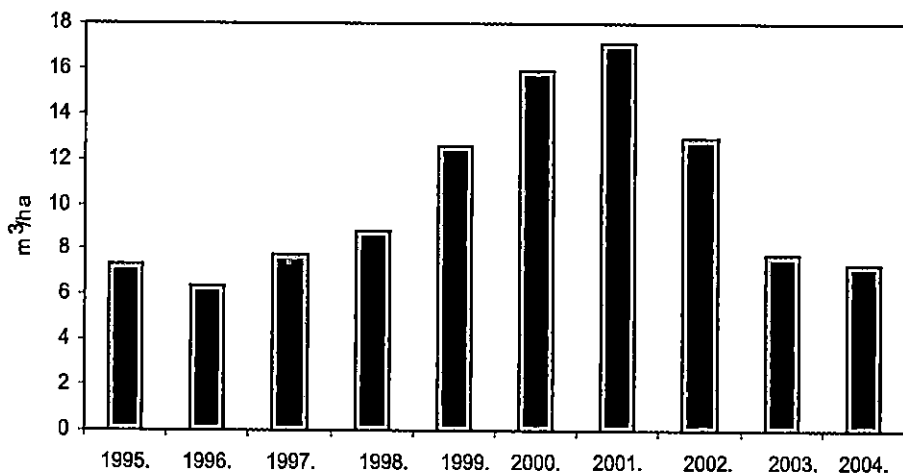
Grafikon 1. Ukupni drveni volumen odumrlih stabala hrasta lužnjaka u gosp. jed. "Josip Kozarac" od 1995. do 2004. godine

Figure 1 Total wood volume of dead oak trees in the MU Josip Kozarac from 1995 to 2004

Drveni volumen odumrlih stabala hrasta lužnjaka po jedinici površine prikazan je na grafikonima 2 i 3. Utvrđen je sličan trend odumiranja kao i kod apsolutnih vrijednosti drvnoga volumena, iako su razlike između godina s najvećim i najmanjim intenzitetom odumiranja bile manje. Odumiranje je stabala prosječno iznosilo od 6 do 17 m³/ha godišnje. Godine s najvećim i najmanjim odumiranjem razlikovale su se do 3 puta. Intenzivnije se odumiranje dogodilo u razdoblju od 1999. do 2002. godine i ono je bilo preko 12 m³/ha godišnje, dok je u ostalim promatranim godinama ono bilo 6–8 m³/ha godišnje.

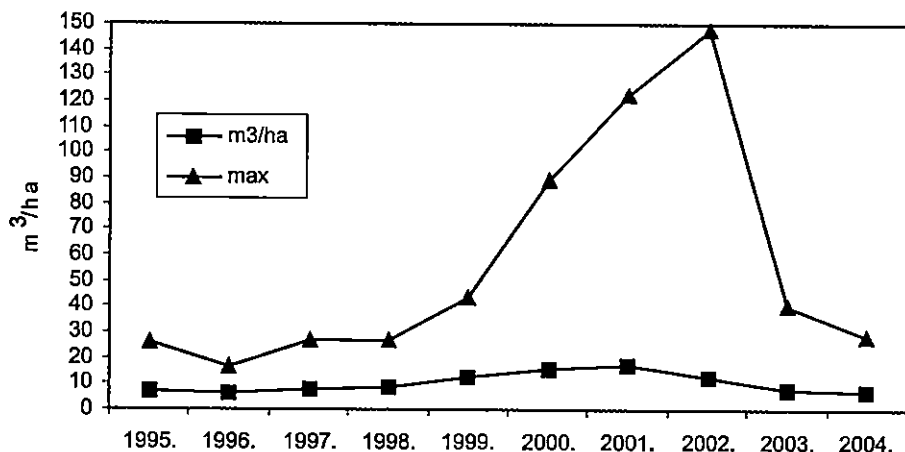
Na grafikonu 3 prikazan je odnos maksimalnih količina odumrloga drva u odsjeku i prosječnoga odumrloga drva svih odsjeka u kojima je utvrđeno odumiranje. Uočavaju se godine s malim razlikama između maksimalnoga i prosječnoga odumiranja, kao i godine sa statistički značajnim razlikama između maksimalnoga i prosječnoga odumiranja. U tim je godinama odumiranje iznosilo od 85 do 150 m³/ha, što je 8 do 15 puta veće od prosječnoga odumiranja. Ti podaci upućuju na veliku raznolikost intenziteta odumiranja po odjelima odnosno odsjecima.

Na grafikonu 4 prikazana je distribucija odsjeka prema indeksu odumiranja stabala. Od ukupno 307 odsjeka u kojima je utvrđeno odumiranje oko 70 % odsje-



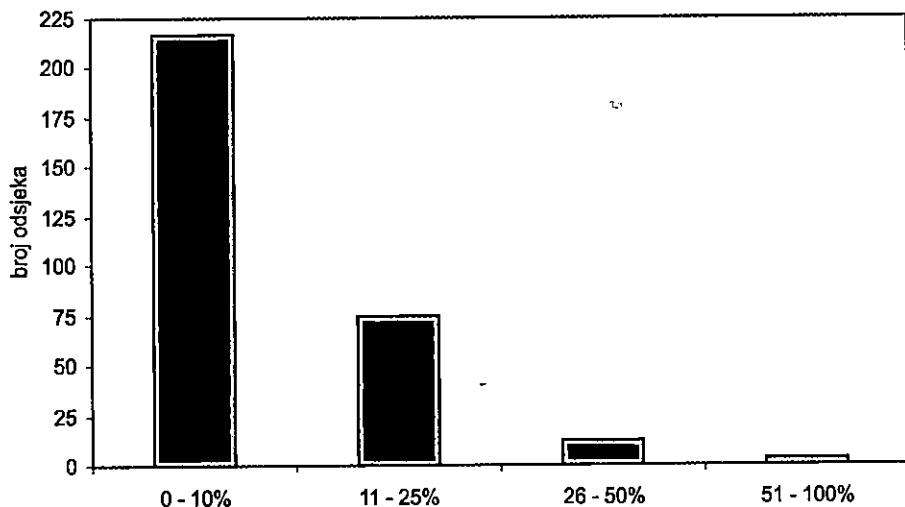
Grafikon 2. Drvni volumen po hektaru odumrlih stabala hrasta lužnjaka u gosp. jed. "Josip Kozarac" od 1995. do 2004. godine

Figure 2 Wood volume per ha of dead oak trees in the MU Josip Kozarac from 1995 to 2004



Grafikon 3. Maksimalni i prosječni drvni volumen odumrlih stabala hrasta lužnjaka u gosp. jed. "Josip Kozarac" po jedinici površine

Figure 3 Maximal and average wood volume per surface unit of dead oak trees in the MU Josip Kozarac

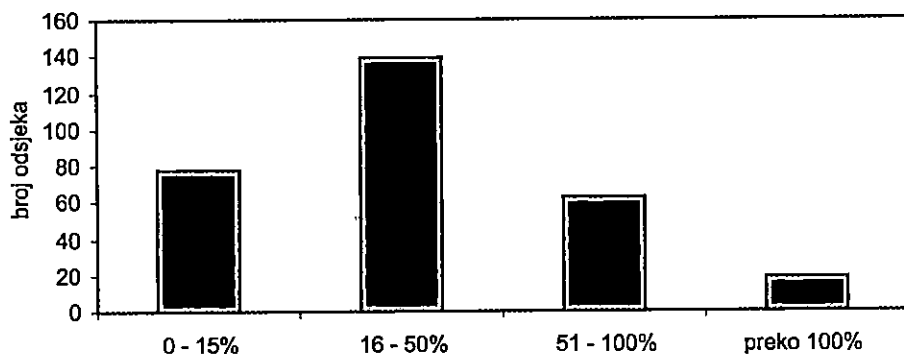


Grafikon 4. Zastupljenost odsjeka po stupnjevima intenziteta odumiranja stabala hrasta lužnjaka u gosp. jed. "Josip Kozarac".

Figure 4 Distribution of compartments by degrees of intensity of oak tree mortality in the MU Josip Kozarac

ka bilo je u I. stupnju (do 10 % odumrloga drva u odnosu na ukupni volumen), oko 25 % u II, 4 % u III. i samo 1 % u IV. stupnju (tri odsjeka s odumiranjem preko 50 % u odnosu na drveni volumen odsjeka).

Distribucija odsjeka po kategorijama odumiranja prema indeksu propadanja prirasta prikazana je u na grafikonu 5. Najmanji je broj odsjeka bio u IV. stupnju

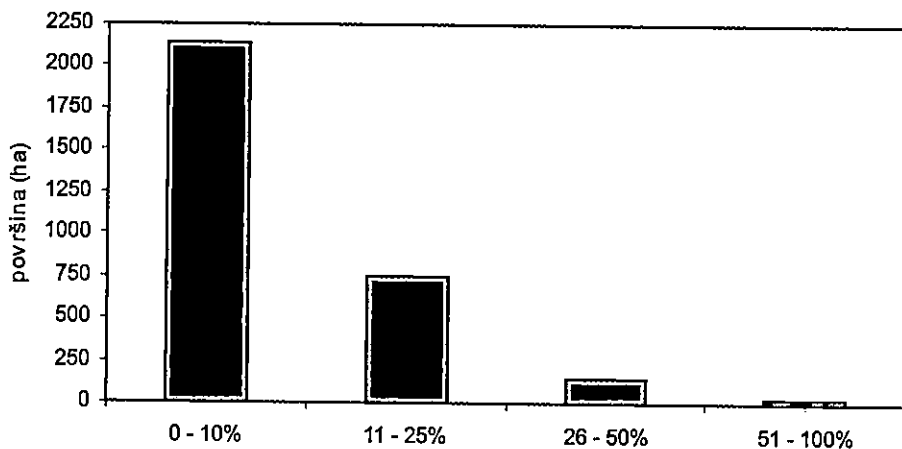


Grafikon 5. Zastupljenost odsjeka po stupnjevima propadanja prirasta stabala hrasta lužnjaka u gosp. jed. "Josip Kozarac"

Figure 5 Distribution of compartments by degrees of decline of oak tree increment in the MU Josip Kozarac

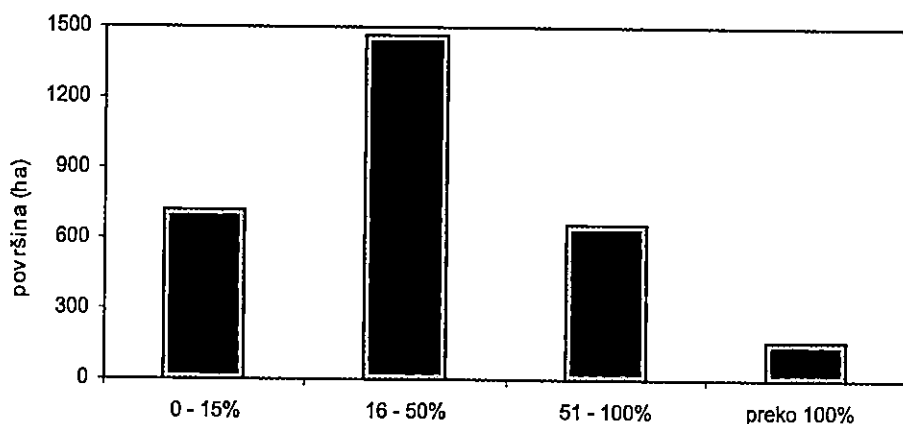
(6 % odsjeka), a najveći u II. stupnju (47 % odsjeka). U prvom je stupnju bilo oko 26 % odsjeka, a u trećem 21 % odsjeka.

S obzirom na površine koje su bile u pojedinom stupnju odumiranja stabala i propadanja prirasta, utvrđene su slične relacije kao i kod broja odsjeka (grafikoni 6 i 7).



Grafikon 6. Zastupljenost površina odsjeka na kojima je utvrđeno odumiranje po stupnjevima odumiranja stabala hrasta lužnjaka u gosp. jed. "Josip Kozarac"

Figure 6 Distribution of compartment surface areas with detected oak tree mortality by degrees of oak tree mortality in the MU Josip Kozarac



Grafikon 7. Zastupljenost površina odsjeka na kojima je utvrđeno odumiranje po stupnjevima propadanja prirasta stabala hrasta lužnjaka u gosp. jed. "Josip Kozarac"

Figure 7 Distribution of compartment areas with oak increment decline by degrees of increment decline in the MU Josip Kozarac

Ukupan zbroj površina na kojima su stabla hrasta lužnjaka odumirala u gospodarskoj jedinici "Josip Kozarac" iznosio je 3045 ha, što je oko 60 % površine gospodarske jedinice.

RASPRAVA DISCUSSION

Čimbenici koji izazivaju odumiranje stabala su biotski, sastojinski i stanišni (Vajda 1968). Od biotskih čimbenika značajne su biljne bolesti, štetni kukci i divljač; od sastojinskih čimbenika značajni su način postanka sastojina, dob stabala i struktura sastojine. Od stanišnih je važno djelovanje različitih prirodnih pojava (vjetar, mokar snijeg, ledena kiša, suša, dugotrajna poplava, grom, biotski čimbenici), promjene ekoloških uvjeta (promjene hidroloških prilika, tj. snižavanja razina podzemne vode, promjena dinamike poplavne vode, zamočvarenje i isušivanje staništa, onečišćenje poplavne i oborinske vode) i nepovoljno djelovanje čovjeka (Durrant i Boswell 2002).

Odumiranje stabala hrasta lužnjaka u nizinskim šumskim ekosustavima aktualno je već više od jednoga stoljeća. Ono je posljedica promjene ekoloških uvjeta i djelovanja nepovoljnih čimbenika, kao što su različiti tehnički zahvati: podizanje nasipa, kopanje kanala, reguliranje rijeka. Takvi nepovoljni utjecaji na šumske ekosustave rezultiraju odumiranjem stabala. Kada odumiranje stabala poprima velike razmjere, ono utječe na stanje šuma, njihov rast, razvoj i obnovu, odnosno gospodarske i općekorisne vrijednosti šuma (Seletković i Tikvić 1996).

Razlikujemo pojedinačno odumiranje, odumiranje skupina stabala i masovno odumiranje stabala. Ono se razlikuje prema brzini i intenzitetu, te može biti postupno i brzo. Odumiranje se stabala izražava u apsolutnim vrijednostima (m^3 , m^3/ha), te u postotku odumrlih stabala u odnosu na drvenu zalihu po jedinici površine (intenzitet propadanja). Prema Prpiću (1974) odumiranje stabala hrasta lužnjaka značajnije je u srednjodobnim i starijim sastojinama nego u mlađim sastojinama koje su se prilagodile promjenama u staništu.

Prema procjenama oštećenosti krošanja u Hrvatskoj hrast lužnjak je najoštećenija listopadna vrsta drveća, što je pokazatelj poremećaja fiziološke stabilnosti tih šuma (Seletković i Potočić 2004).

Odumiranje stabala hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici "Josip Kozarac" u promatranom se razdoblju značajno razlikovalo po godinama. Ono se kretalo od 1200 do 18 000 m^3 godišnje. Razlike su bile značajnije kod apsolutnih vrijednosti odumrloga drva u odnosu na prosječne vrijednosti. Utvrđeno je intenzivno odumiranje stabala hrasta lužnjaka u nekoliko godina, te se može govoriti o kroničnom odumiranju stabala. Maksimalne vrijednosti odumiranja po jedinici površine u pojedinim su slučajevima iznosile preko 100 m^3/ha , što se može smatrati katastrofalnim odumiranjem stabala. Odumiranje stabala većega ili manjega intenziteta pojavilo se na više od 60 % površine, što je pokazatelj promjene stabilnosti nizinskih šumskih ekosustava.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

U nizinskim šumama hrasta lužnjaka na području gospodarske jedinice "Josip Kozarac" stabla odumiru. Odumiranje većega ili manjega intenziteta utvrđeno je na preko 60 % površine gospodarske jedinice. Maksimalni intenziteti odumiranja stabala hrasta lužnjaka kretali su se od 17 do 148 m³/ha, dok su prosječno iznosili od 6 do 17 m³/ha. Utvrđene su značajne razlike u intenzitetima odumiranja po godinama i odsjecima.

LITERATURA REFERENCES

- z Androić, M., 1975: Prethodni rezultati timskog istraživanja uzroka sušenja hrasta u slavonskim šumama. U: Simpozij Sto godina znanstvenog i organiziranog pristupa šumarstvu jugoistočne Slavonije, 59–78, JAZU Centar za znanstveni rad Vinkovci, Zagreb.
- sl č Dekanić, I., 1972: Utvrđivanje najpogodnijih vrsta drveća i metoda obnove opustošenih površina sušenjem hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Šum. list, 4–6: 119–127.
- č Durrant, D., R. Boswell, 2002: Comparison of crown density assessments on trees within the stand and on ride edges within the forest. For. Ecol. Management, 157 (1–3): 1–6.
- č Eckmüllner, O., H. Sterba, 2000: Crown condition, needle mass, and sapwood area relationships of Norway spruce (*Picea abies*). Can. J. For. Res., 30 (10): 1646–1654.
- sl č König, J., 1911: Sušenje hrastika. Šum. list, 1–2: 385–422.
- sl č Kovačević, Ž., 1928: Sušenje hrastova u Posavini sa entomološko-biološkog gledišta. Šum. list, 4: 182–185.
- sl č Kozarac, J., 1897: Šumogojstveni i drvotržni aforizmi, crpljeni na temelju prodaje posavskih hrastovih šuma u zadnjem desetgodištu 1887–1896. Šum. list, 7.
- q č Matić, S., 2000: Oak forests (*Quercus* sp.) in Croatia. Glas. šum. pokuse, 37: 5–13.
- q č Nenadić, Đ., 1940: O posljedicama sušenja hrastovih šuma Gradiške imovne općine. Glas. šum. pokuse, 7: 1–29.
- sl č Prpić, B., 1974: Ekološki aspekt sušenja hrastovih sastojina u nizinskim šumama Hrvatske. Šum. list, 7–9: 285–290.
- q č Prpić, B., 1988: Sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u svjetlu ekološke konstitucije vrste. Glas. šum. pokuse, 25: 1–24.
- sl č Prpić, B., 2003: Utjecaj tehničkih zahvata u prostoru na nizinske šume. Šum. list, 5–6: 230–235.
- sl č Seletković, I., N. Potočić, 2004: Oštećenost šuma u Hrvatskoj u razdoblju od 1999–2003. godine. Šum. list, 3–4: 137–148.
- z Seletković, Z., I. Tikvić, 1996: Oštećenost šumskih ekosustava različitih stanišnih prilika u Republici Hrvatskoj. HŠD – Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996, Knj. 2: 81–88, Zagreb.
- sl č Starčević, T., 1995: O odabiru oštećenih stabala i sanaciji. Šum. list, 3: 105–107.
- sl č Vajda, Z., 1968: Naučno istraživačke studije o sušenju hrastika. Šum. list, 2–3: 122–142.

ESTIMATING THE DECLINE OF PEDUNCULATE OAK FORESTS ON THE BASIS OF TREE MORTALITY INDEX

SUMMARY

Changes in natural site factors lead to tree decline and abrupt mortality. Tree mortality is one of the gravest ecological problems in forestry causing severe silvicultural problems, such as decreased growing stock, absence of natural regeneration, weeding of sites, etc. Although the decline of pedunculate oak trees in Croatia was recognized over one hundred years ago, there are still many unknowns related to this problem. The paper explores the dynamics and intensity of pedunculate oak mortality on the example of the management unit Josip Kozarac near Lipovljani. The processed data on dead trees entail the period from 1995 to 2004. Forest decline was assessed on the basis of tree mortality index and increment decline index. Tree mortality index represents the ratio between the dead wood mass of a given tree species and the wood mass of the same tree species in a stand, whereas increment decline index represents the ratio between the wood mass of dead trees per surface unit and the mean current increment. The mean annual mortality of pedunculate oak trees amounted to between 6 and 17 m³/ha. Chronic, long-term tree mortality was observed and so were individual cases of catastrophic stand decline. Tree mortality affected a larger part of the management unit as it was registered in over 60% of the area. In 95% of the compartments with detected mortality, the intensity was less than 25% of the growing stock. In relation to the increment, about 27% of the compartments with detected mortality were affected by mortality intensity that exceeded half of the annual increment.

Key words: tree mortality, pedunculate oak, tree mortality index

UDK: 630*181.351

UTJECAJ ENDOMIKORIZNOGA INOKULUMA NA RAST SADNICA POLJSKOGA JASENA (*Fraxinus angustifolia* Vahl) I CRNE JOHE (*Alnus glutinosa* Gaertn.) U RASADNIKU

THE EFFECT OF ENDOMYCORRHIZAL INOCULUM ON NURSERY-GROWN SEEDLINGS OF NARROW-LEAVED ASH (*Fraxinus angustifolia* Vahl) AND EUROPEAN ALDER (*Alnus glutinosa* Gaertn.)

IVICA TIKVIĆ, ZVONKO SELETKOVIĆ, DAMIR UGARKOVIĆ,
GORDANA ŽNIDARIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Proizvodnja sadnica u rasadniku odvija se u određenim kontroliranim uvjetima koji se primarno odnose na fizikalna i kemijska obilježja supstrata, te povoljne hidrotermičke uvjete. U takvim uvjetima uglavnom izostaje razvoj prirodne mikorizne simbioze, a razvijaju se samo određeni simbionti koji se lako prilagođavaju na umjetne uvjete. Međutim, sadnice iz rasadnika većinom dolaze u prirodna staništa u kojima moraju podnijeti konkurenciju drugih jedinki i prilagoditi se novim stanišnim uvjetima. Pretpostavlja se kako se inokulacijom sadnica u rasadniku pozitivno utječe na njihov rast i razvoj, povećava otpornost na stresne čimbenike, te povećava konkurentska sposobnost biljaka u novim uvjetima. Osim toga sve se češće događaju promjene stanišnih prilika koje su stresne za biljke, te se smatra kako biljke s mikorizom lakše podnose te nepovoljne uvjete. Stoga je cilj istraživanja bio ispitati djelovanje endomikoriznoga inokuluma na rani rast sadnica poljskoga jasena i crne johe u rasadniku. U pokusu su testirane jednogodišnje i dvogodišnje sadnice tih vrsta. Mikorizni inokulum EndorizeSOL primijenjen je u količini od 0,2 l/m² u četiri ponavljanja na plohama od 1 m² u dvama rasadnicima. Nisu utvrđene razlike u visinama i promjerima na 10 cm od tla između tretiranih i kontrolnih sadnica obiju vrsta drveća. Utvrđene su razlike u visinama i promjerima između jednogodišnjih i dvogodišnjih sadnica crne johe bez obzira na tretmane. Primjena endomikoriznoga inokuluma na jednogodišnjim i dvogodišnjim sadnicama poljskoga jasena i crne johe nije unaprijedila rast sadnica, što se dovodi u vezu s pionirskim obilježjima tih vrsta drveća, kao i ekološkim uvjetima koji mogu biti ograničavajući čimbenik za razvoj sadnica i endomikorize. Dvogodišnje sadnice crne johe imale su prosječne visine od približno 150 cm, a poljskoga jasena oko 70 cm.

Ključne riječi: endomikoriza, poljski jasek, crna joha, rast sadnica

UVOD INTRODUCTION

Mikrobiološka aktivnost u tlu veoma je važna za plodnost tla, odnosno osiguranje rasta i razvoja organizama (Atlas 1988). Mikroorganizmi u tlu utječu na procese koji se u njemu odvijaju (Tate 1995). Među mikroorganizmima u tlu neke skupine imaju primarnu ulogu pri izmjeni hraniva kao što su mikorizne gljive, dok druge skupine imaju primarnu ulogu pri transformaciji hraniva (saprofiti). Vezikularno-arbuskularne mikorize (VAM) jedan su od najrasprostranjenijih tipova mikorize koji se razvija unutar staničja korijena biljaka. Najčešće je tvore gljive iz reda *Glomales*, koje su simbionti na oko 80 % kopnenih biljaka (Harely i Smith 1983).

Kod umjetne proizvodnje sadnica šumskoga drveća u rasadniku nedostaju prirodne mikorizne gljive, te se pretpostavlja kako se dodavanjem tzv. mikoriznih gnojiva u supstrat povećava biološka raznolikost, mikroekološka ravnoteža, bolja prehrana biljaka, te pozitivno utječe na razvoj prirodne otpornosti sadnica na biotske i abiotske stresne čimbenike. Pomoću razgranate mreže hifa mikorizne gljive pozitivno utječu na rast i razvoj biljaka, a ujedno povećavaju i otpornost na stresne čimbenike.

Poljski jasen i crna joha imaju obilježja pionirskih vrsta drveća. Oni obilno i često rađaju laganim sjemenom, koje se lako rasprostire pomoću vjetera i vode. Poljski jasen i crna joha uz vrbe i topole glavne su vrste drveća poplavnih šuma u Hrvatskoj. Te se šume obnavljaju prirodnim i umjetnim putem. Zbog nepovoljnih hidroloških uvjeta sve se češće primjenjuje umjetno pomlađivanje na površinama na kojima nije uspjela prirodna obnova i na površinama koje se pošumljavaju šumskim vrstama drveća. Osim toga kvalitetan sadni materijal šumskoga drveća sve se više koristi u urbanom šumarstvu za potrebe sanacije degradiranih površina, uređenje površina uz infrastrukturne objekte, zgrade i kuće.

Sadnice poljskoga jasena i crne joha proizvode se klasičnom metodom gologa korijena koja obuhvaća sjetvu sjemena na gredicama, zaštitu mladih biljaka od štetnika i nepovoljnih klimatskih prilika, te na koncu podrezivanje korijena. Sadnice se proizvode kao jednogodišnje u sjemeništu (1 + 0) i koriste se za umjetnu obnovu i druge namjene. Najlošije jednogodišnje sadnice presađuju se u rastilište i proizvode kao dvogodišnje (2 + 0).

Različita «mikorizna gnojiva» razlikuju se prema stupnju utjecaja na parametre rasta sadnica, što ovisi o brojnim čimbenicima. Primarni su sadržaj gljiva VAM u mikoriznom inokulumu, te različiti ekološki uvjeti u kojima se odvija VAM simbioza. Cilj je istraživanja bio da se ispita utjecaj endomikoriznoga inokuluma na parametre rasta sadnica poljskoga jasena i crne joha u rasadniku.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Istraživanja primjene endomikoriznoga inokuluma pri proizvodnji sadnica poljskoga jasena i crne joha provedena su u rasadnicima «Hrvatskih šuma». U ra-

sadniku Lukavec Uprave šuma Zagreb, Šumarija Velika Gorica, proizvode se primarno sadnice hrasta lužnjaka i poljskoga jasena. U njemu je testirana primjena mikoriznoga inokuluma na sadnicama poljskoga jasena. U rasadniku Limbuš Uprave šuma Koprivnica, Šumarija Kloštar Podravski, proizvode se primarno sadnice crne johe i drugih vrsta drveća (hrasta lužnjaka i poljskoga jasena). U njemu je testirana primjena mikoriznoga inokuluma na sadnicama crne johe.

MATERIJAL I METODE MATERIALS AND METHODS

MIKORIZNI INOKULUM MYCORRHIZAL INOCULUM

Mikorizni inokulum pod komercijalnim nazivom EndorizeSOL francuskoga proizvođača Biorize upotrijebljen je u pokusu inokulacije. On sadrži 10 propagila po gramu endomikorize tipa *Glomus*. EndorizeSOL predstavlja granule endomikorize koje u kontaktu s biljkom razvijaju simbiozu na korijenu. Prema specifikaciji proizvođača inokulum se primjenjuje po biljci ili po jedinici površine, a poboljšava vezanje mineralnih hraniva (fosfora i drugih elemenata), apsorpciju vode, održanje biljaka i dr. Posebno je upotrebljiv na terenima koji se odlikuju nedostatkom endomikoriznih vezikularno-arbuskularnih gljiva, te umjesto praktičnih metoda uzgoja u rasadniku (dezinfekcije, primjene fungicida i dr.). Koristi se pri uzgoju vinogradarskih sadnica, voćkarica, ukrasnoga bilja i drvenastih vrsta iz rodova *Pinaceae*, *Fagaceae*, *Tiliaceae*, *Ericaceae*, *Cistaceae* i dr. Može se koristiti u količini od 25 do 100 ml inokuluma po jednoj biljci ili od 0,1 do 0,5 l po m² površine. Određeni fungicidi mogu izazvati određene inkompatibilne reakcije u slučaju primjene s EndorizeSOL inokulumom, o čemu je potrebno voditi računa u primjeni.

PLAN POKUSA EXPERIMENT DESIGN

U rasadniku Lukavec napravljen je pokus s dvije varijante sadnica poljskoga jasena (jednogodišnje i dvogodišnje sadnice) tretirane s istom količinom mikoriznoga inokuluma (0,2 l/m²) u četiri ponavljanja (tablica 1). Plohe su bile veličine 1 m².

U rasadniku Limbuš napravljen je pokus s dvije varijante sadnica crne johe (jednogodišnje i dvogodišnje sadnice) tretirane s istom količinom mikoriznoga inokuluma (0,2 l/m²) u četiri ponavljanja (tablica 2). Plohe su također bile veličine 1 m².

METODE SJETVE I PRESADNJE METHODS OF SOWING AND TRANSPLANTING

Priprema gredica na kojima je sijano sjeme poljskoga jasena obuhvaćala je gnojidbu stajskim gnojem (6 m³/1000 m²), jesensko oranje i proljetno tanjuranje prije

Tablica 1. Plan pokusa s endomikoriznim inokulumom na sadnicama poljskoga jasena (*Fraxinus angustifolia*) u rasadniku Lukavec

Table 1 Experiment plan with endomycorrhizal inoculum on seedlings of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia*) in the Lukavec nursery

Varijante	Ponavljanja				Kontrola
	I.	II.	III.	IV.	
1. Jednogodišnje sadnice (1 + 0)	54	45	37	40	60
2. Dvogodišnje sadnice (2 + 0)	28	43	39	44	60

Tablica 2. Plan pokusa s endomikoriznim inokulumom na sadnicama crne johe (*Alnus glutinosa*) u rasadniku Limbuš

Table 2 Experiment plan with endomycorrhizal inoculum on seedlings of black alder (*Alnus glutinosa*) in the Limbuš nursery

Varijante	Ponavljanja				Kontrola
	I.	II.	III.	IV.	
1. Jednogodišnje sadnice (1+0)	54	45	39	43	42
2. Dvogodišnje sadnice (2+0)	34	31	32	35	49

sjetve. Sjetva sjemena poljskoga jasena obavljena je strojno sredinom ožujka 2005. godine pomoću petoredne sijačice tipa RAT. Sijano je 4–6 dag sjemena po m². Sjeme je bilo porijeklom iz Šumarije Novoselec, Uprave šuma Zagreb, a klijavost je sjemena iznosila od 52 do 63 %. Sjeme je zasijano na 1 cm dubine. Početak klijanja sjemena bio je 21 do 27 dana nakon sjetve. Prije nicanja sjemena tlo je tretirano selektivnim herbicidom (BASTA). Tijekom proljeća tlo je strojno obrađeno i ručno oplijevljeno, a korijen je strojno podrezan na 18 cm dubine. Mikorizni je inokulum primijenjen u proljeće na početku vegetacije.

Priprema gredica za prepikirani jednogodišnji jasen bila je po istom postupaku kao i kod pripreme gredica za klijanje poljskoga jasena. Jednogodišnje su sadnice klasirane prema visinama u četiri klase (ekstra klasa, I, II. i III. klasa). Najlošije sadnice (III. klasa) strojno su prepikirane (sustav RAT) u rastilište. Tlo je preventivno tretirano insekticidom (DIRECT) protiv pipe (koncentracija 0,02 %), a prema potrebi je plijevljeno i prekopano. U jesen 2005. godine sadnice su bile dvogodišnje (2 + 0). Početkom razvoja vegetacije primijenjen je mikorizni inokulum EndorizeSOL u količini 0,2 l/m².

Priprema gredica na kojima je sijana crna joha sastojala se od gnojidbe stajskim gnojem prije jesenskoga oranja (6 m³/1000 m²), te jesenskoga oranja i proljetnoga tanjuranja prije sjetve. Gredice su napravljene strojno, duljine 11 m, visine do 0,2 m i širine 0,9 m. Pomoću PVC folije izrađeni su tuneli iznad gredica. Nakon toga je tlo sterilizirano do dubine od 20 cm. Zatim su gredice otvarane i prozračivane u trajanju od 3 dana. Sjeme crne johe sijano je ručno (3 – 8 g/m²). Povremeno su zatim gredice orošavane i otkrivane zbog prozračivanja. Nakon nicanja sjemena pri-

mijenjen je mikorizni inokulum EndorizeSOL u količini od $0,2 \text{ l/m}^2$. Gredica je redovito zalijevana i povremeno ručno plijevljena. Zaštita od štetnika pesticidima obavljena je prema potrebi. Na koncu vegetacijskoga razdoblja strojno je podrezano korijenje i izvađene sadnice.

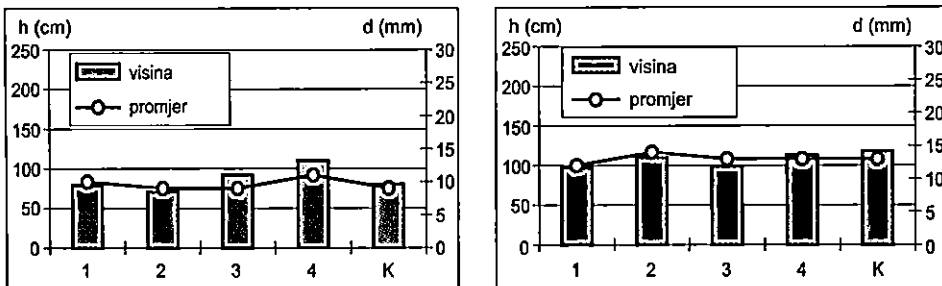
U pripremi za presadnju jednogodišnje crne johe primijenjen je isti postupak kao i kod sjetve klijanaca crne johe. Jednogodišnje su sadnice svrstane u klase prema visini. Najlošije sadnice (III. klasa) presađene su u rastilište. U rastilištu je plijevljeno i prekopavano, a inokulum EndorizeSOL primijenjen je na početku vegetacijskoga razdoblja u količini od $0,2 \text{ l/m}^2$. U jesen 2005. godine sadnice su bile dvogodišnje (2 + 0).

U pokusu primjene endomikoriznoga inokuluma na rast sadnica poljskoga jasena i crne johe mjereni su parametri rasta. Mjerena je visina sadnica u centimetrima i promjer sadnica na 10 cm iznad tla u milimetrima.

REZULTATI RESULTS

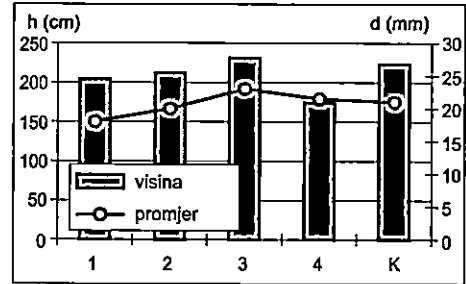
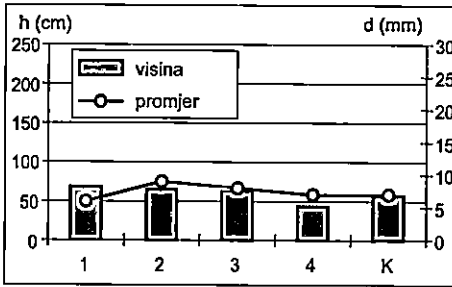
Na slikama 1 i 2 prikazane su maksimalne visine i promjeri na 10 cm iznad tla jednogodišnjih i dvogodišnjih sadnica poljskoga jasena i crne johe tretiranih s endomikoriznim inokulumom. Jednogodišnje i dvogodišnje sadnice poljskoga jasena nisu se značajnije razlikovale, dok su kod crne johe dvogodišnje sadnice imale značajno veće maksimalne visine i promjere od jednogodišnjih. Razlike između tretmana i kontrole nisu bile statistički značajne kod obje vrste i oba tipa sadnica.

Na slikama 3 i 4 prikazane su prosječne visine i promjeri sadnica poljskoga jasena i crne johe inokuliranih s endomikorizom. Jednogodišnje tretirane sadnice poljskoga jasena imale su prosječnu visinu od 44 do 58 cm, dok su kontrolne sadnice imale prosječnu visinu 46 cm. Promjeri tretiranih sadnica na 10 cm iznad tla bili su od 5 do 7 mm, dok je kontrolni uzorak imao prosječni promjer od 6 mm. Dvogodišnje tretirane sadnice poljskoga jasena bile su prosječne visine 69 cm, dok su kon-



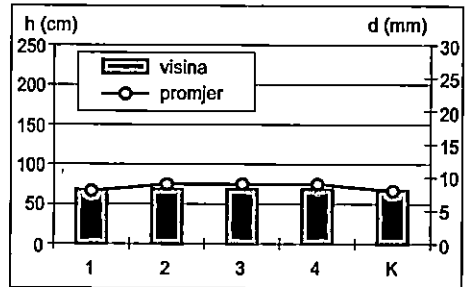
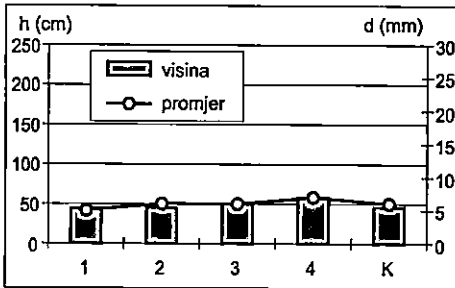
Slika 1 Maksimalne visine i promjeri jednogodišnjih (a) i dvogodišnjih (b) sadnica poljskoga jasena u pokusu s endomikoriznim inokulumom u rasadniku Lukavec 2005. godine

Figure 1 Maximal heights and diameters of one-year-old (a) and two-year-old (b) seedlings of narrow-leaved ash in the experiment with endomycorrhizal inoculum in the Lukavec nursery in 2005



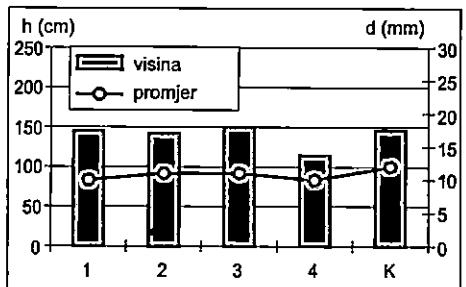
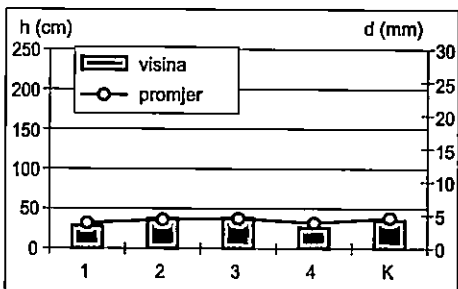
Slika 2. Maksimalne visine i promjeri jednogodišnjih (a) i dvogodišnjih (b) sadnica crne joha u pokusu s endomikoriznim inokulumom u rasadniku Limbuš 2005. godine

Figure 2 Maximal heights and diameters of one-year-old (a) and two-year-old (b) seedlings of black alder in the experiment with endomycorrhizal inoculum in the Limbuš nursery in 2005



Slika 3. Srednje visine i promjeri jednogodišnjih (a) i dvogodišnjih (b) sadnica poljskog jasena u pokusu s endomikoriznim inokulumom u rasadniku Lukavec 2005. godine

Figure 3 Average heights and diameters of one-year-old (a) and two-year-old (b) seedlings of narrow-leaved ash in the experiment with endomycorrhizal inoculum in the Lukavec nursery in 2005



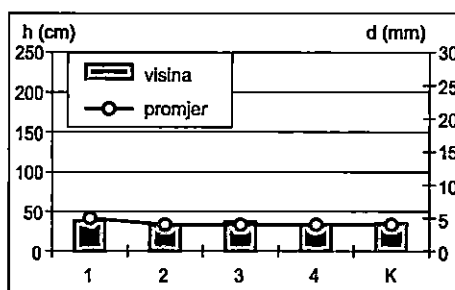
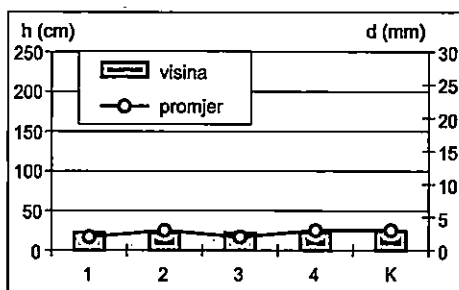
Slika 4. Srednje visine i promjeri jednogodišnjih (a) i dvogodišnjih (b) sadnica crne joha u pokusu s endomikoriznim inokulumom u rasadniku Limbuš 2005. godine

Figure 4 Average heights and diameters of one-year-old (a) and two-year-old (b) seedlings of black alder in the experiment with endomycorrhizal inoculum in the Limbuš nursery in 2005

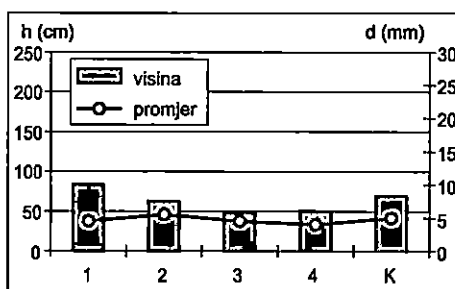
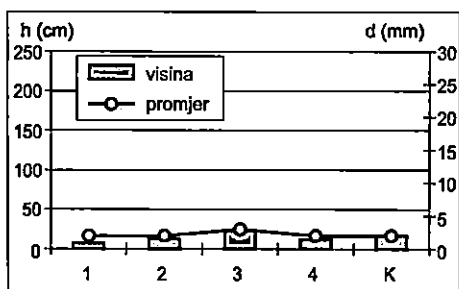
trojne sadnice imale prosječnu visinu 67 cm. Promjeri tretiranih sadnica na 10 cm iznad tla bili su 9 mm, dok je kontrolni uzorak imao prosječni promjer 8 mm. Figure 3 Average heights and diameters

Jednogodišnje tretirane sadnice crne johe bile su prosječnih visina od 26 do 38 cm, dok su kontrolne sadnice imale prosječnu visinu 35 cm. Promjeri su bili 4 mm kod tretiranih sadnica, odnosno 5 mm kod kontrole. Kod dvogodišnjih sadnica crne johe visina je bila od 114 do 150 cm kod tretmana, a kod kontrole 146 cm. Promjeri su bili od 10 do 11 mm kod tretiranih sadnica, dok je kontrolni uzorak imao prosječni promjer na 10 cm iznad tla 12 mm.

Na slikama 5 i 6 prikazane su minimalne visine i promjeri na 10 cm iznad tla sadnica poljskoga jasena i crne johe tretiranih s endomikoriznim inokulumom. Visine i promjeri tretiranih sadnica poljskoga jasena nisu se razlikovale u odnosu na kontrolu, dok su kod sadnica crne johe utvrđene značajne razlike između jednogodišnjih i dvogodišnjih sadnica kod oba parametra rasta, a nije bilo razlika između tretiranih i kontrolnih sadnica.



Slika 5 Minimalne visine i promjeri jednogodišnjih (a) i dvogodišnjih (b) sadnica poljskoga jasena u pokusu s endomikoriznim inokulumom u rasadniku Lukavec 2005. godine
 Figure 5 Minimal heights and diameters of one-year-old (a) and two-year-old (b) seedlings of narrow-leaved ash in the experiment with endomycorrhizal inoculum in the Lukavec nursery in 2005



Slika 6. Minimalne visine i promjeri jednogodišnjih (a) i dvogodišnjih (b) sadnica crne johe u pokusu s endomikoriznim inokulumom u rasadniku Limbuš 2005. godine
 Figure 6 Minimal heights and diameters of one-year-old (a) and two-year-old (b) seedlings of black alder in the experiment with endomycorrhizal inoculum in the Limbuš nursery in 2005

RASPRAVA I ZAKLJUČAK DISCUSSION AND CONCLUSION

Najmanje razlike između tretmana i kontrole utvrđene su kod minimalnih i srednjih vrijednosti oba parametra rasta, dok su najveće razlike utvrđene kod maksimalnih vrijednosti. U pokusu sa sadnicama poljskoga jasena utvrđene su nešto veće visine i promjeri tretiranih sadnica u odnosu na kontrolu, dok su u pokusu sa sadnicama crne johe utvrđene manje visine i promjeri tretiranih sadnica u odnosu na kontrolne sadnice.

Prosječna visina tretiranih jednogodišnjih sadnica poljskoga jasena bila je za 3,3 cm, a dvogodišnjih za 1,8 cm veća od kontrolnih sadnica. Te se razlike ne mogu smatrati značajnima.

Prosječne visine tretiranih jednogodišnjih sadnica crne johe bile su za 2,5 cm, a dvogodišnjih za 8,2 cm niže od kontrolnih sadnica. I te se razlike ne mogu smatrati značajnima. Razlike u promjerima na 10 cm iznad tla bile su male.

Pojedini tretmani obiju vrsta drveća bili su manjih visina u odnosu na kontrolu, što je posljedica nepovoljnih ekoloških uvjeta na gredici (zadržavanje površinske vode na tlu).

Primjena endomikoriznoga inokuluma na sadnicama poljskoga jasena i crne johe nije unaprijedila rast sadnica, što se pripisuje pionirskim obilježjima tih vrsta drveća i ekološkim uvjetima koji mogu biti ograničavajući čimbenik za razvoj sadnica, ali i endomikorizu.

Utvrđena je veća razlika u visinama jednogodišnjih i dvogodišnjih sadnica crne johe neovisno o tretiranju u usporedbi sa sadnicama poljskoga jasena. Jednogodišnje sadnice crne johe imale su visine od 30 do 35 cm, dok su dvogodišnje sadnice bile visina od 120 do 150 cm. Kod poljskoga jasena jednogodišnje su sadnice bile visine od 45 do 60 cm, a dvogodišnje oko 70 cm. Prema tome poljski jasek ima veći visinski rast u rasadniku prve godine, dok crna joha ima veći visinski rast druge godine.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo prof. dr. sc. Sulejmanu Redžepoviću na potpori pri istraživanju, kolegicama i kolegama iz rasadnika Lukavec i Limbuš na pomoći u provođenju pokusa, te kolegicama i kolegama iz Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na pomoći pri istraživanju.

LITERATURA REFERENCES

- κ Agerer, R., 1987–1996: Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag Eduard. Dietenberger, Schwäbisch Gmünd, Germany.

- ⋈ Alexander, M., 1977: Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, New York.
- ⋈ Atlas, R. M., ²1988: Microbiology: fundamentals and applications. Macmillan Publishing Company, New York.
- ⋈ Gračanin, M., Lj. Ilijanić, 1977: Uvod u ekologiju bilja. Školska knjiga, Zagreb.
- č Perrin, R., X. Parlade, J. Pera, 1996: Receptiveness of forest soils to ectomycorrhizal association: I. Concept and method as applied to the symbiosis between *Laccaria bicolor* (Maire) Orton and *Pinus pinaster* Art or *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Mycorrhiza, 6: 469–476.
- ⋈ Pochon, J., J. Augier, H. de Barjac, O. Martre-Coppier, M. A. Chalygnac, J. Lajudie, 1954: Manuel technique d'analyse microbiologique du sol, Paris.
- ⊕ č Prpić, B., 1988: Sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj u svjetlu ekološke konstitucije vrste. Glasnik za šumske pokuse, 25:1–24, Zagreb.
- ▷ Redžepović, S., 1981: Utjecaj nekih herbicida na mikrofloru tla u ponovljenom uzgoju kukuruza. Disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1–152.
- ⋈ Smith, S. E., D. J. Read, ²1997: Mycorrhizal symbiosis. Academic press, Harcourt Brace & Company, San Diego.
- ⋈ Tate, R. L., 1995: Soil Microbiology. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- ▷ Tikvić, I., 1996: Mikrobiološka istraživanja tala u različitim stanišnim i strukturnim prilikama bukovo-jelovih šuma Hrvatske. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- ▷ Tikvić, I., 2001: Prirodne ektomikorizne zajednice na hrasu lužnjaku (*Quercus robur* L.) u Posavini. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- ⊕ č Tikvić, I., Z. Seletković, I. Anić, 1995: Propadanje šuma kao pokazatelj promjene ekoloških uvjeta u atmosferi. Šumarski list, CXIX (11–12): 361–371, Zagreb.

THE EFFECT OF ENDOMYCORRHIZAL INOCULUM ON NURSERY-GROWN SEEDLINGS OF NARROW-LEAVED ASH (*Fraxinus angustifolia* Vahl) AND EUROPEAN ALDER (*Alnus glutinosa* Gaertn.)

SUMMARY

Plant material in a nursery is produced in controlled conditions that refer primarily to physical and chemical properties of the substrate and to favourable hydrothermal conditions. As a rule, such conditions preclude the development of natural mycorrhizal symbiosis; instead, only symbionts that adapt easily to artificial environments are developed. Yet, nursery-grown plant material is usually transplanted into natural habitats, where is it forced to compete with other individuals and conform to new site conditions. Inoculation of nursery plant material is assumed to positively affect plant growth and development, increase plant resistance to stress factors and encourage the plants' competitive ability in new conditions. Moreover, the increasingly changing site conditions are stressful for plants. Plants with mycorrhiza are believed to tolerate these unfavourable conditions more ea-

sily. The goal of this research was to examine the effect of endomycorrhizal inoculum on the early growth of nursery seedlings of narrow-leaved ash and European alder. A quantity of 0.2 l/m² EndorizeSOL mycorrhizal inoculum was applied in four repetitions in 1 m² plots in two nurseries. No differences in heights and diameters were found between the treated and control seedlings of both tree species 10 cm from the soil. There were differences in heights and diameters between one-year-old and two-year-old seedlings of European alder regardless of the treatments. The application of endomycorrhizal inoculum on one-year-old and two-year-old seedlings of narrow-leaved ash and European alder did not improve seedling growth. This is attributed to pioneer characteristics of these tree species and to ecological conditions, which may prove to be an inhibiting factor for the development of seedlings and mycorrhizae. Two-year-old seedlings of European alder attained average heights of about 150 cm and those of narrow-leaved ash of about 70 cm.

Key words: endomycorrhiza, narrow-leaved ash, European alder, seedling growth

UDK: 630*182.58

KARTA ŠUMSKE VEGETACIJE SJEVERNOGA VELEBITA

MAP OF FOREST COMMUNITIES ON NORTHERN VELEBIT

JOSO VUKELIĆ, DARIO BARIČEVIĆ, STJEPAN MIKAC,
MIROSLAV RUKAVINA, DALIBOR TOMLJANOVIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu se iznose rezultati kartiranja šumke vegetacije sjevernoga Velebita. Karta je načinjena na temelju četrdesetogodišnjih istraživanja više autora (Pelcer, Martinović i Milan 1972, Pelcer i dr. 1965–1972, Cestar i dr. 1973, Bertović 1975, Pelcer, Medvedović i Lindić 1985, Trinajstić i Pavletić 1985, Trinajstić i dr. 1992, Vukelić i Tomljanović 2001, Rukavina 2004). Na njoj je kartirano 62 000 ha površina sa 17 kartografskih jedinica, u mjerilu 1 : 50 000. Objavljena je u monografiji „Šume i šumarstvo sjevernoga Velebita“ (Vukelić i Rukavina 2005). Za kartiranje biljnih zajednica na terenu je korištena vojna topografska karta mjerila 1 : 50 000 digitalizirana pomoću programskoga paketa AutoCAD overlay 2 000.

Usporedbu, kontrolu i mogućnost nadopune rezultata kartiranja proveli smo s kartom pokrova zemljišta Hrvatske (CORINE Land Cover 2000 Hrvatska) izrađenoj na temelju ortorektificiranih satelitskih snimaka Landsat 5 TM i Landsat 7 ETM. Iako se radi o tematski različitim projektima i kartama, rezultati analize pokazali su relativnu pouzdanost izrađene karte, ali i potrebu upotrebe satelitskih snimaka. Utvrdili smo greške u identifikaciji zajednica nastale u pripremi karte, ali i mogućnost nadopune karte u smislu preciznijega kartiranja granica i geopozicioniranja pojedinih sastojina odnosno kartografskih jedinica.

Ključne riječi: Velebit, karta šumske vegetacije

UVOD INTRODUCTION

Istraživanje i kartiranje šumske vegetacije sjevernoga Velebita dugoročni je istraživački zadatak na kojem smo sustavno počeli raditi još 1985. godine. Dosad je objavljeno više parcijalnih radova (Vukelić 1992, Vukelić i Tomljanović 1990, 2001, Vukelić i Baričević 2002), a sintezu rezultata prikazali smo u sklopu studije za prostorni plan Parka prirode Velebit (Vukelić i dr. 2003) i konačno u monogra-

fiji „Šume i šumarstvo sjevernoga Velebita“ u kojoj je priložena i vegetacijska karta (Vukelić i Rukavina 2005).

Vegetacijska je karta tematska karta koja prikazuje međusobni odnos pojedinih oblika vegetacije na kartiranoj površini. Služi kao jedna od važnih podloga za ocjenu stanja šumskih sastojina i staništa, planiranje uzgojnih i melioracijskih radova, izradu izvedbenih planova sanacije, planski unos stranih vrsta i drugo. Obvezatan je dio prostornih planova, ekoloških studija i bilo kakvih zadiranja u prirodni prostor.

Posebno je složena izrada vegetacijskih karata u šumskim ekosustavima. Oni se u prirodi ne ponašaju statično, već su to dinamični sustavi koji se mijenjaju zbog promjene sinekoloških uvjeta i utjecaja na njih. Zato je pri izradi šumskogospodarske osnove (za novo 10-godišnje razdoblje) potrebno kartirati šumsku vegetaciju određene gospodarske jedinice i priložiti novu ili revidiranu vegetacijsku kartu uz uređajni elaborat. Vegetacijskim kartama trebaju biti prikazane u prvom redu osnovne jedinice biljnih zajednica, a to su asocijacije. No, kad je potrebno, unose se redovito i niže jedinice, tj. subasocijacije, facijesi, varijante te razni degradacijski stadiji prvobitne šumske vegetacije. Pri tome bi trebalo uz kartu stvarne šumske vegetacije izraditi i kartu moguće (potencijalne) šumske vegetacije. Ona u promijenjenim fitocenološkim i ostalim odnosima usmjerava istraživanja i radove koji se poduzimaju radi postizanja stabilnih prirodnih sastojina.

Dosadašnja metodologija i tehnologija izrade vegetacijskih karata (najčešće korištena do posljednjih pet godina u Hrvatskoj) preopsežna je i prespora da odgovori na aktualnu problematiku te je potrebno uvesti nove tehnologije pri prikupljanju, obradi i predstavljanju podataka. Služeći se tehnologijom GIS, računalnom obradom podataka, digitaliziranjem vegetacijskih karata i sl., može se odgovoriti na složenu zadaću i urediti vegetacijske karte koje će biti djelotvorna osnova cijeloga niza gospodarsko tehničko-tehnoloških radova na terenu.

Uz klasične metode kartiranja šumske vegetacije danas se značajno koriste daljinska istraživanja. O prednostima takva rada već je izvještavano u našoj literaturi, primjerice Vukelić (1985) o kartiranju šumske vegetacije uz pomoć fotointerpretacije pankromatskih aerosnimaka, Pernar (1997) o interpretaciji istoga područja na temelju infracrvenih kolornih snimaka i slično. Daljinska istraživanja temelje se na prikupljanju i interpretaciji informacija o udaljenim objektima bez fizičkoga dodira s njima. Uključuje sve aktivnosti od snimanja, procesiranja, analiziranja, interpretacije, do dobivanja informacija iz podataka prikupljenih tim istraživanjem (Frančula, Lapaine i Vučetić 1994). Za detaljnu analizu satelitskih snimaka, za prepoznavanje i izdvajanje određenih podataka koje nije moguće prepoznati vizualnom analizom, koristimo se računalnom (kompjutorskom) obradom snimaka.

U novije vrijeme iz satelita se izvode i stereoskopska snimanja, pa je moguće teren analizirati na stereoskopskom (prostornom) modelu, a tehnikom GIS moguće je kombinirati i istodobno koristiti različite podatke, što omogućuje potpuniju i precizniju interpretaciju i znatno smanjenje terenskoga rada, vremena i sredstava.

U velikim i složenim šumskim područjima poput Velebita obično se koristi vizualna interpretacija, potpomognuta digitalnom analizom. Prije analize potrebno

je upotpuniti sve spoznaje o objektu koji se intepretira, što uključuje opširno proučavanje prethodne literature, rekognosciranje terena, upoznavanje s posebnostima, preciznu organizaciju i druge mjerodavne činjenice iz sličnih kartiranja i terena. Konačna interpretacija uključuje terensko istraživanje i identifikaciju nejasnih područja, testiranje rezultata na pojedinim lokalitetima.

Postupak kartiranja šuma s pomoću digitalnih satelitskih snimaka pokazao se izuzetno korisnim, jer se uz racionalizaciju rada dobiva zadovoljavajuća preciznost.

METODA RADA WORKING METHOD

Izrada karte šumskih zajednica sjevernoga Velebita veoma je kompleksan i i zahtjevan zadatak. Izrađena je u mjerilu 1 : 50 000. Temelji se ponajprije na istraživanjima za potrebe izrade vegetacijske karte Republike Hrvatske u razdoblju 1980–1985. (Trinajstić i Pavletić 1985), tipološkim istraživanjima šuma i šumskih staništa Šumarskoga instituta Jastrebarsko u razdoblju 1965–1985. (Pelcer, Martinović i Milan 1972, Pelcer i dr. 1965–1972, Cestar i dr. 1973, Pelcer, Medvedović i Lindić 1985) te ostalim kartografskim prikazima (Bertović 1975, Trinajstić i dr. 1992, Vukelić i Tomljanović 2001, Rukavina 2004). Evidentno je da je sjeverni Velebit kartirao veći broj stručnjaka, ali različitim pristupom i poimanjem šumskih fitocenoza – u prvom redu asocijacija. Rezultati kartiranja objavljavani su samo manjim dijelom u sitnijem mjerilu i ovo je prvi cjelovit prikaz šumske vegetacije u mjerilu 1 : 50 000. Nama su na raspolaganju stajale radne verzije terenskih karata.

Za kartiranje biljnih zajednica na terenu je korištena vojna topografska karta mjerila 1 : 50 000 koja je izrađena na osnovi interpretacije iz 1930. godine i dijelom je nadopunjena 1962. godine. Tako kartirane biljne zajednice su skenirane u .tiff formatu i pomoću programskoga paketa AutoCAD overlay 2 000 geokodirane, tj. smještene u prostor. Nakon geokodiranja obavljena je vektorizacija poligona svake sastojine – jedinice pojedinačno u programskom paketu ArcView 3.2 i njoj je u tablici upisana pripadajuća fitocenoza. Nakon što su sve sastojine vektorizirane i upisane im postojeće fitocenoze, dobili smo jedan sloj koji možemo sada staviti na podlogu koju želimo, svaku fitocenozu obojiti odgovarajućom bojom, označiti grafičkim znakom i izračunati površinu. Kartirano područje pokrivalo je karte Senj 1, 2, 3 i 4.

Usporedbu, kontrolu i mogućnost nadopune rezultata kartiranja proveli smo s kartom pokrova zemljišta Hrvatske (CORINE Land Cover 2000 Hrvatska) izrađenoj na temelju ortorektificiranih satelitskih snimaka Landsat 5 TM i Landsat 7 ETM. Taj projekt ima digitalnu bazu podataka pokrova zemljišta prema CORINE nomenklaturi, njegov je nositelj bilo Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, a izradile su ga tvrtke GISDATA i OIKON. Za analizu je korišten jer je lako dostupan i primjenjiv na cijelom prostoru koji pokrivaju šumarske organizacije u Hrvatskoj.

REZULTATI FITOCENOLOŠKOGA KARTIRANJA ŠUMA SJEVERNOGA VELEBITA

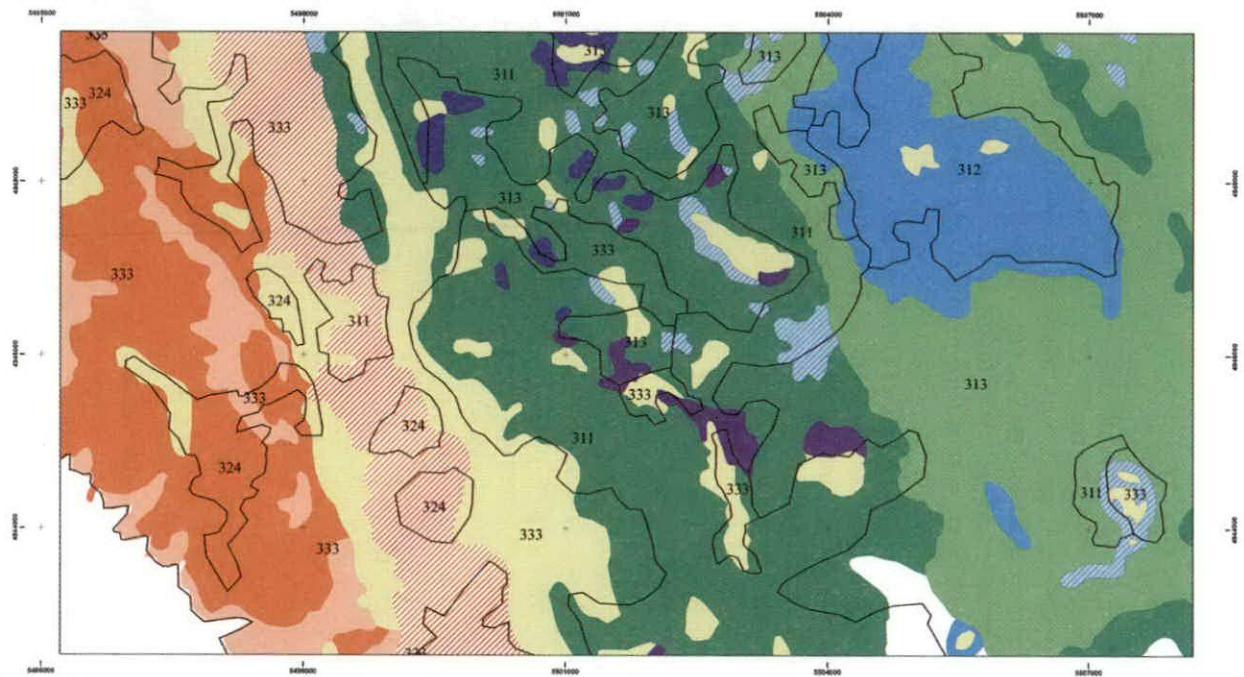
RESULTS OF PHYTOCOENOLOGICAL FOREST MAPPING ON NORTHERN VELEBIT

Ovaj kratki pregled kartiranih jedinica obuhvaća 13 glavnih šumskih asocijacija, koje se svrstavaju u 7 sveza, 5 redova i 3 razreda. Neke zajednice ustanovljene u fitocenološkim istraživanjima zbog fragmentarne rasprostranjenosti na manjim površinama nisu mogle biti kartografski prikazane. Na karti je 16 kartografskih jedinica jer su se bukovo-jelove šume kao najvažnije mogle raščlaniti na varijante, a primorske padine pod šikarama drače i zajednicama primorskih kamenjara prikazane su jednom jedinicom.

Na primorskoj strani rastu šume hrasta medunca i bijeloga graba (*Quercus-Carpinetum orientalis* Horvatić 1939), uglavnom u manjim fragmentima u Spasovcu između Senja i Svetoga Jurja, a suvislije južno od Stinice. To su najčešće različiti degradacijski stadiji nastali zbog stoljetnoga iskorištavanja šuma za ogrjev, pašarenje i druge potrebe. Mnogo su rasprostranjenije i kartirane na površini od 7000 ha sastojine crnoga graba i jesenske šašike (*Seslerio-Ostryetum* I. Horvat 1938), no vrlo je vjerojatno da su njezine površine danas veće. Razlog je u napuštanju pašarenja i ekstenzivnoga korištenja u posljednjih četrdesetak godina pa su progresivni sukcesijski stadiji unapredovali. U Senjskoj drazi i oko Borova vrha na približno 1200 ha raširena je šuma crnoga bora s dunjaricom (*Cotoneastro-Pinetum nigrae* I. Horvat 1938). Danas se samoniklo i u kulturama areal crnoga bora povećava, a te sastojine poprimaju fizionomiju i florni sastav sličan prirodnim crnoborovim šumama.

Na prijelazu iz mediteranskoga u kontinentalno područje raste bukova šuma s jesenskom šašikom (*Seslerio-Fagetum sylvaticae* /I. Horvat 1938/ M. Wraber ex Borhidi 1963). Veći kompleksi kartirani su uz sjeverozapadnu granicu Nacionalnoga parka, zatim u vratničkom dijelu Senjske drage i u Brušljanu, ukupno na 1600 ha. Ilirska brdska bukova šuma s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Fagetum sylvaticae* /I. Horvat 1938/ Borhidi 1963) pridolazi uglavnom ispod 900 m na približno 1300 ha oko naselja (Krasno), na platoima i u Brušljanu. Jedan manji fragment šume hrasta kitnjaka s bekicom (*Luzulo-Quercetum petraeae* (Hilitzer 1932) Passarge 1953) vezan je uz silikatnu podlogu eruptivne mase u središnjem dijelu Senjske drage (Pelcer, Martinović i Milan 1972).

Dinarske bukovo-jelove šume (*Omphalodo vernaie-Fagetum* /Tregubov 1957/ Marinček et al. 1993), kao najznačajnija zajednica sjevernoga Velebita, prostiru se približno na 18 500 ha. Najljepše se sastojine nalaze u Krasanskoj dulibi, Jelovcu, Nadžak-bilu, Senjskom bilu. Prema relativno starijim rezultatima istraživanja i kartiranja bukovo-jelovih šuma na Velebitu (Cestar i dr. 1973, 1978a, 1978b) izdvojene su tri varijante: najproširenija tipična, zatim s jesenskom šašikom (*Sesleria autumnallis*) i mahom (*Pleurozium schreberi*). Varijanta sa šašikom rasprostranjena je na visokim područjima Nacionalnoga parka "Sjeverni Velebit" s utjecajem sredo-



Legenda
Karta šumskih zajednica sjevernoga Velebita
Map of forest communities on Northern Velebit

- 1 - *Quercus-Carpinetum orientalis*
- 2 - *Seslerio-Ostryetum carpinifoliae*
- 3 - *Omphalodo-Fagetum sylvaticae*
- 4 - *Aceri-Fagetum s.l.*
- 5 - *Aremonio-Piceetum abietis*
- 6 - *Listero-Piceetum abietis*
- 7 - *Calamagrostrio-Piceetum abietis*
- 8 - *Lonicero borbasianae-Pinetum mugli*
- 9 - Štikare drache i zajednice primorskih kamenjara
- 10 - Nešumske površine

CLC 2000 Hrvatska

CODE i opis

- 311 - Bjelogorična šuma
- 312 - Crnogorična šuma
- 313 - Mješovita šuma
- 324 - Prijelazno područje šume - zaraštanje, grmičasta šuma
- 333 - Grmlje i netravnjačka vegetacija



0 500 1.000 2.000
 Meters

zemne klime na približno 1300 ha, a varijanta s mahom raste na oko 700 ha, pretežno na sjevernim padinama Krasanske dulibe i Nadžak-bila. Obilježava ju pre-vlast jele i nešto acidofilnija tla.

U gorskom vegetacijskom pojasu raste smrekova šuma s pavlovcem (*Artemio-Picetum abietis* I. Horvat 1950). Poznate su sastojine u Štirovači, Apatišanskoj dulibi i na rubovima brojnih gorskih livada s kojih je u prošlosti šuma iskrčena zbog dobivanja pašnjačkih površina. Poslije su takve uvale napuštene, raseljene i danas ih opet postupno zauzimaju pionirske smrekove zajednice.

Klimatskozonska zajednica pretplaninskoga pojasa je bukova šuma s gorskim javorom (*Aceri-Fagetum* s.l.), razvijena na 6500 ha. Pripada među rasprostranjenije zajednice, a najveći su cjeloviti kompleksi oko Zavižana i u Nacionalnom parku. Na raskidanim vapnenačkim blokovima raste jelova šuma s milavom (*Calamagrostio-Abietetum* I. Horvat /1950/ 1962) na 400 ha pretežno u Nacionalnom parku, ali je zaštitnoga karaktera i u ostalim predjelima. Vrlo joj je slična smrekova šuma s milavom (*Calamagrostio-Picetum abietis* Bertović 1975) u okolici Zavižana, u Hajdučkim i Rožanskim kukovima, na oko 1000 ha. Sastojine pretplaninske smrekove šume s čopocem (*Listero-Picetum abietis* I. Horvat 1950) impozantno uspijevaju u Smrčevim docima i Lubenovcu na oko 1200 ha. Gornju granicu šumske vegetacije čini klekovina bora s planinskom kozokrvinom (*Lonicero borbasianae-Pinetum mugii* /I. Horvat 1938/ Borhidi 1963) i kartirano je oko 230 ha, no činjenica je da je raširenija, ali zbog razbijenosti na manje površine i rastrganosti areala nije ju uvijek bilo moguće prikazati.

Na primorskom dijelu Velebita kartirano je 9700 ha provizorno i zbirno predstavljeno kao šikare drače i zajednice primorskih kamenjara. To su najčešće degradacijski stadiji šuma hrasta medunca s bijelim ili crnim grabom, a degradacija je posljedica neracionalnih sječa, paše, brsta i požara u prošlosti, ali se danas veći dio površina nalazi u progresiji. U zoni šuma medunca i bijeloga graba najčešći je degradacijski stadij šikara drače ("*Paliuretum adriaticum*"), no u sjeverozapadnom dijelu od Senja prema Karlobagu, južnije u višim predjelima, već prema klimatskim prilikama, nadmorskoj visini i reljefu terena pretežu pojedine vrste, na primjer *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus communis*, *Prunus spinosa*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, a kao posljedica jače devastacije najčešće su šikare asocijacije *Cari-ci-Centauretum rupestris*.

RASPRAVA DISCUSSION

Izrada vegetacijske karte šumskih zajednica sjevernoga Velebita bio je vrlo složen zadatak zbog ovih činjenica:

- područje je sjevernoga Velebita heterogeno s izraženim ekološkim razlikama i većim brojem šumskih zajednica

- različiti pristupi i različita shvaćanja fitocenoza pojedinih autora od početka kartiranja do konačne izrade karte
- relativno neprecizne radne verzije karata, koje nisu objavljivane, kartiranje je vrlo heterogeno, rezultat je rada većega broja autora i institucija u vrlo širokom razdoblju
- kartografske jedinice određene su prema kasnije nastaloj literaturi, pa su neke zajednice morale biti određene kompleksno, dok su neke podijeljene na varijante
- primorske šikare i kamenjare prikazane su globalno u jednoj kartografskoj jedinici jer su ekstenzivno istraživane i često provizorno kartirane, premda se i u njima nalaze fragmenti šumskih zajednica
- pojedine sastojine ili kompleksi nisu precizno geopozicionirani što zbog različitih nepreciznih podloga, što zbog izuzetno teškoga i složenoga terenskoga rada.

Nakon izrade karte važno je utvrditi njezinu pouzdanost u identifikaciji i prikazu zajednica odnosno pojedinih kartografskih jedinica. Kako su danas u širokoj upotrebi kao glavno ili pomoćno sredstvo pri takvim istraživanjima ili provjerama rezultata satelitski snimci i tehnologija GIS, to smo i mi pristupili ocjeni rezultata i mogućnosti nadopune spomenutim sredstvima. Zbog toga smo izrađenu kartu usporedili i utvrdili mogućnost i potrebe njezine kontrole i nadopune s kartom istoga područja koja je u sklopu programa CORINE Land Cover 2000 izrađena za Hrvatsku (literatura). Sustav CLC Hrvatska dostupan je svim upravama šuma i drugim jedinicama u hrvatskom šumarstvu, a autori ga preporučuju kao vrijedan alat znanstvenim i stručnim institucijama. Usporedba ili preklapanje fragmenta izrađene vegetacijske karte u predjelu srednjega Velebita i istoga područja kartiranoga na temelju interpretacije satelitskih snimaka u programu CORINE Land Cover 2000 Hrvatska prikazana je na karti 1.

Izradom programa CLC dobiveni su podaci o stanju stvarnoga pokrova zemljišta za Hrvatsku koji se temelje i usporedivi su sa standardima primijenjenima u Europi. Za razumijevanje je nužno istaknuti da se radi o bitno različitim, ali usporedivim kartama. CLC Hrvatska u stvari obuhvaća tipove zemljišnoga pokrova, a naša karta šumske fitocenoze. Tako, primjerice, u klasi 311 programa CLC (bjelogorične šume) može biti niz bukovih, medunčevih i drugih fitocenoza, u klasi crnogorične šume (oznaka 312) mogu biti fitocenoze smrekovih, jelovih ili borovih šuma, što je bitno različito. U kategoriji grmlje i travnjačka vegetacija CLC obuhvaća četiri klase: prirodni travnjaci, močvare i vrištine, sklerofilna vegetacija i prijelazno područje šuma – zaraštanje, grmičasta šuma. U fitocenološkoj karti ta smo područja obuhvatili uglavnom kao površine bez šuma i šikare drače i zajednice primorskih kamenjara, a u manjem dijelu površinama pod šumom medunca s bijelim odnosno crnim grabom. To su bitne razlike koje moramo uzeti u razmatranje, ali se temeljna fitocenološka karta može korigirati i nadopuniti. Kompatibilnost usporedbe postigla bi se pri usporedbi karata iste tematike ili pri interpretaciji satelitskih snimaka na složenijoj razini poput one koju je za bukovo-jelove šume Dinarida proveo Jelaska (2006).

Rezultati usporedbe na karti 1 potvrđuju u velikoj mjeri fitocenološke jedinice (smrekove šume na Štirovači, mješovite bukovo-jelove šume, bukove šume, sastojine medunca i crnoga graba), no oblik, pozicija i površina kartografskih jedinica djelomično se razlikuju i mogu se nadopuniti primjenom rezultata programa CORINE i djelomice ukloniti prije navedene poteškoće i nedostatke. To se odnosi ponajprije na noveliranje površina pod šumom jer se satelitski snimci odnose na 2000. godinu, precizno pozicioniranje i kartografski prikaz pojedinih jedinica. Istodobno usporedba izrađenih karata i satelitskih snimaka može eliminirati pogreške koje se često događaju pri unosu podataka, pripremi ili tiskanju karata. Tako smo i mi utvrdili da je u našoj vegetacijskoj karti područje Velike Branjevine iznad Baričević poda – od Visibabe do Borovače greškom kartirano kao jelova šuma s milavom umjesto pretplaninske bukove šume. Na temelju navedenoga zaključujemo da bi izrađenu vegetacijsku kartu trebalo nadopuniti podacima iz usporednoga programa i dobili bismo točniju, pouzdaniju i korisniju kartu. To je važan korak koji se može ubuduće primijeniti u kartografskim prikazima šumske vegetacije većih područja u srednjem i sitnijem mjerilu.

Jasno je da će i pri intenzivnom korištenju satelitskih snimaka, različitih programa i rezultata istraživanja biti obvezna terenska istraživanja, u prvom redu zbog identifikacije zajednica, rješavanja prijelaza, kontrole rezultata i drugih nejasnoća. Ona će se svakako smanjiti stručnošću i iskustvom interpretatora ili znanstveno-istraživačkoga tima. U vegetacijskim istraživanjima i kartiranju šumskih zajednica poglavito treba kombinirani terensko-interpretatorski rad kod intenzivnoga antropogenoga utjecaja koji mijenja sastav šumskih zajednica, fizionomiju sastojina i drugo. Na jednu takvu situaciju upozorio je Vukelić još 1985. u dolini Leske u Nacionalnom parku „Risnjak“ fotointerpretirajući šumsku vegetaciju na pankromatskim snimcima 1 : 15 000. Fotointerpretacijom su se uočavale samo crnogorične sastojine, a radilo se o bukovo-jelovim šumama iz kojih je bukva uklonjena. U tim istraživanjima utvrđeno je da primjena fotointerpretacije pri kartiranju šumske vegetacije može uštedjeti sredstva i vremena i do 60 %. Do sličnih su rezultata došli poslije mnogi autori i na primjeni satelitskih snimaka, primjerice Persson 1993.

Nedostatak detaljne i precizne istraženosti terena može se dijelom dobro riješiti upotrebom ostalih mjerodavnih, a dostupnih podataka i karata, kao što je karta uređajnih razreda. Ona kao prilog šumskogospodarskoj osnovi prikazuje po šumskogospodarskoj podjeli, tj. odjelima i odsjecima, glavnu vrstu drveća, odnosno najrasprostranjeniju ili pak onu prema kojoj se kao nositelju strukture buduće sastojine treba usmjeriti gospodarenje. No, karta uređajnih razreda ne razlučuje radi li se primjerice o gorskoj bukovoj šumi, pretplaninskoj bukovoj šumi ili pak bukovoj šumi s jesenskom šašikom. A to je veoma bitno za gospodarenje jer navedene šumske zajednice dolaze u potpuno različitim ekološkim uvjetima – prije svega visinama, klimatskim i pedološkim prilikama – imaju različitu fizionomiju, priraste, strukturu i ophodnju pa se njima različito treba gospodariti. Zbog toga se svaki odjel i odsjek moraju fitocenološki zasebno barem rekognoscirati, po potrebi detaljnije istražiti i svakih deset godina novelirati fitocenološke opise posebno ve-

zано uz sindinamiku sastojine. To traži kompleksno poznavanje šumskih sastojina i takvo gospodarenje u kojem se moraju izbjegavati stereotipni opisi ili prepisivanje situacije od osnove do osnove.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Temeljem provedenih kartiranja šumske vegetacije sjevernoga Velebita napravili smo sintezu dosadašnjih klasičnih istraživanja i kartografskih modela i prikazali 17 kartografskih jedinica u mjerilu 1 : 50 000 ha na površini od 62 000 ha. Usporedbu, kontrolu i mogućnost nadopune rezultata kartiranja proveli smo s kartom pokrova zemljišta Hrvatske (CORINE Land Cover 2000 Hrvatska) izrađenoj na temelju ortorektificiranih satelitskih snimaka Landsat 5 TM i Landsat 7 ETM. Iako se radi o tematski različitim projektima i kartama, rezultati analize pokazali su relativnu pouzdanost izrađene karte, ali i potrebu njezine provjere i nadopune korištenim ili nekim drugim programom izrađenim na osnovi satelitskih snimaka. Provjera je nužna za identifikaciju zajednica, otklanjanje grešaka, a nadopuna za precizno kartiranje granica i geopozicioniranje pojedinih sastojina odnosno kartografskih jedinica. Takav će rad otkloniti nedostatke heterogenih i ekstenzivnih istraživanja i dat će točne, pouzdanije i korisnije karte uz postizanje znatnih ušteda u vremenu i sredstvima. Mnogo će se manje morati terenskim radom istraživati zajednice.

Navedeni nedostaci ne umanjuju bitno vrijednost karte i ona je više nego solidna osnova za daljnja detaljnija fitocenološka istraživanja pojedinih predjela ili zajednica, a karta pokazuje raznolikost i bogatstvo šumskih zajednica na veoma složenom krškom području. To se posebno očituje u područjima Nacionalnoga parka „Sjeverni Velebit“.

LITERATURA REFERENCES

- o Agencija za zaštitu okoliša, 2005: CORINE Land Cover 2000 Hrvatska, 8 s, Zagreb.
- q č Anić, M., 1957: Crni bor u sjevernom Velebitu. Glas. šum. pok., 13: 461–507, Zagreb.
- q ž Bertović, S., 1975: Ekološko-vegetacijske značajke okoliša Zavižana u sjevernom Velebitu. Glas. šum. pok., 18: 5–75, Zagreb.
- o Cestar, D., V. Hren, Z. Kovačević, J. Martinović, Z. Pelcer, 1973: Regionalni ekološko-gospodarski tipovi šuma na području Šumskog gospodarstva Senj. Rukopis, Zagreb, 177 str.
- R č Cestar, D., V. Hren, Z. Kovačević, J. Martinović, Z. Pelcer, 1978a: Tipološke značajke šuma na profilu Štirovača–Lešće. Šum. inst. Jastrebarsko, Radovi, 33, Zagreb, 103 str.
- R č Cestar, D., V. Hren, Z. Kovačević, J. Martinović, Z. Pelcer, 1978b: Ekološko-gospodarski tipovi šuma okoliša Zavižana. Šum. inst. Jastrebarsko, Radovi, 34, Zagreb, 110 str.
- H č Frančula, N., M. Lapaine, N. Vučetić, 1994: Primjena daljinskih istraživanja u kartografiji, Geodetski list 48/3: 265–276, Zagreb.

- Е Jelaska, D. S., 2005: Prilog raščlambi dinarskih bukovo-jelovih šuma na četvrtoj razini Nacionalne klasifikacije staništa RH. Drypis 1/1,3 (www.drypis.info).
- Pelcer, Z., M. Rukavina, J. Medvedović, M. Oreč, 1965–1972: Fitocenološko istraživanje i kartiranje šuma i šumskih staništa Velebita. Rukopis, Šumarski institut Jastrebarsko.
- ⤵ Pelcer, Z., J. Martinović, A. Milan, 1972: Ekološko-vegetacijske značajke Senjske drage i okolice. Institut za šumarska istraživanja, 20, Zagreb, 75 str.
- Pelcer, Z., J. Medvedović, V. Lindić, 1985: Vegetacijska karta SR Hrvatske, sekcija Senj. Rukopis.
- ⊕ Ć Pernar, R., 1997: Application of results of aerial photograph interpretation and geographical information system for planning in forestry. Glas. šum. pokuse, 34: 141–189, Zagreb.
- ⊕ Persson, A., 1993: Satellite data for forest planning. 25th Internat. Symposium Remote Sensing and Global Environment Change, Graz, Austria.
- Rukavina, M., 2004: Fitocenološka karta Nacionalnog parka „Sjeverni Velebit“. Dokumentacija prostornog plana Nacionalnog parka Sjeverni Velebit, Ličko-senjska županija, Županijski ured za prostorno planiranje, razvoj i zaštitu okoliša, Gospić.
- Trinajstić, I., Z. Pavlantić, 1985: Vegetacijska karta SR Hrvatske, sekcija Senj. Rukopis.
- ⤵ Trinajstić, I., Đ. Rauš, J. Vukelić, J. Medvedović, 1992: Karta šumskih zajednica Republike Hrvatske. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet i JP “Hrvatske šume” p. o. Zagreb, Zagreb, str. 79–80.
- ⊕ Ć Vukelić, J., 1985: Doprinos fotointerpretacijske analize vegetacijskom istraživanju šumskih zajednica Nacionalnog parka „Risnjak“. Glas. šum. pokuse, 23: 95–140, Zagreb.
- ⊕ Vukelić, J., 1992: A Supplement to the Resarch on Fir Forest in North Velebit. 6. IUFRO – Tannensymposium, Zagreb, str. 132–142.
- ⊕ Ć Vukelić, J., J. Tomljanović, 1990: Prilog istraživanjima rasprostranjenosti i vegetacijske strukture nekih fitocenoza obične smreke (*Picea excelsa* Link.) u sjevernom Velebitu. Glas. šum. pokuse, 26: 227–242, Zagreb.
- ⊕ Vukelić, J., J. Tomljanović, 2001: Fitocenološke značajke prašume Štirovača na srednjem Velebitu. U: S. Matić (ur.), Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, str. 163–174.
- ⊕ Ć Vukelić, J., D. Baričević, 2002: Phytosociological comparasion of virgin forests of Štirovača in the central Velebit (Croatia) and in the Kočevski Rog (Slovenia). Hacquetia, 1 (1): 23–34, Ljubljana.
- Vukelić, J., M. Oršanić, M. Rukavina, D. Tomljanović, I. Matasin, 2003: Šume i šumarstvo u Parku prirode “Velebit”. Studija, Ličko-senjska županija, Županijski ured za prostorno planiranje, razvoj i zaštitu okoliša, Gospić, 73 str.

MAP OF FOREST COMMUNITIES ON NORTHERN VELEBIT

SUMMARY

The paper presents the results of forest vegetation mapping on Northern Velebit. The map was constructed on the basis of forty-year research conducted by several authors (Pelcer, Martinović and Milan 1972, Pelcer et al. 1965-1972, Cestar et al. 1973, Bertović 1975, Pelcer, Medvedović and Lindić 1985, Trinajstić and Pavletić 1985, Trinajstić et al. 1992, Vukelić and Tomljanović 2001, Rukavina 2004). A total of 62,000 ha of area with 17 cartographic units have been mapped at a scale 1:50,000. The map was published in the monograph "Forests and Forestry of Northern Velebit" (Vukelić and Rukavina 2005). A military topographic map with a scale 1:50,000 was used to map plant communities in the field. It was digitalized with a AutoCAD overlay 2000 program package.

Comparisons, control and the possibility of complementing the mapping results were performed with the map of land cover of Croatia (CORINE Land Cover 2000 Hrvatska), constructed on the basis of ortorectified Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM satellite images. In spite of the thematically different projects and maps, the results of analyses showed relative reliability of the constructed map, but also the need to use satellite images. Errors in the identification of the communities that occurred during the preparation of the map were detected, but so was the possibility of complementing the map in the sense of more precise boundary mapping and geopositioning individual stands or cartographic units. The deficiencies of heterogeneous and extensive research will be removed by combined work. Accurate, more reliable and more useful maps will be obtained at considerable savings in time and means. The amount of fieldwork and research of communities will be significantly reduced.

Key words: Velebit, map of forest communities

UDK: 630*182.3

ACIDOTERMOFILNE ZAJEDNICE HRASTA KITNJAKA U ŠUMSKOJ VEGETACIJI POŽEŠKOGA GORJA

ACIDOTHERMOPHILIC COMMUNITIES OF SESSILE OAK IN THE
FOREST VEGETATION OF POŽEGA HILLS

DARIO BARIČEVIĆ, JOSO VUKELIĆ, NIKOLA PERNAR, DARKO BAKŠIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Rad je dio sustavnih sinekološko-vegetacijskih istraživanja šumske vegetacije slavonskoga gorja (u posljednjih pet godina), koje predstavlja izuzetno vrijedan objekt u vegetacijskoj slici Republike Hrvatske. Posebna se pozornost u ovom radu posvetila acidotermofilnim zajednicama hrasta kitnjaka s obzirom na to da su one posebnost i rijetkost u kontinentalnim šumskim ekosustavima i da nisu dosada na adekvatan način istražene, opisane i vrednovane. Istraživanja vegetacije provedena su prema načelima ciriško-monpelješke škole, a uz klasičnu sintetsku razradu fitocenoloških snimaka korištena je i multivarijantna analiza. Detaljnom analizom flornoga sastava 71 fitocenološkoga snimka hrasta kitnjaka ustanovljeno je 26 snimaka koje reprezentiraju acidotermofilne šume hrasta kitnjaka u tri asocijacije *Queco-Castaneetum sativae*, *Hieracio racemosi-Quercetum petrae* i *Festuco drymeae-Quercetum petrae*. Asocijacije su međusobno uspoređene i prvi put na istraživanom području detaljno istražene, opisane i adekvatno vrednovane. Kao takvi rezultati rada mogu se primijeniti i u znanstvene i u praktične svrhe, i to ponajprije za poboljšanje gospodarenja šumskim sastojinama hrasta kitnjaka u požeškom gorju, a i šire, te se obvezno moraju ugraditi u nove osnove gospodarenja. Time će se nesumnjivo povećati gospodarska vrijednost šuma, ali i njihova potrajnost i biološka raznolikost.

Ključne riječi: acidotermofilne zajednice, hrast kitnjak, šumska vegetacija, požeško gorje, fitocenološki snimci, gospodarenje

UVOD INTRODUCTION

Požeško gorje, kao dio slavonskoga gorja, izuzetno je vrijedan objekt u vegetacijskoj slici Republike Hrvatske. Položaj na granici vrlo raznolikih utjecaja (sa za-

pada alpskoga, s juga dinarskoga i sa sjevera i istoka puno aridnijega panonskoga) uvjetovao je pojavu velikoga bogatstva biljnih vrsta i šumskih zajednica. No, iako fitocenološki vrlo zanimljivo i raznoliko požeško gorje, dosada nije bilo adekvatno fitocenološki istraženo i opisano. Znanstvena fitocenološka istraživanja bila su rijetka i uglavnom su pokrivala samo dio područja ili šumskih zajednica. Najkonkretnija su tipološka istraživanja Šumarskoga instituta iz Jastrebarskoga (1979), a tek u novije vrijeme slavonsko gorje se počelo znanstveno vegetacijski istraživati (Trinajstić i dr. 1996, 1997, Marinac 1999, Tomašević i Samardžić 2000, Baričević 2002, Samardžić 2005, Baričević i Vukelić 2006).

Šumske sastojine u kojima prevladava hrast kitnjak u prošlosti su opisivane uglavnom provizorno, nepotpuno i posebice znanstveno neadekvatno. Tako prilikom tipoloških istraživanja slavonskoga gorja Pelcer (1979) na širem istraživanom području opisuje sljedeće kitnjakove asocijacije: *Quercus-Carpinetum illyricum* Ht. 1938, *Luzulo-Quercetum petraeae* prov., *Genisto-Quercetum petraeae* prov. i *Carici sylvaticae-Quercetum petraeae* prov.

Marinac (1999) na konkretnom području Požeške gore istražuje pomlađivanje hrasta kitnjaka te ustanovljuje i ukratko opisuje sljedeće kitnjakove zajednice: *Epimedio-Carpinetum betuli*, *Festuco drymeiae-Carpinetum betuli*, *Hieracio racemosi-Quercetum petraeae* i *Lathyro-Quercetum petraeae*. No, primarni cilj svih tih istraživanja nije bio fitocenološki, pa su tako i rezultati, fitocenološki gledano, nedostatni i neprecizni.

Tek u najnovijim osnovama gospodarenja nazivi i opisi zajednica su adekvatniji. Tako su u gospodarskim jedinicama Sjeverna Babja gora i Požeška gora utvrđene ove šumske zajednice hrasta kitnjaka: *Epimedio-Carpinetum betuli*, *Luzulo-Quercetum petraeae* i *Festuco drymeiae-Quercetum petraeae*, što nažalost nije slučaj u gospodarskim jedinicama Južna Babja gora i Ješevik-Briknjevača, gdje su opisane zajednice, s većinom starim, nevažecim nazivima. Dakle, postojala je nesumnjiva potreba detaljnih sinekološko-vegetacijskih istraživanja, koja bi u potpunosti definirala zajednice hrasta kitnjaka na području požeškoga gorja, i to u skladu s najnovijim spoznajama i usklađeno prema fitocenološkom Kodeksu. Ona su i provedena u razdoblju od 2001. do 2005. godine i ovaj je rad dio tih sveobuhvatnih istraživanja. Posebna se pozornost pri tome posvetila acidotermofilnim zajednicama hrasta kitnjaka jer su one posebnost i rijetkost u kontinentalnim šumskim ekosustavima, a nisu dosada na adekvatan način istražene, opisane i vrednovane.

MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA MATERIAL AND METHODS OF RESEARCH

U radu je detaljno analiziran florni sastav šumskih zajednica hrasta kitnjaka na požeškom gorju. Ukupno je analiziran 71 fitocenološki snimak koji obuhvaća zajednice hrasta kitnjaka, te je posebno detaljno analizirano 26 snimaka koji pripadaju u skupinu acidotermofilnih zajednica.

Šumska je vegetacija istraživana prema načelima ciriško-monpelješke škole (Braun-Blanquet 1964). Znanstveni su nazivi biljnih vrsta usklađeni prema Ehren-dorferu (1973).

Svi su fitocenološki snimci uneseni u bazu podataka Turboveg (Hennekens 1995), a zatim su preneseni u jednu zajedničku tablicu u Excelu. Pri tome je Bra-un-Blanquetova kombinirana skala za procjenu abundancije i pokrovnosti (1928) transformirana u Van der Maarelovu ordinalnu skalę (1979). Tako je dobivena matrica koja je bila ulaz za multivarijatnu analizu.

Numerička je analiza provedena s programskim paketom SYN-TAX 2000 (Po-dani 1994) koji se koristi za multivarijatne analize u taksonomiji i sinekologiji.

U ovom su radu primijenjene dvije metode multivarijatne statističke analize: klasterska analiza (*Cluster analysis*) i multidimenzionalno skaliranje (*Multidimen-sional scaling*). Pri tome su korištene hijerarhijske klaster metode, a rezultati su pri-kazani dendrogramima. Kao mjera sličnosti korišten je *Similarity ratio* (Van der Maarelov indeks). Za multidimenzionalno skaliranje primijenjena je metoda *Prin-cipal coordinate analysis* (PCoA) (Gower 1966).

Kad se radi o pedofiziografskim svojstvima tala, pozornost je bila usmjerena prema onima koja ostavljaju najjači pečat na ekološke značajke rizosfere i čija vari-jabilnost najbolje korespondira sa značajkama pojavljivanja prizemnoga rašća u šumskom ekosustavu. Tu se u prvom redu misli na pH-vrijednost i zasićenost ad-sorpcijskoga kompleksa bazičnim kationima.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

U prostranoj Panonskoj nizini požeško se gorje ističe posebnom reljefnom strukturom i, nadalje, južnim položajem. Južni položaj utječe ponajprije na pod-neblje, a preko njega na izgled i važnost cijeloga krajolika. U užem smislu požeško gorje (sastavljeno od Požeške i Babje gore) smješteno je u južnom i jugozapadnom dijelu vijenca slavonskoga gorja unutar savsko-dravskoga međurječja.

Obilježja su požeškoga gorja česte geomorfološke izmjene: strme i eroziji po-dložne strane, duboko urezani jarci, zaravni i blage padine. Sjeverozapadni dijelovi masiva prema konfiguraciji terena su najviši, središnji su nešto strmiji, dok prema istoku teren postupno pada te postaje blago valovit, brežuljkast i ravničast. Uglav-nom se nadmorske visine kreću između 200 i 500 m.

Požeško je gorje vrlo heterogene geološko-litološke grade. Izgrađeno je naj-većim dijelom od tercijskih i kvartarnih sedimenata, a nešto manje od tercijskih eruptiva. Najrasprostranjeniji su oligomiocenski sedimenti, koji su predstavljeni pješčenjacima, laporima i konglomeratima koji su u stalnoj izmjeni (Škorić 1977).

Rezultati determinacije taksonomske pripadnosti tala pokazuju dominaciju lu-visola, slijede distrični kambisol i pseudoglej, te manje eutrično smeđe tlo ili ren-dzina (Baričević 2002).

Prema Köppenovoj klasifikaciji područje istraživanja pripada području umjerenog tople klima oznake Cfwbx". Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 10,8 °C. Ukupna godišnja količina oborina iznosi 795,8 mm i od te količine u vegetacijskom razdoblju padne 449,3 mm ili 56,46 % (meteorološka postaja Požega, za razdoblje 1981–1998).

Ukupna površina istraživanoga područja je 15 428,81 ha i u šumskogospodarskom smislu obuhvaća četiri gospodarske jedinice: Požeška gora, Sjeverna Babja gora, Južna Babja gora i Ješevik-Briknjevača. Dobro je obraslo šumom, većinom hrasta kitnjaka i obične bukve.

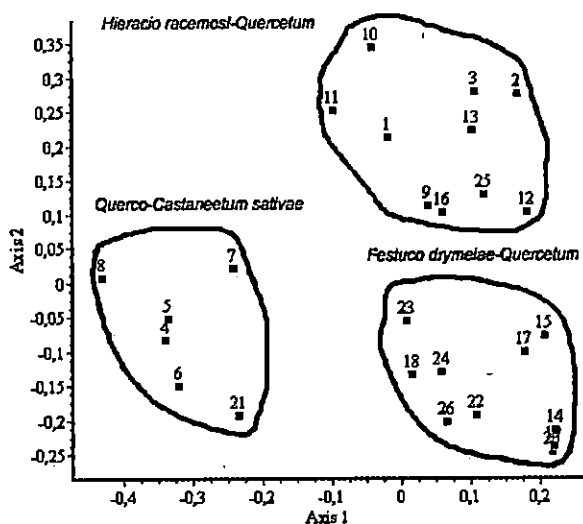
REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

Sintetska razradba 71 fitocenološkoga snimka sastojina hrasta kitnjaka s istraživanoga područja i multivarijantna statistička analiza pokazale su vrlo jasno odvajanje dviju skupina snimaka. Prvu skupinu čine snimci koji obuhvaćaju neutrofilne kitnjakove sastojine, dok drugu čine snimci termofilnih i acidotermofilnih kitnjakovih sastojina (slika 1). Unutar druge skupine također se jasno odvajaju termofilne od acidotermofilnih sastojina koje smo dalje detaljnije analizirali. Daljnjom analizom 26 fitocenoloških snimaka, koji predstavljaju acidotermofilne kitnjakove sastojine, utvrđeno je jasno odvajanje triju skupina snimaka (slika 2).

Na osnovi flornoga sastava pridruženih snimaka svake skupine, stupnja udjela pojedinih vrsta po slojevima, te svojstvenosti i razlikovnosti vrsta s većim stupnjem



Legenda-Key: crna/black – neutrofilne sastojine/neutrophilic stands, siva/grey – termofilne sastojine/thermophilic stands, svijetlosiva/light grey – acidotermofilne sastojine/acido-thermophilic stands
Slika 1. Klasteraska analiza – Increment sum of squares
Figure 1 Cluster analysis – Increment sum of squares



Slika 2. Multidimensionalno skaliranje – PcoA
Figure 2 Multidimensional scaling – PCoA

udjela utvrđeno je da prva skupina snimaka predstavlja mješovite kitnjakovo-kestonove sastojine koje pripadaju asocijaciji *Quercus-Castaneetum sativae*, dok druga i treća skupina obuhvaćaju više čiste šume hrasta kitnjaka koje pripadaju asocijacijama *Hieracio racemosi-Quercetum petraeae* i *Festuco drymeiae-Quercetum petraeae*.

SINTAKSONOMSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANIH I OPISANIH ASOCIJACIJA SYNTAXONOMIC POSITION OF THE STUDIED AND DESCRIBED ASSOCIATIONS

Razred: *Quercus-Fagetea* Brun-Blanquet et Vlieger in Vlieger 1937

Red: *Quercetalia robori-petraeae* Tüxen. 1937

Sveza: *Castaneo-Quercion petraeae* (Soó 1962) Vukelić 1990

As.: *Quercus-Castaneetum sativae* I. Horvat 1938

As.: *Hieracio racemosi-Quercetum petraeae* Vukelić (1990) 1991

Subas.: *typicum* Vukelić (1990) 1991

As.: *Festuco drymeiae-Quercetum petraeae* (Janković 1968)

Hruška 1974

Subas.: *lathyretosum nigrae* Hruška 1974

OPIS ISTRAŽIVANIH ŠUMSKIH ZAJEDNICA DESCRIPTION OF THE STUDIED FOREST COMMUNITIES

- Šuma hrasta kitnjaka i pitomoga kestena
(As. *Quercus-Castaneetum sativae* I. Horvat 1938)

Sastojine hrasta kitnjaka i pitomoga kestena prvi je put pod nazivom *Quercus-Castaneetum croaticum* opisao Horvat (1938). Na istraživanome području nisu bile opisivane do ovih istraživanja, ni u gospodarskim osnovama, ni u istraživanjima slavonskoga gorja (Cestar i dr. 1979). No, ovim istraživanjima zajednica je nedvojbeno ustanovljena u gospodarskim jedinicama Sjeverna Babja gora na više lokaliteta te u GJ Južna Babja gora vrlo rijetko, i to u svom tipičnom obliku. Također se pitomi kesten pojedinačno ili u grupama stabala nalazi primiješan i u nekim drugim zajednicama, no najviše u zajednici *Epimedio-Carpinetum* gdje je najvjerojatnije antropogeno porijekla.

Zajednica se razvija pretežito na (k) sjeveru okrenutim padinama, na nagibima od 15 do 35° i nadmorskim visinama između 220 i 370 m n. m, u jednom dosta homogenom vegetacijskom pojasu koji se nalazi iznad bivših pašnjaka i naselja.

Dominantan tip tla je luvisol tipični, većinom razvijen na silikatnom supstratu, a manjim dijelom na silikatno-karbonatnom. Po pH-vrijednosti tlo pripada u skupinu najacidofilnijih na istraživanom području (4,39 u H₂O, 4,09 u CaCl₂) te po kvaliteti pripada među najlošije ($S = 3,92 \text{ cmol M}^+ \text{ kg}^{-1}$), i samo njegova nešto veća dubina omogućuje pridolazak pitomoga kestena i pojedinih neutrofilnijih vrsta. Na plićim tlima kesten ne pridolazi, već se uglavnom, u ovisnosti o izloženosti, javljaju čiste acidofilne kitnjakove ili bukove šume.

Florni sastav i građa zajednice prikazani su u sintetskoj tablici 1 na temelju 6 snimaka na kojima je registrirano samo 56 vrsta, od čega 33 sa stupnjem udjela II i više. To upućuje na siromaštvo vrsta u ovoj zajednici, ali i na njezinu homogenost.

Glavno obilježje zajednici daju pitomi kesten kao svojstvena vrsta asocijacije te hrast kitnjak koji na mnogim mjestima i prevladava. Zanimljivo je da pitomi kesten značajno pridolazi u svim slojevima, što nije slučaj ni u jednoj drugoj zajednici. Mješovit florni sastav zajednice naglašava i veća prisutnost obične bukve koja ovu zajednicu dobro razlikuje od čistih kitnjakovih zajednica sličnoga tipa.

Uz vrstu *Castanea sativa* u sloju grmlja značajnije pridolaze *Fraxinus ornus* i *Genista tinctoria*, dok je u sloju prizemnoga rašća, za razliku od sličnih čistih kitnjakovih sastojina, vrlo velik udio imaju vrste *Melampyrum pratense* i *Hieracium sylvaticum*, koje je Vukelić (1991) označio kao razlikovne vrste asocijacije. Nadalje, od svojstvenih i razlikovnih vrsta sveze *Castaneo-Quercion* ističu se *Hieracium racemosum* i *Festuca heterophylla*, a od svojstvenih vrsta reda *Quercetalia roboris-petraeae* bekice (osobito *Luzula luzuloides*) i *Pteridium aquilinum*. Sve nabrojene vrste ističu acidofilni karakter ove zajednice. Od pratilica posebno se ističe *Festuca drymeia* koja čini facies ove zajednice, kao i druge koje imaju slabije acidofilan, neutrofilan, pa čak i termofilan karakter. Također su za zajednicu značajne i mahovine koje su jedino u ovoj kitnjakovoj zajednici prisutne na svim snimcima.

Važno je napomenuti da se na svim lokalitetima pridolaska ove zajednice uočava sušenje stabala pitomoga kestena tako da mjestimično nastaju progale, što uzrokuje i promjene u flornom sastavu zajednice pa zajednica postupno na lošijim lokalitetima prelazi u čiste acidofilne kitnjakove sastojine, dok na boljim lokalitetima prelazi u mješovite kitnjakovo-kestenovo-bukove šume.

Značenje ove zajednice, kako s gospodarskoga tako i s ekološkoga i zaštitnoga stajališta, vrlo je veliko, posebno ako se zna da se površine pod njom smanjuju te je stoga potrebno pažljivo gospodarenje u budućem razdoblju.

2. Acidotermofilna šuma hrasta kitnjaka s runjikom

(As. *Hieracio racemosi-Quercetum petraeae* [Vukelić 1990/ 1991])

U Hrvatskoj Anić (1959) prvi razlikuje čiste kitnjakove sastojine kao posebnu asocijaciju te ju opisuje provizorno kao *Quercetum petraeae*, što prihvaća i Rizovski (1969). No, ovu je problematiku u nas detaljnije istražio Vukelić (1991). On takve sastojine imenuje kao asocijaciju *Hieracio racemosi-Quercetum petraeae* te ju podređuje svezi *Castaneo-Quercion*. To je kasnijim istraživanjima i usporedbama potvrđeno (Vukelić i Baričević 1996).

Čiste kitnjakove sastojine acidofilnoga karaktera dosada su na istraživanom području opisivane kao zajednica *Luzulo-Quercetum petraeae* prov. u gospodarskim osnovama te manjim dijelom kao *Genisto-Quercetum petraeae* prov. u Pelcerovu opisu šuma slavonskoga gorja. Uglavnom im nije pridavana veća pozornost, nisu bile dostatno istražene, a iskazivane su površine većinom bile manje od stvarnih. Prvi i dosada jedini Marinac je (1999) opisao zajednicu *Hieracio racemosi-Quercetum petraeae* u gospodarskoj jedinici Požeška gora.

Ova su istraživanja pokazala da se na istraživanom području zajednica *Hieracio racemosi-Quercetum petraeae* razvija na znatnim površinama u gospodarskim jedinicama Požeška gora i Sjeverna Babja gora te manje u GJ Južna Babja gora. To su grebeni i hrptovi dominantno južnih izloženosti, s prevlašću manjih nagiba i nadmorskim visinama od 220 do 310 m. Kao i kod zajednice *Quercu-Castaneetum*, s kojom je slična, prevladavajući tip tla je luvisol tipični na silikatnom supstratu, no ovdje je plitak do srednje dubok. Tlo je acidofilnoga karaktera, ali nešto manje nego u zajednici hrasta kitnjaka i pitomoga kestena (pH u H₂O 4,44, u CaCl₂ 4,13), boljih no i dalje loših svojstava (S = 6,05 cmolM⁺kg⁻¹). Također je, za razliku od uspoređivane zajednice, u ovoj zajednici evidentno manji antropogeni utjecaj.

Florni sastav zajednice prikazan je u sintetskoj tablici 1 na osnovi 10 karakterističnih snimaka. Ukupno je evidentirano 75 vrsta, od kojih je 38 sa stupnjem udjela II i više. Po tome je ova zajednica dosta bogatija vrstama od zajednice *Quercu-Castaneetum*, ali je i dalje u skupini zajednica koje su siromašnije vrstama.

U sloju drveća izrazito prevladava hrast kitnjak koji na većini lokaliteta čini i jedinu vrstu drveća. Na opisanim staništima on je praktično bez konkurencije te velikom snagom obrađuje najpliće i najstrmije terene.

U sloju grmlja ponovno prevladava hrast kitnjak, no ovdje se javlja mnogo veći broj vrsta s većom i velikom pokrovnošću (*Chamaecytisus hirsutus*, *Chamaecytisus supinus*, *Fraxinus ornus*). Pitomi se kesten pojavljuje vrlo rijetko jer mu sinekološki uvjeti ne odgovaraju.

U sloju prizemnoga rašća koji nije osobito bogat vrstama prevladava hrast kitnjak. Od svojstvenih i razlikovnih vrsta asocijacije značajne su još i vrste: *Festuca*

heterophylla, *Campanula persicifolia* i *Galium sylvaticum*. Od svojstvenih i razlikovnih vrsta sveze *Castaneo-Quercion* i reda *Quercetalia roboris-petraeae* posebno se ističe vrsta *Hieracium racemosum* po kojoj je zajednica, uz hrast kitnjak, dobila ime. Također su značajno prisutne i vrste *Cruciata glabra*, *Lathyrus niger*, *Melampyrum pratense*, *Luzula luzuloides* i *Hieracium sylvaticum* dajući zajednici acidotermofilni karakter, što potvrđuju i rasprostranjenije pratilice koje su uglavnom vrste reda *Quercetalia pubescentis*.

Florni sastav također pokazuje da na istraživanom području uspijeva subasocijacija *typicum* (prema Vukeliću 1991).

Zajednica je većinom primarnoga postanka i razvijena je kao trajni stadij. U progresivnom sekularnom smjeru njezin razvoj završava najčešće zajednicom *Quercus-Castaneetum*, a u regresivnom smjeru završava bujadinicama i vrištinama. Na strmim i izloženim terenima zajednica ima veliko zaštitno značenje, dok u povoljnijim sinekološkim uvjetima prelazi u gospodarsku šumu i njome se normalno gospodari.

Nadalje, u odnosu na sjevernu i srednju Europu zajednica predstavlja posebnost, a u okviru naše vegetacije obogaćuje biološku raznolikost biljnih vrsta i biljnih zajednica te omogućuje potrajnost šuma u teškim ekološkim uvjetima.

3. Šuma hrasta kitnjaka s vlasuljom

(*Festuco drymeiae-Quercetum petraeae* /Janković 1968/ Hruška 1974)

Zajednicu je dosada najdetaljnije istražila i opisala Hruška-Dell' Uomo (1975) na području Moslavačkoga gorja. Drugdje u Hrvatskoj ova zajednica dosada nije opisana i detaljnije istražena, no Trinajstić (1995) u pregledu šumske vegetacije Hrvatske navodi da raste na Bilogori i Moslavačkoj gori.

Na istraživanom području do ovih istraživanja nije bila ustanovljena i opisana, no istraživanja su pokazala da je razvijena na značajnim površinama središnjega i istočnoga dijela gospodarske jedinice Sjeverna Babja gora, na nešto manjim površinama u istočnim i središnjim dijelovima, kao i iznad sela Baćin Dol u gospodarskoj jedinici Južna Babja gora i na manjim površinama u gospodarskoj jedinici Požeška gora.

Uglavnom su to blage i blaže padine pretežno južnih izloženosti, te zaravnjene površine vrhova grebena u rasponu nadmorskih visina od 250 do 550 m n. m.

Prevladavajući tip tla je, kao i kod prethodnih zajednica, luvisol tipični na silikatnom supstratu, no razvija se i na luvisolu pseudoglejnom na silikatnom supstratu, distričnom kambisolu na škriljavcu, pa čak i na pseudogleju obronačnom. Dakle, zaravnjen teren i mali nagibi uvjetovali su i razvitak manje kiselih i nešto dubljih tala (pH u H₂O 4,48, u CaCl₂ 4,03) s povoljnijim svojstvima (S = 6,46 cmol M⁺kg⁻¹).

Florni sastav zajednice prikazan je u sintetskoj tablici 1 na osnovi 10 karakterističnih snimaka. Ukupno je na snimcima registrirano 79 vrsta, od kojih je 39 sa stupnjem udjela II i više.

Tablica 1. Florni sastav istraživanih asocijacija i njihove razlike
 Table 1 Floral composition of investigated associations and their differences

Asocijacija-Association:	Quercus-Castaneetum							Hieracio racemosi-Quercetum petraeae							Festuco drymeiae-Quercetum petraeae													
Broj u tablici-Table number:	4	5	8	6	21	7	1	2	3	13	9	10	11	12	16	25	18	26	15	23	24	14	19	20	22	17		
Broj snimka-Number of relevé:	12	139	13	132	189	134	145	109	113	153	49	67	86	105	169	203	174	204	164	201	202	163	183	186	195	170		
Gosp. jed.-Management unit:	SBG	SBG	SBG	SBG	JBG	SBG	SBG	PG	PG	JBG	SBG	PG	PG	PG	SBG	SBG	SBG	PG	SBG	SBG	SBG	PG	JBG	JBG	JBG	SBG		
Odjel/vodsjek-Compartment/Subcom.:	63 a	8a	63d	84f	104f	7b	75 h	89a	84a	2d	40a	61b	62a	5c	53a	92a	32d	39d	56a	86c	87b	46a	64c	62b	40c	81c		
Površina snimke-Relevé area (m ²):	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400		
Nadmorska visina-Altitude (m):	270	350	240	220	310	370	290	300	250	220	240	220	260	310	230	410	420	270	310	310	270	320	480	540	340	270		
Izloženost-Aspect:	E	NW	NE	NW	N	S		SW	SE		SE	W	S	S	SE	NW	SE	SW			NE	SW	W	E	S			
Nagib-Slope (degree):	15	35	30	30	15	30	0	20	5	0	25	45	0	30	5	5	5	5	5	0	0	10	5	20	45	5		
Pokrovnost-cover (%):																												
slaj drveća-tree layer	80	80	60	100	90	80	80	80	70	90	70	70	70	80	90	80	80	90	90	90	80	80	80	90	80	80		
slaj grmlja-shrub layer	20	50	10	5	20	40	60	60	60	70	60	50	40	70	10	40	30	15	70	70	30	40	30	5	60	10		
priz. rašće-herb layer	40	50	60	80	100	90	40	80	40	40	70	50	80	70	40	80	100	100	80	100	100	90	100	100	60	80		
slaj mahovina-moss layer	5	10	5	5	10	30	1	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		
Florni sastav-Floral composition:																												
Svojestvene i razlikovne vrste asocijacija - Characteristic and distinguishing species of the associations:																												
<i>Castanea sativa</i> A	2	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Castanea sativa</i> B	0	1	1	1	1	2	+	0	0	0	0	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Castanea sativa</i> C	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melampyrum pratense</i>	1	2	2	2	2	2	1	+	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	+	0	0	0	0	0	
<i>Hieracium sylvaticum</i>	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	
<i>Pteridium aquilinum</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Luzula forsteri</i>	1	1	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Polytrichum commune</i> D	+	1	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Chamaecytisus hirsutus</i> B	0	0	+	0	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	
<i>Chamaecytisus supinus</i>	0	0	0	0	0	+	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	+	+	+	+	1		
<i>Campanula persicifolia</i> C	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	
<i>Festuca heterophylla</i>	+	2	0	0	0	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	1	3		
<i>Festuca drymeia</i> D	1	+	1	4	5	3	0	0	0	0	0	0	1	0	+	0	0	5	5	4	4	5	2	5	3	3		
<i>Galium sylvaticum</i>	0	+	0	0	+	0	0	1	3	1	2	0	2	+	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Lathyrus niger</i>	0	0	0	1	0	0	1	1	0	2	1	+	2	0	0	0	0	2	1	+	+	2	2	1	1	0		
Svojestvene i razlikovne vrste sveze Castaneo-Quercion - Characteristic and distinguishing species of the alliance Castaneo-Quercion:																												
<i>Fraxinus ornus</i> A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	1	1	+	0	0	0	
<i>Fraxinus ornus</i> B	1	2	+	+	2	1	3	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2		
<i>Hieracium racemosum</i> C	+	2	1	2	2	2	1	2	2	+	+	2	2	1	2	+	1	+	+	1	1	+	+	1	+	+		
<i>Cruciata glabra</i>	+	0	0	0	1	0	0	0	1	2	3	0	+	0	+	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	1		
<i>Tanacetum corymbosum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
Svojestvene vrste reda Quercetalia roboris-petraeae i razreda Quercetea roboris-petraeae - Characteristic species of the order and class:																												
<i>Genista tinctoria</i> B	0	1	0	+	1	1	1	1	1	2	+	0	+	1	2	1	2	1	+	+	+	1	+	0	0	1	1	
<i>Luzula luzuloides</i> C	1	2	3	1	2	2	1	0	0	+	0	0	0	0	1	+	1	1	0	+	+	0	0	0	0	+	0	
<i>Dianthus barbatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	1	+	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	

D. Baričević, J. Vukelić, N. Pernar, D. Bakšić: Acidotermofilne zajednice hrasta kitnjaka u šumskoj vegetaciji požetskoga gorja. Glas. šum. pokuse, pos. izd. 5, 151 – 165, Zagreb, 2006.

Sloj drveća tvori hrast kitnjak koji na svim snimcima ima stupanj pokrovnosti 5 te na pojedinim lokalitetima s manjim stupnjem udjela crni jasen i brekinja, dajući zajednici termofilan karakter.

U sloju grmlja na pojedinim lokalitetima značajnije pridolaze *Fraxinus ornus*, *Genista tinctoria* *Sorbus torminalis*, *Quercus petraea* i dr.

Sloj prizemnoga rašća ima izuzetno veliku pokrovnost, a u potpunosti prevladava vrsta *Festuca drymeia*. Ona daje zajednici, uz hrast kitnjak, poseban izgled i već je na prvi pogled moguće odvojiti ovu zajednicu od ostalih prije opisanih.

Od razlikovnih i lokalno svojstvenih vrsta asocijacije ističu se *Hieracium racemosum*, *Carex pilosa* i manje *Luzula pilosa*. Ovaj skup vrsta, prema Hruški-Dell' Uomo, nije izrazito vezan samo uz zajednicu *Festuco drymeiae-Quercetum petraeae*, ali je uz svojstvene vrste asocijacije vrlo dobro označava. Pratilica ima vrlo velik broj i govore o miješanju acidofilnih, termofilnih i neutrofinih elemenata u ovoj zajednici.

Florni sastav također pokazuje da se ovdje radi o subasocijaciji *lathyretosum nigrae* (prema Hruški Dell' Uomo).

U sociološkom smislu ovo je granična zajednica u seriji acidofilnih šuma hrasta kitnjaka prema termofilnim zajednicama. Sam izgled stabala hrasta kitnjaka dosta je loš, sastojine su većinom panjače, što smanjuje gospodarsku vrijednost. No, zaštitna funkcija te važnost zajednice za biološku raznolikost i potrajnost šuma daje ovoj zajednici veliku važnost i vrijednost.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Temeljem provedenih sustavnih petogodišnjih sinekološko-vegetacijskih istraživanja šumske vegetacije požeškoga gorja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

1. Požeško je gorje izuzetno vrijedan objekt u vegetacijskoj slici Republike Hrvatske. Uza sve druge vrijednosti to naglašava i pridolazak acidotermofilnih zajednica hrasta kitnjaka s obzirom na to da su one posebnost i rijetkost u kontinentalnim šumskim ekosustavima.
2. Sintetska analiza fitocenoloških snimaka i njihova multivarijantna statistička analiza pokazale su da na istraživanom području pridolaze tri različite i značajne acidotermofilne asocijacije hrasta kitnjaka. To su šuma hrasta hrasta kitnjaka i pitomoga kestena (*Quercus-Castaneetum sativae*), acidotermofilna šuma hrasta kitnjaka s runjikom (*Hieracium racemosi-Quercetum petraeae*) i šuma hrasta kitnjaka s vlasuljom (*Festuco drymeiae-Quercetum petraeae*).
3. Sve tri asocijacije sintaksonomski pripadaju svezi *Castaneo-Quercion petraeae*, redu *Quercetalia robori-petraeae* i razredu *Quercus-Fagetalia*. One su dosada najdetaljnije istražene i opisane te su ili prvi put opisane na istraživanom području ili je uvelike prošireno znanje o njihovu pridolasku i sistematici.

4. Šuma hrasta kitnjaka i pitomoga kestena ustanovljena je u gospodarskim jedinicama Sjeverna Babja gora na više lokaliteta te u GJ Južna Babja gora rjeđe. Razvija se pretežito na (k) sjeveru okrenutim padinama, nagibima od 15 do 35° te nadmorskim visinama od 220 do 370 m n. m.
5. Acidotermofilna šuma hrasta kitnjaka s runjikom razvija se na znatnim površinama u gospodarskim jedinicama Požeška gora i Sjeverna Babja gora te manje u Južnoj Babjoj gori. To su grebeni i hrptovi dominantno južnih izloženosti, s prevlašću manjih nagiba i nadmorskih visina od 220 do 310 m n. m.
6. Šuma hrasta kitnjaka s vlasuljom razvijena je na značajnim površinama gospodarske jedinice Sjeverna Babja gora te nešto manjim površinama gospodarskih jedinica Južna Babja gora i Požeška gora. Uglavnom su to blage i blaže padine pretežno južnih izloženosti i zaravnjene površine vrhova grebena, na nadmorskim visinama od 250 do 550 m n. m.
7. Asocijacija *Quercus-Castaneetum* siromašnija je vrstama, a od asocijacija iste sveze i razreda razlikuju je uglavnom acidofilnije vrste. Zajednice *Hieracio racemosi-Quercetum petraeae* i *Festuco drymeiae-Quercetum* međusobno su sličnije i odlikuje ih naglašeniji termofilan karakter.
8. Dominantan tip tla u svim trima zajednicama je luvisol tipični, većim dijelom razvijen na silikatnom supstratu. No razlike postoje u dubini, kvaliteti i pH-vrijednosti tla, što uvjetuje i pridolazak pojedine zajednice.
9. Zajednice imaju veliko značenje u zaštiti tla od erozije, no gospodarsko značenje zajednica se povećava sa smanjivanjem nagiba i povećanjem dubine tla jer stabla hrasta kitnjaka postaju kvalitetnija.
10. Rezultati istraživanja daju sasvim novu fitocenološku sliku istraživanoga područja te kao osnova uzgajivačkih, uređivačkih i drugih radova u ovim ekosustavima trebaju biti ugrađeni u nove osnove gospodarenja. Time će se nesumnjivo povećati gospodarska vrijednost šuma, ali i njihova potrajnost i biološka raznolikost.

LITERATURA REFERENCES

- ⋄ Anić, M., 1959: Šumarska fitocenologija II. Šumarski fakultet u Zagrebu, 140 str.
- ⋄ Baričević, D., 2002: Sinekološko-fitocenološke značajke šumske vegetacije Požeške i Babje gore. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 175 str.
- 4 ⋄ Baričević, D., J. Vukelić, 2006: Flora of the order *Quercetalia pubescentis* Br.-Bl. (1931) 1932 in the forest vegetation of Požega hill area (Croatia). Acta Bot. Croat., 65 (1): 12-27.
- ⋄ Braun-Blanquet, J., 1964: Pflanzensozilogie. Springer Verlag, Wien-New York, 865 str.
- R ⋄ Cestar, D., V. Hren, Z. Kovačević, J. Martinović, Z. Pelcer, 1979: Tipološke značajke šuma slavonskog gorja. Radovi, 39, Šumarski institut Jastrebarsko, 213 str.
- ⋄ Ehrendorfer, F., 1973: Liste der Gefässpflanzen Mitteleuropas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 318 str..
- ⋄ Gower, J. C., 1966: Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. Biometrika, 53: 325-338.

- o Hennekens, S. M., 1995: TURBO(VEG). Software package for input, processing and presentation of phytocoenological data. User's guide. Instituut voor Bos en Natuur. Wageningen and Unit of Vegetation Science, University of Lancaster.
- g č Horvat, I., 1938: Biljnoscijološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. Glas. šum. pokuse, 6: 127-279.
- # č Hruška-Dell'Uomo, K., 1975: Asocijacija *Festuco-Quercetum* (Jank. 1968 nom. nud.) na Moslavačkoj gori u Hrvatskoj. Acta Bot. Croat., 34: 91-102.
- D Marinac, T., 1999: Pomlađivanje hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Liebl.) u različitim stojbinskim i sastojinskim uvjetima na Požeškoj gori. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 115 str.
- o Osnove gospodarenja gospodarske jedinice Ješevik-Briknjevača (1990-1999 i 2000-2009)
- o Osnove gospodarenja gospodarske jedinice Južna Babja gora (1990-1999 i 2000-2009)
- o Osnove gospodarenja gospodarske jedinice Požeška gora (1990-1999 i 2000-2009)
- o Osnove gospodarenja gospodarske jedinice Sjeverna Babja gora (1990-1999 i 2000-2009)
- κ Podani, J., 1994: Multivariate data analysis in ecology and systematics. A methodological guide to the SYN-TAX 5.0 package, SPB, Hague, 316 str.
- D Rizovski, R., 1969: Cenoze hrasta kitnjaka s običnim grabom i hrasta kitnjaka u centralnoj Makedoniji i centralnoj Hrvatskoj. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu.
- h Samardžić, I., 2005: Vaskularna flora parka prirode Papuk. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 241 str.
- κ Škorić, A., 1977: Tla Slavonije i Baranje. Knjiga 1, Izdavački zavod JAZU, 256 str.
- κ Tomašević, M., I. Samardžić, 2000: Zaštićene, rijetke i ugrožene biljne vrste slavonskoga gorja. Spin Valis d.d., Požega, 123 str.
- # ž Trinajstić, I., 1995: Plantgeographical division of forest vegetation of Croatia. Annales Forestales, 20/2: 37-66.
- sl č Trinajstić, I., J. Franjić, I. Samardžić, J. Samardžić, 1996: Fitocenološke značajke šuma sladuna i cera (as. *Quercetum frainetto-cerris* Rudski 1949) u Slavoniji (Hrvatska). Šum. list, 120 (7-8): 299-306.
- sl č Trinajstić, I., J. Franjić, I. Samardžić, 1997: O važnosti otkrića vrste *Equisetum sylvaticum* L. (*Equisetaceae*) za razumjevanje autoktonosti obične jele (*Abies alba* Mill., *Pinaceae*) u Požeškom gorju. Šum. list, 121 (11-12): 593-597.
- č Van der Maarel, E., 1979: Transforming of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. Vegetatio, 39: 97-114.
- g č Vukelić, J., 1991: Šumska staništa i zajednice hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Liebl.) u gorju sjeverozapadne Hrvatske. Glas. šum. pokuse, 27: 1-82.
- z Vukelić, J., D. Baričević, 1996: Fitocenološki odnosi acidofilnih šuma hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* Liebl.) u sjeverozapadnoj Hrvatskoj i u nekim europskim područjima. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Šumarski fakultet Zagreb i Šumarski institut Jastrebarsko, str. 79-86.

ACIDOTHERMOPHILIC COMMUNITIES OF SESSILE OAK IN THE FOREST VEGETATION OF POŽEGA HILLS

SUMMARY

The paper is a constituent part of systematic synecological-vegetational research in the forest vegetation of Slavonian hills (conducted in the past five years), an area of exceptional value in the vegetation picture of the Republic of Croatia. Particular focus was placed on acidothermophilic communities of sessile oak owing to their special and rare status in continental forest ecosystems and to the fact that so far they have not been properly investigated, described and evaluated. Vegetational research was conducted according to the principles of the Zurich-Montpellier School. The classical synthetic analysis of phytocoenological relevés was combined with multivariate analysis. A detailed analysis of the floral composition of 71 phytocoenological relevés that represent stands of sessile oak revealed 26 relevés representing acido-thermophilic forests of sessile oak in three associations: *Quercus-Castaneetum sativae*, *Hieracio racemosi-Quercetum petrae* and *Festuco drymeae-Quercetum petraea*. The associations in the study area were mutually compared, investigated, described in detail and evaluated for the first time. The results of this work will have scientific and practical application with the purpose of improving the management with forest stands of sessile oak in the hills of Požega and elsewhere. They must therefore be incorporated in all the new management plans, which will undoubtedly increase not only the commercial value of forests but also their sustainability and biological diversity.

Key words: acido-thermophilic communities, sessile oak, forest vegetation, the hills of Požega, phytocoenological relevés, management

UDK: 630*232

SANACIJA OPOŽARENIH POVRŠINA ALEPSKOGA BORA (*Pinus halepensis* Mill.) NA PODRUČJU ŠUMARIJE DUBROVNIK

RECOVERY OF THE BURNT ALLEPO PINE (*Pinus halepensis* Mill.) AREAS IN THE FOREST OFFICE DUBROVNIK

ROMAN ROSAVEC, ŽELJKO ŠPANJOL, DAMIR BARČIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu se istražuje problematika sanacije opožarenih površina nakon požara. Istraživanja su provedena na pokusnim ploham postavljenima na dubrovačkom području na šumskim predjelima Veleć i Gorac kojima gospodare «Hrvatske šume» d.o.o., Šumarija Dubrovnik.

Oba su šumska predjela bila zahvaćena požarom 1991. godine, a sanacija se pristupilo 1993. godine. Veleć je saniran sjetvom sjemena pod motiku. Na šumskom predjelu Gorac na dvije pokusne plohe uklonjena je postojeća vegetacija i obavljeno je riperanje, a na jednoj je obavljeno samo riperanje bez prethodnoga uklanjanja postojeće vegetacije. Potom je saniranje provedeno sadnjom sadnica u riperane brazde. Sve su plohe istražene florno i strukturno.

Osim alepskoga bora, koji se dobro pomladuje na požarištima, dobre rezultate dao je i obični čempres. Prema tomu, može se izbjeći dosadašnja jednolikost pri izboru vrsta za sanaciju i istražiti mogućnost upotrebe drugih vrsta. Time se teži postignuti mješovitost i ekološka stabilnost novopodignutih sastojina.

Upitna je primjena riperanja u odnosu na neriperanje, odnosno sjetvu sjemena pod motiku kad se radi o ekstremnim terenima kao što je istraživano područje. Istraživanjima su dobiveni isti rezultati za maksimalne vrijednosti u tretmanima riperano i neriperano (300 biljaka), dok su minimalne vrijednosti (25 biljaka) identične za sva tri tretmana (riperano, riperano s postojećom vegetacijom i neriperano – sjetva sjemena pod motiku). Maksimalne vrijednosti kod riperanoga s postojećom su vegetacijom niže od prosječnih vrijednosti (175 odnosno 190 biljaka) riperanoga odnosno neriperanoga i iznose koliko i standardna devijacija (150 biljaka) riperanoga s postojećom vegetacijom. Prema tomu, ako bi se ipak obavilo riperanje, svakako je potrebno ukloniti postojeću vegetaciju.

S obzirom na ekstremne uvjete sanaciju je potrebno potpomagati popunjavanjem, te obvezno provoditi šumskouzgojne zahvate čime bi se smanjila mogućnost nastanka novoga požara.

Ključne riječi: alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), obični čempres (*Cupressus sempervirens* L.), sanacija, opožarena površina, podrivanje

UVOD INTRODUCTION

Šumski požari svake godine narušavaju stabilnost šumskih ekosustava na krškom području Republike Hrvatske. Štete od šumskih požara mogu se odraziti na gospodarstvo i trajno održivi razvoj, a najčešće su posljedice šumskih požara (Barčić i Španjol 2001):

- troškovi gašenja šumskoga požara
- troškovi ponovljenoga pošumljavanja
- štete zbog gubitka postojećega drva
- štete vezane uz promjene fizičkih i kemijskih svojstava tla.

Na izgorjelim ogoljelim površinama ubrzana je erozija tla uzrokovana djelovanjem vjetra i kiše koje su sada bez vegetacijskoga pokrova mnogo jačega i razornijega djelovanja (Španjol 1996). Opožarene površine ne samo da ostaju bez vegetacije i postaju podložne erozijskomu djelovanju, one gube sposobnost rasta i razvoja vegetacije, pa sanacija tih površina ide jako teško i sporo.

Prema Španjolu (1997) proučavanje šumskih požara u mnogim zemljama pokazuje da pozornost treba obratiti pedološkim, klimatskim i vegetacijskim uvjetima njihova nastanka i širenja, utjecaju na kruženje bioelemenata i fizikalna svojstva tla te svekolikim uvjetima obnove šuma nakon požara: klimatski, pedološki (kemizam tla, plodnost, erodibilnost tla i dr.), vegetacijski (progresivna i regresivna sukcesija, metode sanacije).

Nakon požara ne mogu se odjednom obnoviti sve površine, pa je s obzirom na pedološke, klimatološke i vegetacijske čimbenike potrebno izabrati površine koje će se podvrgnuti i prepustiti prirodnoj obnovi te površine koje će se pošumljavati (uz određivanje buduće namjene šume nastale sanacijom).

Vrlo je bitno poznavanje temeljnih biljnih zajednica i njihove indikatorske vrijednosti. Na području koje je bilo zahvaćeno požarom one nam mogu pomoći pri sanaciji u obliku pokazatelja u kojem smjeru vegetaciju treba usmjeriti i potpomagati (Jasak 2005). Poznavanjem toga čimbenika sanacije ona bi bila učinkovitija i kudikamo jeftinija.

MATERIJAL I METODE RADA MATERIAL AND METHODS

OPĆA OBILJEŽJA ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA GENERAL PROPERTIES OF THE RESEARCH AREA

Floristička obilježja – Floristic features

Šumska vegetacija istraživanoga područja pripada mediteransko-litoralnomu vegetacijskomu pojasu, a zbog karakterističnoga smjera pružanja grebena, nagiba i

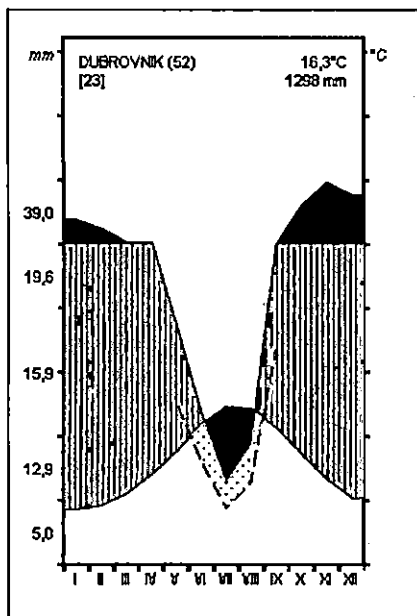
ekspozicija pojedinih padina ovdje se susreću tri vegetacijske zone s ovim zajednicama:

1. Stenomediterska vegetacijska zona s pripadajućim zajednicama: šuma alepskoga bora i crnike (*Quercus ilicis-Pinetum halepensis* Loisel 1971), alepski bor u sastavu s gluhačušom (*Juniperus phoeniceae-Pinetum halepensis* Trinajstić 1988) te makija gluhačuše i tršlje (*Pistacia-Juniperetum phoeniceae* Trinajstić 1987)
2. Eumediterska vegetacijska zona: temeljnu šumsku zajednicu čini šuma hrasta crnike s crnim jasenom (*Fraxino ornis-Quercetum ilicis* H-ić /1956/1958)
3. Submediteranska vegetacijska zona s pripadajućom zajednicom: zajednica drače i primorske krkavine (*Rhamno-Paliuretum* Trinajstić 1995)

Iz toga je vidljivo da postoji razlika između obalnoga (uglavnom vazdazelenoga) i unutrašnjega (pretežno listopadnoga) pojasa. Između se miješaju vazdazeleni i listopadni elementi.

Obilježja klime – Climatic features

Područje šumarije Dubrovnik na kojem su provedena istraživanja prema Köpenovoj klasifikaciji pripada Csa podtipu mediteranske klime ili umjereno toploj kišnoj klimi. Glavne su karakteristike blaga zima i suho ljeto. Langov kišni faktor iznosi 79,71. Srednja (prosječna) temperatura zraka u vegetacijskom razdoblju iznosi 20,8 °C.



Slika 1. Klimatski dijagram prema Walteru za meteorološku postaju Dubrovnik u razdoblju od 1978. do 2000. godine
Figure 1 Climatodiagram for the meteorological station Dubrovnik according to Walter in the period 1978–2000

Obilježja tla – Pedological features

Usporedo s devastacijom vegetacije tla su ostala otkrita te je proces degradacije ubrzan ekstremnim temperaturama, velikim i iznenadnim oborinama te vjetrom. Utvrđena su četiri osnovna tipa s podtipovima varijetetima i formama (tablica 1).

Tablica 1. Tipovi tala s pedosustavnim jedinicama
Table 1 Soil types with pedosystematic units

Tip	Podtip	Varijetet	Forma
Vapnenačko-dolomitna crnica (kalkomelanosol)	Organomineralna Posmedena	Litična	S organskim horizon- tom
Rendzina	Na dolomitnoj trošini Na flišu	Karbonatna Izlužena	Ilovasto
Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu (kalcikambisol)	Tipično Koluvijalno	Plitko Srednje duboko	Glina
Crvenica (terra rossa)	Tipična	Plitko Srednje duboko	Glina

Izvor: Jasak (2005)

Vapnenačko-dolomitna crnica (kalcimelanosol). Sklop profila *Amo-R*. Formira se na tvrdim vapnencima i dolomitima koji imaju više od 98 % CaCO_3 . Ona je primarni razvojni stadij na vapnencu. Struktura je tla sitno mrvičasta, a dugotrajnom evolucijom povećava se nakupljanje gline i smanjuje akumulacija humusa.

Rendzina. Sklop profila *Amo-AC-C-R*. Formira se na supstratima koji sadrže više od 10 % CaCO_3 i koji mehaničkim raspadanjem daju karbonatni regolit. Najzastupljenija je na flišnim serijama i saharoidnim dolomitima.

Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu (kalcikambisol). Sklop profila *Amo-(B)rz-R*. Formira se isključivo na tvrdim i čvrstim vapnencima ili dolomitima koji imaju manje od 1 % nerastvorenoga ostatka.

Crvenica (terra rossa). Sklop profila *Amo* ili *Aoh-(B)rz-R*. Crvenice se kao i kalcikambisoli formiraju od nerastvorenoga ostatka čistih vapnenaca. Osnovni pedogenetski proces u crvenici je rubifikacija. Gospodarsku važnost za šumarstvo ima u zoni eumediterana i submediterana (Martinović 2000).

Istraživanje je provedeno na 5 pokusnih ploha koje su postavljene na dva lokaliteta u gospodarskoj jedinici Štedrica. Plohe su veličine 20 × 20 m odnosno površine od 0,04 ha. Nakon postavljanja pokusnih ploha mjereni su strukturni elementi. Visine su izmjerene mjernom letvom, a dobiveni rezultati upisivani su u terenski manual (visine su bile grupirane kako slijedi: 1–25 cm, 26–50 cm, 51–75 cm itd.).

Na svakoj pokusnoj plohi postavljen je fitocenološki snimak, pri čemu je primjenjivana kombinirana procjena abundacije i pokrovnosti prema Braun-Blanquetu.

Nakon provedenih terenskih istraživanja pristupilo se računalnoj obradi podataka pomoću programskih paketa Ms Office, Statistica 7.0. i KlimaSoft 2.0.

S obzirom na prikupljene podatke glavni je cilj rada bio utvrditi opravdanost i prednost podriavanja kao faze pripreme tla za sanaciju požarišta u odnosu na klasični način sanacije sadnjom sadnica u rupe ili sjetvom sjemena pod motiku.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

ŠUMSKI PREDJEL VELEĆ FOREST AREA VELEĆ

Na navedenom predjelu postavljene su dvije pokusne plohe u odjelu 25c. Lokalitet je opožaren u listopadu 1991. godine, te je poslije požara krajnje degradiran uz mjestimično pojavljivanje travne vegetacije, od koje u većoj mjeri kadulje i kovilja. Pošumljavanje je obavljeno 1993. godine sjetvom sjemena pod motiku.

Prirodna sukcesija vegetacije 2005. godine u odjelu 25c:

Sloj grmlja (70 %):		Sloj prizemnoga rašća (90 %):	
<i>Pinus halepensis</i>	4	<i>Brachypodium retusum</i>	3
<i>Pinus pinea</i>	1	<i>Salvia officinalis</i>	3
<i>Cupressus sempervirens</i>	1	<i>Cistus villosus</i>	+
<i>Juniperus phoenicea</i>	+	<i>Sesleria autumnalis</i>	+
<i>Erica verticillata</i>	+	<i>Muscari racemosum</i>	+
		<i>Inula candida</i>	+
		<i>Hieracium</i> sp.	+

ŠUMSKI PREDJEL GORAC FOREST AREA GORAC

Predjel je opožaren u jesen 1991. godine. Tu su postavljene tri pokusne plohe. Na dvije pokusne plohe koje su postavljene u odjelu 54a uklonjena je postojeća vegetacija i pripremljeno stanište riperanjem, dok je na jednoj pokusnoj plohi koja je postavljena u odjelu 54b riperano bez uklanjanja postojeće vegetacije. Riperanje je obavljeno 1993. godine u proljeće, a sadnja u jesen iste godine.

Prirodna sukcesija vegetacije 2005. godine u odjelu 54a:

Sloj grmlja (70 %):		Sloj prizemnoga rašća (80 %):	
<i>Pinus halepensis</i>	4	<i>Brachypodium retusum</i>	3
<i>Cupressus sempervirens</i>	2	<i>Salvia officinalis</i>	1
<i>Pinus pinaster</i>	1	<i>Teucrium montanum</i>	+
<i>Juniperus phoenicea</i>	+	<i>Sesleria autumnalis</i>	+
<i>Erica verticillata</i>	+		
<i>Pistacia lentiscus</i>	+		
<i>Paliurus spina christi</i>	+		

Prirodna sukcesija vegetacije 2005. godine u odjelu 54b:

Sloj grmlja (90 %):		Sloj prizemnoga rašća (70 %):	
<i>Juniperus oxycedrus</i>	3	<i>Salvia officinalis</i>	1
<i>Juniperus phoenicea</i>	3	<i>Helichrysum italicum</i>	1
<i>Pinus halepensis</i>	2	<i>Teucrium montanum</i>	+
<i>Cupressus sempervirens</i>	1	<i>Sesleria autumnalis</i>	+
<i>Fraxinus ornus</i>	+	<i>Euphorbia myrsinites</i>	+
<i>Paliurus spina christi</i>	+	<i>Zacyntha verrucosa</i>	+

Tablica 2. Statistički pokazatelji istraživanoga područja

Table 2 Statistical overview of research area

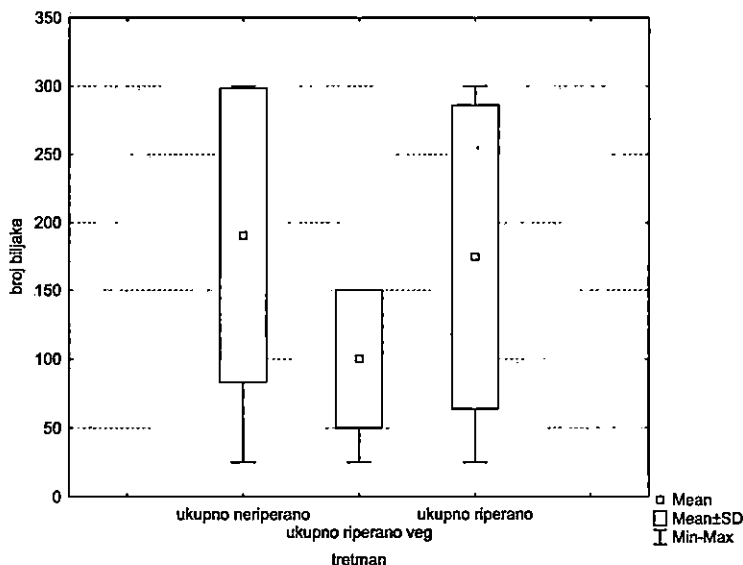
Tretman	Alepski bor	Obični čempres
Neriperano	Pros. Std. dev. Min. Maks.	Pros. Std. dev. Min. Maks.
Riperano	100 53 25 175	42 30 25 100
Riperano veg.	122 76 25 225	111 78 25 225
(postojeća vegetacija)	55 21 25 75	56 24 25 75

Prema statističkim pokazateljima (tablica 2) prosječne vrijednosti najveće su kod alepskoga bora u tretmanu riperano, nešto su niže u tretmanu neriperano, a najniže su u tretmanu riperano s postojećom vegetacijom. Kod običnoga su čempresa u tretmanu riperano najveće prosječne vrijednosti, zatim u tretmanu riperano s postojećom vegetacijom nešto niže, a najniže su prosječne vrijednosti u tretmanu neriperano. Kod promatranih tretmana minimalne vrijednosti jednake su za obje vrste. Najveće maksimalne vrijednosti kod alepskoga bora zabilježene su u tretmanu riperano, isto kao i kod običnoga čempresa, a nešto su niže maksimalne vrijednosti u tretmanu neriperano kod obiju vrsta te najniže maksimalne vrijednosti koje su u tretmanu riperano vegetacija.

Najveće maksimalne vrijednosti iste su kod tretmana neriperano i tretmana riperano i iznose 300 biljaka. Najveće minimalne vrijednosti identične su kod sva tri tretmana, a iznose oko 25 biljaka. Razlikuje se tretman riperano vegetacija (riperano, no nije uklonjena postojeća vegetacija). Kod tog tretmana najveće maksimalne vrijednosti jednake su iznosu standardne devijacije i iznose 150 biljaka. Prosječna vrijednost kod tretmana riperano vegetacija najniža je i iznosi 100 biljaka, dok prosječna vrijednost tretmana neriperano iznosi 190 biljaka i neznatno je viša od prosječne vrijednosti tretmana riperano koja iznosi 175 biljaka.

RASPRAVA DISCUSSION

Šumski su požari ozbiljan problem ne samo u okvirima mediteranskih zemalja već i globalno (Alexandrian 1999). Troškovi usmjereni na borbu protiv požara i zaštitu od požara procjenjuju se na više milijardi američkih dolara (Le Houerou 1987). No, međutim usprkos svim naporima broj se požara povećava, a povećavaju



Slika 2. Broj biljaka alepskoga bora (*Pinus halepensis* Mill.) i običnoga čempresa (*Cupressus sempervirens* L.) s obzirom na različite tretmane pripreme staništa
 Figure 2 Number of Aleppo pine plants (*Pinus halepensis* Mill.) and Italian cypress plants (*Cupressus sempervirens* L.) considering different treatments of site preparation

se i površine zahvaćene požarom. Sve češće požari se javljaju na površinama koje zauzima alepski bor. Tako je Velez (1986) istraživanjima tzv. „divljih“ požara između 1969. i 1983. godine u Španjolskoj utvrdio da se oni javljaju od 10 do 20 % u kulturama alepskoga bora u odnosu na ukupno izgorenu površinu. Prema Morenu (1999) od 1974. do 1999. godine 26 % ukupne izgorene površine u Španjolskoj pripada alepskomu boru. Herranz (2000) navodi da je taj postotak narastao na 47 %.

Trinajstić (1993) napominje da treba lučiti požare u starim sastojinama i požare u mladim sastojinama. Sukcesija vegetacije u starim sastojinama alepskoga bora teče vrlo intenzivno. Prilikom gorenja sjeme je u češerima vrlo dobro sačuvano. Pri hlađenju nakon požara češeri se naglo otvaraju te sjeme pada na ohlađeno tlo i već nakon prve kiše počinje nicati. Kod mladih sastojina alepskoga bora koje još ne fruktificiraju situacija je mnogo složenija. Takva je situacija bila na opožarenim površinama istraživanoga područja.

Budući da nema što naploditi tlo, potrebno je posegnuti za sanacijom što je prije moguće. U protivnom će se kao rezultat prve kiše pojaviti zelena masa koja uvelike otežava sanaciju. Uspjeh sanacije u prvom redu ovisit će o pripremi staništa i izboru vrste za sanaciju. Pri tome treba voditi računa o ulozi sanirane površine u budućnosti te o troškovima sanacije.

Prema Tomaševiću (1994) prvi strojevi na našem kršu u pripremi staništa za pošumljavanje bile su motorne bušilice „Stihl 08“. Rad s bušilicama u početku se

pokazao dobrim jer je bio mnogo brži i jeftiniji od klasičnoga ručnoga kopanja rupa. Prema istom autoru razlog odustajanja od upotrebe motornih bušilica jest taj što se tako obrađivalo vrlo malo tla, pa se već u prvom vegetacijskom razdoblju velik broj posađenih biljaka posušio. To je tražilo popunjavanje pa su radovi na sanaciji u konačnici bili mnogo skuplji.

Podrivanjem se zadire u tlo na dubini od 50 do 100 cm. Tako se zahvaća dublje u tlo koje se time i bolje obrađuje. Prema Tomaševiću (1995) uspjeh preživljavanja biljaka na površinama koje su pripremljene za pošumljavanje podrivanjem ili riperanjem je vrlo visok. Isti autor navodi da je visinski prirast biljaka u prvim godinama rasta najveći na riperanim terenima.

Na opožarene površine potrebno je u okviru sanacije unositi pionirske vrste. Kako navodi Tomašević (1994a) pionirske vrste imaju sposobnost rasta i razvoja na siromašnim i degradiranim tlima, a tijekom svog života poboljšavaju kvalitetu tla. Montero & Alcanda (1993) ističu da alepski bor kao pionirska vrsta može olakšati dugoročno naseljavanje i razvoj nadolazećih vrsta.

Na području Šumarije Dubrovnik prioritetna vrsta za sanaciju opožarenih površina je alepski bor za koji Quezel (2000) navodi da je to najznačajnija vrsta mediteranskoga područja, gdje prekriva više od 2 800 00 ha. Prema Gilu Aranzazu (1993) te Barberu i dr. (2000) alepski se bor od početka prošloga stoljeća intenzivno upotrebljava u pošumljavanju.

Pošumljavanje alepskim borom i formiranje stabilnih borovih kultura samo je dio posla koji se mora obaviti u cijelom procesu povratka klimatskozonske vegetacije (Matić 1986). No, često se sanacija opožarene površine završava pošumljavanjem, bez daljnjega provođenja šumskouzgojnih radova, što daje loše posljedice u daljnjem razvoju. Na temelju provedenih istraživanja Munoz (1990) navodi kako šumskouzgojni radovi smanjuju opasnost od nastajanja šumskoga požara time što se tim radovima utječe na sadržaj vlage u organskoj materiji šumskoga tla i smanjenje brzine širenja vatre.

Problematika šumskih požara i sanacija opožarenih površina u posljednjim desetljećima sve je više interes šire javnosti. Požari su u Republici Hrvatskoj najčešći na priobalnom i otočnom dijelu. Na tom prostoru prema Španjolu (1996) svake godine izgori prosječno 1 % šuma. Isti autor navodi i činjenicu da nekoliko šumskih požara nastaje zimi kada nema turista, što upućuje i na odnos lokanoga stanovništava prema šumskim površinama i njihovim interesima (poljoprivredne površine, vinogradi i dr.).

Sanacija opožarenih površina provodi se u svim sredozemnim zemljama u kojima se nakon požara prvo pojavljuju vrste prilagođene na takve uvjete, a zatim autohtone (May 1991).

Uvijek je nakon požara potrebno procijeniti stanje opožarene površine kako bi se pristupilo sanaciji. Istraživanje je provedeno na pokusnim plohama na kojima su za pošumljavanje korišteni alepski bor i obični čempres. Vrste su korištene u dvije osnovne metode pripreme staništa, a to su podrivanje ili riperanje, te klasnična sadnja u jame. Na jednoj pokusnoj plohi nije uklanjana postojeća vegetacija pri riperanju.

Rezultati istraživanja ne poklapaju se s dosadašnjim spoznajama o sanaciji i obnovi opožarenih površina kad su u pitanju načini pripreme staništa. Kako navodi Tomašević (1994), na terenima obrađenim podrivanjem preživljavanje je biljaka u prvom vegetacijskom razdoblju veće u odnosu na sadnju metodom u rupe, a svih idućih godina nema ugibanja ili je neznatno u odnosu na druge metode pošumljavanja.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Prema dobivenim statističkim podacima možemo reći da nema razlika između sadnje u rupe i ripiranja jer su dobivene identične najviše minimalne i maksimalne vrijednosti. Stoga se može zaključiti da na navedenom području istraživanja ne treba provoditi pripremu staništa ripiranjem s obzirom na veće troškove radova. Razlog takvim rezultatima može se potražiti i u iznimno teškim stanišnim uvjetima. Osim toga razlog može biti i izbor lokacije na kojoj su postavljene pokusne plohe. Ako bi se istraživanje proširilo na šire dubrovačko područje i ako bi se postavio veći broj pokusnih ploha, možda bi rezultat bio sasvim drugačiji. S obzirom na provedena istraživanja i dobivene rezultate može se tvrditi da je upitan utjecaj metode podrivanja na obnovu površine poslije požara. Naravno, bitno je napomenuti kako je za konačni zaključak potrebno proširiti istraživanje, tj. uzeti veći broj ploha u istraživanje.

Usporedivši stanje plohe na kojoj je ostavljena postojeća vegetacija i gdje je provedeno podrivanje u odnosu na plohe gdje je vegetacija uklonjena, može se zaključiti da je bolje vegetaciju ukloniti da bi se postigli bolji rezultati sanacije, što je vidljivo i iz dobivenih rezultata (slika 2). Postojeća vegetacija svojim rastom onemogućava normalan razvoj biljaka koje su korištene pri sanaciji tako da crpi hraniwa i vodu iz tla koji su ionako oskudni.

Važan čimbenik obnove jest i izbor vrste. U dosadašnjoj praksi pokazala se jednolikost pri izboru vrsta za pošumljavanje. Na ovom području to je uglavnom bio alepski bor. Istraživanjima se nastojala ispitati mogućnost sanacije nekim drugim vrstama. U obzir je uzet obični čempres. Dobiveni su rezultati pokazali da je obični čempres izrazito adaptivna vrsta za pošumljavanje opožarenih površina. U uvjetima gdje ima autohtone vegetacije i gdje je provedeno ripiranje postignuti su bolji rezultati nego s alepskim borom (vidi tablicu 2). Dakle, na području Dubrovnika i Srđa moguće je za sanaciju opožarenih površina koristiti obični čempres u smjesi s alepskim borom. To pokazuje da je moguće koristiti veći broj vrsta u obnovi opožarenih površina.

Budući da su na istraživanom području iznimno teški klimatski i edafski uvjeti, vrijeme sanacije potrebno je ograničiti samo na jesensko razdoblje. Iako sadnice s obloženim korijenom omogućuju pošumljavanje tokom cijele godine, ta činjenica ne vrijedi za ovo područje iz navedenih razloga. Također, ako je broj osušenih bil-

jaka poslije prve vegetacijske godine veći od 20 % i ako su one nejednoliko raspoređene po terenu, obavezno treba provesti popunjavanje. Kako se radi o teškim terenima, popunjava se u nekoliko navrata.

LITERATURA REFERENCES

- č Alexandrian, D., F. Esnult, G. Calabri, 1999: Forest fires in the Mediterranean area. Unasylva-No. 157, FAO.
- κ Barbero, M., R. Loisel, P. Quezel, D. M. Richardson, F. Romane, 2000: Pines of the Mediterranean Basin. In: D. M. Richardson (ed.), Ecology and Biogeography of Pinus, Cambridge University Press, Cambridge, 153–170.
- z Barčić, D., Ž. Španjol, 2001: Sukcesija vegetacije na požrištima kultura alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) u šumariji Pula. Znanstveni skup «Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama», 10–11. 4. 2002, Zagreb.
- č Gil, L., M. Aranzazu, 1993: Los pinos como especies basicas en la restauracion forestal en el medio mediterraneo. Ecologia, 7: 113–125.
- č Herranz, J. M., 2000: Aspectos botanicos y ecologicos del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.). Cuad. Soc. Esp. Cien. For., 10: 13 – 17.
- ▷ Jasak, I., 2005: Sanacija opožarenih površina na području šumarije Dubrovnik. Diplomski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- č Le Houerou, H. N., 1987: Vegetation wildfires in the Mediterranean basin: evolution and trends. Ecologia mediterranea, XIII (4): 12, Marseille.
- κ Martinović, J., 2000: Tla u Hrvatskoj. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb.
- ☞ č Matić, S., 1986: Šumske kulture alepskog bora i njihova uloga u šumarstvu Mediterana. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje, 2: 125–145, Zagreb.
- č May, T., 1991: Observaciones y rereflexiones sobre el comportamiento tras fuego de algunas especies de la zona mediterranea de Andalucia Oriental. Ecologia, 5: 125–134, Madrid.
- č Montero, J. L., P. Alcanda, 1993: Reforestacion y biodiversidad. Montes, 33: 57–76.
- κ Moreno, J. M., 1999: Forest fires: trends and implications in desertification prone areas of Southern Europe. In: P. Balabanis, D. Peter, A. Ghazi, M. Tsogas, (eds.), Mediterranean Desertification, Research results and policy implications, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 115–150.
- č Munoz Velez, R., 1990: Algunas observaciones para una selvicultura preventiva de incendios forestales. Ecologia, 1: 561–571, Madrid.
- κ Quezel, P., 2000: Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *Pinus brutia*). In: G. Neeman, L. Trabaud (eds.), Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin, Backhuys Publishers, Leiden, 1–12.
- z Španjol, Ž., 1996: Prilog poznavanju šumskih požara u sastojinama alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.). Skrb za Hrvatske šume od 1846. do 1996, Znanstvena knjiga “Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava”, knjiga 1: 391–412, HŠD, Zagreb.
- ▷ Španjol, Ž., 1996a: Biološko-ekološke i vegetacijske posljedice požara u borovim sastojinama i njihova obnova. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- ☞ č Španjol, Ž., 1997: Amelioration of the burnt allepo pine (*Pinus halepensis* Mill.) forest area in the Makarska coastline region. Glasnik za šumske pokuse, 34: 67–93, Zagreb.
- ☞ č Tomašević, A., 1994: Podrivanje kao prva faza pripreme tla za pošumljavanje. Šumarski list, CXVIII (5–6): 173–220. Zagreb.

- č Tomašević, A., 1994a: Meliorativni utjecaj kulture alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) i pinije (*Pinus pinea* Endl.) na degradirano stanište hrasta medunca (*Quercus pubescens-Carpinetum orientalis* H-ić, Anić 1959) u zadarskom području. Glasnik za šumske pokuse, 30: 223–298, Zagreb.
- č Tomašević, A., 1995: Višegodišnji rezultati istraživanja uspjeha pošumljavanja na kršu alepskim borom (*Pinus halepensis* Mill.), crnim borom (*Pinus nigra* Arn.) i primorskim borom (*Pinus pinaster* Ait.) kod tri različite metode pripreme tla za pošumljavanje. Šumarski list, CXIX (7–8): 227–298, Zagreb.
- č Trinajstić, I., 1983: Problem sukcesije vegetacije na požarištima alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) u Hrvatskom primorju. Šumarski list, CXVII (3–5): 131–137, Zagreb.
- Veldez, R., 1986: Fire prevention in Aleppo pine forests. Options Mediterraneennes, I: 167–178.
- Vukelić, J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

RECOVERY OF THE BURNT ALLEPO PINE (*Pinus halepensis* Mill.) AREAS IN THE FOREST OFFICE DUBROVNIK

SUMMARY

The paper explores the problem of post-fire recovery of burnt areas. Research was conducted in experimental plots established in the forest regions of Veleć and Gorac in the area of Dubrovnik, which are managed by Hrvatske Šume, Forest office Dubrovnik.

Both of these forest areas were affected by a fire in 1991. Their recovery was started in 1993. The area of Veleć was recovered by sowing seeds with a hoe. In two sample plots in the forest area of Gorac the existing vegetation was removed and undermining was applied, while in one plot only undermining was performed without previous removal of the vegetation. Seedlings were then planted in the undermined furrows. Floristic and structural research was done in all the plots.

Apart from Aleppo pine, which regenerates well in burnt areas, good results were also achieved with Italian cypress. This could avoid uniformity in the selection of recovery species and offer the possibility of using other species as well. Accordingly, the newly established stands can be mixed and ecologically stable from the beginning.

In the case of extreme terrains such as the study area, the issue of undermining vs. non-undermining, that is, sowing seeds with a hoe, is debatable. Research yielded identical results for maximal values in both undermining and non-undermining treatments (300 plants), while minimal values (25 plants) were identical for all the three treatments (undermining, undermining with the existing vegetation and non-undermining – sowing seeds with a hoe). The maximal values for the undermining treatment with the existing vegetation were lower than the average values (175 and 190 plants, respectively) of undermining or non-undermining treat-

ments, and equal the standard deviation (150 plants) of undermining with the existing vegetation. Therefore, if undermining is to be used, the existing vegetation must be removed.

In view of the extreme conditions, recovery should be supplemented with repair planting. Silvicultural treatments must necessarily be applied in order to reduce the possibility of a new fire.

Key words: Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.), Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L.), recovery, burnt area, undermining

UDK: 630*587.6

PROCJENA UGROŽENOSTI MEDITERANSKIH ŠUMA OD POŽARA UPORABOM TEHNOLOGIJE GIS

USING GIS TECHNOLOGY TO ASSESS FIRE RISK IN
MEDITERRANEAN FORESTS

ŽELJKO ŠPANJOL, DAMIR BARČIĆ, ROMAN ROSAVEC, ANDREJ
MANDIĆ, MARKO VUČETIĆ

Received – *Pristjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Procjena ugroženosti šuma od požara pomoću GIS-a rađena je na području kojim gospodare „Hrvatske šume“ d.o.o., Šumarija Pula, Uprava šuma podružnica Buzet. Tijekom rada prikupljeni su podaci koji utječu na nastajanje i na širenje šumskoga požara: vegetacijski, antropogeni, klimatski, geološki, pedološki i orografski čimbenici. U radu je prikazan način korištenja novih tehnologija radi poboljšanja preventivnih mjera. One su nužne s obzirom na dnevne, mjesečne i sezonske žestine požara koje vrijede za istraživano područje. Temeljna pretpostavka za uspješnu primjenu jest stvaranje kvalitetne baze podataka. Smatra se da je i pouzdanost tako dobivenih rezultata, tj. karata, veća. U tom slučaju može se očekivati i značajniji utjecaj na smanjenje opožarene površine po požaru, što je jedan od glavnih ciljeva.

Ključne riječi: šumski požari, vegetacija, preventivne mjere, GIS

UVOD INTRODUCTION

Šume kao i sve ostale površine na kojima se nalazi gorivi materijal potencijalno su ugrožene od požara. Radi smanjenja opasnosti od nastanka i brzoga širenja šumskih požara, ranoga otkrivanja i dojave šumskoga požara te pravodobnoga djelovanja u gašenju šumskoga požara Ministarstvo unutarnjih poslova u suglasnosti s Ministarstvom poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva donijelo je *Pravilnik o zaštiti šuma od požara* u veljači 2003. godine. Pravilnikom se propisuju preventivno-uzgojne i druge mjere zaštite šuma od požara, koje su dužni provoditi vlasnici i korisnici šuma i šumskoga zemljišta.

Stupanj ugroženosti od požara određuje se sukladno mjerilima za procjenu opasnosti od šumskoga požara, koja su sastavni dio prethodno spomenutoga *Pra-vilnika* i koja se nalaze u njegovu prilogu br. 1, a rezultat su kombinacije mnogih čimbenika: vegetacijskih, antropogenih, klimatskih, geoloških, pedoloških i oro-grafskih. Istodobno u Hrvatskoj se već dulji niz godina izrađuju procjene opasnosti od izbijanja i širenja šumskih požara za naše jadransko područje. Te su procjene zasnovane na kanadskoj metodi određivanja meteorološkoga indeksa opasnosti od šumskih požara (*Fire Weather Index*, FWI).

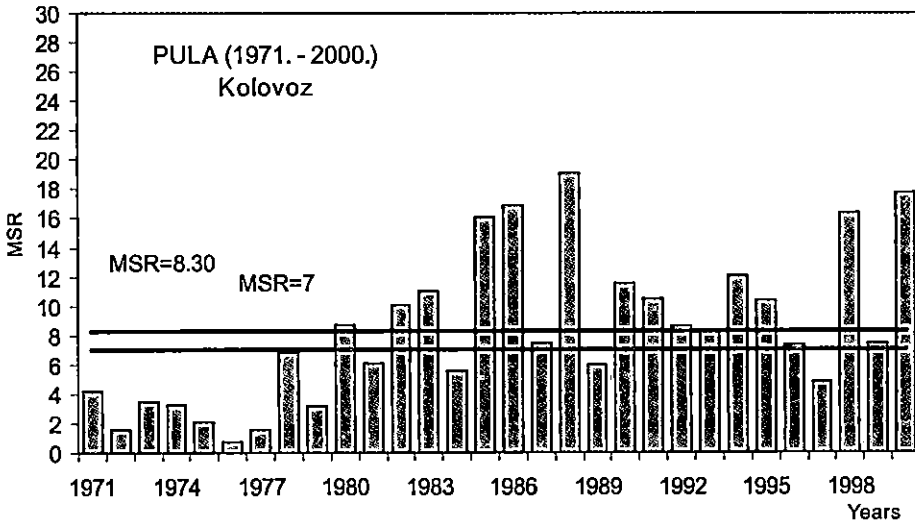
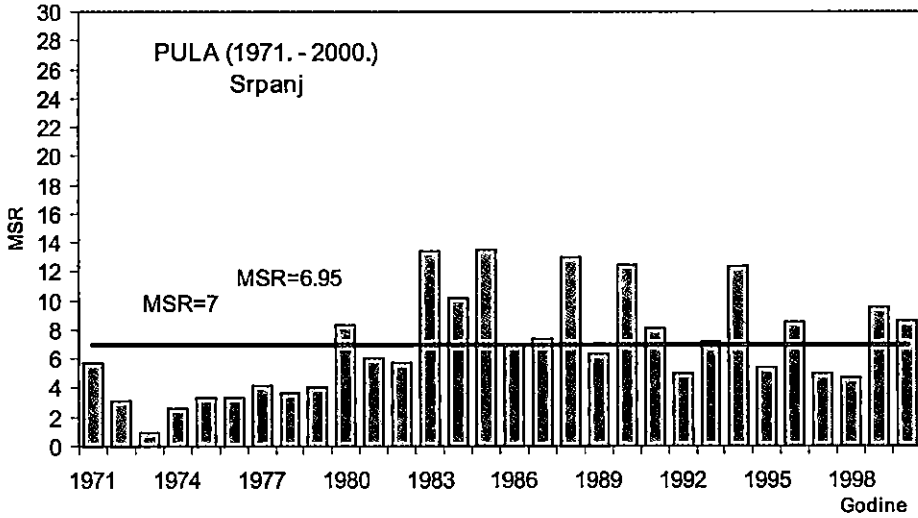
Općenito, meteorološki je indeks opasnosti od šumskih požara način procjene zapaljivosti goriva koji uzima u obzir učinke prošlih i trenutnih vremenskih prilika na tri vrste pokrivača šumskoga tla (šumske prostirke). U njemu su sadržani brojevi koji daju mjeru sadržaja vlage za svako od tih goriva. Uz to koristi sadržaj vlage u gorivima, brzinu vjetra i indekse (ISI i BUI) za računanje konačnih brojčanih indeksa koji procjenjuju intenzitet vatre u standardnim vrstama šume i potencijalnu ugroženost.

Indeks ISI (*Initial Spread Index*) daje ocjenu širenja vatre nakon zapaljenja go-riva standardnoga tipa (kanadski bor), a BUI (*Build-Up Index*) daje numeričku vri-jednost suhoće šumskoga goriva i njegovo stanje za prihvata vatre. Na kraju se određuje numerička vrijednost meteorološkoga indeksa opasnosti od požara (FWI).

Iako je šumska vegetacija na Sredozemlju prilagođena ekološkim uvjetima čije su glavne značajke ljetno sušno razdoblje i požari (Scarascia-Mugnozza i dr. 2000), ipak učestalost i intenzitet požara na nekom području mogu u većoj mjeri negativno utjecati na šumski ekosustav. U svezi s tim nužno je preventivnim mjerama upozoriti na povećanu opasnost od požara s obzirom na različite stanišne uvjete. Prema Van Wagneru (1985), što objašnjava i Dimitrov (1988), jedan od načina procjene ugroženosti jest izračunavanje dnevne, mjesečne i sezonske žestine požara. DSR je dnevna procjena žestina (*Daily Severity Rating*) iz koje se onda izračunava srednja mjesečna MSR (*Monthly Severity Rating*) ili srednja sezonska SSR (*Seasonal Severity Rating*) procjena žestine. Općenito, vrijednosti SSR iznad 7 predstavljaju ekstremnu potencijalnu opasnost, vrijednosti između 3 i 7 predstavljaju visoku do vrlo visoku, vrijednosti između 1 i 3 čine umjerenu, a vrijednosti manje od 1 jednake su niskoj potencijalnoj opasnosti (Dimitrov 1998).

Procjena žestine (DSR, MSR i SSR) u sebi sadrži meteorološke uvjete preko vremenskih elemenata temperature i vlažnosti zraka, brzine vjetra i količine oborine te stanje vlažnosti mrtvoga šumskoga gorivoga materijala. U slučajevima (MSR i SSR) predstavljen je klimatološko-požarni prikaz prosječnoga stanja na nekom području i služi za mjesečne i sezonske analize. Dnevne vrijednosti (DSR) mogu poslužiti kao pokazatelj promjene stanja iz sata u sat i prema tomu za brzo djelovanje i razmještaj postrojba na ugroženim područjima.

U našem istraživanju vrijednosti su procjene žestine za područje Pule sljedeće:



Slika 1 i 2. Mjesečna žestina MSR za Pulu u srpnju i kolovozu u razdoblju 1971–2000, srednja vrijednost za cijelo razdoblje (plavo) i preporučena donja granica ekstremnih vrijednosti (crveno)
 Figure 1 i 2 Monthly Severity Rating MSR for Pula in July and August for period 1971–2000, mean value for whole period (blue line) and recommended low limit of extreme values (red line)

MATERIJAL I METODE MATERIALS AND METHODS

Vegetacijski podaci preuzeti su iz Programa gospodarenja i županijskih prostornih planova te s fitocenološke karte. Podaci o antropogenim čimbenicima prikupljeni su s topografskih karata Hrvatske elektroprivrede i Hrvatskih cesta. Klimatski podaci o navedenom području dobiveni su od Državnoga hidrometeorološkoga zavoda, dok su podaci o matičnom supstratu i tlu dobiveni s pedoloških i geoloških karata. Svi su podaci upisani u jedinstvenu bazu podataka te su im uz pomoć softvera (ArcGis 8.2) pridruženi zemljopisni atributi, tj. njihova točna lokacija u prostoru. GIS-om kao složenim informacijskim sustavom koji povezuju prostorne, zemljopisne podatke prikazane na digitalnim zemljovidima nastojalo se izraditi kvalitetne baze podataka.

Pri radu su korišteni programski paketi Ms Office, ArcGis 8.2. i Spatial Analyst software. Metoda izabrana za izradu digitalnoga modela reljefa bila je Triangular Irregular Network (TIN).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS

Postupak izrade karte potencijalne ugroženosti od požara za šume iziskuje mnogo rada i dobro poznavanje GIS-a te bogatu i pravilno formiranu bazu podataka. Da bi se izradila karta potencijalne ugroženosti od požara za šume, potrebno je izraditi nekoliko karata, kao što su: karta šumskih zajednica, karta namjene zemljišta, karta glavnih prometnica, dalekovoda i naselja, karta tala za istraživano područje, zatim digitalni model reljefa, te karta ekspozicija, karta inklinacija (nagiba) i karta osunčanosti.

Slika 1. Kartografski prikaz šuma kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o., Uprava šuma podružnica Buzet, Šumarija Pula
Figure 1 Cartographic presentation of forests managed by Hrvatske Šume Ltd, Pula Forest Office – Buzet Forest Administration



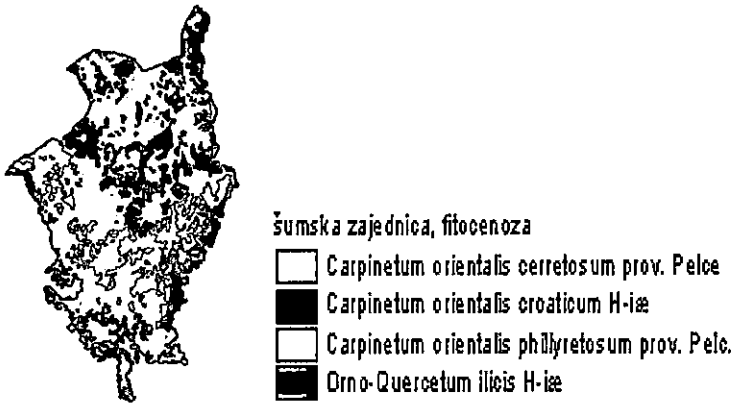
granica šumarije Pula



šume kojima gospodare Hrvatske šume



Svakomu odsjeku Šumarije Pula pridruženi su osnovni podaci (o dobi i dobnom razredu, drvnom obujmu, uređajnom razredu i sl.), čime se dobivaju sve potrebne strukturne informacije.



Slika 2. Karta šumskih zajednica na području Šumarije Pula, Uprava šuma podružnica Buzet
Figure 2 Map of forest communities in the area of Buzet Forest Administration, Pula Forest Office

Karta je nastala vektorizacijom fitocenološke karte u mjerilu 1 : 100 000. Time je karta prevedena u GIS-u i omogućena je njezina daljnja upotreba za izradu karte potencijalne ugroženosti od požara.



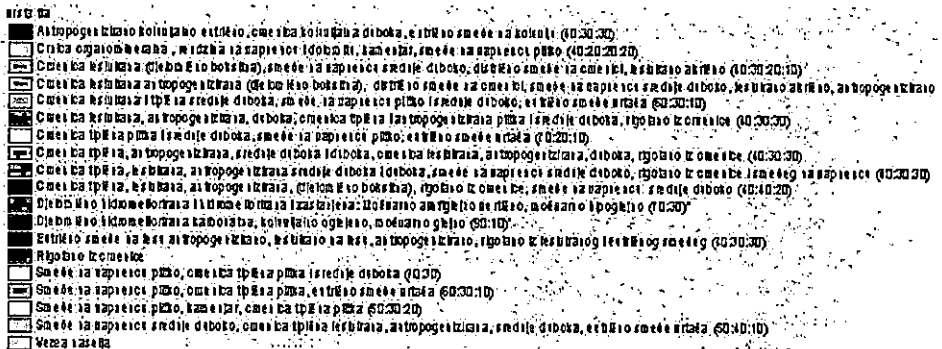
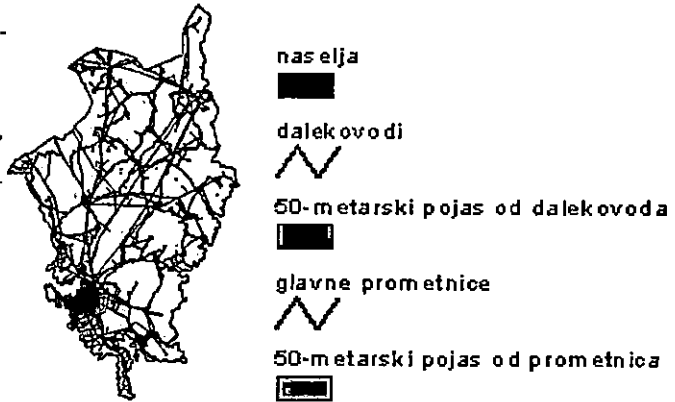
Slika 3. Karta namjene zemljišta na području Šumarije Pula kojim gospodari Uprava šuma Buzet
Figure 3 Map of land use in the area managed by Buzet Forest Administration, Pula Forest Office

Podloga za izradu prikazane karte preuzeta je iz prostornoga plana Istarske županije. Budući se na području kojim gospodari Uprava šuma podružnica Buzet ima površina na kojima je antropogeni utjecaj, važni su bili i antropogeni čimbenici. Važnost antropogenih čimbenika izražen je i u činjenici da je 90 % šumskih požara uzrokovao čovjek.

Budući da je prethodnim kartografskim prikazom utvrđeno da je najviše opožarenih površina u blizini obale, potrebno je bilo napraviti kartografski prikaz glavnih prometnica, dalekovoda i naselja (turistička naselja, izletišta, lovišta i dr.).

Slika 4. Karta glavnih prometnica, dalekovoda i naselja unutar granica Šumarije Pula, Uprava šuma podružnica Buzet

Figure 4 Map of main roads, transmission lines and settlements within the boundaries of Buzet Forest Administration, Pula Forest Office



Slika 5. Karta tala Šumarije Pula, Uprava šuma podružnica Buzet
Figure 5 Map of soils in Buzet Forest Administration, Pula Forest Office

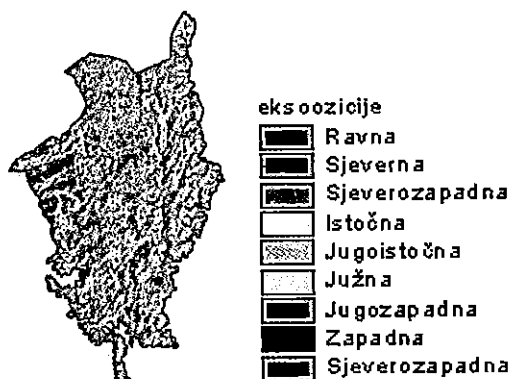
Navedeni kartografski prikaz iznimno je važan radi formiranja mreže prometnica prilikom gašenja šumskoga požara.

Za izradu kartografskoga prikaza bili su potrebni podaci o matičnom supstratu i tlu koji su preuzeti s pedoloških i geoloških karata. Osim toga bili su potrebni i klimatski čimbenici. Potom je napravljen digitalni model reljefa koji je dobiven primjenom prikupljenih podataka i vektorizacijom (digitalizacijom) izohipsi i kota s topografskih karata u mjerilu 1 : 25 000 pomoću *Triangular metode, irregular network* (TIN).

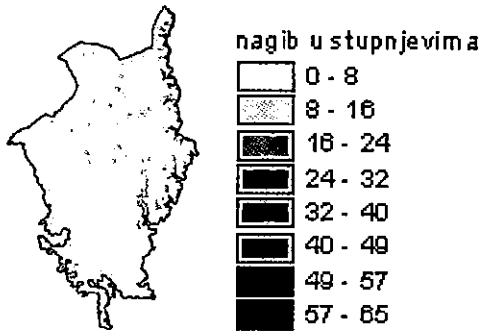


Slika 6. Digitalni model reljefa (Raški zaljev)
Figure 6 Digital relief model (area of Raša Bay)

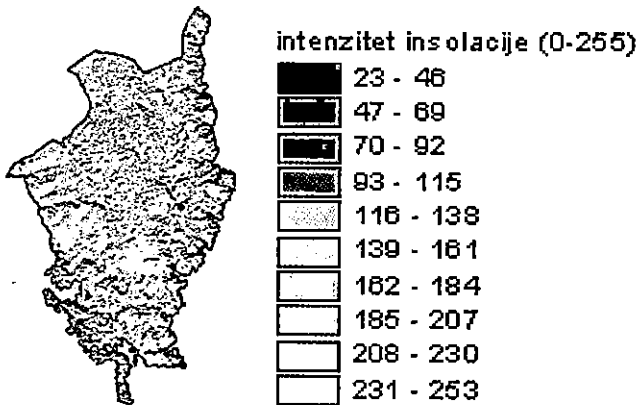
Trodimenzijski digitalni model reljefa omogućio je softversku izradu digitalnih karata ekspozicija, inklinacija i osunčanosti. One omogućuju vidljivost s protupožarnih osmatračnica i osmatračkih mjesta.



Slika 7. Karta ekspozicija na području Šumarije Pula, Uprava šuma podružnica Buzet
Figure 7 Exposition map in the area of Buzet Forest Administration, Pula Forest



Slika 8. Karta inklinacija (nagiba) područja Šumarije Pula, Uprava šuma podružnica Buzet
Figure 8 Inclination (slope) map in the area of Buzet Forest Administration, Pula Forest



Slika 9. Karta osunčanosti područja Šumarije Pula, Uprava šuma podružnica Buzet
Figure 9 Insolation map in the area of Buzet Forest Administration, Pula Forest

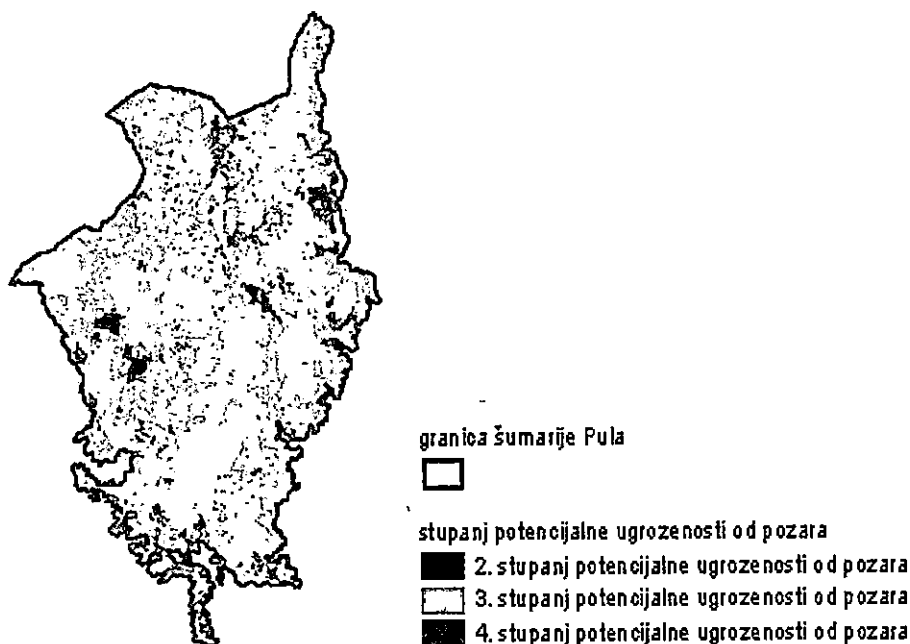
Rezultat svih ulaznih podataka jest prikazana karta kojom dobivamo stupnjeve potencijalne ugroženosti od požara za područje Šumarije Pula.

RASPRAVA I ZAKLJUČAK DISCUSSION AND CONCLUSION

Broj požara u svijetu u stalnom je porastu. To se može povezati s postojanjem sve manje nedirnutih („neosvojenih“) dijelova prirode. Ako neko područje čovjek nije naselio, onda je ispresijecano infrastrukturnim vodovima (ceste, željeznica, naftovodi, elektrovodi i sl.). Svi ti čimbenici uz klimatske, pedološke i vegetacijske utječu na broj i veličinu požara (Španjol 1996).

Velez (1992) ističe da u Španjolskoj godišnje izbije oko 16 000 požara i izgori 90 000 ha šuma. Isti autor navodi da turizam tu igra važnu ulogu. Kod nas najveći broj požara nastaje na području Jadrana s obzirom na značajke podneblja.

Sustavi procjene opasnosti od šumskih požara koji se koriste trebali bi omogućiti da protupožarne službe budu pripravne i prilagođene nastaloj situaciji (Španjol 1996).



Slika 10. Karta potencijalne ugroženosti od požara za šume
Figure 10 Map of potential forest fire risk

U našem istraživanju izgradnja složenoga GIS-a omogućava stvaranje dinamičkog digitalnog zemljovida potencijalne ugroženosti od požara. Nadalje, omogućava se trajno praćenje stanja na terenu putem digitalnih zemljovida koji se automatski ažuriraju upisom novih podataka u bazu, bržu i lakšu obradu podataka i provedbu raznih prostornih analiza. Takav sustav može se usporediti s međunarodnim iskustvima i tehnologijama (Acevedo i dr. 1995, Andrews 1986, Clarke i dr. 1994, Jakubauskas i dr. 1990) koje se mogu primjeniti na sustavima za predviđanje i rano otkrivanje šumskih požara. GIS analiza obuhvaća slijedeće postupke: digitalizaciju područja, analizu istraživanog područja i odabir odgovarajućih kriterija, pridjeljivanje prostornih podataka i njihovo strukturiranje s obzirom na kriterije, uspostavu prostorne baze podataka, definiranje homogenih zona i analizu područja korištenjem tehnike preklapanja, te izradu završne karte homogenih zona.

U smislu procjene ugroženosti i zaštite šuma od požara Mladineo i dr. (2001) navode da GIS i multikriterijalna analiza čine učinkovitu modelsku podršku za rješavanje kompleksnih problema zaštite šuma od požara uz tehničku podršku koju čine suvremeni sustavi za rano detekciju požara, te odgovarajuća komunikacijska i računalna podrška.

Smatramo da primjena novih tehnologija uz detekcijske sustave za rano otkrivanje šumskih požara značajnije može utjecati na kvalitetu preventivnih mjera.

Krajni cilj je smanjenje opožarene površine po jednom požaru, te na taj način smanjujemo i ukupnu štetu. Naravno da primjena navedenih tehnologija najbolje može doći do izražaja u okviru upravljanja jednim protupožarnim sustavom uz institucionalnu podršku.

LITERATURA REFERENCES

- ž Acevedo, M. F., D. L. Urban, M. Ablan, 1995: Transition and gap models of forest dynamics. *Ecological Applications*, 5: 1040–1055.
- Andrews, P. L., 1986: BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system- BURN subsystem, part 1. Technical Report INT-194, USFS Intermountain Forest Research Station, Ogden, UT.
- č Clarke, K. C., J. A. Brass, P. J. Riggan, 1994: A cellular automaton model of wildfire propagation and extinction. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 60 (11): 1355–1367.
- sz č Dimitrov, T., 1998: Gorenje globalne biomase, *Šumarski list*, 9–10, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, 443–455.
- č Jakubauskas, M. E., K. P. Lulla, P. W. Mausel, 1990: Assessment of vegetation change in a fire-altered forest landscape. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56: 371–377.
- z Mladineo, N., S. Knezić, J. Buzolić, 2001: Protupožarna zaštita korištenjem GIS podrške i protupožarnih senzora. *Vatrozaštita, protuprovala i videonadzor*, Zbornik radova, Šibenik, 1–8.
- č Scarascia-Mugnozza, G., H. Oswald, P. Piussi, H. Radoglou, 2000: Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *For. Ecol. Manage.*, 132: 97–109.
- Španjol, Ž., 1996: Biološko-ekološke i vegetacijske posljedice požara u borovim sastojinama i njihova obnova. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Van Wagner, C. E., T. L. Pickett, 1985: Equations and Fortran Program for the Canadian Forest Fire Weather Index System, Canadian Forestry Service, Government of Canada, Forestry Technical Report, 33, 18 str.
- Velez, R., 1992: The Spanish Forests Fire protection Policy. Interministerial seminar on Forest Fires, Lisabon.

USING GIS TECHNOLOGY TO ASSESS FIRE RISK IN MEDITERRANEAN FORESTS

SUMMARY

Forest fire risk assessment using GIS was done in the area managed by “Hrvatske Šume Ltd”, Pula Forest Office – Buzet Forest Administration. The collected data that affect the occurrence and spread of a forest fire include vegetational, anthropogenic, climatic, geological, pedological and orographic factors. The paper discusses new technologies to be used with the purpose of improving preventi-

ve measures. These measures are necessary in view of daily, monthly and seasonal fire severity ratings in the study area. The basic prerequisite for a successful application is the construction of a good quality database, which will guarantee better reliability of the obtained results and maps. One of the main goals involves a more significant influence on the reduction of a burnt area per fire.

Key words: forest fires, vegetation, preventive measures, GIS

UDK: 630*228.7

ULOGA BOROVIH KULTURA U ZAUSTAVLJANJU DEGRADACIJE STANIŠTA NA MEDITERANSKOM KRŠU

THE PINE CULTURE ROLE IN STOPPING OF SITE DEGRADATION ON MEDITERRANEAN KARST

DAMIR BARČIĆ, ŽELJKO ŠPANJOL, ROMAN ROSAVEC

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Degradacija šumskih staništa na otoku Rabu započela je prije nekoliko stotina godina, a uzroci su u prvom redu negativan antropogeni utjecaj i nakon toga nepovoljni uvjeti podneblja za prirodnu obnovu klimatskozonske vegetacije. Devastacija je uvjetovala na dijelu otoka nestajanje ili ostatak samo degradiranih oblika temeljne autohtone šumske vegetacije, šume hrasta crnike i crnoga jasena (*Fraxino ornii-Quercetum ilicis* H-ić /1956/ 1958). Početkom prošloga stoljeća započela su intenzivna pošumljavanja radi zaustavljanja degradacije staništa. Izmijenjeni stanišni uvjeti zahtijevali su pošumljavanja pionirskim vrstama kao što su borovi: alepski bor (*Pinus halepensis* Mill.), crni bor (*Pinus nigra* J. F. Arnold), primorski bor (*Pinus pinaster* Aiton), brucijski bor (*Pinus brutia* Ten.), pinija (*Pinus pinea* L.). Glavna uloga borova bila je omogućiti stanišne uvjete za povratak klimatskozonske vegetacije. Stoga je uz sadnju borova pri pošumljavanju istodobno posijan i hrast crnika (*Quercus ilex* L.). Na taj se način nastojala iskoristiti zaštitna uloga borova i spriječiti daljnja degradacija i devastacija. U radu je istraživao odnos borovih kultura prema povratku autohtone vegetacije.

Ključne riječi: borovi, pošumljavanje, degradacija, zaštita staništa

UVOD INTRODUCTION

Šumske borove kulture na jadranskom području Hrvatske podizane su radi zaštite staništa od nepovoljnih abiotičkih čimbenika (jakih vjetrova, sunčožara) i obnove autohtonih sastojina listača, uglavnom šumske zajednice hrasta crnike i crnoga jasena, te hrasta medunca i crnoga graba. Pošumljavanje tih površina izvodilo se prema Topiću (1982) biološkim melioracijskim radovima: sadnjom i sjetvom uz pripre-

mu staništa. Na taj način raznim pionirskim vrstama, uglavnom borovima, zaustavljena je devastacija i degradacija na nekom staništu. Uglavnom su osnivane čiste borove kulture, premda u manjoj mjeri nalazimo i mješovite kulture četinjača. Posebno je korištena vrsta bio alepski bor jednako kao i u suhim i polusuhim područjima Sredozemlja (Maestre i dr. 2003). Razlog pošumljavanja alepskim i drugim borovima, a ne nekim autohtonim listačama (*Quercus ilex* L, *Quercus pubescens* Willd.), objašnjen je time što je alepski bor izrazito pionirska vrsta koja podnosi duga sušna razdoblja i može opstati u širokom opsegu nepovoljnih stanišnih uvjeta (Barbero i dr. 2000, Quezel 2000). Stoga i sastojine alepskoga bora pokrivaju u Sredozemlju površinu veću od 25 000 km² (Quezel 2000), dok je na Pirinejskom poluotoku 43 % od svih sastojina alepskoga bora osnovano pošumljavanjem (Velez 1986). U Hrvatskoj borove kulture na jadranskom krškom području imaju uglavnom zaštitne i ekološke uloge, te ulogu u povratku klimatskozonske vegetacije, a tek neznatno i pojedinačno imaju i gospodarsku ulogu. Njihovo cjelovito vrednovanje dolazi do izražaja u slučaju gospodarske uloge, što se poslije očituje i u jednostavnijim i jeftinijim radovima na obnovi tih sastojina. Danas je problem osnivanja borovih kultura u Hrvatskoj izražen u izboru vrsta za pošumljavanje i u neprovođenju šumskouzgojnih radova na njezi, što je zajedno povezano s određivanjem namjene tih kultura. Stoga i Espelta i dr. (2003) navode važnost i ekonomske i ekološke uloge. Poseban problem na jadranskom krškom području pri pošumljavanju vidljiv je u pogoršanim edafskim i mikroklimatskim uvjetima, što je slučaj i u drugim sredozemnim zemljama, te je bitna priprema staništa (Fleming i dr. 1996) i kvalitetan sadni materijal. Na taj način u kasnijim godinama možemo očekivati stabilnu sastojinu i s ekološkoga gledišta sukcesija vegetacije ide u smjeru povratka elemenata klimatskozonske šumske vegetacije koja je prije pošumljavanja nestala ili je u neznatnoj mjeri bila rasprostranjena na tom staništu. Borove kulture trebale bi u razdoblju od jedne ili češće više ophodnji osigurati povoljne stanišne uvjete za povratak i obnovu klimatskozonske vegetacije listača, povećati stabilnost u ekosustavu, spriječiti degradaciju i općenito pozitivno utjecati na stanište (Cortina i Vallejo 1999, Vallejo i dr. 1999, 2000). Neki autori (Kutiel i Naveh 1987, Cerda 1998) navode i ulogu borova u poboljšanju plodnosti i strukture tla. Razvoj autohtone vegetacije ovisan je o biotskim i abiotskim čimbenicima, što je istraživano na pokusnim plohama postavljenima u borovim kulturama. U ovom će se radu pokušati utvrditi melioracijski uspjeh različitih borovih kultura, te odgovoriti na pitanje da li borove kulture uopće stvaraju povoljne edafske i sastojinske uvjete za razvoj listača i da li se vrste bora u kulturi razlikuju prema melioracijskomu uspjehu.

CILJEVI ISTRAŽIVANJA AIM OF RESEARCH

Pokus je postavljen u šumskim borovim kulturama na otoku Rabu sa sljedećim ciljevima:

- Odrediti utjecaj i odnos alohtone vegetacije (borova) na autohtonu vegetaciju listača
- Odrediti sadašnje stanje i namjenu borovih kultura
- Odrediti izbor vrsta za pošumljavanje s obzirom na stanišne uvjete, te na zaustavljanje devastacije vegetacije i degradacije staništa.

MATERIJAL I METODE MATERIALS AND METHODS

Vegetacijski snimci napravljeni su na svakoj plohi na površini od 25×25 m, tj. 625 m^2 , prema metodologiji biljne sociologije (Braun-Blanquet 1964, Dierschke 1994). Brojnost i pokrovnost vrsta procijenjene su pomoću proširene skale prema Barkmanu i dr. (1964). Procjene su prije numeričke analize transformirane u ordinalnu skalu prema Van der Maarelu (1979). Biljna je nomenklatura uzeta prema Nikoliću (1994, 1997, 2000).

Terenska istraživanja napravljena su na pokusnim plohama dimenzija 25×25 m (625 m^2). Za izračunavanje količine šumske prostirke uzeta su po 4 uzorka površine 25×25 cm (ukupno $0,25 \text{ m}^2$) na svakoj plohi. Svim je uzorcima određena masa prije sušenja i nakon sušenja na $105 \text{ }^\circ\text{C}$, te je izračunata prosječna masa uzorka i preračunata u kg/ha.

Obavljene su ove laboratorijske analize:

1. Mehanički sastav tla određen je pipetnom metodom nakon ekstrakcije u $0,1 \text{ M Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$.
2. Reakcija tla izmjerena je elektrometrijski, kombiniranom elektrodom, u suspenziji tla u vodi, odnosno u $0,01 \text{ M CaCl}_2$, u odnosu $1 : 2,5$ za površinske mineralne i argiloakumulativne horizonte, te u odnosu $1 : 10$ za izrazito humozne površinske horizonte. Za mjerenje je korišten laboratorijski mikroprocesorski pH-metar oznake MA 5736, točnosti $\pm 0,01$ pH, tvrtke Metrel.
3. Sadržaj humusa određen je bikromatnom metodom po Tjurinu.
4. Sadržaj ukupnoga dušika određen je spaljivanjem po postupku Kjeldahla i destilacijom po Bremneru.
5. Uzorci šumske prostirke samljeveni su i homogenizirani te su spaljeni u mikrovalnoj peći s HNO_3 (*Milestone laboratory system*). Sadržaj K je očitavan plamen-fotometrijski, a svi ostali elementi određeni su metodom AAS (atomska apsorpcijska spektrofotometrija).

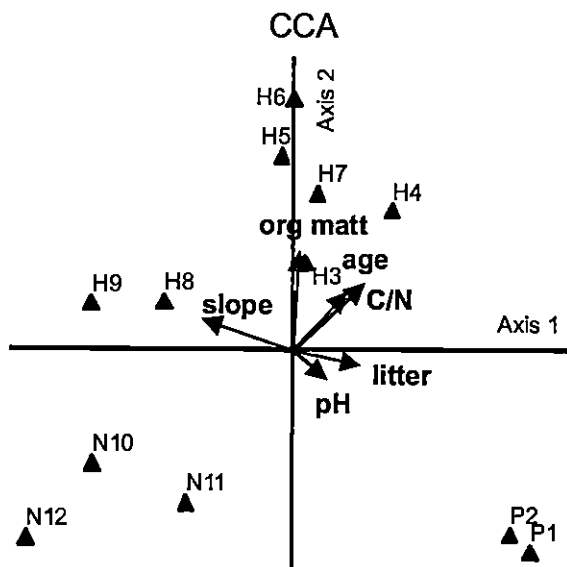
Istraživanje strukture sastojine obuhvaćalo je izmjeru po vrstama drveća, debeljinskim razredima, broju stabala, temeljnici, drvnoj zalihi, također uz izmjeru strukture mladoga naraštaja po vrstama drveća i visinskim klasama. Drvna je zaliha izračunata za alepski bor prema dvoulaznim volumnim tablicama alepskoga bora (Benko, Novotny, Szivovicsa, Bezak, Vrbek 1997), za crni bor prema dvoulaznim volumnim tablicama prema Bezaku (1992), a za primorski bor prema *Inventario Forestale Nazionale Italiano* (1984).

Primijenjene su i multivarijantne analize TWINSpan – *Two Way Indicator Species Analysis* (Hill 1979, Gauch i Whittaker 1981). Odnos između kvantitativnih okolišnih varijabli i vegetacije istražen je pomoću *Canonical Correspondence Analysis* (Ter Braak 1986, Jongman i dr. 1995). Odnos vrsta prema kvalitativnim varijablama istražen je pomoću *Indicator Species Analysis* (Dufrene i Legendre 1997).

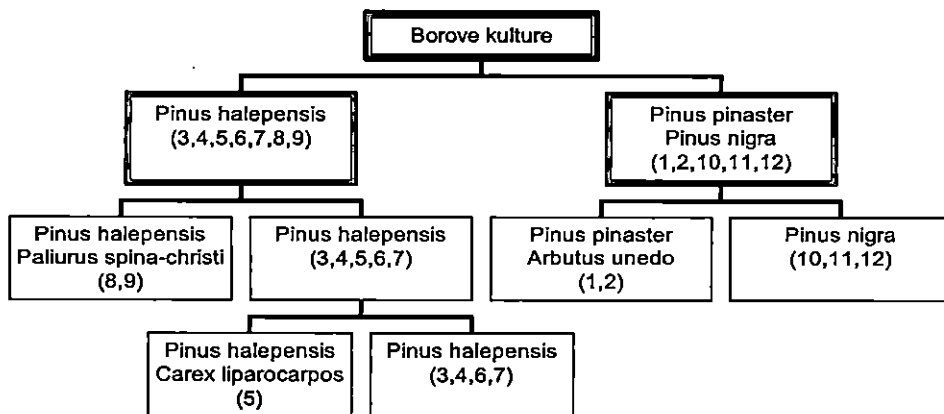
REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS

Slika 1 predstavlja osi ordinacije kultura bora i korelacije s okolišnim varijablama. Prva os ordinacije predstavlja gradijent fizikalno-kemijskih parametara, nagiba, pH-vrijednosti i količine listinca. Druga os ordinacije predstavlja hranidbeni gradijent. Iz prikaza je vidljivo da su kulture primorskoga bora na ravnom tlu s većom količinom listinca i većom pH-vrijednosti. Kulture alepskoga bora na lokalitetu Frkanj (H3 - H7) na tlu su manjega nagiba s više organske tvari, dok su kulture alepskoga bora na lokalitetu Lopar (H8 i H9) na većem nagibu i jače degradiranom tlu. Kulture crnoga bora (N10 - N12) na slabo su hranjivom tlu na rendzini, a matični je supstrat fliš.

Slika 2 prikazuje klasifikaciju ploha na tri stupnja. Na prvom su se stupnju razdvojile dvije skupine ploha prema prisutnosti vrste *Pinus halepensis* u sloju A (plohe 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), tj. kulture alepskoga bora od kultura primorskoga i crnoga bora. Na drugom stupnju razdvajaju se kulture primorskoga bora (plohe 1, 2) i kulture crnoga bora (plohe 10, 11, 12), i to prema vrsti *Arbutus unedo*. Također na drugom stupnju razdvajaju se plohe 8 i 9 od skupine ploha 3, 4, 5, 6 i 7, i to prema

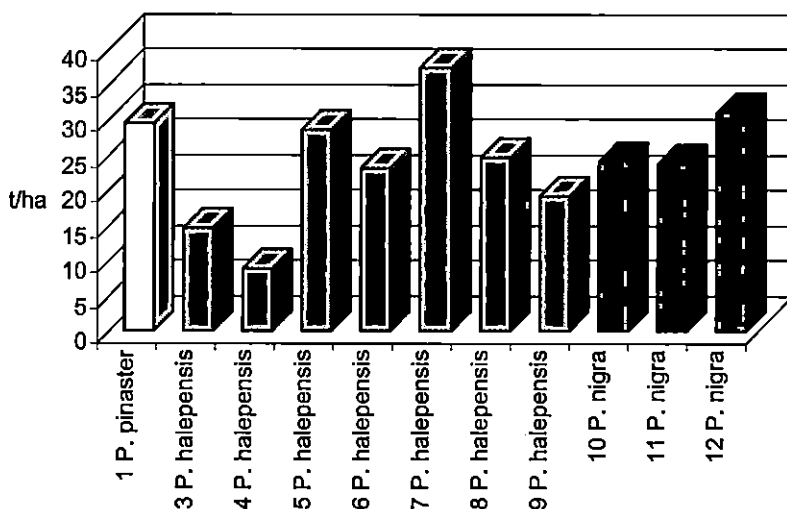


Slika 1 – prikaz multivarijantne analize *Canonical Correspondence Analysis* (P – kulture primorskoga bora, H – kulture alepskoga bora, N – kulture crnoga bora)
Figure 1 – Biplot *Canonical Correspondence Analysis* (P – culture of *Pinus pinaster*, H – culture of *Pinus halepensis*, N – culture of *Pinus nigra*)



Slika 2. Analiza TWINSPAN
Figure 2 TWINSPAN (Two-Way Indicator Species Analysis)

prisutnosti vrste *Paliurus spina christi*. Na trećem stupnju razdvajaju se skupine koje obuhvaćaju plohe 3, 4, 6 i 7 od plohe 5, i to prema vrsti *Carex liparocarpos*. Navedena analiza uspoređena s istraživanjem strukture sastojine potvrđuje kako u melioracijskom smislu postoji značajna razlika između kultura alepskoga bora od kultura primorskoga i crnoga bora. Osobito je značajno navesti indikatorsku vrstu *Paliurus spina christi* za kulture alepskoga bora jer je ona sastavni dio kamenjarskih površina na mediteranskom kršu. Istodobno je indikatorska vrsta za kulture primorskoga bora *Arbutus unedo*, vazdazelena vrsta iz reda *Quercetalia ilicis*.



Slika 3. Količina šumske prostirke na pokusnim plohama
Figure 3 Quantity of forest litter on experimental plots

RASPRAVA I ZAKLJUČAK DISCUSSION AND CONCLUSION

Borove kulture na otoku Rabu podizane su s ciljem da se zaustavi devastacija vegetacije i degradacija staništa, koje su usko povezane. Nestajanje vegetacije utječe negativno i na tlo u smislu zaštite njegovih fizikalno-kemijskih svojstava i odnošenja tla erozijom. Erozijom (posebno značajna eolska) izgubljeno tlo stvara promijenjene uvjete na staništu i otežava ponovnu obnovu i povratak autohtone vegetacije. S tim u svezi i Horvat (1949, u: Vukelić 1998) osobito je značenje pridavao usporednomu razvoju vegetacije i tla na kojemu raste. Prema Gračaninu (1955) i Martinoviću (1993, u Martinović 1997) utvrđena je značajna povezanost između degradacijskih stadija vegetacije i svojstava tla.

U stanišnim uvjetima na otoku Rabu, a glede utjecaja na povratak autohtone vegetacije, veću ulogu imaju kulture primorskoga i crnoga bora u odnosu na kulture alepskoga bora. Alepski bor najmanje pogoduje razvoju autohtone vegetacije listača, što pokazuju i rezultati istraživanja u jugoistočnoj Španjolskoj (Maestre i dr. 2003). Kulture alepskoga i drugih vrsta bora povećavaju količinu organske tvari u tlu (Bautista 1999, Romanya i dr. 2000), što je potvrđeno i u našem istraživanju (maksimalne vrijednosti su za kulturu alepskoga bora 36,97 t/ha, za kulturu primorskoga bora 29,06 t/ha, za kulturu crnoga bora 30,74 t/ha). Velike količine šumske prostirke (organske tvari) ne znače nužno i poboljšanje edafskih uvjeta i brži povratak autohtone vegetacije listača (Broncano i dr. 1998) jer spora humifikacija i mineralizacija uvjetuje nakupljanje lisne mase koja sprječava ili otežava razvoj ponika drugih vrsta, uglavnom listača. Prema Topiću (1990) borovi, iako su alohtone vrste, dobro se adaptiraju prema ekolišnim uvjetima koji vladaju na krškom području, a uz to su zanimljive vrste s melioracijskoga i ekonomskoga gledišta. Potrebno je naglasiti i postojanje razlika između borova koji dolaze u čistim borovim kulturama, a razlike u djelovanju borova na stanište mogu biti uvjetovane sinekološkim i biotskim čimbenicima. Uzevši u obzir neka fizikalno-kemijska svojstva tla (pH, odnos C/N, količina listinca), može se pratiti utjecaj vegetacije na stanište.

Melioracijski učinak pošumljavanja borovim kulturama trebao bi biti povratak autohtonih vrsta listača i zaustavljanje tokova devastacije i degradacije. Kao mjera uspjeha može se koristiti broj i abundancija autohtonih vrsta listača u tim kulturama. U našim istraživanjima u tom se smislu kao najbolja pokazala kultura primorskoga bora u kojoj je broj autohtonih vrsta listača u sloju grmlja bio najveći i s najvećom abundancijom. Isto tako je i broj autohtonih vrsta u sloju prizemnoga rašća u toj kulturi bio najveći. Međutim, pri tome treba uzeti u obzir da su kulture na Rabu podizane u različitim stanišnim uvjetima. Značenje meliorativnoga učinka kultura primorskoga bora mogla bi umanjiti činjenica da su te kulture na Rabu podizane na najpovoljnijim staništima (najdublja tla, najmanja skeletnost tla, najmanji nagib, zaštićenost od vjetrova, posolice). To bi mogao biti barem djelomičan razlog da su te kulture pokazale najveći meliorativni efekt tako da se njihov meliorativni uspjeh može smatrati samo relativnim u odnosu na druge dvije kulture. U kulturama alep-

skoga i crnoga bora broj i abundancija autohtonih vrsta bila je manja. Slično našim istraživanjima, kulture alepskoga bora se i u drugim dijelovima Sredozemlja nisu pokazale pogodnima u melioracijskom smislu (Trabaud 1994, Benabdeli 1998, Maestre i dr. 2003, Maestre i Cortina 2004).

Nadalje, u borovim kulturama na otoku Rabu nisu provedeni šumskouzgojni zahvati. U nekim slučajevima gdje su takvi zahvati u borovim kulturama bili izvođeni utvrđeno je da oni poboljšavaju kvalitetu drva (gospodarsko značenje) i stabilnost sastojine u ekološkom smislu (Roehle 1991, Schiller i dr. 1998). Na kraju rezultati ovih istraživanja pokazuju da je meliorativni uspjeh borovih kultura na Rabu samo djelomičan, tj. da određeni uspjeh ima samo kultura primorskoga bora, zatim crni bor, dok alepski bor ne poboljšava bitno stanišne uvjete za obnovu autohtone vegetacije tijekom jedne ophodnje. Otežavajuća okolnost s melioracijskoga gledišta može biti i korištenje kultura kao pašnjačkih površina.

Glede izbora vrsta smatramo da na eumediteranskom krškom području treba dati prednost primorskomu boru posebno u odnosu na alepski bor. Svakako da to ne isključuje sadenje nekih drugih vrsta i osnivanje mješovitih sastojina osobito ako je bitna samo zaštitna uloga. Tako je u sklopu ovoga zadatka i u suradnji s Universidad Nacional del Sur (Republika Argentina) uz odobrenje Ministarstva poljoprivrede i šumarstva uvezeno šumsko sjeme ovih vrsta: *Prosopis chilensis* (Molina) Stuntz, *Acacia visco* Mill., *Acacia melanoxylon* R. Br., *Schinus areira* L., *Pinus radiata* D. Don, *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus viminalis* Labill., *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Navedene vrste koriste se u Argentini, gdje su uvjeti podneblja slični našoj eumediteranskoj i stenomediteranskoj zoni. U Argentini imaju važnu ulogu u zaustavljanju degradacije staništa, te važnu gospodarsku ulogu u podizanju kultura ili u šumsko-poljodjelskim programima. Mogućnost njihova korištenja u nas ovisi o rasadničarskoj proizvodnji i prilagodbi tih vrsta našim stanišnim uvjetima, što se može pokazati pokusima na manjim površinama.

LITERATURA REFERENCES

- ⋄ Barbero, M., R. Loisel, P. Quezel, D. M. Richardson, F. Romane, 2000: Pines of the Mediterranean Basin. In: D. M. Richardson (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, 153–170.
- č Barkman, J. J., H. Doing, S. Segal, 1964: Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur Quantitativen Vegetationsanalysen. *Acta Bot. Neerl.*, 13: 394–419.
- Ⓓ Bautista, S., 1999: Regeneracion post-incendio de un pinar (*Pinus halepensis*, Miller) en ambiente semiárido. Erosion del suelo y medidas conservacion a corto plazo. Ph.D. Thesis. Universidad de Alicante, Alicante.
- č Braak, ter C. J. F., 1986: Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167–1179.
- Ⓢ Braun-Blanquet, J., 1964: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*, ed. 3. Springer Verlag, Wien.
- č Broncano, M. J., M. Riba, J. Retana, 1998: Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, holm oak (*Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): a multifactor experimental approach. *Plant Ecol.*, 138: 17–26.

- č Benabdelli, K., 1998: First dendrometrical results of Aleppo pine plantation (*Pinus halepensis* Mill.) in the Green Barrage (Aflou Algeria). *Ecol. Mediterranea*, 24: 43–51.
- R č Benko, M., V. Novotny, L. Szirovicza, K. Bezak, B. Vrbek, 1997: Volumne tablice alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.). *Rad. Šumar. inst., posebno izdanje*, 6: 1–138, Jastrebarsko.
- R č Bezak, K., 1992: Tablice drvnih masa cera, crnog bora i običnog bora. *Radovi*, broj 5, Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb.
- č Cerda, A., 1998: Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types. *Catena*, 32: 73–86.
- ž Cortina, J., V. R. Vallejo, 1999: Restoration of Mediterranean ecosystems. In: A. Farina (ur.), *Perspectives in Ecology: A glance from the VII International Congress on Ecology*, Backhuys Publishers, Leiden, 479–490.
- κ Dierschke, H., 1994: *Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden*, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- č Dufrene, M., P. Legendre, 1997: Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67 (3): 354–366.
- č Espelta, J. M., J. Retana, A. Habrouk, 2003: An economic and ecological multi-criteria evaluation of reforestation methods to recover burned *Pinus nigra* forests in NE Spain. *For. Ecol. Manage.*, 180: 185–198.
- č Flemming, R. L., T. A. Black, R. S. Adams, 1996: Site preparation effects on Douglas-fir and lodgepole pine water relations following planting in a pine-grass dominated clearcut. *For. Ecol. Manage.*, 83: 47–60.
- č Gauch, H. G. Jr., R. H. Whittaker, 1981: Hierarchical classification of vegetation. *Journal of Ecology*, 69: 315–324.
- o Hill, M. O., 1979: TWINSPAN - FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca, NY: *Ecology and Systematics*, Cornell University.
- o *Inventario Forestale Nazionale Italiano (I.F.N.I.)*, 1984: *Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste*, 1–111, Trento.
- κ Jongman, R. H. G., C. J. F. ter Braak, O. F. R. van Tongeren, 1995: *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- č Kutiel, P., Z. Naveh, 1987: Soil properties beneath *Pinus halepensis* and *Quercus calliprinos* trees on burned and unburned mixed forest on Mt. Carmel Israel. *For. Ecol. Manage.*, 20: 11–24.
- č Maarel, E. van der, 1979: Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. *Vegetatio*, 39: 97–114.
- č Maestre, F. T., J. Cortina, S. Bautista, J. Bellot, 2003: Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs in Mediterranean semi-arid afforestations? *For. Ecol. Manage.*, 176: 147–160.
- č Maestre, F. T., J. Cortina, 2004: Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas? *For. Ecol. Manage.*, 198: 303–317.
- κ Martinović, J., 1997: *Tloznanstvo u zaštiti okoliša*. Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb, 107–108.
- # č Nikolić, T. (ur.) 1994: *Index Florae Croaticae, Pars 1*. *Natura Croatica*, 3, Suppl. 2.
- # č Nikolić, T. (ur.) 1997: *Index Florae Croaticae, Pars 2*. *Natura Croatica*, 6, Suppl. 1.
- # č Nikolić, T. (ur.) 2000: *Index Florae Croaticae, Pars 3*. *Natura Croatica*, 9, Suppl. 1.
- κ Quezel, P., 2000: Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *Pinus brutia*). In: G. Neeman, L. Trabaud (eds.), *Ecology, Biogeography and Ma-*

nagement of *Pinus halepensis* and *P. Brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin, Backhuys Publishers, Leiden, 1–12.

- κ Roehle, H., 1991: Yield tables for Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Israel. Dept. of Forest Yield Sciences, University of Munich, Germany, 63 str.
- č Romanya, J., J. Cortina, P. Falloon, K. Coleman, P. Smith, 2000: Modelling changes in soil organic matter after planting fastgrowing *Pinus radiata* on Mediterranean agricultural soils. Eur. J. Soil Sci., 51: 627–641.
- č Schiller, G., Y. Cohen, 1998: Water balance of *Pinus halepensis* Mill. Afforestation in an arid region. For. Ecol. Manage, 105: 121–128.
- sl č Topić, V., 1982: Efekti biološko-tehničkih melioracionih mjera na pokusnoj plohi Klačine. Šumarski list, CVI (1–3): 11–31, Zagreb.
- sl č Topić, V., 1990: Prirast nekih vrsta četinjača na submediteranskom krškom području Dalmacije, Šumarski list, 11–12: 441–450, Zagreb.
- κ Trabaud, L., 1994: Postfire plant community dynamics in the Mediterranean Basin. In: J. M. Moreno, W. M. Oechel (ed.), The Role of Fire in Mediterranean-type Ecosystems, Springer, New York, 1–15.
- κ Vallejo, V. R., S. Bautista, J. Cortina, 1999: Restoration for soil protection after disturbances. In: L. Trabaud (ed.), Life and Ecosystems in the Mediterranean, WIT Press, Southampton, 301–344.
- o Vallejo, V. R., I. Serrasolses, J. Cortina, J. P. Seva, A. Valdecantos, A. Vilagrosa, 2000: Restoration strategies and actions in Mediterranean degraded lands. In: G. Enne, Ch. Zannolla, D. Peter (eds.), Desertification in Europe: Mitigation Strategies, Land Use Planning. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 221–233.
- č Velez, R., 1986: Fire prevention in Aleppo pine forests. Options Mediterranennes, 1: 167–178.
- κ Vukelić, J., Đ. Rauš, 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 106–113.

THE PINE CULTURE ROLE IN STOPPING OF SITE DEGRADATION ON MEDITERRANEAN KARST

SUMMARY

Degradation of forest sites on the island of Rab goes back several hundred years. The causes include in the first place negative anthropogenic impacts, followed by climatic conditions that are hostile to natural regeneration of climatozonal vegetation. In a part of the island, devastation has led to the disappearance of forests or the preservation of only degraded forms of the basic autochthonous forest vegetation, the forest of holm oak and manna ash (*Fraxino ornii-Quercetum ilicis* H-ic/1956/1958). The beginning of the twentieth century saw intensive afforestation activities aimed at halting site degradation processes. The changed site conditions dictated afforestation with pioneer species, such as pines: Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.), black pine (*Pinus nigra* J. F. Arnold), maritime pine (*Pinus pinaster* A. Mill.).

ster Aiton), Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.), and stone pine (*Pinus pinea* L.). The main task of the pines was to create site conditions for the return of climatozonal vegetation. For this reason, afforestation was accomplished with planting pine seedlings and sowing holm oak seeds (*Quercus ilex* L.), the intention being to make use of the protective role of pines and prevent further degradation and devastation processes. The paper examines the correlation between pine cultures and the return of autochthonous vegetation.

Key words: pines, reforestation, degradation, site protection

UDK: 630*114.2

KONTAMINIRANOST TLA U NAFTNOM POLJU

CONTAMINATED STATE OF THE SOIL IN THE OIL FIELD AREA

NIKOLA PERNAR, DARKO BAKŠIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu su prikazani rezultati istraživanja kontaminiranosti tla šumskoga ekosustava na primjeru naftnoga polja Žutica u Posavini. Istraživanja su provedena na 6 pokusnih ploha, a u transverzalnom aspektu obuhvatila su opterećenost tla teškim kovinama, otpuštanje ulja iz tla u hidrosferu te testiranje tla na povišeni sadržaj soli (elektrovodljivost). Longitudinalni aspekt istraživanja predstavlja trogodišnje praćenje koncentracije ukupnih mineralnih ulja (TPH) u tlu. Istraživanja su pokazala da tlo na pokusnim plohama nije opterećeno teškim kovinama ni lako topivim solima, a niske vrijednosti koncentracije TPH-a u vodenom eluatu tla upućuju na zaključak da ono nije izvor polucije hidrosfere naftnim ugljikovodicima. Glede trogodišnjega monitoringa koncentracije TPH-a pokazale su se značajne razlike među pokusnim plohama. Na lokaciji isplaćne jame izmjerene su najviše prosječne vrijednosti koncentracije TPH-a, izuzev u površinskom sloju tla. U tom su sloju najviše koncentracije TPH-a izmjerene na plohi smještenoj u mikrodepresiji. Na njoj je stalno prisutna povišena koncentracija naftnoga reziduumu. Sporadična pojava povišenih koncentracija TPH-a na ostalim plohama, a koje se ne mogu pripisati lokalnom akcidentu, upućuje na sezonsku poluciju tla u mikrodepresijama naftnim ugljikovodicima iz poplavne vode.

Ključne riječi: šumsko tlo, kontaminiranost tla, naftni ugljikovodici, teške kovine

UVOD

INTRODUCTION

Tlo funkcionira kao kemijski i biološki filter koji ublažava utjecaj polutanata na biosferu. Kontaminirano tlo s druge strane izvor je onečišćenja za podzemnu i površinsku vodu te na taj način i potencijalni kontaminant širega područja, osobito ako je izloženo onečišćenju naftom.

Redistribucija sirove nafte u prostoru ovisi o njezinoj količini, značajkama re-ljeva te svojstvima tla. Ovisno o količini i značajkama naftnoga fluida, odvija se i

njegova biodegradacija. Biodegradacija u površinskom dijelu tla odvija se u pretežno aerobnim uvjetima. U anaerobnim uvjetima ona teče vrlo sporo (Casella i Payne 1996, Rieser-Roberts 1998), a pokazalo se da su pojedine sastavnice nafte rezistentne na anaerobnu degradaciju (Alexander 1994).

Opadanje količina naftnih ugljikovodika osobito je izraženo neposredno nakon akcidenta (i Burton 1997, 2003, i Pelletier 2002). Iako se takve lokacije odmah saniraju, učestalost akcidenta i ograničenja pri sanaciji upućuju na mogućnost povišene koncentracije naftnih ugljikovodika u tlu naftnoga polja. Takve pretpostavke nalažu analizu stanja lokacija izloženih poluciji tla naftom, pogotovo ako se radi o vrijednim ekosustavima. Poseban status u naftnom polju imaju isplachne jame koje su se prije koristile kao deponiji isplake koja nastaje prilikom bušenja. Takva se odlagališta saniraju, ali su i dalje crne točke u naftnom polju.

U ovom radu prikazujemo rezultate trogodišnjega istraživanja karaktera onečišćenosti tla na pokusnim plohama u naftnom polju. Odabrane su lokacije koje se razlikuju u količini polucije i vremenu koje je od nje prošlo, na kojima su tijekom trogodišnjega mjerenja određene količine i trendovi promjena naftnih ugljikovodika (TPH) u tlu. Zadatak je bio obuhvatiti glavne aspekte polucije tla u naftnom polju te utvrditi njezine razmjere i dinamiku polutanata u tlu da bi se otkrila zakonitost u njihovoj distribuciji i dinamici u ekosustavu.

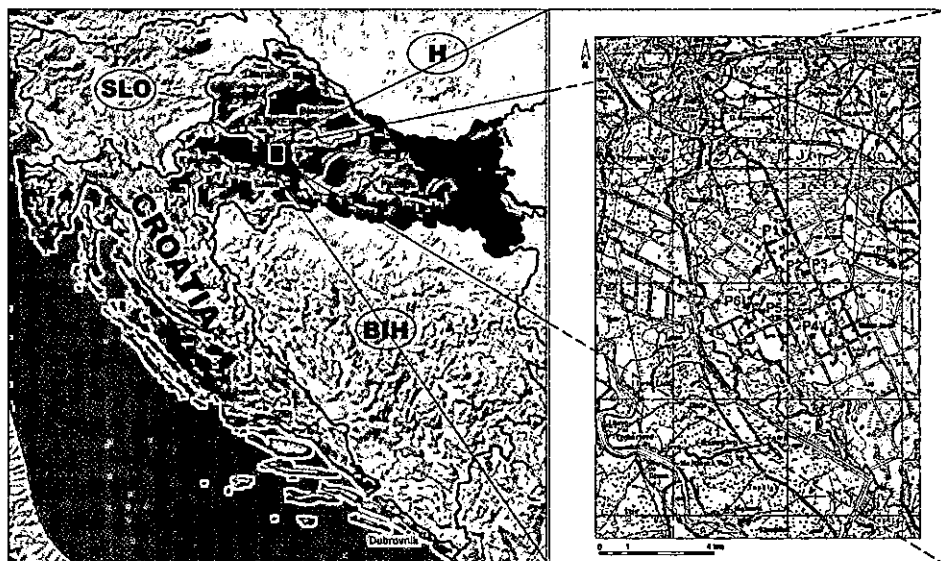
METODIKA I PODRUČJE ISTRAŽIVANJA METHODS AND RESEARCH AREA

Istraživanja smo proveli na naftnom polju «Žutica» u središnjoj Hrvatskoj, smještenom u istoimenom šumskom kompleksu (slika 1). U polju je 275 bušotina, od čega je 165 aktivnih. Prva istražna bušenja počela su početkom 60-ih godina, a polje je s izgrađenim sustavom prikupljanja i otpreme nafte i plina započelo proizvodnju 1966. godine i nastavilo je do danas. Kroz desetke godina cjevovod je izložen svim vrstama korozije, koja je i glavni uzrok pucanju cijevi. U novije vrijeme počelo se postupno s instalacijom cijevi od postojanijega materijala (fiberglas).

Područje je valovita nizina (94,3 – 101 m n. v.) s izraženim mikroreljefom (lokalne mikrouzvisine i mikrodepresije s visinskim razlikama najčešće manjima od 1 m), koja je izložena redovitim poplavama, a koristi se i kao akumulacijsko-retencijski prostor. Visina poplave doseže kotu 98,4 (Vrbek 1998), a događa se većinom u travnju.

U strukturi pedosfere izmjenjuju se hidromorfna tla. Najčešće su to pseudoglej i euglej, a u manjoj mjeri zastupljeni su fluvisol, deposol i vrlo rijetko subakvalna tla (Vrbek 1998).

Među vrstama drveća prevladava hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), koji je edifikator u nekoliko šumskih zajednica, bilo s običnim grabom (*Carpinus betulus* L.) ili s poljskim jasenom (*Fraxinus angustifolia* Vahl.). Najniže položaje zauzima crna joha (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.), a uz vodotoke i kanale rastu i vrbici. Intenzivan



Slika 1. Zemljopisni položaj područja istraživanja i raspored pokusnih ploha
Figure 1 Geographical position of the study area and sample plot distribution

antropogeni i tehnogeni utjecaj na ovom prostoru (gusta mreža prometnica, postrojenja za crpljenje i transport nafte, akcidenti i polucija nafte) snažno su utjecali na sinekološke odnose u šumskom ekosustavu (Bašić i dr. 1993). Mjestimično se suše pojedinačna stabla i grmlje, te propada prizemno rašće. Fiziološko slabljenje stabala i narušavanje stabilnosti ekosustava pripisuje se sporom otjecanju poplavne vode zbog guste mreže prometnica (Vrbek 1998) i poluciji sirovom naftom.

Terenska istraživanja organizirali smo na 6 pokusnih ploha (slika 1). Na 4 pokusne plohe puknuo je naftovod i istekla je sirova nafta u tlo (tablica 1). Jedna je ploha postavljena na lokaciji sanirane isplačne jame, dok je kontrolna ploha postavljena na povišenom dijelu terena koji je izvan dosega polucije sirovom naftom.

Nakon akcidenata teren je saniran iskopom i odvozom onečišćenoga tla, popravkom cijevi i dovozom čistoga tla pomiješanoga s pijeskom i živim vapnom¹.

Uzorci tla uzeti su na ploham (6 ploha) dimenzija 25×25 m, po mreži od 25 točaka unutar plohe u plošnom rasporedu 5×5 m (slika 2). Na svakoj točki uzorak se uzimao iz dubina 0–10 (a), 30–50 (b) i 70–100 (c) cm. Na taj način formirana su tri kompozitna uzorka na plohi, svaki miješanjem 25 pojedinačnih. Uzorkovanje je provedeno krajem travnja i krajem listopada, tj. na početku i na kraju vegetacijskoga razdoblja. Tako su provedena mjerenja TPH-a tijekom tri godine

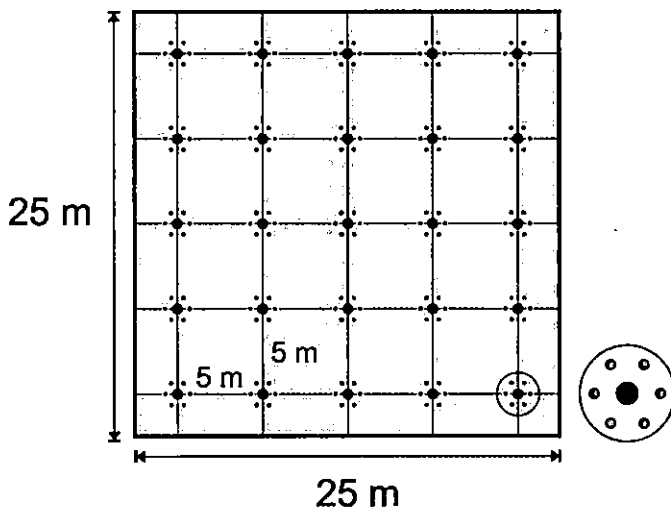
¹ Pri sanaciji isplačnih jama isplaka je solidificirana vapnom i bentonitom i prekrivena slojem tla (Rukavina et al. 1990), a nakon sanacije redovito su se provodila kontrolna pedološka istraživanja područja sanacije (Husnjak & Sraka 1994). Danas novih bušenja gotovo da i nema pa se sav otpad koji nastaje pri remontu ili sanaciji u području naftnog polja deponira na centralni deponij

Tablica 1. Karakteristike onečišćenja na pojedinim lokacijama
 Table 1 Some pollution characteristics in different sites

Pokusna ploha Sample plot	Lokacija Location	Parametri kontaminacije / količina fluida Contamination description / fluid quantity	Svojstva fluida – (postotak vode; pH i konc. soli) Fluid properties (water percentage; pH and conc. of salt)	Vrijeme akcidenta / sanacije Time of accident /reclamation
P1	Kolektor - 9 Colector - 9	0,3–0,5 m ³ 0,3–0,5 m ³	99 %; pH 8,5; 12,9 g NaCl/l	2000. i 2003.
P2	254	Isplačna jama Mud ditch		1996.
P3	Tlačni vod Pressure line	300 m ³	50 %; pH 8,0; 12,5 g NaCl/l	1985.
P4	M8-211	1 m ³	90 %; pH 8,5; 12,5 g NaCl/l	2001.
P5	225	3 m ³	72 %; pH 8; 13,5 g NaCl/l	1999.
P6	191	Kontrola – control	-	-

(2003, 2004. i 2005), ukupno na 6 serija uzoraka. Na prvoj seriji kompozitnih uzoraka određen je granulometrijski sastav, pH-vrijednost, sadržaj organskoga ugljika (OC), sadržaj TPH-a u vodenom eluatu tla, elektrovodljivost (EC) te sadržaj teških kovina (HM).

Pored svake plohe iskopana je pedološka jama, gdje su uzeti pojedinačni uzorci po horizontima za opću fizikalno-kemijsku karakterizaciju tla (pH, organski ugljik, ukupni dušik, tekstura, sadržaj karbonata).



Slika 2. Uzorkovanje tla na ploham
 Figure 2 Soil sampling in the plots

Na sve četiri plohe pod utjecajem sirove nafte iz cjevovoda tlo je euglej (tablica 2). Na mjestu isplačne jame tlo je deposol, dok je na kontrolnoj plohi pseudoglej. Istraživanje je pokazalo da su eugleji karbonatni u dubljim dijelovima profila ili u cijelom profilu, deposol je karbonatan u cijelom profilu, a pseudoglej je beskarbonatan. Teksturno je najteže tlo na plohi 1, a najlakše na plohi 3 i plohi 6. Na plohi

Tablica 2. Karakterizacija tla na profilima pored ploha
Table 2 Soil description in the profiles next to the plots

Pokusna ploha - Sample plot	Tlo - Soil	Horizont - Horizon			pH		C org.		N ukupni - total	Karbo- nati - Carbo- nate (CaCO ₃)	Granulometrijski sastav Particle size distribution (%)			
		Oznaka Sign	Gornja grani- ca Upper border	Donja grani- ca Down border	U vodi in wa- ter	0,01 M CaCl ₂	g kg ⁻¹				Krupni pijesak Coarse sand	Sitni pijesak Fine sand	Prah Silt	Glina Clay
P1	Euglej - Gleysol	Aa	0	15	5,93	5,86	31,5	2,63	0	0,7	28,5	29,1	41,7	
		Gsor	16	40	6,17	5,36	10,3	1,64	0	0,2	25,2	25,9	48,7	
		Gr	41	80	6,49	5,86	3,3	0,79	0	0,2	31,5	25,9	42,4	
		Grso	81	105	7,26	6,62	2,4	0,65	29,8	0,8	35,7	33,4	30,1	
		Grsoca	106	140	8,10	7,51	2,1	0,23	136,2	1,5	23,5	41,0	34,0	
P2	Deposol	I	0	25	7,77	7,36	4,2	0,65	21,3	1,1	39,4	33,5	26,0	
		II	26	45	7,70	7,32	18,6	1,92	55,3	4,3	36,9	29,7	29,1	
		III(Gso)	46	62	7,84	7,32	4,2	0,79	25,5	0,5	37,1	34,6	27,8	
		IV(Gr)	63	100	7,51	7,08	4,2	0,37	38,3	0,6	41,0	29,8	28,6	
P3	Euglej - Gleysol	Aa	0	14	6,73	6,65	41,9	3,91	29,8	8,4	42,7	29,6	19,3	
		Gr1	15	45	7,35	6,73	4,2	0,93	46,8	0,5	41,4	30,8	27,3	
		Grso	46	82	7,62	7,04	2,4	0,65	25,5	0,2	43,6	31,3	24,9	
		Gso	83	100	8,13	7,29	2,6	0,65	38,3	0,6	31,7	36,7	31,0	
		Gr2	101	150	8,26	7,42	3,7	1,36	80,9	0,3	36,1	33,7	29,9	
P4	Euglej - Gleysol	Aa	0	10	6,52	5,86	49,2	3,76	25,5	2,2	41,7	35,0	21,1	
		Grso	11	50	6,62	5,85	5,9	2,21	27,7	0,9	38,0	29,5	31,6	
		Gsor	51	130	6,95	6,24	1,6	0,65	40,4	0,8	26,5	39,1	33,6	
		Gr	131	150	8,20	7,30	5,0	0,79	93,7	0,8	35,7	31,2	32,3	
P5	Euglej - Gleysol	Aa	0	10	5,65	4,73	24,9	1,78	0	0,5	36,4	36,8	26,3	
		Grso1	11	55	6,40	5,24	7,1	1,22	0	0,2	33,9	31,9	34,0	
		Gr	56	80	7,67	7,07	5,7	0,93	38,3	0,0	38,4	30,5	31,1	
		Gso	81	98	7,95	7,49	1,6	0,65	63,9	0,6	37,3	32,3	29,8	
		Grso2	99	120	7,84	7,45	2,3	0,37	68,1	0,2	38,8	32,4	28,6	
		Gsor	121	150	7,67	7,35	1,0	0,23	34,1	0,5	48,4	26,6	24,5	
P6	Pseudoglej - Platosol	Aoh	0	8	4,83	4,00	26,8	3,76	0	1,3	50,6	30,9	17,2	
		Eg	9	25	4,92	4,09	6,4	1,22	0	0,9	50,4	30,1	18,6	
		BgI	26	55	5,65	4,59	1,9	0,23	0	0,4	46,0	28,2	25,4	
		BgII	56	150	5,43	4,33	0,9	0,08	0	0,1	63,7	16,7	19,5	

3 je prilikom sanacije unesen pijesak, što se odražava na teksturi površinskoga dijela tla. Na plohi 2 na dubini ipod 50 cm zamjetni su solidificirani fragmenti isplačne mase i vapna u obliku skeleta. U deposolu na plohi 2 sadržaj ukupnoga ugljika podjednak je na sve tri dubine uzorkovanja, a povišeni sadržaj krupnoga pijeska na ploham 2 i 3 upućuje na njegov unos prilikom sanacije isplačne jame, odnosno mjesta akcidenta s najvećim izljevom nafte.

TPH u tlu određen je prema metodi DIN 38 409 H18. Nakon ekstrakcije s tetraklormetanom, CH₃- i CH₂- grupe kvantitativno su determinirane na infracrvenom spektrometru. TPH u vodenom eluatu određen je po istoj metodi nakon 24-satnoga mućkanja suspendiranoga tla u destiliranoj vodi. Teške kovine određene su u skladu s ISO 11466 pomoću ICP-AES i AAS (ISO 11047). EC je određen prema ISO 11265. pH-vrijednost određena je prema ISO 10390, dok je organski ugljik (OC) određen bikromatnom metodom (Tjurin), a dušik modificiranom Kjehdalovom metodom (ISO 11261). Sadržaj karbonata određen je prema ISO 10693, a tekstura prema modificiranoj metodi ISO 11277.

Koncentracije TPH-a u tlu, mjerene na 6 ploha (i na tri dubine na svakoj plohi), uspoređene su pomoću neparametarskih statističkih testova nezavisnih uzoraka. Za usporedbu pojedinih parova uzoraka relevantnih za ovo istraživanje korišteni su Wilcoxon i Sign test.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS

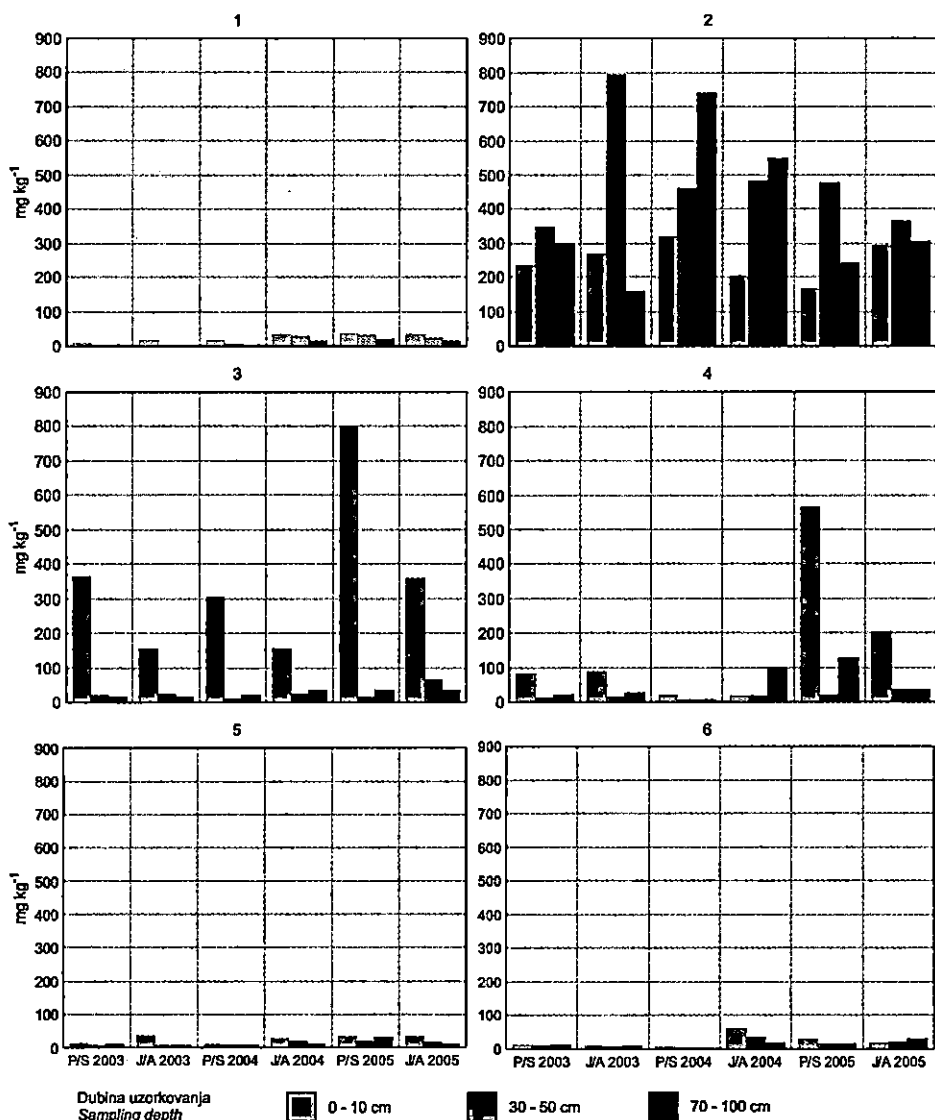
Rezultati analiza tla na početku istraživanja pokazali su da tlo ni na jednoj plohi nema povišene koncentracije teških kovina, a niska elektrovodljivost upućuje na to da u tlu nema povišene koncentracije soli.

Mjerenje količine mineralnih ulja u vodenom eluatu nakon ispiranja tla pokazalo je povišene koncentracije samo u najplićem sloju na plohi 1 (izljev fluida u 2003, 2 mjeseca prije uzorkovanja) i na plohi 2 (isplačna jama). Na plohi 1 radilo se o maloj količini ispuštenoga fluida u ožujku 2003. koji se poplavnom vodom dijelom redistribuirao na veću površinu i sorbirao u glinoviti, površinski dio tla.

Na plohi 2 (lokacija sanirane isplačne jame), na sve tri dubine tlo je još uvijek onečišćeno sirovom naftom, ali na razini slabe do osrednje opterećenosti (Toti i dr. 1998). Koncentracije rastu s dubinom, ali bez značajne razlike između drugoga i trećega sloja. Za sva tri sloja vrijednosti su značajno više nego na kontrolnoj plohi. U sloju c rezultat je vrlo varijabilan, što bi se moglo pripisati utjecaju solidificiranoga materijala (skeleton) koji je stvarao poteškoće i pri uzorkovanju.

Relativno visoke vrijednosti za ukupne naftne ugljikovodike dobivene su analizom uzoraka iz površinskoga sloja tla na plohi 3 i isto tako ukazuju na slabu do osrednju opterećenost naftnim ugljikovodicima (Toti i dr. 1998). Koncentracije TPH-a u ovom su sloju značajno više nego u dubljim slojevima. U slojevima a i c koncentracije TPH-a značajno su više u odnosu na kontrolnu plohu.

Na plohi 4 ističe se visoka koncentracija TPH-a koja je izmjerena tijekom 2005. godine u površinskom dijelu tla. Na plohi 4 u dva mjerenja dobivene su



Slika 3. Ukupni naftni ugljikovodici u tlu
 Figure 3 Total petroleum hydrocarbons in the soil

povišene vrijednosti koncentracije TPH-a u sloju c (slika 3). Kad se promatra razdoblje mjerenja od 3 godine, samo sloj c ima značajno više vrijednosti od kontrolne plohe. Unutar same plohe vrijednosti u sloju b su na geogenoj razini i značajno su niži od onih u sloju a i c.

Zamjetno je (slika 3) da se na plohama 3 i 4 u površinskom sloju visoke koncentracije TPH-a smanjuju od proljeća do jeseni.

U svim ostalim slučajevima (plohe 1, 5 i 6, te pojedini slojevi na plohama 3 i 4) izmjerene vrijednosti upućuju na prirodni sadržaj ugljikovodika u tlu, iako treba istaknuti da na plohama 1 i 5 (kao i na svim drugim plohama osim kontrolne), ipak postoje značajne razlike između koncentracija TPH-a u pojedinim slojevima. One se na plohi 1 očituju kao značajan pad koncentracije po dubini, a na plohi 5 kao značajno viša koncentracija u površinskom sloju. Osim toga, ploha 5 u površinskom sloju ima i značajno višu koncentraciju TPH-a nego kontrolna ploha.

RASPRAVA DISCUSSION

Mjesta ispuštanja mineralnih ulja u tlo nerijetko i nakon sanacije dugo imaju obilježja onečišćenoga okoliša. To je osobito opasno ako su takvu utjecaju izložena podzemna voda ili vode tekućice. Kod većih razmjera polucije (veće količine ispuštene nafte) u šumskom ekosustavu dolazi do propadanja vegetacije. Akcidenti u naftnom polju mogu imati za posljedicu i potpuno propadanje sloja prizemnoga rašća, u mjeri u kojoj je nadzemni dio biljaka ili korijen došao u kontakt sa sirovom naftom. Stabla šumskoga drveća i grmlje s dubljim zakorjenjivanjem obično reagiraju pojedinačnim sušenjem. U tom pogledu osobito je zanimljiva manifestacija utjecaja polutanta na plohama 3 i 4, na kojima su izmjerene povišene koncentracije TPH-a u tlu. S obzirom na to da je prošlo više godina od akcidenata, više nema akutnoga propadanja stabala, sadržaj TPH-a upućuje na uspješno sanirano tlo (Toti i dr. 1998), a sloj je prizemnoga rašća i grmlja regeneriran. Zamjetno je međutim sporadično sušenje fiziološki oslabljenih stabala (crna joha), osobito na plohi 3, iako smo izmjerili povišenu koncentraciju polutanta samo u površinskom dijelu tla. Takva pojava, među ostalim, nameće pitanje o stanju populacija simbiotskih mikroorganizama u tlu.

Ulja s česticama tla tvore hidrofobne organogene i organomineralne spojeve, a njihova mobilnost i brzina širenja u tlu, osim o svojstvima tla, ovisi i o svojstvima polutanta. To su ponajprije vodotopivost, tekućnost i dinamička viskoznost (Litz 2004). U slučaju ovih istraživanja susrećemo se s polutantom koji sadrži više od 50 % slojne vode (danas je na ovom polju udio slojne vode kod većine bušotina preko 90 %), koja ima visoku koncentraciju soli. Usprkos tomu u šumskom ekosustavu nismo prepoznali štetni utjecaj soli, a salinizaciju nismo izmjerili ni u tlu. To objašnjavamo izloženošću poplavama ovoga ekosustava, pri čemu se neprekidno snižuje povremeno povišena koncentracija lako topivih soli i njihovo stalno odnošenje.

Plohe 3 i 4 blago su izražene mikroreljefne depresije i ta značajka, čini se, ima vrlo bitan utjecaj na prisutnost polutanta u tlu. Kad se radi o ovim plohama, držimo da je upravo reljef glavni čimbenik u redistribuciji naftnih ugljikovodika koji se povremeno ispuste unutar naftnoga polja, pri čemu se oni akumuliraju u površinskom dijelu tla mikrodepresija. Držimo da su ovakve mikrodepresije izložene se-

zonskoj poluciji naftom, ovisno o poziciji i izdašnosti izvora polucije, te o poziciji i izraženosti same mikrodepresije. Dinamika TPH-a na plohi 3 i na plohi 4 upućuje na takav zaključak. Evidentno je sniženje koncentracije TPH-a od proljetnoga do jesenskoga mjerenja, što se pripisuje biodegradaciji tijekom vegetacijske sezone.

Neočekivanu pojavu povišene koncentracije TPH-a u sloju c na plohi 4 moglo bi se povezati s bočnim pritjecanjem polutanta iz kanala (kanal dubine 100 cm i širine 200 cm) koji je udaljen 10 m od plohe.

Nesumnjivo karakteristična značajka polucije tla šumskoga ekosustava u naftnom polju je prostorna i vremenska varijabilnost prisutnosti polutanata. Prostorna varijabilnost polutanta na plohi 2 dolazi do izražaja usprkos relativno velikomu kompozitnom uzorku. Vrlo visoku varijabilnost vrijednosti osobito za dublje dijelove tla pripisujemo činjenici da su uzorci svaki put uzimani s pomakom unutar kruga promjera pedesetak centimetara. Prilikom sanacije isplačne jame pohranjen je izmiješani solidificirani deponirani materijal s vapnom i pijeskom. Smatramo da je nemogućnost da se takav materijal optimalno homogenizira glavni uzrok manifestiranoj varijabilnosti. Osim toga posljedica su sanacije agregati solidificirane mase (isplaka, vapno, pijesak) koji se danas pojavljuju u obliku skeleta. Takav skelet pričinjava smetnje pri uzorkovanju tla iz veće dubine (sloj c) i nesumnjivo utječe na varijabilnost kompozitnoga uzorka. Najnižu koncentraciju TPH-a u površinskom sloju tla na lokaciji sanirane isplačne jame objašnjavamo većim udjelom čistoga tla koje se koristi za prekrivanje isplačne jame u postupku sanacije.

Vremenska varijabilnost dade se objasniti na primjeru plohe 4, na kojoj redistribucijom u vodi razrijeđenoga polutanta povremeno očito dolazi do njegove polucije u tlo, dok je to na plohi 3 vjerojatno redovit oblik polucije. Povišene vrijednosti polutanta u takvim slučajevima mogu se zabilježiti neko vrijeme nakon povlačenja poplavne vode, a držimo da ovise o učestalosti poplava, koncentraciji polutanta u poplavnoj vodi i svojstvima tla.

Na plohama 1 i 5 nisu izmjerene povišene koncentracije ostataka TPH-a. Niske su koncentracije na ovim plohama razumljive s obzirom na male količine ispuštenoga fluida. Ipak, znakovito je da u površinskom sloju tla imaju značajno višu koncentraciju TPH-a nego kontrolna ploha.

Što se tiče stanja vegetacije na istraživanim plohama, uočili smo na plohi 3 značajan udjel suhih stabala crne johe. Osim toga na plohama 2 i 3 ističe se vrlo bujno prizemno rašće s manjim brojem vrsta nego na ostalim plohama, koliko procjenjujemo. Koliko se takve pojave mogu pripisati poluciji sirovom naftom na ovom naftnom polju, mogla bi pokazati dodatna istraživanja.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Istraživanja na pokusnim plohama u naftnom polju «Žutica» rezultirala su značajnim razlikama u koncentraciji naftnih ugljikovodika. Na nekoliko ploha utvr-

đene su povišene koncentracije TPH-a, a na drugima izmjerene vrijednosti pokazuju vrlo male količine zaostalih naftnih ugljikovodika u tlu.

Stalno povišena koncentracija TPH-a na plohi 3 i povremeno povišena na plohi 4 upućuje na poluciju tla u mikrodepresijama polutantom iz poplavne vode u zimsko-proljetnom razdoblju.

Na lokaciji isplačne jame srednje su vrijednosti koncentracije TPH-a od 200 do 400 mg kg⁻¹, a najveća je varijabilnost izražena u dubljim slojevima tla zbog skeleta fragmentirane solidificirane isplake.

Istraživanja su pokazala da tlo na pokusnim plohamo nije opterećeno lako topivim solima ni teškim kovinama. Na temelju niskih vrijednosti koncentracije TPH-a u vodenom eluatu tla zaključujemo da ono nije izvor polucije hidrosfere.

Temeljem dobivenih rezultata i zapažanja stanja vegetacije na plohamo 2 i 3 držimo da bi u ovakva istraživanja bilo zanimljivo uključiti i analizu stanja prizemnoga rašća i mikrobiološke aktivnosti u tlu te uzorak proširiti na još nekoliko lokacija na kojima su se dogodili veći izljevi fluida, osobito ako se radi o mikrodepresijama.

LITERATURA REFERENCES

- ✧ Alexander, M., 1994: Biodegradation and Bioremediation. AP, San Diego, CA 302 str.
- Bašić, F., B. Prpić, M. Tomić, 1993: Utjecaj istraživanja proizvodnje i transporta nafte i plina na okoliš – lokalitet Ivanić Grad. Fond dokumentacije Zavoda za OPB, Agronomski fakultet Zagreb, 80 str.
- ✓ Berry, K.A., D. L. Burton, 1997: Natural attenuation of diesel fuel in heavy clay soil. *Can. J. Soil Sci.*, 77: 469–477.
- ✓ Casella, S., W. J. Payne, 1996: Potential of denitrifiers for soil environment protection. *FEMS Microbiol. Lett.*, 140 (1): 1–8.
- ✓ Chaineau, C.H., C. Yepremian, J. F. Vidalie, J. Ducreaux, D. Ballerini, 2003: Bioremediation of a crude oil-polluted soil: biodegradation, leaching and toxicity assessments. *Water Air Soil Pollut.*, 144: 419–440.
- ✓ Delille, D., E. Pelletier, 2002: Natural attenuation of diesel-oil contamination in a subarctic soil (Crozet Island). *Polar Biol.*, 25 str.
- Husnjak, S., M. Sraka, 1994: Pedološka istraživanja nakon sanacije isplačnih jama na naftnom polju Žutica u Posavini. Fond dokumentacije Zavoda za pedologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 35 str.
- ✧ Litz, N., 2004: Organische Verbindungen. In: H. P. Blume (Ed.), *Handbuch des Bodenschutzes*, 3. Auflage, Ecomed, Landsberg am Lech, 916 str.
- ✧ Rieser-Roberts, E., 1998: Remediation of petroleum contaminated soils. CRC Press LLC, 542 str.
- Rukavina, Ž., Z. Juretić, V. Mišević, M. Tomić, M. Vitezić, 1990: Glavni tipski rudarski projekt «Sanacija isplačnih jama u INA-naftaplina». Fond dokumentacije tvrtke INA – industrija nafte d.d. Zagreb, 64 str.
- ✓ Toti, M., C. Constantin, M. Dracea, V. Capitanu, M. Damian, 1998: Some aspects concerning the oil pollution and brine in Romanian soils. *Stinta sollului, Soil Science Journal of the Romanian National Society of Soil Science*, 1–2:177–187.

- Vrbeč, B., 1998: Pedološke karakteristike gospodarske jedinice «Žutica» s kartom mjerila 1:10 000. Fond dokumentacije Šumarskog instituta Jastrebarsko, 26 str. + prilozi.

CONTAMINATED STATE OF THE SOIL IN THE OIL FIELD AREA

SUMMARY

In the paper results of the research of forest soil contaminated state in oil field «Žutica» are presented. Research was carried out in 6 sample plots in the lowland forest ecosystem located in Posavina region. In it's transversally aspect it deals with heavy metals in soil, releasing of oil from soil to hydrosphere, and with salt concentration (electroconductivity). The longitudinally aspect of research deals with three years monitoring of total petroleum hydrocarbon (TPH) concentrations in soil.

The soil in the sample plots is not contaminated with soluble salts or heavy metals. Low values of TPH concentrations in the soil water eluate indicate that the soil does not represent a source of hydrospheric pollution with petrol hydrocarbons.

In the mud ditch site, average values of TPH concentrations are the highest, except of the surface soil part. In the surface layer the highest TPH concentrations were measured in micro depression. The sporadically increased TPH concentration in other plots, that could be attributed to local accident, indicate seasonal soil pollution in the micro-depressions with pollutants from floodwater.

Key words: forest soil, soil contamination, petrol hydrocarbons, heavy metals

UDK: 630*114.27

ORGANSKA TVAR TLA ŠUMSKOGA EKOSUSTAVA BILOGORE

SOIL ORGANIC MATTER OF Mt. BILOGORA FOREST ECOSYSTEM

NIKOLA PERNAR, DARKO BAKŠIĆ, JOSO VUKELIĆ, DARIO BARIČEVIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu su prikazani rezultati istraživanja organske tvari tla na dva područja u šumskom kompleksu Bilogore. Radi se o kitnjakovo-bukovim sastojinama, u kojima u istočnom području Bilogore značajno participira lipa. Područje je relativno homogene litološke građe i klimatskih značajki. Istraživanja su provedena na ukupno 39 ploha. Zaliha organskoga ugljika do 100 cm dubine tla iznosi oko 100 Mg ha⁻¹, debljina je A-horizonta oko 5,6 cm, zaliha organskoga ugljika u njem je 27 Mg ha⁻¹, a ukupnoga dušika 1,8 Mg ha⁻¹. Analizirani parametri organske tvari pokazali su izrazito visoku varijabilnost, a dva područja značajno se razlikuju u debljini A-horizonta i zalihi organskoga ugljika do 100 cm dubine. Takav rezultat upućuje na potrebu primjene detaljnijih istraživanja zakonitosti varijabilnosti organske tvari tla, kako njezinih uzroka, tako i distribucije u prostoru.

Ključne riječi: šumsko tlo, organska tvar tla, zaliha organske tvari u tlu

UVOD INTRODUCTION

Tlo funkcionira kao trofazni sustav, u kojem organska tvar participira kao vrlo značajna sastavnica njegove čvrste faze. Organska tvar tla (organski ugljik), iako u zoni rizosfere šumskoga tla participira samo 10–120 g kg⁻¹ u prosjeku, ima vrlo snažan utjecaj na fizička i kemijska svojstva tla.

U mineralnom dijelu tla u europskim šumama srednja koncentracija organskoga ugljika kreće se između 32 g kg⁻¹ u grubom teksturnom tlu i 57 g kg⁻¹ u finom teksturnom tlu (Vanmechelen i dr. 1997). Njezin utjecaj na biologiju tla je enorman. Organska tvar tla pozitivno utječe na njegovu strukturu i poroznost (Kay 1998) te na fizičko-kemijske značajke mineralnoga dijela tla (Campbell 1978). Utjecaj organske tvari na fizička svojstva tla ogleda se kao (Brady i Weil 1966):

– ubrzanje agregacije

- smanjenje kohezije i plastičnosti
- povećanje kapaciteta tla za vodu.

Osim toga organska je tvar tla najveći izvor ugljika u globalnim razmjerima, a također je i središnje mjesto u globalnom ciklusu ugljika (Kögel-Knabner i dr. 2005).

Organska tvar tla u znanstvenom je smislu zanimljiva iz dvaju prilično različitih razloga. Prvi je njezina uloga u podržavanju proizvodnosti staništa (Dyck i Skinner 1990, Powers i dr. 1990, Turner i Gessel 1990), a drugi je njezina uloga kao izvor ili spremište atmosferskoga ugljika (Johnson 1992, Lal i dr. 1998).

Uz organsku tvar šumskoga tla tijesno je vezan dušik, najdinamičniji biogeni element tla. Pokazalo se da u kvalitativnom i kvantitativnom smislu slično kereliraju s vanjskim čimbenicima, kao što su nadmorska visina i klima (Martinović i dr. 1990, Wanhong i Huang 2006).

Organska tvar tla, iako vrlo dinamična kategorija, pokazuje zakonitost u odnosima prema drugim parametrima tla i ekosustava u cjelini. Učinjeni su značajni pomaci u modeliranju dinamike organske tvari tla šumskih ekosustava (Arrouays i Pellissier 1994, Arrouays i dr. 1995, Chertov i Komarov 1997, Chertov i dr. 2001).

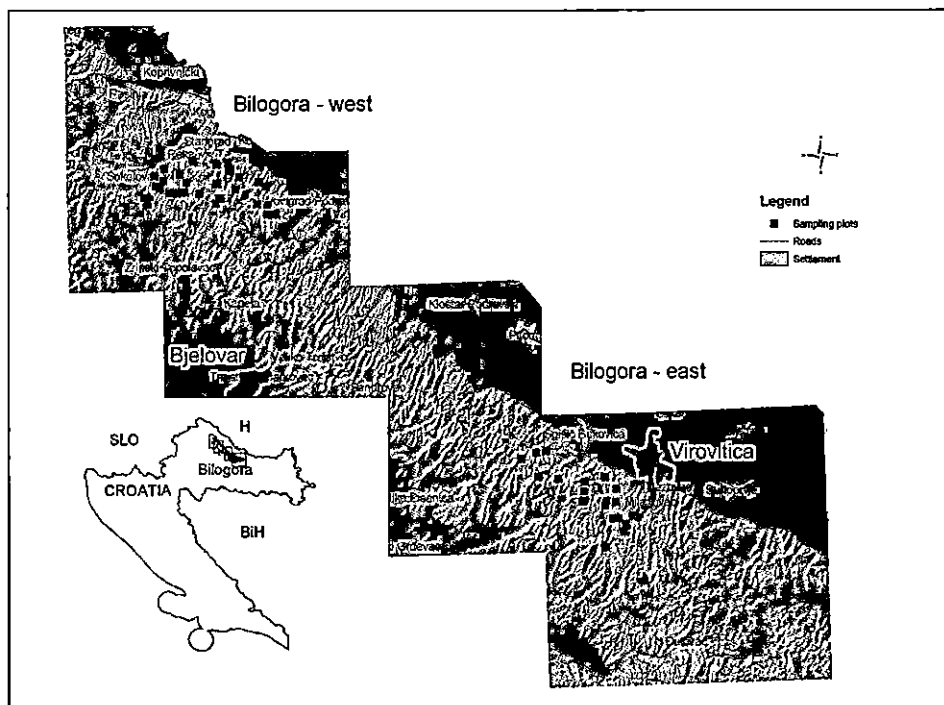
U šumskim ekosustavima umjerenoga pojasa više od 50 % organske tvari dopijeva u tlo nakon odumiranja i transformacije nadzemnih biljnih organa (Coleman 1976, Swift i dr. 1979, Tiedeman 1987, Pernar i dr. 1990, Van Miegroet i dr. 2005).

U bukovim i hrastovim šumama odumiranjem dopijeva godišnje na površinu tla 2,5 – 4 Mg ha⁻¹ suhe tvari, tvoreći listinac koji predstavlja specifično obilježje šumskoga tla. On ima odlučujuću ulogu za biološku aktivnost tla, neprestano se razgrađuje i tako igra ključnu ulogu u ugljikovu ciklusu u ekosustavu.

U ovom pregledu namjera nam je bila ukazati na široki dijapazon aspekata organske tvari šumskoga tla i razlog da istraživanja usmjerimo na jedan jasno definirani segment. S tim u svezi postavili smo cilj da istražimo na području većega šumskoga kompleksa količinu organske tvari u mineralnom dijelu šumskoga tla, i to njezinu zalihu unutar 100 cm dubine tla i u A-horizontu. Ideja se temelji na činjenici da se radi o relativno postojanom parametru u uvjetima potrajnoga gospodarenja šumskim ekosustavom, te s druge strane o najvećem dijelu rizosfere šumskoga ekosustava. To je pretpostavka za raspravu o pedogenetskom i fiziografskom aspektu organske tvari te za postavljanje smjernica istraživanja njezine uloge u plodnosti tla ovih ekosustava.

METODIKA I PODRUČJE ISTRAŽIVANJA METHODS AND RESEARCH AREA

Istraživanja su provedena na Bilogori u središnjoj Hrvatskoj (slika 1). Radi se o relativno homogenom šumskom kompleksu bukovo-kitnjakovih šuma. Rjeđe se susreću gotovo čiste bukove, kitnjakove ili grabove sastojine. Riječ je o dobro izgospodarenim regularnim sastojinama visoke produktivnosti. Preliminarna interpretacija fitocenoloških analiza na širem području Bilogore pokazuje dominaciju triju

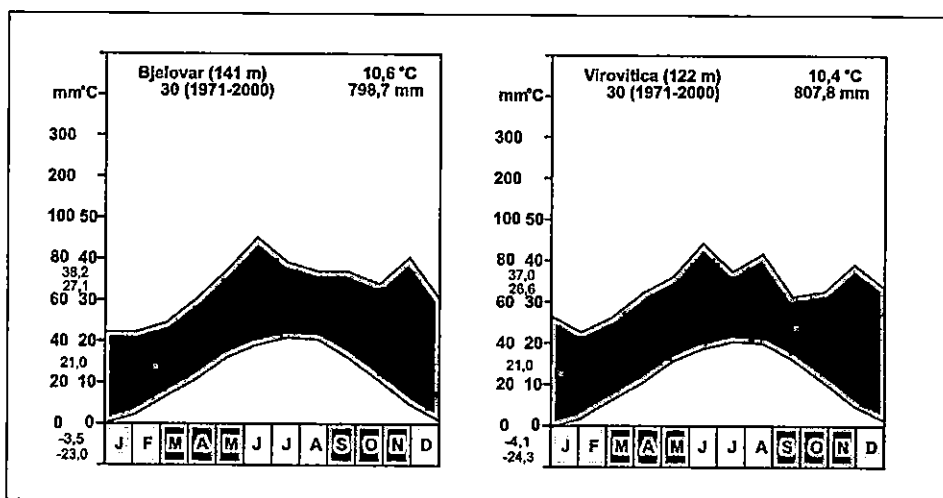


Slika 1. Zemljopisni položaj područja istraživanja i raspored pokusnih ploha
Figure 1 Geographical position of the study area and sample plot distribution

šumskih zajednica. Dvije (*Epimedio-Carpinetum betuli* /Ht.1938/ Borh. 1963 i *Festuco drymeiae-Carpinetum betuli* Vukelić /1990/ 1991) pripadaju periilirskoj vegetacijskoj zoni unutar brežuljkastoga pojasa (Rauš i dr. 1992). Treću, prevladavajuću zajednicu, na temelju ranijih istraživanja Trinajstića i Franjića (1999) i Vukelića i Baričevića (2002) označavamo kao srednjoeuropsku bukovu šumu s trepavičastim šašem (*Carici pilosae-Fagetum sylvaticae* Oberdorfer 1957).

Specifičnost je sjeveroistočnoga dijela Bilogore u velikoj rasprostranjenosti lipe (*Tilia* sp.), osobito srebrnolisne lipe (*Tilia tomentosa* Moench) (Pelcer 1979). Zbog velikoga područja naša smo istraživanja ograničili na dvije zemljopisno odvojene cjeline (populacije) koje se donekle razlikuju u prvom redu po rasprostranjenosti lipe. Jedna je populacija u zapadnom dijelu Bilogore (BW), gdje su uključene dvije gospodarske jedinice (GJ Novigradska planina i GJ Mesarica–Plavo), a druga u istočnom dijelu Bilogore (BE), u GJ Virovitička Bilogora (slika 1). Istraživanja su pokazala da se kod obadvije populacije razlikuju dvije biljne zajednice: *Festuco drymeiae-Carpinetum betuli*, pri čemu u 9 sastojina prevladava kitnjak, u 10 grab, u jednoj lipa, te *Carici pilosae-Fagetum sylvaticae* u kojoj se razlikuju tri tipa sastojina s prevlašću vrsta *Carex pilosa*, *Galium odoratum* i *Festuca drymeia*.

U klimatskom pogledu za Bilogoru je, prema Köppenovoj klasifikaciji, karakteristična Cfbwx klima. To je toplo umjereno kišna klima, sa srednjom temperaturom najhladnijega mjeseca godine od -3 do -18 °C. Oborine su podjednako raspoređene tijekom godine, s maksimumima u kasnom proljetnom i u jesenskom razdoblju, što se može uočiti na klimatskim dijagramima dviju najbližih meteoroloških postaja – Bjelovar za područje BW, te Virovitica za područje BE (slika 2). Reljefski je Bilogora sastavljena od niza brežuljaka koji se pružaju južnom stranom Podravine, smjerom NW–SE u duljini od 80 km. To je gora s najvišim vrhom od 307 m.



Slika 2. Klimatski dijagrami širega područja istraživanja
Figure 2 The climadiagrams of wider research area

Litološki je Bilogora homogena cjelina, koja je većinom izgrađena od prapora. Radi se uglavnom o suhom facijesu karbonatnoga prapora (Bognar 1978), pri čemu prevladava derazijski, te u manjoj mjeri smeđi tip prapora i njemu sličnih sedimentata (Vrbek 1998). Takva homogenost matičnoga supstrata i njegove pedogenezičke značajke usmjerili su pedogenezu u jednodimenzionalni smjer razvoja tala (Cestar i dr. 1983, Vrbek 1998), u kojem središnje mjesto pripada luvisolu, s kambisolima kao evolucijski mlađim taksonima te pseudoglejima kao evolucijski starijim taksonima. Te tri skupine tala izmjenjuju se na čitavoj Bilogori, pri čem izrazito prevladava luvisol, a najmanje ima pseudogleja. Istraživanja u dijelu kitnjakovih šuma na Bilogori (Vrbek 1998) pokazuju da su u 73 % slučajeva pedološki profili pripadali luvisolu, a u ostalim slučajevima eutričnomu smeđemu tlu. Naša istraživanja pokazala su da je u BW području 70 % profila luvisol, 19 % profila pseudoglej te 11 % profila kambisol. U BE području 80 % profila je luvisol, 10 % pseudoglej te 9 % kambisol. S obzirom na to da je u BE području dominantan luvisol pseudoglejni, a u BW luvisol tipični, što kompenzira naizgled različit odnos u prikazanoj strukturi, držimo da su po općim značajkama pedosfere područja međusobno vrlo slična.

Istraživanja su provedena na 23 lokacije u BW području i na 16 lokacija u BE području tijekom proljeća i ljeta 2005. godine. Zbog maloga antropogenoga utjecaja (oplodne sječe) na dinamiku organske tvari u površinskom dijelu tla i njezine kvantitativne parametre u plan pokusa uključene su samo sastojine starije od 30 godina. Pedološka istraživanja provedena su na pedološkim profilima. Profili su otvoreni na reljefno homogenim dijelovima terena – izbjegnute su jarci, koji su u ovom prapornom području mjestimice vrlo izraženi, duboki i strmih bočnih padina. Na profilima su prikupljeni uzorci za opću pedološku obradu (taksonomska pripadnost i testiranje pedogenetske homogenosti terenskoga uzorka). Na uzorcima tla po horizontima određen je granulometrijski sastav (ISO), količina organskoga ugljika (ISO), količina ukupnoga dušika (ISO), a na neporemećenim uzorcima (valjci) gustoća tla (ISO).

Statistička obrada (univarijatne korelacije, deskriptivna statistika i Mann-Whitneyev U-test) provedena je u statističkom paketu Statistica 7.1.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS

Rezultati istraživanja pokazali su da je do dubine od 100 cm istraživano tlo pretežno ilovača, u širem rasponu to je sitnopjeskovita ilovača do laka glina.

Koncentracija organske tvari u A-horizontu kreće se u rasponu 25–86 g kg⁻¹. Glavni cilj istraživanja bio je utvrditi njezinu zalihi, a rezultati istraživanja pokazuju sljedeće:

Organska tvar u A-horizontu pokazuje vrlo veliku varijabilnost i kreće se u rasponu 6,26–134 Mg ha⁻¹, sa srednjom vrijednošću 27 Mg ha⁻¹. Mnogo je veća varijabilnost u zapadnom, bjelovarskom dijelu Bilogore (tablica 1, slika 3). Tu se zaliha organskoga ugljika (org. C) u A-horizontu kreće u navedenom rasponu, sa srednjom vrijednošću 25,5 Mg ha⁻¹. U istočnom, virovitičkom dijelu Bilogore zaliha org. C je 8,4–51,4 Mg ha⁻¹, sa srednjom vrijednošću 29,1 Mg ha⁻¹.

Zaliha je distribuirana unutar A-horizonta debljine 2–17,5 cm, sa srednjom vrijednošću 5,58 cm. Radi se o vrlo širokom rasponu, koji je i kod toga parametra veći u BW području. U BW području njegova je srednja vrijednost 4,5 cm, a u BE području 7 cm. Potrebno je istaknuti da je debljina A-horizonta značajno veća u BE području (tablica 2).

Dinamika i zaliha ukupnoga dušika u tlu šumskoga ekosustava usko su povezane s dinamikom i zalihom organske tvari. Najveća mu je vrijednost 7 Mg ha⁻¹, a srednja 1,8 Mg ha⁻¹. Veća je zaliha i ovdje u BE području, sa srednjom vrijednošću 2 Mg ha⁻¹, dok je u BW području 1,7 Mg ha⁻¹.

Kad se radi o zalihima org. C unutar profila tla do 100 cm dubine, rezultati daju stvarnu predodžbu o zalihama energetskoga materijala i hraniva, koje su relativno postojane i karakteristične za pojedine šumske ekosustave. Na istraživanom bilogorskom području zaliha org. C unutar tla do 100 cm kreće se u rasponu

30,6–217,6 Mg ha⁻¹, uz srednju vrijednost 95,5 Mg ha⁻¹. Pri tome je zaliha org. C do 100 cm dubine tla značajno veća u BE području (tablica 2), gdje se kreće u rasponu 58,5–217,6 Mg ha⁻¹, sa srednjom vrijednošću 115,7 Mg ha⁻¹. U BW području zaliha org. C je u rasponu 30,6–176,7 Mg ha⁻¹, sa srednjom vrijednošću 80,7 Mg ha⁻¹.

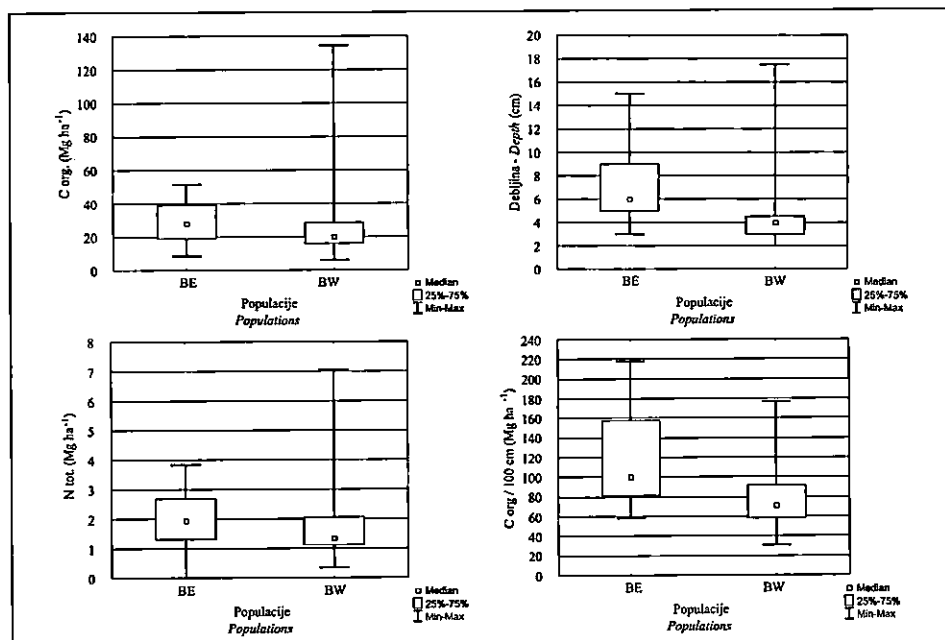
Analiza korelacije koncentracije organskoga ugljika i gline u tlu pokazala je negativnu korelaciju.

Tablica 1. Deskriptivna statistika mjerenih parametara
 Table 1 Descriptive statistics of the measured parameters

	Populacije Populations		N	Aritm. sred. Mean	St. dev.	Min.	Maks.
Tlo do 100 cm Soil to 100 cm	Org. C (Mg ha ⁻¹)						
	BE		16	115,72	48,59	58,46	217,59
	BW		22	80,74	35,89	30,59	176,71
	Ukupno All Grps		38	95,47	44,66	30,59	217,59
A-horizont A-horizon	Debljina A-hor. – Depth of A-hor. (cm)						
	BE		16	7,06	3,26	3,0	15,0
	BW		23	4,54	3,07	2,0	17,5
	Ukupno All Grps		39	5,58	3,35	2,0	17,5
	Org. C (Mg ha ⁻¹)						
	BE		16	29,10	12,85	8,40	51,42
	BW		22	25,53	25,40	6,26	134,71
	Ukupno All Grps		38	27,03	20,89	6,26	134,71
	N tot. (Mg ha ⁻¹)						
	BE		16	1,99	0,99	0,00	3,82
BW		22	1,71	1,31	0,34	7,07	
Ukupno All Grps		38	1,83	1,18	0,00	7,07	

Tablica 2. Mann-Whitneyev U-test (p < 0,05)
 Table 2 Mann-Whitney U Test (p < 0,05)

	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p- level	Z	p- level	Va- lid N	Va- lid N	2*1 sided
C org. do 100 cm (Mg ha ⁻¹)	391	350	97	2,34	0,02	2,34	0,02	16	22	0,02
Debljina A-hor.	433,5	346,5	70,5	3,24	0,00	3,27	0,00	16	23	0,00
Org. C u A-hor. (Mg ha ⁻¹)	372	369	116	1,77	0,08	1,77	0,08	16	22	0,08
N tot. u A-hor. (Mg ha ⁻¹)	370	371	118	1,71	0,09	1,71	0,09	16	22	0,09



Slika 3. Srednja vrijednost (medijana) i variranje mjerenih parametara
 Figure 3 Median and variability of the measured parameters

RASPRAVA DISCUSSION

Zaliha organske tvari u tlu i njezina distribucija reflektira dugotrajnu akumulaciju i transformaciju organske tvari i njihov odnos s oslobađanjem ugljika u hidrosferu i atmosferu.

Organska tvar inkorporirana u mineralni dio tla transformira se mnogo sporije nego ona koja je izložena na površini tla. Takva razlika osobito dolazi do izražaja u slučaju naglih promjena u sastojini, kao što su vjeroizvale/vjetrolomi, čista sječa i požari (Johnson i Curtis 2001, Guo i Gifford 2002), prilikom čega se naglo smanjuje ili potpuno gubi organska tvar izložena u površinskom dijelu ili iznad mineralnoga dijela tla. Transformirana (humificirana) organska tvar, osobito kad je sjeđinjena s mineralnom sastavnicom u organomineralne komplekse, vrlo je postojana u tlu. Na taj način terestrični ekosustavi igraju ključnu ulogu u kruženju ugljika u prirodi. O kojoj se količini energije radi, lako bi se moglo izračunati iz naprijed navedenih podataka. Orijeatcijski red veličina koji se lako može zapamtiti jest 100 Mg ha⁻¹ organskoga ugljika do 100 cm dubine tla. Znakovito je da je u virovitičkom području značajno veća zaliha organske tvari. Distribucija organske tvari po dubini u profilu tla i njezina zaliha (u ovom slučaju do 100 cm dubine) ipak ne ovisi samo o njezinu prilljevu u tlo i tipu vegetacije, već i o klimatskim značajkama i

o značajkama matičnoga supstrata. O tim čimbenicima ovisi brzina i kakvoća transformacije organske tvari tla, ali i njezino premještanje u profilu. Držimo da u našem pokusu klima i matični supstrat ne igraju ključnu ulogu u ovoj diferencijaciji. Ključnim čimbenikom držimo razliku u vegetacijskoj slici između tih dvaju područja, u čem se ističe velika rasprostranjenost lipe u virovitičkom području. To se podjednako odražava i na parametre A-horizonta. Značajnost te povezanosti trebalo bi istražiti u ciljanom pokusu.

Organska je tvar tla izrazito dinamična sastavnica osobito u površinskom dijelu tla, što su pokazala istraživanja modela dinamike organske tvari tla (Arrouays i Pelissier 1994, Arrouays i dr. 1995, Chertov i Komarov 1997, Chertov i dr. 2001). Varijabilnost zalihe organske tvari unutar taksonomske jedinice, iskazano koeficijentom varijacije, može doseći i do 40 % (Morisada i dr. 2004). Neki se od aspekata i razmjera te varijabilnosti dadu uočiti i u rezultatu ovih istraživanja. Takva je varijabilnost nesumnjivo značajan čimbenik nemogućnosti jasnije diferencijacije ekosustava prema mjerenim parametrima, čemu bi se moglo doskočiti fraktalnom analizom (Miloš 2006). Uprkos visokoj varijabilnosti debljina A-horizonta značajno je veća u BE području. Indicije su da je ta pojava također povezana s visokim udjelom lipe u sloju drveća. Koliko je to uvjetovano klimatski, edafski ili antropogeno (gospodarski), također bi trebalo istražiti.

Organomineralni kompleksi u tlu pretpostavljaju organske i mineralne koloide koji se povezuju na pozicijama suprotnih naboja. Takva je pojava razlog pozitivnoj korelaciji između sadržaja organske tvari i gline u tlu (Zinn i dr. 2005), koja se nerijetko koristi kao parametar u pedotransfernim funkcijama u predikciji strukturalnih svojstava tla (). Korelacija između sadržaja organske tvari i sadržaja gline može biti i posljedica zastoja vode u glinovitom tlu i reducirane dekompozicije organske tvari. Nepostojanje korelacijske povezanosti između sadržaja organske tvari i gline u profilu tla na istraživanom dijelu Bilogore moguće je objasniti ilovastom teksturom i pretežno dobrom drenažom tla, što stvara predispoziciju za dominantan ilimerizacijski proces. U takvim je uvjetima teža tekstura u donjim dijelovima profila.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Istraživanja organske tvari tla šumskih ekosustava na Bilogori pružaju mogućnost sljedećih zaključaka:

1. Srednja vrijednost zalihe organskoga ugljika do 100 cm tla iznosi 95 Mg ha⁻¹.
2. Srednja vrijednost zalihe organskoga ugljika u A-horizontu iznosi 27 Mg ha⁻¹.
3. Srednja vrijednost zalihe ukupnoga dušika u A-horizontu je 1,8 Mg ha⁻¹.
4. Srednja vrijednost debljine A-horizonta je 5,6 cm.

5. Na BE (virovitičkom) području značajno je veća debljina A-horizonta i zalih organskoga ugljika do 100 cm dubine tla.
6. Specifični utjecaj na diferencijaciju ekosustava prema mjerenim parametrima može se pripisati visokom udjelu lipe u BE području, što bi trebalo ciljano istražiti.
7. Značajke varijabilnosti organske tvari tla bilo bi zanimljivo istražiti fraktalnom analizom.

LITERATURA REFERENCES

- Č Arrouays, D., Ph. Pelissier, 1994: Modeling carbon storage profiles in temperate forest humic loamy soils of France. *Soil Sci.*, 158 (3): 185–192.
- Č Arrouays, D., et al., 1995: Spatial analysis and modeling of topsoil carbon storage in temperate forest humic loamy soils of France. *Soil Sci.*, 150 (3): 191–198.
- 4 Č Bognar, A., 1978: Les i lesu slični sedimenti Hrvatske. *Geografski glasnik*, 40: 21–39.
- κ Brady, N. C., R. R. Weil, 1996: The nature and properties of soils. Prentice Hall, New Jersey. 11. ed., 740 str.
- κ Campbell, C. A., 1978: Soil organic carbon, nitrogen and fertility. In: Soil organic matter (eds.: M. Schnitzer, S. U. Khan), Elsevier Publ., Amsterdam.
- R Č Cestar, D, V. Hren, Z. Kovačević, J. Martinović, Z. Pelcer, 1983: Ekološko-gospodarski tipovi šuma područja Bilogore. *Rad. Šum. inst. Jastrebarsko*, 18 (57): 1–96.
- Č Chertov, O. G., A. S. Komarov, M. Nadporozhskaya, S. S. Bykhovets, S. L. Zudin, 2001: ROMUL — a model of forest soil organic matter dynamics as a substantial tool for forest ecosystem modeling. *Ecological Modelling*, 138 (1–3): 289–308.
- Č Chertov, O. G., A. S. Komarov, 1997: SOMM: A model of soil organic matter dynamics. *Ecological Modelling*, 94 (2–3): 177–189.
- κ Coleman, D. C., 1976: A review of root production processes and their influence on soil biota in terrestrial ecosystems. In: J. M. Anderson, A. MacFadyen (eds.), The Role of Terrestrial and Aquatic Organisms in Decomposition Processes. Blackwell Scientific Publication, Oxford, UK, 417–434.
- κ Dyck, W. J., M. F. Skinner, 1990: Potential for productivity decline in New Zealand radiata pine forests. In: Gessel et al. (eds.), Sustained productivity of forest soils, University of British Columbia, Faculty of Forestry Publication, Vancouver, 318–332.
- Č Guo, L. B., R. M. Gifford, 2002: Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global change Biol.*, 8: 345–360.
- Č Johnson, D. W., 1992: Nitrogen retention in forest soils. *J. Env. Quality*, 21: 1–12.
- Č Johnson, D. W., P. S. Curtis, 2001: Effects of forest management on soil C and n storage: a meta analysis. *Forest Ecol. Manage.*, 140: 227–238.
- Č Kay, D. B., A. P. Silva, J.A. Baldock, 1997: Sensitivity of soil structure to changes in organic carbon content: predictions using pedotransfer functions, *Can. J. Soil Sci.*, 77: 655–667.
- Č Kögel-Knabner, I., M. v. Lützw, G. Guggenberger, H. Flessa, B. Marschner, E. Matzner, K. Ekschmitt, 2005: Mechanisms and regulation of organic matter stabilisation in soils. *Geoderma*, 1–2.
- κ Lal, R., J., M. Kimble, R. F. Follett, B. A. Stewart, 1998: Soil processes and the carbon cycle. CRC Press, Boca Raton. FL, 609 str.

- 6 ̣ Martinović, J., A. Vranković, N. Pernar, 1990: Neke pedološke karakteristike fitoklimatskih područja Velebita. *Glas. šum. pok.*, 26: 319–329.
- 2 ̣ Miloš, B., 2006: Primjena fraktala u analizi prostornog varijabiliteta tla. U: I. Kisić (ur.), Uloge tla u okolišu – X. kongres HTD-a, Šibenik, 14–17. 6. 2006, Sažeci znanstvenoga skupa, 54–54.
- ̣ Morisada, K., K. Ono, H. Kanomata, 2004: Organic carbon stock in forest soils in Japan. *Geoderma*, 119 (1–2): 21–32.
- ̣ Pelcer, Z., 1979: Lipove šume virovitičke Bilogore. U: Đ. Rauš (ur.), Drugi kongres ekologa Jugoslavije, I: 863–875.
- SL ̣ Pernar, N., Ž. Španjol, D. Bakšić, 1999: Neke značajke humizacije u borovim kulturama na otoku Rabu. *Šumarski list*, 3–4: 101–108.
- ̣ Powers, R. F., D. H. Alban, R. E. Miller, A. E. Tiarks, C. G. Wells, P. E. Avers, R. G. Cline, R. O. Fitzgerald, N. S. Loftus, Jr., 1990: Sustaining site productivity in North American forests: Problems and prospects. In: Gessel et al. (eds.), Sustained productivity of forest soils. University of British Columbia, Faculty of Forestry Publication, Vancouver, 23–39.
- ̣ Rauš Đ., I. Trinajstić, J. Vukelić, J. Medvedović, 1992: Biljni svijet hrvatskih šuma. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP „Hrvatske šume“, Zagreb, 33–77.
- ̣ Swift, M. J., O. W. Heal, J. M. Anderson, 1979: Decomposition in Terrestrial Ecosystem. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, CA, 372 str.
- ̣ Tiedeman, A. R., 1987: Nutrient accumulation in pinyon-juniper ecosystems-managing for future site productivity. In: R. I. Everett (comp.), Proceedings Pinyon-Juniper Conference, Reno, NV, 13–16. 01. 1986. USDA-FS Inter. Stn. Gen. Tech. Re. INT-215, 352–359.
- SL ̣ Trinajstić I, J. Franjić, 1999: Šume bukve s dlakavim šašem (*Carici pilosae-Fagetum* Oberdorfer 1957) u vegetaciji Hrvatske. *Šumarski list*, 123 (7–8): 311–321.
- ̣ Turner, J., S. P. Gessel, 1990: Forest productivity in the southern hemisphere with particular emphasis on managed forests. In: Gessel et al. (eds.), Sustained productivity of forest soils, University of British Columbia, Faculty of Forestry Publication, Vancouver, 49–70.
- ̣ Van Miegroet, H., J. L. Boettinger, M. A. Baker, J. Nielsen, D. Evans, A. Stum, 2005: Soil carbon distribution and quality in a montane rangeland-forest mosaic in northern Utah. *Forest Ecol. Manage.*, 220: 284–299.
- ̣ Vanmechelen, L., R. Groenemans, E. van Ranst, 1997: Forest soil condition in Europe. Results of a Large-Scale Soil Survey. Forest Soil Co-ordinating Centre, EC-UN/ECE, Brussels, Geneva, 261 str.
- R ̣ Vrbek, B., 1998: Karakteristike tala u šumskoj zajednici kitnjaka i običnoga graba (*Quercus petraea-Carpinetum illyricum* Ht.) na području Bilogore. *Rad. Šum. inst. Jastrebarsko*, 24(80): 62–72.
- SL ̣ Vukelić, J., D. Baričević, 2002: Novije fitocenološke spoznaje o bukovim šumama u Hrvatskoj. *Šumarski list*, 126 (9–10): 439–458.
- ̣ Wanhong, D., Y. Huang, 2006: Relation of soil organic matter concentration to climate altitude in zonal soils of China. *Catena*, 65: 87–94.
- ̣ Zinn, Y. L., L. Rattan, V. S. R. Dimas, 2005: Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 127 (1–2): 168–173.

SOIL ORGANIC MATTER OF Mt. BILOGORA FOREST ECOSYSTEM

SUMMARY

The paper presents the results of research on soil organic matter in two areas in the forest complex of Mt. Bilogora. These areas relate to sessile oak – beech stands, of which the one in the eastern part of Bilogora contains a considerable proportion of linden. The area has a relatively homogeneous lithological structure and similar climatic features. Research was conducted in a total of 39 plots. The organic carbon content in the soil to a depth of 100 cm is approximately 100 Mg ha⁻¹ and the thickness of the A-horizon is about 5.6 cm. The content of organic carbon in the A horizon is 27 Mg ha⁻¹ and of total nitrogen 1.8 Mg ha⁻¹. The analyzed organic matter parameters showed exceptionally high variability. The two areas differ significantly in the A horizon thickness and organic carbon content to a depth of 100 cm. The result points to a need for a more detailed study of patterns of soil organic matter variability, both with regard to its causes and its spatial distribution.

Key words: forest soil, soil organic matter

UDK: 630*164

MIKROMORFOLOŠKE ZNAČAJKE SJEVERNOAMERIČKIH VRSTA JASENA UNESENIH U HRVATSKU

MICROMORPHOLOGICAL TRAITS OF NORTH AMERICAN ASH SPECIES INTRODUCED IN CROATIA

ŽELIMIR BORZAN, DARIO KREMER, EDITH STABENTHEINER

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Već više od 130 godina u Hrvatskoj se pod zajedničkim imenom “američki jasen” spominju američki bijeli jasen (*Fraxinus americana* L.) i pensilvanski jasen (*F. pennsylvanica* Marshall). Budući da za njihovu točnu determinaciju makromorfološke značajke katkada nisu dovoljne, istražena je mikromorfolo-gija snimanjem površine lista uz pomoć rasterskoga elektronskoga mikroskopa. Usporedbom uzoraka pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena s uzorcima slučajno odabranih stabala tzv. “američkoga jasena” iz nasada u gradu Zagrebu i iz jedne kulture na području Šumarije Dugo Selo utvrđeno je da je tzv. “američki jasen” zapravo pensilvanski jasen. Najpouzdanija mikromorfološka značajka lista za razlikovanje američkoga bijeloga od pensilvanskoga jasena jest prisutnost papila s donje strane lista u američkoga bijeloga jasena. Na temelju drugih analiziranih mikromorfoloških značajki lista (promjer glavičastih i jednostavnih dlaka, duljina i širina puči) ove dvije vrste nije bilo moguće pouzdano razlikovati.

Ključne riječi: *Fraxinus americana*, *Fraxinus pennsylvanica*, glavičaste dlake, jednostavne dlake, puči, papile

UVOD INTRODUCTION

Istražujući hrvatsku dendrofloru, uočili smo unesene sjevernoameričke vrste jasena (pensilvanski jaseni – *Fraxinus pennsylvanica* Marshall i američki bijeli jasen – *F. americana* L.) u urbanim nasadima i šumskim kulturama. Iako su te dvije vrste prisutne u Hrvatskoj od sredine 19. stoljeća, i danas se većinom nazivaju zajedničkim imenom “američki jasen”, bez posebne oznake radi li se o američkom bje-

lom ili o pensilvanskom jasenu. Razlikovanje tih vrsta važno je zbog određivanja optimalnih uvjeta sadnje i načina gospodarenja u već postojećim šumskim kulturama. Morfološke značajke poput oblika lista, oblika gornjega ruba ožiljka otpaloga lista, oblika pupova, prisutnosti ili odsutnosti dlačica na jednogodišnjim izbojcima, peteljka listova i peteljčicama liski često se preklapaju u pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena. Tako su u obje vrste opisani varijeteti koji imaju dlakave, kao i oni koji imaju gole jednogodišnje izbojke, glavne peteljke lista i peteljčice liski. Američki i kanadski šumari i botaničari danas smatraju da postoje dvije vrste koje se u svojim makromorfološkim značajkama preklapaju. Opis morfoloških značajki pojedinih varijeteta i taksonomsku problematiku daju Fernald (1950), Miller (1955), Santamour (1962), Steyermark (1963), Fowells (1965), Sargent (1965), Taylor (1972), Bean (1973), Harlow i dr. (1996).

Zbog varijabilnosti ovih dviju vrsta potrebno je pri determinaciji američkoga bijeloga i pensilvanskoga jasena promatrati veći broj morfoloških značajki (Taylor 1972). No, ponekad makromorfološke značajke nisu dovoljne za njihovu pouzdanu determinaciju, pa je potrebno poznavati i mikromorfološke značajke. Zato su istražene mikromorfološke značajke sjevernoameričkih vrsta jasena prisutnih u urbanim nasadima i šumskim kulturama.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Uzorci listova nedeterminiranoga introduciranoga jasena prikupljeni su po principu slučajnosti s triju stabala iz nasada u Zagrebu, te sa šest stabala u odsjeku 4e u gospodarskoj jedinici "Črnovščak", Šumarija Dugo Selo. Kao kontrola poslužile su dvije biljke američkoga bijeloga jasena uzgojene u vrtu Zavoda za šumarsku genetiku i dendrologiju Šumarskoga fakulteta u Zagrebu iz sjemena prikupljenoga u šumi State College u Pennsylvaniji (USA), zatim dvije biljke pensilvanskoga jasena uzgojene također u vrtu Zavoda za šumarsku genetiku i dendrologiju iz sjemena porijeklom iz Royal Botanical Gardens Hamilton (Kanada), te jedna biljka pensilvanskoga jasena iz Botaničkoga vrta Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

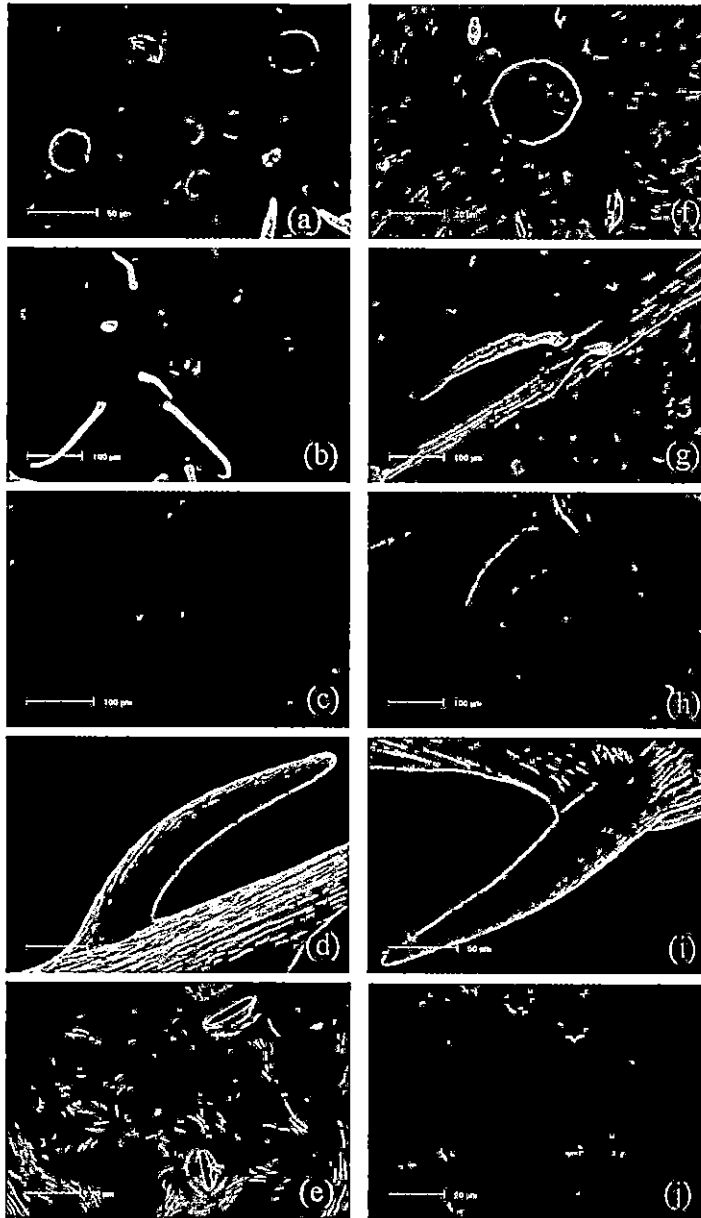
Sa svakoga stabla po principu slučajnosti odabrani su normalno razvijeni listovi fertilnoga izbojka, a sa svakoga sastavljenoga lista vršna liska i jedna od liski najdonjega para koje su fiksirane u otopini etanola i octene kiseline u omjeru 3 : 1. Laboratorijska su istraživanja obavljena u Institutu za fiziologiju bilja Karl-Franzens Sveučilišta u Grazu u Austriji. Tamo su od svake liske napravljena 4 preparata (ukupno 8 preparata po stablu), svaki veličine oko 6 mm². Nakon postfiksacije s 2,5 % otopinom glutaraldehida uzorci su podvrgnuti dehidraciji acetonom, osušeni do kritične točke uz pomoć tekućega CO₂, stavljeni na samoljepljivu traku prevučenu ugljikom, prekrivani slojem zlata i analizirani rasterskim elektronskim mikroskopom Philips XL 30 ESEM. Pri mikroskopiranju je na svakoj liski izmjeren

promjer 30 glavičastih i jednostavnih dlaka, 30 duljina jednostavnih dlaka, te 30 duljina i širina puči s točnošću od $0,1 \mu\text{m}$. Na taj je način po stablu za svaku mikromorfološku značajku dobiveno 60 izmjera. Budući da dobiveni podaci nisu zadovoljavali klasične pretpostavke za analizu varijance, rezultati izmjere promjera glavičastih i jednostavnih dlaka transformirani su pomoću izraza $1/\sqrt{x}$, a rezultati izmjere duljine i širine puči logaritmiranjem. Duljina jednostavnih dlaka zbog velike varijabilnosti nije statistički dalje obrađivana. Podaci su obrađeni univarijantnom (ANOVA) analizom varijance uz primjenu Schefféova *post-hoc* testa, a uz korištenje programskih paketa SAS 6.12 i Statistica 6.0.

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

Glavičaste dlake u američkoga bijeloga i pensilvanskoga jasena sličnoga su izgleda, smještene na lisnim žilama, kao i u prostoru između žila, kratke su, nerazgranjene, većinom utonule i postavljene okomito u odnosu na površinu epiderme (slika 1a, f). U tablici 1 prikazani su deskriptivni statistički pokazatelji, a u tablici 2 rezultati Schefféova *post-hoc* testa za promjer glavičastih i jednostavnih dlaka. Istraživanja su pokazala da tri biljke pensilvanskoga jasena imaju statistički značajno veći promjer glavičastih dlaka od obiju biljaka američkoga bijeloga jasena. Sva nedeterminirana stabla introduciranoga, tzv. "američkoga" jasena imala su statistički značajno veći promjer glavičastih dlaka od dviju biljaka američkoga bijeloga jasena, a većina i od triju biljaka pensilvanskoga jasena. Premda su nedeterminirana stabla bila nešto sličnija pensilvanskomu jasenu, vidljivo je da svrstavanjem glavičastih dlaka u jednu skupinu, na način kako su to učinili Westerkamp i Demmelmeyer (1997), nisu uočene razlike između pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena.

U pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena jednostavne dlake prisutne na površini plojke liski podjednaka su izgleda (slika 1b, g) i promjera (tablica 1), smještene u većem broju uz žile, a u manjem broju u prostoru između žila. To su nerazgranjene dlake, pri osnovi više ili manje paralelnih rubova, ušiljena ili zaobljena vrha, ravne ili izvijene, nagnute pod manjim ili većim kutom ili postavljene okomito u odnosu na površinu lista. Prema stupnju očuvanosti to su velikom većinom mrtve dlake ispunjene zrakom o čemu svjedoči i njihova bijela boja. Površina im je ili glatka ili nešto hrapava. Pri pregledu epiderme lista uočena je velika varijabilnost broja jednostavnih dlaka između pojedinih biljaka, tako da ih na liskama dvaju nedeterminiranih stabala introduciranoga jasena nije bilo dovoljno ni za statističku obradu. Statistički značajne razlike s obzirom na promjer jednostavnih dlaka nije bilo između pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena, kao niti između nedeterminiranih i kontrolnih stabala pensilvanskoga, odnosno američkoga bijeloga jasena (tablica 2). Duljina jednostavnih dlaka vrlo je varijabilna, pa je tako u pensilvanskoga jasena ona iznosila od $32,2$ do $751,1 \mu\text{m}$, a u američkoga bijeloga jasena od



Slika 1. Izgled glavičastih dlaka (a, f), jednostavnih dlake na donjoj strani liske (b, g) i uz rub plojke (c, d, h, i), te izgled puči (e, j) u *F. pennsylvanica* (a–e) i *F. americana* (f–j). Papile s donje strane lista u *F. americana* (j).

Fig. 1 Capitulate hairs (a, f), simple hairs on abaxial leaflet side (b, g) and on the blade edge (c, d, h, i), stomata (e, j) in *F. pennsylvanica* (a–e) and *F. americana* (f–j). Papillae on the abaxial leaflet side in *F. americana* (j).

Tablica 1. Statistički pokazatelji za promjer glavičastih i jednostavnih dlaka, za dužinu i širinu puči. Najveće i najmanje vrijednosti su podebljane. CV = koeficijent varijabilnosti.
 Table 1 Statistics for diameter of capitate and simple hairs, for length and width of stomata. Minimum and maximum values are bolded. CV = co

Stablo broj: Tree Number:	\bar{x} (μm)	s_x (μm)	CV (%)	Min (μm)	Max (μm)	\bar{x} (μm)	s_x (μm)	CV (%)	Min (μm)	Max (μm)
Glavičaste dlake – Capitate hairs					Dužina puči – Length of stomata					
1	36,48	4,38	12,01	27,60	49,30	24,64	4,03	16,36	17,60	35,30
2	35,74	5,50	15,39	29,35	56,30	24,69	3,39	13,73	18,10	34,70
3	35,85	6,21	17,32	23,70	51,70	24,70	2,76	11,17	19,70	31,10
4	30,85	7,98	25,87	21,85	54,00	24,79	3,96	15,97	18,40	36,00
5	28,10	3,52	12,53	21,30	39,95	22,76	2,88	12,65	17,70	32,70
6	46,59	7,14	15,33	34,50	66,70	26,27	4,35	16,56	16,30	36,70
7	41,21	7,46	18,10	26,35	63,85	26,73	3,95	14,78	18,30	36,40
8	45,19	6,59	14,58	35,40	64,00	25,92	3,79	14,62	17,10	34,60
9	44,21	8,03	18,16	28,90	60,30	25,11	3,44	13,70	19,40	34,50
10	39,01	5,41	13,87	29,30	53,90	25,73	3,57	13,87	18,70	37,70
11	41,12	6,60	16,05	24,00	61,30	27,10	3,95	14,58	18,30	33,70
12	44,22	8,29	18,75	33,30	68,00	27,56	3,80	13,79	18,20	38,30
13	44,60	6,06	13,59	28,50	58,70	25,90	3,56	13,75	18,40	33,80
14	43,81	7,47	17,05	30,70	66,70	27,42	3,25	11,85	20,00	35,00
Jednostavne dlake – Simple hairs					Širina puči – Width of stomata					
1	23,17	3,65	15,75	16,60	32,60	15,35	2,94	19,15	10,80	22,60
2	23,64	4,13	17,47	17,20	39,00	13,43	2,70	20,10	8,30	24,50
3	20,89	2,79	13,36	16,00	29,90	15,18	2,68	17,65	10,90	22,90
4	21,97	5,46	24,85	13,80	35,10	15,11	3,42	22,63	7,90	26,00
5	24,20	6,52	26,94	14,70	40,90	13,50	2,55	18,89	8,70	24,50
6	22,55	3,88	17,21	15,00	30,90	14,71	3,59	24,41	8,00	23,30
7	24,03	4,08	16,98	16,10	37,00	14,98	3,37	22,50	8,70	24,00
8	22,84	4,86	21,28	14,40	37,50	13,25	2,97	22,42	8,20	22,10
9	21,27	4,19	19,70	13,30	32,00	15,00	3,17	21,13	9,20	24,30
10	22,57	3,75	16,61	14,00	31,00	13,35	3,55	26,59	7,10	25,00
11	22,95	3,33	14,51	17,20	31,30	14,14	2,74	19,38	9,20	19,80
12	–	–	–	–	–	16,41	3,69	22,49	9,00	25,00
13	23,60	4,27	18,09	15,50	38,70	14,86	3,27	22,01	9,70	23,60
14	–	–	–	–	–	14,65	3,29	22,46	7,20	24,70

Napomena: stablo br. 1 – 3 = *F. pennsylvanica*, 4 – 5 = *F. americana*, 6 – 14 = nedeterminirani introducirani jasen, *Fraxinus* sp. Broj jednostavnih dlaka u stabala br. 12 i 14 nije bio dovoljan za statističku obradu.

Note: trees number 1 to 3 = *F. pennsylvanica*, 4 to 5 = *F. americana*, 6 to 14 = introduced ash species (not identified), *Fraxinus* sp. The number of simple hairs in trees 12 and 14 were not sufficient for statistical analysis.

Tablica 2. Rezultati Schefféova post-hoc testa za promjer glavičastih i jednostavnih dlaka. * = statistički značajna razlika ($p < 0,05$)
 Table 2 Results of Scheffé's post-hoc test for diameter of capitate and simple hairs. * = statistically significant difference ($p < 0,05$)

Promjer glavičastih dlaka – Diameter of capitate hairs													
Stablo Tree	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	1,0000												
3	1,0000	1,0000											
4	0,0000*	0,0001*	0,0001*										
5	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,8679									
6	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*								
7	0,3190	0,0484	0,0352*	0,0000*	0,0000*	0,1291							
8	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	1,0000	0,5546						
9	0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,9913	0,9607	1,0000					
10	0,9705	0,6842	0,6215	0,0000*	0,0000*	0,0010*	0,9992	0,0250*	0,2823				
11	0,2637	0,0350*	0,0251*	0,0000*	0,0000*	0,1651	1,0000	0,6209	0,9749	0,9983			
12	0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,9927	0,9554	1,0000	1,0000	0,2659	0,9711		
13	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,9999	0,7769	1,0000	1,0000	0,0784	0,8267	1,0000	
14	0,0006*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,9819	0,9788	1,0000	1,0000	0,3610	0,9873	1,0000	1,0000
Promjer jednostavnih dlaka – Diameter of simple hairs													
Stablo Tree	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	1,0000												
3	0,6347	0,3455											
4	0,8941	0,6725	1,0000										
5	1,0000	1,0000	0,4147	0,7396									
6	1,0000	0,9982	0,9614	0,9979	0,9993								
7	0,9999	1,0000	0,1474	0,4036	1,0000	0,9773							
8	1,0000	0,9987	0,9532	0,9970	0,9995	1,0000	0,9819						
9	0,6640	0,3734	1,0000	1,0000	0,4444	0,9685	0,1645	0,9615					
10	1,0000	0,9986	0,9553	0,9972	0,9995	1,0000	0,9809	1,0000	0,9633				
11	1,0000	1,0000	0,7429	0,9437	1,0000	1,0000	0,9996	1,0000	0,7684	1,0000			
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	1,0000	1,0000	0,4190	0,7434	1,0000	0,9993	1,0000	0,9995	0,4487	0,9995	1,0000	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Napomena: stablo br. 1 – 3 = *F. pennsylvanica*, 4 – 5 = *F. americana*, 6 – 14 = nedeterminirani introducirani jasen, *Fraxinus* sp.
 Note: trees number 1 to 3 = *F. pennsylvanica*, 4 to 5 = *F. americana*, 6 to 14 = introduced ash species (not identified), *Fraxinus* sp.

Tablica 3. Rezultati Schefféova post-hoc testa za dužinu i širinu puči. * = statistički značajna razlika ($p < 0.05$)
 Table 3 Results of Scheffé's post-hoc test for length and width of stomata. * = statistically significant difference ($p < 0.05$)

Dužina puči – Length of stomata													
Stablo Tree	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	1,0000												
3	1,0000	1,0000											
4	1,0000	1,0000	1,0000										
5	0,8425	0,7514	0,6837	0,7318									
6	0,9519	0,9785	0,9881	0,9819	0,0117*								
7	0,6813	0,7855	0,8407	0,8031	0,0007*	1,0000							
8	0,9902	0,9968	0,9986	0,9975	0,0381*	1,0000	1,0000						
9	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3975	0,9994	0,9660	1,0000					
10	0,9972	0,9993	0,9997	0,9995	0,0706	1,0000	0,9998	1,0000	1,0000				
11	0,3842	0,5028	0,5794	0,5259	0,0001*	0,9999	1,0000	0,9982	0,8331	0,9932			
12	0,1106	0,1738	0,2243	0,1881	0,0000*	0,9908	1,0000	0,9537	0,4817	0,9036	1,0000		
13	0,9891	0,9964	0,9984	0,9971	0,0358*	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9984	0,9572	
14	0,1361	0,2084	0,2646	0,2245	0,0000*	0,9943	1,0000	0,9671	0,5355	0,9271	1,0000	1,0000	0,9698
Širina puči – Width of stomata													
Stablo Tree	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2	0,5477												
3	1,0000	0,6746											
4	1,0000	0,8338	1,0000										
5	0,6433	1,0000	0,7601	0,8917									
6	0,9998	0,9892	1,0000	1,0000	0,9954								
7	1,0000	0,9004	1,0000	1,0000	0,9405	1,0000							
8	0,2798	1,0000	0,3947	0,5872	1,0000	0,9261	0,6967						
9	1,0000	0,8749	1,0000	1,0000	0,9224	1,0000	1,0000	0,6517					
10	0,2618	1,0000	0,3735	0,5648	1,0000	0,9168	0,6758	1,0000	0,6300				
11	0,9831	0,9999	0,9943	0,9993	1,0000	1,0000	0,9999	0,9969	0,9997	0,9961			
12	0,9996	0,0323*	0,9982	0,9884	0,0516	0,8280	0,9727	0,0066*	0,9806	0,0057*	0,4437		
13	1,0000	0,9497	1,0000	1,0000	0,9730	1,0000	1,0000	0,8015	1,0000	0,7843	1,0000	0,9398	
14	0,9998	0,9900	1,0000	1,0000	0,9958	1,0000	1,0000	0,9295	1,0000	0,9204	1,0000	0,8220	1,0000

Napomena: stablo br. 1 – 3 = *F. pennsylvanica*, 4 – 5 = *F. americana*, 6 – 14 = nedeterminirani introducirani jasen, *Fraxinus* sp.
 Note: trees number 1 to 3 = *F. pennsylvanica*, 4 to 5 = *F. americana*, 6 to 14 = introduced ash species (not identified), *Fraxinus* sp.

14,3 do 601,1 μm . Opisujući izgled jednostavnih dlaka u nekoliko vrsta jasena rasprostranjenih u istočnom dijelu Sjeverne Amerike, Hardin i Beckmann (1982) navode da su one duge do 0,5 mm. Najduža izmjerena jednostavna dlaka u ovim istraživanjima bila je duga 866,0 μm , a izmjerena je u jednoga nedeterminiranoga stabla introduciranoga jasena.

U mlađih biljaka američkoga bijeloga jasena jednostavne su dlake smještene ne samo na površini nego i uz rub plojke (slika 1h). Dlake smještene uz rub plojke deblje su i čvršće u odnosu na dlake smještene na površini plojke, pravilno se sužavaju prema vrhu (slika 1d, i), dok su dlačice smještene na površini plojke najčešće izdužene i tanke (slika 1b, g). Promjer pri osnovi dlaka smještenih uz rub plojke iznosio je od 28,7 do 97,1 μm , a duljina od 67,4 do 315,0 μm . Mnogo rjeđe jednostavne se dlake nalaze i uz rub plojke pensilvanskoga jasena (slika 1c), a njihov je promjer pri osnovi u jedne biljke pensilvanskoga jasena iznosio od 21,8 do 47,1 μm , a duljina od 80,3 do 189,0 μm .

Puči su u pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena podjednaka izgleda (slika 1e, j) i veličine (tablica 1). Razlika u duljini puči između pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena nije bila statistički značajna. Stoga se te dvije vrste nisu mogle sa sigurnošću razlikovati (tablica 3). To se nešto razlikuju od istraživanja Taylorove (1972), koja je utvrdila da duljina stanica zapornica u pensilvanskoga jasena iznosi od 16 do 28 μm , a u američkoga bijeloga jasena od 12 do 18 μm . Razlike u rezultatima se mogu objasniti varijabilnošću unutar vrste, što i nije neobično uzme li se u obzir veliko područje prirodne rasprostranjenosti ovih dviju sjevernoameričkih vrsta jasena. Također, ni jedno stablo nedeterminiranoga introduciranoga jasena nije se statistički značajno razlikovalo od pensilvanskoga jasena. Razlika u odnosu na američki bijeli jasen nije potpuno jasna, pa se tako ni jedno nedeterminirano stablo nije statistički značajno razlikovalo od biljke američkoga bijeloga jasena označene brojem 4. S druge strane razlika u duljini puči između sedam nedeterminiranih stabala introduciranoga jasena i biljke američkoga bijeloga jasena označene brojem 5 bila je statistički značajna (tablica 3).

U pogledu širine puči nije bilo statistički značajne razlike između pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena, a samo je jedno stablo nedeterminiranoga introduciranoga jasena imalo statistički značajno šire puči od biljke pensilvanskoga jasena označene brojem 2 (tablica 3). Širina se puči u ostalih stabala introduciranoga jasena nije statistički značajno razlikovala ni u odnosu na pensilvanski, ni u odnosu na američki bijeli jasen.

Prisutnost papila (voštanih tvorevina) s donje strane lista utvrđena je samo u kontrolnih biljaka američkoga bijeloga jasena (slika 1j). To odgovara literaturnim podacima (Miller 1955, Taylor 1972, Hardin i Beckmann 1982) gdje se papile navode kao mikromorfološka značajka vezana uz američki bijeli, ali ne i za pensilvanski jasen.

ZAKLJUČAK CONCLUSIONS

Na temelju istraživanja mikromorfoloških značajki lista pensilvanskoga i američkoga bijeloga jasena sva su slučajno odabrana stabla iz nasada u gradu Zagrebu i iz šumske kulture na području Šumarije Dugo Selo determinirana kao pensilvanski jasen. Istraživanja su također pokazala da se na temelju izgleda i promjera glavica i jednostavnih dlaka raspoređenih na površini plojke, te duljine i širine puči te dvije vrste ne mogu pouzdano razlikovati. Pouzdana je mikromorfološka značajka za njihovu determinaciju prisutnost papila s donje strane lista u američkoga bijeloga jasena.

LITERATURA REFERENCES

- ↘ Bean, W. J., 1973: Trees and Shrubs Hardy in the British Isles (8th ed). M. Bean and J. Murray Ltd., Frome and London, 2: 208–232.
- ↘ Fernald, M. L., 1950: Gray's Manual of Botany (8th ed). American Book Company.
- ↘ Fowells, H. A., 1965: Silvics of Forest Trees of the United States. USDA Forest Service Agric. Handb. 271, Washington, D. C.
- ↘ Hardin, J. W., R. L. Beckmann, 1982: Atlas of Foliar Surface Features in Woody Plants, V. *Fraxinus (Oleaceae)* of Eastern North America. Brittonia, 34 (2): 12–140.
- ↘ Harlow, W. M., E. S. Harrar, J. W. Hardin, F. M. White, 1996: Textbook of Dendrology (8th ed). McGraw-Hill Inc., New York.
- ↘ Miller, G. N., 1955: The Genus *Fraxinus*, the Ashes, in North America, North of Mexico. Cornell Experiment Station Memoir, Cornell University, Agricultural Experiment Station, Ithaca, New York, 335: 1–64.
- ↘ Santamour, F. S. Jr., 1962: The Relation Between Polyploidy and Morphology in White and Biltmore Ash. Bull. Torrey Bot. Club, 89 (4): 228–232.
- ↘ Sargent, C. S., 1965: Manual of the Trees of North America. Dover Publications Inc., New York, 2: 833–853.
- ↘ Steyermark, J. A., 1963: Flora of Missouri. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- ↘ Taylor, S. M. O., 1972: Ecological and Genetic Isolation of *Fraxinus americana* and *Fraxinus pennsylvanica*. Ph. D. Thesis, Univer. of Michigan.
- ↘ Westerkamp, C., H. Demmelmeier, 1997: Blattoberflächen mitteleuropäischer Laubgehölze. Gebrüder Borntraeger, Berlin – Stuttgart.

MICROMORPHOLOGICAL TRAITS OF NORTH AMERICAN ASH SPECIES INTRODUCED IN CROATIA

SUMMARY

White ash (*Fraxinus americana* L.) and red ash (*F. pennsylvanica* Marshall) are known under one name – “American ash” in Croatia more than 130 years. Sometimes the macromorphological traits are not sufficient for their determination. Because of that, the micromorphological traits of these species were researched by scanning leaf surface with environmental scanning-electron microscope (ESEM). Analyses of samples of *F. americana* and *F. pennsylvanica* with samples of “American ash” collected from randomly selected trees in urban area of Zagreb and from trees in one plantation in Forestry office Dugo Selo have shown that “American ash” is in fact *F. pennsylvanica*. The most reliable micromorphological traits of leaf to distinguish *F. americana* from *F. pennsylvanica* is the presence of papillae on abaxial side of leaflets of *F. americana*. Other researched traits (diameter of capitata and simple hairs, length and width of stomata) were not reliable in distinguishing those two species.

Key words: *Fraxinus americana*, *Fraxinus pennsylvanica*, capitata hairs, simple hairs, stomata, papillae

UDK: 630*165.55

OČUVANJE GENOFONDA ŠUMSKIH VRSTA DRVEĆA U HRVATSKOJ

CONSERVATION OF FOREST GENETIC RESOURCES IN CROATIA

DAVORIN KAJBA, JOSO GRAČAN, MLADEN IVANKOVIĆ, SAŠA BOGDAN,
MARIJA GRADEČKI-POŠTENJAK, TIBOR LITTVAY, IDA KATIČIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Očuvanje genetske raznolikosti naših šumskih vrsta osnova je potrajnoga gospodarenja i očuvanja prirodnoga sastava naših šumskih sastojina, koji danas čini 95 % od ukupne površine šuma. Hrvatska u svojem bogatstvu zemljopisnih regija sadrži različite ekološke tipove i velik broj vrsta šumskoga drveća na koje izravno utječu degradacija staništa, različiti tipovi onečišćenja tla, zraka i vode, prekomjerno iskorištavanje pojedinih vrednijih vrsta šumskoga drveća, ubrzano djelovanje globalnih klimatskih promjena i antropogeni utjecaj.

Potreba očuvanja genetske varijabilnosti odnosi se na vrste koje pripadaju skupini socijalnih listača, a naših gospodarski najrasprostranjenijih vrsta (hrast lužnjak, hrast kitnjak i bukva). Od četinjača najugroženija je obična jela (*Abies alba*), čija je populacija trajno oštećena preko 70 %, a od gubitka genetske varijabilnosti potrebno je sačuvati i druge zavičajne vrste četinjača.

Očuvanje plemenitih listača moralo bi obuhvatiti više vrsta iz različitih rodova (*Fraxinus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Prunus*, *Juglans*, *Castanea*, *Sorbus*, *Acer*, *Malus*, *Pyrus*, *Tilia*), koje su dijelom ugrožene zbog utjecaja različitih bolesti i štetnika te iskorištavanja zbog svoje tehničke vrijednosti. Promjene hidroloških uvjeta naših rijeka uvjetovalo je teškoće u obnovi ritskih šuma i gubitka genetske varijabilnosti europske crne i bijele topole na njihovim staništima. U priobalnom dijelu naše zemlje potreba je za konzervacijom genetskih resursa dalmatinskoga crnoga bora (*P. nigra* ssp. *dalmatica*) i naših mediteranskih vrsta hrasta.

Očuvanje genetske raznolikosti različitih vrsta šumskoga drveća provodi se programima koji uključuju dinamičke metode *in situ* i statičke metode *ex situ*. U Hrvatskoj su izdvojene ukupno 303 priznate i izabrane sjemenske sastojine s ukupnom površinom od 17 612 ha. Metodom *ex situ* osnovano je ukupno 50 tipova objekata (pokusi provenijencija i polusrodnika, klonske sjemenske plantaže, klonski arhivi) s površinom od 114,85 ha.

Očuvanje gena šumskoga drveća održavanje evolucijski stvorenoga adaptacijskoga potencijala pojedine vrste, a time ujedno njezine šumske zajednice i cjelokupnoga ekosustava. Za potrebe očuvanja genofonda vrsta šumskoga drveća potrebno je zaštititi postojeću genetsku varijabilnost, njegovu prilagod-

ljivost za procese prirodne evolucije i za oplemenjivanje, te unaprijediti spoznaje i identificiranje tolerantnih jedinki na pojedine bolesti i štetnike, uz izbjegavanje smanjenja veličine genetskih resursa ugroženih vrsta. Istraživanja se trebaju nadopunjavati podacima koji obuhvaćaju inventarizaciju, zakonodavstvo, praktičnu primjenu, koordinaciju na nacionalnoj i paneuropskoj razini, kao i promicanje svijesti u javnosti o važnosti očuvanja ugroženih vrsta u šumskim ekosustavima.

Ključne riječi: očuvanje genofonda, metode *ex situ* i *in situ*, četinjače, listače

UVOD INTRODUCTION

Republika Hrvatska sa svojom površinom šuma i šumskoga zemljišta (od 2,49 milijuna hektara, što je 44 % kopnenoga dijela) ima ukupno oko 260 autohtonih drvenastih vrsta, od kojih 50 % pripadaju šumskom ekosustavu, a 60 njih čini gospodarsko bogatsvo hrvatskih šuma, dok se više stotina drugih vrsta nadovezuje na šumski ekosustav upotpunjujući njegovu biološkuraznolikost. Očuvanje genetske raznolikosti naših šumskih vrsta osnova je potrajnoga gospodarenja i očuvanja prirodna sastava naših šumskih sastojina, koji danas čini 95 % od ukupne površine šuma. Hrvatska u svojem bogatsvu zemljopisnih regija sadrži različite ekološke tipove i velik broj vrsta šumskoga drveća na koje izravno utječu degradacija staništa, različiti tipovi onečišćenja tla, zraka i vode, prekomjerno iskorištavanje pojedinih vrednijih vrsta šumskoga drveća, ubrzano djelovanje globalnih klimatskih promjena i antropogeni utjecaj.

Potreba očuvanja genetske varijabilnosti odnosi se na vrste koje pripadaju skupini socijalnih listača, a naših gospodarski najrasprostranjenijih vrsta (hrast lužnjak, hrast kitnjak i bukva). Od četinjača najugroženija je obična jela (*Abies alba*), čija je populacija trajno oštećena preko 70 %, a od gubitka genetske varijabilnosti potrebno je sačuvati i druge zavičajne vrste četinjača.

Očuvanje plemenitih listača moralo bi obuhvatiti više vrsta iz različitih rodova (*Fraxinus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Prunus*, *Juglans*, *Castanea*, *Sorbus*, *Acer*, *Malus*, *Pyrus*, *Tilia*), koje su dijelom ugrožene zbog utjecaja različitih bolesti i štetnika te iskorištavanja zbog svoje tehničke vrijednosti. Promjene hidroloških uvjeta naših rijeka uvjetovalo je teškoće u obnovi ritskih šuma i gubitka genetske varijabilnosti europske crne i bijele topole na njihovim staništima. U priobalnom dijelu naše zemlje potreba je za konzervacijom genetskih resursa dalmatinskoga crnoga bora (*P. nigra* ssp. *dalmatica*) i naših mediteranskih vrsta hrasta.

Očuvanje genetske raznolikosti različitih vrsta šumskoga drveća provodi se programima koji uključuju dinamičke metode *in situ* i statičke metode *ex situ*.

Očuvanje domaćih vrsta metodom *in situ* temelji se na konceptu *status quo* zaštite prirodnih uvjeta na lokalnim staništima u kojima je postignuta optimalna alelna frekvencija gena koja osigurava preživljavanje i reprodukciju u danom oko-

lišu. Polazi se od činjenice da su udomaćene lokalne populacije, određene vrste šumskoga drveća, najbolje otporne i prilagođene na stresne utjecaje okoliša te na utjecaje bolesti i štetnika. Istraživanja očuvanja genetske raznolikosti obuhvaćaju potrebe spoznaje o najmanjoj veličini populacije (MVP) koja je potrebna za njezin relativno siguran opstanak s obzirom na genetske, demografske, okolišne i druge čimbenike. S obzirom na veličinu i tip rasprostranjenosti pojedine vrste (kontinuirana ili diskontinuirana rasprostranjenost, genetski drift i dr.), potrebno je utvrditi broj subpopulacija i jedinki koji će uspjeti predstavljati, obuhvatiti i sačuvati kompletnu varijabilnost pojedine vrste. Očuvanje metodom *in situ* (tablica 1) razumijeva populacije u kategorijama zaštićenih objekata biološke i krajobrazne raznolikosti, te prirodne šumske sastojine i populacije koje već jesu ili će biti izuzete iz redovitoga gospodarenja (npr. priznate sjemenske sastojine).

Zbog velike i varijabilne skupine ugroženih vrsta, od kojih su neke šire rasprostranjene, a neke pak rijetko pridolaze u šumskim ekosustavima ili imaju višestruku ekološko-gospodarsku ulogu, istraživanja njihova očuvanja moraju se raditi odjelito. Glavna je uloga osiguranje minimalnih zahtjeva za konzervaciju gena pojedine vrste, a bila bi primjenjiva ili adaptirana za primjenu, ovisno o njezinu stanju i situaciji pojedine vrste. Ona obuhvaća ekologiju i ciljeve očuvanja genofonda vrste, načela i metode, definiranje ekogeografskih zona (sjemenskih zona), inventarizaciju genetskih resursa pojedine vrste, određivanje broja populacija i individua potrebnih za konzervaciju. Također treba utvrditi uzgojne radove koji bi se provodili u zaštićenim sastojinama, te učinke utjecaja čovjeka na populacije ugroženih vrsta šumskih vrsta.

Zaštita metodom *ex situ* predstavlja očuvanje vrsta šumskoga drveća izvan njihovih prirodnih staništa (tablica 2). Ova se metoda primjenjuje usporedo s metodom *in situ*, a osobito se koristi kod vrsta kod kojih je onemogućena ili je pak nemoguća konzervacija dijelova ili cijelih populacija. U tu je svrhu potrebno osnivanje eksperimentalnih ploha *ex situ*, što uključuje istraživanja u pokusima provenijencija, testovima potomstava i klonskim testovima. Ovom je metodom očuvanje genetske raznolikosti pojedine vrste moguće sačuvati osnivanjem kolekcija kao što su: testovi provenijencija i polusrodnika, klonski arhivi, klonske sjemenske plantaže, banke sjemena, peludi i biljnoga tkiva.

Očuvanje genofonda i potrajna uporaba genetskih potencijala koji postoje unutar vrsta šumskoga drveća vrlo su važni jer upućuju na procese obnove šuma, buduću produktivnost i održivost europskih šuma. Program EUFORGEN (europski šumski genetski resursi) kolaborativni je program europskih zemalja (32) utemeljen rezolucijama ministarskih konferencija o zaštiti europskih šuma (Strasbourg 1990, Helsinki 1993, Lisabon 1998, Beč 2003). Republika Hrvatska je potpisom pisma namjere da prihvaća šest rezolucija iz Strassbourga i četiri rezolucije iz Helsinkija postala članica programa EUFORGEN za provođenje Rezolucije S2 (očuvanje genofonda europskih šuma). Program EUFORGEN financiraju svojim prilozima zemlje članice, a koordinira ga Međunarodni institut za biljne genetske resurse (IPGRI) u Rimu u suradnji s FAO. Od listopada 1994. EUFORGEN pred-

Tablica 1. Očuvanje genetskih resursa metodom *in situ*
 Table 1 Conservation of forest genetic resources by *in situ* method

Vrsta <i>Species</i>	Vrsta objekta <i>Type</i>	Broj No.	Ukupna površina <i>Total area</i> (ha)
Četinjače - Conifers			
<i>Abies alba</i>	PSS/ISS	14	418
<i>Larix decidua</i>	PSS	1	15
<i>Picea abies</i>	PSS	13	280
<i>Pinus brutia</i>	PSS	3	21
<i>Pinus halepensis</i>	PSS/ISS	5	185
<i>Pinus nigra</i>	PSS/ISS	15	302
<i>Pinus nigra ssp. dalmatica</i>	PSS	1	57
<i>Pinus nigra ssp. laricio</i>	PSS	2	29
<i>Pinus pinaster</i>	PSS	4	50
<i>Pinus pinea</i>	PSS/ISS	3	9
<i>Pinus sylvestris</i>	PSS	5	69
<i>Taxodium distichum</i>	PSS	1	1
Ukupno	PSS/ISS	76	1 436
Socijalne listače - Social Broadleaved species			
<i>Fagus sylvatica</i>	PSS/ISS	25	1 603
<i>Quercus ilex</i>	PSS	3	85
<i>Quercus petraea</i>	PSS/ISS	35	2 044
<i>Quercus pubescens</i>	PSS/ISS	3	129
<i>Quercus robur</i>	PSS/ISS	106	10 094
<i>Quercus robur var. tardissima</i>	PSS	5	99
Ukupno	PSS/ISS	180	14 054
Plemenite listače – Noble Hardwoods species			
<i>Acer pseudoplatanus</i>	PSS	1	22
<i>Alnus glutinosa</i>	PSS/ISS	4	50
<i>Carpinus betulus</i>	PSS/ISS	4	132
<i>Castanea sativa</i>	PSS	1	23
<i>Fraxinus angustifolia</i>	PSS/ISS	25	1 603
<i>Fraxinus excelsior</i>	PSS	1	22
<i>Juglans nigra</i>	PSS/ISS	3	56
<i>Tilia tomentosa</i>	PSS	2	42
<i>Tilia platyphyllos</i>	PSS	3	172
<i>Ulmus minor</i>	PSS	3	GS
Ukupno		47	2 122
Sveukupno		303	17 612

PSS = priznate sjemenske sastojine – *seed stands*

ISS = izabrane sjemenske sastojine – *selected seed stands*

GS = grupe stabala – *group of trees*

Tablica 2. Očuvanje genetskih resursa metodom *ex situ*
 Table 2 Conservation of forest genetic resources by *ex situ* method

Vrsta <i>Species</i>	Vrsta objekta <i>Type</i>	Broj No.	Ukupna površina <i>Total area</i> (ha)	Broj provenijencija/ polusrodnika/klonova <i>No. of provenances/ families/clones</i>
Četinjače - Conifers				
<i>Abies alba</i>	PP	3	3,00	29
<i>Picea abies</i>	PP	3	12,00	43
<i>Pinus sylvestris</i>	PP	2	2,00	22
<i>Pinus sylvestris</i>	KSP	2	3,00	30
<i>Pinus nigra</i>	PF	1	1,00	18
<i>Pinus nigra</i>	KSP	2	1,50	41
<i>Larix europea</i>	PF	5	7,00	25
<i>Larix europea</i>	KSP	2	2,50	28
Socijalne listače – Social Broadleaved species				
<i>Quercus robur</i>	KSP	4	47,00	150
<i>Quercus robur</i>	F	3	1,70	70
<i>Quercus robur</i>	P	3	3,85	46
<i>Fagus sylvatica</i>	PP	2	2,00	36
Plemenite listače – Noble Hardwoods species				
<i>Tilia cordata</i>	SP	1	0,72	13
<i>Alnus glutinosa</i>	KSP	2	1,70	61
<i>Fraxinus angustifolia</i>	KSP	1	3,50	56
<i>Fraxinus angustifolia</i>	PP/PF	4	4,50	9/75
<i>Prunus avium</i>	KSP	1	3,00	26
<i>Juglans regia</i>	PF	4	8,88	16
<i>Juglans regia</i>	KA	2	1,00	23
<i>Ulmus minor</i>	A	1	0,50	15
Topole i vrbe – Poplars and willows				
<i>Populus nigra</i>	KA	2	4,50	86
<i>Populus</i> sp.	KA			54
<i>Salix</i> sp.	KA			81
<i>Svenkupno</i>	50	114,85		

PP/PF = pokus provenijencija/familija – *provenances trial/families*

KSP = klonska sjemenska plantaža – *clonal seed orchard*

KA = klonski arhiv – *clonal archive*

stavlja vrlo aktivan i učinkovit forum o očuvanju i potrajnom korištenju genofonda europskih šuma. Djeluje preko mrežnih planova (*Networks*) za određene skupine šumskoga drveća, a zemlje članice samostalno provode dogovorene planove o vlastitom genofondu. Faza I započela je 1994. i trajala je do 1999, faza II od 2000. do 2004, dok je faza III započela 2005. godine. Rad programa EUFORGEN nadzire i kontrolira Nadzorni odbor (*Steering Committee*) koji čine nacionalni koordinatori zemalja članica. Članarina za Republiku Hrvatsku od 1994. do 2004. iznosila je

5000 USD, a od 1. siječnja 2005. iznosi 5500 USD. Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva uplatile su godišnju članarinu svake druge godine naizmjenično. Hrvatske šume d.o.o. financirale su znanstvenoistraživački rad koji su obavljali Šumarski institut Jastrebarsko i Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku u okviru Programa znanstvenoistraživačkoga rada.

OČUVANJE GENETSKIH RESURSA ČETINJAČA CONSERVATION OF CONIFER GENETIC RESOURCES

OBIČNA JELA (*Abies alba* Mill.)
COMMON FIR (*Abies alba* Mill.)

U Hrvatskoj su prva istraživanja uspijevanja različitih provenijencija obične jele započela u jesen 1994. godine. Skupljeni su uzorci češera (sjemeni) u 18 priznatih i izabranih sjemenskih sastojina u Hrvatskoj i u dvije sjemenske sastojine u Sloveniji. Na području Šumarije Fužine, Uprava šuma podružnica Delnice, lokalitet Brloško, u proljeće 2000. godine osnovan je terenski pokus provenijencija obične jele. U rasadniku Instituta Odjela za oplemenjivanje i šumsko sjemenarstvo 2001. osnovan je komparativni pokus.

Radi utvrđivanja unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti na pokusu provenijencija od njegova osnivanja obavljale su se izmjere za više svojstava: visina, promjer na vratu korijena, tečajni visinski prirast, broj lateralnih pupova na terminalnom izbojku. Na pokusima se također pratilo: a) listanje biljaka u tri karakteristične fenofaze – zimski pup (pupovi u fazi mirovanja, smeđi do tamno smeđi), nabubreni pup (izduženi, nabubreni pup, svijetlo smeđe do žuto zelenkaste boje, ako se vidi opna, ona još nije probijena vršcima iglica) i otvoreni pup (izlaze vršci iglica, opna pupa je pukla ili je nema); b) oštećenost biljaka kasnim mrazom; c) evidencija preživljavanja biljaka.

Pokusi provenijencija omogućili su kontinuirano praćenje i mjerenje niza kvantitativnih svojstava te fenološka motrenja. Osnivanjem pokusa na dva kontrastna lokaliteta omogućena je usporedba uspijevanja provenijencija obične jele u različitim stanišnim uvjetima izučavanjem interakcije provenijencija \times stanište.

Rezultati istraživanja 18 hrvatskih i dviju slovenskih provenijencija u dobi od 10 godina utvrdili su statistički značajne razlike između provenijencija za svojstva visine i promjera iznad vrata korijena na dva testirana staništa (Ivanković 2005). Na pokusu Brloško za istraživanja svojstva broja lateralnih pupova na terminalnom izbojku, vremenu listanja i oštećenosti od mraza utvrđena je također statistički značajna razlika između istraživanih provenijencija. Za sva istraživana svojstva utvrđena je statistički značajna razlika za interakciju godina \times provenijencija, a štete od kasnoga mraza pokazale su da utječu na brojnost lateralnih pupova. Kod pojedinih provenijencija utvrđena je opća adaptacija, odnosno fenotipska stabilnost, dok su

pojedinice provenijencije bile fenotipski nestabilne i imale su specifičnu adaptaciju na određeno stanište. Istraživanja na osnovi genetičko-molekularne analize gena *nad5-4* utvrdila su u hrvatskim provenijencijama postojanje haplotipa 1, karakterističnoga za srednju i zapadnu Europu, i haplotipa 2, karakterističnoga za jugoistočnu Europu, dok je u dvije istraživane slovenske provenijencije pronađen samo haplotip 1.

OČUVANJE GENETSKIH RESURSA SOCIJALNIH LISTAČA CONSERVATION OF SOCIAL BROADLEAVED GENETIC RESOURCES

HRAST LUŽNJAK (*Quercus robur* L.) PEDUNCULATE OAK (*Quercus robur* L.)

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) ima najveću rasprostranjenost i kontinuiranost rasprostranjenosti u usporedbi s ostalim šumskim vrstama drveća vlažnih i poplavnih šuma. Anemofilna je vrsta, i time sa značajnom sposobnošću migracija gena na velike udaljenosti u vremenu i prostoru. Migracije gena sjemenom na veće udaljenosti nisu toliko vjerojatne, ali pretpostavlja se da je čovjekovo djelovanje omogućilo značajne migracije i tim putem. Hrast lužnjak raste u raznolikim stanišnim uvjetima (s obzirom na fitocenoze, tlo, vodni režim, klimatske značajke) koje bi mogle različito djelovati na genetsku strukturu prirodnih populacija putem prirodne selekcije. Genetska varijabilnost unutar i između prirodnih populacija hrasta lužnjaka u Hrvatskoj nije dovoljno istražena, ali se na temelju dosadašnjih spoznaja i uz uvažavanje biološko-ekoloških karakteristika i načina gospodarenja može pretpostaviti visok stupanj unutarpopulacijske varijabilnosti uz malu međupopulacijsku diferencijaciju.

Selekcija plus stabala hrasta lužnjaka i osnivanje klonskih sjemenskih plantaža provedeni su sukladno dosadašnjim znanstvenim spoznajama. Pretpostavka je da sjemenske plantaže čine prikladnu bazu za *ex situ* očuvanje genetske raznolikosti vrste te za proizvodnju genetski kvalitetnoga sjemena za obnovu hrastovih sastojina. Pretpostavlja se i da je potomstvo selekcioniranih plus stabala superiorno u odnosu na potomstvo prosječnih stabala iz prirodnih sastojina, što treba potvrditi istraživanjima u postojećim testovima familija srodnika dobivenih slobodnim oprašivanjem izabranih plus stabala. Uočene su međuklonske razlike u fenologiji listanja (rane i kasne forme). Kasne forme vjerojatno posjeduju veću otpornost na kasni mraz, što može biti važno za kasnija istraživanja i praksu.

Istraživanja genetske varijabilnosti kvantitativnih svojstava hrasta lužnjaka na ograničenom dijelu rasprostranjenosti (Krstinić i dr. 1996, Franjić i dr. 2000, Bogdan i dr. 2004) pokazala su visok stupanj unutarpopulacijske varijabilnosti te odsutnost međupopulacijske diferencijacije za svojstva rasta. Određeno grupiranje istraživanih populacija uočeno je za svojstva broja i veličine puči. Istraživanja mogućnosti

oplemenjivanja ukazala su na značajan udio aditivne varijance i visoke nasljednosti te značajne genetske dobiti za visinski rast u ranoj dobi (Vidaković i dr. 2000).

OBIČNA BUKVA (*Fagus sylvatica* L.) BEECH (*Fagus sylvatica* L.)

Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) pripada među najvažnije i najrasprostranjenije vrste drveća u Hrvatskoj. Rasprostire se na 47 % ukupne površine šuma i čini 45 % ukupne drvene zalihe. Bukva je jedna od glavnih europskih vrsta šumskoga drveća po svojoj visokoj ekološkoj i ekonomskoj vrijednosti. Preživjela je izrazito intenzivne klimatske i geološke promjene tijekom kvartara jer su neke populacije zauzimale područja do kojih glacijacija nije doprla i te su populacije izvorno podrijetlo sadašnje bukve.

Istraživanja uspijevanja različitih provenijencija obične bukve u Hrvatskoj započela su početkom devedesetih godina prošloga stoljeća uključivanjem u međunarodni «Projekt procjene genetskih resursa obične bukve za adekvatnu primjenu u gospodarenju šumama» (Gračan i Ivanković 2001). Krajem 2005. godine ta se istraživanja nastavljaju pod COST E52 projektom «Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry».

U proljeće 1998. godine osnovan je pokus provenijencija obične bukve u tri ponavljanja u gospodarskoj jedinici Kutinska Garjevica, Šumarija Kutina, Uprava šuma podružnica Zagreb. U pokus je uključeno 36 različitih provenijencija bukve: petnaest iz Hrvatske, tri iz Slovenije i osamnaest iz ostalih 11 europskih zemalja. Presađeno je ukupno 7500 biljaka na površini od 1,30 ha, a biljke su bile u dobi od dvije, odnosno tri godine. Prvi rezultati uspijevanja u poljskom pokusu upućuju na postojanje velike genetske izdiferenciranosti između provenijencija, kao i unutar njih (za svojstva preživljavanje, visine biljaka i listanje).

Postotci preživljavanja i prosječne visine provenijencija obične bukve bile su veće iz Hrvatske, Slovenije i Ukrajine nego iz ostalih zemalja. Provenijencija Pidkamin iz Ukrajine imala je najveći postotak preživljavanja od 94,70 %, dok je prosjek u pokusu iznosio 47,61 %. Najveće prosječne visine imale su provenijencije iz Hrvatske, Slovenije i Ukrajine u odnosu na prosjek pokusa koji je iznosio 56,42 cm.

Razlike u listanju između provenijencija dobro su uočljive, a domaće provenijencije uglavnom su ranije listale od stranih. Provenijencije Sjeverni Dilj, Sjeverna Babja gora, i Vrani kamen tijekom dvogodišnjega motrenja pripadaju ranolistajućim, a provenijencije Aarnink (Nizozemska), Westfield (Engleska), Soignes (Belgija) i Bretagne (Francuska) kasnolistajućim formama. Utvrđena je i vrlo značajna varijabilnost listanja unutar svake pojedine provenijencije.

Prvi rezultati praćenja preživljavanja, visinskoga rasta i fenoloških obilježja otvaranja pupova i listanja pokazuju da se ova istraživanja trebaju nastaviti kako bi se procijenilo uspijevanje i genetska varijabilnost domaćih i stranih provenijencija, te utvrdila ukupna genetska raznolikost bukve u Europi i ponašanje pojedinih provenijencija u različitim stanišnim uvjetima.

OČUVANJE GENETSKIH RESURSA PLEMENITIH LISTAČA CONSERVATION OF NOBLE HARDWOOD GENETIC RESOURCES

POLJSKI JASEN (*Fraxinus angustifolia* Vahl) NARROW-LEAVED ASH (*Fraxinus angustifolia* Vahl)

Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl) u Hrvatskoj je rasprostranjen u panskom nizinskom području uz rijeke Dravu, Dunav i Savu i uz njihove pritoke, te na submediteranskom području od Istre, preko Hrvatskoga primorja, u Dalmaciji uz rijeke do Slanoga kod Dubrovnika (Fukarek 1954, 1987). Genetska varijabilnost ove vrste dosad u Hrvatskoj nije izučavana, a pretpostavlja se da je izdiferenciranost populacija mala, longitudinalno uz Savu odnosno Dravu (Gračan i dr. 1999). Poljski jasen je anemofilna vrsta, a posjeduje i sposobnost distribucije sjemena na veće udaljenosti. Uz te osobine, i s obzirom na njegovu rasprostranjenost, može se pretpostaviti da je u Posavini najveći udio njegove genetske varijabilnosti na individualnoj razini (unutar populacija), dok je diferencijacija populacija vjerojatno mala (snažan utjecaj migracija gena koje smanjuju međupopulacijsku diferencijaciju). Nasuprot tomu pretpostavlja se da su populacije i grupe stabala u mediteranskom dijelu rasprostranjenosti pod snažnim utjecajem genetskoga drifta (izolirane male populacije, grupe ili pojedinačna stabla), a time i ugrožene u smislu očuvanja genetske raznolikosti vrste. Prema Fukareku (1954) poljski jasen u mediteranskom području Hrvatske taksonomski pripada podvrsti (subsp. *angustifolia*) koja se razlikuje od kontinentalnih populacija (subsp. *oxycarpa*)

Da bi se ispitale navedene pretpostavke, osnovana su četiri pokusa provenijencija i familija potomstava dobivenih slobodnim oprašivanjem. Tri pokusne plohe osnovane su dvogodišnjim sadnicama 2002. godine na lokalitetima: Nova Kapela (Šumarija Nova Kapela, GJ Radinje, odjel /odsjek 14 b), Novska (Šumarija Novska, GJ Zelenika, odjel / odsjek 6c) i Otok (Šumarija Otok, GJ Slavir, odjel/odsjek 52a). Navedene plohe sadrže familije dobivene slobodnim oprašivanjem 75 uzorkovanih majčinskih stabala iz devet prirodnih posavskih populacija od Sunje do Otoka (gospodarske jedinice: Lonja, Posavske nizinske šume, Popovačke nizinske šume, Kutinske nizinske šume, Grede–Kamare, Zelenika, Radinje, Desićevo i Slavir). Posljednja pokusna ploha osnovana je dvogodišnjim sadnicama početkom 2005. godine na lokalitetu Čazma (Šumarija Čazma, GJ Čazmanske nizinske šume, odjel/odsjek 42g). U njoj je zastupljeno 90 familija dobivenih slobodnim oprašivanjem majčinskih stabala iz 11 prirodnih populacija koje predstavljaju veći dio područja rasprostranjenosti poljskoga jasena u Hrvatskoj. Tako dizajnirane pokusne plohe omogućuju istraživanja genetske varijabilnosti adaptivnih svojstava (svojstva pod selekcijskim pritiskom), kvantitativnih svojstava koja imaju gospodarsku važnost (kvaliteta deblovine, pravnost, rašljivost i dr.), kao i neutralnih svojstava (biokemijski i DNK markeri).

Započeta istraživanja na pokusnim plohama s posavskim populacijama upućuju na potvrdu prethodno navedenih hipoteza o značajnoj genetskoj varijabilnosti na individualnoj razini uz odsutnost međupopulacijske diferencijacije (Bogdan i dr. 2005). Višegodišnjim nastavkom istraživanja navedenih skupina svojstava u osnovanim pokusnim plohama dobit će se odgovori na pitanja o karakteru i stupnju genetske varijabilnosti poljskoga jasena u većem dijelu njegove prirodne rasprostranjenosti u Hrvatskoj. Rezultati tih istraživanja stvorit će pretpostavke za znanstveno utemeljeno planiranje očuvanja genofonda, oplemenjivanja i razdjelbe sjemenskih jedinica odnosno prometa reprodukcijским materijalom ove značajne vrste.

DIVLJA TREŠNJA (*Prunus avium* L.), POLJSKI BRIJEST (*Ulmus minor* Mill.)
WILD CHERRY (*Prunus avium* L.), FIELD ELM (*Ulmus minor* Mill.)

Očuvanje genetske raznolikosti šumskoga drveća, osobito vrlo ugroženih vrsta koje rastu kao pojedinačna stabla ili u grupama, kao što je slučaj kod nizinskoga brijesta i divlje trešnje, predstavlja prioritet kako bi se omogućilo održavanje barem dijela evolucijski stvorenoga adaptacijskoga potencijala i omogućila njihova genetska obnova. Da bi se obuhvatila još postojeća genetska varijabilnost ovih najugroženijih vrsta, nužno je njihovo očuvanje provesti statičkom metodom *ex situ* putem osnivanja klonskih arhiva i klonskih sjemenskih plantaža.

Klonska sjemenska plantaža divlje trešnje osnovana je na 3 ha u Šumariji Zagreb, a sadrži ukupno 26 klonova, s ukupno 380 rameta, te će se sukcesivno nadopunjavati novoselekcioniranim klonovima.

Na listi prioriteta za očuvanje genetskih resursa nalazi se poljski brijest (*Ulmus minor*), gospodarski i ekološki važna vrsta drveća, koji je zbog bolesti *Ophiostoma ulmi* i *Ophiostoma novo-ulmi* gotovo nestao iz naših i europskih nizinskih šumskih ekosustava. Osnivanjem klonskoga arhiva poljskoga brijesta započelo je očuvanje preostalih starih brijestova iz cijele Hrvatske da bi se selekcionirali klonovi tolerantni na holandsku bolest koji će biti dio europske kolekcije. Klonski arhiv selekcioniranih adultnih stabala nizinskoga brijesta sadrži 15 klonova i 101 rametu, dok se u vegetativnoj reprodukciji nalaze još 32 klona, koja će zajedno s novim selekcijama biti uključena u projekt očuvanja.

OČUVANJE GENETSKIH RESURSA TOPOLA I VRBA
CONSERVATION OF POPLAR AND WILLOW GENETIC
RESOURCES

Europska crna topola (*Populus nigra* L.) u Hrvatskoj raste u ritskim šumama uz rijeke Muru, Savu, Dravu i Dunav. Njezina je prisutnost u ukupnoj površini šuma mala, ali je značajna njezina općekororna uloga. Neprestanim ljudskim zahvatima u prirodnim staništima europske crne topole veličina njezina areala svedena je na pojedinačne, djelomično odvojene površine, iako su za europske prilike to dobro očuvane ritske šume.

Obnova populacija ove vrste vrlo je značajan šumskogospodarski zadatak, posebice na prostorima gdje su ritska staništa i njezini ekosustavi ugroženi. Obnovljene ili sačuvane topolove populacije važan su prilog u očuvanju složenoga ekosustava kakav je ekosustav ritske šume. Osnovni je cilj očuvanja genetskih resursa sačuvati genetski potencijal za buduću adaptaciju vrste i njezinih populacija kroz dulje razdoblje, dopustivši njihov evolucijski tijek, ali imajući u vidu promjene nastale u staništu.

Da bi se to postiglo, potrebno je intenzivirati selekciju, razmnožavanje i testiranje klonova domaće crne topole radi dobivanja kvalitetnoga sadnoga materijala za obnovu sastojina ritskih šuma. Također je potrebna i selekcija plus varijanti iz mlađih prirodnih populacija europske crne topole, jer je tako moguće selekcionirati nove genotipove koji će biti dobro prilagođeni na specifična, lokalna staništa (Kajba i dr. 2005).

Strategija obnove treba biti vođena načelom zamjene nasada eurameričke topole s europskom crnom topolom, ali u skladu sa šumskouzgojnim planom. Njime treba pažljivo odrediti staništa na kojima vodni režim dopušta nastavak uzgajanja topola, metodiku obnove i dinamiku aktivnosti. Za ispunjenje cilja potpune zamjene sastojina potrebno je odrediti razdoblje od barem 50-ak godina. U međuvremenu je potrebno planirati nastavak šumske proizvodnje eurameričkom topolom (*P. × canadensis*) na približno 25 % površina. Izbor površina mora biti usklađen s gledišta izbora staništa za uzgajanje (Kajba i dr. 2004).

Idealno bi bilo da samo jedinice predviđene za očuvanje budu više ili manje izolirane od umjetnih nasada topola, dok bi se na drugim površinama pripremali stanišni uvjeti za eurameričke topole. Kod očuvanih i zaštićenih dijelova ne mora se u potpunosti izbjegavati i izopćiti kulture topola iz okolice, osobito ako je veličina populacije dovoljno velika. Za obnovljenu populaciju može se koristiti tzv. tampon-zona (*buffer zona*) oko plantaže sa stablima iz lokalne populacije s podjednakim udjelom stabala obaju spolova. Također treba postojati strategija praćenja veličine introgresije u zaštićenim odjelima kako bi se stupanj introgresije procjenjivao u sadašnjim adultnim stablima i usporedio s eventualnim postojanjem introgresije u sljedećoj generaciji kada dostigne fiziološku zrelost cvatnje. Veličina populacije mora biti dovoljno velika da bi se izbjegao genetski drift (slučajan gubitak genetskih varijanti zbog stohastičkih procesa) i njegov utjecaj na genetsku raznolikost i na udio *inbreedinga*. Također, mala populacija imat će veći stupanj fiksacije određenih genskih alela u sljedećoj generaciji (Lefèvre i dr. 2001).

Na području naših rijeka obavljena je selekcija i reprodukcija adultnih stabala crne topole reznicama, a na području Šumarije Čakovec osnovan je *Salicetum* 1995. godine, u kojem se nalazi klonski arhiv europske crne topole s ukupno 83 klona. U proljeće 1998. godine u Šumariji Darda osnovan je drugi klonski arhiv, koji zasad sadrži 101 klon topola. Ovaj klonski arhiv postupno će se nadopunjavati novim klonovima europske crne topole dobivenom selekcijom starih stabala iz populacija ili uključivanjem klonova koji se nalaze u reprodukciji u rasadnicima. U reprodukciji se u rasadnicima nalazi još pedesetak klonova koji će se uključiti u klonske arhive.

Prirodne populacije vrba imaju diskontinuiranu, longitudinalnu rasprostranjenost uz rijeku Dunav i Dravu. Na taj je način, uz manje izdvojene površine uz rijeku Muru i Savu, osigurano očuvanje genetske raznolikosti vrba u Hrvatskoj.

Klonski arhivi i klonski testovi sadrže preko 250 klonova različitih vrsta i hibrida vrba, a najveći broj klonova pripada vrsti *Salix alba*. Klonovi čiste vrste *Salix alba* te klonovi hibridi *Salix × viridis* i *S. × rubens* selekcionirani su u lokalnim populacijama na području rijeka Dunava, Save i Drave. Uz autohtone klonove raspoložemo i s određenim brojem klonova bijele vrbe alohtonoga porijekla, što sve čini dobru osnovu za genetsku izdiferenciranost uzgojnoga sadnoga materijala. Postojanje genetske divergencije kod uzgojnih klonova bijele vrbe i njezinih hibrida omogućilo nam je sekundarnu selekciju genotipova sa specifičnom adaptacijom na optimalna staništa, kao i onih sa specifičnom adaptacijom na atipična vrbova staništa, npr. hrastova staništa u nizinskim posavskim šumama (Kajba i Bogdan 2005). Ovakvi genotipovi imaju posebnu važnost u podizanju pretkultura na degradiranim i opustošenim površinama unutar areala nizinskih šuma radi lakše obnove vrednijih šuma listača, ponajprije hrasta lužnjaka i poljskoga jasena.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Očuvanje je gena šumskoga drveća održavanje evolucijski stvorenoga adaptacijskoga potencijala pojedine vrste, a time ujedno njezine šumske zajednice i cjelokupnoga ekosustava. Za potrebe očuvanja genofonda vrsta šumskoga drveća potrebno je zaštititi postojeću genetsku varijabilnost, njegovu adaptabilnost za procese prirodne evolucije i za oplemenjivanje, te unaprijediti spoznaje i identificiranje tolerantnih jedinki na pojedine bolesti i štetnike, uz izbjegavanje smanjenja veličine genetskih resursa ugroženih vrsta. Istraživanja se trebaju nadopunjavati podacima koji obuhvaćaju inventarizaciju, zakonodavstvo, praktičnu primjenu, koordinaciju na nacionalnoj i paneuropskoj razini te promicanje svijesti u javnosti o važnosti očuvanja ugroženih vrsta u šumskim ekosustavima. Očuvanje genetske raznolikosti različitih vrsta šumskoga drveća provodi se programima koji uključuju dinamičke metode *in situ* i statičke metode *ex situ*. U Hrvatskoj su izdvojene ukupno 303 priznate i izabrane sjemenske sastojine s ukupnom površinom od 17 612 ha. Metodom *ex situ* osnovano je ukupno 50 tipova objekata (pokusi provenijencija i polusrodnika, klonske sjemenske plantaže, klonski arhivi) s površinom od 114,85 ha.

ZAHVALA ACKNOWLEDGMENTS

Koristimo se ovom prilikom da zahvalimo Ministarstvu znanosti, obrazovanja i športa, Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva i Hrvat-

skim šumama d.o.o. za uredno podmirenje članarine, podršku i suradnju te financiranje istraživanja i sudjelovanja na međunarodnim skupovima.

LITERATURA REFERENCES

- č Bogdan, S., I. Katičić -Trupčević, D. Kajba, 2004: Genetic Variation in Growth Traits in a *Quercus robur* L. Open-Pollinated Progeny Test of the Slavonian Provenance. *Silvae Genetica*, 53 (5–6):198–201.
- ž Bogdan, S., D. Kajba, I. Katičić-Trupčević, 2005: Genetic Variation for Quantitative Traits Within and Among Croatian *Fraxinus angustifolia* Vahl Populations Assessed in a Nursery Trial. U: J. Čolić Franekić, Đ. Ugarković (ur.), Book of Abstracts of the Second Congress of Croatian Geneticists. Supetar, Island of Brač, Croatia, September 24–27, 2005, 91.
- ♀ č Franjić, J., J. Gračan, D. Kajba, Ž. Škvorc, B. Dalbello-Bašić, 2000: Multivariate analysis of leaf shape of the common oak (*Quercus robur* L.) in the "Gajno" provenance test (Croatia). *Glas. šum. pokuse*, 37: 469–479.
- sl č Fukarek, P., 1954: Poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl). *Šum. list*, 78 (9–10): 433–453, Zagreb.
- Fukarek, P., 1987: Poljski jasen. U: Z. Potočić (ur.): *Šumarska enciklopedija, Svezak II: 172–175*, Jugoslavenski leksikografski zavod "Miroslav Krleža", Zagreb.
- sl č Gračan, J., 1996: Prva sjednica Nadzornog odbora Međunarodnog instituta za biljne genetske resurse. *Šum. list*, 120 (5/6): 283–287, Zagreb.
- sl č Gračan, J., 1996: Očuvanje biološke raznolikosti plemenitih listača. *Šum. list*, 120 (7/8): 355–359, Zagreb.
- ž Gračan, J., 1996: Present status of Noble Hardwoods in Croatia. Noble Hardwoods Network, EUFORGEN, IPGRI, Rome, Italy, Report of the first meeting, 24–27 March 1996, 45–50, Rome.
- ž Gračan, J., 1999: Beech and oak genetic resources in Croatia. IPGRI second EUFORGEN Meeting on Social Broadleaves, Switzerland, Birmendorf, 53–61.
- sl č Gračan, J., 2000: Očuvanje šumskih genetskih resursa u Hrvatskoj – faza I i II, *Šum. list*, 9–10: 503–514.
- sl č Gračan, J., 2001: Peti EUFORGEN mrežni sastanak za plemenite listače. *Šum. list*, 9–10: 501–505.
- ž Gračan, J., M. Ivanković, 2001: Prvi rezultati uspijevanja obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. *Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama*, Znanstvena knjiga, Šumarski fakultet, Zagreb, Šumarski institut Jastrebarsko, "Hrvatske šume", Zagreb, 175–190.
- o Gračan, J., A. Krstinić, 1998: Conservation of Genetic Resources of Black Alder (*Alnus glutinosa* L./ Gaertn.). Second EUFORGEN Steering Committee Meeting 1998, Vienna.
- sl č Idžojtić, M., 2000: Prvi sastanak EUFORGEN mrežnog plana za crnogoricu. *Šum. list*, 5–6/2000: 347–348.
- sl č Idžojtić, M., 2001: Drugi sastanak EUFORGEN mrežnog plana za četinjače. *Šum. list*, 9–10: 575–576.
- sl č Idžojtić, M., 2003: Četvrti sastanak EUFORGEN mrežnog plana za očuvanje genofonda četinjača. *Šum. list*, 11–12: 638–640.
- Đ Ivanković, M., 2005: Genetička i fenotipska varijabilnost hrvatskih i slovenskih provenijencija obične jele (*Abies alba* Mill.). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 128 str.

- SL ̂ Kajba, D., 2000: Izvješće sa šestog sastanka EUFORGEN *Populus nigra* mrežnog plana. Šum. list, 3–4: 236–238.
- SL ̂ Kajba, D., 2002: Izvješće sa šestog sastanka EUFORGEN mrežnog plana za plemenite listače. Šum. list, 7–8: 426–527.
- SL ̂ Kajba, D., 2004: Izvješće sa sedmog sastanka EUFORGEN mrežnog plana za plemenite listače. Šum. list, 5–6: 338–339.
- SL ̂ Kajba, D., S. Bogdan, 2002: Sedmi sastanak EUFORGEN *Populus nigra* radne mreže, Osijek, Hrvatska, 25. – 27. listopada 2001. Šum. list, 1–2: 69–77.
- κ Kajba, D., S. B o g d a n, 2005: Dostignuća na oplemenjivanju vrsta poplavnih šuma. U: J. Vukelić (ur.), Poplavne šume u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume d.o.o., Zagreb, 206–224.
- SL ̂ Kajba, D., I. Anić, D. Pfeifer, 2005: Potrajnost i očuvanje genofonda s posebnim osvrtom na europsku crnu topolu (*Populus nigra* L.). Šum. list, 5–6: 271–278.
- κ Kajba, D., J. Gračan, M. Ivanković, 2005: Očuvanje genetskih izvora vrsta poplavnih šuma. U: J. Vukelić (ur.), Poplavne šume u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume d.o.o., Zagreb, 225–241.
- ± Krstinić, A., I. Trinajstić, J. Gračan, J. Franjić, D. Kajba, M. Britvec, 1996: Genetska izdiferenciranost lokalnih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na području Hrvatske. U: S. Sever (ur.), Zaštita šuma i pridobivanje drva, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, 78–85.
- κ Lefèvre, F., N. Barsoum, B. Heinze, D. Kajba, P. Rotach, S. M. G. de Vries, J. Turok, 2001: *In situ* Conservation of *Populus nigra*. IPGRI, Rome, 58 str.
- ± ̂ Perić, S., J. Gračan, 2001: Četvrti EUFORGEN sastanak za socijalne listače. Šum. list, 9–10: 507–511.
- κ Poštenjak, K., M. Gradečki, 2005: Šumsko sjemenarstvo u Hrvatskoj. U: J. Gračan, (ur.), Monografija 1945–2005, Šumarski institut Jastrebarsko, 85–97.
- ± ̂ Vidaković, M., D. Kajba, S. Bogdan, V. Podnar, J. Bećarević, 2000: Estimation of genetic gain in a progeny trial of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). Glas. šum. pokuse, 37: 375–381.
- E URL: http://www.ipgri.cgiar.org/networks/euforgen/euf_home.asp

CONSERVATION OF FOREST GENETIC RESOURCES IN CROATIA

SUMMARY

Conservation of genetic diversity of our forest species represents the foundation of a sustainable forest management and preservation of natural structure of our forest stands, currently making 95% of the total woodland area. Croatia's richness diversity of geographical regions has resulted in various ecological types and a large number of forest trees that are directly affected by habitat degradation, different types of soil, air and water pollution, excessive use of some more valuable species of forest trees, increasing impact of global climatic changes, as well as by anthropogenic effects.

The need for conservation of genetic variability is related to the species pertaining to social broadleaves – the prevailing species in terms of our economic utilization (pedunculate oak, sessile oak, and common beech). Among the conifers, silver fir (*Abies alba*) is the most endangered species, with more than 70% of its population being permanently damaged. Other native coniferous species must be preserved from a decrease in genetic variability as well.

Conservation of noble broadleaves should encompass a larger number of species from various genus (*Fraxinus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Prunus*, *Juglans*, *Castanea*, *Sorbus*, *Acer*, *Malus*, *Pyrus*, *Tilia*). These are partially endangered because of their exposure to different diseases and pests, as well as by continuous exploration caused by their technical value. Changes in hydrological conditions of our rivers have generated difficulties in restoration of riparian forests, and decreased genetic variability of European black and white poplar in their habitats. In coastal areas of our country, there is a need for conservation of genetic resources of Dalmatian black pine (*P. nigra* ssp. *dalmatica*) and our Mediterranean oaks.

Conservation of genetic diversity of various species of forest trees is conducted within the programmes that include *in situ* dynamic methods and *ex situ* static methods. In Croatia, a total of 303 seed stands and selected seed stands have been selected, covering a total area of 17 612 ha. The *ex situ* method was used to establish a total of 50 plots (clonal seed orchards, provenances and progeny trials, clonal archives), covering 114,85 ha.

Conservation of genes in forest trees represents maintenance of the evolution created adaptation potential of a particular species, i.e. its forest community and the entire forest ecosystem. For the purpose of conservation of forest genetic resources, we must protect the existing genetic variability, its adaptability to processes of natural evolution and forest tree breeding, as well as improve our knowledge and ways of identification of those individuals that have developed tolerance to certain diseases and pests. That way, we will be able to prevent a decrease in genetic resources of the endangered species. The research is to be supplemented with data including making of species inventories, legislation, practical use, coordination on national and paneuropean levels, together with promotion of public awareness on the importance of conservation of the endangered species in forest ecosystems.

Key words: conservation of forest genetic resources, *in situ* and *ex situ* methods, conifers and broadleaved species

UDK: 630*232.311.3

PROCJENA GENETSKOGA POBOLJŠANJA BUJNOSTI RASTA PUTEM KLONSKIH SJEMENSKIH PLANTAŽA HRASTA LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.)

ESTIMATION OF GENETIC GAIN FOR VIGOROUS GROWTH BY
CLONAL SEED ORCHARDS OF PEDUNCULATE OAK
(*Quercus robur* L.)

DAVORIN KAJBA, SAŠA BOGDAN, IDA KATIČIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Za sjemenske regije donje i gornje Posavine te srednje Podravine selekcionirana su plus stabla hrasta lužnjaka s obzirom na deset ocjenjivanih svojstava. Nakon provedenoga heterovegetativnoga razmnožavanja osnovana je po jedna klonska sjemenska plantaža na području uprava šuma podružnica Vinkovci, Čazma i Našice. Osnovani su i testovi polusrodnika kako bi se utvrdila procjena genetske dobiti selekcijom po genotipu. Fenotipskom selekcijom plus stabala hrasta lužnjaka utvrđeno je da se može ostvariti genetska dobit do 4,2 % za visinu, odnosno 3,2 % za prsni promjer u dobi potomstva do trinaest godina. Testiranjem potomstava i selekcijom po genotipu putem poboljšane klonske sjemenske plantaže očekivana se genetska dobit kreće do 22,3 % za visinu, odnosno 17,3 % za debljinski prirast u dobi od pet do trinaest godina. Utvrđena je statistički značajna varijabilnost unutar istraživanih populacija, a procjene genetskih parametara i genetske dobiti uočuju na značajnu mogućnost oplemenjivanja individualnom selekcijom plus stabala, osnivanjem klonskih sjemenskih plantaža i testiranjem potomstava.

Ključne riječi: *Quercus robur*, klonske sjemenske plantaže, test potomstva

UVOD INTRODUCTION

U Republici Hrvatskoj hrast lužnjak zauzima znatne površine, a ekološki i gospodarski predstavlja jednu od najvažnijih i najvrednijih vrsta šumskoga drveća. Sredinom 50-ih godina prošloga stoljeća započeli su radovi na oplemenjivanju ove vrste u Hrvatskoj. Obavljena je evaluacija prirodnih sastojina prema proizvodnosti

i kvaliteti drveta, te je prema dobivenim rezultatima i dodatnim istraživanjima provedena razdjelba šuma hrasta lužnjaka na sjemenske zone i regije. Šume hrasta lužnjaka podijeljene su u tri sjemenske zone i sedam sjemenskih regija (Gračan i dr. 1995). Posljednjih desetljeća periodičnost uroda sjemena hrasta lužnjaka nije pravilna, što je znatno otežalo obnovu sastojina i popunjavanje djelomično obnovljenih površina ove vrste. Da bi se taj problem umanjio, te kako bi se podignula razina kontrole periodičnosti uroda i genetske kvalitete sjemena, započeli su radovi na osnivanju klonskih sjemenskih plantaža (Vidaković 1996). Usprkos važnosti ove vrste relativno je malo bio zastupljen u programima oplemenjivanja šumskoga drveća. Razlozi tomu leže u dugoj ophodnji, nepravilnoj periodičnosti uroda, nemogućnosti čuvanja sjemena u dužem razdoblju, poteškoćama u vegetativnom razmnožavanju i dr. Poznavanje veličine i tipa genetske varijabilnosti hrasta lužnjaka ograničeno je, a testovi potomstava postavljeni su relativno nedavno (Enescu 1993, Savill, Kanowski 1993, Jensen i dr. 1997, Vidaković i dr. 2000, Bogdan i dr. 2005). Za sjemenske regije donje i gornje Posavine te srednje Podravine selekcionirana su plus stabala s obzirom na deset ocjenjivanih svojstava, a nakon heterovegetativnoga razmnožavanja osnovane su klonske sjemenske plantaže na području Uprave šuma podružnice Vinkovci, Čazma i Našice.

Oplemenjivanje šumskoga drveća temelji se na selekciji jedinki koje pokazuju superiorna obilježja gospodarskih svojstava, te uporabi sjemena s takvih stabala, bilo izravno iz prirodnih sastojina ili iz formiranih klonskih sjemenskih plantaža. Ocjena superiornosti svojstava selekcioniranih stabala temelji se na odabiru njihova fenotipa (selekcija po fenotipu). Budući da je fenotip rezultanta djelovanja gena koji utječu na promatrano svojstvo i okoliša u kojem jedinka živi, bitno je razlučiti ta dva skupa čimbenika i utvrditi genetsku vrijednost stabala (selekcija po genotipu). Genetsku vrijednost moguće je procijeniti genetičkim testovima selekcioniranih stabala, tj. testovima njihova potomstva u zajedničkim okolišnim uvjetima. Isto tako važno je radi povećanja genetske dobiti, a zbog dugoga životnoga vijeka šumskoga drveća, utvrditi genetsku vrijednost stabala što je moguće ranije. Smatra se da je kvaliteta svojstava u ranijoj dobi pokazatelj kvalitete i u kasnijoj fazi razvoja, kako su to prikazali Lambeth i dr. (1983). Uspjeh rane selekcije ovisi o nasljednosti promatranoga svojstva u juvenilnom i odrasлом stadiju i o genetskoj povezanosti svojstava u različitim fazama razvoja. Determinacija trendova varijanci i genetskih parametara tijekom godina važna je za utvrđivanje optimalne dobi rane selekcije (Kusnandar i dr. 1998). Volumen je, sa stajališta šumarstva, važno svojstvo i jedan od ciljeva uzgojnih radova i oplemenjivačkih programa, a znatno je određen visinom stabala i njihovim promjerom. Svojstvo visine stabla uobičajeno se koristi kao selekcijski kriterij za volumen zbog manje osjetljivosti na kompeticiju (Kremer 1992).

U literaturi se mogu naći rezultati istraživanja genetskih parametara u sukcesivnom razvoju stabala i uspjeha rane selekcije na različitim vrstama šumskoga drveća, najviše na četinjačama. Međutim, znanje o genetskim parametrima procijenjenim u testovima srodnika ili klonova hrasta ograničeno je na svojstva kvalitete drveta (Nepveu 1984). Cilj istraživanja prikazanih u ovom radu bio je odrediti

trend genetskih parametara, nasljednosti i genetske dobiti za svojstvo visine i promjera hrasta lužnjaka.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

TEST FAMILIJA POLUSRODNIKA HRASTA LUŽNJAKA VUKOJEVAČKI ŠIKAR, ŠUMARIJA NAŠICE HALF SIB PROGENY TEST OF PEDUNCULATE OAK VUKOJEVAČKI ŠIKAR, FOREST OFFICE NAŠICE

Od ukupno 40 selekcioniranih plus stabala, iz sjemenske regije srednje Podravine, 1989. godine skupljen je žir s 21 stabla koja su urodila dovoljnom količinom sjemena. Test uzgojenoga potomstva postavljen je u proljeće 1992. godine kod dvogodišnjih sadnica. U pokusu su, osim 21 familije polusrodnika plus stabala, zastupljene i biljke iz triju prirodnih populacija iste sjemenske regije (Koška, Slatina i Donji Miholjac) te potomstvo jednoga minus stabla (iz populacije Slatina), koje su poslužile kao kontrola. Pokus je postavljen prema dizajnu potpunoga blok-sustava sa slučajnim rasporedom, a sastoji se od pet blokova u kojima su familije polusrodnika posađene u plohicama od po četiri biljke. Razmak sadnje je 2×2 m. Visina nadzemnoga dijela stabala mjerena je u dobi biljaka od 2 + 3, 2 + 5, 2 + 7, 2 + 8, 2 + 9, 2 + 10 i 2 + 11 godina (označeno sa H5 - H13). Prsni promjeri stabala izmjereni su u dobi 2 + 9, 2 + 10 i 2 + 11 godina (D11 – D13) .

TEST FAMILIJA POLUSRODNIKA HRASTA LUŽNJAKA KUNJEVCI, ŠUMARIJA VINKOVCI HALF SIB PROGENY TEST OF PEDUNCULATE OAK KUNJEVCI, FOREST OFFICE VINKOVCI

S 25 selekcioniranih plus stabala iz sjemenske regije donja Posavina, a koja se nalaze i vegetativno razmnožena u klonskoj sjemenskoj plantaži Petkovac, na području Šumarije Otok, u proljeće 2003. godine osnovan je test polusrodnika. Pokus je postavljen prema dizajnu potpunoga blok-sustava sa slučajnim rasporedom, sastoji se od pet blokova u kojima su familije polusrodnika posađene u plohicama od po šest biljaka, uključujući i kontrolu, a razmak sadnje je iznosio 2×2 m. Visina je izmjerena u dobi biljaka od 2 + 3 godina (H 5).

TEST FAMILIJA POLUSRODNIKA HRASTA LUŽNJAKA ČAZMA, ŠUMARIJA ČAZMA HALF SIB PROGENY TEST OF PEDUNCULATE OAK ČAZMA, FOREST OFFICE ČAZMA

Na području sjemenske regije gornje Posavine s 24 selekcionirana plus stabla, a koja su uključena u klonsku sjemensku plantažu u Šumariji Čazma, tijekom pro-

ljeća 2003. godine osnovan je test polusrodnika, uz jednu familiju iz rasadničke proizvodnje koja je poslužila kao kontrola. Pokus je također postavljen prema dizajnu potpunoga blok sustava sa slučajnim rasporedom, sastoji se od pet blokova u kojima su familije polusrodnika posađene u plohicama od po šest biljaka, a razmak je sadnje iznosio 2×2 m. Visina je izmjerena u dobi biljaka od 2 + 3 godina (H 5).

Volumen svakoga stabla iz testa polusrodnika Vukojevački šikar izračunat je prema Schumacher-Halloyvoj jednadžbi koja se uobičajeno primjenjuje za određivanje volumena hrasta lužnjaka u Hrvatskoj (Špiranec 1975) – (1):

$$V_{10} = b_0 \times (d_{10}^{b_1}) \times (h_{10}^{b_2}) \times f \quad (1)$$

Deskriptivna statistička analiza provedena je za svojstvo visine stabala odvojeno po godinama. Utvrđene su srednje vrijednosti, standardne devijacije i koeficijenti varijabilnosti. Analiza varijance dobivenih podataka provedena je procedurom GLM prema lineranom modelu – (2):

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + B_j + FB_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

gdje je: Y_{ijk} – pojedinačno promatrano stablo; μ – ukupna sredina; F_i – efekt i -te familije polusrodnika; B_j – efekt j -toga randomiziranoga bloka, FB_{ij} – familija \times blok interakcija; ε_{ijk} – slučajni efekt pogreške. Svi efekti smatrani su slučajnim.

Metodom REML procedure VARCOMP izračunate su komponente varijanci svih efekata. Sve statističke analize obavljene su pomoću programa SAS za Windows 8.2. (SAS Institute 1989). Aditivne i fenotipske varijance su izračunate prema uobičajenim formulama (Wright 1976, Falconer, Mackay 1996) – (3) i (4):

$$V_F = 1/4 V_A \quad (3)$$

$$V_{PH} = V_F + V_{FB} + V_E; \quad (4)$$

Nasljednosti u užem smislu su izračunate na temelju individualnih vrijednosti stabala (h_i^2) i srednjih vrijednosti familija (h_F^2) na način koji su detaljnije opisali Coterill i Zed (1980) i dr. – (5) i (6):

$$h_i^2 = \frac{4V_F}{V_F + V_{FB} + V_E} \quad (5)$$

$$h_F^2 = \frac{V_F}{v_F + \frac{k_2 V_{FB}}{k_1} + \frac{V_E}{k_1}} \quad (6)$$

Ostvarena genetska dobit (ΔG) za mjerena svojstva u testu polusrodnika i procjene očekivane dobiti (ΔG_1 , ΔG_2) dobivene pomoću dviju metoda selekcije izračunate su pomoću modela:

i) ostvarena dobit izračunata je kao razlika između sredina potomstava izabranih plus stabala i sredina neselektionirane kontrole (koja predstavlja smjesu sjemena iz triju prirodnih populacija unutar provenijencije);

ii) očekivana dobit od individualne selekcije za prvu generaciju plus stabala unutar provenijencije kod iste dobi kao one zastupljene u istraživanom pokusu. Primijenjena formula je (Jensen i dr. 1997)

$$\Delta G_1 = i \sigma_P h_i^2; \quad (6)$$

iii) očekivana genetska dobit od povratne selekcije unutar prve generacije plus stabala (poboljšana klonaska sjemenska plantaža). Model pretpostavlja da su plus

stabla uvrštena u klonsku sjemensku plantažu i da će se nakon testiranja potomstva dobivenoga slobodnim oprašivanjem provesti genetički utemeljene prorede. Primenjena formula je (Jensen i dr. 1997)

$$\Delta G_2 = 2(i \sigma_P h_f^2); \quad (7)$$

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

Prosječne vrijednosti visina istraživanih familija polusrodnika u testu Vukojevački šikar prikazane su u tablici 1. Pojedinačne visine biljaka u pokusu varirale su između 97,4 cm u dobi od 5 godina nakon sijanja (H5) do 465,5 cm u dobi od 13 godina (H13). Poredak istraživanih familija polusrodnika s obzirom na visinu nije se značajno mijenjao tijekom istraživanja, a isto je primijećeno i kod promjera u prsnoj visini. Familije polusrodnika oznaka „4“ i „6“ pokazale su najbolje rezultate tijekom cijeloga razdoblja istraživanja, dok su familije „38“, „18“, „40“ i „7“ imale najlošije vrijednosti rasta. Nije došlo do međusobne kompeticije jer se postotak preživljavanja kretao oko 90 %.

Komponente varijance uzrokovane efektom populacije i familija prikazane su kao postotak totalne varijabilnosti u tablici 2. Može se vidjeti da varijance uzrokovane efektom populacije nisu bile signifikantne tijekom istraživanoga razdoblja. Krahl-Urban (1959) u testovima potomstva vrste *Quercus robur* ustanovio je visoku vrijednost nasljednosti, tj. signifikantnu pojedinačnu genetsku heterogenost za svojstva rašljivosti, višestruke provodnice i pravosti debla. Također su molekularna istraživanja na vrstama *Q. robur* i *Q. petraea* utvrdila da je većina varijabilnosti jezgrinih gena (74 %) raspoređena unutar populacija (Kremer i Petit 1993). Statistički signifikantne vrijednosti varijance uzrokovane efektom familija pokazuju da je većina genetske varijabilnosti prisutna unutar istraživanih populacija slavonskoga hrasta. Eriksson i Ekberg (2001) prikazali su grafički odnos unutarpopulacijske i međupopulacijske genetske varijabilnosti za populacije kod kojih je slučajno oprašivanje s različitim utjecajem prirodne selekcije i migracije gena u populaciji. Kod klimaksnih vrsta, kao što je *Q. robur* s velikim sastojinama i jakim protokom gena, preko slučajnoga oprašivanja očekuje se i velika varijabilnost unutar populacija. Usprkos stalnomu smanjivanju i fragmentaciji hrastovih šuma od kraja XIX. stoljeća rezultati ovoga istraživanja upućuju na dobro genetsko stanje lužnjaka slavonske provenijencije. Ovu bi indikaciju trebalo poduprijeti molekularnim istraživanjima.

Familijaska (h^2_f), kao i individualna (h^2_i) procjena vrijednosti nasljednosti u užem smislu, pri različitoj dobi prikazane su u tablici 3. Procijenjene nasljednosti za svojstvo visine ostale su relativno visoke tijekom cijeloga razdoblja istraživanja. Vrijednosti nasljednosti za svojstvo promjera na prsnoj visini bile su nešto niže. Visina je pod jačom kontrolom gena, što je u skladu s mnogim drugim istraživanjima procjene genetskih parametara u šumskih vrsta.

Tablica 1. Visine (H) i prsni promjeri (DBH) istraživanih familija polusrodnika i kontrolnih biljaka iz prirodnih populacija (DM = populacija Donji Miholjac; K = populacija Koška; PS = populacija Slatina) u promatranim godinama nakon sjetve sjemena

Table 1 Height (H) and diameter at breast height (DBH) of open-pollinated progenies as well as control plants from natural populations (DM = population Donji Miholjac; K = population Koska; PS = population Slatina) at various ages from sowing

Familija family	H5 (cm)	H7 (cm)	H9 (cm)	H10 (cm)	H11 (cm)	H12 (cm)	H13 (cm)	DBH11 (cm)	DBH12 (cm)	DBH13 (cm)
4	121,0	246,7	375,4	461,0	472,0	540,5	586,5	6,1	7,3	8,7
6	113,4	218,8	321,9	406,8	413,2	498,3	537,9	5,0	6,3	7,6
22	95,3	200,6	302,5	380,5	387,1	477,4	528,4	5,1	6,5	7,6
21	106,5	214,9	319,5	386,8	400,0	471,5	526,0	5,0	6,4	7,6
10	108,3	221,9	303,0	384,0	398,8	482,8	511,0	5,4	6,5	7,8
2	101,9	203,1	303,5	373,8	387,3	473,9	503,7	5,1	5,9	7,5
1	101,7	197,2	290,3	363,2	380,5	455,6	498,9	4,7	5,5	7,0
17	108,2	216,6	305,3	369,8	377,0	458,2	495,3	4,8	5,7	7,1
26	101,4	207,8	316,4	361,3	379,5	462,6	487,5	4,9	5,7	6,8
11	92,4	193,0	276,5	346,3	355,0	437,5	484,5	4,3	5,1	6,3
32	107,8	213,6	311,3	373,3	381,8	463,5	481,0	5,1	6,1	7,2
25	116,2	211,1	307,0	377,8	380,5	459,5	481,0	5,0	6,2	6,7
13	99,5	185,9	275,8	348,9	351,7	436,9	456,1	4,6	5,3	6,3
19	100,5	195,4	274,7	333,0	338,8	427,4	449,5	4,5	5,6	6,6
24	101,6	190,3	273,9	319,5	327,9	436,3	432,6	4,7	4,9	6,1
20	93,7	190,2	268,9	327,8	333,0	398,9	424,0	4,4	5,1	5,9
39	109,4	190,6	277,0	335,0	327,4	416,5	406,3	4,3	4,9	5,6
38	86,4	178,8	246,4	298,0	315,5	400,6	403,7	3,9	4,6	6,2
7	63,1	130,3	164,3	215,6	230,3	352,2	379,3	3,2	4,0	4,7
18	73,1	161,0	221,4	278,6	309,2	385,9	371,2	3,3	4,1	4,9
40	56,5	135,1	193,4	296,5	275,9	342,7	365,6	3,0	3,6	4,8
Sredina Mean	98,0	195,4	282,3	349,4	358,2	441,8	467,1	4,8	5,5	6,6
DM	97,9	181,1	256,2	325,5	335,3	427,2	462,1	4,3	5,1	6,6
K	100,3	197,8	285,7	350,8	357,0	447,8	469,0	4,9	5,4	6,6
PS	91,5	183,4	281,3	342,2	356,7	424,7	460,5	4,7	5,4	6,4
Sredina Mean	96,6	187,4	274,4	339,5	349,7	433,2	463,9	4,6	5,3	6,5

Ostvarena genetska dobit (ΔG) mjerena je kao razlika između srednjih vrijednosti potomstva plus stabala i kontrolne plohe, a prikazana je u postotku od kontrole u tablici 3. Utvrđene su pozitivne, ali dosta niske vrijednosti (0,7 – 4,2 % za visinu i 1,3 – 3,6 % za prsni promjer). Iako su istraživana svojstva pod razmjerno jakim genetskom kontrolom, srednje vrijednosti potomstva plus stabala nisu puno veće od vrijednosti kontrolnih biljaka iz prirodnih populacija, vjerojatno zbog oprašivanja plus stabala s inferiornim jedinkama u populaciji. Drugi razlog mogao bi biti malen broj biljaka u familijama ili na kontrolnim plohama, koje možda nisu pravi uzorak izvornih populacija.

Tablica 2. Komponente varijance efekata populacije i familije (u postotku od ukupne varijance), za svojstva visine i prsnoga promjera u različitoj dobi (^{ns} = nije statistički značajno, ^{***} = statistički značajno na razini od 1 % odnosno 0,1 %)

Table 2 The percentage of variance components for plant height and DBH at population and family levels at various ages (^{ns} = not significant, ^{***} = significant at 1% and 0.1 % levels, respectively)

Svojstvo – Trait	Populacija – Population	Familija – Family
H5	0,0 ^{ns}	14,4 ^{***}
H7	0,0 ^{ns}	13,5 ^{***}
H9	0,0 ^{ns}	18,6 ^{***}
H10	0,0 ^{ns}	16,2 ^{***}
H11	0,2 ^{ns}	15,1 ^{***}
H12	1,6 ^{ns}	11,1 ^{***}
H13	2,2 ^{ns}	12,1 ^{***}
DBH11	0,9 ^{ns}	2,2 ^{ns}
DBH12	0,0 ^{ns}	10,6 ^{***}
DBH13	0,9 ^{ns}	8,7 ^{**}

Tablica 3. Nasljednosti (h^2), ostvarene dobiti (R) i očekivane genetske dobiti (ΔG) za istraživana kvantitativna svojstva u različitoj dobi, test familija polusrodnika Vukojevački šikar

Table 3 Heritabilities (h^2), realised response (R) and expected genetic gains (ΔG) for measured quantitative traits at various ages, progeny trial Vukojevački šikar

	H5	H7	H9	H10	H11	H12	H13	DBH11	DBH12	DBH13
h_i^2	0,62	0,59	0,80	0,72	0,66	0,48	0,52	0,09	0,46	0,37
h_f^2	0,70	0,74	0,78	0,76	0,74	0,62	0,67	0,28	0,65	0,58
R (%)	1,5	4,2	2,9	2,9	2,4	2,0	0,7	3,2	3,6	1,3
ΔG_1 (%)	17,5	16,4	21,4	17,9	16,6	9,2	11,7	7,2	16,1	12,0
ΔG_2 (%)	18,8	17,7	22,3	18,8	17,6	9,7	12,6	6,8	17,3	12,9

Signifikantno veće vrijednosti genetske dobiti mogu se očekivati korištenjem individualne selekcije prve generacije plus stabala (ΔG_1) na staništu usporedivim s lokalitetom terenskoga pokusa. Procijenjene očekivane genetske dobiti povratne selekcije unutar prve generacije plus stabala (ΔG_2), nakon testiranja potomstva, pokazale su najviše vrijednosti (što bi odgovaralo poboljšanoj klonskoj sjemenskoj plantaži). Procijenjene genetske dobiti prikazane su u postotku srednjih vrijednosti kontrolnih ploha (tablica 3). S obzirom na to da se hrast uzgaja u dugim ophodnjama, vrlo je problematično rano selekcionirati kasno izražajna svojstva i stoga se oplemenjivanje hrasta samo za proizvodna svojstva ne preporučuje (Jensen i dr. 1997). Međutim, rezultati pokazuju da se zbog signifikantne unutarpopulacijske varijabilnosti i aditivnih varijanci može očekivati oplemenjivanjem značajna genetska dobit za produkcijska svojstva u hrastovim sastojinama upotrebom sjemena i biljaka s izabranih plus stabala, a osobito iz osnovanih klonskih sjemenskih plantaža.

Procjene nasljednosti u pokusima polusrodnika Kunjevci i Čazma, pri samo jednoj izmjeri i u ranoj dobi od 2 + 3 godine, imale su nešto niže vrijednosti od starijega testa Vukojevački šikar u kojem je praćen višegodišnji trend genetskih para-

Tablica 4. Nasljednosti (h^2), ostvarene dobiti (R) i očekivane genetske dobiti (ΔG) za svojstvo visine u dobi od 2 + 3 godine (H5) dobivene u testovima familija polusrodnika Čazma i Kunjevci
 Table 4 Heritabilities (h^2), realised response (R) and expected genetic gains (ΔG) for height at age of 2+3 years (H5) in progeny trials Čazma and Kunjevci

	Test Čazma	Test Kunjevci
h^2_i	0,14	0,32
h^2_f	0,35	0,60
R (%)	9,1	54,9
ΔG_1 (%)	4,8	18,5
ΔG_2 (%)	5,3	21,9

metara. Također su procijenjene vrijednosti genetske dobiti varirale u oba eksperimenta (tablica 4). Genetska dobit na osnovi fenotipske selekcije ovisi i o udjelu broja stabala u dobi provedene selekcije, jer su s više proreda eliminirana minus stabla, što smanjuje selekcijski diferencijal. Na taj je način povećana srednja vrijednost za selekcionirana svojstva u populaciji, a nasljednost je procijenjena u odnosu na potomstvo plus stabala, što smanjuje genetsku heterogenost (nasljednost) u populaciji i izračunatu vrijednost genetske dobiti u odnosu na eksperimentalnu.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Utvrđena genetska varijabilnost hrasta lužnjaka, procijenjena analizom kvantitativnih svojstava u testovima potomstava iz istraživanih sjemenskih regija donje i gornje Posavine te srednje Podravine, iskazala je statistički značajnu unutarpopulacijsku varijabilnost. Fenotipskom selekcijom plus stabala hrasta lužnjaka utvrđeno je da se može ostvariti genetska dobit do 4,2 % za visine, odnosno 3,2 % za prsni promjer pri dobi eksperimenta do trinaest godina. Testiranjem potomstava i selekcijom po genotipu putem poboljšane klonske sjemenske plantaže očekivana genetska dobit se kreće do 22,3 % za visinu, odnosno 17,3 % za debljinski prirast pri dobi od pet do trinaest godina. Utvrđena statistički značajna prisutnost varijabilnosti unutar istraživanih populacija, kao i procjene genetskih parametara i genetske dobiti upućuju na značajnu mogućnost oplemenjivanja individualnom selekcijom plus stabala, osnivanjem klonskih sjemenskih plantaža i testiranjem potomstava.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Istraživanja u ovom radu provedena su u sklopu istraživačkoga zadatka 1.1.24. "Proizvodnja šumskog sjemena u klonskim sjemenskim plantažama", koji je financiralo trgovačko društvo Hrvatske šume d.o.o. Osnivanje i održavanje klonskih sjemenskih plantaža i testova potomstava provedeno je u suradnji s djelatnicima

šumarija Otok, Našice i Čazma. Ovim putem zahvaljujemo svima koji su omogućili ovo istraživanje.

LITERATURA REFERENCES

- č Bogdan, S., I. Katičić-Trupčević, D. Kajba, 2004: Genetic Variation in Growth Traits in a *Quercus robur* L. Open-Pollinated Progeny Test of the Slavonian Provenance. *Silvae Genetica*, 53 (5–6): 198–201.
- č Cotterill, P. P., P. G. Zed, 1980: Estimates of genetic parameters for growth and form traits in four *Pinus radiata* D. Don progeny tests in South Australia. *Aust. For. Res.*, 10: 155–167.
- č Enescu, V., 1993: A test of half-sib progenies of grayish oak *Quercus pedunculiflora* K. Koch. *Ann. Sci. For.* 50, Suppl. 1: 439–443.
- κ Eriksson, G., I. Ekberg, 2001: An Introduction to Forest Genetics. SLU, Uppsala, Chapter 6: 60–61.
- κ Falconer, D. S., T. F. C. Mackay, 1996: Introduction to Quantitative Genetics. Longman Group Ltd. str. 464 – SAS Institute Inc. 1989: SAS User's guide: Statistics 1989 Edition. Cary, NC, USA.
- κ Gračan, J., A. Krstinić, S. Matić, Đ. Rauš, Z. Seletković, 1995: Šumski sjemenski rajoni u Hrvatskoj. "Hrvatske šume", Zagreb, 111 str.
- č Jensen, J. S., H. Wellendorf, K. Jager, S. M. G. de Vries, V. Jensen, 1997: Analysis of a 17-year OLD Dutch Open-Pollinated Progeny Trial With *Quercus robur* L. *Forest Genetics*, 4 (3): 139–147.
- κ Krahl-Urban, J., 1959: Die eichen. Paul Parey Verlag, Hamburg, 288 str.
- č Kremer, A., 1992: Predictions of age-age correlations of total height based on serial correlations between height increments in Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Theor. Appl. Genet.*, 85: 152–158.
- č Kremer, A., R. J. Petit, 1993: Gene diversity in natural populations of oak species. *Ann. Sci. For.* 50, Suppl 1: 186–202.
- č Kusnandar, D., N. W. Galwey, G. L. Hertzler, T. B. Butcher, 1998: Age trends in variances and heritabilities for diameter and height in Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in western Australia. *Silvae Genetica*, 47 (2–3): 136–141.
- č Lambeth, C. C., J. P. van Buijtenen, S. D. Duke, R. B. Mc Cullough, 1983: Early selection is effective in 20-year-old genetic test of loblolly pine. *Silvae Genetica*, 32: 210–215.
- č Nepveu, G., 1984: Contrôle héréditaire de la densité et de la rétractibilité du bois de trois espèces de Chêne (*Quercus petraea* *Quercus robur* et *Quercus rubra*). *Silvae Genetica*, 33 (4–5): 110 – 115.
- ε SAS 2000. SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc®, Version 8. <http://v8doc.sas.com/sashtml>
- č Savill, P. S., P. J. Kanowski, 1993: Tree improvement programs for European oaks: goals and strategies. *Ann. Sci. For.* 50, Suppl 1: 368–383.
- R č Špiranec, M., 1975: Prirasno-prihodne tablice za hrast lužnjak i kitnjak, bukvu, grab i pitomi kesten. *Radovi Šumar. inst. Jastrebarsko*, 25: 1–103.
- κ Vidaković, M., 1996: Establishment of clonal seed orchard of pedunculate oak. In: D. Klepac (ur.), Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) in Croatia. HAZU, Centar za znanstveni rad Vinkovci i "Hrvatske šume" d.o.o. Vinkovci – Zagreb 1996, 127 – 138.
- ε Vidaković, M., D. Kajba, S. Bogdan, V. Podnar, J. Bećarević, 2000: Estimation of genetic gain in a progeny trial of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Glas. šum. pokuse*, 37: 375–381.
- κ Wright, J. W., 1976: Introduction to Forest Genetics. Academic Press, Inc. New York, 463 str.

ESTIMATION OF GENETIC GAIN FOR VIGOROUS GROWTH BY CLONAL SEED ORCHARDS OF PEDUNCULATE OAK (*Quercus robur* L.)

SUMMARY

Plus trees have been selected according to ten assessed traits in three provenance regions in Croatia. These were Lower Posavina, Upper Posavina and Central Podravina regions. Selected plus trees were grafted and clonal seed orchard has been established in each of the three provenance regions. Progeny tests have also been established in order to estimate genetic parameters and genetic gains by various selection methods. Aim of the study was to determine temporal trends in genetic parameters and genetic gains for height and diameter at breast height (DBH). Realized gain from the tests and expected genetic gains by two possible methods of selection for the measured quantitative traits have been calculated for: i.) realised gains i.e. superiority of selected plus trees progenies over control plants ii.) individual within population's mass selection of first generation plus trees at the same ages as those represented in studied trials and iii.) backward selection among first generation plus trees after open-pollinated testing. Results showed genetic gain of 4.2% for height and 3.2 % for DBH by individual selection at age of 13 years. At age between 5 and 15 years estimated genetic gains by progeny testing and backward selection of first generation plus trees were up to 22.3 % and 17.3 % for height and DBH, respectively. Within population variation was statistically significant and estimated genetic parameters indicate significant potential for breeding by individual selection, establishment of clonal seed orchards and progeny testing.

Key words: *Quercus robur*, clonal seed orchards, progeny trials

UDK: 630*238

PRODUKCIJA BIOMASE U KLONSKIM TESTOVIMA STABLASTIH VRBA NA MARGINALNIM STANIŠTIMA U HRVATSKOJ

BIOMASS PRODUCTION IN WILLOW CLONAL TESTS ON
MARGINAL SITES IN CROATIA

SAŠA BOGDAN, DAVORIN KAJBA, IDA KATIČIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Klonovi stablastih vrba pokazali su u dosadašnjim istraživanjima najveće mogućnosti proizvodnje biomase u kratkim ophodnjama do pet godina. Zbog toga su nastavljena testiranja stablastih vrba da bi se identificirali klonovi s najvećim potencijalom proizvodnje biomase, osobito na tzv. marginalnim staništima, odnosno tlima na kojima je napuštena poljoprivredna proizvodnja i/ili koja nisu atraktivna za uzgajanje vrednijih vrsta šumskoga drveća.

Test s klonovima bijele vrbe osnovan je u ožujku 1999. godine na lokalitetu Dravica (Šumarija Darda), a test s klonovima dobivenima različitim kombinacijama križanja kineske i bijele vrbe osnovan je 2002. godine na lokalitetu Plešćice (Šumarija Čazma). Navedeni testovi osnovani su prema eksperimentalnom dizajnu blok-sustava sa slučajnim rasporedom klonova u nekoliko ponavljanja. U dobi od 2/3 godine (u oba testa), te 2/5 i 2/7 godina (u klonskom testu Darda) izmjereni su prsni promjeri, utvrđeno je preživljavanje i broj izbojaka po pojedinom korijenu, a kombinacijom tzv. destruktivne i nedestruktivne metode procijenjena je suha biomasa svakoga pojedinoga dvogodišnjega izbojaka. Produkcija biomase klonova po hektaru procijenjena je s obzirom na srednju vrijednost suhe drvne mase izbojaka, preživljavanje, broj rameta po hektaru i prosječan broj izbojaka po korijenu. Analizom varijance testirano je postojanje statistički značajnih razlika između klonova, a korelacijskom analizom ispitana je povezanost između njihove izbojne snage, tj. broja izbojaka po pojedinom korijenu i ukupne produkcije biomase.

U klonskom testu Dravica, koji je istraživan u tri sukcesivne dvogodišnje ophodnje, uočen je trend porasta proizvodnje biomase na jedinici površine. Isti je trend pokazao i prosječan broj izbojaka po pojedinom korijenu. Preživljavanje je, kako je i očekivano, pokazalo trend pada sa starošću testa, ali su klonovi iskazali značajne razlike u intenzitetu toga pada. Prosječna proizvodnja suhe biomase svih istraživanih klonova iznosila je kod dobi od 2/7 godina 9,3 tona po hektaru. Najveću produkciju imali su klonovi 'B44', 'V093' i 'V052' (17,5, 13,7 od-

nosno 12,2 t/ha). Navedeni klonovi pokazali su specifičnu adaptiranost na ispitivano stanište i uvjete razvoja kroz preživljavanje i izbojnu snagu.

U klonskom testu Čazma prosječna produkcija biomase po jedinici površine iznosila je 5,6 t/ha, što je značajno više u odnosu na produkciju koja je dobivena u testu Dravica kod iste dobi. Viša produkcija može se djelomično objasniti kvalitetnijim stanišnim prilikama na plohi Čazma. Najvišu produkciju biomase, kao i najveću prilagođenost testnim uvjetima pokazali su klonovi nastali kombinacijama križanja u kojima je kineska vrba bila ženski roditelj, dok je muški roditelj bila bijela vrba (*S. matsudana* × *S. alba*), odnosno u kojima je muški roditelj nepoznat (*S. matsudana* × *nep.*). Povratni križanci kineske i bijele vrbe sa kineskom vrbom [*S. matsudana* × (*S. matsudana* × *S. alba*)] imali su ispodprosječnu produkciju biomase, kao i klonovi domaće bijele vrbe i tri-species križanac *Salix* × *savensis* Trinajstić et Krstinić, hybr. nov. Ovi rezultati ukazuju na značajan potencijal kineske vrbe za daljnje oplemenjivanje s ciljem povećanja produkcije biomase u kratkim ophodnjama.

Ključne riječi: klonovi stablastih vrba, kulture kratkih ophodnji, oplemenjivanje, marginalna staništa

UVOD INTRODUCTION

Što veći stupanj energetske neovisnosti strateški je interes svake zemlje. Na žalost, Hrvatska ne obiluje vlastitim izvorima klasičnih goriva pa je ispitivanje mogućnosti korištenja alternativnih izvora energije jedini put ka većemu stupnju energetske neovisnosti. Iz skupine alternativnih izvora osobitu pozornost privlače tzv. obnovljivi izvori energije zbog svojih prednosti u smislu zaštite okoliša i održivoga razvoja. Hrvatska se i potpisivanjem određenih sporazuma (npr. Protokol iz Kyota), te sukladno prilagodbi zakonodavstvu EU-a, obvezala na poduzimanje konkretnih koraka u povećanju udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskoj bilanci.

Biomasa je obnovljivi izvor energije s najvećim potencijalom u Hrvatskoj, te je 1997. godine pokrenut nacionalni program BIOEN u sklopu kojega se promiče njezina uporaba u energetske svrhe (Domac i dr. 1998). Biomasa je nefosilizirani materijal biljnoga porijekla, nastao fotosintezom uz stvaranje kisika i korištenje atmosferskoga CO₂. Takav joj sastav daje prednost u odnosu na druge obnovljive energente, jer je najsličnija klasičnim gorivima (nafti i ugljenu), pa tehnologija uporabe biomase ne zahtijeva tako velike promjene u odnosu na postojeću energetsku tehnologiju.

U Europi, pa tako i u Hrvatskoj, prisutni su problemi nisko profitabilne poljoprivredne proizvodnje na marginalnim tlima. U novije vrijeme tu proizvodnju dodatno otežavaju nepovoljne klimatske promjene, onečišćenje tla i voda, nedostatak energije i depopulacija predjela u kojima prevladava ekstenzivna poljoprivredna

proizvodnja. Osnivanje bioenergetskih plantaža i proizvodnja biomase sukladni su sa svjetskim trendovima, a u cilju su boljega iskorištavanja obnovljivih izvora energije bez stvaranja dodatnih količina CO₂ kojima su opterećena fosilna goriva.

Sa stajališta šumarske struke biomasa koja se može iskoristiti za dobivanje energije je drvena masa dobivena uzgojnim zahvatima, kao što su čišćenje i prerede ili kao ostatak od sječe (granjevina, ogrjevno drvo). Prema nekim procjenama (Domac i dr. 2001) od šumarske je djelatnosti u Hrvatskoj moguće pridobiti oko 2 mil. m³ drvene mase godišnje za energetske potrebe. U navedenu biomasu uključeni su ostaci od sječa (sitna granjevina), ostaci od prerade drva, prostorno drvo, otpad i gubici pri sječama, te biomasa s opečarenih površina i degradiranih šuma.

Biomasa šumskih vrsta drveća može se proizvoditi i intenzivnim uzgajanjem brzorastućih vrsta kao što su vrbe, topole, joha, breza, bagrem i dr. Takav način proizvodnje biomase šumskih vrsta poznat je pod nazivima "kulture kratkih ophodnji" ili "intenzivne kulture kratkih ophodnji" (engl. *Short Rotation Coppice* ili *Short Rotation Intensive Culture*). Komlenović i dr. (1996a) definiraju termin kao intenzivne nasade brzorastućega drveća na tlima koja su napuštena, na kojima poljoprivredna proizvodnja nije rentabilna ili su neprikladna za uzgoj vrednijih šumskih vrsta. Takve plantaže brzorastućega drveća nazivaju se i energetske nasadi ili energetske plantaže. Osnovna je funkcija takva tipa kultura proizvodnja biomase kao obnovljivoga i ekološki prihvatljivoga energenta, ali uz to one mogu biti alternativna "poljoprivredna" kultura (na lošijim staništima), mogu imati funkciju diversifikacije poljoprivrednoga tla, pružaju mogućnost ekološki prihvatljivijega načina pročišćavanja otpadnih voda i tla (fitoremedijacija), a služe i za vezivanje povećane količine atmosferskoga ugljika (sekvencijacija ugljika), kako navodi Verwijst (2003).

Dosad je u Hrvatskoj na različitim staništima, uglavnom u nizinskom panonskom području, postavljeno nekoliko pokusnih ploha s brzorastućim šumskim vrstama (Krstinić 1984, Komlenović i Krstinić 1987, Kajba i Krstinić 1998, Kajba i dr. 1998, Kajba 1999a, Kajba 1999b, Bogdan 2002). Klonovi stablastih vrba pokazali su u dosadašnjim istraživanjima najveću mogućnost proizvodnje biomase u kratkim ophodnjama do pet godina (Komlenović i dr. 1996a, Bogdan 2002). Zbog toga su nastavljena testiranja različitih klonova stablastih vrba da bi se identificirali oni s najvećim potencijalom proizvodnje biomase, osobito na tzv. marginalnim tlima, odnosno tlima na kojima je napuštena poljoprivredna proizvodnja i koja nisu atraktivna za uzgajanje vrednijih vrsta šumskoga drveća.

MATERIJAL I METODE MATERIALS AND METHODS

Test s 14 klonova bijele vrbe (tablica 1) osnovan je pikiranjem reznica početkom 1999. godine na lokalitetu Dravica u blizini sela Podravlje (Šumarija Darda). Test je osnovan prema dizajnu blok-sustava sa slučajnim rasporedom klonova u

četiri ponavljanja. Svaki je klon zastupljen s 30 rameta po ponavljanju u razmaku $1,3 \times 0,8$ m (9615 biljaka po hektaru). Početkom 2000, 2002. i 2004. godine obavljena su tzv. čepiranja, tj. sječe rameta do vrata korijena. U dobi rameta od 2/3 (veljača 2002. godine), 2/5 godina (studeni 2003. godine) i 2/7 godina (studeni 2005. godine) izmjereni su prsni promjeri, utvrđeno je preživljavanje i broj izbojaka po pojedinom korijenu.

Test s 25 klonova, dobivenih različitim kombinacijama križanja (tablica 2) bijele vrbe (*Salix alba* L.) i kineske vrbe (*Salix matsudana* Koidz.), osnovan je piki-ranjem reznica početkom 2002. godine na lokalitetu Plešćice (Šumarija Cazma). Test je osnovan prema dizajnu randomiziranoga blok-sustava s nejednakim brojem ponavljanja. Svaki je klon zastupljen s najmanje 30 rameta u razmaku $1,3 \times 0,8$ m. Čepiranje je obavljeno 2003. godine i početkom 2005. godine, u dobi rameta od 2/3 godine. U istoj dobi provedene su prve izmjere prsnih promjera svih rameta u testu, te je utvrđeno preživljavanje klonova. U godini osnivanja testa, kao i nakon čepiranja, provedena je mehanička regulacija korovne vegetacije.

U oba klonska testa su, pri navedenim izmjerama, u jednoj repetitiji posječeni svi dvogodišnji izbojci (šibe iz istoga korijena), te im je izmjerena masa u svježem stanju. Zasebno za svaki pojedini klon, od odrezanih su izbojaka slučajnim odabirom prikupljeni uzorci mase 0,5 kg. Uzorci su prosušeni u sušionicima na 105 °C do konstantne mase. Iz omjera svježe i prosušene mase uzoraka utvrđeni su prosječni udjeli vlage u drvu svakoga klona, a pomoću kojih je procijenjena suha biomasa odrezanih šiba. Nelinearnom regresijskom metodom izjednačeni su prsni promjeri i suha biomasa posječenih izbojaka. Nakon toga, pomoću dobivenih regresijskih modela (za svaki klon zasebno) i prethodno izmjerenih prsnih promjera, procijenjena je suha

Tablica 1. Istraživani klonovi stablastih vrba u klonskom testu Dravica (Šumarija Darda)
Table 1 Studied willow clones in clonal test Dravica (Forest Office Darda)

Red. br. No.	Oznaka klona Clone label	Taksonomska pripadnost Taxon	Geografsko porijeklo Geografic origin
1.	'107/65/1'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
2.	'107/65/6'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
3.	'107/65/7'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
4.	'107/65/9'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
5.	'V 158'	<i>Salix alba</i>	Podravina
6.	'B 44'	<i>Salix alba</i>	Baranja
7.	'B 72'	<i>Salix alba</i>	Baranja
8.	'B 84'	<i>Salix alba</i>	Baranja
9.	'73/64/8'	<i>Salix alba</i>	Podunavlje
10.	'V 093'	(<i>S. alba</i> × <i>S. alba</i> var. <i>vit.</i>) × <i>S. alba</i>	Podravina, Posavina
11.	'V 052'	<i>S. alba</i> var. <i>calva</i> × <i>S. alba</i>	Engleska, Posavina
12.	'V 0240'	<i>S. alba</i> var. <i>calva</i> × <i>S. alba</i>	Engleska, Posavina
13.	'V 161'	<i>Salix alba</i>	Podravina
14.	'V 160'	<i>Salix alba</i>	Podravina

biomasa svake pojedine šibe u testovima. Produkcija biomase klonova po hektaru procijenjena je s obzirom na vrijednost suhe biomase srednjega izbojka, preživljavanje, razmake između rameta i prosječan broj izbojaka po korijenu.

Tablica 2. Istraživani klonovi stablastih vrba u klonskom testu Čazma (Šumarija Čazma)
Table 2 Studied willow clones in clonal test Čazma (Forest Office Čazma)

Red. br. No.	Oznaka klona Clone label	Taksonomska pripadnost Taxon
1.	'V 111'	<i>Salix alba</i>
2.	'V 221'	<i>Salix × savensis (S. alba × S. fragilis × S. caprea)</i>
3.	'V 277'	<i>S. matsudana × S. alba</i>
4.	'V 278'	<i>S. matsudana × S. alba</i>
5.	'V 279'	<i>S. matsudana × S. alba</i>
6.	'V 369'	<i>S. matsudana × [(S. m. f. tortuosa × S. alba) × (S. m. f. tortuosa × S. alba)]</i>
7.	'V 373'	<i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>
8.	'V 374'	<i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>
9.	'V 375'	<i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>
10.	'V 458'	<i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>
11.	'V 459'	<i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>
12.	'V 460'	<i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>
13.	'V 461'	<i>S. matsudana × (S. matsudana × S. alba)</i>
14.	'V 462'	<i>(S. matsudana × S. alba) × nep.</i>
15.	'V 571'	<i>(S. matsudana × S. alba) × nep.</i>
16.	'V 572'	<i>(S. matsudana × S. alba) × nep.</i>
17.	'V 573'	<i>S. matsudana × nep.</i>
18.	'V 574'	<i>S. matsudana × nep.</i>
19.	'V 575'	<i>S. matsudana × nep.</i>
20.	'V 576'	<i>S. matsudana × nep.</i>
21.	'V 577'	<i>S. matsudana × nep.</i>
22.	'V 578'	<i>S. matsudana × nep.</i>
23.	'V 580'	<i>S. matsudana × nep.</i>
24.	'V 83'	<i>Salix alba</i>
25.	'V 95'	<i>Salix alba</i>

STATISTIČKA OBRADA PODATAKA STATISTICAL ANALYSIS

Podaci dobiveni izmjerama obrađeni su deskriptivnom statističkom analizom da bi se utvrdile prosječne, minimalne i maksimalne vrijednosti te standardne devijacije za istraživana svojstva.

Nelinearnom regresijskom analizom procijenjena je suha biomasa pojedinih izbojaka prema jednadžbi (Telenius i Verwijst 1995):

$$W = a + bD_{1,3}^c; \text{ gdje su:}$$

W – suha biomasa izbojka

$D_{1.3}$ – prsni promjer izbojka

a, b, c – parametri procijenjeni na temelju uzorka posječenih izbojaka u jednoj repeticiji (od 8 do 126 izbojaka po pojedinom klonu).

Analizom varijance testirano je postojanje statistički značajnih razlika između klonova za svojstvo suhe mase izbojaka uz pretpostavku normalne distribucije, slučajnosti ispitivanih efekata varijabilnosti i homogenosti varijanci (Sokal i Rohlf 1994). Analiza varijance provedena je procedurom GLM (General Linear Model) prema jednadžbi (SAS 2000):

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + R_j + \varepsilon_{ijk}; \text{ gdje su:}$$

Y_{ijk} – vrijednost suhe biomase izbojka na k -toj rameti i -toga klona smještenoga u j -toj repeticiji ($k = 1, 2, \dots, k$; broj jedinki je varirao s obzirom na preživljavanje)

μ – prosječna vrijednost suhe biomase izbojka na pokusnoj plohi

C_i – efekt i -toga klona ($i = 1, 2, \dots, 14$ odnosno 25)

R_j – efekt j -te repeticije ($j = 1, 2, 3$ odnosno 4)

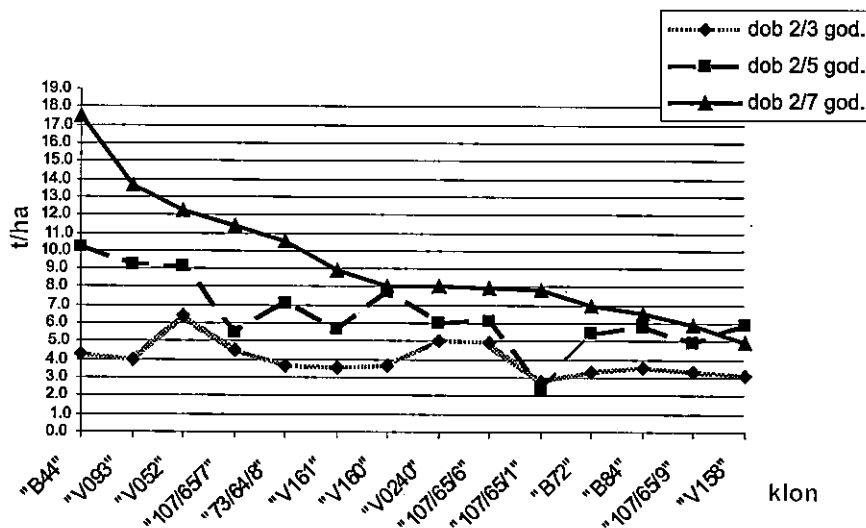
ε_{ijk} – eksperimentalna pogreška.

Pearsonovom produkt-moment korelacijskom metodom ispitana je korelacija između izbojne snage, tj. broja izbojaka i produkcije suhe mase klonova. Sve statističke analize provedene su pomoću programskog paketa SAS System for Windows ver. 8.2 (SAS 2000).

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

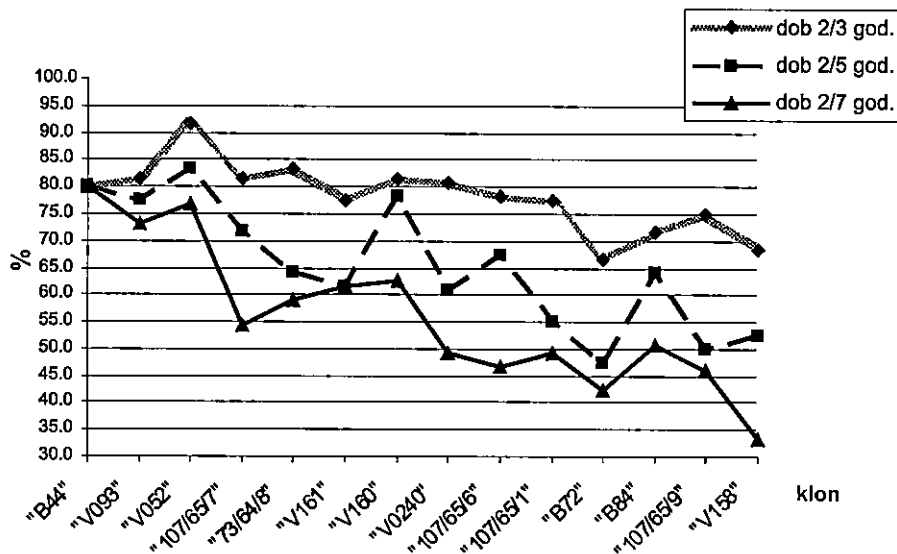
Klonski test Dravica (Šumarija Darda). Slikom 1 prikazana je ukupna produkcija biomase, po jedinici površine, istraživanih klonova stablastih vrba u testu Dravica u trima sukcesivnim dvogodišnjim ophodnjama. Može se uočiti da produkcija biomase svih istraživanih klonova pokazuje trend porasta sa starošću pokusa, osim kod klonova 'V 158' i 'V 160' kod kojih je, nakon početnoga porasta, zabilježen pad produkcije između druge i treće ophodnje. U prvoj godini istraživanja (dob 2/3 godine) prosječna produkcija biomase iznosila je 4,0 t/ha, a vrijednosti su se kretale od 2,8 (klon '107/65/1') do 6,4 t/ha (klon 'V 052'). U sljedećoj ophodnji (dob 2/5 godina) prosječna je produkcija iznosila 6,5 t/ha, a kretala se od 2,4 (klon '107/65/1') do 10,2 t/ha (klon 'B 44'). U dobi rameta od 2/7 godina prosječna produkcija biomase iznosila je 9,3 t/ha, a kretala se od 5,0 (klon 'V 158') do 17,5 t/ha (klon 'B 44').

Preživljavanje klonova u tri sukcesivne ophodnje prikazano je slikom 2. Vidljivo je da preživljavanje pokazuje trend pada, ali se mogu primijetiti značajne razlike u intenzitetu pada preživljavanja između pojedinih klonova. Može se uočiti da klon 'B 44' pokazuje veliku stabilnost u preživljavanju tijekom promatranoga razdoblja. Također su klonovi 'V 052' i 'V 093' pokazali dobru adaptiranost na testne uvjete s obzirom na visoke postotke preživljavanja.



Slika 1. Produkcija biomase istraživanih klonova vrba u testu Dravica u tri sukcesivne dvogodišnje ophodnje
 Figure 1 Biomass production of studied willow clones in test Dravica in three successive two-year rotations

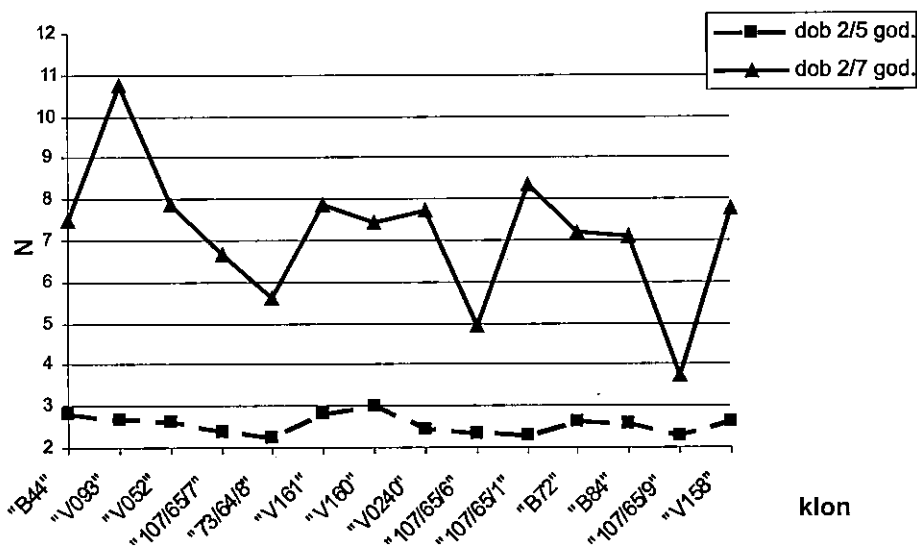
Pokusna ploha oštećena je mrazom koji je pogodio to područje 14. i 15. travnja 2001. godine, a u prvim godinama nakon osnivanja primijećeno je da glodavci



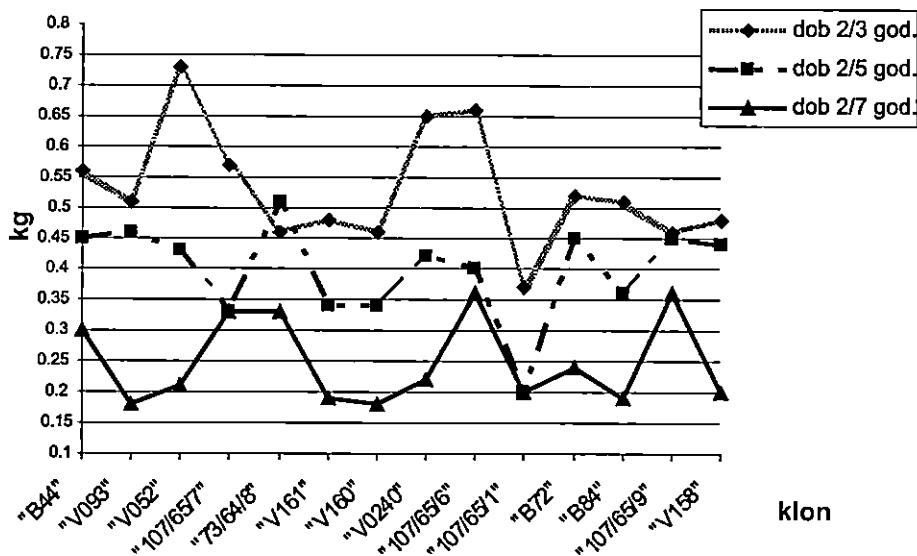
Slika 2. Preživljavanje istraživanih klonova vrba u testu Dravica u tri sukcesivne dvogodišnje ophodnje
 Figure 2 Survival of studied willow clones in test Dravica in three successive two-year rotations

oštećuju korijenski sustav. U testu nisu provedene nikakve mjere zaštite od korovne vegetacije, pa se time može objasniti relativno nizak postotak preživljavanja. Nakon ponovljenih sječa izbojaka kod nekih je rameta potjerao samo jedan izbojak, ali nije bio rijedak slučaj da je i do dvadeset pet izbojaka potjeralo iz jednoga korijena. Na slici 3 prikazane su vrijednosti prosječnoga broja izbojaka po jednom korijenu kod dobi rameta od 2/5 i 2/7 godina. Može se uočiti da je prosječan broj izbojaka po korijenu u značajnom porastu pod utjecajem višekratnih sječa. Međutim, ukupna produkcija suhe biomase po hektaru nije uvijek proporcionalna većemu broju izbojaka, što je vidljivo na primjeru klona '107/65/1' koji ima natprosječan broj izbojaka po pojedinom korijenu, ali mu je procijenjena produkcija biomase ispodprosječna. Pearsonovom produkt-moment metodom utvrđena je negativna korelacija (ali ne statistički značajna) između izbojne snage, tj. broja izbojaka po pojedinom korijenu i produkcije biomase klonova. Na temelju korelacijske analize i subjektivnoga dojma mislimo da uzgojnim zahvatima treba podržavati manji broja šiba po panju (dviije do tri) radi veće proizvodnje suhe biomase.

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna varijanca uzrokovana razlikama između klonova u suhoj biomasi izbojaka. Klonovi '107/65/9', '107/65/6', '73/64/8' i '107/65/7' imali su najviše vrijednosti suhe biomase srednjega izbojka u dobi od 2/7 godina. Slično kao i kod primjera za prosječan broj izbojaka po pojedinom korijenu (klon '107/65/1'), na primjeru navedenih klonova, vidljivo je da viša vrijednost biomase srednjega izbojka ne mora značiti i najviše vrijednosti produkci-



Slika 3. Prosječan broj izbojaka po pojedinom korijenu istraživanih klonova vrba u testu Dravica u dvije sukcesivne dvogodišnje ophodnje
 Figure 3 Average number of shoots per stump of studied willow clones in test Dravica in two succesive two-year rotations



Slika 4. Biomasa srednjega izbojka istraživanih klonova vrba u testu Dravica u tri sukcesivne dvogodišnje ophodnje

Figure 4 Mean shoot biomass of studied willow clones in test Dravica in three successive two-year rotation

je klona. Konačna produkcija po hektaru najviše je bila u korelaciji s preživljavanjem, jer su najbolji "proizvođači" suhe biomase bili upravo oni klonovi koji su pokazali najbolju prilagođenost na testirane uvjete (slika 4).

Između svih istraživanih posebno se izdvajaju klonovi 'B44' i 'V093' koji su pokazali najbolju adaptiranost na ispitivano stanište i uvjete razvoja, ali uz to imaju i natprosječne vrijednosti suhe mase srednjega izbojka odnosno ukupne produkcije biomase, kao i izbojne snage. Klonovi 'V052' i 'V160' također pokazuju dobru adaptiranost na testirane uvjete kroz preživljavanje i izbojnu snagu, iako su im vrijednosti biomase srednjega izbojka prosječne.

Klonski test stablastih vrba Čazma (Šumarija Čazma). U tablici 3 prikazani su deskriptivni statistički parametri za svojstvo biomase istraživanih klonova stablastih vrba u testu Čazma kod dobi rameta od 2/3 godine. Prosječna produkcija biomase u toj dobi iznosila je 5,6 t/ha, a kretala se od minimalnih 1,7 (klon 'V 221') do maksimalnih 10,6 t/ha (klon 'V 580'). Može se uočiti da su najveću produkciju biomase imali klonovi nastali križanjem kineske vrbe i nepoznatoga roditelja (klonovi 'V 580' i 'V 578') odnosno križanjem kineske i bijele vrbe s nepoznatim roditeljem (klon 'V 572'). Povratni križanci kineske i bijele vrbe s kineskom vrbom, trispecies križanac ('V 221') i klonovi bijele vrbe pokazali su ispodprosječnu produkciju biomase po jedinici površine.

Preživljavanje klonova u toj dobi bilo je relativno visoko (prosječno 86 %), a kretalo se od 53% (klon 'V 221') do 100 %. Klon 'V 221' još je jednom pokazao

svuju slabu sposobnost zakorjenjivanja i malu izbojnu snagu, što je navedeno i u prethodnim istraživanjima (Bogdan 2002, Kajba i dr. 2004). Klonovi koji su pokazali najveću produkciju biomase imali su i visoke vrijednosti preživljavanja.

Tablica 3. Deskriptivni statistički parametri za svojstvo biomase u klonskom testu stablastih vrba Čazma u dobi od 2/3 godine

Table 3 Descriptive statistics for biomass in willow clonal test Čazma, at age 2/3 years

Klon	Broj uzorkovanih izbojaka	Biomasa srednjega izbojka (kg)	Minimum (kg)	Maksimum (kg)	Std. dev.	Koeficijent varijabilnosti (%)	Ukupna produkcija biomase (t/ha)	Preživljavanje (%)
Clone	No. of sampled shoots	Mean shoot biomass (kg)	Minimum (kg)	Maximum (kg)	Std. Dev.	Coefficient of Variation (%)	Biomass production (t/ha)	Survival (%)
'V 580'	30	1,10	0,63	1,53	0,26	23,3	10,6	100
'V 572'	17	1,22	0,65	2,8	0,62	51,1	10,0	85
'V 578'	29	0,98	0,33	1,65	0,36	36,7	9,1	97
'V 575'	37	0,99	0,57	1,39	0,23	23,4	8,8	93
'V 277'	85	0,95	0,52	1,82	0,45	47,3	8,6	94
'V 577'	8	1,12	0,36	2,48	0,79	71,0	8,6	80
'V 576'	30	0,81	0,67	0,91	0,06	7,95	7,8	100
'V 571'	10	0,73	0,26	0,9	0,2	27,0	7,0	100
'V 573'	29	0,70	0,32	0,78	0,08	11,2	6,5	97
'V 574'	35	0,74	0,41	1,58	0,3	39,9	6,2	88
'V 278'	83	0,59	0,12	0,96	0,22	37,0	5,2	92
'V 83'	34	0,63	0,22	1,01	0,19	30,4	5,1	85
'V 369'	15	0,70	0,32	1,17	0,25	35,9	5,0	75
'V 279'	80	0,58	0,16	0,85	0,14	24,8	5,0	89
'V 461'	52	0,55	0,05	0,83	0,17	30,8	4,6	87
'V 373'	75	0,53	0,05	0,87	0,21	39,8	4,2	83
'V 460'	47	0,56	0,24	1,05	0,3	54,3	4,2	78
'V 462'	34	0,49	0,42	0,65	0,05	10,5	4,0	85
'V 375'	55	0,44	0,21	0,79	0,14	32,1	3,9	92
'V 95'	46	0,52	0,22	1,4	0,25	49,1	3,8	77
'V 374'	80	0,34	0,09	0,54	0,13	39,6	2,9	89
'V 111'	52	0,33	0,05	0,74	0,16	47,4	2,7	87
'V 458'	69	0,37	0,02	3,31	0,66	17,8	2,7	77
'V 459'	46	0,33	0,09	0,61	0,19	56,6	2,4	77
'V 221'	16	0,34	0,19	0,53	0,11	31,7	1,7	53
Prosjek Mean		0,67					5,6	86

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna varijanca uzrokovana razlikama između klonova u suhoj biomasi izbojaka. Klonovi 'V 572', 'V 577', 'V 580', 'V 575' i 'V 578' imali su najviše vrijednosti suhe biomase srednjega izbojka u dobi od 2/3 godine (tablica 4). Statistička značajnost varijance uzrokovane razlikama

između blokova upućuje na važnost mikrostanišnih uvjeta za ekspresiju ovoga svojstva.

Tablica 4. Rezultati analize varijance za svojstvo biomase istraživanih klonova u testu stablastih vrba Čazma kod dobi od 2/3 godine

Table 4 Results of analysis of variance for biomass of studied clones in willow test Čazma, at age of 2/3 years

Izvor varijabilnosti	DF	Tip III SS	Srednje kvadratno odstupanje	F vrijednost	Pr > F
Klon	24	50,076442	2,086518	24,31	<.0001
Blok	2	1,899696	0,949848	11,07	<.0001
Ostatak	1067	91,563755	0,085814		

Brojni su strani i domaći autori objavili procjene produkcije suhe biomase u kratkim ophodnjama klonova različitih vrsta unutar roda *Salix* (usp. Berguson i Grigal 1988, Dawson 1992, Hasselgren 1996, Morsing 1996, Ridell-Black i dr. 1996, Jossart i dr. 1998, Komlenović i dr. 1996a, Komlenović i dr. 1996b, Kajba i dr. 1998, Nordh 2003). Rezultati tih istraživanja nisu usporedivi s našima jer su istraživanja provedena na različitim vrstama i u vrlo varijabilnim stanišnim uvjetima te primjenom različitih uzgojnih i zaštitnih mjera, međutim radi ilustracije može se izdvojiti da se produkcija suhe biomase kretala između jedne i 17 tona po hektaru godišnje. Prema nekim autorima ekonomski je isplativa kultura koja prosječno proizvodi 10 – 12 t/ha godišnje (Christeresson i dr. 1993).

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Pokusne kulture kratkih ophodnji s klonovima stablastih vrba osnovane su na tzv. marginalnim staništima odnosno staništima gdje je napuštena poljoprivredna proizvodnja ili koja nisu prikladna za uzgajanje vrednijih vrsta šumskoga drveća. U kulturama nisu poduzimane nikakve mjere prihranjivanja ni zaštite od štetnika (praksa uobičajena u intenzivnom sustavu uzgajanja), a regulacija korovne vegetacije provedena je samo u najranijoj dobi kod klonskoga testa Čazma. Usprkos tomu rezultati su pokazali relativno visoku produkciju biomase istraživanih klonova. Da bi se postigla veća produktivnost klonova, trebalo bi, nakon sječe izbojaka, uzgojnim zahvatima smanjiti njihov broj na jednu do dvije po korijenu, a produkcija biomase na marginalnim staništima mogla bi se i znatno povećati primjenom intenzivnijih uzgojnih i zaštitnih mjera.

U klonskom testu Dravica, koji je istraživani tijekom sedam godina u tri sukcesivne dvogodišnje ophodnje, uočen je trend porasta produkcije biomase na jedinici površine. Isti trend pokazao je i prosječan broj izbojaka po pojedinom korijenu. Preživljavanje je, kako je i očekivano, pokazalo trend pada sa starošću testa, ali su klonovi iskazali značajne razlike u intenzitetu toga pada. Prosječna produkcija suhe biomase svih istraživanih klonova iznosila je kod dobi od 2/7 godina 9,3 tona po

hektaru. Najveću produkciju imali su klonovi 'B44', 'V093' i 'V052' (17,5, 13,7 odnosno 12,2 t/ha). Navedeni klonovi pokazali su specifičnu adaptiranost na ispitivano stanište i uvjete razvoja u preživljavanju i izbojnu snagu.

U klonskom testu Čazma, koji je istraživao u dobi od 2/3 godine, testirani su klonovi koji taksonomski pripadaju različitim kombinacijama križanja kineske i bijele vrbe. Prosječna produkcija biomase po jedinici površine iznosila je 5,6 t/ha, što je značajno više u odnosu na produkciju koja je dobivena u testu Dravica kod iste dobi. Viša produkcija može se djelomično objasniti kvalitetnijim stanišnim prilikama na plohi Čazma. Najvišu produkciju biomase te najveću prilagođenost testnim uvjetima pokazali su klonovi nastali kombinacijama križanja u kojima je kineska vrba bila ženski roditelj, dok je muški roditelj bila bijela vrba (*S. matsudana* × *S. alba*), odnosno u kojima je muški roditelj nepoznat (*S. matsudana* × *nep.*). Povratni križanci kineske i bijele vrbe s kineskom vrbom [*S. matsudana* × (*S. matsudana* × *S. alba*)] imali su ispodprosječnu produkciju biomase, kao i klonovi domaće bijele vrbe i trispjecijes križanca *Salix* × *savensis* Trinajstić et Krstinić, hybr. Nov (Trinajstić i Krstinić 1989). Ovi rezultati ukazuju na značajan potencijal kineske vrbe za daljnje oplemenjivanje radi povećanja proizvodnje biomase u kratkim ophodnjama.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Istraživanja predstavljena u ovom radu provedena su u sklopu istraživačkoga zadatka 1.1.23. "Oplemenjivanje mekih listača i proizvodnja biomase u kratkim ophodnjama", koji je financiralo trgovačko društvo Hrvatske šume d.o.o. Osnivanje i održavanje klonskih testova provedeno je u suradnji s djelatnicima Šumarije Darda i Šumarije Čazma. Ovim putem zahvaljujemo svima koji su omogućili ovo istraživanje.

LITERATURA REFERENCES

- 2 Berguson, W.E., D. F. Grigal, 1988: *Salix* clonal screening research on peatlands in Minnesota. IEA Proceedings from Willow Breeding Symposium, Uppsala August 31 – September 1, 1987, Research Notes, 41: 1–6.
- D Bogdan, S., 2002: Procjena genetskih parametara i produkcije biomase mekih listača u pokusnim kulturama kratkih ophodnji. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 178 str.
- č Christersson, L., L. Senneryby-Forsse, L. Zsuffa, 1993: The role and significance of woody biomass plantations in Swedish agriculture. *The Forestry Chronicle*, 69 (6): 687 – 693.
- 2 Dawson, M., 1992: Some aspects of the development of short-rotation coppice willow for biomass in Northern Ireland. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 98B, 193–205.
- o Domac, J., M. Beronja, N. Dobričević, M. Đikić, D. Grbeša, V. Jelavić, Ž. Jurić, T. Krička, S. Matić, M. Oršanić, N. Pavičić, S. Plietić, D. Salopek, L. Staničić, F. Tomić, Ž.

Tomšić, V. Vučić, 1998: Bioen Program korištenja biomase i otpada: Prethodni rezultati i buduće aktivnosti. Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 180 str.

- κ Domac, J., M. Beronja, S. Fijan, B. Jelavić, V. Jelavić, N. Krajnc, D. Kajba, T. Krička, V. Krstulović, H. Petrić, I. Raguzin, S. Risović, L. Staničić, H. Šunjić, 2001: Bioen Program korištenja energije biomase i otpada. Nove spoznaje i provedba, Zagreb, 144 str.
- z Hasselgren, K., 1996: Municipal Wastewater Recycling in Energy Forestry. U: P. Chartier, G. L. Ferrero, U. M. Henius, S. Hultberg, J. Sachau, M. Wiinblod (ur.): Biomass for Energy and the Environment. Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference Vol. 1. Elsevier Science Ltd., 90 – 95.
- z Jossart, J-M., X. Dubuisson, J-F. Ledent, 1998: Short Rotation Coppice Production in Belgium: Productivity Trials. U: Proceedings of the International Conference - 10th European Conference and Technology Exhibition, Biomass for Energy and Industry, Würzburg, 8 – 11. June 1998, C.A.R.M.E.N., Germany, 860 – 862.
- z Kajba, D., 1999a: Short Rotation Crops in Croatia. U: L. Christersson, S. Ledin (ur.): Proceeding of the first meeting of IEA, Bioenergy Task 17. June 4–6 1998, Uppsala, Sweden, SLU, 37–40.
- z Kajba, D., 1999b: Arborescent Willow Biomass Production in Short Rotations. U: R. P. Overend, E. Chorner (ur.): Proc. of the fourth Biomass Conference of the Americas. August 29 – September 2. Oakland, California, USA, 55–60.
- sl č Kajba, D., A. Krstinić, 1998: Vrste roda *Alnus* L. podesne za proizvodnju biomase. Šumarski list, 3–4: 131–137.
- sl č Kajba, D., A. Krstinić, N. Komlenović, 1998: Proizvodnja biomase stablastih vrba u kratkim ophodnjama. Šumarski list, 3–4: 139–145.
- sl č Kajba, D., S. Bogdan, I. Katičić-Trupčević, 2004: Produkcija biomase bijele vrbe u klonskom testu Dravica (Šumarija Darda) ŠWhite willow biomass production in a short rotation clonal test in Croatia. Šumarski list, 9–10: 509–515.
- sl č Komlenović, N., A. Krstinić, 1987: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost nekih provenijencija crne joha (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) u proizvodnji biomase i akumulaciji hraniva. Šumarski list, 10–12: 577–587.
- z Komlenović, N., A. Krstinić, D. Kajba 1996a: Mogućnosti proizvodnje biomase stablastih vrba u kratkim ophodnjama u Hrvatskoj. U: B. Mayer (ur.): Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, 9–23.
- z Komlenović, N., A. Krstinić, D. Kajba, 1996b: Selection of Arborescent Willow clones suitable for biomass production in Croatia. Proceedings, Budapest, IPC/FAO, Vol. I: 297–308.
- č Krstinić, A., 1984: Selekcija klonova vrba stablašica za namjensku proizvodnju drveta. Topola, 141/142: 51–55.
- z Morsing, M., 1996: Willow dry matter production in Danish short rotation plantations and possible relation to climate, clone, rotation length, stem and stool age. U: P. Chartier, G. L. Ferrero, U. M. Henius, S. Hultberg, J. Sachau, M. Wiinblod (ur.): Biomass for Energy and the Environment. Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Vol. 1, Elsevier Science Ltd., 702 – 706.
- z Nordh, N.-E., 2003: Sustainability of willow SRF during later cutting cycles. U: I. D. Nicholas (ur.): IEA Bioenergy Task 30 Proceedings of the Conference: The role of short rotation crops in the energy market. December 1–5, 2003, Mount Maunganui, Tauranga, New Zealand, 93–98.
- z Riddell-Black, D. M., C. Rowlands, A. Snelson, 1996: Short Rotation Forest Productivity Using Sewage Sludge as a Nutrient Source. U: P. Chartier, G. L. Ferrero, U. M. Henius,

- S. Hultberg, J. Sachau, M. Wiinblod (ur.): Biomass for Energy and the Environment. Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Vol. 1, Elsevier Science Ltd., 103 – 108.
- £ SAS 2000: SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc[®], Version 8. <http://v8doc.sas.com/sashtml>
- ✓ Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1994: Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. W. H. Freeman & Co.
- Telenius, B., T. Verwijst, 1995: The influence of allometric variation, vertical biomass distribution and sampling procedure on biomass estimates in commercial short-rotation forests. Bioresource Technology, 51: 247–253.
- # ○ Trinajstić, I., A. Krstinić, 1989: *Salix* × *savensis* Trinajstić et Krstinić, hybr. nov. – spontaneous hybrid of taxons *S. alba* × *S. fragilis* × *S. caprea*. Ann. Forest., 15 (1): 1–16.
- ⊗ Verwijst, T., 2003: Short rotation crops in the world. U: I. D. Nicholas (ur.): IEA Bioenergy Task 30 Proceedings of the Conference: The role of short rotation crops in the energy market. December 1–5, 2003, Mount Maunganui, Tauranga, New Zealand, 1–10.

BIOMASS PRODUCTION IN WILLOW CLONAL TESTS ON MARGINAL SITES IN CROATIA

SUMMARY

Biomass for energy purposes could be produced by fast growing tree species such as willows, poplars, alder, birch, black locust and others. Such a manner of biomass production is known as “short rotation crops” or “short rotation intensive cultures”. In previous studies arborescent willow clones have shown greatest potential for biomass production in short rotations of two to five years. Therefore, testing of arborescent willows continued aiming at identification of clones with greatest production potential particularly on so called marginal sites i.e. abandoned agricultural soils and/or sites that are not suitable for growing more valuable tree species.

White willow clonal test was established in march 1999. on locality Dravica (Forest Office Darda), and another test with clones originated from different crossing combinations of Chinese and white willow was established on Plešćice locality (Forest Office Čazma) in 2002. The tests are established according to randomised block design in several replications. Diameters at breast height, survival and average number of shoots per stump were assessed at age of 2/3 years (in both tests), 2/5 and 2/7 years (in test Dravica). By combination of destructive and nondestructive methods, dry biomass of each two-years old shoot was estimated. Biomass production per hectar was estimated according to mean shoot biomass, survival, number of ramets per hectar as well as average number of shoots per stump. Analysis of variance was performed in order to test significance of differences between clones, and correlation analysis was done to assess relationship between sprouting ability (i.e. number of shoots per stump) and biomass production.

In clonal test Dravica which is studied in three successive two-year rotations, an increase of biomass production per unit of surface was observed. The same

trend was observed for average number of shoots per stump. Survival, as was expected, showed decrease during studied period, but clones differed in intensity of such a decrease. Mean biomass production of all studied clones at age 2/7 years was 9.3 t/ha. The highest biomass production was performed by clones 'B44', 'V093' i 'V052' (17.5, 13.7 and 12.2 t/ha, respectively). Above mentioned clones have shown specific adaptedness on tested conditions through survival and sprouting ability.

In clonal test Čazma, mean biomass production of all studied clones was 5.6 t/ha which was significantly higher than production gained at the same age in the test Dravica. Higher biomass production could be partially explained by better site conditions in Čazma test. The highest biomass production as well as the best adaptedness on testing conditions was shown by clones originated from crossings in which Chinese willow served as a female parent while white willow served as a male parent (*S. matsudana* × *S. alba*) or male was unknown (*S. matsudana* × unknown). Back crosses of Chinese and white willow hybrids with female Chinese willow [*S. matsudana* × (*S. matsudana* × *S. alba*)] showed below average biomass production, as well as pure white willow clones and triplespecies hybrid *Salix* × *savensis* Trinajstić et Krstinić, hybr. Nov. These results indicate significant potential of Chinese willow for further breeding aimed at biomass production in short rotations.

Key words: arborescent willow clones, short rotation crops, breeding, marginal sites

UDK: 630*267

VEGETACIJA ŠUMSKIH RUBOVA U SJEVERNOJ HRVATSKOJ

VEGETATION OF FOREST FRINGES OF THE NORTHERN CROATIA

JOZO FRANJIĆ, ANDRAŽ ČARNI, ŽELJKO ŠKVORC, URBAN ŠILC

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Uzorkovana je vegetacija šumskih rubova u sjevernom, kontinentalnom dijelu Hrvatske. Istraživane su razlike u florinom sastavu, Ellenbergove indikatorske vrijednosti i funkcionalne značajke biljaka. Pomoću numeričke analize odvojeni su vegetacijski tipovi koji ovise o dvama glavnim ekološkim gradijentima – klimatskom i mikrostanišnom. Udio terofita, jednogodišnjih i dvogodišnjih biljaka, veći je u kontinentalnijem dijelu istraživanoga područja, dok su u humidnijem području češći geofiti. U manje humidnom dijelu češće su vrste iz porodice *Fabaceae*. Analiza fenoloških značajki pokazala je da vegetacija kontinentalnijega dijela ima kraće vrijeme cvjetanja, dok je u humidnijem dijelu vrijeme cvjetanja distribuirano tijekom cijeloga vegetacijskoga razdoblja.

Ključne riječi: vegetacija, šumski rub, *Trifolio-Geranietea*, Ellenbergove indikatorske vrijednosti, funkcionalne značajke biljaka, Hrvatska

UVOD

INTRODUCTION

Šumski su rubovi vegetacijski tip koji se formira kao rezultat dugotrajnoga utjecaja čovjeka na šumu. Taj se utjecaj očituje kroz različite načine gospodarenja (košnja, ispaša stoke) te se na prijelazu travnjaka i šume formiraju specifične linearne vegetacijske formacije. One se odlikuju kompleksnošću i značajnom bioraznolikošću. U modernoj i intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji ta je vegetacija vrlo ugrožena jer se načinom gospodarenja potpuno eliminira iz krajobraza ili se prepušta prirodnoj sekundarnoj sukcesiji. Ekološki se uvjeti na tom prostoru značajno razlikuju od onih koji vladaju na susjednom travnjaku ili šumi. Svjetlo iznosi oko 30–50 % od pune insolacije, temperatura je niža nego na kontaktnim nešumskim površinama, a viša nego u šumi. Sadržaj dušika i fosfora u površinskom sloju tla

također ima srednje vrijednosti u odnosu na kontaktne šumske i nešumske površine (Dierschke 1974, Mucina i Kolbek 1993).

Tüxen je (1952) prvi opisao sintaksone koji se pojavljuju na šumskom rubu. On je razdvojio vegetaciju zeljastoga šumskoga ruba (*fringe, Saum*) od vegetacije grmastih šumskih rubova (*mantle*). U kontinentalnoj Europi vegetacija zeljastih šumskih rubova na staništima bogatim hranivima razvrstana je unutar razreda *Galio-Urticetea*, a na vlažnim staništima unutar sveze *Filipendulion* (Rodwell i dr. 2002).

MATERIJAL I METODE RADA MATERIAL AND METHODS

Istraživanjima su obuhvaćeni zeljasti šumski rubovi klasificirani unutar razreda *Trifolio-Geranietea*. Vegetacija je toga razreda detaljno obrađena u mnogim europskim zemljama (Müller 1978, Mucina i Kolbek 1993, Biondi i dr. 2001. i dr.), a napravljene su i sinteze za veća zemljopisna područja (Dierschke 1974, De Foucault i dr. 1983, Valachovič 2004, Čarni 2005). Prema sadašnjoj sintaksonomskoj podjeli unutar razreda *Trifolio-Geranietea* u kontinentalnoj Hrvatskoj dolazi red *Origanetalia* koji se može podijeliti na svezu *Geranion sanguinei* na toplijim staništima i staništima siromašnijim hranivima i svezu *Trifolion medii* na mezofilnim staništima bogatim hranivima. Pojavnost vegetacijskih tipova unutar tih sveza limitirana je ljetnim sušama i postupno se gubi prema istoku i jugu Europe (Van Gils i Keyzers 1977). Zbog toga se oni obično smatraju kao sintaksoni sa srednjoeuropskom rasprostranjenosti (Pignatti i dr. 1995).

Posljednjih godina mnoge istraživačke studije ističu važnost biljnih funkcionalnih značajki kao važnoga čimbenika u funkcioniranju ekosustava (Díaz i Cabido 2001). Pokušali smo selektirati ključne čimbenike staništa i funkcionalne biljne skupine u istraživanim zajednicama. Prikupljeni su snimci na mezofilnim i termofilnim staništima duž cijeloga istraživanoga područja, što nam je omogućilo određivanje gradijenta kontinentalnosti. Taj se gradijent izražava uglavnom smanjenjem oborina i povećanjem prosječnih godišnjih i ekstremnih temperatura.

Fitocenološki su snimci napravljeni u kontinentalnoj Hrvatskoj i djelomično u susjednoj Sloveniji prema standardnoj srednjoeuropskoj metodi (Braun-Blanquet 1964). Podaci su uneseni u bazu podataka Turboveg (Hennekens i Schaminée 2001) i obrađeni u programskom paketu Juice (Tichý 2002). Za numeričku analizu korišten je programski paket CANOCO 4.02 (der Braak i Šmilauer 2002). Pokrovne su vrijednosti transformirane u originalnu skalu prema Van de Maarel (1979). Skupine snimaka koje predstavljaju osnovne vegetacijske tipove formirane su pomoću analize glavnih komponenata (Principal Component Analysis – PCA), a ekološki su čimbenici procijenjeni pomoću Ellenbergovih indikatorskih vrijednosti (Ellenberg i dr. 1992). Korelacije su izračunate pomoću Canonical Correspondence Analysis (CCA). S obzirom na to da su biljne zajednice često loše opisane samo

pomoću popisa vrsta (Whittaker 1975), odredili smo i funkcionalne značajke biljaka koje određuju njihovu ekološku funkciju (Klotz i dr. 2002).

Radi određivanja glavnih funkcionalnih značajki duž istraživanoga gradijenta originalna matrica od 349 vrsta × 56 snimaka pomnožena je matricom od 349 vrsta × 21 funkcionalna značajka. Dobivena matrica analizirana je pomoću CCA (Díaz Barradas i dr. 1999 Peco i dr. 2005). Nomenklatura je biljnih vrsta uskladenjena prema Ehrendorferu (1973).

Tablica 1. Funkcionalne značajke (prema Klotzu i dr. 2002)
 Table 1 Plant functional properties (acc. Klotz et al. 2002)

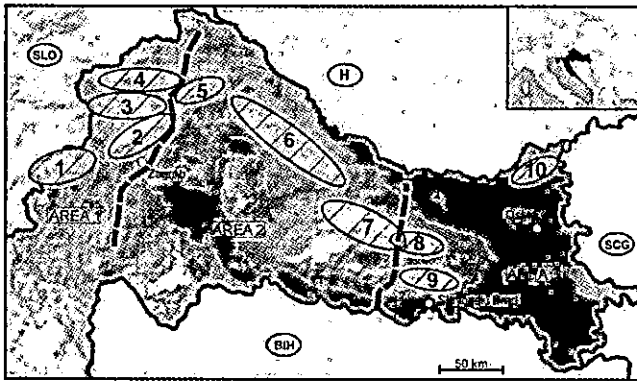
Značajka	Stanje u matrici
Životni oblik	T – terofiti, G – geofiti, H – hemikriptofiti, C – hamefiti, P – fanerofiti
Dugovječnost	A – jednogodišnje biljke, B – dvogodišnje biljke, P – višegodišnje biljke
Fenologija	0 – nepoznato, 1 – faza <i>Corylus-Leucojum</i> , pretproljećna, 2 – faza <i>Acer platanoides-Anemone nemorosa</i> , početak ranoga proljeća, 3 – faza <i>Prunus avium-Ranunculus auricomus</i> , kraj ranoga proljeća, 4 – faza <i>Fagus-Lamium</i> , početak srednjega proljeća, 5 – faza <i>Sorbus aucuparia-Galium odoratum</i> , kraj srednjega proljeća, 6 – faza <i>Cornus sanguinea-Melica uniflora</i> , početak ranoga ljeta, 7 – faza <i>Ligustrum-Stachys sylvatica</i> , kraj ranoga ljeta, 8 – faza <i>Clematis vitalba-Galium sylvaticum</i> , srednje ljeto, 9 – faza <i>Hedera-Solidago</i> , rana jesen, 10 – jesenska faza
Porodica	postotak vrsta iz porodica <i>Fabaceae</i> i <i>Poaceae</i> u odnosu na ukupan broj vrsta

ISTRAŽIVANO PODRUČJE RESEARCHED AREA

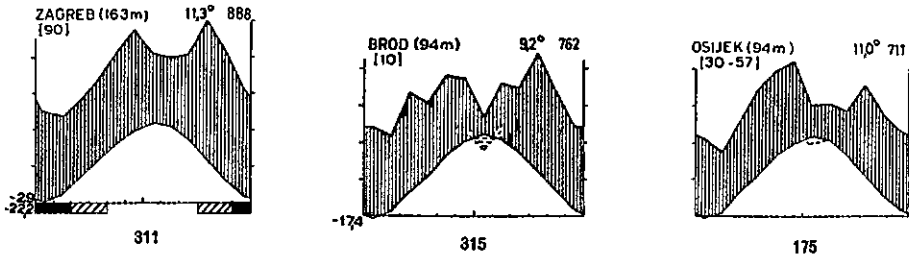
Istraživano područje obuhvaća sjeverni (kontinentalni) dio Republike Hrvatske i djelomično susjedni dio Slovenije. Fitocenološki su snimci rađeni na području od Gorjanaca i Žumberka na zapadu do Banskoga brda na istoku (slika 1). Najistaknutije planine i gore na tom su području Gorjanci i Žumberak 1178 m, Ivančica 1059 m, Medvednica 1030 m, Papuk 953 m, Kalnik 642 m, Dilj 461 m, Bilo-gora 307 m i Bansko brdo 244 m.

Ilijanić je (1963) podijelio kontinentalni dio Hrvatske u tri klimatske regije – zapadni dio (zapadno od Zagreba) s prosječnom godišnjom količinom oborina između 1000–1200 mm, središnji dio od Zagreba do rijeke Orpljave s prosječnom godišnjom količinom oborina između 800–1000 mm i istočni dio s prosječnom godišnjom količinom oborina između 600–800 mm. Prosječna godišnja temperatura povećava se od 10,4 °C na zapadu do 11,6 °C na istoku (Ilijanić 1963). Od zapada prema istoku klima postaje sve više kontinentalna. Osnovne klimatske karakteristike priložene su na klimatskim dijagramima (slika 2; Walther i Leith 1960).

S fitogeografskoga stajališta cijelo područje istraživanja pripada u eurosibirsko-sjevernoameričku regiju (Trinajstić 1998). Potencijalna prirodna vegetacija u nizinskom su području poplavne šume u kojima prevladavaju hrast lužnjak i poljski jasen, u brdskom pojasu rastu miješane šume hrasta i običnoga graba, dok vrhove gora i planina obrastaju bukove šume (Fukarek i Jovanović 1983, Bohn i dr. 2003).



Slika 1. Istraživano područje:
 1 – Gorjanci – Žumberak, 2 – Medvednica, 3 – Hrvatsko zagorje, 4 – Ivančica, 5 – Kalnik, 6 – Bilogora, 7 – Papuk, 8 – Krndija, 9 – Dilj, 10 – Bansko brdo
 Figure 1 Research area: 1 – Gorjanci – Žumberak, 2 – Medvednica, 3 – Hrvatsko zagorje, 4 – Ivančica, 5 – Kalnik, 6 – Bilogora, 7 – Papuk, 8 – Krndija, 9 – Dilj, 10 – Bansko brdo



Slika 2. Klimatski dijagrami za Zagreb, Slavonki Brod i Osijek
 Figure 2 Climatic diagrams for Zagreb, Slavonki Brod and Osijek

Fitocenološki su snimci rađeni u vegetacijskim pojasima šuma obične bukve i mješovitih šuma hrasta kitnjaka i običnoga graba.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA RESULTS OF RESEARCHES AND DISCUSSION

Metoda PCA (slika 3) primijenjena je za analizu glavnih trendova varijabilnosti te su pomoću nje detektirane skupine snimaka i klasificirane u pripadajuće sintakse. Može se primijetiti gradijent od termofilnih zajednica prema mezofilnijima duž osi 1 i gradijent od heliofilnih prema skiofilnijim duž osi 2. Zajednice su klasificirane u asocijacije prema sljedećoj shemi:

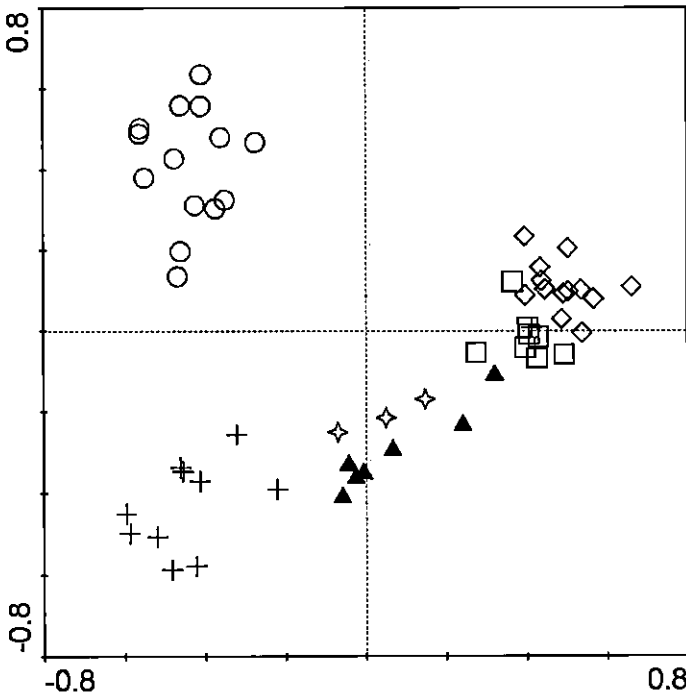
Trifolio-Geranietea T. Müller 1961

Origanetalia vulgaris T. Müller 1961

Trifolion medii T. Müller 1962

Trifolio-Agrimonetum eupatoriae T. Müller 1962

Trifolio-Melampyretum nemorosi Dierschke 1973



Slika 3. PCA prema florinom sastavu * □ *Trifolio-Agrimonieta eupatoriae*; ◇ *Trifolio-Melampyretum nemorosi* (*Trifolion medii*), ▲ *Origano-Campanuletum bononiensis*, ◇ *Pecedanetum cervariae*, ○ *Bupleuro longifolii-Laserpitietum latifolii*, + *Laserpitietum sileris* (*Geranion sanguinei*)
Figure 3 PCA acc. to floral composition * □ *Trifolio-Agrimonieta eupatoriae*; ◇ *Trifolio-Melampyretum nemorosi* (*Trifolion medii*), ▲ *Origano-Campanuletum bononiensis*, ◇ *Pecedanetum cervariae*, ○ *Bupleuro longifolii-Laserpitietum latifolii*, + *Laserpitietum sileris* (*Geranion sanguinei*)

Geranion sanguinei Tx. in Müller 1961

Origano-Campanuletum bononiensis Čarni, Franjić, Šilc et Škvorc 2006

Pecedanetum cervariae Kaiser 1926

Bupleuro longifolii-Laserpitietum latifolii T. Müller 1978

Laserpitietum sileris Springer 1987

OPIS SINTAKSONA DESCRIPTION OF THE SYNTAXA

- *Trifolio-Agrimonieta eupatoriae* je osnovna asocijacija sveze i može se pronaći na mezofilnim staništima u cijeloj kontinentalnoj Hrvatskoj. Dominantna je vrsta *Trifolium medium*, dok je *Agrimonia eupatoria* djelomično subdominantna. Osim toga s većim stupnjem udjela pojavljuju se i *Clinopodium vulgare*, *Centaurea jacea*, *Galium verum*, *Achillea millefolium* agg. i *Erige-*

- ron annuus*. Taj se tip zeljastoga šumskoga ruba pojavljuje na rubu travnjaka sveze *Arrhenatherion* i mezofilnih travnjaka reda *Brometalia*. Obično ju nalazimo na nadmorskim visinama do 400 m.
- *Trifolio-Melampyretum nemorosi* se vrlo lako uočava početkom ljeta zbog karakterističnih zlatnih i ljubičastih cvjetova. Osim dominantne vrste *Melampyrum nemorosum* najčešće su *Centaurea jacea*, *Clinopodium vulgare*, *Knautia drymeia*, *Brachypodium rupestre*, *Galium verum*. Pojavljuje se na cijelom istraživanom području na najhumidnijim i staništima najbogatijim hranivima. Ona formira šumske rubove duž hrastovo-grabovih šuma i submontanih bukovih šuma, a u kontaktu je s travnjacima sveze *Arrhenatherion* i mezofilnim travnjacima reda *Brometalia*. Na istraživanom području relativno je česta na nadmorskim visinama do 500 m.
 - Asocijacija *Origano-Campanuletum bononiensis* također se nalazi na cijelom istraživanom području. Prevladava vrsta *Campanula bononiensis*, koja se također pojavljuje i u asocijaciji *Campanulo bononiensis-Vicium tenuifoliae* Krausch in T. Müller 1962, no na istraživanom području vrsta *Vicia tenuifolia* ne dolazi na ovim staništima. Osim toga ovdje se najčešće pojavljuju vrste *Hypericum perforatum*, *Buphthalmum salicifolium*, *Teucrium chamaedrys*. Staništa su topla i suha. To je jedna od najheliofilnijih i nejtermofilnijih asocijacija šumskih rubova na istraživanom području i formira šumske rubove hrastovih i bukovih šuma.
 - *Peucedanetum cervariae* se rijetko pojavljuje na ovom području. Ta je asocijacija češća u srednjoj Europi u kojoj je to jedan od najrasprostranjenijih zeljastih šumskih rubova (Mucina i Kolbek 1993). Ona se pojavljuje na nižim nadmorskim visinama do 400 m, na sunčanim mjestima. Njezin je florni sastav prilično siromašan i u kontaktu je sa suhim travnjacima reda *Brometalia*. Najčešće su vrste *Peucedanum cervaria*, *Teucrium chamaedrys*, *Centaurea jacea*, *Carex flacca* i *Briza media*. Na većim nadmorskim visinama zamjenjuju je asocijacije *Bupleuro-Laserpitietum* i *Laserpitietum sileris*.
 - U asocijaciji *Bupleuro longifolii-Laserpitietum* prevladava vrsta *Laserpitium latifolium*, i to njezina tipična podvrsta. Na rubovima Panonske nizine dolazi još i *Laserpitium latifolium* subsp. *asperum* (Cr.) Schübl. & Martens. To je karakteristična vrsta asocijacije *Arabidi turritae-Laserpitietum asperi* Mucina in Mucina & Kolbek 1993 koja je opisana iz istočnoga dijela Austrije i Slovačke (Mucina i Kolbek 1993). U Alpama je česta asocijacija *Trifolio-Laserpitietum latifolii* u gornjem montanom pojasu (1200–1600 m). Ta je asocijacija klasificirana unutar sveze *Trifolion medii* (Mucina i Kolbek 1993). Našu smo asocijaciju svrstali unutar sveze *Geranion sanguinei*. Ona se pojavljuje na nešto nižim nadmorskim visinama (600–1100 m), a sastav je vrsta tipičan za zajednice iz sveze *Geranion sanguinei* (*Hypericum perforatum*, *Buphthalmum salicifolium*, *Carex montana*). Također dolazi puno vrsta razreda *Festuco-Brometea* (*Bromus erectus*, *Carex flacca*, *Festuca rupicola*, *Thesium bavarum*, *Carlina acaulis* i dr.). Za razliku od asocijacije *Laserpitietum*

sileris ova je asocijacija skiofilnija i raste isključivo u uskom pojasu u sjeni krošanja drveća. Ta je asocijacija opisana iz Švapske Jure (Schwäbische Alb) (Müller 1978) i tamo se pojavljuju vrste kao što su *Bupleurum longifolium* i *Knautia sylvatica* koje nismo pronašli u zajednicama na istraživanom području. Ukupni florni sastav naših zajednica odgovara onima iz Švapske Jure, pa smo ih klasificirali kao asocijaciju *Bupleuro longifolii-Laserpitietum* smatrajući da bi ju trebalo izdvojiti kao geografsku varijantu vrste *Knautia drymeia* koja je uobičajena vrsta na tom području.

- Asocijacija *Laserpitietum sileris* opisana je u jugoistočnoj Bavarskoj na nadmorskim visinama 540–950 m na karbonatnoj podlozi. Tlo je vrlo slabo razvijeno i siromašno hranivima. Stanišne su prilike slične i na istraživanom području, a u usporedbi s asocijacijom *Bupleuro longifolii-Laserpitietum latifolii* staništa su ove asocijacije više osunčana, na plićim tlima i na nadmorskim visinama od 550 do 1100 m. U odnosu na sastojine u Bavarskoj uočavaju se neke razlike u flornom sastavu jer nedostaju vrste kao što su *Calamagrostis varia*, *Erica herbacea*, *Sesleria varia* i dr. (Springer 1987, 1990). Naše asocijacije možemo smatrati geografskom varijantom vrste *Dianthus croaticus*.

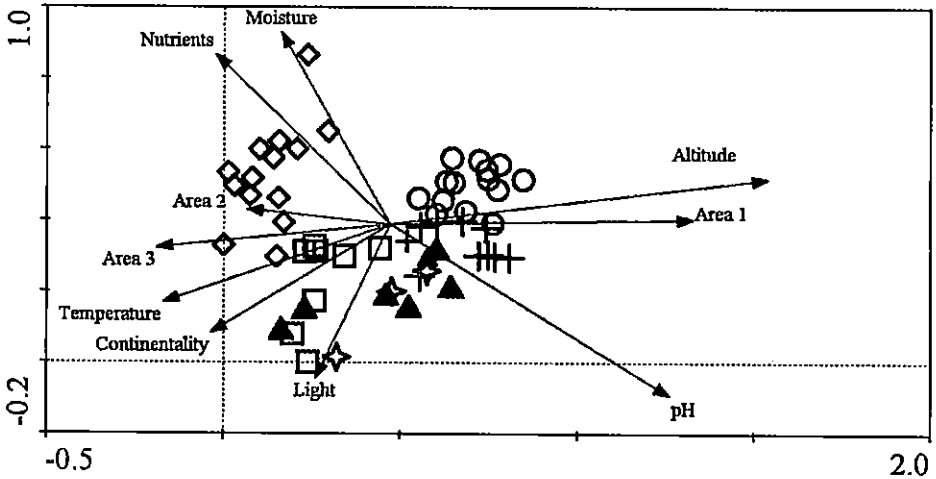
EKOLOŠKI UVJETI I FUNKCIONALNE ZNAČAJKE BILJAKA ECOLOGICAL CONDITIONS AND PLANT FUNCTIONAL TRAITS

Provedena je DCA analiza uz pomoć funkcionalnih značajki biljaka pri čemu su ekološke i geografske varijable pasivno projicirane na prikazani dijagram (slika 4). Stoga je raspored snimaka na dijagramu u potpunosti ovisan o funkcionalnim značajkama biljaka. Na prikazanom DCA dijagramu raspored biljnih zajednica vrlo je sličan onomu na slici 3 i možemo smatrati da su funkcionalne značajke dobro izabrane i da predstavljaju glavne razlike između istraživanih vegetacijskih tipova.

Na priloženom dijagramu (slika 4) možemo razlikovati dvije skupine snimaka koje odgovaraju dvjema svezama – *Trifolion medii* (*Trifolio-Agrimonetum* i *Trifolio-Melampyretum*) u smjeru hraniva i vlage i *Geranion sanguinei* (*Peucedanetum cervariae*, *Origano-Campanuletum*, *Laserpitietum sileris* i *Bupleuro-Laserpitietum latifolii*) u smjeru pH.

Možemo vidjeti da su osi koje predstavljaju vlagu, hraniva i pH i koje su odgovorne za diferencijaciju staništa više ili manje okomite s osima koje predstavljaju kontinentalnost, temperaturu i nadmorsku visinu koje izgrađuju glavni gradijent. Izračunata je korelacija između kontinentalnosti i temperature kao klimatskoga gradijenta (koji reflektira i fitogeografski gradijent na istraživanom području) i flornoga sastava koja je signifikantna (florni sastav nasuprot temperatura $r_2 = 0,3958$; $p < 0,0000002$; florni sastav nasuprot kontinentalnost $r_2 = 0,2062$; $p < 0,0004$).

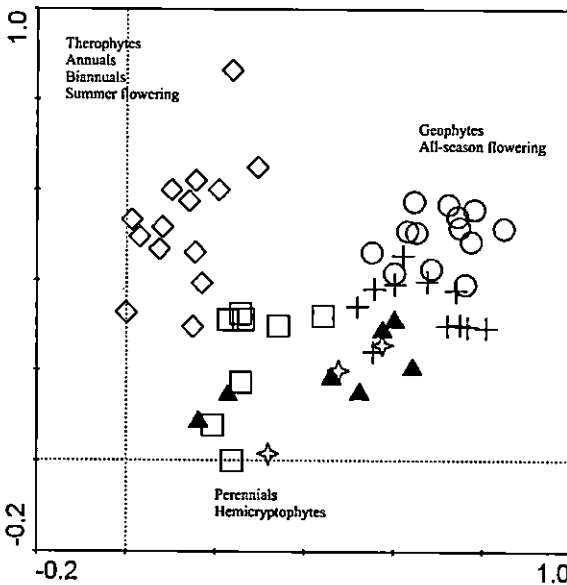
Dijagram funkcionalnih značajki biljaka (slika 5) pokazuje njihov značaj duž promatranoga gradijenta. Pretpostavka je da na taj način zanemarujemo mikrosta-nišne značajke (vlaga, hraniva, pH) i koncentriramo se na diferencijaciju duž osi fi-



Slika 4. DCA ordinacija snimaka duž glavnoga ekološkoga gradijenta s obzirom na funkcionalne značajke biljaka (simboli asocijacija isti kao na slici 3)
 Figure 4 DCA ordination of sites along main environmental variables considering plant functional traits (signs for associations see Fig 3)

togeografskih područja i klimatskih varijabli (kontinentalnost, temperatura i nadmorska visina).

Kao što se vidi na dijagramu (slika 5), u središtu su hemikriptofitske vrste i vrste iz porodice *Poaceae*. Višegodišnje su vrste također blizu središnjega dijela di-



Slika 5. DCA ordinacija snimaka s obzirom na funkcionalne značajke duž fitogeografskoga gradijenta (simboli asocijacija isti kao na slici 3)
 Figure 5 DCA ordination of sites considering plant functional traits along the climatic gradient (signs for associations see Fig 3)

jagrama, što je i glavno svojstvo toga vegetacijskoga tipa. Jednogodišnje i dvogodišnje vrste bolje su prilagođene na oštrije ekološke uvjete pa su češće u istočnom dijelu istraživanoga područja. Isti razlozi utječu na povećanu prisutnost vrsta iz porodice *Fabaceae* koje fiksiraju dušik i stoga lakše preživljavaju teže ekološke uvjete. Vrste iz porodice *Fabaceae* rastu obično na suhim staništima siromašnima dušikom i vrlo su česte u stepskoj zoni Euroazije (Ehrendorfer 1978). Geofiti su češći u zapadnom, humidnijem dijelu, a terofiti u kontinentalnijem (aridnijem) području. Ne može se uočiti korelacija zastupljenosti fanerofita i hamefita s promatranim gradijentom.

S obzirom na fenološke faze vrste koje cvjetaju tijekom cijele godine pojavljuju se više u zapadnom, humidnijem području, dok se u kontinentalnijem dijelu pojavljuju vrste koje cvjetaju u kasno ljeto, što odgovara fazi *Ligustrum vulgare-Stachys sylvatica* i *Clematis vitalba-Galium sylvatica* (Trefflich i dr. 2002). Razlog za to je što se zeljasti šumski rubovi pojavljuju uglavnom na intermedijarnim svjetlosnim uvjetima, ali su neka staništa potpuno izložena suncu (Van Gils 1977). Stoga su u istočnim predjelima ekološki uvjeti za pojavu tih biljnih zajednica manje povoljni pa oni rastu u ograničenoj, uskoj zoni na rubu šume. Za razliku od toga u zapadnim predjelima ekološka niša tih zajednica je nešto šira i one se ne pojavljuju samo u sjeni krošnja drveća. Zato se tamo pojavljuju vrste s različitim vremenom cvjetanja, a ne samo vrste šumskih rubova s karakterističnim cvjetanjem u kasno ljeto (Čarni 1999).

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Istraživanjima je utvrđen uzorak florne, ekološke i strukturne raznolikosti biljnih zajednica zeljastih šumskih rubova u sjevernom dijelu Republike Hrvatske. Zajednice se diferenciraju na mikroskali (mikrostanišni uvjeti) i makroskali (klimatski i fitogeografski gradijent). Vegetacija je vrlo raznolika i pojavljuje se na vrlo različitim staništima duž cijeloga istraživanoga područja kao posljedica prisutnosti vrlo raznolikih funkcionalnih skupina biljaka koje mogu preživljavati u vrlo različitim ekološkim uvjetima.

LITERATURA REFERENCES

- z Biondi, E., A. Čarni, I. Vagge, F. Taffetani, S. Ballelli, 2001: The vegetation of the *Trifolio-Geranietea sanguinei* Müller 1962 class in the central part of the Apennines (Italy and San Marino). *Fitosociologia*, 38 (1): 55–65.
- o Bohn, U., R. Neuhäusl, G. Gollub, C. Hetter, Z. Neuhäuslová, H. Schlüter, H. Weber, 2003: Karte der Naturlichen Vegetation Europas. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- κ Braun-Blanquet, J., 1964: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Auflage. Springer Verlag, Wien.

- †
✓ Čarni, A., 1999: Natural "saum" (fringe) vegetation in Ćićarija and on the Učka mountain range (NE Istria, Croatia). *Nat. Croat.*, 8: 385–398.
✓ Čarni, A., 2005: *Trifolio-Geranietea* vegetation in south and southeast Europe. *Acta Bot. Gal.* 152 (in press).
✓ Dieschke, H., 1974: Saumgesellschaften im Vegetations- und Standortgefälle an Waldrändern. *Scripta Geobot.*, 6: 1–246.
✓ Díaz, S., M. Cabido, 2001: Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trend in Ecol. & Evol.*, 16 (11): 646–655.
✓ Díaz Barradas, M. C., M. Zunzunegui, R. Tirado, F. Ain-Lhout, F. García Novo, 1999: Plant functional types and ecosystem function in Mediterranean shrubland. *J. Vegetation Science*, 10: 709–716.
↪ Ehrendorfer, E. (ed.), 1973: Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
↪ Ehrendorfer, E., 1978: Samenpflanzen. In: D. von Denffer, F. Ehrendorfer, K. Mägdenfrau, H. Ziegler: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
↪ Ellenberg, H., H. E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner, D. Paulißen, 1992: Zeigerwerte der Pflanzen in Mitteleuropas. 2. Erich Goltze, Göttingen.
✓ Foucault de, B., J.-C. Rameau, J.-M. Géhu, 1983: Essai de synthèse syntaxonomique sur les groupements des *Trifolio-Geranietea sanguinei* Müller 1961 en Europe centrale et occidentale. *Coll. Phytosociol.*, 8: 445–461.
○ Fukarek, P., B. Jovanović (ed.), 1983: Karta prirodne potencijalne vegetacije SFR Jugoslavije. Naučno veće vegetacijske karte Jugoslavije, Univerzitet Kiril i Metodije, Skopje.
✓ Gils, van H., 1977: On types of tension zones between deciduous forest (*Quercus-Fagetea*) and grassland (*Festuco-Brometea*). *Nat. Can.*, 104: 167–173.
↪ Gils, van H., E. Keysers, 1977: Die *Geranion sanguinei*-Arten in verschiedenen Klimagebieten. P. 299–313. In: Dieschke (ed.): *Vegetation und Klima*, Cramer, Vaduz.
✓ Hennekens, S. M., J. H. J. Schaminée, 2001: TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *J. vegetation science*, 12: 589–591.
†
✓ Ilijanić, Lj., 1963: Typologisch-geographische Gliederung der Niederungswiesen Nordkroatiens im klimatischen Zusammenhang. *Acta Bot. Croat.*, 22: 119–132.
○ Klotz, S., I. Kühn, W. Durka, 2002: BIOFLOR – Eine Datenbank mit biologischen-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. BfN, Bonn.
✓ Lavorel, S., E. Garnier, 2002: Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Funct. Ecol.*, 16: 545–556.
✓ Maarel, van E., 1979: Transforming of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. *Vegetatio*, 39: 97–114.
↪ Mucina, L., J. Kolbek, 1993: *Trifolio-Geranietea sanguinei*. In: L. Mucina, G. Grabherr, T. Ellmauer (eds.): *Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil 1. Anthropogene vegetation*, 271–296, Gustav Fischer Verlag, Jena.
↪ Müller, T., 1978: Klasse: *Trifolio-Geranietea sanguinei*. In: E. Oberdorfer (ed.): *Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil*, 2: 95–139, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
✓ Peco, B., I. de Pablos, J. Traba, C. Levassor, 2005: The effect of grazing abandonment on species composition and functional traits: the case of dehesa grasslands. *Bas. and Appl. Ecol.* On line.
✓ Pignatti, S., E. Oberdorfer, J. H. J. Schaminée, V. Westhoff, 1995: On the concept of vegetation class in phytosociology. *Vegetatio*, 6: 143–152.
○ Rodwell, J. S., J. H. J. Schaminée, L. Mucina, S. Pignatti, J. Dring, D. Moss, 2002: The diversity of European vegetation. An overview of phytosociological alliances and their relationships to EUNIS habitats, EC-LLV, Wageningen.

- ∩ Springer, S., 1987: Pflanzengesellschaften im außeralpinen Teil des Kreises Berchtesgadener Land. Ber. Bayer. Bot. Ges., 58: 79–104.
- ∩ Springer, S., 1990: Seltene Pflanzengesellschaften im Alpenpark Berchtesgaden. Ber. Bayer. Bot. Ges., 61: 203–215.
- ∩ Ter Braak, C. J. F., P. Šmilauer, 2002: CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community ordination (version 4.5). Mirocomputer Power, Ithaca.
- ∩ Tichý, L., 2001: JUICE, software for vegetation classification. J. Vegetation Science, 13: 451–453.
- Trefflich, A., S. Klotz, I. Kühn, 2002: Blühphänologie. In: S. Klotz, I. Kühn, W. Durka: BIOFLOR Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. BfN, Bonn.
- ∩ Trinajstić, I., 1998: Fitogeografsko raščlanjanje klimazonalne šumske vegetacije Hrvatske. Šum. list, 122 (9–10): 407–421.
- ∩ Tüxen, R., 1952: Hecken und Gebüsche. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, 50: 85–117.
- ∩ Valachovič, M., 2004: Syntaxonomy of the fringe vegetation in Slovakia in relation to surrounding areas – preliminary classification. Hacquetia, 3 (1): 9–25
- ∩ Walter, H., H. Lieth, 1960: Klimadiagramme-Weltatlas. Gustav Fisher Verlag, Wien.
- ∩ Whittaker, R. H., 1975: Communities and ecosystems. MacMillan, New York.

VEGETATION OF FOREST FRINGES OF THE NORTHERN CROATIA

SUMMARY

The fringe vegetation was sampled in the northern, continental part of Croatia. The changes in species composition, Ellenberg indicator values and plant functional groups have been studied. According to the numerical analysis the vegetation types were defined. They depend of two main ecological gradients – climate and microsite. The proportion of therophytes, annual and biannual plants are higher in the more continental region, whereas in the more humid region geophytes are more common. In the continental parts the species of the family *Fabaceae* are more abundant. The analysis of the phenological groups shows that in the continental part the vegetation has only one peak of flowering, whereas in more humid areas the flowering period is well distributed throughout the whole vegetation period.

Key words: vegetation, forest fringe, *Trifolio-Geranietea*, Ellenberg indicator values, plant functional traits, Croatia

UDK: 630*165.5

UNUTARPOPULACIJSKA I MEĐUPOPULACIJSKA VARIJABILNOST HRASTA MEDUNCA (*QUERCUS PUBESCENS* WILLD., *FAGACEAE*) U HRVATSKOJ

INTRA- AND INTERPOPULATION VARIABILITY OF *QUERCUS PUBESCENS* WILLD. (*FAGACEAE*) IN CROATIA

ŽELJKO ŠKVORC, JOZO FRANJIĆ, ZLATKO LIBER

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Cilj je ovoga istraživanja bio da se istraže međusobni odnosi i taksonomski status hrvatskih populacija vrste *Quercus pubescens* uz pomoć morfometrijske analize listova i tehnike RAPD. Rezultati su morfološke i molekularne analize vrlo slični – jasno se diferenciraju južna i sjeverna skupina populacija, ali se ne mogu diferencirati različiti taksoni unutar kompleksa *Q. pubescens*. Rezultati ovoga istraživanja u skladu su s rezultatima većine modernih istraživanja taksonomije vrste *Q. pubescens* koji niječu postojanje više vrsta unutar kompleksa *Q. pubescens* i potvrđuju diferencijaciju između srednjoeuropskih i južnoeuropskih populacija ove vrste. Zaključak je da su južne populacije čiste populacije vrste *Q. pubescens*, dok posebnosti sjevernih populacija vjerojatno postoje zbog introgresije vrste *Q. petraea*.

Ključne riječi: *Quercus pubescens*, morfologija, RAPD, introgresija, taksonomija

UVOD INTRODUCTION

Za hrast je (*Quercus* L.) karakteristična velika polimorfnost i, posebno u nekim sekcijama, vrlo komplicirani uzorci varijabilnosti (Burger 1975, Manos i dr. 1999). Često je prisutna hibridizacija i introgresija čak i između morfološki i/ili ekološki jasno odijeljenih vrsta. To sve čini taksonomiju ovoga roda vrlo kompleksnom i često punom kontraverznih stajališta (Burger 1975, Rushton 1993, Franjić 1996).

Rezultati morfoloških, citoloških i molekularnih istraživanja europskih vrsta hrasta sekcije *Quercus* ukazali su na blisku srodnost i intenzivan protok gena među

različitim vrstama (Dupouey i Badeau 1993, Samuel i dr. 1995, Bussoti i Grossoni 1997, Aas 1998, Bruschi i dr. 2000). Jedan od najboljih primjera takve situacije je i vrsta *Quercus pubescens* Willd. Neki taksonomi misle da se unutar široko shvaćene vrste *Q. pubescens* Willd. može razlikovati nekoliko različitih vrsta – *Q. pubescens* s. str., *Q. brachyphylla* Kotschy, *Q. congesta* C. Presl, *Q. infectoria* Olivier, *Q. sicula* Borzi i *Q. virgiliana* (Ten.) Ten. (Schwarz 1964, Trinajstić 1974, Pignatti 1997), dok drugi misle da razlike nisu tolike da bi se mogle razlikovati različite vrste (Uzunova i dr. 1996, Bussoti i Grossoni 1997, Bruschi i dr. 2000). Bez obzira na to, činjenica je da se vrsta *Q. pubescens*, kao i mnogi druge vrste hrasta, križa sa srodnim vrstama (*Q. petraea* /Matt./ Liebl., *Q. robur* L.) i da su u područjima s pogodnim (intermedijarnim) ekološkim uvjetima križanci vrlo česti (Dupouey i Badeau 1993, Aas 1998, Müller 1999, Bruschi i dr. 2000).

Hrast medunac je široko rasprostranjena vrsta i od velikoga je ekološkoga i šumskouzgojnoga značenja u srednjoj i južnoj Europi. Njegova velika varijabilnost omogućuje mu opstanak u vrlo različitim klimatskim i edafskim uvjetima te prilagodbu na ekstremne ekološke uvjete. Hrvatske populacije nalaze se u središnjem dijelu areala ove vrste, na granici velikih fitogeografskih i klimatskih područja – mediteranske i srednjoeuropske. Stoga je njihovo proučavanje važno za shvaćanje evolucijskih procesa ove i srodnih vrsta hrasta. U hrvatskoj literaturi prevladava mišljenje da u submediteranskom području, te na toplim i suhim staništima u kontinentalnom dijelu rastu dvije blisko srodne vrste hrasta – *Q. pubescens* Willd. and *Q. virgiliana* (Ten.) Ten. (Trinajstić 1986). Pri tome se smatra da je vrsta *Q. virgiliana* rasprostranjena u južnom dijelu, a vrsta *Q. pubescens* u sjevernom dijelu mediteranskoga područja, dok su u kontinentalnom području prisutne miješane populacije tih vrsta. Osim toga, u najjužnijem dijelu zemlje opisane su još dvije blisko srodne vrste – *Q. brachyphylla* i *Q. dalmatica* (Bačić 1996).

Taksonomija roda *Quercus* temeljena je na morfološkim značajkama i te značajke su još uvijek ključne za diferenciranje vrsta unutar roda *Quercus* L. (Dupouey i Badeau 1993, Bruschi i dr. 2000). Međutim, posljednjih godina mnoge su molekularne tehnike primijenjene u različitim taksonomskim istraživanjima (Hillis i dr. 1996, Soltis i dr. 1998), osobito nakon što je razvijena lančana reakcija polimerazom (*polymerase chain reaction* – PCR) (Mullis i Falcona 1987, Wolfe i Liston 1998). Mnoge od tih tehnika primijenjene su pri istraživanjima roda *Quercus* (Moreau i dr. 1994, Dumolin i dr. 1995, Bacilieri i dr. 1996, Howard i dr. 1997, Bruschi i dr. 2000, 2003a, Muir i dr. 2000, Petit i dr. 2002), ali vrlo malo za istraživanje taksonomije vrste *Q. pubescens*.

Analiza količine i distribucije morfološke i genetske varijabilnosti između populacija može poboljšati naše razumijevanje evolucijskih odnosa unutar i između vrsta i može nam pružiti temeljne informacije za programe oplemenjivanja i očuvanja genofonda tih vrsta.

Cilj je ovoga istraživanja da se istraže međuosobni odnosi i taksonomski status hrvatskih populacija hrasta medunca uz pomoć morfometrijske analize listova i namumično umnožene polimorfne DNA (*Random Amplified Polymorphic DNA* – RAPD) (Welsh i McClelland 1990, Williams i dr. 1990).

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Skupljeni su uzorci s ukupno 10 jedinki iz 10 populacija (10 stabala po populaciji). Uzorkovane populacije predstavljaju glavne zemljopisne i ekološke značajke prirodne rasprostranjenosti istraživane vrste u Hrvatskoj. Tri su populacije iz kontinentalnoga dijela Hrvatske – Dilj (45°17' N, 18°10' E), Papuk (45°28' N, 17°38' E) i Samobor (45°45' N, 15°39' E), a tri iz sjevernoga dijela jadranske obale – Grobnik (45°22' N, 14°32' E), Pula (44°56' N, 13°51' E) i Lanišće (45°23' N, 14°07' E). Preostale četiri su iz južnoga dijela Hrvatske – Jablanac (44°42' N, 14°54' E), Šibenik (43°46' N, 15°57' E), Imotski (43°29' N, 17°05' E) i Pelješac (42°51' N, 17°32' E) (slika 1).



Slika 1. Geografski položaj analiziranih populacija hrasta medunca
Figure 1 Geographical position of the analysed pubescent oak populations

MORFOMETRIJSKA ANALIZA MORPHOMETRIC ANALYSIS

Velika varijabilnost fenotipskih značajki unutar jednoga hrastova stabla potvrđena je u mnogim istraživanjima (Blue i Jensen 1988). Tako se značajno razlikuju listovi svjetla i sjene (Bruschi i dr. 2003) te listovi na različitim tipovima izbojaka (Trinajstić i Franjić 1996). Zbog toga su analizirani samo zdravi, neoštećeni i potpuno razvijeni listovi s kratkih fertilnih izbojaka i s osvijetljenoga dijela krošnje. Sa svakoga stabla prikupljeno je 50 listova. Na svakom listu mjerene su ove značajke: duljina plojke lista (LL), širina plojke lista (LW), duljina od baze plojke do najširega dijela plojke (WP), duljina peteljke (PL), broj režnjeva s lijeve strane plojke (NLL) i broj režnjeva s desne strane plojke (NLR). Sve su značajke mjerene s točnošću od 0,1 mm. Zbog procjene pogreške mjerenja dva puta je mjereno poduzorak od 100 listova izabran slučajno iz svih. Pogreška mjerenja iznosila je 0,9–1,6 %. što omogućuje pouzdanu determinaciju varijabli.

Korištene su standardne deskriptivne statističke metode za izračunavanje aritmetičke sredine (\bar{x}) i standardne devijacije (SD) (Sokal i Rohlf 1989). Za izračunavanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti vrste *Q. pubescens* korištena je analiza varijance (ANOVA). Analizirani faktori bili su populacija i stablo (faktor stablo ugnježđen unutar faktora populacija). Sve statističke analize provedene su uz pomoć programskoga paketa SAS System for Windows 6.12 (1990). Diferencijacija populacija analizirana je multivarijantnim metodama (klasterska analiza – UPGMA, Mahalanobisova statistička udaljenost) uz pomoć programskoga paketa STATISTICA for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

DNA ANALIZA DNA ANALYSIS

DNA izolacija – Ukupne stanične DNA su izolirane iz 100 mg svježega lisnoga tkiva, kao što su opisali Dumolin i dr. (1995) s nekim preinakama. Preinake se odnose na dodatak 1 % polivinilpirolidona (PVP-40) i 1 % 2-merkaptetanola u 2 % (w/v) alkiltrimetilamonij bromid pufer (Sigma M 7635), dvije ekstrakcije s diklorometanom i taloženje nukleinskih kiselina s dodatkom 2.5 volumena hladnoga etanola. Kvaliteta i koncentracija DNA izolata je provjerena elektroforezom u 0,8 % (w/v) gelu agarose te usporedbom s DNA bakteriofaga λ standardnih koncentracija (Sambrook i dr. 1989). Svakom uzorku DNA je provjerena čistoća (tj. nedostatak drugih kemijskih spojeva, kao što su polisaharidi koji bi mogli inhibirati rad Taq polimeraze) i samim tim upotrebljivost za RAPD analizu. Razina čistoće uzorka DNA za RAPD analizu određena je tako da je svaki uzorak DNA nakon izolacije razrijeđen na tri koncentracije (5, 25 i 50 ng DNA/25 μ l ukupne PCR otopine) i probno umnožen upotrebom iste RAPD početnice. Samo oni DNA uzorci koji su pokazali konstantnost u dobivanju istih RAPD fragmenata na sve tri koncentracije

određeni su kao odgovarajuće čisti za vjerodostojnu RAPD analizu upotrebom većega broja početnica (Liber i dr. 2002).

DNA umnožavanje i elektroforeza – Ukupno je upotrijebljeno 27 RAPD početnica (Operon Technologies) od kojih je 20 dio kompleta B, a preostalih sedam su OPA-06, -08, -09, -12; OPE-08, -09; OPX-04. Ukupni volumen reakcijske otopine za lančanu reakciju polimerazom je bio 25 μ l, a sadržavao je 25 ng ukupne stanične DNA, 1 \times PCR pufer (Applied Biosystems[®]), 2,5 mM MgCl₂, 100 μ M dATP, dCTP, dGTP and dTTP, 0,36 μ M RAPD početnice (Operon Technologies Inc.) i 0,75 jedinaca Taq DNA polymerase (Eppendorf[®]). Umnožavanja DNA se odvijalo u 40 ciklusa od kojih se svaki ciklus sastojao od: 1 min na 94 °C, 1 min na 36 °C i 2 min na 72 °C. Sve reakcije umnožavanja DNA lančanom reakcijom polimerazom su se odvijale u uređaju GeneAmp PCR System 2700 (Applied Biosystems[®]). DNA fragmenti dobiveni umnožavanjem lančanom reakcijom polimerazom razdvojeni su elektroforezom u 1,4 % gelu agaroze te bojanjem etidij bromidom. Veličina RAPD fragmenata je određena usporedbom s 100 bp PCR standardom (Bio-Rad).

Analiza RAPD podataka – Dobiveni RAPD rezultati analizirani su pomoću mjera sličnosti i multivarijatne statističke analize (Harris 1998). Trake iste molekularne težine i mobilnosti su tretirani kao identični fragmenti. U matrici podataka prisutnost trake je kodirana kao 1, a odsutnost kao 0. Korištena je analiza molekularne varijance (AMOVA; Excoffier i dr. 1992) za rastavljenje ukupne fenotipske varijance na unutarpopulacijsku i međupopulacijsku. Provedena je i dodatna AMOVA za rastavljanje ukupne varijance na unutarpopulacijsku i međupopulacijsku unutar regija i između regija. Analiza molekularne varijance provedena je pomoću programa GENALEX V5 (Peakall i Smouse 2001). Pri svakoj analizi provedeno je 1000 permutacija radi postizanja razine signifikantnosti. Međupopulacijski odnosi analizirani su uz pomoć Nei-ve genetske udaljenosti i multivarijatne klusterske analize (UPGMA, Single linkage) programskim alatom POPGENE, v1.32 (Yeh i dr. 1997). Iz Nei-ve genetske udaljenosti izračunat je protok gena među populacijama koristeći jednadžbu $N_m = 1/4 (1/Gst - 1)$, Wright 1951).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS OF RESEARCHES

MORFOLOŠKI PODACI MORPHOMETRIC DATA

Sve mjerene značajke listova vrlo su varijabilne. Populacije kao i stabla unutar populacija međusobno se signifikantno razlikuju (ANOVA, $p < 0,001$) prema svim mjerenim značajkama listova (tablica 1). Iz tablice 1 također je vidljivo da kontinentalne populacije (Dilj, Samobor, Papuk i Lanišće) imaju veće vrijednosti značajki koje određuju veličinu lista (LL, LW, PL, WP) nego sve ostale populacije. S obzirom na broj režnjeva plojke lista (NLL, NLR) jasno se razlikuju populacija Dilj s maksimalnim i populacija Šibenik s minimalnim vrijednostima (tablica 1).

Tablica 1. Aritmetičke sredine, standardne devijacije i ANOVA za mjerene značajke listova
Table 1 Means, standard deviations and ANOVA for measured leaf traits

Značajka		Dilj	Papuk	Samobor	Grob-nik	Lanišće	Pula	Jablanac	Šibenik	Imorski	Pelješac	F [9, 110]	
												A*	W*
LL	x (mm)	68,8	67,8	70,5	61,7	68,3	58,1	63,5	57,1	61,6	56,8	8,46	20,17
	SD (mm)	11,1	12,5	12,8	12,2	9,8	10,5	11,1	9,7	10,3	11,9		
LW	x (mm)	46,1	46,5	46,6	41,7	47,7	41,3	44,0	40,0	42,3	43,6	3,43	17,85
	SD (mm)	8,7	10,7	9,3	9,8	9,6	8,1	10,0	8,6	8,2	10,7		
PL	x (mm)	11,5	14,3	11,7	9,4	12,5	8,3	12,2	10,7	10,8	9,5	9,52	32,78
	SD (mm)	2,8	3,8	3,1	2,7	3,4	2,6	3,0	3,0	2,9	2,7		
WP	x (mm)	40,1	38,8	37,5	33,1	39,9	31,8	34,6	31,1	33,5	31,8	7,73	16,51
	SD (mm)	8,8	8,0	10,5	9,2	8,3	8,0	8,4	7,8	7,9	9,2		
NLL	x	5,7	5,1	5,1	5,2	4,8	5,0	5,1	4,1	5,0	4,8	5,87	32,55
	SD	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8	0,9	0,9	0,8	1,1	0,9		
NLR	x	5,8	5,1	5,1	5,3	4,7	4,9	5,1	4,0	5,0	4,8	6,87	33,17
	SD	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8	1,0	1,0	0,8	1,1	0,9		

* A - između populacija; W - unutar populacija

Za multivarijatnu analizu međusobnoga odnosa istraživanih populacija korištena je hijerarhijska klusterska analiza. Oba korištena algoritma udruživanja (UPGMA, Complete linkage) dala su slične rezultate iz kojih je vidljiva jasna difrencijacija kontinentalnih (Dilj, Papuk, Samobor, Lanišće) i mediteranskih populacija (Grobnik, Pula, Jablanac, Imotski, Pelješac, slika 1, 2).

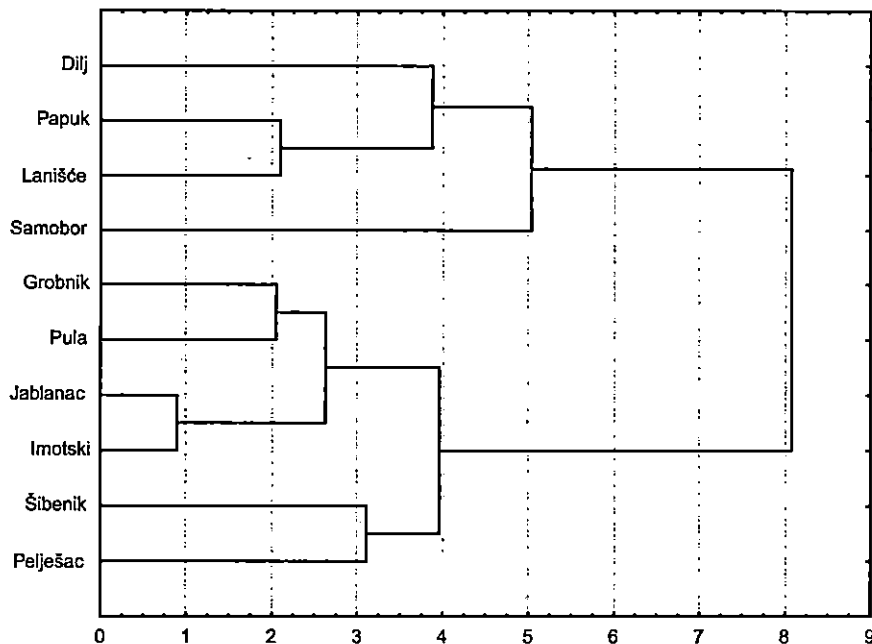
MOLEKULARNI PODACI MOLECULAR DATA

Od ukupno upotrijebljenih 26 RAPD početnica sedam ih je dalo raznolike i dovoljno razlučive fragmente (tablica 2). Tih sedam RAPD početnica proizvelo je 84 raznolika fragmenta, što iznosi 12 raznolikih RAPD fragmenata po početnici (slika 3).

Analiza molekularne varijance (AMOVA) pokazala je da je 21,3 % genetske varijabilnosti sadržano između populacija, a 78,7 % unutar populacija (tablica 3).

Tablica 2. RAPD početnice koje su proizvele upotrebljive polimorfne trake
Table 2 RAPD primers that produced useful polymorphic bands among *Q. pubescens* accessions

RAPD početnice	Broj plomornih traka	Veličina polimorfne trake (bp)
OPB-02 (5'-TGATCCCTGG)	8	500-2100
OPB-04 (5'-GGACTGGAGT)	12	400-1950
OPB-10 (5'-CTGCTGGGAC)	15	500-2300
OPB-11 (5'-GTAGACCCGT)	8	550-1800
OPB-17 (5'-AGGGAACGAG)	17	300-2000
OPB-18 (5'-CCACAGCAGT)	14	450-1750
OPX-04 (5'-CCGCTACCGA)	10	400-2500



Slika 2. Klasteraska analiza 10 populacija hrasta medunca bazirana na morfološkim podacima
Figure 2. Cluster analysis of 10 populations of *Quercus pubescens* based on morphology of leaves

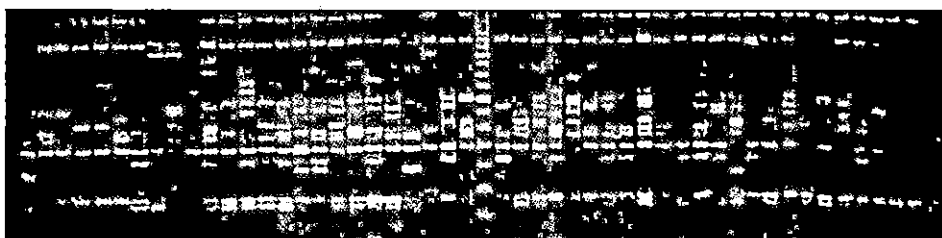
Multivarijatnom klasteraskom analizom (UPGMA dendrogram baziran na Neijevoj genetskoj udaljenosti) istraživane populacije grupirane su u dva klastera. Slično kao i kod morfološke analize, populacije iz sjevernoga dijela Hrvatske (Dilj, Papuk, Samobor, Lanišće, Grobnik) formiraju jednu skupinu, a populacije iz južnoga dijela drugu (Pula, Jablanac, Šibenik, Imotski, Pelješac) (tablica 4). S obzirom na dobivene rezultate klasterске analize provedena je dodatna analiza molekularne vari-

Tablica 3. Analiza molekularne varijance
Table 3. Summary of analysis of molecular variance

Izvor varijabilnosti	SS	MS	%	<i>p</i>
Bez grupiranja populacija				
Između populacija	82,350	9,150	21,3	< 0,001
Unutar populacija	221,900	2,466	78,7	< 0,001
Populacije grupirane u dvije skupine				
Između skupina	27,470	27,470	12,4	< 0,001
Između populacija Unutar skupina	54,880	6,860	13,2	< 0,001
Unutar populacija	221,900	2,466	74,4	< 0,001

SS - suma kvadrata; % - postotak genetske varijabilnosti; *p* - razina značajnosti

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 M 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50



51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 M 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



Slika 3. RAPD profili dobiveni OPB-17 početnicom: M = 100 bp PCR Molecular Ruler (BIO-RAD®); Dilj (1-10), Papuk (11-20), Samobor (21-30), Grobnik (31-40), Lanišće (41-50), Pula (51-60), Jablanac (61-70), Šibenik (71-80), Imotski (81-90), Pelješac (91-100)

Figure 3 RAPD profiles generated by OPB-17 primer: M = 100 bp PCR Molecular Ruler (BIO-RAD®); Dilj (1-10), Papuk (11-20), Samobor (21-30), Grobnik (31-40), Lanišće (41-50), Pula (51-60), Jablanac (61-70), Šibenik (71-80), Imotski (81-90), Pelješac (91-100)

jance u kojoj su populacije raspoređene u dvije zemljopisne skupine – sjevernu i južnu. AMOVA je pokazala da je razlika među skupinama signifikantna ($p < 0,001$), a 12,4 % molekularne varijance otpada na razlike između tih dviju skupina populacija (tablica 3).

Najveća genetska udaljenosti (Gst) i najmanji protok gena (Nm) izračunat je između populacija Papuk i Imotski, a najmanja genetska udaljenost i najveći protok gena između populacija Papuk i Samobor. Prosječna genetska udaljenost između svih populacija iznosila je 0,14, a prosječni protok gena između svih populacija 2,39. Prosječni genetska udaljenost unutar obje zemljopisne skupine dobivene klsterskom analizom bila je 0,08, a između tih skupina 0,20. Prosječni protok gena unutar zemljopisnih skupina iznosio je 4,21 za sjeverne i 3,19 za južne populacije, dok je prosječni protok gena između tih skupina 1,38 (tablica 4).

RASPRAVA DISCUSSION

Svrha ovoga istraživanja bila je odrediti međusobne odnose i taksonomski status hrvatskih populacija vrste *Q. pubescens*. Osim nejasnoga taksonomskoga statu-

Tablica 4. Neijeva genetička udaljenost (*Gst* - ispod dijagonale) i protok gena među populacijama (*Nm*)
 Table 4 Pairwise Nei's genetic distances (*Gst* - below diagonal) and gene flow among populations (*Nm*)

	Dilj	Papuk	Samo- bor	Grobnik	Lanišće	Pula	Jablanac	Šibenik	Imotski	Pelješac
Dilj	****	2,71	6,69	2,46	1,33	1,63	0,77	1,04	0,52	0,70
Papuk	0,08	****	14,37	2,69	2,24	1,61	0,88	0,85	0,69	0,81
Samobor	0,04	0,02	****	4,10	4,05	2,02	1,24	1,46	0,81	0,95
Grobnik	0,09	0,09	0,06	****	1,50	2,04	1,79	1,29	0,97	0,81
Lanišće	0,16	0,10	0,06	0,14	****	1,98	1,37	3,39	1,83	2,15
Pula	0,13	0,13	0,11	0,11	0,11	****	3,01	4,08	1,88	2,53
Jablanac	0,25	0,22	0,17	0,12	0,15	0,08	****	5,28	2,12	1,52
Šibenik	0,19	0,23	0,15	0,16	0,07	0,06	0,05	****	3,92	3,91
Imotski	0,32	0,27	0,24	0,20	0,12	0,12	0,11	0,06	****	3,60
Pelješac	0,26	0,24	0,21	0,24	0,10	0,09	0,14	0,06	0,07	****

sa tih populacija vrlo dobar je motiv za njihovo istraživanje i specifičan položaj na granici dvaju klimatološki različitih dijelova arela u kojima pridolazi ova vrsta – mediteranskoga i srednjoeuropskoga. Istraživanje takvih populacija može nam dati zanimljive rezultate koji mogu produbiti naše razumijevanje specijacijskih procesa vrste u prošlosti i budućnosti.

U istraživanju je kombinirana morfometrijska analiza listova s molekularnom analizom RAPD. Za istraživanje taksonomskih odnosa i diferencijacije populacija vrste *Q. pubescens* dosad nije korištena nijedna molekularna tehnika pa je među brojnim metodama koje se preporučuju za ovu taksonomsku razinu – SSR (Bekman i Soller 1990, Morgante i dr. 1998), RAPD (Welsh i McClelland 1990, Williams i dr. 1990), SSCP (Jordan i dr. 1998), AFLP (Vos i dr. 1995, Matthes i dr. 1998), izabrana RAPD tehnika. Razlog za izbor ove tehnike bio je njezina jednostavnost i brzina dobivanja podataka (Williams i dr. 1990), ali i činjenica da nijedna od nabrojanih metoda nije univerzalna i da svaka od njih ima neke ozbiljne negativne značajke (Harris 1998).

Rezultati analize varijance (ANOVA) mjerenih značajki listova pokazali su da se stabla unutar populacija signifikantno razlikuju prema svim značajkama više nego što se populacije razlikuju međusobno (tablica 1). Do sličnih rezultata došli su i drugi autori istražujući morfološku varijabilnost stranooplodnih drvenastih vrsta (Franjić 1996, Baliuckas i dr. 1999, Rehfeldt 1999, Kovačić i Šimić 2001, Bruschi i dr. 2003).

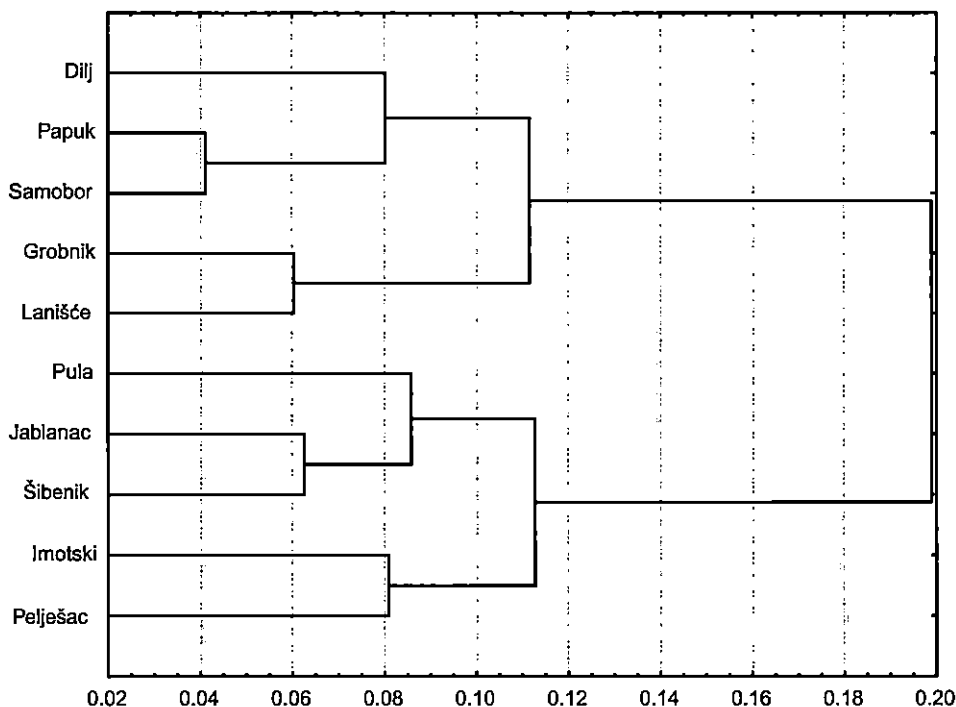
Slično je analiza molekularne varijance (AMOVA) pokazala veću genetsku varijabilnost unutar populacija nego između njih (tablica 3). To je tipična situacija u dugovječnim stranooplodnih drvenastih vrsta koje se oprašuju vjetrom (Hamrick i Godt 1990). Razina diferencijacije populacija (21,3 %) malo je veća nego u drugim RAPD studija stranooplodnih vrsta (Reisch i dr. 2005, Krüger i dr. 2002, Nebauer i dr. 1999) ili u istraživanju mikrosatelita u vrste *Q. petraea* (20 %, Bruschi i dr. 2003a).

Morfološka analiza pokazala je diferencijaciju južnih (submediteranskih) i sjevernih (kontinentalnih) populacija vrste *Q. pubescens* (slika 2). Morfološka je varijabilnost rezultat puno različitih utjecaja koje je najčešće vrlo teško međusobno razdvojiti, no mnoga su istraživanja pokazala da je morfološka varijabilnost često rezultat adaptacije na specifične stanišne prilike pa je tako, primjerice, varijabilnost nekih značajki povezana s geografskom dužinom i nadmorskom visinom (Kleinschmit 1993). U ovom istraživanju sjeverne populacije imaju veće listove s dužim peteljka (tablica 1), dok je u prethodnom istraživanju pokazano da je veličina lista kod *Q. pubescens* u značajnoj korelaciji s klimatološkim podacima, s tim da duljina peteljke ne pokazuje značajnu povezanost (Škvorc i dr. 2005).

Slično kao u morfološkoj analizi, AMOVA i klasterska analiza provedene na molekularnim podacima pokazale su diferencijaciju hrvatskih populacija vrste *Q. pubescens* u dvije zemljopisne skupine. Te su dvije skupine odvojene i protok je gena među populacijama koje pripadaju različitim skupinama značajno manji nego među populacijama koje pripadaju u istu skupinu (tablica 3, 4; slika 4).

Uspoređujući rezultate ove studije s nedavnim istraživanjima vrste *Q. pubescens* u srednjoj Europi (Müller i Aas 1997, Aas 1998, Borovics 1998, Müller 1999), možemo pretpostaviti da razlike između sjevernih i južnih populacija barem djelomično postoje zbog introgresije vrste *Q. petraea* (Matt.) Liebl. u genomu vrste *Q. pubescens* u kontinentalnoj Hrvatskoj. Naime, vrsta *Q. pubescens* u srednjoj Europi pridolazi na vrlo malim i izoliranim površinama južnih ekspozicija gdje se prostorno i vremenski izmjenjuje s vrstom *Q. petraea*. Zahvaljujući povoljnim ekološkim uvjetima, hibridi tih vrsta često preživljavaju pa populacije vrste *Q. pubescens* u srednjoj Europi (kao i sjevernom dijelu Hrvatske) predstavljaju zapravo prijelazni oblik između vrsta *Q. pubescens* i *Q. petraea*. S druge strane ekološke prilike u južnoj Europi potpuno su drugačije. Vrsta *Q. petraea* vrlo se rijetko susreće na tom području pa su i hibridi između tih vrsta vrlo rijetki. Osim toga ti hibridi vrlo teško mogu preživjeti zbog jakoga selekcijskoga pritiska koji favorizira genome termofilnijih vrsta pa istraživana skupina južnih populacija vjerojatno predstavlja čiste populacije vrste *Q. pubescens*.

Razlike između morfološke i molekularne diferencijacije populacije najvidljivije su kod populacije Grobnik koja je u morfološkoj analizi svrstana u južnu, a u molekularnoj analizi u sjevernu skupinu populacija (slika 2, 4). S obzirom na ekološke prilike u kojima pridolazi možemo ju svrstati u južnu skupinu populacija (kao što to pokazuje morfološka analiza), ali za razliku od drugih južnih populacija ona je smještena u kontaktnom području s vrstom *Q. petraea* i molekularna RAPD analiza svrstava ju u kontinentalnu skupinu populacija (slika 1, 4). U blizini ove populacije, kao i drugih kontinentalnih, primijećene su hibridne jedinice pa je u prethodnom istraživanju provedena diskriminantna analiza radi morfološkoga razgraničenja vrsta *Q. pubescens* i *Q. petraea*. Iako je to razgraničenje bilo jasno, jedinice iz kontinentalnih populacija bile su intermedijarne u odnosu na vrstu *Q. petraea* (Škvorc i dr. 2005). Iz rezultata morfološke analize (tablica 1) vidljivo je, kao što je



Slika 4. Klasteraska analiza 10 populacija hrasta medunca bazirana na molekularnim podacima
 Figure 4 Cluster analysis of 10 populations of *Quercus pubescens* based on RAPD data

već rečeno, da kontinentalne populacije imaju veće listove i peteljke, tj. sličnije su vrsti *Q. petraea*.

Dobiveni rezultati pokazuju veliku varijabilnost vrste *Q. pubescens* na istraživanom području, ali razlike među populacijama ne upućuju na postojanje više različitih vrsta kao što je to navedeno u prijašnjim istraživanjima (Trinajstić 1986, Bačić 1996). Do sličnih rezultata došli su i svi autori koji su u posljednje vrijeme istraživali taksonomiju ove vrste u drugim zemljama (Bussoti i Grossoni 1997, Uzunova i dr. 1997, Kezdy 1997, Bruschi i dr. 2000).

Sa stanovišta očuvanja biološke raznolikosti velika varijabilnost ove vrste te visoka razina protoka gena među populacijama vrlo je pozitivna. Iako su kontinentalne populacije vrlo male i raspršene, zbog intenzivnoga protoka gena nema opasnosti od izumiranja. Baš suprotno, *Q. pubescens* mogao bi biti izvor gena koji bi hrastu u srednjoj Europi omogućio prilagodbu na eventualne promijenje ekološke prilike izazvane globalnim zatopljenjem ili različitim antropogenim utjecajima. Na taj bi se način samo nastavila evolucija roda *Quercus* koja neprekidno traje kroz prilagodbu na specifične lokalne ekološke prilike (Burger 1975, Kleinschmit i Kle-

inschmit 2000). Takvoj situaciji potrebno je prilagoditi buduće strategije očuvanja biološke raznolikosti. Pri tome se vrste ne smiju promatrati izolirano ni statično jer bi se na taj način obuhvatio samo jedan neznatan dio evolutivnoga potencijala čitavoga kompleksa. Potrebno je obuhvatiti sustave populacija koji se međusobno nalaze u razmjeni gena (Harrison i Hastings 1996).

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Rezultati su ovoga istraživanja u skladu s rezultatima većine modernih istraživanja taksonomije vrste *Q. pubescens* koji niječu postojanje više vrsta unutar kompleksa *Q. pubescens* (Bussoti i Grossoni 1997, Uzunova i dr. 1997) i potvrđuju diferencijaciju između srednjoeuropskih i južnoeuropskih populacija ove vrste (Müller i Aas 1997, Müller 1999). Da bi se potvrdila teorija o introgresiji vrste *Q. petraea*, u budućim istraživanjima treba pronaći molekularne markere specifične za vrstu *Q. petraea* (Samuel i dr. 1995, Bruschi i dr. 2000), i tada ih pokušati detektirati u hrvatskim populacijama vrste *Q. pubescens*. Ako takve specifične markere pronađemo u obje vrste, moguće je povezati ekološke uvjete u kojima pridolaze s njihovom genetskom konstitucijom.

LITERATURA REFERENCES

- Ⓚ Aas, G., 1998: Morphologische und ökologische Variation mitteleuropäischer *Quercus*-Arten: Ein Beitrag zum Verständnis der Biodiversität. Libri Botanici: Band 19. IHW-Verlag, Eching.
- č Bačić, T., 1996: Note on use of some micro-morphological features in distinction of three pubescent oaks in Croatia. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 38: 67–79.
- č Bacilieri, R., A. Ducouso, A. Kremer, 1996: Comparison of morphological characters and molecular markers for the analysis of hybridization in sessile and pedunculate oak. Ann. Sci. For., 53: 79–91.
- č Baliuckas, V., I. Ekberg, G. Eriksson, L. Norell, 1999: Genetic Variation Among and Within Populations of Four Swedish Hardwood Species Assessed in a Nursery Trial. Silvae Genetica, 48(1): 17–25.
- č Beckman, J. S., M. Soller, 1990: Toward a unified approach to gene mapping of eukaryotes based on sequence tagged microsatellite sites. Bio/Technology, 8: 930–932.
- č Blue, M. P., R. J. Jensen, 1988: Positional and seasonal variation in oak (*Quercus*: Fagaceae) leaf morphology. Am. J. Bot., 75: 939–947.
- č Borovics, A., 1998: Keresztezési kísocserlepek őshonos tölgyfajaink között. Erdészeti Kutatások, 88: 223–235.
- č Bruschi, P., G. G. Vendramin, F. Bussotti, P. Grossoni, 2000: Morphological and molecular differentiation between *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus pubescens* Willd. (Fagaceae) in northern and central Italy. Annals of Botany, 85: 325–333.
- č Bruschi, P., P. Grossoni, F. Bussotti, 2003: Within- and among-tree variation in leaf morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. natural populations. Trees, 17: 164–172.

- ♣ Bruschi, P., G. G. Vendramin, F. Bussotti, P. Grossoni, 2003a: Morphological and Molecular Diversity Among Italian Populations of *Quercus petraea* (Fagaceae). *Annals of Botany*, 91(6): 707–716.
- ♣ Burger, W. C., 1975: The species concept in *Quercus*. *Taxon*, 24: 45–50.
- ♣ Bussotti, F., P. Grossoni, 1997: European and Mediterranean oaks (*Quercus* L.; Fagaceae): SEM characterization of the micromorphology of the abaxial leaf surface. *Bot. J. Linn. Soc.*, 124: 183–199.
- ♣ Dumolin, S., B. Demesure, R. J. Petit, 1995: Inheritance of chloroplast and mitochondrial genomes in pedunculate oak investigated with an efficient PCR method. *Theor. Appl. Genet.*, 91: 1253–1256.
- ♣ Dupouey, J. L., V. Badaeu, 1993: Morphological variability of oaks (*Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. pubescens* Willd.) in northeastern France: preliminary results. *Ann. Sci. For.*, 50: 35–40.
- ♣ Excoffier, L., P. E. Smouse, J. M. Quatro, 1992: Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics*, 131: 479–491.
- ♣ Franjić, J., 1996: Multivariate analysis of leaf properties in the common oak (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) populations of Posavina and Podravina in Croatia. *Ann. Forest.*, 21: 23–60.
- ♣ Hamrick, J. L., J. W. Godt, 1990: Allozyme diversity in plant species. In: A. H. D. Brown, M. P. Clegg, L. Kahler, B. S. Weir, (eds.): *Plant populations genetics. Breeding and genetic resources*. Sunderland, Sinauer, 43–63.
- ♣ Harris, S. A., 1998: RAPD in systematics – a useful methodology? In: P. M. Hollingsworth, R. M. Bateman, R. J. Gornall (eds.): *Molecular systematics and plant evolution*. Taylor & Francis, London, 211–228.
- ♣ Harrison, S., A. M. Hastings, 1996: Genetic and evolutionary consequences of metapopulation structure. *Trends in Ecology and Evolution*, 11: 180–183.
- ♣ Hillis, D. M., C. Moritz, B. K. Mable, 1996: *Molecular systematics*, 2nd edition. Sinauer Associates Inc., Massachusetts.
- ♣ Howard, D. J., R. W. Preszler, J. Williams, S. Fenchel, W. J. Boecklen, 1997: How Discrete are Oak Species – Insights From a Hybrid Zone Between *Quercus grisea* and *Quercus gambelii*. *Evolution* 51: 747–755.
- ♣ Jordan, W. C., K. Foley, M. W. Bruford, 1998: Single-stranded conformation polymorphism (SSCP) analysis In: A. Karp, P. G. Isaac, D. S. Ingram (eds.): *Molecular tools for screening biodiversity*. Chapman & Hall, London, 152–156.
- ♣ Kezdy, P., 1997: Morphological diversity and the differentiation of pubescent oaks (*Quercus pubescens* Willd. and *Q. virgiliana* Ten.) in Hungary. In: K. C. Steiner (ed.): *Diversity and adaptation in oak species*. Proceedings of the second meeting of IUFRO working party 2.08.05, *Genetics of Quercus*, October 12–17, 1997, University park, Pennsylvania USA, 153–154
- ♣ Kleinschmit, J., 1993: Intraspecific variation of growth and adaptive traits in European oak species. *Ann. Sci. For.*, 50: 166–185
- ♣ Kleinschmit, J., J. G. R. Kleinschmit, 2000: *Quercus robur-Quercus petraea*: a critical review of the species concept. *Glas. šum. pokuse*, 37: 441–452
- ♣ Kovačić, S., D. Šimić, 2001: Intrapopulational and Interpopulational Relations of *Betula pendula* Roth (*Betulaceae*) in Croatia, Based on Leaf Morphometry. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 43: 87–96.
- ♣ Krüger, A. M., F. H. Hellwig, C. Oberprieler, 2002: Genetic diversity in natural and anthropogenic inland populations of salt-tolerant plants: random amplified polymor-

- phic DNA analyses of *Aster tripolium* L. (*Compositae*) and *Salicornia ramosissima* Woods (*Chenopodiaceae*). *Molecular Ecology*, 11: 1647–1655.
- č Liber, Z., T. Nikolić, B. Mitić, 2002: Plant DNA isolation from differently preserved *Thalictrum* leaf tissues and their use in RAPD analysis. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 44: 73–77.
- č Manos, P. S., J. J. Doyle, K. C. Nixon, 1999: Phylogeny, biogeography, and processes of molecular differentiation in *Quercus*, Subgenus *Quercus* (Fagaceae). *Molecular Phylogenetics & Evolution*, 12: 333–349.
- κ Matthes, M. C., A. Daly, K. J. Edwards, 1998: Amplified fragment length polymorphism (AFLP). In: A. Karp, P. G. Isaac, D. S. Ingram (eds.): *Molecular tools for screening biodiversity*. Chapman & Hall, London, 183–190.
- č Moreau, F., J. Kleinschmit, A. Kremer, 1994: Molecular differentiation *Q. petraea* and *Q. robur* assessed by random amplified DNA fragments. *Forest Genetics*, 1: 51–64.
- κ Morgante, M., A. Pfeiffer, I. Jurman, G. Paglia, A. M. Oliveri, 1998: Isolation of microsatellite markers in plants. In: A. Karp, P. G. Isaac, D. S. Ingram (eds.): *Molecular tools for screening biodiversity*. Chapman & Hall, London, 288–296.
- č Muir, G., C. C. Fleming, C. Schlotterer, 2000: Species status of hybridizing oaks. *Nature*, 405: 10–16.
- Đ Müller, B., 1999: Variation und hybridisierung von *Quercus pubescens*. Diss. ETH Nr. 13025
- ž Müller, B., G. Aas, 1997: Species-specific variability of *Quercus pubescens* in central Europe. In: K. C. Steiner (ed.): *Diversity and adaptation in oak species*. Proceedings of the second meeting of IUFRO working party 2.08.05, Genetics of *Quercus*, October 12–17, 1997, University park, Pennsylvania USA, 132–140.
- č Mullis, K. B., F. A. Faloona, 1987: Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalyzed chain reaction. *Methods Enzymol.*, 155: 335–350.
- č Nebauer, S. G., L. del Castillo-Agudo, L. Segura, 1999: RAPD variation within and among natural populations of outcrossing willow-leaved foxglove (*Digitalis obscura* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 98: 985–994.
- Ε Peakall, R., P. E. Smouse, 2001: GenAlEx: Genetic Analysis in Excel. Canberra: Australian National University <http://www.anu.edu.au/BoZo/GenAlEx>.
- č Petit, R. J., S. Brewer, S. Bordacs, K. Burg, R. Cheddadi, E. Coart, U. M. Csaikl, Van B. Dam, J. D. Deans, S. Espinel, S. Fineschi, R. Finkeldey, I. Glaz, P. G. Goicoechea, J. S. Jensen, A. O. König, A. J. Lowe, S. F. Madsen, G. Matyas, R. C. Munro, F. Popescu, D. Slade, H. Tabbener, De S. G. M. Vries, B. Ziegenhagen, De J. L. Beaulieu, A. Kremer, 2002: Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *Forest Ecology and Management*, 156: 49–74.
- κ Pignatti, S., 1997: *Flora d'Italia* 1. Edagricole, Bologna.
- č Rehfeldt, G. E., 1999: Systematics and Genetic Structure of Washoe Pine: Applications in Conservation Genetics. *Silvae Genetica*, 48(3–4): 167–173.
- č Reisch, C., A. Anke, M. Röhl, 2005: Molecular variation within and between ten populations of *Primula farinosa* (*Primulaceae*) along an altitudinal gradient in the northern Alps. *Basic and Applied Ecology*, 6: 35–45.
- č Rushton, B. S., 1993: Natural hybridization within the genus *Quercus* L. *Ann. Sci. For.*, 50: 73–90.
- κ Sambrook, J., E. F. Fritsch, T. Maniatis, 1989: *Molecular cloning: A laboratorial manuel*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.

- ✓ Samuel, R., W. Pinsker, F. Ehrendorfer, 1995: Electrophoretic analysis of genetic variation within and between populations of *Quercus cerris*, *Q. pubescens*, *Q. petraea* and *Q. robur* (*Fagaceae*) from Eastern Austria. *Bot. Acta*, 108: 290–299.
- ✓ Schwarz, O., 1964: *Quercus* L. In: T. G. Tutin, V. H. Haywood, N. A. Burges, D. H. Valentine, S. M. Walters, D. A. Webb (eds.): *Flora Europaea*, 1: 61–64.
- ✕ Sokal, R. R., Rohlf, F. J., 1989: *Biometry*. Freeman and Co., San Francisco.
- ✕ Soltis, D. E., P. S. Soltis, J. J. Doyle, 1998: *Molecular systematics of plants II*. Kluwer academic publishers, Boston.
- ⊕ STATSOFT, Inc. 2001: *STATISTICA* (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.
- ✓ Škvorc, Ž., J. Franjić, M. Idžojić, 2005: Population structure of *Quercus pubescens* Willd. (*Fagaceae*) in Croatia according to morphology of leaves. *Acta Bot. Hung.*, 47(1–2): 193–206.
- ✕ Trinajstić, I., 1974: *Quercus* L. *Anal. Fl. Jugosl.*, 1: 460–481.
- ✕ Trinajstić, I., 1986: Fitogeografsko raščlanjenje šumske vegetacije istočnojadranskog sredozemnog područja – polazna osnovica u organizaciji gospodarenja mediteranskim šumama. *Glasn. šum. pokuse, posebno izd.*, 2: 53–67.
- ⊚ Trinajstić, I., J. Franjić, 1996: Listovi kratkoga plodnoga izbojka, osnova za morfometrijsku analizu lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*). In: S. Matić, J. Gračan (ur.), *Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava*, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, 169–178.
- ✓ Uzunova, K., E. Palamarev, F. Ehrendorfer, 1997: Anatomical changes and evolutionary trends in the foliar epidermis of extant and fossil Euro-Mediterranean oaks (*Fagaceae*). *Pl. Syst. Evol.*, 204: 141–159.
- ✓ Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. van de Lee, M. Hornes, A. Frijters, J. Pot, J. Peleman, M. Kuiper, M. Zabeau, 1995: AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.*, 23: 4407–4414.
- ✓ Welsh, J., M. McClelland, 1990: Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acid Res.*, 1: 7213–7218.
- ✓ Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, S. V. Tingey, 1990: DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.*, 18: 6531.
- ✕ Wolfe, A. D., A. Liston, 1998: Contributions of PCR-Based Methods to Plant Systematics and Evolutionary Biology. In: D. E. Soltis, P. S. Soltis, J. J. Doyle (eds.): *Molecular systematics of plants II*, Kluwer academic publishers, Boston, 43–86.
- ✕ Wright, S., 1951: *Variability within and among natural populations*. The University of Chicago Press, Chicago.
- ✕ Yeh, F. C., R. Yang, T. B. J. Boyle, Z. Ye, J. X. Mao, 1997: POPGENE, the user-friendly shareware for population genetic analysis. *Molecular Biology and Biotechnology Center*, University of Alberta, Canada.

INTRA- AND INTERPOPULATION VARIABILITY OF *QUERCUS PUBESCENS* WILLD. (FAGACEAE) IN CROATIA

SUMMARY

The purpose of this research was to determine the relationships and taxonomic status of Croatian populations of the *Quercus pubescens* Willd. using morphological leaves analysis and RAPD-PCR technique. The results of the morphological and molecular analyses were very similar and different taxa could not be recognized. There is high congruence between the results of this study and the results of the most recent researches of the *Q. pubescens*. All of them deny the existence of several species within the complex of *Q. pubescens* and affirm differentiation between the Central and South European *Q. pubescens* populations. The conclusion is that the southern Croatian populations represent pure *Q. pubescens* populations, while the peculiarities of the northern Croatian populations originate probably because of *Q. petraea* introgression.

Key words: *Quercus pubescens*, morphology, RAPD, introgression, taxonomy

UDK: 630*164

VARIJABILNOST POPULACIJA BREKINJE U KONTINENTALNOM DIJELU HRVATSKE PREMA MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA LIŠĆA I PLODOVA

THE VARIABILITY OF WILD SERVICE TREE POPULATIONS IN
THE CONTINENTAL PART OF CROATIA ACCORDING TO
MORPHOLOGY OF LEAVES AND FRUITS

MARILENA IDŽOJTIĆ, MARKO ZEBEC, DAMIR DRVODELIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Istražena je varijabilnost pet populacija brekinje (*Sorbus torminalis* /L./ Crantz) iz kontinentalnoga područja Hrvatske: Tounj, Medvednica, Psunj, Južni Dilj i Levanjska Varoš. Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost procijenjena je na osnovi morfoloških obilježja lišća i plodova (8 mjerenih obilježja i 4 izvedena). Unutarpopulacijska varijabilnost veća je nego međupopulacijska. Stabla unutar populacija signifikantno se razlikuju za sva svojstva i univarijatno i multivarijatno. Populacije se signifikantno razlikuju univarijatno samo za tri svojstva, a uzimajući u obzir sva analizirana svojstva zajedno, njihovo je razlikovanje signifikantno. Najsličnije su populacije zemljopisno najbliže, Južni Dilj i Levanjska Varoš. Zatim slijede populacije Medvednica i Psunj, a najjužnija populacija Tounj prema analiziranim obilježjima najviše se razlikuje od ostale četiri analizirane populacije.

Ključne riječi: brekinja, *Sorbus torminalis*, varijabilnost, lišće, plodovi, Hrvatska

UVOD INTRODUCTION

Brekinja (*Sorbus torminalis* /L./ Crantz) plemenita je listača iz porodice *Rosaceae* koja ima razmjerno velik areal (zapadna, srednja i južna Europa, sjeverna Afrika, Krim, Mala Azija, Kavkaz i Transkavkazija), ali malu gustoću populacija. Raste pojedinačno ili u manjim skupinama, pomiješana s ostalim vrstama, uglavnom u termofilnim šumskim zajednicama hrasta medunca i u zajednicama hrasta kitnjaka, na prisojnim položajima. U visinu dolazi do 900 m n. v. U mediteranskoj je zoni brekinja u Hrvatskoj rijetka (Trinajstić i Šugar 1976). Prema Matiću i Vukeliću

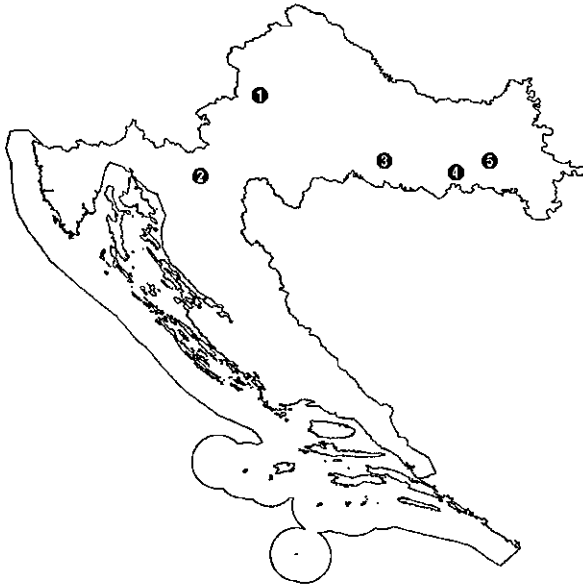
(2001) češća je u submediteranskoj zoni, osobito u vlažnijem i hladnijem dijelu. Obilnije je prisutna na višim položajima mediteransko-montanskoga pojasa (do 700 m n. v.), u zajednici hrasta medunca i crnoga graba (*Ostryo-Quercetum pubescentis* Ht. 1938). Ta zajednica dolazi kao vanzonalni tip i u kontinentalnom dijelu Hrvatske, u pravilu na rendzini, vapnencu i dolomitu, na ekspaniranim i toplim položajima. U kontinentalnoj Hrvatskoj brekinja obilnije dolazi na brežuljkastim terenima (150 – 400 m n. v.), na dubokim, humoznim tlima, u zajednici hrasta kitnjaka i običnoga graba (*Epimedio-Carpinetum* /Ht. 1938/ Borh. 1963). Iako rijetko, brekinja dolazi i u zajednici hrasta lužnjaka i običnoga graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/ Rauš 1969) u Slavoniji, na sušim terenima. Ona je pionirska, odnosno postpionirska vrsta sa širokom ekološkom valencijom. Poluskiofilna je, u mladosti dobro podnosi zasjenu, a poslije traži dosta svjetla. Termofilna je do mezofilna vrsta otporna na sušu, hladnoću i kasni proljetni mraz. U našim je šumama sporedna vrsta koja pridonosi biološkoj raznolikosti, stabilnosti sastojine, potpori glavnim vrstama drveća i poboljšanju kakvoće tla (Matić i Vukelić 2001). Vrlo je osjetljiva na kompeticiju ostalih vrsta u zajednici, te su za njezin uspješan razvoj potrebne prikladne uzgojne mjere (Kotar 1998).

Varijabilnost neke vrste osnova je za uspješnu adaptaciju na promjenjive uvjete okoline tijekom dugoga životnoga ciklusa, a dugoročno i za održanje vrste, odnosno varijabilnost osigurava adaptabilnost populacija na promjene u okolini tijekom generacija. Očuvanje varijabilnosti genetskih resursa šumskih vrsta drveća preduvjet je održanja i unapređenja ekoloških i društvenih vrijednosti koje daju šumski ekosustavi, a također osigurava potrajnost korištenja šuma za proizvodnju drva i ostalih šumskih proizvoda. Negativni čimbenici koji narušavaju varijabilnost brekinje su (Demeseure 1998): prekomjerno komercijalno iskorištavanje, uska genetska baza malih populacija, izostanak prirodne obnove, kompeticija drugih vrsta, neodgovarajuće uzgojne mjere i nekontrolirani transfer sjemena.

U Hrvatskoj je brekinja na listi prioriternih vrsta za očuvanje genofonda (Idžojić 2004). U nas dosad nije bilo istraživanja njezine varijabilnosti ni morfometrijskim ni biokemijskim metodama. U ovom je radu istražena unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost pet populacija iz kontinentalnoga dijela areala brekinje u Hrvatskoj na osnovi morfoloških obilježja lišća i plodova.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Uzorci za morfometrijsku analizu skupljeni su iz pet populacija brekinje u kontinentalnom području Hrvatske (slika 1): Tounj, Medvednica, Pšunj, Južni Dilj i Levanjska Varoš. U svakoj populaciji izabrano je 10 stabala koja su međusobno bila udaljena više od 50 m, jer brekinja ima jaku izbojnu snagu iz korijena te se u krug oko majčinskoga stabla mogu naći biljke istoga genotipa (Barengo i dr. 2001). Budući da je utvrđena signifikantna razlika morfoloških obilježja lišća izloženih



Slika 1. Populacije iz kojih su uzeti uzorci: 1 = Medvednica, 2 = Tounj, 3 = Psunj, 4 = Južni Dilj, 5 = Levanjska Varoš

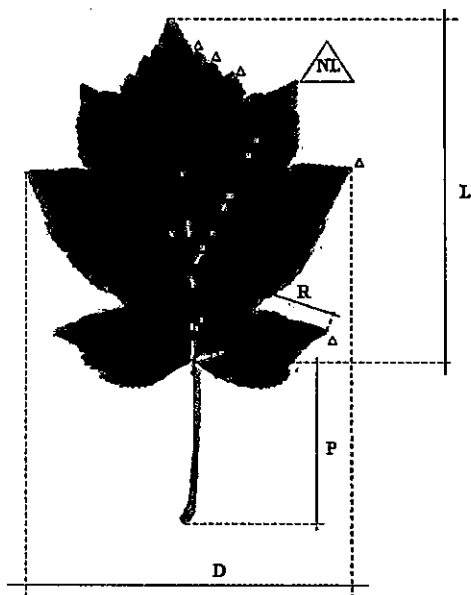
Figure 1 Sampled populations: 1 = Medvednica, 2 = Tounj, 3 = Psunj, 4 = Južni Dilj, 5 = Levanjska Varoš

svjetlu u odnosu na lišće u sjeni te razlika između lišća s različitim izbojaka (dugih i kratkih) za neke drvenaste rodove, npr. hrast, brijest i topolu (Bruschi i dr. 2003, Richens 1983, Zsuffa 1974), lišće za morfometrijsku analizu skupljeno je s kratkih izbojaka, iz osvijetljenoga dijela krošnje. Sa svakoga izabranoga stabla skupljeno je po 30 zdravih i potpuno razvijenih listova.

Lišće je bilo skenirano te zatim izmjereno programskim paketom WinFOLIA (WinFOLIA™ 2001). Izmjerena su ova morfološka obilježja (slika 2): duljina plojke (L), širina plojke (D), duljina peteljke (P), broj režnjeva na desnoj strani plojke (NL), dubina donjega desnoga režnja (R) i kut insercije donje desne žile prema glavnoj žili (A). S istih stabala skupljeno je po 30 plodova, te su digitalnom promjerkom izmjerene njihova duljina (DP) i širina (SP). Ukupno je izmjereno 1500 listova i 1500 plodova (5 populacija × 10 stabala × 30 listova i plodova). Od izmjerenih obilježja izračunati su sljedeći indeksi, odnosno izvedene varijable: duljina plojke/širina plojke (L/D), duljina plojke/duljina peteljke (L/P), širina plojke/dubina donjega desnoga režnja (D/R) i duljina ploda/širina ploda (DP/SP).

Za statističku obradu korištene su standardne formule deskriptivne i multivarijantnih statističkih metoda (Sokal i Rohlf 1989, McGarigal i dr. 2000). U multivarijantnim analizama nisu korištene izvedene varijable jer su usko korelirane s mjerenim varijablama.

Deskriptivna statistika korištena je za izračunavanje aritmetičke sredine (\bar{x}), standardne devijacije (s) i koeficijenta varijabilnosti (CV). Za određivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti populacija brekinje korištene su



Slika 2. Mjerena obilježja lišća: L = duljina plojke, D = širina plojke, P = duljina peteljke, NL = broj režnjeva na desnoj strani plojke, R = dubina donjega desnoga režnja i A = kut insercije donje desne žile prema glavnoj žili

Figure 2 Measured leaf characters: L = leaf blade length, D = leaf blade width, P = petiole length, NL = number of lobes on the right blade side, R = length of the lowest right lobe, A = the angle between the lowest lateral vein and the midrib

univarijatna (ANOVA) i multivarijatna (MANOVA) analiza varijance. Analizirani faktori bili su populacija i stablo (faktor stablo ugnježđen unutar faktora populacija). Navedene statističke obrade rađene su u programskom paketu SAS (1990).

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti analiziranih populacija brekinje, na osnovi mjerenih morfoloških obilježja lišća i plodova, korištena je *cluster* analiza. Analiza je rađena hijerarhijskom metodom udruživanja objekata (*joining*), odnosno algoritmom izrade stabla (*tree clustering algorithm*). Izrađeno je horizontalno hijerarhijsko stablo. Za definiranje udaljenosti između objekata korištene su Euklidove udaljenosti, a za udruživanje *cluster*a korištena je Wardova metoda (*Ward's method*). Kako bi se utvrdile varijable na osnovi kojih se najbolje razlikuju grupe dobivene *cluster* analizom, korištena je diskriminantna analiza. *Cluster* analiza i diskriminantna analiza rađene su u programskom paketu STATISTICA for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

REZULTATI RESULTS

Rezultati deskriptivne statistike prikazani su u tablici 1, po populacijama (N = 300) i za sve populacije zajedno (N = 1500). Populacija Medvednica ima prosječno najkraće i najuže lisne plojke, najduže peteljke, najpliće donje režnjeve i najduže plodove. Populacija Tounj prosječno ima najšire lišće, najveći broj režnjeva,

Tablica 1. Parametri deskriptivne statistike za lišće i plodove
 Table 1 Descriptive statistical parameters for leaves and fruits

Varilabla Variable	Parametar Parameter	Medvednica	Tounj	Psunj	Južni Dilj	Levanjska Varo	Sve populacije All Populations
L	\bar{x} (mm)	58,2	62,2	63,2	60,7	61,0	61,1
	s (mm)	8,1	12,5	10,1	9,4	9,9	10,2
	CV (%)	14,0	20,0	16,0	15,4	16,3	16,8
D	\bar{x} (mm)	50,4	58,0	50,9	56,9	55,8	54,4
	s (mm)	10,6	13,6	12,4	11,3	13,5	12,7
	CV (%)	21,1	23,4	24,3	19,9	24,2	23,4
P	\bar{x} (mm)	27,4	26,1	25,0	25,6	25,0	25,8
	s (mm)	7,8	7,8	6,6	7,7	7,3	7,5
	CV (%)	28,4	30,1	26,5	30,1	29,2	29,1
NL	\bar{x}	4,3	4,6	3,7	4,2	4,2	4,2
	s	0,9	1,0	0,7	0,8	0,9	0,9
	CV (%)	20,3	22,6	18,3	19,5	22,1	21,8
R	\bar{x} (mm)	11,9	13,7	12,4	12,6	12,5	12,6
	s (mm)	4,6	4,8	4,3	4,1	4,3	4,5
	CV (%)	38,6	35,2	34,6	32,8	34,6	35,5
A	\bar{x} (@)	62,1	56,3	63,5	55,9	60,1	59,6
	s (@)	13,7	14,0	16,9	14,7	12,9	14,8
	CV (%)	22,1	24,8	26,6	26,3	21,5	24,8
DP	\bar{x} (mm)	15,8	14,9	14,2	13,8	13,1	14,4
	s (mm)	2,0	2,3	2,0	1,7	1,6	2,2
	CV (%)	12,6	15,4	14,4	12,4	12,1	15,0
SP	\bar{x} (mm)	12,1	11,4	11,8	11,9	12,2	11,9
	s (mm)	1,2	1,6	1,3	1,6	1,6	1,5
	CV (%)	10,3	14,2	11,0	13,7	13,3	12,8
L/D	\bar{x}	1,2	1,1	1,3	1,1	1,1	1,2
	s	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	CV (%)	19,9	15,5	17,5	18,8	20,6	19,6
L/P	\bar{x}	2,2	2,5	2,6	2,5	2,6	2,5
	s	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
	CV (%)	22,6	22,1	19,8	22,6	21,5	22,3
D/R	\bar{x}	4,6	4,6	4,4	4,9	4,8	4,7
	s (mm)	1,6	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5
	CV (%)	34,9	28,5	31,0	31,0	31,8	31,7
DP/SP	\bar{x} (mm)	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2
	s	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
	CV (%)	12,0	16,8	13,1	14,2	12,3	15,8

najdužlje reznjeve i najuže plodove. Prosječno je lišće iz populacije Psunj duže nego lišće ostalih analiziranih populacija, ima najkraće peteljke, najmanji broj reznjeva i najveći kut između donje postrane i srednje žile. Lišće iz populacije Južni Dilj ima prosječno najmanji kut između donje postrane i srednje žile. Populacija Levanjska

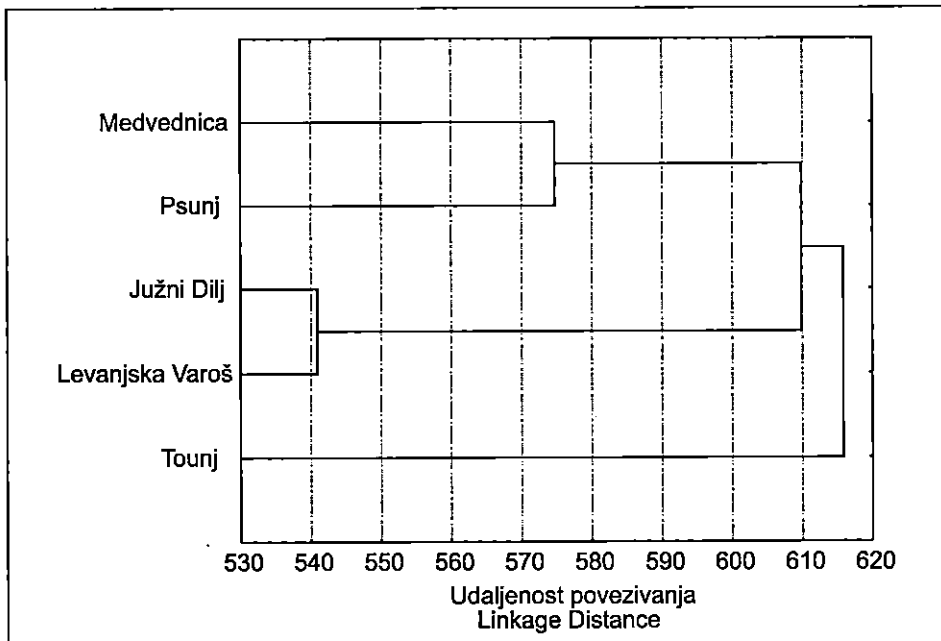
Varoš prosječno ima najkraće i najšire plodove, a uz populaciju Psunj ima i najkraće lisne peteljke. Analizom izvedenih varijabli, odnosno indeksa vidimo da najveću razliku između duljine i širine plojke (L/D) ima lišće iz populacije Psunj. Najmanji omjer duljine plojke i duljine peteljke (L/P) ima populacija Medvednica. Najdublje urezane donje režnjeve u odnosu na širinu plojke, odnosno najmanji omjer D/R ima lišće iz populacije Psunj. Plodovi iz populacije Levanjska Varoš gotovo su okruglasti, odnosno s najmanjom razlikom duljine i širine (DP/SP), dok su najizduženiji plodovi iz populacija Medvednica i Tounj. Najveći koeficijenti varijabilnosti su za varijablu R (dubina donjega desnoga režnja) čije su vrijednosti za sve populacije veće od 30 %. Najmanji su koeficijenti varijabilnosti za varijable koje opisuju plod, DP i SP (duljina i širina ploda), te za varijablu DP/SP izvedenu iz njih.

U tablici 2 prikazani su rezultati univarijatne (ANOVA) i multivarijatne (MANOVA) analize varijance. Stabla unutar populacija signifikantno se razlikuju za sva svojstva i univarijatno i multivarijatno. Populacije se na razini signifikantnosti 0,05 razlikuju univarijatno za svojstva: broj režnjeva na desnoj strani plojke (NL), duljina ploda (DP) i omjer duljine i širine ploda (DP/SP), dok za ostala svojstva razlikovanje nije signifikantno. Multivarijatno, odnosno uzimajući u obzir sva analizirana svojstva zajedno, populacije se signifikantno razlikuju.

Iz dendrograma (slika 3) možemo vidjeti da su prema istraživanim svojstvima lišća i plodova najsličnije populacije Južni Dilj i Levanjska Varoš. Zatim slijede popu-

Tablica 2. Rezultati univarijatne (ANOVA) i multivarijatne (MANOVA) analize varijance
Table 2 Results of univariate (ANOVA) and multivariate (MANOVA) analysis of variance

Varilabla Variable	Populacija Population		Stablo/populacija Tree/Population	
	ANOVA			
	df = 4		df = 45	
	F	p	F	p
L	1,14	0,350	12,39	0,001
D	2,2	0,084	15,95	0,001
P	0,95	0,443	6,5	0,001
NL	3,22	0,020	17,4	0,001
R	0,51	0,728	20,73	0,001
A	1,43	0,240	17,33	0,001
DP	6,64	0,001	21	0,001
SP	1,94	0,121	8,13	0,001
L/D	2,72	0,041	26,21	0,001
L/P	2,16	0,088	14,43	0,001
D/R	0,47	0,755	10,88	0,001
DP/SP	7,73	0,001	22	0,001
	MANOVA			
	df = 32		df = 72	
	F	p	F	p
	39,3	0,001	10,9	0,001



Slika 3. Horizontalno hijerarhijsko stablo (dendrogram) za analizirane populacije
 Figure 3 Horizontal hierarchical tree plot (dendrogram) for analysed populations

lacije Medvednica i Psunj. Najjužnija populacija Tounj najviše se razlikuje od ostale četiri analizirane populacije, te se zadnja spaja s ostala dva navedena *cluster*a.

Podaci su analizirani diskriminantnom analizom kako bi se utvrdila svojstava po kojima se razlikuju *cluster 1* (populacija Tounj), *cluster 2* (populacije Južni Dilj i Levajska Varoš) i *cluster 3* (populacije Medvednica i Psunj). Za osam varijabli i tri grupe kanonskom analizom dobivene su dvije diskriminacijske funkcije. Iz sredina i standardiziranih koeficijenata kanonskih varijabli (tablice 3 i 4) možemo zaključiti da diskriminantna funkcija 1 najbolje razlikuje *cluster 2* i *cluster 3*. Varijable po kojima se populacije Južni Dilj i Levajska Varoš najbolje razlikuju od populacija Medvednica i Psunj su širina plojke (populacije Južni Dilj i Levajska Varoš imaju značajno šire plojke) i duljina ploda (populacije Južni Dilj i Levajska Varoš imaju značajno kraće plodove). Diskriminantna funkcija 2 najbolje razlikuje *cluster 1* od *cluster*a 2 i 3. Razlikovanje populacije Tounj od ostalih analiziranih populacija najviše je uvjetovano širinom ploda (populacija Tounj ima značajno uže plodove od ostalih populacija) i brojem režnjeva na desnoj strani plojke (lišće iz populacije Tounj ima značajno veći broj režnjeva).

Tablica 3. Sredine kanonskih varijabli
Table 3 Means of canonical variables

Grupa <i>Group</i>	Diskr. funkcija 1 <i>Root 1</i>	Diskr. funkcija 2 <i>Root 2</i>
<i>Cluster 1</i>	0,0076	0,7820
<i>Cluster 2</i>	-0,6388	-0,1926
<i>Cluster 3</i>	0,6350	-0,1985

Tablica 4. Standardizirani koeficijenti kanonskih varijabli
Table 4 Standardised coefficients for the canonical variables

Varijabla <i>Variable</i>	Diskr. funkcija 1 <i>Root 1</i>	Diskr. funkcija 2 <i>Root 2</i>
L	0,356	-0,352
P	0,484	-0,254
D	-1,019	0,423
NL	-0,196	0,556
R	0,310	0,051
A	0,413	-0,490
DP	0,780	0,517
SP	-0,429	-0,642
Svojevredna vrijednost <i>Eigenvalue</i>	0,325	0,153
Kumulativna proporcija <i>Cumul. Prop.</i>	0,68	1,00

RASPRAVA DISCUSSION

Na osnovi varijabilnosti lista u srednjoj Europi opisane su četiri forme brekinje (Hegi 1981): *f. torminalis* (tipična forma), *f. semitorminalis* (Borbás) Jávorka (s donje strane listovi ostaju gusto dlakavi), *f. pinnatifida* (Borbás) Kárpáti (najdonji par lapova gotovo potpuno odijeljen) i *f. perincisa* Borbás et Fekete (najdonji par lapova potpuno odijeljen). Prema rezultatima istraživanja u ovom radu u analiziranim populacijama u Hrvatskoj prisutna je tipična forma lišća brekinje.

Dosadašnja istraživanja genetske varijabilnosti na osnovi polimorfizma enzima u Francuskoj (Demeseure i dr. 2000) pokazala su veliku unutarpopulacijsku varijabilnost, što je često odlika šumskih vrsta drveća. Nije utvrđena zemljopisna struktura (nisu formirane zone genetski homogenih populacija prema zemljopisnoj blizini), a sve su analizirane populacije sadržavale isti tip alela osim triju populacija u sjevernoj Francuskoj. Utvrđeno je da su u krugu od 100 km populacije jače povezane nego na većim udaljenostima.

Istraživanja genetske varijabilnosti na osnovi polimorfizma kloroplastne DNA (Oddou-Muratorio i dr. 2001a, 2001b) pokazala su signifikantni broj haploti-

pova po populaciji i relativno malu diferencijaciju između populacija. Uočen je općeniti izostanak zemljopisne strukture. Rezultati su jasno pokazali važnost rasprostranjenosti sjemena na srednje i veće udaljenosti.

U ovom je radu utvrđena značajna unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost populacija brekinje u kontinentalnoj Hrvatskoj prema istraživanim svojstvima. Iako se, uzimajući u obzir pojedina svojstva (univarijatna analiza), populacije međusobno signifikantno razlikuju samo prema tri svojstva, kada se uzme kombinacija svih svojstava zajedno (multivarijatna analiza), razlikovanje je populacija signifikantno. Budući da je varijabilnost stabala unutar populacija signifikantna za sva svojstva univarijatno, a i kombinacijom svojstava multivarijatno, možemo zaključiti da je unutarpopulacijska varijabilnost veća nego međupopulacijska varijabilnost, što je odlika mnogih vrsta drveća čije plodove rasprostranjuju životinje, a najviše ptice, kakva je i brekinja.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo djelatnicima Hrvatskih šuma d.o.o., Šimi Barišiću, dipl. ing. šum., Radmili Čikić, dipl. ing. šum., Damiru Jeliću, dipl. ing. šum., i Simi Raniću, dipl. ing. šum., koji su nam pomogli u skupljanju uzoraka na terenu.

LITERATURA REFERENCES

- κ Barengo, N., A. Rudow, P. Schwab, 2001: Förderung seltener Baumarten auf der Schweizer Alpennordseite: Elsbeere, *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. ETH Zürich/BUWAL.
- č Bruschi, P., P. Grossoni, F. Bussotti, 2003: Within- and among-tree variation in leaf morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. natural populations. *Trees*, 17: 164–172.
- o Demeseure, B., 1998: Mountain ash (*Sorbus* spp.). In: J. Turok, E. Collin, B. Demeseure, G. Eriksson, J. Kleinschmit, M. Rusanen, R. Stephan (compilers): Noble Hardwoods Network, Report of the second meeting. IPGRI, Rome, Italy, 48–50.
- č Demeseure, B., B. Le Guerroué, G. Lucchi, D. Prat, R. J. Petit, 2000: Genetic variability of scattered temperate forest tree: *Sorbus torminalis* L. (Crantz). *Ann For. Sci.*, 57: 63–71.
- κ Hegi, G., 1981: Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band IV, Teil 2b. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 542 str.
- sl č Idžojić, M., 2004: Brekinja, *Sorbus torminalis* (L.) Crantz – plemenita listača naših šuma. *Šum. list*, 3–4: 181–185.
- č Kotar, M., 1998: Razširjenost in rastne značilnosti breka (*Sorbus torminalis* Crantz) v Sloveniji. *GozdV*, 56 (5–6): 258–278.
- ž Matić, S., J. Vukelić, 2001: Speierling und Elsbeere in den Wäldern Kroatiens. *Corminaria*, 16: 31–33.
- κ McGarigal, K., S. Cushman, S. Stafford, 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research. Springer Verlag, New York.

- ⋈ Oddou-Muratorio, S., D. Guesnet, E. Ozdemir, R. J. Petit, B. Demesure, 2001a: Patterns of seed dispersal in a scattered forest tree (*Sorbus torminalis*) based on multi-scale investigation of population genetic structure for chloroplast DNA. In: G. Müller Starck, R. Schubert (eds.): Genetic response of forest systems to changing environmental conditions, 271–280.
- Oddou-Muratorio, S., R. J. Petit, B. Le Guerroue, D. Guesnet, B. Demesure, 2001b: Pollen-versus seed-mediated gene flow in a scattered forest tree species.
- ⋈ Richens, R. H., 1983: Elm. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 347 str.
- ⋈ SAS, 1990: SAS/STAT User's Guide. Version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- ⋈ Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1989: Biometry. Freeman and Co., San Francisco, 887 str.
- ⊞ StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 6. <http://www.statsoft.com>.
- ⊞ Trinajstić, I., I. Šugar, 1976: Prilog poznavanju rasprostranjenosti i florističkog sastava zim-zelenih šuma i makije crnike (*Orno-Quercetum ilicis*) na području zapadne Istre. Acta Bot. Croat., 35: 153–158.
- WinFOLIA™, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
- ⋈ Zsuffa, L., 1974: The genetics of *Populus nigra* L. Ann. Forest., 6 (2): 29–53.

THE VARIABILITY OF WILD SERVICE TREE POPULATIONS IN THE CONTINENTAL PART OF CROATIA ACCORDING TO MORPHOLOGY OF LEAVES AND FRUITS

SUMMARY

The variability of five wild service tree populations (*Sorbus torminalis* /L./ Crantz) from the following continental populations in Croatia has been researched: Tounj, Medvednica, Psunj, Južni Dilj and Levanjska Varoš. The intra- and interpopulational variability has been estimated on the basis of the morphological characters of leaves and fruits (8 measured characters and 4 derived ones). The intrapopulational variability was larger than the interpopulational one. The trees within the populations differed significantly both univariately and multivariately. The populations differed significantly univariately for three characters only, and taking into analysis all characters (variables) jointly, their difference was significant. The most similar populations were geographically closest: Južni Dilj and Levanjska Varoš. Then the populations of Medvednica and Psunj followed, and the southwest population Tounj differed the most from the other four analysed populations in view of the analysed characters.

Key words: wild service tree, *Sorbus torminalis*, variability, leaves, fruits, Croatia

UDK: 630*181.1

RASPROSTRANJENOST PAJASENA (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle) I ŠIRENJE INVAZIVNIH DRVENASTIH NEOFITA U HRVATSKOJ

DISTRIBUTION OF THE TREE OF HEAVEN (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle) AND SPREADING OF INVASIVE WOODY ALIEN SPECIES IN CROATIA

MARILENA IDŽOJTIC, MARKO ZEBEC

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Invazivni neofiti su strane biljne vrste koje su unesene namjerno ili slučajno izvan područja svoje prirodne rasprostranjenosti, tamo se nekontrolirano šire i prijetnja su biološkoj raznolikosti, pri čemu mogu uzrokovati nepovratne štete. Oni su ozbiljna prijetnja autohtonim vrstama, biljnim zajednicama i ekosustavima u mnogim zemljama. U radu je prikazan problem širenja invazivnih drvenastih neofita u Hrvatskoj, koji su podijeljeni u tri skupine. U prvoj su skupini vrste koje su se u prošlosti već proširile na nova staništa, udomaćile su se i uklopljene su u prirodnu vegetaciju (*Robinia pseudoacacia* L., *Amorpha fruticosa* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall), u drugoj su skupini vrste koje se šire na nova područja (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle, *Acer negundo* L.), a u trećoj su skupini potencijalno opasne vrste koje su u srednjoeuropskim i mediteranskim državama zabilježene kao invazivne (*Broussonetia papyrifera* /L./ Vent., *Buddleja davidii* Franch., *Celtis occidentalis* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *E. umbellata* Thunb., *Gleditsia triacanthos* L., *Lonicera japonica* Thunb., *L. maackii* /Rupr./ Maxim., *Maclura pomifera* /Raf./ C. K. Schneid., *Mahonia aquifolium* /Pursh/ Nutt., *Melia azedarach* L., *Parthenocissus quinquefolia* /L./ Planch., *Paulownia tomentosa* /Thunb. ex Murray/ Steud., *Prunus serotina* Ehrh., *Rhus typhina* L., *Ulmus pumila* L. i dr.).

Prikazano je sadašnje stanje rasprostranjenosti pajasena (*A. altissima*) u Hrvatskoj, koji je najizrazitiji drvenasti neofit iz druge skupine. Na primjeru pajasena opisana su biološka svojstva koja neofitima omogućuju lakše širenje, ekološke prijetnje toga širenja, te mogućnost prevencije i kontrole.

Ključne riječi: invazivni drvenasti neofiti, pajasen, *Ailanthus altissima*, rasprostranjenost, Hrvatska

UVOD INTRODUCTION

Neofiti su biljne vrste koje su unesene namjerno ili slučajno na neko područje nakon 1500. godine, uglavnom djelovanjem čovjeka, udomaćile su se, odnosno proširile i prilagodile novomu okolišu, gdje se razmnožavaju i formiraju populacije bez utjecaja čovjeka. Manji dio neofita su invazivne vrste (IAS-plants = *invasive alien plant species*), odnosno vrste koje se uspješno razmnožavaju, brzo i lako šire u prirodu "bježeći" iz mjesta gdje su unesene, te uzrokuju probleme i štete za biološku raznolikost, zdravlje i/ili gospodarstvo (Gigon i Weber 2005). Uz gubitak i fragmentaciju staništa, strane invazivne vrste (biljne i životinjske) smatraju se glavnom prijetnjom biološkoj raznolikosti svojim sve većim širenjem zbog velike mobilnosti ljudi i slobodne trgovine širom svijeta (Ruesink i dr. 1995).

Treba li poduzeti akciju protiv invazivnih neofita, ovisi o procjeni koliku štetu čine na prostoru na kojem se šire. S vremenom invazivni neofiti ne samo da izravno štete autohtonim biljkama oduzimajući im prostor, svjetlost i vodu, već mogu svojom prisutnošću postupno promijeniti stanišne uvjete. Potrebno je zaštititi pojedine autohtone vrste, ali i cijele biljne zajednice od negativnoga utjecaja njihova širenja. To je širenje moguće jer u novim uvjetima nemaju prirodne neprijatelje koji ih ograničavaju na njihovu prirodnom staništu, a pogoduje mu i narušena stabilnost ekosustava koju uzrokuje čovjek (Mack i dr. 2000). Uspješna borba s invazivnim neofitima pretpostavlja sprečavanje introdukcije novih vrsta koje su u drugim zemljama zabilježene kao invazivne (Reichard i Hamilton 1997), kartiranje rasprostranjenosti već proširenih vrsta i mjere za uklanjanje najopasnijih žarišta širenja (Rejmanek 2000). Osobito je važna kontrola njihova širenja u zaštićenim područjima.

INVAZIVNI DRVENASTI NEOFITI U HRVATSKOJ WOODY INVASIVE ALIEN SPECIES IN CROATIA

Širenje invazivnih neofita možemo podijeliti u tri faze (Richardson i dr. 2000): 1. unošenje (introdukcija), 2. kolonizacija (invazija) i 3. udomaćivanje (naturalizacija). Da bi neka vrsta prešla put od prve do treće faze, mora svladati ove zapreke: a) zemljopisnu, b) okolišnu: lokalno, c) reproduktivnu, d) rasprostranjivanje, e) okolišnu: degradirana staništa i f) okolišnu: prirodna staništa. U nas su zabilježeni invazivni drvenasti neofiti podijeljeni prema tomu u kojoj se od tih faza nalaze. U prvoj su skupini vrste koje su se u prošlosti već proširile na nova staništa, udomaćile su se i uklopile u prirodnu vegetaciju. Tu možemo ubrojiti bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.), čivitnjaču (*Amorpha fruticosa* L.) i pensilvanski jasen (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall). Udomaćene neofite i dalje smatramo invazivnima jer, iako u manjem opsegu nego u prošlosti, ipak koriste za njih specifične, povoljne uvjete kako bi se proširile na nova staništa, pri čemu ugrožavaju autohtonu vegetaciju. U drugoj su

skupini vrste koje se uspješno razmnožavaju i osvajaju nova, uglavnom degradirana staništa. U Hrvatskoj su najizraženiji predstavnici te skupine pajasen (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle) i negundovac (*Acer negundo* L.). U trećoj su skupini drvenasti neofiti koji su u nas uneseni uglavnom kao ukrasne vrste, u srednjoeuropskim ili mediteranskim državama su zabilježene kao invazivne i potencijalno su opasne (Muller 1987, Nowack 1987, Weber 2000, Ann. 2003, Weber i Gut 2004, Gritti i dr. 2006). Neke od njih već se lokalno uspješno razmnožavaju, njihova je rasprostranjenost još uvijek vrlo ograničena, ali zahtijevaju praćenje. U tu skupinu ubrajamo: *Broussonetia papyrifera* (L.) Vent., *Buddleja davidii* Franch., *Celtis occidentalis* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *E. umbellata* Thunb., *Gleditsia triacanthos* L., *Lonicera japonica* Thunb., *L. maackii* (Rupr.) Maxim., *Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid., *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., *Melia azedarach* L., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Paulownia tomentosa* (Thunb. ex Murray) Steud., *Prunus serotina* Ehrh., *Rhus typhina* L., *Ulmus pumila* L. i dr.

PAJASEN TREE OF HEAVEN

Pajasen je tipični invazivni drvenasti neofit koji se širi u Hrvatskoj, te je na njegovu primjeru u ovom radu prikazano koja su to biološka svojstva koja invazivnim neofitima omogućuju brzo, uspješno osvajanje novih područja, koje su ekološke prijete toga širenja, te kakva je mogućnost prevencije i kontrole. Također je istraženo i prikazano sadašnje stanje rasprostranjenosti pajasena u Hrvatskoj.

MORFOLOŠKA I BIOLOŠKA SVOJSTVA, EKOLOŠKI ZAHTJEVI MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES, ECOLOGICAL REQUIREMENTS

Pajasen je do 25 m visoko listopadno drvo iz porodice *Simaroubaceae*. Izbojci su krhki i debeli, a srčika im je velika i smeđa. Kora debla dugo je glatka, bjelkasto prošarana. Lišće je naizmjenično, 40–60 cm dugačko, neparno perasto sastavljeno od 11 do 25 liski. Liske su jajasto duguljaste, 7–12 cm dugačke, ušiljena vrha, na osnovi s 1–4 tupa zupca na kojima se nalaze žlijezde, a prema kojima je nosio naziv *A. glandulosa* Desf. Cvjetovi su dvodomni, entomogamni, u 10–20 cm dugačkim, uspravnim, vršnim metlicama, 3–4 mm dugački, zelenkastožuti, obiluju nektarom. Cvjetaju u kasno proljeće. Plod je 3–4 cm dugačka perutka, odnosno s dvije strane okriljeni oraščić, a vrh gornjega krilca spiralno je zavinut. Plodovi dozrijevaju u jesen iste godine i zadržavaju se na stablu tijekom zime. Rasprostranjuje ih vjetar. U kilogramu ima 27 000 do 33 000 plodova. Plodonositi počinju stabla u dobi od približno 10 godina. Supke su obrnuto jajaste, a prvi listovi parni i duboko trolapi.

Drvo je mekano i žuto, u siromašnijim zemljama koristi se za proizvodnju ugljena i ogrjev, a u razvijenijim je državama potencijal za proizvodnju biomase. Svi

dijelovi biljke, a posebno cvjetovi i lišće neugodna su mirisa. Ima kratki životni vijek i doživi starost 30–50 godina.

Pajasen je pionirska vrsta, može rasti u vrlo različitim klimatskim uvjetima, od umjerenih do suprotropskih. Raste od razine mora do 2100 m n. v. Vrlo je tolerantan na onečišćenost zraka (što objašnjava njegovo dobro uspijevanje uz frekventne prometnice), prašinu, industrijske plinove, sušu (godišnje oborine od 360 mm i sušno razdoblje do 8 mjeseci), velike količine oborina (i do 2290 mm godišnje), mraz, niske i visoke temperature (godišnje srednje minimalne i maksimalne temperature od –9 do 36 °C), bolesti, štetnike, te pH-vrijednosti tla od 4,1–8,0 (Hu 1979, Trifilo i dr. 2004). Dirr (1990) opisuje pajasen kao najprilagodljiviju vrstu drveća u urbanim sredinama.

Pajasen ne tolerira dugotrajni snježni pokrivač, gustu zasjenu krošnje, dugotrajnu poplavljenost tla te visoku koncentraciju ozona.

EKOLOŠKA PRIJETNJA ECOLOGICAL THREAT

Pajasen obilno plodonosi svake godine. Brzorastuća je vrsta koja može lako prerasti autohtone vrste. Mlade biljke već u prva tri mjeseca formiraju snažnu žilu srčanicu, odrasla stabla imaju plitki korijenski sustav koji doseže i 15–25 m daleko od debla, a korijenje u blizini debla ima zadebljanja u kojima se čuva voda. Ova vrsta proizvodi toksine koji sprečavaju rast drugih biljnih vrsta, a pripravci od lišća i kore su potencijalni prirodni herbicid (Mergen 1959, Heisey 1996). Lišće je otrovno za domaće životinje. Korijenski je sustav agresivan i može uzrokovati štetu na kanalizaciji, cjevovodima, bunarima i temeljima zgrada. Lišće može uzrokovati dermatitis, a pelud alergijsku reakciju (Derrick i Darley 1994).

Zbog svoga brza rasta i lijepa izgleda sađen je kao ukrasna vrsta, iako širi neugodan miris (osobito muške biljke). Jedan od velikih problema je što ženske biljke proizvode vrlo velike količine plodova koji se rasprostranjaju vjetrom, a ti plodovi mogu niknuti na vrlo različitim zapuštenim staništima kao što su neodržavane gradske i prigradske površine, površine uz prometnice i sl., ali u pravilu ne ulazi u sklopljene šumske sastojine (Santamour 1983). Sadašnje širenje ove vrste djelomično je uzrokovano promjenama koje je čovjek unio u okolinu. Pajasen se najviše širi na degradiranim površinama, a na staništima na kojima se širi u urbanim sredinama zapravo može rasti vrlo mali broj drugih vrsta, npr. urbani korovi (Rabe i Bassuk 1984). Kowarik (1983) smatra da su naselja središta rasprostranjenosti pajasena, a prometnice (ceste i željeznica) migracijske rute.

METODE RAZMNOŽAVANJA METHODS OF PROPAGATION

Pajasen se razmnožava generativno (iz sjemena) i vegetativno (izdancima iz korijena, a tjera i iz panja). Jedno stablo može provesti oko 325 000 plodova u jednoj

godini. Biljke iz sjemena mogu u prve četiri godine imati visinski prirast od 1–2 m, a vegetativni izdanci iz korijena čak 3–4 m u prvoj godini (Hu 1979). Knapp i Canham (2000) navode da je to najbrže rastuća drvenasta vrsta prisutna na području Sjeverne Amerike.

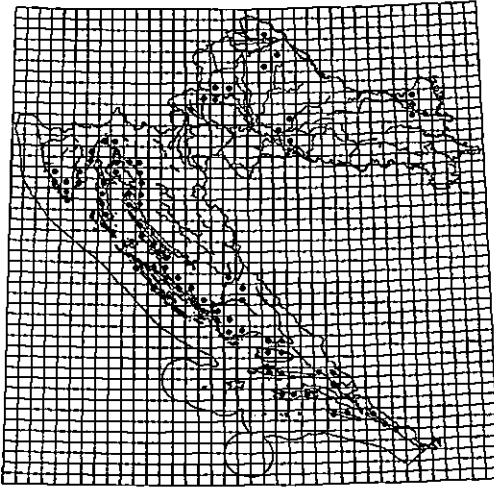
RASPROSTRANJENOST IZVAN HRVATSKE DISTRIBUTION RANGE OUTSIDE CROATIA

Pajasen je prirodno rasprostranjen u središnjoj Kini. U Europu je unesen 1751. godine u Englesku, a nekoliko desetljeća poslije, 1784. iz Engleske u SAD, gdje je zabilježen u 42 države (Miller 1990). Također je na listi opasnih invazivnih vrsta u Kanadi, Argentini, Australiji i Africi (Hu 1979, Randall i Marinelli 1996). U Europi je rasprostranjen u velikom broju država (Kowarik 1983, Kowarik i Böcker 1984, Muller 1987, Udvardy 1998. i dr.). EPPO (European and Mediterranean Plant Organization) označio je pajasen kao važnu prijetnju biološkoj raznolikosti, te preporučuje poduzimanje strogih mjera sprečavanja daljnjega unošenja i širenja, uključujući prodaju i sadnju biljaka (EPPO Reporting Service 2005).

RASPROSTRANJENOST U HRVATSKOJ DISTRIBUTION RANGE IN CROATIA

Za kartiranje rasprostranjenosti pajasena u Hrvatskoj korišteni su herbarijski podaci herbarija Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te podaci dobiveni terenskim istraživanjem. Za prikaz rasprostranjenosti pajasena korištena je MTB mreža. Polja su pravokutnici definirani stupanjskom mrežom 10' geografske širine \times 6' geografske dužine (Nikolić i dr. 1998). Svaki je kvadratni stupanj, prema tomu, podijeljen na 60 MTB polja, a svako osnovno polje odgovara jednomu listu karte mjerila 1 : 25 000 (11,6 \times 11,2 km). Za terenska istraživanja korišten je uređaj GPS. Kartiranje je rađeno u programu ArcView GIS (2002). Granice Hrvatske i MTB mreža preuzeti su s web-portala .

Na slici 1 prikazana je rasprostranjenost pajasena u Hrvatskoj. Težište je rasprostranjenosti u mediteranskom području, gdje je njegova rasprostranjenost mozaična, a raste i u obalnom pojasu i na otocima, te također i na južnim padinama planinskih masiva koji dijele eumediteransku, odnosno submediteransku zonu od kontinentalnoga dijela Hrvatske. Nije primijećeno njegovo širenje u šumske sastojine i ugrožavanje prirodne šumske vegetacije. Čest je na zapuštenim gradskim površinama, te na rubnim površinama uz parkirališta, duž ulica i sl. Izvan gradova čest je uz prometnice, uz poljoprivredne površine, uz rubove šuma i sl. Budući da je tipični invazivni neofit i pionirska vrsta, ima vrlo male ekološke zahtjeve, što je posebno izraženo u mediteranskom području gdje često dolazi u ekstremnim pedološkim i klimatskim uvjetima. U unutrašnjosti je pajasen također rasprostranjen mozaično, uglavnom uz prometnice ili rubove šume. U nizinskim ekosustavima u



Slika 1. Rasprostranjenost pajasena (*Ailanthus altissima*) u Hrvatskoj
Figure 1 Distribution of the tree of heaven in Croatia

kopnenoj Hrvatskoj katkada je znatnije proširen, dobro uspijeva i može tvoriti manje sastojine (npr. u donjem Međimurju).

RASPRAVA I ZAKLJUČAK DISCUSSION AND CONCLUSION

Države potpisnice Konvencije o biološkoj raznolikosti (UNCED 1992), među kojima je i Hrvatska, imaju obvezu borbe protiv širenja invazivnih neofita. Vrlo je važno informiranje javnosti o invazivnim neofitima i problemima koje oni uzrokuju.

Borba protiv invazivnih neofita moguća je prevencijom, iskorjenjivanjem i kontrolom. Prevencija njihovoga širenja zahtijeva manje ulaganja nego njihova kontrola nakon unošenja (Mack i dr. 2000). Metode iskorjenjivanja i kontrole mogu se podijeliti na fizičke (ručne i mehaničke), kemijske (široka i lokalna primjena kemijskih sredstava) i biološke (introdukcija štetnika i bolesti koje su visoko selektivne za određenu vrstu). Najbolji je pristup integrirana zaštita koja uključuje optimalno korištenje navedenih metoda. Predložena metoda kontrole širenja pajasena u zaštićenim područjima (Fuller i Barbe 1985) ručno je uklanjanje klijanaca i mladih biljaka prije fruktifikacije, zajedno s cijelim korijenskim sustavom, počevši od površina s najmanjom koncentracijom prema središtima širenja. Ta je metoda moguća u početnoj fazi širenja pajasena. Nakon što se dobro zakorijene, odrasle je biljke gotovo nemoguće iskorijeniti zbog velike izbojne snage iz korijena i panja. Biološke metode dosad nisu pokazale zadovoljavajuće rezultate, a ako se koriste kemijske metode (aplikacija preko lišća, žilišta ili panja), potrebno je osim na nadzemni dio biljke učinkovito djelovati i na cijeli korijenski sustav (Burch i Zedaker 2003). U zaštićenim područjima, u kojima je važno sprječavanje širenja inva-

zivnih neofita kao što je pajasen, potrebno je promatranje i pravodobno uklanjanje uočenih biljaka. Uklanjanjem velikih ženskih stabala sprječava se generativno razmnožavanje i širenje plodova u okolno područje. Međutim, sama sječa stabla može biti kontraproduktivna jer se nakon toga razvija velik broj izdanaka iz korijena i panja. Stabla treba posjeći u rano ljeto kada su rezerve hrane najmanje. Na manjim površinama višegodišnje ponavljanje sječe izdanaka može iscrpiti rezerve biljke.

U Hrvatskoj se pajasen najviše širi na degradiranim staništima u mediteranskom području koje je posebno osjetljivo i pod utjecajem čovjekovih aktivnosti. Na štetu koju mogu prouzročiti invazivne vrste posebno su osjetljivi zemljopisno izolirani otočki ekosustavi. Također je posebnu pozornost invazivnim neofitima potrebno posvetiti ekosustavima u zaštićenim područjima. Zbog svega navedenoga jasno je da pajasen i ostale invazivne drvenaste neofite ne možemo smatrati ukrajsnim vrstama, već trebamo biti svjesni posljedica koje njihova sadnja uključuje.

LITERATURA REFERENCES

- Ø Anonymuou, 2003: Invasive alien species in Hungary. National Ecological Network, 6, 13.
- Ø ArcView GIS, 2002: Environmental Systems Research Institute, Inc., version 3.3.
- č Burch, P. L., S. M. Zedaker, 2003: Removing the invasive tree *Ailanthus altissima* and restoring natural cover. *Journal of Arboriculture*, 29 (1).
- č Derrick, E. K., C. R. Darley, 1994: Contact Dermatitis, 30 (3): 178.
- √ Dirr, M. A., 1990: Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. Stipes Publishing Company, Champagne, 1007 str.
- ⊕ Eppo Reporting Service, 2005. <http://www.eppo.org>
- č Fuller, T. C., G. D. Barbe, 1985: The Bradley method of eliminating exotic plants from natural reserves. *Fremontia*, 13 (2): 24–26.
- o Gigon, A., E. Weber, 2005: Invasive Neophyten in der Schweiz: Lagebericht und Handlungsbedarf. Bericht der SKEW/CPS zu Handen des BUWAL, 40 str.
- č Gritti, E. S., B. Smith, M. T. Sykes, 2006: Vulnerability of Mediterranean Basin ecosystems to climate change and invasion to exotic plant species. *J. Biogeogr.*, 33: 145–157.
- č Heisey, R. M., 1996: Identifications of an allelopathic compound from *Ailanthus altissima* (*Simaroubaceae*) and characterization of its herbicidal activity. *American Journal of Botany*, 83 (2): 192–200.
- č Hu, S.-Y., 1979: *Ailanthus*. *Arnoldia*, 39 (2): 29–50.
- č Knapp, L. B., C. D. Canham, 2000: Invasion of an old-growth forest in New York by *Ailanthus altissima*: sapling growth and recruitment in canopy gaps. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 127 (4): 307–315.
- č Kowarik, I., 1983: The acclimatization and phytogeographical behavior of the tree of heaven (*Ailanthus altissima*) in the French Mediterranean area (Bas-Languedoc). *Phytocoenologia*, 11 (3): 389–406.
- č Kowarik, I., R. Böcker, 1984: Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Einbürgerung des Götterbaums (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle) in Mitteleuropa. *Tuexenia*, 4: 9–29.
- č Mack, R. N., D. Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout, F. A. Bazzaz, 2000: Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecol. Appl.*, 10 (3): 689–710.

- ✓ Mergen, F., 1959: A toxic principle in the leaves of *Ailanthus*. Botanical Gazette, 121: 32–36.
- ✧ Miller, J. H., 1990: *Ailanthus altissima*. In: R. H. Burns, B. B. Honkala (eds.): Silvics of North America. USDA, Agriculture Handbook 654, Washington, DC, 2: 101–103.
- ✓ Müller, N., 1987: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle and *Buddleja davidii* Franch. – two adventive woody plants in Augsburg. Bericht der Bayerische Botanische Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora, 58: 105–107.
- # ✓ Nikolić, T., D. Bukovec, J. Šopf, S. D. Jelaska, 1998: Kartiranje flore Hrvatske – mogućnosti i standardi. Nat. Croat., Vol. 7, Suppl. 1.
- ✓ Nowack, R., 1987: Verwilderungen des Blauglockenbaums (*Paulownia tomentosa* /Thunb./ Steud.) im Rhein-Neckar-Gebiet. Floristische Rundbriefe, 21 (1): 23–32.
- ✓ Rabe, E. P., N. Bassuk, 1984: Adaptation of *Ailanthus altissima* to the urban environment through analysis of habitat usage and growth response to soil compaction. Hortscience, 19 (3): 572.
- ✧ Randall, J. M., J. Marinelli, 1996: Invasive plants: weeds of the global garden. Brooklyn Botanic Garden, 111 str.
- ✓ Rejmanek, M., 2000: Invasive plants: approaches and predictions. Austral Ecol., 25 (5): 497–506.
- ✓ Reichard, S. H., C. W. Hamilton, 1997: Predicting invasions of woody plants introduced into North America. Conservation Biology, 11 (1): 193–203.
- ✓ Richardson, D. M., P. Pyšek, M. Rejmanek, M. G. Barbour, F. D. Panetta, C. J. West, 2000: Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity and Distributions, 6: 93–107.
- ✓ Ruesnik, J. L., I. M. Parker, M. J. Groom, P. M. Kareiva, 1995: Reducing the risk of non-indigenous species introduction. BioScience, 45 (7): 465–477.
- ✓ Santamour, F. S. Jr., 1983: Woody-plant succession in the urban forest: filling cracks and crevices (Cottonwood, *Populus deltoides*, *Ailanthus altissima*). Journal of Arboriculture, 9 (10): 267–270.
- ✓ Trifilo, P., F. Raimondo, A. Nardini, M. A. Lo Gullo, S. Salleo, 2004: Drought resistance of *Ailanthus altissima*: root hydraulics and water relations. Tree Physiology, 24 (1): 107–114.
- ✓ Udvardy, L., 1998: Spreading and coenological circumstances of the tree of heaven (*Ailanthus altissima*) in Hungary. Acta Botanica Hungarica, 41 (1–4): 299–314.
- ◇ UNCD, 1992: Konferencija o okolišu i razvoju, Rio de Janeiro.
- ✓ Weber, E., 2000: Switzerland and the invasive plant species issue. Botanica Helvetica, 110: 11–24.
- ✓ Weber, E., D. Gut, 2004: Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe. Journal of Natur Conservation, 12: 171–179.

DISTRIBUTION OF THE TREE OF HEAVEN (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle) AND SPREADING OF INVASIVE WOODY ALIEN SPECIES IN CROATIA

SUMMARY

Abstract: Invasive alien plant species are plant species introduced deliberately or unintentionally outside their natural habitats where they have the ability to establish themselves, invade, outcompete native plant species and take over the new environments. They are widespread in many countries where they affect biodiversity and represent a serious threat to the autochthonous species, plant communities and ecosystems. In this paper is discussed the problem of woody invasive alien plant species in Croatia, being divided in three groups. In the first group there are species that have spread to new habitats in the past, have naturalised, and become incorporated within the resident flora (*Robinia pseudoacacia* L., *Amorpha fruticosa* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall); the second group comprises species that are spreading to new areas (*Ailanthus altissima* /Mill./ Swingle, *Acer negundo* L.), and the third group consists of potentially dangerous species, i.e. potential invasive alien plant species which have been registered as invasive in Middle-European and Mediterranean countries (*Broussonetia papyrifera* (L.) Vent., *Buddleja davidii* Franch., *Celtis occidentalis* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *E. umbellata* Thunb., *Gleditsia triacanthos* L., *Lonicera japonica* Thunb., *L. maackii* (Rupr.) Maxim., *Maclura pomifera* (Raf.) C. K. Schneid., *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., *Melia azedarach* L., *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Paulownia tomentosa* (Thunb. ex Murray) Steud., *Prunus serotina* Ehrh., *Rhus typhina* L., *Ulmus pumila* L. i dr.).

The present distribution of the tree of heaven (*A. altissima*) in Croatia is presented, which is the most distinct woody invasive alien plant species of the second group. On the example of the tree of heaven the biological features have been described, which enable invasive alien plant species to spread more easily, and also an account of the ecological threats of such invasion, as well as the possibilities of prevention and control has been given.

Key words: woody invasive alien species, tree of heaven, *Ailanthus altissima*, distribution, Croatia

UDK: 630*232.327.2

Rosellinia mycophila (Fr. : Fr.) Sacc. UZROČNIK OPASNE BOLESTI SMREKOVIH SADNICA

Rosellinia mycophila (Fr.:Fr) Sacc. AN IMPORTANT DISEASE ON
SPRUCE SAPLINGS

MILAN GLAVAŠ, ANDRIJA VUKADIN

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Askomicetni rod *Rosellinia* De Not. obuhvaća oko 100 vrsta gljiva na listačama i četinjačama. Na četinjačama u Europi poznato je nekoliko vrsta koje se razlikuju po morfološko-taksonomskim obilježjima i patološkim svojstvima. Među njima je poznata *R. mycophila* (Fr.:Fr.) Sacc. (sin. *R. minor*) koja je utvrđena na običnoj smreci, Pančičevoj omorici, duglaziji i običnom boru. Rasprostranjena je u Europi i Sj. Americi.

Na smrekovim sadnicama 3+3 i jelovim sadnicama 4+0 prvi je put u Hrvatskoj otkrivena u rasadniku Kuželj 2002. godine kojim gospodari Uprava šuma podružnica Delnice. Sljedeće dvije godine na smrekovim sadnicama zaraza nije bila jaka. Veoma jaka zaraza nastupila je 2005. godine na smrekama u dobi od 6 i 7 godina. Tijekom 4 godine gljiva je uništila približno 400 000 smrekovih sadnica navedene dobi. Utvrđeno je da je širenju gljive pogodovala dugotrajna visoka zračna vlaga u preraslim i gustim smrekovim sadnicama.

Preporučene mjere zaštite sastoje se u rjeđoj sadnji, umjerenoj gnojidbi i kraćem razdoblju uzgoja. Zaražene sadnice nužno je odstraniti i spaliti kako bi se otklonio izvor novih zaraza.

Ključne riječi: *Rosellinia mycophila*, micelij, četinjače, smreka, rasadnik, šteta, temperatura, zračna vlaga

UVOD INTRODUCTION

Askomicetni rod *Rosellinia* De Not. uspostavljen je 1844. godine. U početku je u rodu bio opisan manji broj vrsta, a poslije sve veći. Tako je Mígula (1913) opisao preko 40 vrsta. Među njima na četinjačama navodi 4 vrste (*R. thelena*, *R. obliquata*, *R. abietina* i *R. sordaria*). Sve su te vrste bez izraženih patoloških svojstava. Na listačama u to doba istaknuto je da je *R. recatrix* Har. Berl. najtraženija vrsta

roda i vrlo štetna za vinovu lozu, a to je značenje zadržala sve do ovoga doba. O njoj su napisani brojni radovi, ali ona nije predmet našega rada, pa je dalje nećemo spominjati. Kako je vrijeme teklo, u rodu *Rosellinia* opisivano je sve više vrsta. Rod je iz reda *Sphaeriales* i porodice *Sphaeriaceae* (Dennis 1978) premješten u rod *Xylariales* i porodicu *Xylariaceae* (Kirk i dr. 2001). Posljednji autori ističu da rodu pripada 100 široko rasprostranjenih vrsta. Petrini i Petrini (2005) navode da rod *Rosellina* obuhvaća preko 90 vrsta. Oni smatraju da sve vrste po značajkama treba razvrstati u šest morfoloških skupina.

Mnoge od tih vrsta rasprostranjene su i u Europi. Arx i Müller (1954) u Europi na listačama navode *R. mamiformis* (Pers.) Winter, *R. necatrix* (Hart.) Berl. i *R. quercus* Hart., a na četinjačama *R. aquila* (Fr.) de Not., *R. thelena* Rbh. i *R. strobilina* (Alb. Et Schw.) Arx et Müller. Peace (1962) na četinjačama uz *R. aquila* opisuje i *R. herpotrichioides* Hepting et Davidson u SAD-u i *R. byssiseda* (Tode) Schroeter u Rumunjskoj. Lanier i dr. (1976) navode da *R. quercina* osim na četinjačama dolazi i na smreci.

Lang (2000) ističe da rod *Rosellinia* obuhvaća saprofite, endofite i patogene. Svima je zajedničko da imaju visoke zahtjeve prema vlazi i da patogenost pojedinih vrsta dolazi do izražaja pod određenim uvjetima. On naglašava da patogeni iglica zahtijevaju veliku zračnu vlagu, maglu, gustoću biljaka, zasjenu i sl. Takve su prilike česte u rasadnicima, kulturama i živicama.

U nas je gljiva *R. mycophila* prvi put utvrđena na jelovim (4+0) i smrekovim (3+3) sadnicama u rasadniku Kuželj 2002. godine. Sljedećih godina bolest je poprimila ozbiljne razmjere, što je bio razlog da se detaljnije prikaže. O prvom nalazu gljive ukratko su prije izvijestili Glavaš (2003, 2003a), Vukadin i Glavaš (2003, 2004), Glavaš i Margaletić (2003) i Glavaš, Vukadin i Margaletić (2004). U ovom radu daje se detaljniji prikaz gljive *R. mycophila*.

MATERIJAL I METODE MATERIALS AND METHODS

Za uzgoj smreke u rasadniku Kuželj, Uprava šuma podružnica (UŠP) Delnice, sjeme je skupljeno na području Skrada – Rudač, odjel 1a i 2a. Za to je sjeme ŠumarSKI institut Jastrebarsko 1997. godine izdao svjedodžbu o njegovoj 95 % uporabnoj vrijednosti. Iz toga izlazi sigurnost uzgoja zdravoga potomstva.

U Dunemmanove gredice (50 % bijeloga treseta iz Litve, 40 % šumske zemlje i 10 % smrekovih i jelovih iglica) sjeme je posijano u proljeće 1997. godine. Biljke su u klijalištu uz prihranjivanje i zaštitu uzgajane 3 godine.

Nakon 3 godine, u proljeće 2000. godine, smreke su presađene u Golčku loku (u neposrednoj blizini rasadnika). Biljke su sađene u međurednom razmaku 20 cm, a međusobno oko 7 cm. Prije sadnje tlo je početno gnojeno s NPK (5–20–30) u količini 500 kg/ha. Poslije su biljke prihranjene s NPK (5–20–30) 400 kg/ha i KAN-om 100 kg/ha (podaci iz UŠP Delnice).

Prosječna godišnja proizvodnja četinjača u rasadniku Kuželj iznosi oko 2 045 000 sadnica. U jesen 2002. godine u njemu je bilo nekoliko desetaka tisuća sadnica obične smreke u dobi 3+3 i jele u dobi 4+0, na kojima je utvrđen napad *R. mycophila*.

Gljiva je koncem rujna 2002. godine nađena najprije na smrekovim, a zatim i na jelovim sadnicama. Nakon toga detaljno su pregledane sve sadnice, a isto je učinjeno i u rasadniku Oštarije (UŠP Ogulin) i u rasadniku Vujnović brdo (UŠP Gospić). Identičan pregled učinjen je u ljetnom i jesenskom razdoblju 2003, 2004. i 2005. godine.

Broj biljaka u rasadniku Kuželj u istraživanom razdoblju (2002–2005) bio je sljedeći:

Tijekom 2002. u proizvodnji je bilo oko 2 558 000, 2003. godine 2 068 000, 2004. godine 1 978 000 i 2005. godine 1 576 000 sadnica četinjača. Ukupno je u tom razdoblju u proizvodnji bilo oko 8 180 000 sadnica četinjača, što prosječno godišnje iznosi oko 2 045 000 sadnica. Listača je tijekom 2004. i 2005. godine bilo u proizvodnji oko 33 000 sadnica, a one nisu uzete u obzir kao domaćini gljive *R. mycophila*.

S obzirom na to da je *R. mycophila* prvi put nađena u Hrvatskoj, trebalo je otkloniti nedoumice odakle je k nama dospjela. Sumnjalo se da je došla u tresetu iz Litve. Da bi se odgovorilo na to pitanje, uzet je uvezeni treset i 100 smrekovih sadnica iz rasadnika Vujnović brdo. Sadnice su bile u dobi 2+1 (ljetno 2003. godine). U gospićkom rasadniku gljiva nije utvrđena, što je bila sigurnost da se radi sa zdravim sadnicama. Da su uzete sadnice iz rasadnika Kuželj, isto jamstvo ne bi imali. Po 20 sadnica posađeno je u plastične kontejnere. Od toga četiri su kontejnera držana pod najlonskom folijom u vrlo visokim uvjetima zračne i talne vlage. Peti je bio izvan toga kao kontrola. Pokus je trajao od srpnja do kraja listopada.

U rasadniku Kuželj postavljena su 3 pokusa:

1. Gusto, po sustavu trapljenja posađene su bolesne sadnice (oko 500 sadnica), i to pod sjenom listopadnoga drveća, a uz sami tok Golčke.
2. Na razmak 40 cm posađeno je 12 bolesnih sadnica nekoliko metara od rubnoga dijela starijih listača.
3. Ispod krošnje jedne smreke visoke do 5 m posađeno je 5 bolesnih sadnica.

Praćenje zdravstvenoga stanja sadnica obične smreke i jele od ponika do dobi od 7 godina nastavljeno je do u jesen 2005. godine.

REZULTATI RESULTS

Da bi se čitav kompleks lakše razumio, rezultati su rada podijeljeni u više dijelova, što dalje prikazujemo.

NALAZ GLJIVE I JAKOST ZARAZE FUNGAL RECORDS AND DISEASE INTENSITY

U rasadniku Kuželj u jesen 2002. godine na sadnicama obične smreke u dobi od 6 godina opažen je jak gljivični napad. Isto tako pojedinačna je bolest primijećena i na sadnicama obične jele u istom rasadniku. Prema simptomima bolesti napad je izgledao slično napadu gljive *Herpotrichia juniperi* (Duby) Petrak. U laboratoriju je po peritecijama, asksima i askosporama utvrđeno da je bolest uzrokovala gljiva *Rosellinia mycophila* (Fr. Fr.) Sacc. Tim je nalazom ta vrsta prvi put utvrđena na smrekovim i jelovim sadnicama u rasadniku, odnosno u Hrvatskoj uopće. U rasadniku Oštarije i Vojnović brdo gljiva nije utvrđena.

U prvoj, 2002. godini nalaza gljive *R. mycophila* u rasadniku Kuželj u proizvodnji je bilo oko 177 000 komada smreke u dobi 3+3, a jele u dobi 4+0 bilo je oko 118 000 komada. Na jelovim sadnicama gljiva je utvrđena sporadično. Idućih godina na jelovim sadnicama gljiva nije primijećena. Na smrekovim sadnicama gljiva je žestoko napala oko 10 % biljaka.

Sljedeće, 2003. godine u uzgoju je bilo oko 330 000 smreke u dobi 3+3 i oko 44 000 u dobi 2+4. Te su godine ljeti vladale visoke temperature i suša, što se povezuje s blagim napadom gljive na tim sadnicama.

Sličan intenzitet napada bio je i 2004. godine. Tada se u uzgoju u rasadniku nalazilo oko 164 000 smreka u dobi 2+4, oko 345 000 smreka u dobi 3+3 i oko 180 000 smreka u dobi 3+4. Te godine također nije bilo jakoga napada.

Konačni rezultati napada došli su do izražaja u jesen 2005. godine. Ljeto te godine bilo je kišovito i bez visokih temperatura. U takvoj situaciji stvoreni su povoljni klimatski uvjeti za gljivu. Ovdje treba istaknuti i činjenicu da se smreke u dobi od 6 godina sve ne povade, već ostaju i dalje u rasadniku. Iz tih razloga u 2005. godini bilo je sljedeće stanje:

- smrekâ u dobi 3+3 bilo je 40 700 komada i na njima je bio blaži napad gljive
- smrekâ u dobi 2+5 bilo je oko 104 000 komada; na njima je prethodne godine bio blaži napad, a 2005. vrlo jak
- smrekâ u dobi 3+4 bilo je oko 255 000 komada; na njima je prethodne godine također bio blag napad, a 2005. godine vrlo jak.

Bolest je na tim smrekama (2+5 i 3+4) uzela toliko maha da je uništila sve sadnice, te za ukupno 360 000 sadnica Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske nije izdao dozvolu za daljnju upotrebu. Iz svega izlazi da je gljiva *R. mycophila* u rasadniku Kuželj tijekom 4 godine uništila gotovo 400 000 smrekovih sadnica u dobi od 6 do 7 godina.

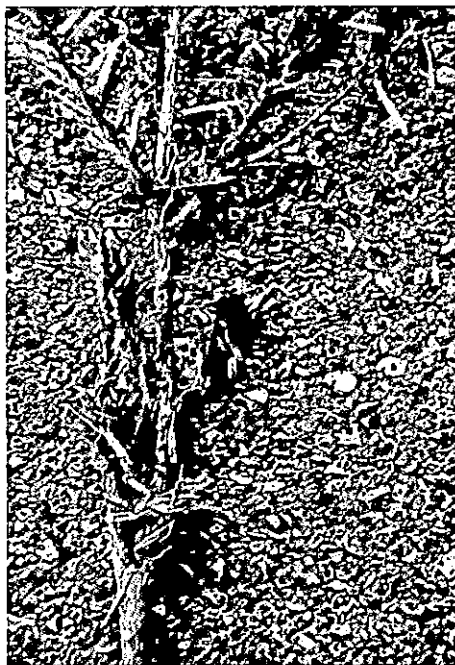
SIMPTOMI BOLESTI DISEASE SYMPTOMS

Gledajući iz daljega gredicu sa šestogodišnjim smrekama, na prvi pogled gotovo de se ne opažaju promjene. Kad se pride bliže, na rubovima se također ne prim-

ječuju promjene. Od ruba prema sredini gredice skupine biljaka, gledajući od vrha prema tlu, izgubile su zelenu boju iglica. Prema tlu iglice, postrani izbojci i stabljike presvučene su velikom masom sivoga, a pri dnu crnoga micelij. Micelij je veoma razvijen i rahlo je slijepio izbojke i iglice, te dijelove stabljike. To je sljepljivanje u usporedbi s *H. juniperi* mnogo rahlije. Obično su gornji pršljen i vršni izbojak zeleni. Ispod toga oboljela je biljka bez zelenih iglica. Iglice odumiru, ali se čvrsto drže na grani prekrivenoj micelijem.



Slika 1. *Rosellinia mycophila* na smrekovoj sadnici
Figure 1 *Rosellinia mycophila* on spruce sapling



Slika 2. *R. mycophila* na jelovoj sadnici
Figure 2 *R. mycophila* on silver fir sapling

U unutrašnjosti krošnje na grančicama i stabljici od baze naviše lupom se mogu opaziti crna do siva plodna tijela u obliku malih ispupčenja. To su pojedinačni periteciji, ali ih je mnogo na jednom mjestu. Pod većim povećanjem (stereomikroskop) vidi se njihov pravi oblik (loptasta s vršnim ispupčenjem na mjestu otvora). U donjim dijelovima periteciji su tamni i mrtvi, a u gornjim sivkasti i živi. S vremenom micelij postaje tamniji i više ili manje nestaje. Tada se vidi da strome s peritecijima izravno leže na kori. Najsigurnija je dijagnoza mikroskopskim pregledom peritecija, askusa i askospora.

REZULTATI POKUSA EXPERIMENTAL RESULTS

U pokusu s tresetom, koji je trajao od početka srpnja do kraja listopada, gljiva se nije pojavila ni na biljkama pod visokom vlagom ni na kontrolnima. Na taj je način potvrđeno da gljiva nije u rasadnik Kuželj donesena bijelim tresetom.

U slučaju gdje su biljke bile vrlo gusto posađene, sve su uginule tijekom 2003. godine, i to prije nastupa visokih temperatura i suše. To pokazuje da je gljiva dovršila svoj proces, a tomu je svakako pomoglo što se među gustim sadnicama bez prozrake vlaga zadržavala duže vremena.

U pokusu široke sadnje (razmak oko 40 cm) biljke su preživjele cijelu 2003. godinu, micelij se na njima nije opazao. Na biljkama je bio zelen gornji pršljen i vršni izbojak, ali nisu imale porasta. Sljedećega su proljeća uginule. Time je potvrđena pretpostavka da jednom zaražena smrekova sadnica gljivom *R. mycophila* ne može preživjeti. Isto se dogodilo i sadnicama posađenima ispod odrasle smreke. Međutim iz zaraženih sadnica zaraza nije prešla na odraslu smreku. Razlog tomu vjerojatno leži u smanjenoj zračnoj vlazi na krošnji odrasle smreke zbog slobodnoga strujanja zraka.

ŠTETNOST HARMFUL IMPACT

Cech (1990) navodi da je *R. mycophila* napadnutim smrekama nanijela znatne štete i smatra ju patogenom gljivom. Najveće štete bile su na biljkama najgušćega sklopa. Francis (1986) upozorava da je *R. mycophila* jak patogen iglica četinjača.

U našem slučaju *R. mycophila* se pokazala kao izrazito štetna za smrekove sadnice. U prvoj, 2002. godini napada žestoko je zarazila oko 10 % sadnica i nijedna nije preživjela. Sljedeće dvije godine napadi su bili slabiji u cjelini i na pojedinim biljkama. Međutim, ni te biljke, bez obzira na pojedinačni napad, nisu preživjele. U jesen 2005. godine potpuno su stradale biljke u dobi 2+5 i 3+4 (ukupno oko 360 000 sadnica). Kroz 4 godine, 2002–2005., gljiva je potpuno uništila približno 400 000 smrekovih sadnica.

BIOLOGIJA GLJIVE BIOLOGY OF THE FUNGUS

Cech je (1990) utvrdio da gljiva dolazi na smrekama koje gusto rastu i kada je vlažno vrijeme. Na lokalitetu nalaza bio je velik broj maglovitih dana čime je vlažnost povećana. On smatra da vremenske prilike djeluju predisponirajuće za napad gljive, a da se poslije gljiva može širiti i bez ekstremno visoke zračne vlage.

Lang je (2000) gljivu utvrdio na običnoj smreci i omorici, Butin (1995) na običnoj smreci, duglaziji i običnom boru, a Francis (1986) za njezine domačine na-



Slika 3. Složaj smrekovih sadnica zaraženih gljivom *R. mycophila*
Figure 3 Stack of spruce saplings attacked by *R. mycophila*



Slika 4. Golčka loka okružena brdima
Figure 4 Valley of "Golčky loka" closely surrounded by hills

vodi četinjače. U našem slučaju utvrđena je na običnoj smreci i običnoj jeli. Prema tomu 2002. godina je prvi nalaz *R. mycophila* u Hrvatskoj i prvi nalaz na običnoj jeli kao domaćinu uopće. Na smrekama iste dobi u rasadniku Kuželj nađena je ponovno 2003. i 2004. godine, ali mnogo slabijega intenziteta, a 2005. godine popri-

mila je vrlo ozbiljne razmjere. Općenito je poznato da vrste iz roda *Rosellinia* za svoj život zahtijevaju visoku zračnu vlagu. Prema stanju u rasadniku Kuželj očito je da je *R. mycophila* izričito zahtjevna prema visokoj zračnoj vlazi. Rasadnik Kuželj se nalazi u Kupskoj dolini uz rječicu Golčku i s tri je strane okružen brdima. U takvu okružju osiguran je izvor i zadržavanje zračne vlage. K tomu smreke su s obzirom na dob i veličinu preguste, a ljeta 2002. godine je bilo izuzetno kišovito, te su svi uvjeti bili zadovoljeni za zarazu i razvoj gljive. Izrazito suha i topla 2003. godina utjecala je na gljivu tako da je oboljelo samo nekoliko sadnica. Sljedeća 2004. godina bila je hladnija i vlažnija, te su napadi iste gljive bili pojačani. Uz pojedinačne, stradale su i skupine sadnica, ali napad nije bio ni približan onomu iz 2002. godine. S obzirom na vlažno ljeto 2005. godine i vrlo gust rast sadnica pokazalo se da su postojali povoljni uvjeti za gljivu. To je rezultiralo njezinim jakim razvojem.

MJERE ZAŠTITE SANITARY METHODS

Osnovna mjera zaštite sastoji se u tome da se na bilo koji način otkloni visoka zračna vlaga u smrekovim krošnjama i na površini iglica. Jedna od mogućnosti je rjeđa sadnja unutar gredice i kraće vrijeme uzgoja. Naime, gljiva nije utvrđena na smrekama 2+2 jer u to doba krošnje nisu gusto sklopljene. Na smrekama 3+3 zbog guste sadnje i porasta biljaka došlo je do vrlo gustoga sklapanja krošnja. Unutrašnjost je krošnje bila u potpunoj zasjeni i bez prozrake. Nastali su vrlo veliki uvjeti za zadržavanje vlage. Takve su biljke bile predisponirane za zarazu gljivom *R. mycophyla* i njezin dalji razvoj. Ako se opaze prve zaraze, treba biljke prorijediti da bi se smanjila zračna vlaga i onemogućilo napredovanje gljivi. Najsigurnija je mjera da se smreke ne uzgajaju 2+4 ili 3+3 godina, već 2+2. Tu ujedno dolazi i pitanje kako je s kasnijom presadnjom toliko starih i visokih smreka. Prilikom vađenja sadnica oboljele treba odvojiti i spaliti čime se smanjuje infekcijski potencijal gljive i mogućnost novih zaraza.

Kemijska je zaštita veoma upitna u smislu preventive i kurative i to zbog praktične primjene u gustom sklopu i nedovoljnoga poznavanja gljive.

Veoma je važno znati da će se na prethodno zaraženoj gredici sljedeće godine bolest veoma proširiti. Zato je prijeko potrebno sve zaražene biljke u tekućoj godini povaditi, a zdrave presaditi na veći razmak. Tim se postupkom onemogućuje trajno zadržavanje visoke zračne vlage, otklanjaju se važni uvjeti za razvoj gljive i uvelike se smanjuje njezin infekcijski potencijal.

VRSTE IZ RODA *Rosellinia* NA ČETINJAČAMA CONIFER ATTACKING *Rosellinia* SPECIES

U literaturi je opisano nekoliko vrsta iz roda *Rosellinia* na različitim organima (dijelovima) četinjača i različitim patogenih svojstava. Ukratko donosimo pregled tih vrsta.

R. mycophilla (Fr.:Fr.) Sacc

Sinonim: *R. minor* (Höhnel) S. M. Francis

Francis (1986) upozorava da je *R. mycophila* pod imenom *R. minor* (Höhnel) S. M. Francis (sinonim) poznata kao jak patogen četinjača u Europi i Sj. Americi. Lang (2000) također navodi da je *R. minor* sinonim *R. mycophila*, a kao domaćine navodi običnu smreku i Pančićevu omoriku.

Butin (1995) za tu gljivu, pod nazivom *R. minor*, daje nešto opširnije podatke. On navodi da gljiva u početku raste epifitski pokrivajući iglice i izbojke gustim slojem smeđobijelog micelija. U napretku bolesti iglice posmeđe, što upućuje na parazitsku fazu gljive. Kao domaćine navodi običnu smreku, duglaziju i obični bor.

Veoma detaljne podatke o *R. minor* i srodnim gljivama dao je Cech (1990). On je u Austriji 1987. godine gljivu otkrio u jednoj smrekovoj kulturi namijenjenoj za božićna drvca, a uspostavljenom tri godine prije. Razmak među posadenim biljkama bio je 1 × 1,1 m, što je u sklopljenim krošnjama osiguralo visoku zračnu vlagu iglica. Prve godine napada bolest je započela na donjim granama, a sljedeće zahvatila 2/3 visine stabla ili se širila od vrha stabala koja su rasla u vrlo gustom sklopu. Smreke su bile visine do 6 metara.

R. thelena (Fr. i Fr.) Rabh.

Rasprostranjena je u Europi i Sj. Americi. Smatra se da je ta gljiva tipična za nedavno osušeno drvo, grane i iglice četinjača. Ona je utvrđena kao endofit na zdravim četinjačama i otpalim iglicama pri stalnoj visokoj vlazi. Nađena je na kori i deblu obične jele, na izbojcima i iglicama obične smreke, na nekim drugim četinjačama, ali i na kori hrasta lužnjaka, crne johe i obične bukve.

Ovo su gljivi slične vrste *R. thelena* var. *microspora*, *R. desmazieresii* i *R. mycophila*. Razlikuju se u nekim značajkama askospora.

R. thelena (Fr. i Fr.) Rabh. var. *microspora* L. E. Petrini

Za ovu je gljivu poznato da dolazi na izbojcima obične smreke. Utvrđena je u Italiji, Švicarskoj i Francuskoj. Nisu nađeni podaci o njezinoj patogenosti.

R. diathrausta (Rehm) L. E. Petrini

Rasprostranjena je na Alpama. U Japanu i Sj. Americi dolazi u ekstremnim klimatskim uvjetima iznad 2000 m n. v. na mrtvim granama četinjača koje su odvojene od debla.

R. desmazieresii (Ber. et Br.) Sacc.

Nađena je u Poljskoj na običnom boru koji je rastao u kulturi s hrastom. Stablo zarazuje kroz koru, uzrokuje slab rast, a možda i smrt stabla. O njezinoj prisutnosti postoje rijetki izvještaji iz nekoliko europskih zemalja. Neki je smatraju opasnim patogenom korijena.

R. herpotrichioides Hepting et Davidson

Peace (1962) navodi da u SAD-u napada donje iglice na duglazijevim sadnicama kojima nanosi određenu štetu, a one mogu i uginuti. U rasadniku na gredicama s puno vode i visokom zračnom vlagom mogu nastati velike štete. U SAD-u je također utvrđena na iglicama i izbojcima čuge. U Francuskoj je nađena na običnoj smreci (Vegh 1984). Ófong i Pearce (1994) izvješćuju o nalazu na vrbi, a Cech (1990) navodi da je kao patogen različitih rodova četinjača poznata u Sj. Americi i Japanu.

R. byssiseda (Tode) Schroeter

Peace (1962) izvještava da u Britaniji uzrokuje ugibanje smrekovih iglica na gusto rastućim sadnicama. Isto navodi i Cech (1990) za trogodišnje smrekove sadnice u Rumunjskoj. Arx i Müller (1954) spominju da je to sinonim za *R. aquila*.

R. strobilina Alb. et Schw.

Arx i Müller (1954) navode da dolazi na trulim češernim ljuskama borova i jela u Europi.

R. aquila (Fr. i Fr.) De Not.

Ovo je tipična vrsta roda *Rosellinia*. Rasprostranjena je u Europi, Japanu i Sj. Americi. U Francuskoj dolazi na područjima pod atlantskim utjecajima, a u V. Britaniji je poznata kao česta vrsta. Poznato je da dolazi na različitim vrstama listača i na četinjačama. Utvrđeno je da u V. Britaniji pravi velike štete smrekovim sadnicama u rasadnicima, a osim na smreci nađena je i na omorici (Peace 1962).

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Dosta autora tvrdi da je napad gljiva iz roda *Rosellinia* na mlade biljke četinjača izravno povezan s visokim sadržajem zračne vlage u dužem razdoblju. Također ističu da je za to odgovorniji gusti sklop nego mjesto gdje smreke rastu i tlo gdje su posađene.

U literaturi se stalno nailazi na podatke da *R. mycophila* napada mlade smreke do 3 metra visine. Takvi navodi upućuju i na naš slučaj. Naime, u rasadniku Kuželj prirodno su osigurani uvjeti za visoku zračnu vlagu (blizina rječice, okruženost brdima – ograničeno strujanje zraka) i rast biljaka u veoma gustom sklopu te dob od 6 i 7 godina. Iz toga izlazi da su postojali svi uvjeti za zarazu i razvoj gljive *R. mycophila*. Veoma je važno istaknuti da su biljke gnojene iznad svih normi, što im je omogućilo brzi visinski rast i sklapanje krošanja. To je uz navedeno veoma bitno za stvaranje povoljnih uvjeta za gljivu.

Iz prikazanoga pregleda vidljivo je da na četinjačama dolazi više vrsta iz roda *Rosellini* koje dolaze na nekoliko rodova četinjača. Sve se vrste razlikuju po morfološko-taksonomskim i patogenim karakteristikama, ali i po ekološkim zahtjevima te po patogenosti. Izgleda da se radi o skupini vrlo srodnih gljiva. S obzirom na sve izneseno očito je da je gljiva *R. mycophila* veoma značajan patogen za mlade smreke i da ju treba u budućnosti detaljno istražiti. K tomu treba uzeti u obzir da se slične pojave mogu dogoditi i u šumama gdje smreke rastu u gustom sklopu i s visokim sadržajem vlage. Prema spoznajama na smrekama u rasadniku Kuželj *R. mycophila* je uzrokovala najveće do sada zabilježene štete.

LITERATURA REFERENCES

- ⊥ Arx, J. A. von, E. Müller, 1954: Die Gattungen der amersporen Pyrenomyceten. Beitr. z. Kryptogamenflora d. Wchweiz 11, Helf 1.
- ⊥ Butin, H., 1995: Tree Diseases and Disorders. Oxford University Press.
- ⊥ Cech, T., 1990: *Rosellinia minor* (Höhn.) Francis in Christbaumkulturen. European Journal of Forest Pathology, 20 (2): 65–128.
- ⊥ Dennis, R. W. G., 1978: British Ascomycetes. Cramer, Vaduz.
- ⊥ Francis, S. M., 1986: Needle Blights of Conifers. Trans. Br. mycol. Soc. 87: 397–400.
- ⊥ Glavaš, M., 2003: Zdravstveno stanje biljaka i mjere zaštite u šumskim rasadnicima u Hrvatskoj u 2002. godini. Šumarski list, 5 – 6: 257–268.
- ⊥ Glavaš, M., 2003a: Jak napad gljive *Rosellinia mycophila* (Fr.:Fr.) Sacc. na smrekovim sadnicama u rasadniku «Kuželj» (šažetak). Glasilo biljne zaštite, 3 (1): 63–64.
- ⊥ Glavaš, M., J. Margaletić, 2003: Štetnici i bolesti u šumskim rasadnicima u Hrvatskoj u 2002. godini i mjere zaštite. Prvi simpozij poljoprivrede, veterinarstva i šumarstva. Poljoprivredni, Veterinarski i Šumarski fakultet Sarajevo, Zbornik radova, 221–229.
- ⊥ Glavaš, M., A., Vukadin, J. Margaletić, 2004: Štetnici, bolesit i mjere zaštite u šumskim rasadnicima u 2003. godini. Glasilo biljne zaštite, 1 – dodatak, 32–33.
- ⊥ Kirk, P. M., P. F. Cannon, J. C. David, J. A. Stalpers, 2001: Dictionary of the Fungi. CAB International.
- ⊥ Lang, 2000: *Rosellinia: Picea omorika*. WWW.forest.tu-muenchen.de
- ⊥ Lanier, L., P. Joly, P. Bondoux, A. Belemare, 1976: Mycologie et Pathologie Forestieres. II Pathologie Forestière. Masson, Paris.
- ⊥ Migula, W., 1913: Kryptogamen – Flora von Deutschland, Deutsch-Österreich und der Sweiz, Band III. Pilze, Teil. 1. Abteilung. Ver. Friedrich von Zezschwitz Gera, R.
- ⊥ Ofong, A. V., R. B. Pearce, 1994: Suberin Degradation By *Rosellinia desmazieres* ii. European Journal of Forest Pathology, 24 (6–7): 316–322.
- ⊥ Peace, T. R., 1962: Pathology of trees and shrubs. Oxford: Clarendon Press.
- ⊥ Petrini, L. E., O. Petrini, 2005: Morphological studies in *Rosellinia* (Xylariaceae): The First step towards a polyphasic taxonomy. www.
- ⊥ Vegh, I., 1984: Identification of *Rosellinia herpotrichioides* Hepting et Davidson on ornamental *Picea excelsa* in France. RPP 68, 8, 3614.
- ⊥ Vukadin, A., M. Glavaš, 2003: Rezultati zdravstvenog pregleda šumskih rasadnika u 2002. godini (šažetak). Glasilo biljne zaštite, 3 (1): 45.
- ⊥ Vukadin, A., M. Glavaš, 2004: Rezultati zdravstvenog pregleda šumskih rasadnika u 2002. godini. Glasilo biljne zaštite, 4: 232 –236.

Rosellinia mycophila (Fr.:Fr) Sacc. AN IMPORTANT DISEASE ON SPRUCE SAPLINGS

SUMMARY

The Ascomycetes genus *Rosellinia* De Not. encompasses nearly 100 species both on conifers and broadleaves. Several species are known on European conifers that are differentiated by their morphological features and pathogenity. Among these, *R. mycophila* (Fr.:Fr.) Sacc. (syn. *R. minor*) is known on common spruce, Serbian spruce and Scots pine. It is present both in Europe and North America.

First records of this pathogenic fungus originate on common spruce and silver fir saplings (3+3 and 4+0 respectively) from the Kuželj nursery near the town of Delnice in the year 2002. In the two following years infection intensity on spruce saplings decreased and erupted on 6 and 7 year old young spruce plants in the year 2005. During the 4-year period the fungus killed nearly 400 000 young spruce plants. It was proven that high air humidity added to the expansion of the disease in the overgrown and densely growing spruce thicket in the nursery.

Sanitary methods that were suggested included thinning of densely overgrown spruce plants, balanced manuring and shorter production cycles. Infected plants had to be taken out and burned in order to suppress the disease causing fungus.

Key words: *Rosellinia mycophila*, mycelium, conifers, common spruce, nursery, damage, temperature, air humidity

UDK: 630*411.12

REZULTATI JEDNOGODIŠNJEGA MOTRENJA POPULACIJA POTKORNJAKA NA ŠIREM PODRUČJU RISNJAČKOGA MASIVA SUSTAVOM FEROMONSKIH KLOPKI

ONE YEAR BARK BEETLE MONITORING RESULTS IN THE WIDER
AREA OF MT. RISNJAK WITH THE AID OF PHEROMONE TRAPS

BORIS HRAŠOVEC, MILAN PERNEK, DINKA MATOŠEVIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Na širem području Risnjaka, na 11 lovnih lokacija, u tipičnim šumskim zajednicama Gorskoga kotara obavljeno je tijekom 2001. godine motrenje pojave i oscilacije populacija potkornjaka. Skupljanje rojećih potkornjaka obavljeno je naletnim barijernim klopama tipa THEYSOHN® opremljenima poznatim feromonskim pripravcima za lov smrekova pisara (*Ips typographus* L.) i crnogoričnoga ljestvičara (*Xyloterus lineatus* Oliv.). Dodatno, u ulovima je posebno izdvajan i bukovi ljestvičar (*X. signatus* L.). Rezultat je pregleda 184 pojedinačnih ulova (prosječno 18 lovnih uzoraka po svakoj lovnjoj lokaciji) 114 927 jedinki potkornjaka izdvojenih pojedinačno i ručno prebrojenih. Do razine vrste determinirane su sljedeće vrste potkornjaka: crnogorični ljestvičar – 97 196 jedinki, bukovi ljestvičar – 12 450 jedinki i smrekov pisar – 5281 jedinka. Među gotovo 100 000 ulovljenih i determiniranih primjeraka potkornjaka nije potvrđen ni jedan nalaz *Xyloterus laevis* Eggers, vrste relativno nedavno otkrivene u sličnim feromonskim ulovima u središnjoj Europi. Temeljem rezultata provedenoga istraživanja pretpostavlja se da južnije od Risnjaka i istraživana dijela gorske Hrvatske ova vrsta ne pridolazi.

U radu se komentira sezonska dinamika motrenih populacija potkornjaka, njihovi relativni kvantitativni odnosi prema visinskoj i prostornoj razdiobi lokacija ulova. Razlike se objašnjavaju osobitostima samih lokacija, njihovim ambijentalnim obilježjima te blizinom ili udaljenošću od sastojina u kojima se provode gospodarske mjere. Također, ukupni godišnji ulovi smrekova pisara uspoređuju se s ulovima ove vrste dobivenima redovitim motrenje djelatnika UŠP Delnice, iz čega se zaključuje da su ulovi na ovim lovnim pozicijama višestruko veći od onih dobivenih unutar granica NP „Risnjak“. Zbunjuje međutim činjenica da su najmanji ulovi u gospodarskim sastojinama čak četverostruko niži od najvećih ulova u gotovo prašumskim sastojinama u središnjem masivu Velikoga Risnjaka. Zaključuje se da samo na temelju tako prikupljenih podataka

nije moguće utvrditi koje su populacijske razine kritične, odnosno kada su opasnost za sastojinu u kojoj se pojave. Provedena je metoda svakako dobra osnova za nastavak motrenja i može poslužiti kao odličan praktični oslonac za uvođenje jedinstvene metode motrenja na razini države.

Ključne riječi: motrenje, feromonske klopke, potkornjaci, *Ips typographus*, *Xyloterus lineatus*, *Xyloterus domesticus*. Risnjak, Hrvatska

UVOD INTRODUCTION

U stabilnom šumskom ekosustavu jednu od važnih ekoloških uloga imaju sekundarni ksilofagni šumski organizmi među kojima su najpoznatiji potkornjaci. Taj pojam u šumarskoj znanosti označuje osobitu skupinu organizama koji mogu uspješno napasti stablo tek u slučaju kad ono fiziološki oslabi. U uvjetima nenarušene ekološke ravnoteže ti se organizmi javljaju kao prirodni reduktivni čimbenici koji ubrzavaju izlučivanje i propadanje preraslih ili bolesnih jedinki. U prirodnim, prebornim šumskim zajednicama na taj je način osiguran kontinuitet i potrajnost šume kao cjeline (Atkins 1966). Kad dođe do odstupanja od normalnoga zdravstvenoga stanja, tj. kad se značajno poveća udio prikladnoga drveća za njihov razvoj, brojnost se tih organizama također iznimno poveća (Borden i Fockler 1973).

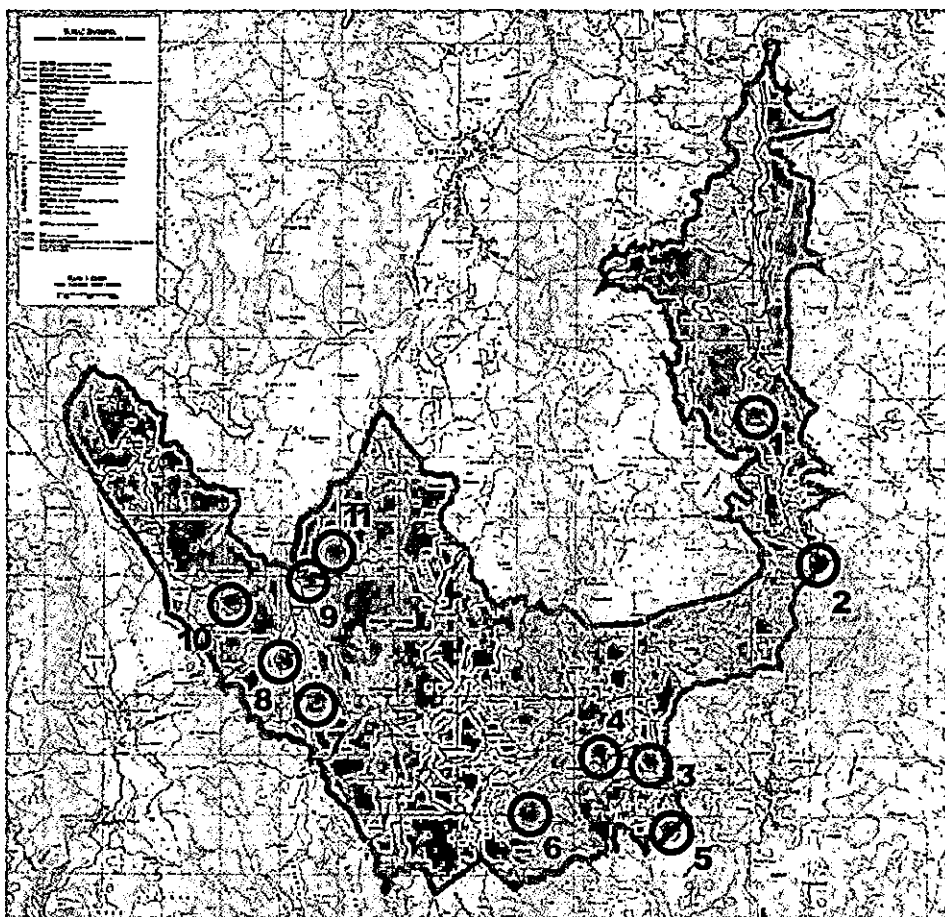
Prema dosadašnjim spoznajama veći dio tih promjena u brojnosti može se tumačiti upravo porastom količine dostupne hrane na nekom području. Poznati su nedavni primjeri drastičnoga porasta gustoće populacija nekih vrsta potkornjaka u središnjoj i zapadnoj Europi povezanih s katastrofalnim vjetroizvalama uzrokovanim orkanskim vjetrovima. Sličan učinak na bujanje njihovih populacija imaju i i razne druge abiotske ekscesne pojave kao što su: snjegolomi i snjegoizvale, dugotrajne suše i produljena razdoblja neuobičajeno visoke temperature zraka. S druge strane, njihov broj može porasti nakon povećanih i preintenzivnih sječa, osobito kad se one provode na velikim površinama i kad se trupci pravodobno ne odvoze iz šume. Jedno od temeljnih načela šumske higijene u takvim situacijama jest da se već napadnuto drvo mora obvezno sanirati i spriječiti dalji razvoj potkornjaka, dok se trupci koji još nisu napadnuti, štite okoravanjem, odvozom iz zone napada ili tretiranjem zaštitnim tvarima (Diminić i dr. 1996, Pernek 2003).

Poseban problem javlja se posljednjih godina u interpretaciji i razumijevanju ovih pojava u blizini i unutar područja objekata zaštićene prirode, poglavito nacionalnih parkova. Često se čuju i dijametralno suprotni stavovi o tome kako nastaju i otkuda se širi prenamnoženost populacija potkornjaka. Temeljni oslonac za kvalitetniju i argumentima poduprtu raspravu najčešće nedostaje, a to je bolje poznavanje vremenske i prostorne pojave i distribucije potkornjaka na nekom području. Metoda ulova imaga u razdoblju njihova rojenja uz pomoć feromonskih klopki jedan je od najobjektivnijih kvantitativnih pokazatelja koji nam danas stoje na raspo-

laganju (Hrašovec 1995, Hrašovec i Harapin 1999). S obzirom na dostupnost tehnologije i već široku primjenu u ostatku Europe odlučili smo provedenim istraživanjem zahvatiti jedno od potencijalno problematičnih područja Gorskoga kotara kako bismo došli do osnovnih pokazatelja vremenske i prostorne distribucije nekolicine najvažnijih vrsta potkornjaka ovoga područja.

MATERIJAL I METODE MATERIALS AND METHODS

Tijekom 2001. godine na širem području risnjačkoga masiva, u rubnim i središnjim dijelovima Nacionalnoga parka „Risnjak“, na 11 visinski i sastojinski različiti lokacija, obavljano je redovito skupljanje potkornjaka ulovljenih na feromonskim klopama (slika 1). Prilikom uspostave pokusa vodili smo se brojnim inozemnim, ali i domaćim iskustvima pa smo odabrali tip naletno-barijerne klopke renomiranoga proizvođača THEYSOHN® (Hrašovec 1995, Pernek 2002b, 2003). Početkom 2002. godine započela je i zamjena dotadašnjih cjevastih klopki tim tipom klopke na lokacijama na kojima “Hrvatske šume” provode nadzor populacija smrekovih potkornjaka. Umjesto pojedinačne klopke THEYSOHN® koristili smo se sustavom od triju povezanih klopki u jedinstveni lovni komplet, u sredinu kojega je stavljan feromonski pripravak. Takav je sustav djelotvorniji u lovu potkornjaka i prema najnovijim domaćim istraživanjima može postići višestruko veće ulove nego pojedinačna klopka istoga tipa. Usporedba s cjevastom klopkom, koja se nedavno jedino upotrebljavala u hrvatskom šumarstvu, još je drastičnija. Poredbeni ulovi takve lovne kompozicije i 10-struko su veći od cjevaste klopke. To nam je svojstvo bilo od iznimne važnosti s obzirom na to da smo očekivali relativno niže ulove potkornjaka u usporedbi s gospodarskim šumama u kojima su se dosada proizvodila slična metoda kontrole brojnosti ovih ksilofaga. Ukupno je osnovano 11 lovnih lokacija na kojima su bile montirane po tri složene barijerne klopke THEYSOHN®, podignute na visinu od 1,3 m (donji rub klopke) i učvršćene na posebno pripremljene, impregnirane smrekove oblice. Kod orijentacije triju razmaknutih klopki bilo je definirano da jedna od njih bude usmjerena u smjeru sjevera tako da su preostale dvije (sve zajedno usmjerene su međusobno u uglove istostraničnoga trokuta) bile usmjerene u smjeru jugozapada i jugoistoka. Tako je osigurana jednoznačna pozicija klopki s obzirom na učinak insolacije i na eventualno nejednoliko zagrijavanje feromona (a time i različit intenzitet hlapljenja, tj. različito jak učinak privlačenja potkornjaka). Odabir vrsta potkornjaka za koje bi se uspostavio sustav nadzora feromonskim klopama bio je određen dostupnošću tržišno etabliranih i dorađenih feromonskih pripravaka. Jedan od najstarijih i najkvalitetnijih je pripravak namijenjen ulovu smrekova pisara (*Ips typographus* L.) pod komercijalnim nazivom PHEROPRAX® tvrtke BASF®. Zbog dokazane kakvoće, ali i temeljem domaćih nedavnih istraživanja odlučili smo se upravo za taj pripravak. Tako je odabir smrekova pisara bio logičan i povezan s dobro razrađenom tehnolo-



Slika 1. Položaj feromonskih lovnih lokacija na širem području Risnjaka tijekom 2001. godine (tamnije je označeno područje obuhvaćeno NP "Risnjak")

Figure 1 Distribution of the pheromone trapping sites in the wider area of Mt. Risnjak in the year 2001 (area under the National Park "Risnjak" is denoted in darker color)

gijom i mogućnostima usporedbe dobivenih rezultata s rezultatima mnogih europskih zemalja koje toga ksilofaga prate već duže godina. Uz to, u istraživanju je korištena najnovija formulacija toga pripravka koja se već upotrebljava u susjednim zemljama, tzv. PHEROPRAX AMPULA[®], koja je u prednosti pred standardnim pripravkom jer ima produljeno trajanje hlapljenja i može pokriti razdoblje proljetnoga i ljetnoga rojenja.

Izbor drugoga feromonskoga pripravka imao je za cilj da se barem djelomično pokrije biološki kompleks ksilofaga jele. U tu je svrhu iskorišten feromonski pripravak istoga proizvođača pod nazivom LINOPRAX[®]. Radi se o pripravku namijenjenju lovu crnogoričnoga ljestvičara (*Xyloterus lineatus* Oliv.) koji se u buko-

vo-jelovim šumama javlja kao ksilofag jele i smreke. Zamjena feromonskih dispenzera obavljena je različito s obzirom na tip dispenzera. Prva serija dispenzera LINOPRAX[®] postavljena je u razdoblju od 16. veljače do 16. svibnja 2001. godine (najveći broj dispenzera prve serije montiran je tijekom travnja). Druga serija dispenzera LINOPRAX[®] zamijenjena je zajedno s prvom (i jedinom) serijom dispenzera PHEROPRAX AMPULA[®], i to 28. i 29. svibnja iste godine. Ukupno su tijekom istraživanja utrošena 23 dispenzera LINOPRAX[®] i 11 pakovanja pripravka PHEROPRAX AMPULA[®]. Terensko skupljanje ulova obavljano je u tjednim razmacima (za svaku lovnu lokaciju pojedinačno). Od trenutka uspostavljanja režima nadzora (montaža klopke i postavljanje feromona) svaki je tjedan praznjen sadržaj triju lovnih posuda na lovnoj lokaciji i pohranjivan u plastični kontejner s razrijeđenim polipropilenglikolom kao konzervansom. U posudu je ubacivan i podatak o vremenu ulova, lovnoj lokaciji i eventualnim primjedbama (npr. snijeg na klopki, oštećena klopka, oštećen feromonski dispenzer i sl.). Tijekom laboratorijske obrade ulovi su najprije morali biti očišćeni od različitoga otpada (biljni otpaci, pelud, iglice, grančice). Izdvojeni kukci tada su prosušeni na filter papiru i nakon toga su ugrubo taksonomski obrađeni. Prvo je bilo potrebno izdvojiti ciljane od neciljanih vrsta (kojih je zbog kakvoće pripravaka i uske selektivnosti bilo vrlo malo). U drugom redu taksonomske obrade izbrajana je fauna potkornjaka, i to na način da je kod dviju vrsta ljestvičara definiran i spol, dok je kod smrekova pisara utvrđivan samo ukupan broj jedinki.

REZULTATI RESULTS

Tijekom 2001. godine na 11 lovnih lokacija skupljena su ukupno 184 pojedinačna ulova iz kojih je izdvojeno i ručno prebrojeno 114 927 jedinki potkornjaka. Do razine vrste determinirane su ove vrste potkornjaka: crnogorični ljestvičar (*Xyloterus lineatus* Oliv.) – 97 196 jedinki, bukov ljestvičar (*X. domesticus* L.) – 12 450 jedinki i smrekov pisar (*Ips typographus* L.) – 5281 jedinka. Tijekom brojenja i izdvajanja crnogoričnoga ljestvičara posebno je izdvojeno 5 primjeraka koji su bili vrlo nalik vrsti *Xyloterus laeve* Eggers. Supervizija ovoga materijala u 2002. godini, koju je obavio Miloš Knížek, europski autoritet za determinaciju potkornjaka (Pfeffer 1994), potvrdila je da se radi o kolorističkoj varijaciji običnoga, crnogoričnoga ljestvičara, odnosno da u gotovo 100 000 ulovljenih primjeraka ove vrste nije potvrđen ni jedan nalaz vrste *X. laeve*.

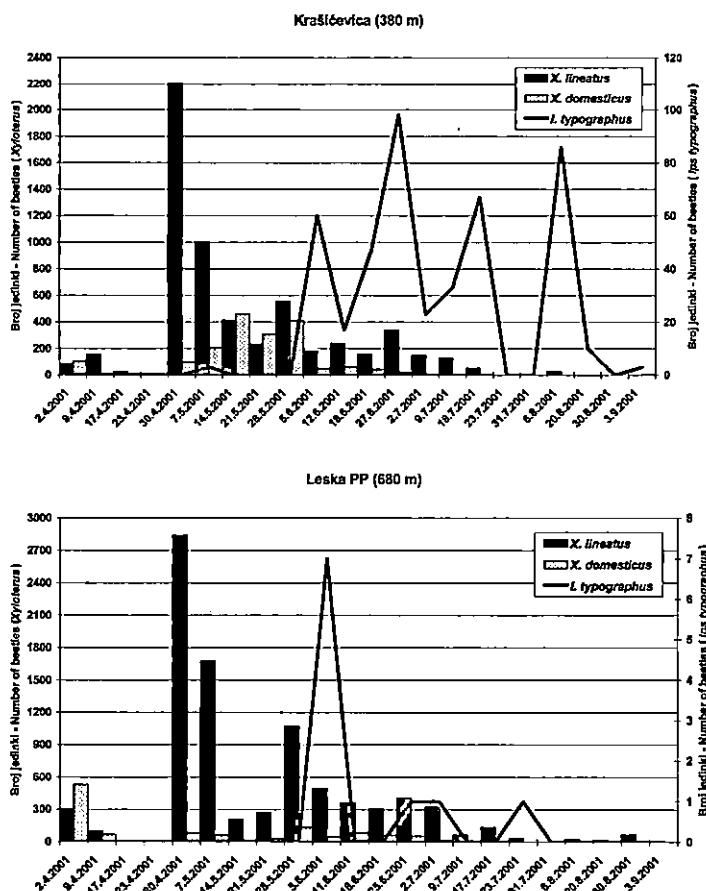
ULOV POTKORNJAKA PO LOVNIM LOKACIJAMA BARK BEETLE CATCHES ON TRAPPING SITES

1. Krašićevica

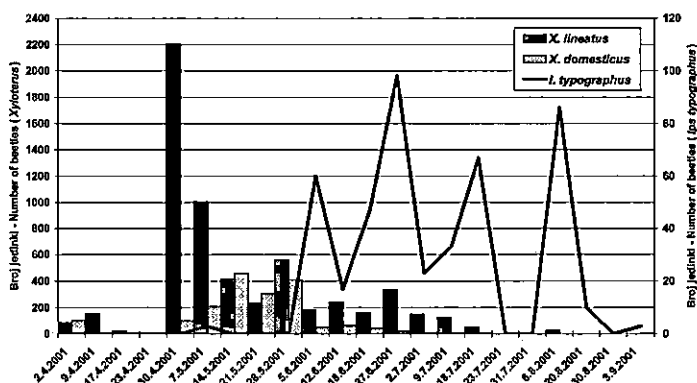
Lovna lokacija 1 – Krašićevica najniže je nadmorske visine (380 m) i gravitira kupskoj dolini, njezinu izvorišnomu području. Ulovi potkornjaka u usporedbi s

Slika 2. Fenodijagrami godišnjih ulova *X. lineatus*, *X. domesticus* i *I. typographus* u 2001. godini i komparativni dijagram zbirnih ulova na svih 11 lovnih lokacija. Svaki od 11 fenodijagrama ima zasebno mjerilo na osi Y s obzirom na različite apsolutne iznose ulova potkornjaka na pojedinim lovnim lokacijama

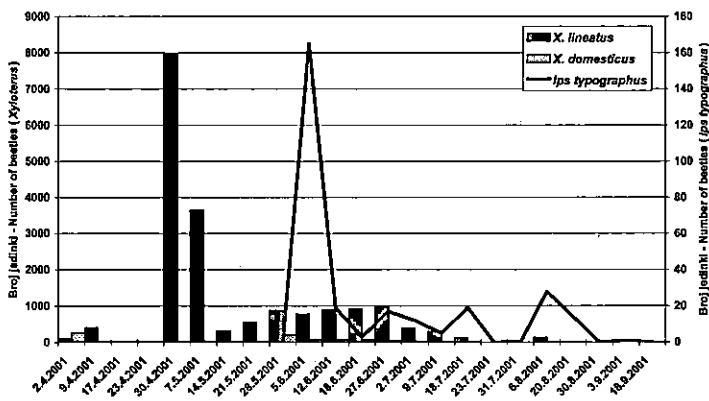
Figure 2 Phenological diagrams of the yearly catches of *X. lineatus*, *X. domesticus* i *I. typographus* in 2001 and comparative diagram of total catches in all of the 11 trapping locations. Each of the 11 phenological diagrams has its own Y axis scale due to the large variability of absolute catches within the trapping locations



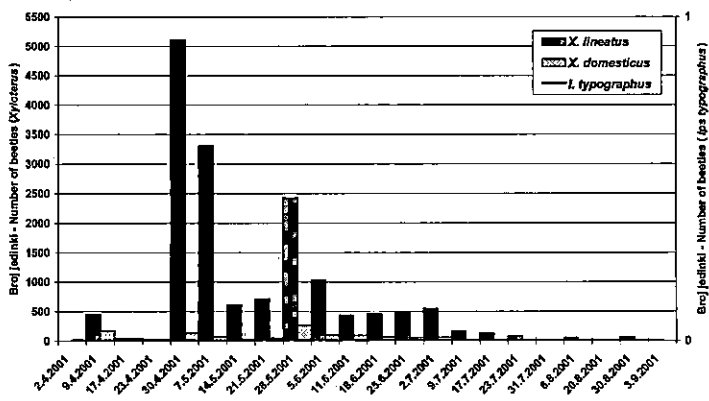
Krašičevica (380 m)



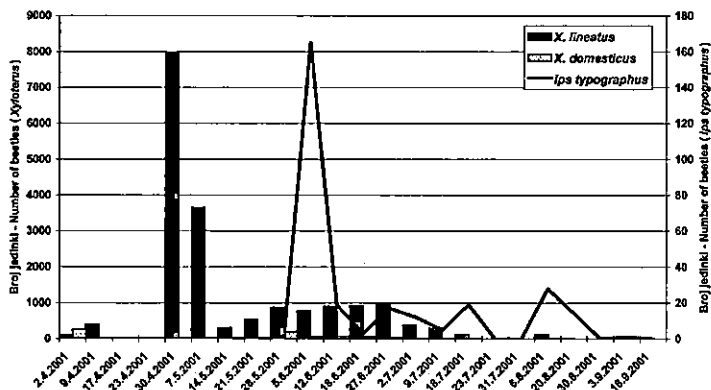
Blijevina (729 m)



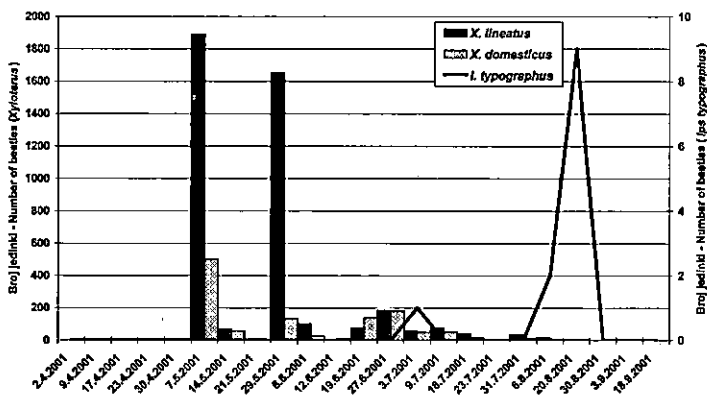
Leska (720 m)



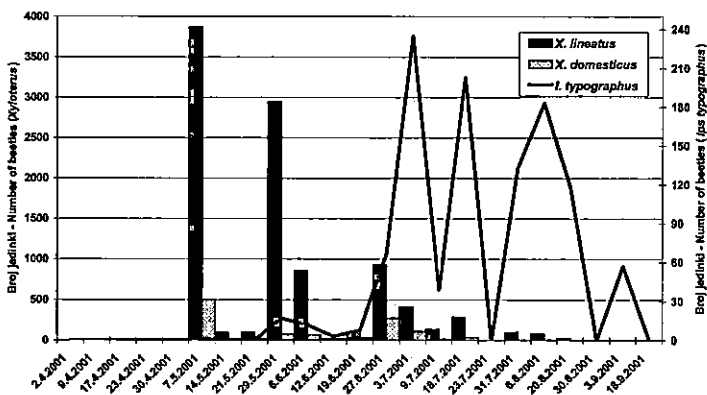
Biljevina (729 m)

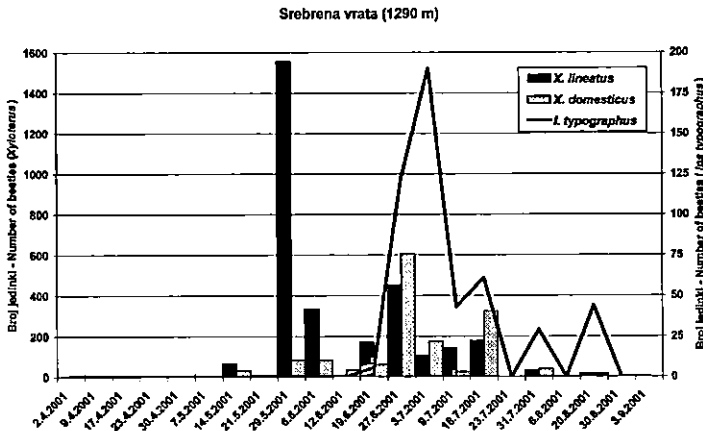
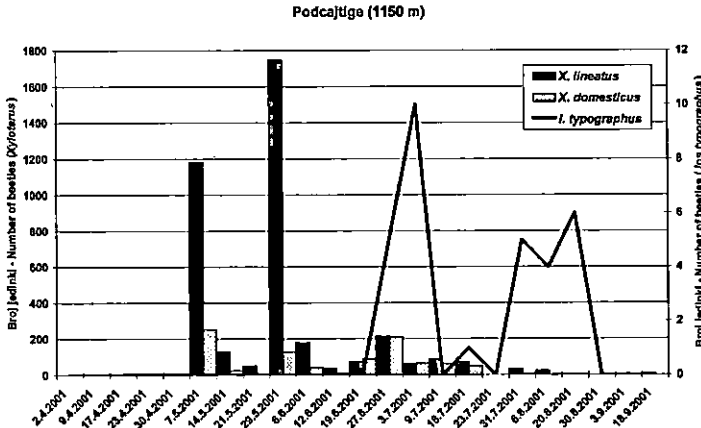
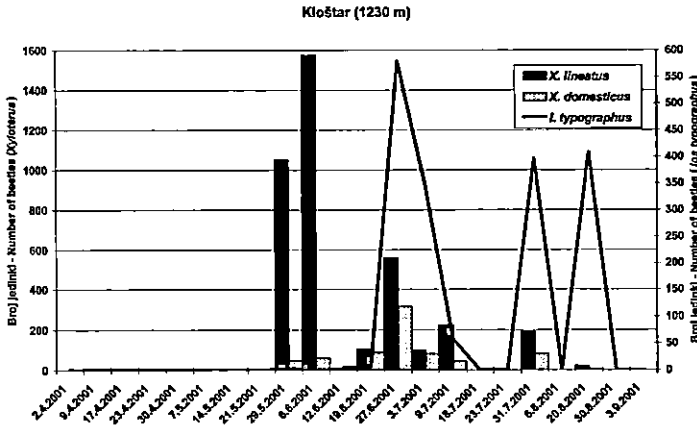


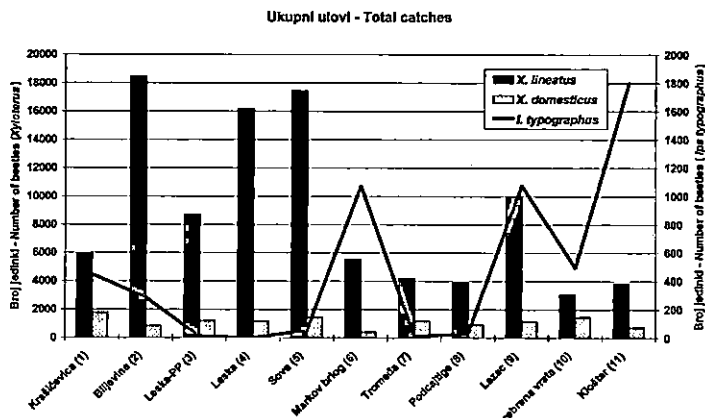
Tromeđa (1190 m)



Lazac (1055 m)







ostalim lokacijama relativno su manji, ali je znatan udio vrste *X. domesticum*. S 1784 uhvaćene jedinke *X. domesticus* ova je lovna lokacija na vrhu ulova ove vrste. Degradiranost okolnih sastojina zbog utjecaja čovjeka vjerojatan je razlog takvu odnosu ulovljenih vrsta. Drugi je vjerojatni čimbenik nadmorska visina.

2. Biljevina

Lovna lokacija 2 – Biljevina smještena je na samom istočnom rubu parka i nalazi se na nadmorskoj visini od 729 m. To je lokacija na kojoj smo ulovili apsolutno najviše jedinke potkornjaka (19 599) kroz relativno dugačko razdoblje lova (od 2. travnja do 18. rujna). Maksimalno rojenja crnogoričnoga ljestvičara zabilježen je u posljednjem tjednu travnja (ulov 30. travnja) i nije zabilježen posebno osobito izražen drugi nalet potkornjaka. Na klopki su tijekom cijele godine ulovljene 283 jedinke smrekova pisara koji je pokazao tek jedan maksimum rojenja (5. lipnja). Kako je feromon za ovu vrstu postavljen 28. svibnja, ulovljen je tek završetak proljetnoga rojenja ove vrste. Nešto povećani ulovi 6. kolovoza upućuju na mogućnost pojave brojčano vrlo slabe 2. generacije potkornjaka.

3. Leska PP – trajna pokusna ploha

Lovna lokacija 3 – Leska PP (680 m) definirana je unutar površine trajne pokusne plohe Šumarskoga instituta iz Jastrebarskog. Prvi maksimum rojenja crnogoričnoga ljestvičara zbio se koncem ožujka. Drugi, mnogo izraženiji maksimum javlja se u tjednu koji završava s 30. travnjem, dakle otprilike mjesec dana poslije. 28. svibnja primjećuje se još jedan manje izražen maksimum. Ulov nakon toga stalno pada sve do posljednjih ulovljenih jedinki 1. rujna 2001. godine. Ulov smrekova pisara iznimno je nizak.

4. Leska

Lovna lokacija 4 – Leska na približno istoj je nadmorskoj visini (720 m) kao i prethodna. Možemo smatrati indikativnim i činjenicu da je na ovoj klopki ulovljena treća najveća količina potkornjaka u usporedbi s cjelogodišnjim ulovima svih

ostalih lokacija (u blizini su jele koje se suše). Na ovoj lovnoj lokaciji nije ulovljen ni jedan primjerak smrekova pisara, što s jedne strane upućuje na izostanak smreke u okolici klopke, ali i na činjenicu da je na širem području klopke stanje populacije ove vrste izrazito endemičnoga karaktera.

5. Sove

Lovna lokacija 5 – Sove (715 m) nalazi se na samom jugoistočnom rubu parka u neposrednoj blizini gospodarske sastojine kojom gospodari Šumarija Crni Lug. Ovo je druga po redu od lovnih lokacija s najvećim ulovom potkornjaka, i to osobito crnogoričnoga ljestvičara. Smatramo da se ovo može dovesti u vezu s pojačanom aktivnošću na sječi u širem području ove lokacije. Vrlo jasno izraženi maksimum rojenja javlja se 30. travnja (odnosno u tjednu prije) i prati ga još jedan manje izraženi maksimum 28. svibnja. Bukov ljestvičar u usporedbi s ulovom na svim ostalim lokacijama nalazi se na drugom mjestu zajedno s lokacijom 10 – Srebrena vrata, uz napomenu da je najveći apsolutni ulov ove vrste ostvaren na najnižoj (i antropogeniziranoj) lokaciji 1 – Krašićevica.

6. Markov brlog

Lovna lokacija 6 – Markov brlog smještena je na nadmorskoj visini od 885 m n. v. i nalazi se na padinama koje imaju opću sjevernu ekspoziciju. Značajno je da je ukupan ulov među slabijima u usporedbi sa svim ostalim lokacijama i da iznosi 5548 jedinki. Ulov smrekova pisara na ovoj je lokaciji drugi po redu zajedno s ulovom na 9 – Lascu. Evidentan je uhvaćeni kraj prvoga rojenja koncem svibnja i pojava drugoga razdoblja rojenja koncem lipnja. Vidljiv je i jedan manje izražen maksimum početkom kolovoza.

7. Tromeda

Lovna lokacija 7 – Tromeda nalazi se na samoj gornjoj granici bukovo-jelove šume u središnjem dijelu zapadno od vrha Velikoga Risnjaka. Nadmorska visina lovne lokacije iznosi 1190 m n. v. Konac travnja završetak je prvoga, proljetnoga naleta crnogoričnoga ljestvičara i evidentno je da je nešto kasnijom montažom klopke zahvaćen tek konac njegova rojenja. Bukov ljestvičar ulovljen je na ovoj lokaciji u relativno visokim količinama (ukupan godišnji ulov 1191 jedinka), ali je već iz grafikona vidljivo da je i ovdje zahvaćeno tek završno razdoblje proljetnoga rojenja (klopka stavljena u funkciju 25. travnja 2001). Smrekov pisar na ovoj je lokaciji registriran tek s 12 primjeraka, što samo pokazuje da se radi o vrlo niskoj gustoći populacije. Zbog tako malenoga broja ulovljenih imaga (a sva su ulovljena tijekom kolovoza, dakle dobrih 2 mjeseca nakon izlaganja feromona) nije potpuno jasno da li je registriran nalet druge generacije potkornjaka ili se radi o jedinoj godišnjoj generaciji s obzirom na nadmorsku visinu lokacije.

8. Podcajtige

Lovna lokacija 8 – Podcajtige (1150 m) nalazi se sjeverozapadno od vrha Velikoga Risnjaka. Ulovi crnogoričnoga ljestvičara na ovoj lokaciji ubrajaju se po apsolutnom iznosu među niske ulove (ukupno 3886) i pokazuju sličnu sezonsku dinamiku kao i na prethodnoj lokaciji. Ipak, ovdje se uočava jasno izražen maksimum koncem svibnja koji je izraženiji od dijela populacije ulovljenoga koncem travnja.

Nakon toga, drugoga maksimuma ulov opada i više nema izraženijih pojava crnogoričnoga ljestvičara do konca razdoblja izlaganja feromona (18. rujna 2001). Ulovi smrekova pisara na ovoj su lokaciji među najnižima i u ukupnom iznosu s tek 31 primjerkom. Pritom je zanimljivo da su prva imaga ulovljena tek mjesec dan nakon izlaganja feromona, što bi moglo indicirati da i nije bilo ranijega rojenja (viša nadmorska visina postaje) pa se ostatak ulova i pojava u dva maksimuma može smatrati razvučenom jednom godišnjom generacijom.

9. Lazac

Lovna lokacija 9 – Lazac (1055 m) smještena je u unutrašnjosti gorske smrekove šume (*Aremonio-Piceetum excelsae* Ht. 1938). Teren je ravan, a u širem kontekstu riječ je o zaravni u koju se s njezine južne strane spuštaju sjeverne padine Sjevernoga Maloga Risnjaka. Ulovi crnogoričnoga ljestvičara nalaze se u sredini po apsolutnom ulovu, ako ih usporedimo s ulovima na svim ostalim lokacijama (ukupno 9980 jedinki). Isto tako i ovdje se pokazuje slična sezonska dinamika s tri maksimuma, od kojih je prvi najizraženiji te se najvjerojatnije radi tek o dijelu zahvaćene proljetne generacije koja je imala maksimum negdje sredinom travnja. Bukov ljestvičar pripada po apsolutnom ulovu u prosjek i stoga djelomice začuđuje s obzirom na sastav okolnoga drveća (pretežito smreka). Dinamika pojave obilježena je prvim maksimumom na samom početku izlaganja feromona i drugim maksimumom koncem lipnja. Smrekov pisar ovdje se javio u podjednakom apsolutnom iznosu kao i na lokaciji 6 – Markov brlog. S aspekta sezonske dinamike postoje dva neizrazita maksimuma u srpnju i kolovozu, ali se pretpostavlja da se ovdje radi o jednoj, ljetnoj generaciji potkornjaka.

10. Srebrena vrata

Lovna lokacija 10 – Srebrena vrata najviše je smještena lovna lokacija (1290 m). Nalazi se na istočnim padinama ispod prijevoja između Lazačke glavice na sjeveru i Snježnika na jugu. Ulov crnogoričnoga ljestvičara ovdje pokazuje znatno jednostavniju sezonsku dinamiku i dva tjedna nakon izlaganja feromona dolazi do pojave vrlo jasno izraženoga maksimuma (29. svibnja). Nakon toga naleta ulov se smanjuje i za otprilike mjesec dana poslije pokazuje ponovno jedan vrlo slabo izražen maksimum nakon kojega opada sve do prestanka ulova 3. rujna 2001. godine. U ukupnom ulovu to je najmanji ulov crnogoričnoga ljestvičara usporedimo li rezultate svih lovnih lokacija sumarno.

Ulov bukova ljestvičara nešto je viši od prosjeka u usporedbi s ostalim lovnim lokacijama i bilježi svoj maksimum koncem lipnja (605 jedinki 27. lipnja). Ulov smrekova pisara nalazi se u sredini što se tiče ostalih lokacija, a u sezonskom pogledu jasno se očitava pojava jedne prave generacije s maksimumom koncem lipnja i početkom srpnja. Manje izraženi maksimum javlja se sredinom kolovoza.

11. Kloštar

Lovna lokacija 11 – Kloštar najviša je lovna pozicija (1230 m) i smještena je u blizini samoga šumovitoga vrha Kloštar sjeverozapadno od vrha Sjevernoga Maloga Risnjaka. Ulov crnogoričnoga ljestvičara među manjim je u usporedbi s rezultatima ulova na ostalim lokacijama. Sezonska dinamika upućuje na vjerojatnu kasniju

pojavu na ovim nadmorskim visinama, a postiže svoj maksimum 6. lipnja, dakle oko dva tjedna nakon postavljanja feromona. Bukov se ljestvičar na Kloštru javlja u nešto manjoj brojnosti od prosjeka za sve lokacije. U sezonskoj dinamici vrlo je sličan populaciji na lokaciji 10 – Srebrena vrata i doseže maksimum koncem lipnja, što možemo uzeti i kao maksimum odnosno pojavu jedine godišnje generacije na ovim visinama. Ulov smrekova pisara na Kloštru postigao je apsolutni maksimum gledano poredbeno u odnosu na sve lovne lokacije (ukupno godišnje 1799 imaga). Sezonska dinamika pokazuje vrlo izraženi maksimum 27. lipnja, što je oko mjesec dana nakon postavljanja feromona koncem svibnja. Nakon toga maksimuma imaga su još dolijetala masovnije 31. srpnja i 20. kolovoza, ali se to može objasniti neredovitim obilaskom klopki u ovom razdoblju, što bi zapravo značilo da je kroz ljetno razdoblje ulov ujednačeno nizak.

RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Kako je uvodno istaknuto, teško je na temelju jednogodišnjih rezultata ulova shvatiti o kakvim se trendovima ili stanju populacije radi. Ako usporedimo podatke, mogu se ipak vidjeti neki osnovni odnosi. U kvantitativnom smislu najveći ulovi potkornjaka (pritom daleko najveći udio u svim poredbama ima vrsta *X. lineatus*) ostvareni su na lokacijama 2 – Biljevina, 4 – Leska i 5 – Sove. Za precizniju interpretaciju tih rezultata bio bi potreban veći broj čimbenika, ali se pretpostavlja da se u slučaju lokacije 2 i 5 radi o utjecaju intenzivnijih gospodarskih zahvata, dok je postaja 4 možda pod utjecajem fenomena intenzivnijega sušenja stabala s kojim smo bili upoznati još pri odabiru lovnih lokacija.

Ako pokušamo analizirati međusobne ulove bukova ljestvičara (*X. domesticus*), potrebno je imati na umu da se ova vrsta usprkos svom imenu javlja podjednako na većini tvrdih listača (više vrsta javora, gorski brijest, gorski jasen). Uz navedenu činjenicu mislimo da je najviši ulov ove vrste na najnižoj lokaciji u dolini Kupe, 1 – Krašićevica, djelomično posljedicom njezine nadmorske visine, ali i činjenice da je ovdje čovjek znatnije utjecao na današnji izgled izvorne šumske vegetacije. Blizina zaselka Donja Krašićevica uvjetovala je određene antropogene utjecaje (sjenokoše, polja, degradirane panjače na privatnim površinama), premda se danas može zaključiti da čovjek više gotovo i nije prisutan u ovim prostorima. To je važno napomenuti radi interpretacije ulova s obzirom na to da posljedice zahvata u šumi djeluju na stanje i sastav faune kukaca na ovom lokalitetu. Najniži ulovi bukova ljestvičara na lokaciji 6 – Markov brlog zbunjuju i za njih nemamo logično objašnjenje, osim ako se ovdje ne radi o povoljnijim prilikama s aspekta fiziologije listača, pa je i populacija ove vrste prema tomu niža.

Ulovi smrekova pisara (*I. typographus*) u relativnim iznosima najviše variraju i kreću se od apsolutne ništice (lokacija 4 – Leska) pa do najviše (1799 jedinki) na drugoj najvišoj lokaciji, 11 – Kloštar. Važno je napomenuti da su apsolutni iznosi

ulova ove vrste u jakoj korelaciji s okolnim vegetacijskim sastavom, tj. udjelom obične smreke, i to srednje i starije dobi (40 i više godina). Riječ je o monofagnom kukcu koji preferira zrelija smrekova stabla i jedini je od tri lovljena ksilofaga koji je svojim razvojem vezan samo na jednu vrstu drveća. Stoga je temeljni preduvjet za njegovu masovniju pojavu veća brojnost smrekovih stabala u široj okolici klopke ili povećan broj oslabjelih stabala na kojima bujaju populacije potkornjaka. U tom kontekstu možemo samo nagađati da li hvatane količine predstavljaju povećanu, normalnu ili nižu populacijsku razinu. Ipak, iz podataka za 2001. godinu može se vjerovati da su na postajama 6 – Markov brlog, 9 – Lazac i 11 – Kloštar, populacije smrekova pisara nešto brojnije, ali to još ne znači da se radi o situaciji izvan ravnotežnoga (endemičnoga) stanja populacije.

Analizu ukupnih ulova potkornjaka u odnosu na slične sustave motrenja u bližoj okolici moguće je provesti samo za vrstu *I. typographus* s obzirom na to da je u gospodarskim šumama već dulji niz godina aktualan nadzor jedino nad smrekovim potkornjacima *I. typographus* i *Pytiogenes chalcographus* L. No, i ta poredba ima ozbiljna ograničenja. U gospodarskim šumama tek se 2002. godine prešlo na uporabu naletnih barijernih klopki tipa THEYSOHN[®] kakvima smo se koristili u istraživanju. Osim toga, te su klopke montirane pojedinačno, a ne u sustav od triju klopki kojega smo uspostavili na našim lovnim lokacijama. Tijekom 2001. godine u UŠP Delnice koristile su se cjevaste (Bakke) klopke, njih 41 na u cijeloj Upravi. Te su klopke postavljene samo u satojinama s povećanim udjelom smreke i u tjednim navratima su obavljane izmjere ulovljenih potkornjaka. Podaci o broju ulovljenih imaga smrekovih potkornjaka uglavnom su dobiveni volumetrijski. Za usporedbu tako različitih metodoloških pristupa koristili smo se spoznajama iz vlastitih istraživanja u kojima je testiran odnos između ulova jednostruke (pojedinačne) klopke THEYSOHN[®] i sustava triju istih klopki te odnos ulova modificirane Bakkeove klopke i barijerne klopke THEYSOHN[®] (Pernek 2002a). Usporedba ulova pokazala je da su sustavom od triju klopki ulovi između 1,2 do 3,3 puta veći u odnosu na pojedinačnu istu klopku. Omjer između ulova cjevaste i barijerne klopke THEYSOHN[®] još je veći: barijerna klopka lovi najmanje 4 puta više jedinki *I. typographus*. Važno je naglasiti da se ti podaci odnose isključivo na vrstu *I. typographus*.

Koristeći se navedenim pretpostavkama, uspostavili smo brojčane relacije koje povezuju podatke iz našega istraživanja s rezultatima praćenja populacija smrekova pisara na nekim lokacijama u UŠP Delnice tijekom 2001. godine (tablica 1). Ukupne godišnje ulove na 11 lovnih lokacija podijelili smo grubo u tri razreda i definirali ih najvišim, srednjim i najnižim i usporedili ih s isto tako razvrstanim ukupnim rektificiranim ulovima s cjevastih klopki registriranih na mreži lovnih lokacija UŠP Delnice. Vidljiva je opća tendencija višestruko većih ulova potkornjaka na klopka-ma koje potječu iz gospodarskih sastojina. Potrebno je ovdje napomenuti da su podaci s cjevastih klopki obuhvaćeni ovim proračunom također odabirani iz približno jednakih nadmorskih visina i istih šumskih zajednica kao i oni dobiveni postavljenom mrežom barijernih klopki. Takav odnos apsolutnih ulova definitivno

Lovne lokacije unutar NP „Risnjak“ <i>Trapping locations within the NP „Risnjak“</i>	Prosječni godišnji ulovi <i>Average yearly catches</i>	Lovne lokacije na području UŠP Delnice (cjevaste klopke) <i>Trapping locations under the Management Office Delnice (pipe traps)</i>	Rektificirani ulovi u UŠP Delnice <i>Rectified catches from the Management Office Delnice pheromone network</i>
6 – Markov brlog 9 – Lazac 11 – Kloštar	1316	Najviši ulovi (1065 – 1906 jedinki) <i>Highest catches (1065 – 1906 beetles)</i>	9057
1 – Krašićevica 2 – Biljevina 10 – Srebrena vrata	408	Srednji ulovi (424 – 581 jedinki) <i>Medium catches (424 – 581 beetles)</i>	2946
3 – Leska PP 4 – Leska 5 – Sove 7 – Tromeda 8 – Podcajtige	22	Najniži ulovi (50 – 95 jedinki) <i>Lowest catches (50 – 95 beetles)</i>	456

Tablica 1. Poredbeni prikaz rezultata ulova vrste *Ips typographus* L. sustavom feromonskih klopki u 2001. godini na širem području Risnjaka i rektificiranih vrijednosti ulova sustavom cjevastih (Bakke) klopki na području UŠP Delnice. Podaci iz oba sustava monitoringa svrstani su u tri razreda prema ukupnim apsolutnim iznosima hvatanih potkornjaka.

Table 1 Comparison of Ips typographus L. catches in 2001 from the network of pheromone traps within the wider area of Mt. Risnjak and rectified catches from the pipe traps (modified Bakke design) within the area managed by Management Office Delnice. Data from the two monitoring systems were classified in three classes by the total yearly trap catches.

indicira povišene populacije vrste *I. typographus* u ovim sastojinama i on može biti odrazom čovjekove gospodarske aktivnosti (povećana količina prikladnoga materijala za razvoj potkornjaka). S druge pak strane, uočljivo je da su najmanji ulovi u gospodarskim sastojinama čak četverostruko niži od najvećih ulova u sastojinama u središnjem masivu Velikoga Risnjaka (lokacije Lazac i Kloštar) kojima se ne gospodari, a činjenica je da su cjevaste klopke postavljane na lokacijama unutar gospodarskih šuma u kojima se želi smanjiti rizik od šteta zbog pojave *I. typographus*. Ne može se, dakle, jednoznačno zaključivati o razlozima viših ili nižih gustoća populacija ove vrste potkornjaka (a vjerojatno i ostalih) u sastojinama u kojima se provodi sječa i u onima koje su izuzete od gospodarenja. Dobiveni rezultati jednogodišnjega intenzivnoga motrenja daju ipak dobru osnovu za planiranje budućih sustava motrenja i bolje razumijevanje godišnjih fluktuacija najvažnijih populacija potkornjaka ovoga područja, ali i šumskih ekosustava na razini države.

Analiza seksualnoga indeksa koja je obavljena za dvije vrste ljestvičara na temelju ukupnih godišnjih ulova po svakoj pojedinoj lokaciji daje sljedeće vrijednosti: *X. lineatus* – 0,32, st. dev. 0,06 i *X. domesticus* – 0,45, st. dev. 0,03. Zanimljivo je primijetiti da je varijabilnost s obzirom na podrijetlo ulova (različite lovne lokacije) minimalna pa se otvara pitanje radi li se o stalnoj osobini populacije istih gradacijskih svojstava ili je riječ o parametru koji se ne mijenja značajnije bez obzira na karakter i brojno stanje populacije (Borden i Fockler 1973).

U svezi s analizom faune ljestvičara još je jedna zanimljivost izišla na vidjelo tijekom laboratorijske analize i taksonomske determinacije. Naime, prema najnovijim europskim izvješćima otkriveno je da se u Europi zapravo vrlo vjerojatno već dugi niz godina pojavljuje jedna donedavno nepoznata vrsta za europske koleopteroologe. Riječ je o vrsti crnogoričnoga ljestvičara *Xyloterus laeue* Eggers. Podrijetlo i prvi opis potječu iz Japana i Dalekoga istoka, a morfološki je vrlo nalik vrsti *X. lineatum* (Pfeffer 1994). U Austriji je otkriven posve slučajni prilikom kontrolnoga pregleda feromonskih ulova, gdje je zabilježen s vrlo visokim udjelom (Krehan i Holzschuh 1999). Unatoč vrlo detaljnomu pregledu preko 100 000 jedinki i naknadnoj kontroli taksonomske determinacije, koju je proveo M. Knfžek, ova vrsta nije registrirana provedenim istraživanjem. Sudeći po dobivenim rezultatima, pretpostavlja se s velikom vjerojatnošću da se južnije od Risnjaka i istraživanoga dijela gorske Hrvatske ova vrsta ne pojavljuje.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Provedeno istraživanje dio je kompleksnoga višegodišnjega programa istraživanja populacija potkornjaka koje financiraju "Hrvatske šume", čijim djelatnicima autori zahvaljuju na terenskoj suradnji i pomoći. Osobitu zahvalu upućuju kolegi Željku Kauzlariću, dipl. ing., rukovoditelju Odjela za ekologiju pri UŠP Delnice. Istraživanje je također financijski potpomognuo NP „Risnjak“, čiji su djelatnici obavili velik dio terenskoga posla. Ravnatelju Ivanu Malnaru, dipl. ing., i stručnomu voditelju Miljenku Gašparcu, dipl. ing., posebna hvala na podršci i pruženju pomoći pri istraživanju. Najveći dio laboratorijske obrade skupljenoga materijala savjesno kao i uvijek obavio je Cvetan Leopold, v. teh. sur., pa mu na tome ovdje posebno zahvaljujemo.

LITERATURA REFERENCES

- Atkins, M. D., 1966: Behavioural variation among scolytids in relation to their habitat. *Can. Entomol.* 98: 285–288.
- Borden, J. H., C. E. Fockler, 1973: Emergence and orientation behavior of brood *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). *J. Entomol. Soc. B.C.*, 70: 34–38.
- Diminić, D., M. Glavaš, B. Hrašovec, J. Margaletić, 1996: Štetni biotski čimbenici na običnoj jeli i smreci u Gorskom Kotaru. *Zaštita šuma i pridobivanje drva*, knjiga 2: 1–6.
- Hrašovec, B., 1995: Feromonske klopke – suvremena biotehnička metoda u integralnoj zaštiti šuma od potkornjaka. *Šumarski list*, 1–2: 27–31.
- Hrašovec, B., 2005: Potkornjaci – "primarni" ili "sekundarni" štetnici, važni ili sporedni čimbenici pri pojavama masovnoga sušenja jele u Gorskom kotaru i Lici. *Sažeci 49. seminara biljne zaštite*, Maceljski, M. (ur.), *Glasilo biljne zaštite*: 128–129.
- Hrašovec, B., M. Harapin, 1999: Dijagnozno-prognozne metode i gradacije značajnijih štetnih kukaca u šumama Hrvatske. *Šumarski list*, 5–6: 183–193.

- o Krehan, H., C. Holzchuh, 1999: *Trypodendron laeve* – Vorkommen in Ostösterreich. Forstschutz Aktuell Nr. 23/24, FBVA, Wien.
- R č Pernek, M., 2002a: Analiza biološke učinkovitosti feromonskih pripravaka i tipova klopki namijenjenih lovu potkornjaka *Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L. (Coleoptera; Scolytidae). Rad. Šumar. inst., 37(1): 61–83.
- # č Pernek, M., 2002b: Iskustva primjene klopki tipa THEYSOHN® za ulov potkornjaka u šumarstvu. Sažeci 46. seminara biljne zaštite, Maceljski, M. (ur.), Glasilo biljne zaštite: 53.
- † č Pernek, M., 2003: Razvoj i problemi primjene feromonskih klopki u zaštiti šuma od potkornjaka. Glasilo biljne zaštite, 6: 25–31.
- č Pfeffer, A., 1994: Zentral- und Westpalaarktische Borken- und Kernkafer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Entomologica Basiliensia, 17: 5–310.

ONE YEAR BARK BEETLE MONITORING RESULTS IN THE WIDER AREA OF MT. RISNJAK WITH THE AID OF PHEROMONE TRAPS

SUMMARY

In the wider area of Mt. Risnjak, at 11 trapping positions, in the typical forest communities of Gorski kotar a monitoring of bark beetle populations was conducted during the 2001. Collecting of swarming beetles was done by means of THEYSOHN® flight barrier pheromone traps. Most common and easily obtainable pheromone lures were used for the attraction of eight-toothed spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) and striped ambrosia beetle (*Xyloterus lineatus* Oliv.). Additionally, beech ambrosia beetle (*X. signatus* L.) was counted in the trap catches. Result of the detailed analysis of 184 collected samples (18 on the average per each trapping location) and meticulous taxonomic work over the 114927 isolated bark beetle specimens is as follows: 97196 specimens of striped ambrosia beetle, 12450 specimens of beech ambrosia beetle and 5281 specimens of eight-toothed spruce bark beetle. Among nearly 100000 trapped and identified bark beetles not a single finding of *Xyloterus leave* Eggers was confirmed. This ambrosia beetle species has relatively recently been described from the similar pheromone mediated trappings in some Central European countries. On the basis of this research it is concluded that the species is not present southward from Mt. Risnjak and this part of continental Croatia.

Seasonal dynamics of three species of bark beetles is discussed, their relationship concerning altitude variations and spatial distribution of trapping sites. Differences are explained with the ambient character of each of the site as well as with closeness or distance from the managed and non-managed forest areas. Also, the total catches of *I. typographus* were compared with the same results obtained from the regular monitoring system conducted on the side of forestry sector at Manage-

ment Office Delnice. ON the average, it is clear that catches in managed forests are manifold higher than in those obtained in this research. However, a fact that the lowest catches in managed forests are even four times smaller than the highest catches in non managed forests in the very heart of protected part of the Mt. Risnjak national park.

It is concluded that on the basis of obtained data no straightforward explanation can be drawn on which population levels are critical or when do they pose real threat to the forest trees. Nevertheless, the method applied can serve as a good basis for the continuation of the research and even the introduction of coherent bark beetle monitoring methodology at the national level.

Keywords: pheromone monitoring, bark beetle, *Ips typographus*, *Xyloterus lineatus*, *Xyloterus domesticus*. Mt. Risnjak, Croatia

UDK: 630*443.3

GLJIVIČNE BOLESTI ŠUMSKOGA DRVEĆA U KULTURAMA ČETINJAČA SJEVERNOJADRANSKOGA PODRUČJA HRVATSKE

FUNGUAL DISEASES OF CONIFEROUS TREES IN PLANTATIONS
IN NORTH ADRIATIC AREA OF CROATIA

DANKO DIMINIĆ, MAJA GRŠKOVIĆ, ANTONIJA MOZER

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Istražujući fitopatogene gljive u Hrvatskoj na području sjevernoga Jadrana u kulturama četinjača u razdoblju 2001–2005. dobiven je uvid u prisutnost pojedinih gljiva te njihovu ulogu, odnosno utjecaj na zdravstveno stanje. Najštetnija gljiva za crni bor je *Sphaeropsis sapinea* koja je na pojedinim lokalitetima značajno utjecala na njihovo zdravstveno stanje, uzrokujući sušenja izbojaka, grana i krošnji. Ona je također prvi put u Hrvatskoj utvrđena kao uzrok sušenja stabala zelene duglazije. Istražujući moguće abiotske i biotske čimbenike predispozicije stabala na gljivu *S. sapinea*, utvrđeno je da suša i stanište zajedno uzrokuju nastanak stresa u biljaka i time omogućuju povoljne uvjete za razvoj i širenje ove fitopatogene gljive. Na jednom lokalitetu brucijskoga bora u Istri utvrđena je i jaka zaraza iglica gljivom *Coleosporium* sp.

Ključne riječi: zdravstveno stanje, fitopatogene gljive, *Sphaeropsis sapinea*, *Coleosporium* sp.

UVOD INTRODUCTION

U Republici Hrvatskoj, posebno na područjima pod upravama šuma podružnica Buzet i Senj, posljednjih godina, od konca prošloga stoljeća, crni se bor u kulturama pojačano suši. Utvrđeno je da je glavni uzročnik sušenja fitopatogena gljiva *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton, koja, uzrokujući odimiranje izbojaka i grana, značajno utječe na vitalnost i opstojnost pojedinih stabala, a isto tako na stabilnost pojedinih kultura. S obzirom na to da su borove kulture općenito u tom dijelu Hrvatske podizane posebice s ciljem zaštite šumskih staništa krškoga područja i obnove autohtone vegetacije, njihovo je zdravstveno stanje veoma važno. Brojni biotski

čimbenici utječu na opstojnost tih kultura, a među njima fitopatogene gljive uz štetne vrste kukaca zauzimaju značajno mjesto. U dosadašnjim su istraživanjima bolesti borova (Glavaš 1981, 1983, 1988, Halambek i Liović 1998, Diminić 1994, 1997) uočene pojedine vrste gljiva koje zauzimaju značajno mjesto u Hrvatskoj.

Cilj je ovoga rada bio da se na sjevernojadranskom području, posebice u borovim kulturama, utvrdi pojava pojedinih fitopatogenih gljiva te njihov status na određenim lokalitetima, odnosno njihov utjecaj na zdravstveno stanje domaćina. Odabir lokaliteta istraživanja bio je sljedeći: dio kultura odabran je slučajno radi utvrđivanja njihova zdravstvenoga stanja danas, a dio kultura, pa tako i kulture zelene duglazije na lokalitetu Kontija, odabran je temeljem konzultacija s kolegama iz Odjela za ekologiju i zaštitu šuma UŠP Buzet i Senj s obzirom na zapažene simptome bolesti, odnosno sušenje stabala. Izneseni podaci rezultat su obavljenih istraživanja na navednom području u razdoblju od 2001. do 2005. godine.

MATERIJAL I METODE RADA MATERIALS AND METHODS

LOKALITETI ISTRAŽIVANJA RESEARCH LOCALITIES

Radi utvrđivanja prisutnosti, zatim vrsta fitopatogenih gljiva i njihove uloge u nastanku bolesti u Istri te na otoku Cresu i Krku odabrane su lokacije istraživanja crnoga bora (*Pinus nigra* Arnold) u kulturama prikazanim u tablici 1, brucijskoga bora (*Pinus brutia* Ten.) u kulturi prikazanoj u tablici 2 i zelene duglazije (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* /Mirb./ Franco) prikazanoj u tablici 3.

Na lokalitetima crnoga bora u Istri i na Cresu zdravstveni pregled kultura obavljen je tijekom mjeseca studenoga 2001. godine, dok je na Krku obavljen u svibnju 2002. i 2003. godine. Zdravstveni pregled kulture zelene duglazije obavljen je u svibnju 2004. godine.

U kulturama crnoga bora u Istri i na Cresu odabrana su tri stabla po lokalitetu s uočenim simptomima bolesti. S tih su stabala skupljani uzorci oboljelih izbojaka za analizu. U mladoj borovoj kulturi Foli umjesto izbojaka skupljeni su uzorci oboljelih iglica s više različitih stabalaca.

U borovoj kulturi na otoku Krku 2002. odabrana su dva borova stabla sa znakovitim simptomima sušenja krošnji, te 2003. odabrano je pet borovih stabala različita intenziteta sušenja krošanja. Za analizu su skupljene oboljele grane s tih stabala.

Na lokaciji Gora Glušići obavljen je zdravstveni pregled mlade borove kulture u svibnju 2003. Sa zaraženih stabalaca brucijskoga i primorskoga bora skupljene su oboljele iglice.

Na lokalitetu Kontija, radi utvrđivanja uzroka nastalih simptoma sušenja, oboreno je tipično oboljelo stablo zelene duglazije te su skupljeni uzorci izbojaka, grana i debla za laboratorijsku analizu.

Tablica 1. Crni bor u istraživanim kulturama
Table 1 Austrian pine in research localities

Lokalitet <i>Locality</i>	Šumarija <i>Forest Office</i>	Površina Area (ha)	Dob Age (god./year)	Nad. visina Altitude (m)	Ekspozicija Exposition	Tip tla Soil
Foli	Pula	40,62	5	280–320	razna	crvenica
Puntera	Pula	7,46	65	210–255	E, NE	smeđe
Mali Golji	Labin	7,92	50	300	razna	smeđe
Vozilići	Labin	9,06	50	65–100	SE	crnica
Šušnjeвица	Labin	21,40	50	70–100	S, SW	smeđe
Lovranska draga	Opatija	44,68	95	430–510	S, E	smeđe
Kurbino brdo	Pazin	9,89	40	330–360	razna	crvenica
Trošti	Pazin	7,59	70	370–382	razna	crvenica
Paz	Pazin	2,62	60	151–262	W	rendzina
Prviž	Pazin	1,98	60	325–338	razna	rendzina
Lesišćina	Pazin	11,77	20	180–310	S, SE, SW	rendzina
Ripenda	Labin	17,74	70	350	W, NW	crnica
Dragozetići	Cres	34,15	40	300–448	razna	kamenjar
Obzova	Krk	34,36	40	240–360	razna	kamenjar

Tablica 2. Kultura crnoga, brucijskoga i primorskoga bora
Table 2 Austrian, Turkish and Maritime pines' plantation

Lokalitet <i>Locality</i>	Šumarija <i>Forest Office</i>	Površina Area (ha)	Dob Age (god./year)	Nad. visina Altitude (m)	Ekspozicija Exposition	Tip tla Soil
Gora Glušići	Labin	31,86	8	220–380	W	smeđe

Tablica 3. Zelena duglazija u istraživanoj kulturi
Table 3 Douglas fir in research plantation

Lokalitet <i>Locality</i>	Šumarija <i>Forest Office</i>	Površina Area (ha)	Dob Age (god./year)	Nad. visina Altitude (m)	Ekspozicija Exposition	Tip tla Soil
Kontija	Poreč	5,12	30	90	S	crvenica

ANALIZA UZORAKA SAMPLES ANALYSIS

Radi utvrđivanja uzroka nastalih patoloških promjena na borovima i zelenoj duglaziji obavljene su laboratorijske analize kako slijedi.

S lokaliteta crnoga bora u Istri i na Cresu analizirano je u prosjeku po 30 oboljelih iglica svakoga godišta sa skupljenih izbojaka. Iglice su stavljene u petrijeve posude na filter papir natopljen demineraliziranom vodom te ostavljene na sobnoj temperaturi 48 sati kako bi se razvila plodna tijela ili sporonosni organi eventualno

prisutnih gljiva. Igljice su zatim pregledane pod stereolupom pri povećanju 10× kako bi se utvrdila prisutnost plodnih tijela ili sporonosnih organa gljiva u/na njima. Poprečni presjeci plodnih tijela ili uzorci sporonosnih organa analizirani su pod svjetlosnim stereomikroskopom pri povećanju 100×, dok su detalji plodnih tijela i spore analizirani pri povećanju 400×. Temeljem analiza identificirane su nađene gljive. Analiza oboljelih izbojaka obavljena je također na opisani način.

Analiza uzoraka grana s borovih stabala lokaliteta Obzova, otok Krk, radi utvrđivanja uzroka njihova sušenja obavljena je kako slijedi. Uzorci grana prvo su površinski oprani deterdžentom te isprani demineraliziranom vodom, a zatim površinski sterilizirani u suspenziji 0,4 postotnoga klorida (5 min.) i još dodatno pod UV zrakama (2 min.) u bezprašnoj komori. Sterilnim skalpelom skidani su gornji (mrtvi) slojevi kore. U slojevima žive kore i kambija utvrđene su zone zdrave i odumrle (nekroze) kore. S ruba tih nekrotičnih zona uzorci staničja, veličine 3 ? 3 mm, odvajani su sterilnim skalpelom te nasađivani u petrijeve posude na hranjivu podlogu Potato Dextrose Agar "Oxoid" CM139 (PDA). Rast eventualno prisutnih micelija gljiva iz uzoraka staničja stimuliran je u termokomori na temperaturi od 24 °C i u uvjetima bez svjetla. Čiste kulture izoliranih gljiva radi njihove sporulacije stavljene su u termokomoru na temperaturu 24 °C i u uvjete svjetlo : tama (16 : 8 sati), na hranjivom mediju PDA sa sterilnim iglicama crnoga bora. Sterilne iglice dodane su radi stimulacije tvorbe sporonosnih organa izoliranih gljiva (opis metodologije Diminić 1997). Nakon 18 dana razvijeni sporonosni organi analizirani su pod svjetlosnim stereomikroskopom. Skupljene oboljele iglice, uzorkovane u svibnju 2002. s dva borova stabla, analizirane su na opisani način.

Zaražene iglice brucijskoga i primorskoga bora analizirane su na terenu te u laboratoriju pod stereolupom. Skupljeni uzorci izbojaka, grana i debla zelene dugla-zije analizirani su pod stereolupom i stereomikroskopom na opisani način.

RAZULTATI RADA, RASPRAVA I ZAKLJUČCI RESULTS, DISCUSSION AND CONCLUSIONS

ZDRAVSTVENO STANJE CRNOGA BORA U ISTRI I NA CRESU THE HEALTH STATUS OF AUSTRIAN PINE IN ISTRIA AND ON ISLAND CRES

Najbolje zdravstveno stanje zabilježeno je u kulturama Paz, Prviž i Lesišćina. Primijećeno je da su krošnje u tim kulturama malo prorijeđene te da su internodiji redovito dosta kratki, no simptoma sušenja izbojaka nije bilo.

Dobroga zdravstvenoga stanja bile su i kulture Foli, Trošti, Kurbino brdo i Dragozetići. U vrlo mladoj kulturi Foli primijećeno je nekoliko suhih stabalaca, a na pojedinim su se stabalcima sušile 3-godišnje i 4-godišnje iglice. U kulturi Trošti primijećeno je dosta klorotičnih ovogodišnjih iglica. Međutim, značajnijih simptoma sušenja nije bilo. Upadljivo žute klorotične ovogodišnje iglice primijećene su i u

kulturi Kurbino brdo. U toj su kulturi bili prisutni simptomi sušenja izbojaka, i to od njihova vrha, tj. od najmlađih iglica. Međutim, s obzirom na to da je sušenje zabilježeno na veoma malom broju izbojaka, zdravstveno je stanje te kulture u cjelini ocijenjeno kao dobro. Dobroga zdravstvenoga stanja bila je i kultura Dragozetići. U kulturi su bili prisutni simptomi sušenja, uglavnom u donjim dijelovima krošanja, a primijećeno je i nekoliko sušaca. Pretpostavlja se da je sušenje nastalo zbog fizioloških razloga (gusti sklop).

Stanje u kulturama Vozilići i Mali Golji ocijenjeno je kao relativno dobro, iako su u njima bili prisutni simptomi sušenja. U kulturi Vozilići primijećeni su znakovi sušenja, i to pretežno u donjim dijelovima krošanja. U kulturi Mali Golji također su uočeni simptomi sušenja u donjim dijelovima krošanja, međutim u manjem su broju bila prisutna i stabla sa simptomima sušenja u gornjim dijelovima krošanja. Kod tih su se stabala izbojci sušili od vrha, tj. od najmlađih iglica.

Lošije zdravstveno stanje utvrđeno je u kulturama Lovranska Draga, Ripenda i Puntera. U kulturi Lovranska Draga na pojedinim su stablima uočeni simptomi sušenja različita intenziteta i u različitim dijelovima krošanja. Slična je situacija zabilježena i u kulturi Ripenda. Na pojedinim su stablima simptomi sušenja bili prisutni na najmlađim iglicama, dok su se na drugim stablima sušile samo 3-godišnje i 4-godišnje iglice. Zabilježeno je i nekoliko sušaca. U kulturi Puntera zdravstveno je stanje bilo još nepovoljnije. Bio je prisutan određen broj sušaca te određen broj stabala čije je stanje ocijenjeno kao relativno dobro, dok su na ostatku stabala primijećeni simptomi sušenja različita intenziteta. Na svim stablima na kojima su postojali simptomi sušenja izbojci su se sušili od vrha, tj. od najmlađih iglica.

Najlošije zdravstveno stanje zabilježeno je u kulturi Šušnjeвица u kojoj je bilo prisutno jako puno sušaca, a većina je stabala imala izrazite simptome sušenja.

Analizom iglica skupljenih na 13 istraživanih kultura utvrđeno je 7 različitih gljiva. Na temelju utvrđenoga zdravstvenoga stanja borova te provednih analiza skupljenih uzoraka bez značajnijega utjecaja na zdravlje borova utvrđene su ove gljive: *Phoma* spp. (Sacc.), *Hypoxyton serpens* (Pers. ex Fr.) Kickx, *Truncatella hartigii* (Tub.) Stay., *Cyclaneusma niveum* (Pers.) Di Cosmo, Peredo et Minter, *Lophodermium pinastri* (Schrad. Ex Hook.) Chév. i *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley et Millar. Gljiva *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton jedina je utvrđena sa značajnim utjecajem na zdravstveno stanje borova. Zabilježena je na osam istraživanih lokaliteta (Puntera, Mali Golji, Vozilići, Šušnjeвица, Lovranska Draga, Kurbino brdo, Trošti, Ripenda). Utvrđena je na iglicama različite dobi, od 1-godišnjih do 4-godišnjih. Na lokalitetima na kojima je utvrđena obično se nalazila na iglicama svih godišta kod kojih je zabilježeno sušenje iglica. Također su gotovo u pravilu u većoj mjeri bile zaražene iglice mlađih godišta (1-godišnje i 2-godišnje) nego one starijih godišta (3-godišnje i 4-godišnje). Jednako tako gljiva je utvrđena i na oboljelim izbojcima. Na lokalitetima Puntera, Lovranska Draga i Šušnjeвица gljiva *S. sapinea* utvrđena je sa značajnom prisutnošću prouzročivši sušenje izbojaka različite dobi, dijelova krošnji i cijelih stabala crnoga bora.

ZDRAVSTVENO STANJE CRNOGA BORA NA KRKU THE HEALTH STATUS OF AUSTRIAN PINE ON ISLAND KRK

Zdravstvenim pregledom borove kulture zabilježeno je sušenje krošanja intenziteta od 10 do 100 %. Borova kultura u cjelini izgleda loše. Zbog sušenja stabala na pojedinim mjestima sklop je prekinut. Najučestalija slika u krošnjama borova bile su oboljele grane s ovim simptomima: odumrle (suhe) iglice na ovogodišnjim do trogodišnjim izbojcima, te ostatak grane sa zelenim i suhim iglicama. Skidanjem mrtvoga (vanjskoga) sloja kore prije postupka izolacije utvrđene su nekroze živih stanica kore na dijelovima grana različite dobi (npr. 10 do 14 godina).

Borova stabla uzorkovana 2002. godine utvrđena su sa 60 i 70 % intenzitetom sušenja krošnji. Analiza oboljelih iglica s dvaju stabala uzorkovanih 2002. pokazuju da se na 70 % iglica nalazi gljiva *S. sapinea* (65 % iglica utvrđeno je samo s ovom gljivom, na 5 % nađena je zajedno s gljivom *T. hartigii*). Preostalih 30 % iglica utvrđeno je s gljivom *T. hartigii*. Izolacijom iz nekroza kore također je dobivena gljiva *S. sapinea*.

Stabla uzorkovana 2003. godine utvrđena su s 10, 25, 40, 80 i 85 % intenzitetom sušenja krošnji. Uzorkovana grana stabla s 10 % sušenja krošnje nije utvrđena s nekrozom kore. Rezultati izolacije iz utvrđenih nekroza kore ostalih četiriju borova iz 2003. potvrdili su dobivene rezultate uzoraka iz 2002. Iz 88,9 % uzoraka izolirane su gljive. Gljiva *S. sapinea* izolirana je iz 10 uzoraka nekroze kore (41,7 %), *Phoma* sp. (Sacc.) iz 3 uzorka (12,5 %), te iz 7 uzoraka dviju vrsta gljiva koje taksonomski pripadaju pododjelu *Deuteromycotina* i razredu *Hyphomycetes* (29,2 %). Izolate gljiva iz 4 uzorka (16,6 %) nije bilo moguće determinirati.

ZDRAVSTVENO STANJE BOROVE KULTURE NA LOKALITETU GORA GLUŠIĆI THE HEALTH STATUS OF PINE PLANTATION IN LOCALITY GORA GLUŠIĆI

Obavljenim je pregledom utvrđeno da su mladi crni borovi zdravi. Brucijski i primorski bor utvrđeni su s gljivom *Coleosporium* sp. (Lév.). Ta je heterecijska hrđa nađena na nekolicini iglica primorskoga bora ne uzrokujući štete. Međutim, jaka zaraza iglica ovom gljive zabilježena je na mladim brucijskim borovima.

ZDRAVSTVENO STANJE KULTURE ZELENE DUGLAZIJE NA LOKALITETU KONTIJA THE HEALTH STATUS OF DOUGLAS FIR PLANTATION IN LOCALITY KONTIJA

Obavljenim zdravstvenim pregledom kulture duglazije utvrđeni su simptomi sušenja u krošnjama stabala. Pojedine duglazije pokazuju različit intenzitet sušenja

u krošnji. Zabilježena su nepravilna sušenja pojedinih grana i krošnji od njihova vrha. U kulturi su prisutni također i sušci.

Na izbojcima i granama uzorkovanoga stabla duglazije nisu utvrđeni patogeni organizmi ni štetni kukci. Međutim, laboratorijskom analizom kore utvrđene su zone (staničja) odumrle i žive kore. Nekroze kore protežu se od vrha stabla prema bazi debla. Donji dio debla uočuje na još zdravu koru. U oboljeloj kori utvrđene su dominantne dvije patogene gljive: *Sphaeropsis sapinea* i *Phomopsis* sp. (Sacc./Bubák).

Od utvrđenih fitopatogenih gljiva na svim istraživanim lokalitetima samo su dvije zabilježene kao uzročnici značajnih bolesti borova i zelene duglazije: *Sphaeropsis sapinea* i *Coleosporium* sp.

Gljiva *Coleosporium* sp. uzrokovala je jaku zarazu mladih brucijskih borova na lokalitetu Gora Glušići, utječući značajno na njihovu vitalnost.

Gljiva *S. sapinea* nađena je na 10 istraživanih lokacija, posebice utječući na propadanje borova na lokalitetima Lovranska Draga, Puntera i Šušnjeвица u Istri te Obzova na Krku, i zelene duglazije na lokalitetu Kontija. Izrazito značajna prisutnost ove gljive u odumrloj kori izbojaka i grana te na iglicama upućuje na njezinu znakovitu ulogu u procesu sušenja crnoga bora i zelene duglazije.

U svijetu mnogi istraživači navode stanje stresa kao čimbenikom predispozicije borova na napad ove gljive. Uzrokom stresa navode se suša, siromašni stanišni uvjeti, nedostatak sumpora u tlu, povišene depozicije amonijaka u tlu, oštećenja (stvaranje rana) od tuče, mraza, snijega, kukaca i orezivanja grana i dr. (Swart i dr. 1987, Chou i MacKenzie 1988, Nicholls i Ostry 1990, Van Dam i dr. 1990, De Kam i dr. 1991, Stanosz i dr. 2001).

U dosadašnjim istraživanjima provedenima u Hrvatskoj na borovima razmatrani su ovi čimbenici predispozicije: suša, siromašniji stanišni uvjeti, kritične i visoke koncentracije SO₂ u atmosferi, kukci, posolica te mehanička oštećenja (Diminić 1994, 1999). Pod njihovim utjecajem, a kao vjerojatno najizraženijom posljedicom njihova djelovanja, javlja se vodni stres kao prijelomni trenutak koji pogoduje ostvarenju zaraze, odnosno napadu gljive te njezinu širenju.

Temeljem dosadašnjih spoznaja o pojavi i štetnom utjecaju gljive *S. sapinea* u Hrvatskoj dva abiotiska čimbenika ukazala su na značajan predisponirajući učinak (stanje stresa) u oboljelih biljaka: suša i stanišni uvjeti. Nepovoljni stanišni uvjeti uz učinak suše došli su naglašeno do izražaja na ovim lokacijama crnoga bora u Istri i na Krku: Puntera, Lovranska Draga, Šušnjeвица i Obzova, dok je na lokaciji Kontija suša odigrala značajnu ulogu u predispoziciji stabala zelene duglazije.

Od 1990. do danas prema podacima Državnoga hidrometeorološkoga zavoda Hrvatske pojedinih godina zabilježena su sušna razdoblja, nedostatak oborina i povišene srednje dnevne temperature zraka. Godine 2000. i 2003. bile su naglašeno sušne i značajno su utjecale na predispoziciju stabala crnoga bora i duglazije na napad ove gljive.

Kao primjer utjecaja staništa kao predisponirajućega čimbenika za crni bor navodimo tip tla kao jednoga od osnovnih čimbenika koji uvjetuje fiziološko stanje

borovih kultura, a time i njihovu predispoziciju na napade gljive *S. sapinea* na istraživanim lokalitetima.

Kulture Paz, Prviž i Lesišćina, utvrđene s vrlo zadovoljavajućim zdravstvenim stanjem, podignute su na rendzini – matični supstrat fliš. Analiza oboljelih iglica pokazala je da se na tim lokalitetima gljiva *S. sapinea* uopće ne pojavljuje. Povoljno stanje tih kultura uvjetovano je svojstvima rendzine na flišu.

U dobrom su zdravstvenom stanju zatečene i kulture podignute na crvenici – Foli, Trošti i Kurbino brdo. U kulturi Foli gljiva *S. sapinea* nije nađena, dok je u ostale dvije kulture ona bila prisutna, ali nije uzrokovala sušenje. Crvenica je također tlo povoljnih vodnih svojstava, međutim kod nje problem predstavlja krški reljef na kojem je formirana zbog kojega dubina soluma jako varira te često zbog svoje plitkoće ne može zadržati veću količinu oborina. Istraživane se kulture nalaze na nešto dubljem tlu koje je bilo u mogućnosti zadržati vlažnost i time spriječiti pojavu vodnoga stresa u borova.

Općenito se može reći da su napadom gljive *S. sapinea* najviše pogođene kulture podignute na smeđem tlu na vapnencu i dolomitu. Zdravstveno stanje u kulturama Lovranska Draga i Puntera bilo je loše, utvrđena su sušenja krošnji borova različita intenziteta, a u kulturi Puntera i određen broj sušaca. U daleko najlošijem stanju bila je kultura Šušnjeвица u kojoj gotovo da i nije bilo zdravih stabala, a broj je sušaca bio izrazito velik. Razlozi takva stanja mogu se tražiti u svojstvima smeđega tla koje bez obzira na povoljan granulometrijski sastav ima dosta slabu sposobnost konzerviranja vode. K tomu mu je i dubina relativno mala i vrlo promjenjiva, vezano uz svojstva krškoga reljefa. Stoga i kod njega režim vlažnosti ovisi većinom o vanjskim uvjetima. Budući da se ti lokaliteti nalaze u području nevelike količine oborina, može se zaključiti da se kulture crnoga bora na njima vrlo često nalaze u uvjetima sušnoga stresa.

Novim istraživanjima gljive *S. sapinea* u svijetu utvrđeno je da ona u latentnom stanju može živjeti u zdravim organima iglica i izbojaka ne uzrokujući patološke promjene (Jurc i Jurc 1995, Smith i dr. 1996, Stanosz i dr. 2001). S obzirom na to i na utvrđenu činjenicu da zbog nekoga stresnoga čimbenika ili više njih zajedno dolazi do stvaranja povoljnih uvjeta za nagli razvoj i širenje ove patogene gljive, a posljedica je bolest i sušenje borova (posebice crnoga bora), u budućnosti je za podizanje novih kultura i za gospodarenje postojećima potrebno imati na umu dobivene rezultate dosadašnjih istraživanja vani i u nas.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo djelatnicima Hrvatskih šuma, d.o.o., Uprave šuma podružnice Buzet i Senj na svesrdnoj pomoći i suradnji tijekom rada. Ovo istraživanje obavljeno je u sklopu zadatka 1.3.5. "Istraživanje uzročnika bolesti u kulturama četinjača i listača na području Republike Hrvatske".

LITERATURA
REFERENCES

- Č Chou, C. K. S., M. MacKenzie, 1988: Effect of pruning and season on *Diplodia pinea* infection of *Pinus radiata* stem through pruning wounds. Eur. J. For. Path., 18: 437–444.
- Č De Kam, M., C. M. Versteegen, J. Van den Burg, D. C. Van der Werf, 1991: Effects of fertilization with ammonium sulphate and potassium sulphate on the development of *Sphaeropsis spinea* in Corsican pine. Neth. J. Pl. Path., 97: 265–274.
- Č Diminić, D., 1994: Prilog poznavanju mikoza borovih kultura u Istri. Glasnik za šumske pokuse, 30: 21–60.
- D Diminić, D., 1997: Istraživanje gljive *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko et Sutton na borovima u Hrvatskoj. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, doktorska disertacija, 170 str., Zagreb.
- ž Diminić, D., 1999: The presence of fungus *Sphaeropsis sapinea* on pines in Croatia. U: Forster, B., Knížek, M., Grodzki, W. (eds.) 1999: Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe. Proceedings of the Second Workshop of the IUFRO WP 7.03.10, April 20–23, 1999, Sion-Châteauneuf, Switzerland. Birmensdorf, Swiss federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL), 189–193.
- Č Glavaš, M., 1981: Prilog poznavanju proširenosti gljive *Naemacochus niveus* Fuck. ex Sacc. na borovima u SR Hrvatskoj. Zaštita bilja, 32 (2): 155–159.
- Č Glavaš, M., 1983: Nalaz gljive *Thyriopsis halepensis* (Code) Theiss. et Syd. na iglicama pini-je i alepskog bora. Zaštita bilja, 34 (4): 513–518.
- D Glavaš, M., 1988: Istraživanje gljive *Elythroderma torres-juanii* Diamandis et Minter na borovim iglicama u Dalmaciji. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, doktorska disertacija, 154 str., Zagreb.
- Č Halambek, M., B. Liović 1988: Propadanje crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) na području Istre, Primorja i Dalmacije. Radovi 23 (75): 135–139.
- Č Jurc, M., D. Jurc, 1995: Endophytic fungi in the needles of healthy-looking Austrian pine (*Pinus nigra* Arn.). Acta Pharm., 45: 341–345.
- Č Nicholls, T. H., M. E. Ostry, 1990: *Sphaeropsis spinea* cankers on stressed red and jack pines in Minnesota and Wisconsin. Plant Dis., 74: 54–56.
- Č Smith, H., M. J. Wingfield, P. W. Crous, T. A. Coutinho, 1996: *Sphaeropsis sapinea* and *Botryosphaeria dothidea* endophytic in *Pinus* spp. and *Eucalyptus* spp. in South Africa. S. Afr. J. Bot., 62: 86–88.
- Č Stanosz, G. R., J. T. Blodgett, D. R. Smith, E. L. Kruger, 2001: Water stress and *Sphaeropsis sapinea* as a latent pathogen of red pine seedlings. New Phytol., 149: 531–538.
- Č Swart, W. J., M. J. Wingfield, P. S. Knox-Davies, 1987: Factors associated with *Sphaeropsis spinea* infection of pine trees in South Africa. Phytophylactica, 19: 505–510.
- o Van Dam, B. C., H. Blok, C. M. Versteegen, 1990: De mogelijke invloed van de denneschorswants (*Aradus cinnamomeus*) op het optreden van bastnecrosen, veroorzaakt door *Sphaeropsis spinea* bij Corsicaanse den. In: M. De Kam (ed.): De epidemische ontwikkeling van *Sphaeropsis sapinea*, oorzak van scheutsterfte en bastnecrose bij *Pinus*-soorten in Nederland. De Dorschkamp Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer, Rapport nr. 598., Wageningen, 47–59.

FUNGUAL DISEASES OF CONIFEROUS TREES IN PLANTATIONS IN NORTH ADRIATIC AREA OF CROATIA

SUMMARY

The research on pathogenic fungi of coniferous trees in plantations in North Adriatic area of Croatia in the period 2001–2005 revealed the presence of several species and their role in trees health status. The most pathogenic fungus of Austrian pines turned out to be *Sphaeropsis sapinea*. It was found as causal agent of dieback of shoots, branches and crowns. The fungus was also recorded for the first time as cause of Douglas fir dieback in one site. Investigation on various abiotic and biotic stress factors it was obtained that drought and site conditions have caused trees predisposition to *S. sapinea* attack. On one research locality in Istria the heavy infection of needles of Turkish pines by *Coleosporium* sp. was revealed as well.

Key words: health status, pathogenic fungi, *Sphaeropsis sapinea*, *Coleosporium* sp.

UDK: 630*440

ZARAŽENOST STABALA OBIČNE JELE (*Abies alba* Mill.) BIJELOM IMELOM (*Viscum album* ssp. *abietis* /Wiesb./ Abromeit) U GORSKOM KOTARU

THE OCCURENCE OF COMMON MISTLETOE (*Viscum album* ssp. *abietis* /Wiesb./ Abromeit) ON SILVER FIR (*Abies alba* Mill.) IN GORSKI KOTAR (CROATIA)

DANKO DIMINIĆ, ŽELJKO KAUZLARIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Provedenim istraživanjem utvrđene su sastojine s jačom i slabijom zarazom stabala obične jele (*Abies alba*) bijelom imelom (*Viscum album* ssp. *abietis*) u Gorskom kotaru. Jak intenzitet zaraze otkriven je na tri lokaliteta: Miletka, Podvođenjak i Potočine–Crna kosa. Ukupno je u krošnji uzorkovanih stabala tih lokaliteta nađeno od 1026 imela do 1122 imele ukupne biomase od 123,36 do 165,75 kg.

Na svim istraživanim lokalitetima utvrđeno je da s povećanjem osutosti jelovih krošnja raste broj imela i njihova biomasa, odnosno što stablo izgleda lošije, to je i broj imela te njihova biomasa u krošnji veća. Prosječno jelovo stablo uzraslo na silikatu u krošnji ima tek nešto više imele (3,24 %) nego jela na vapnencu-dolomitu, no njihova je prosječna biomasa značajnije veća u krošnji jele na silikatu (11,69 %) nego biomasa imela u krošnji jele na vapnencu-dolomitu. S druge strane, prosječna dob najstarije imele nađene na jeli na vapnencu-dolomitu veća je (starija) za 2,2 godine (15,56 %) od imele na jeli uzrasloj na silikatu.

Rezultati ovoga istraživanja upućuju i na zaključak da stanište (tlo na silikatu ili vapnencu-dolomitu) utječući na rast jela također utječe i na razvoj imela kao poluparazitskih biljaka, odnosno da je prehrana imela u ovisnosti o prehrani jele kao svoga domaćina.

Ključne riječi: osutost krošnja, broj imela, biomasa imela, silikat, vapnenc-dolomit

UVOD

INTRODUCTION

Bijela je imela (*Viscum album* L.) poluparazitska cvjetnica koja je taksonomski podijeljena u tri podvrste: *V. album* L. ssp. *album*, *V. album* L. ssp. *abietis* /Wiesb./

Abromeit i *V. album* L. ssp. *austriacum* /Wiesb./ Vollmann, Barney i dr. (1998) navode da su domaćini *V. album* L. ssp. *album* brojne vrste bjelogoričnoga drveća i grmlja, domaćini *V. album* L. ssp. *austriacum* različite crnogorične vrste (većinom borovi), dok su jele domaćini uglavnom treće podvrste, *V. album* L. ssp. *abietis*.

U Europi postoje brojni radovi o bijeloj imeli i njezinim domaćinima. Posljednjih nekoliko desetljeća pojedini su autori istraživali utjecaj bijele imele na običnu jelu (Klepac 1955, Brossier i Plagnat 1960, Brossier 1969, Kramer i dr. 1988, Usčuplić 1992, Barbu 2002). Prema Klepcu (1955) imelom zaražena jelova stabla pri-raščuju 19 % slabije nego zdrava stabla. Brossier (1969) i Barbu (2002) naglašavaju da su jele na nižim nadmorskim visinama zaraženije imelom nego one na višim. Tako Barbu (2002) navodi podatak da su jele uzrasle na nadmorskim visinama 450–700 m zaražene 80–85 %, a jele na visinama 750–900 m n. m. zaražene 30–40 %.

Tijekom proteklih godina u Gorskom kotaru temeljem procjene zdravstvenoga stanja, koju je napravio Odjel za ekologiju UŠP Delnice, zabilježena je značajna zaraženost stabala obične jele (*Abies alba* Mill.) bijelom imelom na pojedinim lokacijama. Na području gospodarskih jedinica Cetin, Litorić, Miletka, Goranska Dobra, Velika Višnjevica, Brod na Kupi, Završje, Skrad Rudač i Jasle utvrđeno je od 50 do 77 % zaraženih jelovih stabala. Najslabija zaraza (do 3 % stabala) zabilježena je na području gospodarskih jedinica Ravna goša, Brestica, Crni laz, Smrekova draga i Lividraga.

U sklopu istraživanje utjecaja imele na jelu u Gorskom kotaru od 2001. godine, na 6 lokaliteta na području UŠP Delnice provedeno je u razdoblju 2003–2005. istraživanje radi utvrđivanja intenziteta zaraze jelovih stabala prema stupnju osutosti njihovih krošanja. Dobiveni podaci istraživanja predmetom su ovoga rada.

MATERIJAL I METODE RADA MATERIALS AND METHODS

Na području Uprave šuma podružnice Delnice radi istraživanja zaraze bijelom imelom odabrano je 6 jelovih sastojina: tri lokacije čija je matična podloga silikat i tri lokacije čija je matična podloga vapnenac-dolomit. Cilj je istraživanja bio utvrditi intenzitet zaraze jelovih stabala prema stupnju osutosti njihovih krošanja, te utvrditi da li postoje razlike u intenzitetu zaraze na pojedinim lokalitetima. Istraživanje je obavljeno tijekom godina 2003, 2004. i 2005. Podaci o lokalitetima istraživanja prikazani su u tablici 1.

Na svakoj istraživanoj lokaciji odabrano je po 7 jelovih stabala s utvrđenim intenzitetom osutosti krošanja: 20–25, 30–35, 40–45, 50–55 i 60–65 %. Kategorije 30–35 i 60–65 % zastupljene su bile s dva stabla, dok su ostale bile s jednim stablom jele. Stabla osutosti u navedenim kategorijama odabrana su iz razloga što su jedino takve jele mogle biti uzorkovane na svim lokalitetima.

Odabrana su stabla oborena. Svakomu je stablu prije obaranja izmjeren prsni promjer, a zatim visina stabla te utvrđena dob na panju. Krošnje uzorkovanih sta-

Tablica 1. Lokaliteti istraživanja zaraze obične jele bijelom imelom na području UŠP Delnice
 Table 1 Occurrence of common mistletoe on silver fir research sites in district of UŠP Delnice

Lokalitet <i>Locality</i>	Odjel, odsjek <i>Management Comp. No.</i>	Površina Area (ha)	Nadm. visina <i>Altitude</i> (m)	Ekspozicija <i>Exposition</i>	Nagib <i>Inclination</i> (°)	Tip tla <i>Soil Type</i>	Podtip <i>Sub-Type</i>
Miletka	17 A	41,54	660-800	razna	1-25	podzolasto smede	na silikatu
	20 A	10,03	660-700	S, SE	1-10	podzolasto smede	na silikatu
Podvodnjač	10 A	20,80	450-550	NE	0-15	distr. smede - ki- selo smede	na silikatu
Oštrac	41	37,32	740-810	razna	0-20	distr. smede - ki- selo smede	na silikatu
Potočine -Crna kosa	47	43,58	500-687	NE, NW	0-15	smede	na vapnen- cu-dolomi- tu
Delnice	21 A	30,81	760-860	SW	10-30	lesivirano	na vapnen- cu-dolomi- tu
	92	16,08	500-800	E	1-60	lesivirano	na vapnen- cu-dolomi- tu
Vršice	66	12,98	710-780	razna	5-10	smede	na vapnen- cu-dolomi- tu
	67	10,54	700-740	razna	5-10	smede	na vapnen- cu-dolomi- tu

bala detaljno su pregledane. Iz krošanja su odvojeni svi grmovi imele radi utvrđivanja njihova broja, a zatim odmah izvagani radi utvrđivanja biomase imela u krošnji svakoga uzorkovanoga stabla. Kao zadnji podatak evidentirana je nađena najstarija imela u krošnji svake uzorkovane jele.

REZULTATI RADA RESULTS

Temeljem provedene analize oborena 42 stabla obične jele u Gorskom kotaru dobiveni su podaci sa 6 lokacija (sastojina jele) o intenzitetu zaraze bijelom imelom. Podaci su dani u tablicama 2 do 7 za svaki pojedini lokalitet.

Stanje zaraze pojedinih jela na lokalitetu Miletka (tablica 2) varira od 10 do 491 grma imele. Stablo s 491 imelom ujedno je i najzaraženije od uzorkovanih jela

Tablica 2. Lokalitet Miletka: podaci analize 7 uzorkovanih jelovih stabala
 Table 2 Locality Miletka: analysis data of 7 sampled silver fir trees

Osutost krošnje Crown defoliation (%)	Br. stabla Tree No.	Visina stabla Tree's height (m)	Prsni promjer Breast height diameter (cm)	Dob jele na panju Fir age on stump (god./year)	Br. grmova imele No. of mistletoes	Biomasa imela Mistletoes' biomass (kg)	Najstarija imela The oldest mistletoe (god./year)
20–25	1.	35,8	50	123	39	5,10	12
30–35	2.	36,8	73	125	29	6,50	19
30–35	3.	30,9	53	115	10	1,15	17
40–45	4.	38,6	72	116	491	44,30	13
50–55	5.	35,4	68	119	192	22,56	20
60–65	6.	33,5	56	115	133	11,85	16
60–65	7.	34,4	60	125	228	31,90	18
				Ukupno	1122	123,36	

tijekom ovoga istraživanja. Ukupna biomasa imela u krošnji spomenutoga stabla iznosi 44,3 kg. U krošnjama svih 7 jela nađene su ukupno 1122 imele, što je također najveći broj grmova ove poluparazitske biljke na istraživanim lokacijama. Ukupna njihova biomasa iznosi 123,36 kg.

Stanje zaraze pojedinih jela na lokalitetu Podvodenjak (tablica 3) varira od 1 do 417 grmova imele. Ukupna biomasa imela u krošnji najzaraženijega stabla iznosi 52,4 kg. Zanimljivo je da jela s biomasom imele od 45,7 kg (drugo stablo po biomasu) ima dvostruko manje imele (209 grmova). U krošnjama svih 7 jela ukupno je izbrojeno 1119 imela, što je samo 3 imele manje od broja utvrđenoga na lokalitetu Miletka. Ukupna biomasa imela u krošnjama 7 jela iznosi 165,75 kg, što je ujedno i najveća izmjerena biomasa na istraživanim lokalitetima. Broj imela je podjednak na

Tablica 3. Lokalitet Podvodenjak: podaci analize 7 uzorkovanih jelovih stabala
 Table 3 Locality Podvodenjak: analysis data of 7 sampled silver fir trees

Osutost krošnje Crown defoliation (%)	Br. stabla Tree No.	Visina stabla Tree's height (m)	Prsni promjer Breast height diameter (cm)	Dob jele na panju Fir age on stump (god./year)	Br. grmova imele No. of mistletoes	Biomasa imela Mistletoes' biomass (kg)	Najstarija imela The oldest mistletoe (god./year)
20–25	1.	36	63	111	81	11,40	12
30–35	2.	36,5	71	106	199	35,90	18
30–35	3.	32,3	65	103	45	5,95	16
40–45	4.	31,3	53	106	1	0,10	4
50–55	5.	33,3	75	112	167	14,30	15
60–65	6.	31,2	74	110	209	45,70	18
60–65	7.	34,4	76	107	417	52,40	16
				Ukupno	1119	165,75	

lokalitetima Miletka i Podvođenjak, no ukupna izmjerena biomasa imela u Podvođenjaku veća je čak za jednu trećinu (34,4 %) od biomase na lokaciji Miletka.

Na lokalitetu Oštrac (tablica 4) stanje zaraze pojedinih jela varira od 8 do 186 grmova imele. Ukupna biomasa imela u krošnji najzaraženijega stabla iznosi 33,55 kg. U krošnjama svih 7 jela ukupno je izbrojeno 560 imela, što je dvostruko manje od broja utvrđenoga na prethodna dva lokaliteta, a ujedno je to i lokalitet s najmanjim brojem utvrđenih imela u ovom istraživanju.

Stanje zaraze jela na lokalitetu Potočine – Crna kosa (tablica 5) varira od 83 do 303 grma imele. Ukupna biomasa imela u krošnji najzaraženijega stabla iznosi 40,95 kg s također najvećim brojem utvrđenih imela (303 grma). U krošnjama svih 7 jela ukupno je nađeno 1026 imela, što je nešto manje od broja utvrđenoga na lo-

Tablica 4. Lokalitet Oštrac: podaci analize 7 uzorkovanih jelovih stabala

Table 4 Locality Oštrac: analysis data of 7 sampled silver fir trees

Osutost krošnje Crown defoliation (%)	Br. stabla Tree No.	Visina stabla Tree's height (m)	Prsni promjer Breast height diameter (cm)	Dob jela na panju Fir age on stump (god./year)	Br. grmova imele No. of mistletoes	Biomasa imela Mistletoes' biomass (kg)	Najstarija imela The oldest mistletoe (god./year)
20–25	1.	30,2	78	118	49	11,15	13
30–35	2.	34,5	84	174	186	33,55	11
30–35	3.	43,6	92	190	85	9,10	12
40–45	4.	38,3	85	172	88	7,30	18
50–55	5.	36,5	96	162	84	17,25	12
60–65	6.	37,4	75	190	60	5,80	10
60–65	7.	35,1	71	111	8	2,85	12
				Ukupno	560	87,00	

Tablica 5. Lokalitet Potočine – Crna kosa: podaci analize 7 uzorkovanih jelovih stabala

Table 5 Locality Potočine–Crna Kosa: analysis data of 7 sampled silver fir trees

Osutost krošnje Crown defoliation (%)	Br. stabla Tree No.	Visina stabla Tree's height (m)	Prsni promjer Breast height diameter (cm)	Dob jela na panju Fir age on stump (god./year)	Br. grmova imele No. of mistletoes	Biomasa imela Mistletoes' biomass (kg)	Najstarija imela The oldest mistletoe (god./year)
20–25	1.	25,1	50	159	101	13,45	15
30–35	2.	26,7	61	142	185	26,95	26
30–35	3.	26,9	63	164	88	8,55	18
40–45	4.	28,1	55	134	83	10,20	29
50–55	5.	26,8	56	175	131	15,45	17
60–65	6.	27,7	63	176	135	11,35	17
60–65	7.	27,6	57	168	303	40,95	17
				Ukupno	1026	126,90	

kalitetima Miletka i Podvodenjak. Ukupna biomasa imela u krošnjama 7 jela iznosi 126,90 kg.

Na lokalitetu Delnice (tablica 6) stanje zaraze jela varira od 57 do 205 grmova imele. Ukupna biomasa imela u krošnji najzaraženijega stabla iznosi 27,65 kg s također najvećim brojem nađenih imela (205 grmova). U krošnjama svih 7 jela ukupno je izbrojeno 890 imela, što je također manje od broja utvrdenoga na lokalitetima Miletka, Podvodenjak i Potočine – Crna kosa. Međutim, ukupna biomasa imela u krošnjama 7 jela iznosi 122,55 kg, što je približno jednako utvrdenoj biomasi imela na lokalitetima Miletka (123,36 kg) i Potočine – Crna kosa (126,90 kg).

Na lokalitetu Vršice (tablica 7) stanje zaraze jela varira od 11 do 179 grmova imele. Ukupna biomasa imela u krošnji najzaraženijega stabla iznosi 23,70 kg s također najvećim brojem nađenih imela (179 grmova). U krošnjama svih 7 jela iz-

Tablica 6. Lokalitet Delnice: podaci analize 7 uzorkovanih jelovih stabala
Table 6 Locality Delnice: analysis data of 7 sampled silver fir trees

Osutost krošnje Crown defoliation (%)	Br. stabla Tree No.	Visina stabla Tree's height (m)	Prsni promjer Breast height diameter (cm)	Dob jele na panju Fir age on stump (god./year)	Br. grmova imele No. of mistletoes	Biomasa imela Mistletoes' biomass (kg)	Najstarija imela The oldest mistletoe (god./year)
20–25	1.	26,5	46	158	57	7,10	12
30–35	2.	26,8	58	148	99	11,75	16
30–35	3.	30,4	66	168	147	22,95	18
40–45	4.	29,1	64	164	138	24,45	21
50–55	5.	26,3	53	134	138	11,30	18
60–65	6.	27,2	57	143	205	27,65	17
60–65	7.	29,2	68	163	106	17,35	21
				Ukupno	890	122,55	

Tablica 7. Lokalitet Vršice: podaci analize 7 uzorkovanih jelovih stabala
Table 7 Locality Vršice: analysis data of 7 sampled silver fir trees

Osutost krošnje Crown defoliation (%)	Br. stabla Tree No.	Visina stabla Tree's height (m)	Prsni promjer Breast height diameter (cm)	Dob jele na panju Fir age on stump (god./year)	Br. grmova imele No. of mistletoes	Biomasa imela Mistletoes' biomass (kg)	Najstarija imela The oldest mistletoe (god./year)
20–25	1.	33,5	61	133	76	6,55	13
30–35	2.	34,2	67	158	11	1,20	9
30–35	3.	30,2	79	177	175	20,55	13
40–45	4.	32,3	52	174	58	18,55	13
50–55	5.	33,8	69	158	165	6,35	11
60–65	6.	32,5	70	135	179	23,70	15
60–65	7.	36,3	66	151	133	10,40	13
				Ukupno	797	87,30	

Tablica 8. Redosljed lokaliteta s obzirom na ukupan broj imela i njihovu biomasu u krošnjama 7 uzorkovanih jela

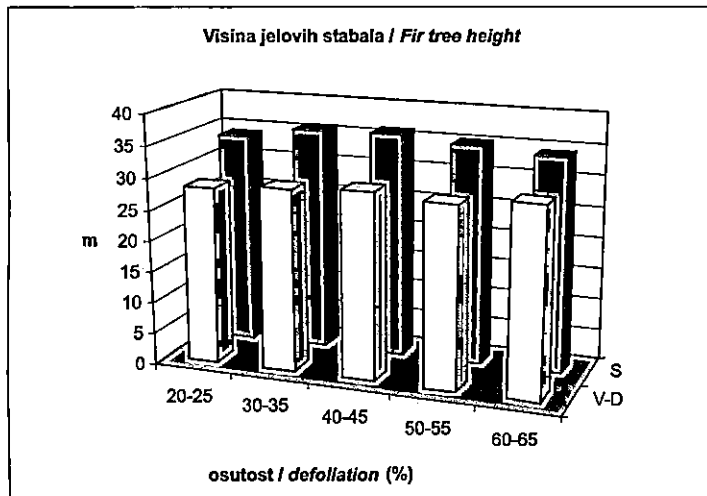
Table 8 The locality rank according to total number of revealed mistletoes and their biomass in crowns of sampled 7 fir trees

Lokalitet Locality	Br. grmova imele No. of mistletoes	Lokalitet Locality	Biomasa imela Mistletoes' biomass (kg)
1. Miletka	1122	1. Podvodenjak	165,75
2. Podvodenjak	1119	2. Potočine – Crna kosa	126,90
3. Potočine – Crna kosa	1026	3. Miletka	123,36
4. Delnice	890	4. Delnice	122,55
5. Vršice	797	5. Vršice	87,30
6. Oštrac	560	6. Oštrac	87,00

brojeno je 797 imela, s ukupnom biomasom od 87,30 kg. Ovaj lokalitet uz Oštrac utvrđen je s najmanjom biomasom imele u krošnjama uzorkovanih jela (tablica 8).

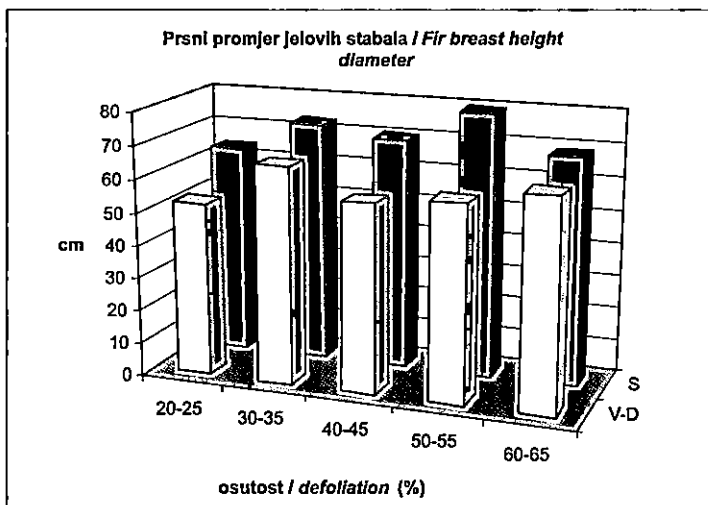
Svrstavajući lokalitete s ukupnim brojem imela u krošnjama uzorkovanih jela i njihove ukupne biomase, uočava se da se redosljedi uglavnom poklapaju. Jedina značajna promjena uočava se u poziciji lokaliteta Miletka s obzirom na to da se po broju imela nalazi na prvom mjestu, a po biomasu na trećem mjestu (tablica 8).

Analizom podataka o uzorkovanim stablima utvrđeno je da postoje znakovite razlike među visinama, prsnim promjerima i dobi jela uspoređujući lokalitete na vapnencu-dolomitu i silikatu (slike 1–3). Zaraženost jela bijelom imelom upućuje na sličnu pravilnost uspoređujući broj grmova imele u krošnji jedne jele, njihovu biomasu te dob najstarije imele (slike 4–6).



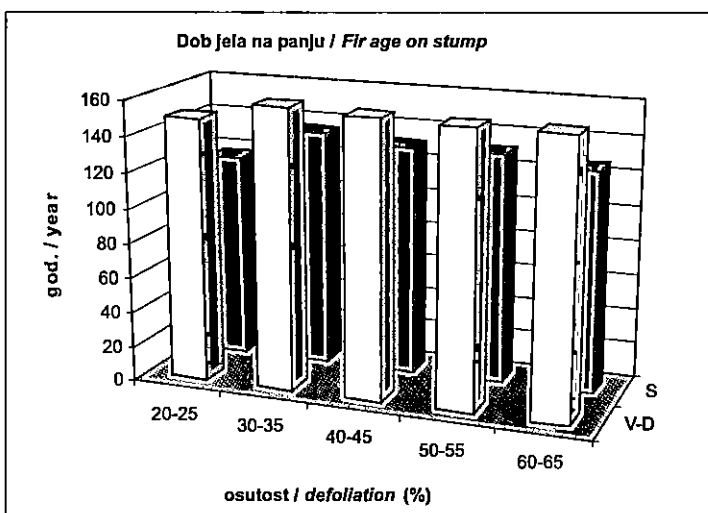
Slika 1. Prosječna visina uzorkovanih jela po kategorijama osutosti na silikatu (S) i vapnencu-dolomitu (V-D)

Figure 1 The average height of sampled fir trees according to defoliation categories on silicate (S) and limestone-dolomite (V-D)



Slika 2. Prosječni prsni promjeri uzorkovanih jela po kategorijama osutosti na slikatu (S) i vapnencu-dolomitu (V-D)

Figure 2 The average breast height diameter of sampled fir trees according to defoliation categories on silicate (S) and limestone-dolomite (V-D)

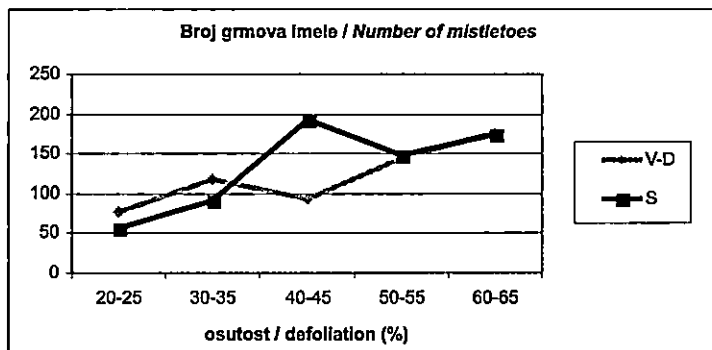


Slika 3. Prosječna dob uzorkovanih jela po kategorijama osutosti na slikatu (S) i vapnencu-dolomitu (V-D)

Figure 3 The average age of sampled fir trees according to defoliation categories on silicate (S) and limestone-dolomite (V-D)

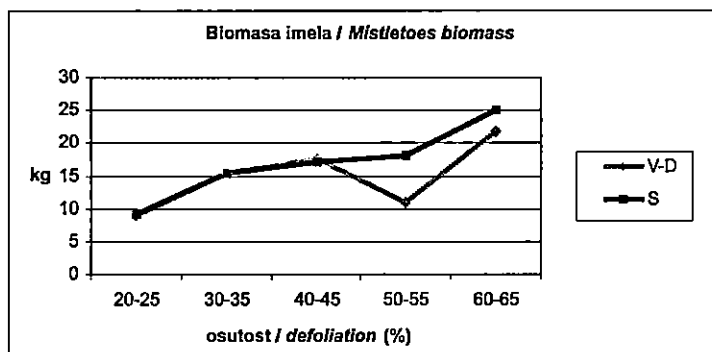
RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Provedenim istraživanjem utvrđene su sastojine s jačom i slabijom zarazom stabala obične jele (*Abies alba*) bijelom imelom (*Viscum album* ssp. *abietis*). Jak intenzitet zaraze utvrđen je na tri lokaliteta: Miletka i Podvodenjak (na silikatu) i Potočine – Crna kosa (na vapnencu-dolomitu). Ukupno je u krošnji uzorkovanih stabala tih lokaliteta izbrojeno od 1026 imela do 1122 imele, s ukupnom bioma-



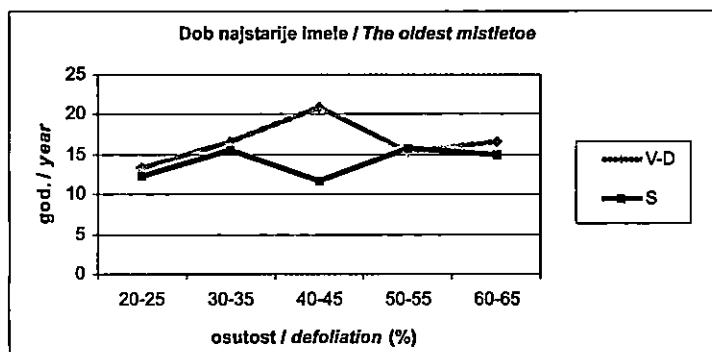
Slika 4. Prosječan broj grmova imele u krošnji jele po kategorijama osutosti na slikatu (S) i vapnencu-dolomitu (V-D).

Figure 4 The average number of mistletoes in a fir crown according to defoliation categories on silicate (S) and limestone-dolomite (V-D)



Slika 5. Prosječna biomasa imele u krošnji jele po kategorijama osutosti na slikatu (S) i vapnencu-dolomitu (V-D).

Figure 5 The average biomass of mistletoes in a fir crown according to defoliation categories on silicate (S) and limestone-dolomite (V-D)



Slika 6. Prosječna dob najstarije imele u krošnji jele po kategorijama osutosti na slikatu (S) i vapnencu-dolomitu (V-D).

Figure 6 The average age of the oldest mistletoe in a fir crown according to defoliation categories on silicate (S) and limestone-dolomite (V-D)

som od 123,36 do 165,75 kg. Na lokalitetu Podvođenjak izmjerena je najveća biomasa imele (165,75 kg), što je za 30,6 % veća biomasa od po zaraženosti sljedećega lokaliteta Potočine – Crna kosa (126,90 kg) te čak 90,5 % veća od najslabije zaraženoga lokaliteta Oštrac (87,00 kg) (tablica 8). Jelove sastojine na lokalitetu Podvođenjak i Oštrac nalaze se na distrično smeđem, kiselo smeđem tlu na slikatu.

Najzaraženija stabla utvrđena su sa:

1. 491 imelom i 44,3 kg biomase imela (lokalitet Miletka)
2. 417 imela i 52,4 kg biomase imela (lokalitet Podvodenjak)
3. 209 imela i 45,7 kg biomase imela (lokalitet Podvodenjak)
4. 303 imele i 44,3 kg biomase imela (lokalitet Potočine – Crna kosa).

Na primjeru tih četiriju stabala, kao i podataka s ostalih jela, uočava se nepodudarnost broja imela s njihovom ukupnom biomasom, odnosno povećanjem broja imela u krošnji ne povećava se srazmjerno i biomasa. Razlog tomu je dob imela u krošnji pojedinoga stabla; što je imela starija i njezina je biomasa veća (npr. spomenute 4 jele, tablice 2, 3 i 5).

Prvo stablo, od navedna 4 najzaraženija, imalo je osutost krošnje u kategoriji 40–45 %, dok su ostala tri utvrđena s osutosti u kategoriji 60–65 %. Analizirajući podatke prikazane na slikama 4 i 5, uočava se tendencija rasta broja imele u krošnji jela te njihova biomasa s osutošću njihovih krošanja. Što stablo izgleda lošije (veća osutost krošnje), to je i broj imela na tim jelama veći bez obzira na to da li one raste na silikatu ili vapnencu-dolomitu. Slična je situacija i s biomasom imela; jele veće osutosti opterećene su većom biomasom imele u svojim krošnjama.

Utvrđeno je, nadalje, da je prosječna visina jele uzrasle na silikatu za 19,25 % (5,66 m) veća od jele na vapnencu-dolomitu, te da je prosječni prsni promjer jele na silikatu veći za 16,32 % (9,95 cm) od jele na vapnencu-dolomitu. Što se tiče dobi, situacija je obrnuta jer je prosječna dob jele uzrasle na vapnencu-dolomitu veća za 21,34 % (27,2 godine) od jele na silikatu (slike 1–3).

Zaraženost jela bijelom imelom pokazuje sličnu pravilnost uspoređujući broj grmova imele u krošnji jedne jele, njihovu biomasu te dob najstarije imele (slike 4–6). Prosječno jelovo stablo uzraslo na silikatu u krošnji ima tek nešto više imele 3,24 % (4,2 grma) nego jela na vapnencu-dolomitu, dok je njihova prosječna biomasa značajnije veća u krošnji jele na silikatu, i to za 11,69 % (1,87 kg) nego biomasa imela u krošnji jele na vapnencu-dolomitu. Prosječna dob najstarije imele utvrđena na jeli na vapnencu-dolomitu veća je za 15,56 %, odnosno ona je starija za 2,2 godine od imele na jeli uzrasloj na silikatu.

Dobivenim podacima provedenoga istraživanja utvrđeno je da je prosječna jela podjednako zaražena imelom na silikatu i na vapnencu-dolomitu, no biomasa imela veća je za gotovo 12 % na jelama uzraslima na silikatu. Taj se podatak poklapa s podacima o visini i prsnom promjeru prosječne uzorkovane jele na silikatu. Navedeno upućuje na zaključak da stanište (tlo), utječući na rast i razvoj jela, također utječe i na razvoj imela kao poluparazitskih biljaka, odnosno da je prehrana imela ovisna o prehrani jele kao svoga domaćina.

S obzirom na utvrđeno stanje zaraze na istraživanim lokalitetima, gdje su zabilježena stabla s preko 400 imela u krošnji i biomasom od približno 50 kg te činjenicom da s osutošću krošanja raste i broj imele i njihova biomasa (slike 4 i 5), nameće se potreba za daljnjim istraživanjima koja bi imala za cilj još više rasvijetliti ulogu imela na zdravstveno stanje jela u Hrvatskoj.

ZAHVALA ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo gospodinu Matiji Plešeu, dipl. ing. šum., i svim ostalim djelatnicima Hrvatskih šuma d.o.o., Uprave šuma podružnice Delnice koji su svesrdno pomogli pri izradi ovoga rada. Zahvaljujemo također na svesrdnoj pomoći i gospodinu Leopoldu Cvetanu, višemu teh. sur., iz Zavoda za zaštitu šuma i lovno gospodarstvo Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Ovo je istraživanje obavljeno u sklopu zadatka 1.3.6. "Istraživanje utjecaja imele (*Viscum album* ssp. *abietis*) na je-lova stabla u Gorskom kotaru te moguće mjere zaštite".

LITERATURA REFERENCES

- Barbu, I., 2002: Dendroökologische Untersuchungen an Beständen der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) mit Mistelschäden (*Viscum album*). U: Maurer, W. D. (ed.), 2002: Ökologie und Waldbau der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, No. 50/03, 161–170.
- Barney, C. W., F. G. Hawksworth, B. W. Geils, 1998: Hosts of *Viscum album*. European Journal of Forest Pathology, 28: 187–208.
- Brossier, J., 1969: Reflexions sur le gui de sapin. Revue Forestière Française, 21: 558–561.
- Brossier, J., F. Plagnat, 1960: Nouvelle sylviculture des sapinières à gui. Revue Forestière Française, 12: 102–109.
- Klepac, D., 1955: Utjecaj imele na prirast jelovih šuma. Šumarski list, 79: 231–244.
- Kramer, W., A. Padro, B. R. Stephan, 1988: Ökologie und Waldbau der Weisstanne (*Abies alba* Miller) in Spanien. Forstarchiv, 59: 96–101.
- Uščuplić, M., 1992: Uticaj sistema gazdovanja na pojavu imele (*Viscum album* L.). Glasnik Šumarskog fakulteta, Beograd, 74: 7–18.

THE OCCURENCE OF COMMON MISTLETOE (*Viscum album* ssp. *abietis* /Wiesb./ Abromeit) ON SILVER FIR (*Abies alba* Mill.) IN GORSKI KOTAR (CROATIA)

SUMMARY

The carried out research revealed in the region of Gorski Kotar the stands with more and less affected trees of common fir (*Abies alba*) by mistletoe (*Viscum album* ssp. *abietis*). The heavily affected firs were obtained in three localities: Miletka, Podvodenjak and Potočine– Crna Kosa. In the crowns of sampled trees the total number of mistletoes varied from 1026 to 1122, with total biomass of 123.36 to 165.75 kg.

In all research localities it was found out that with the increased crown defoliation the number of mistletoes and their biomasses increase as well. The average fir tree grown on silicate revealed slightly more mistletoes (3.24 %) in crown than the fir grown on limestone-dolomite, but the mistletoes' average biomass was higher (11,69 %) in fir crown grown on silicate than on limestone-dolomite. On the other hand, the average age of the oldest mistletoe obtained in the fir crown growing on limestone-dolomite had 2.2 years more (15,56 %) than the oldest mistletoe in the fir crown growing on silicate.

The results of research lead to conclusion as well that site (soil on silicate or limestone-dolomite) influencing the growth of the firs also affects the mistletoes' growth. The mistletoes' nutrition status obviously correlate with nutrition status in firs as their host plants.

Key words: crown defoliation, number of mistletoes, mistletoes' biomass, silicate, limestone-dolomite

UDK: 630*153.3

DINAMIKA I STRUKTURA POPULACIJE SIVOGA PUHA (*Glis glis* L.) U ŠUMAMA U HRVATSKOJ U RAZDOBLJU OD 2002. DO 2004. GODINE

DYNAMICS AND STRUCTURE OF FAT DORMOUSE (*Glis glis* L.) POPULATION IN CROATIAN FORESTS IN THE PERIOD FROM 2002 TO 2004

JOSIP MARGALETIĆ, MARIJAN GRUBEŠIĆ, KREŠIMIR KRAPINEC,
KARLO KAUZLARIĆ, SILVIJA KRAJTER

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Istraživanje strukture i dinamike populacije sivoga puha (*Glis glis* L.) postavljanjem klopki i kućica za naseljavanje obavljeno je u razdoblju od 2002. do 2004. godine na sljedećih šest lokaliteta: Mrkopalj, Koprivnica, Vrbovsko, Gračac, Krašić i Gerovo. Na lokalitetu Mrkopalj tijekom jeseni 2003. godine u 11 lovnih noći postavljeno je 475 klopki. Ulovljeno je 257 jedinki (235 juvenilnih – 9,36 % i 22 adultnih – 90,64 %) od kojih je 46 % pripadalo ženskomu, a 54 % muškomu spolu. Proučavanjem prosječne mase jedinki s obzirom na datum ulova utvrđeno je da se ona povećava prema kraju lovne sezone. Taj se rast kretao od 101,6 g do 145,6 g prosječne vrijednosti, što iznosi porast od 44 g u samo 23 dana (44,9 %), a što se povezuje s izvorom hrane (količina cvjetnih pupova u proljeće i kvalitetan urod bukvice u jesen). Masa adultnih jedinki iznosila je od 146 do 270 g. Prosječna masa svih ulovljenih jedinki na lokalitetu Mrkopalj iznosila je 120,6 g. Prosječna duljina ulovljenih jedinki iznosila je 31,0 cm, prosječna duljina repa 15,0 cm, a prosječna duljina tijela bez repa 16,0 cm. Te su godine na tom lokalitetu puhovi bili aktivni do 21. listopada, a nakon toga su se povukli na zimovanje zbog ranoga snijega koji se trajno zadržao na tlu do kraja godine. Godine 2003. na lokalitetu Gerovo ulovljene su, analizirane, obilježene i puštene 64 jedinke (58 % mužjaka i 42 % ženki). Masa analiziranih jedinki bila je od 87 g do 195 g. Na području Vrbovskoga analizirano je devet jedinki (56 % mužjaka i 44 % ženki) čija je masa bila unutar granica od 100 do 160 g kao i na području Gerova. Razlike u broju analiziranih jedinki u istom razdoblju između tih dvaju lokaliteta objašnjavaju se slabijim urodom bukvice i degradiranom kakvoćom staništa na području Vrbovskoga. U 2003. godini na ostalim lokalitetima nije zabilježena prisutnost sivoga puha. U listopadu 2004. godine ulovljene su jedinke na ovim lokalitetima: Koprivnica (2), Krašić (1) i Vrbovsko (7). Aktivnost sivoga puha ovisi o nadmorskoj visini, urodu šumskoga sjemena i klimatskim čimbenicima.

Ključne riječi: šumski ekosustavi, sivi puh (*Glis glis* L.), dinamika populacije

UVOD INTRODUCTION

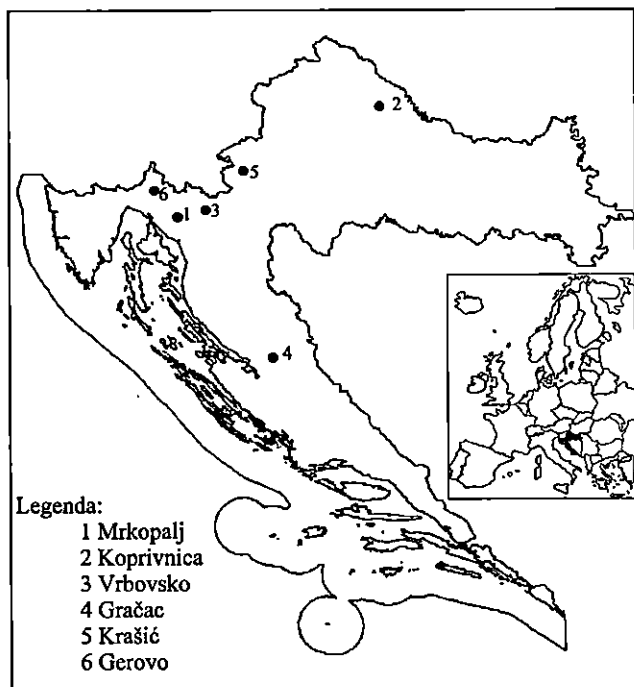
Glis glis L. (sivi puh) životinja je sumraka i noći. Hrani se sjemenjem, gljivama, pupovima, svakovrsnim voćem, lišćem, iglicama, korom drveća i sl. (Kryštufek 1991, Amori i dr. 1995). U prirodi se primjećuje u drugoj polovici travnja i u svibnju ovisno o klimi i nadmorskoj visini (Bieber 1998). U Gorskom kotaru puhovi se tradicionalno love kao lovna divljač u razdoblju od 15. rujna do 31. listopada kako je regulirano zakonom (Narodne novine, 61/1994, Grubešić i Radović 1996). Za potrebe istraživanja pravodobno je pribavljena dozvola od Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva Republike Hrvatske za lov puhova u vrijeme lovostaja. Puh u šumarstvu radi štete pretežno na smrekovim kulturama u dobi do tridesete godine (Platt i Rowe 1964, Glavaš i dr. 1999). Prstenuje stablo u gornjoj trećini krošnje glođući koru, što uzrokuje sušenje stabla. Unatoč izravnim i neizravnim štetama (rezervoar zoonoza) sivi puh ima svoje značajno mjesto kao dio šumske zoocenoze (Dudich 1993, Trilar 1997, Trilar i dr. 1997). Nalazi se na samom dnu hranidbenoga lanca. Da bi se osigurao opstanak ove vrste i tradicija lova na nju, trebaju se pobrinuti ponajprije šumarski stručnjaci očuvanjem životnoga prostora, te lovci kontroliranim lovom.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Istraživanja su obavljena u državnim šumama kojima gospodare ove šumarije: Mrkopalj (GJ "Mrkopalj", odjeli 35 i 37), Koprivnica (GJ "Novigradska planina", odjel/odsjek 27b; GJ "Dugačko brdo", odjel/odsjek 29a), Krašić (Park prirode "Žumberak–Samoborsko gorje", odjeli/odsjeci 54c, 27b), Gerovo (GJ "Lividraga", odjeli 1 i 3, te odjel/odsjek 4a), Vrbovsko (GJ "Cetin", odjel/odsjek 38b) i Gračac (GJ "Jaselsko bilo–Crnopac", odjel/odsjek 53a; GJ "Kremen–Javornik", odjel/odsjek 12a) (slika 1). Izabrani su lokaliteti na različitim zemljopisnim položajima (od SZ Hrvatske do Gorskoga kotara i Like) i nadmorskim visinama. Obuhvaćene su kvalitetne i degradirane regularne i preborne sastojine te sastojine u kojima se ne provode gospodarski zahvati (prašumski ekosustav u Parku prirode "Žumberak–Samoborsko gorje").

METODE ISTRAŽIVANJA METHODS OF THE RESEARCH

Na lokalitetima Mrkopalj i Gerovo puhovi su lovljeni klopama u razdoblju od polovice travnja do polovice studenoga. Klopke su postavljane pred večer na visinu 3–4 m, u zonu aktivnosti puhova, učvršćivanjem na štap od obične lijeske (*Corilus avellana* L.). Na stablo je bila stavljena uglavnom jedna puholovka. Kao mamac upotrebljavan je rogač (*Ceratonia siliqua* L.).



Slika 1. Lokaliteti istraživanja strukture i dinamike populacije sivoga puha (*Glis glis* L.) u razdoblju od 2002. do 2004. godine

Figure 1 Localities of researching the structure and fat dormouse population dynamics (*Glis glis* L.) in the period from 2002 to 2004

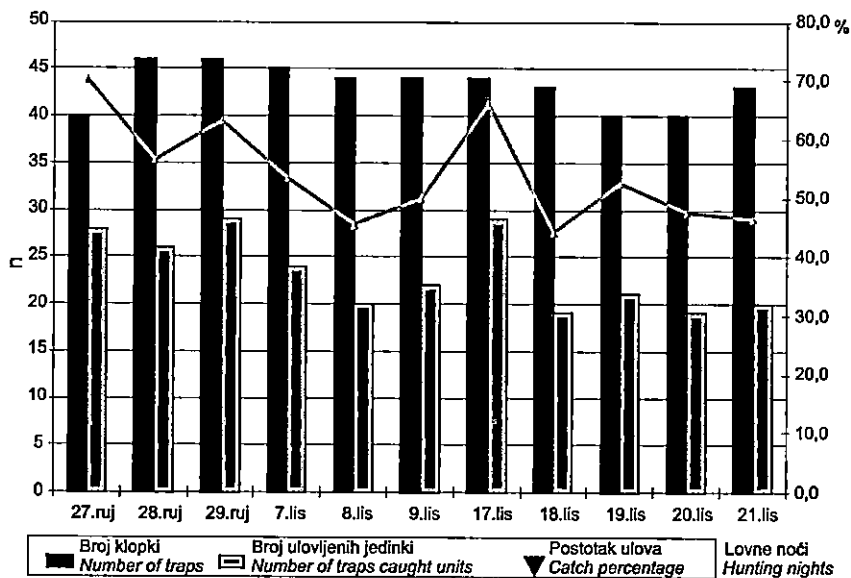
Na lokalitetima Koprivnica, Krašić, Vrbovsko i Gračac na stabla je postavljeno po 40 drvenih živolovki (kućice) na visinu od minimalno tri metra s otvorom dovoljnoga promjera da puh može ući, ali ne i njegovi predatori. Kućice su postavljane po linearnom transektu ili mreži kvadrata. Iako nije korištena ista metoda na svim lokalitetima, to ne utječe na dobivene rezultate jer je dokazano da ne postoji značajna razlika između dobivenih podataka (Kryštufek 2003). Svaka kućica obilježena je rednim brojem. Morfometrijski parametri (duljina tijela s repom, duljina repa) mjereni su metalnom vrpcom s milimetarskom točnošću, a vagani su digitalnom vagom s točnošću na gram. Ulovljene su jedinke razvrstavane na adultne i juvenilne prema boji dlake, određen im je spol, a nakon toga su obilježene i puštene.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

Na lokalitetu Mrkopalj u jedanaest lovnih noći postavljeno je 475 klopki. Uхваćeno je 257 jedinki (54,1 %) (slika 2).

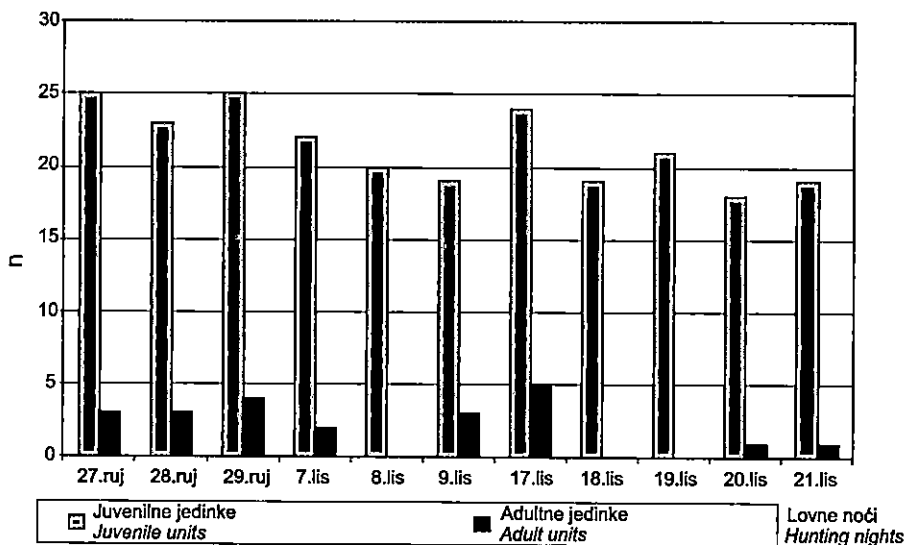
Dobna struktura ulovljenih jedinki prikazana je na slici 3.

Spolna struktura ulovljenih jedinki prikazana je na slici 4.



Slika 2. Broj klopki, broj ulovljenih puhova i postotak ulova po datumima na lokalitetu Mrkopalj u jesen 2003. godine

Figure 2 Number of traps, number of caught fat dormice and percentage of catch by dates on the locality of Mrkopalj in autumn 2003



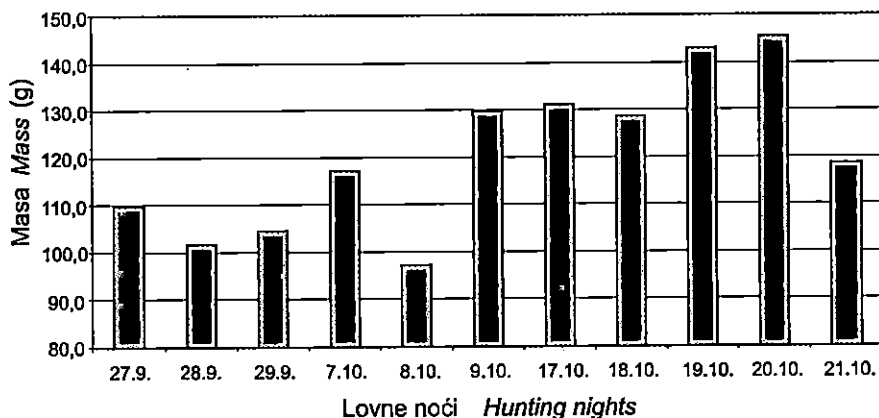
Slika 3. Broj ulovljenih juvenilnih (mladih) i adultnih (odraslih) jedinika po datumima ulova na lokalitetu Mrkopalj u jesen 2003. godine

Figure 3 Number of caught juvenile and adult units by catch dates on the locality of Mrkopalj in autumn 2003



Slika 4. Omjer spolova u uzorku cijele populacije (lokalitet Mrkopalj, jesen 2003. god.)

Figure 4 Sex ratio in the sample of the entire population (the locality Mrkopalj, autumn 2003)



Slika 5. Prosječna masa (g) jedinki po datumima ulova na lokalitetu Mrkopalj u jesen 2003. godine
Figure 5 Average units mass (g) by catch dates on the locality of Mrkopalj in autumn 2003

Analiza prosječne mase uzorkovanih jedinki tijekom razdoblja istraživanja na lokalitetu Mrkopalj prikazana je na slici 5.

Analiza prosječne duljine uzorkovanih jedinki na lokalitetu Mrkopalj prikazana je na slici 6.

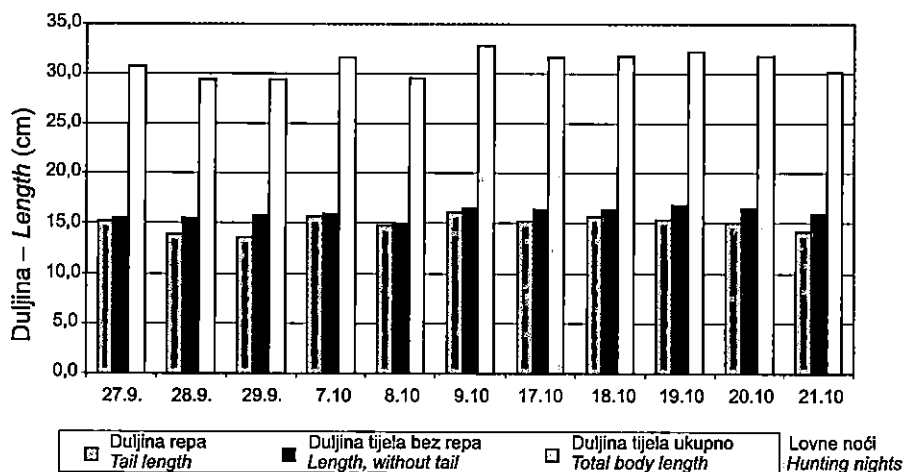
Broj ulovljenih jedinki sivoga puha na lokalitetima Gerovo, Vrbovsko, Koprivnica, Krašić i Gospić tijekom 2003. i 2004. godine prikazan je na slici 7.

Masa je ulovljenih jedinki bila od 87 g do 195 g. Ulov jedinki na lokalitetu Gerovo po razredima mase raspona 20 g prikazana je na slici 8.

Najveći broj jedinki ($n = 40$) bio je unutar granica 100–160 g.

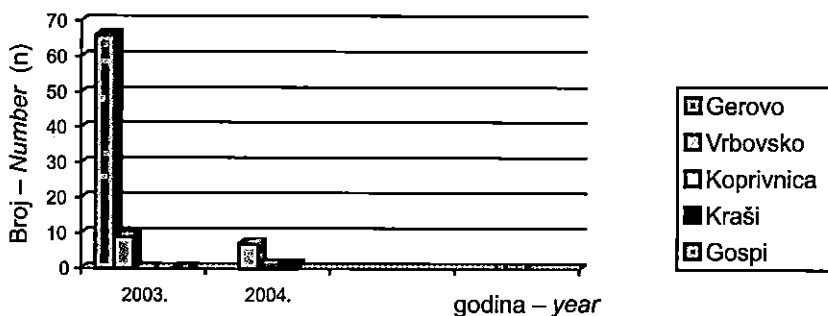
RASPRAVA DISCUSSION

Populacija sivoga ili velikoga puha (*Glis glis* L.) ovisi o urodu bukvice i promjenjiva je tijekom višegodišnjega promatranja (Jurczynszyn 1995, Schlund i dr. 1997, Hilton i Packham 1997, Burges i dr. 2003, Kryštufek i dr. 2003). Analizirajući dinamiku ulova puхова na lokalitetu Mrkopalj (slika 2), vidljivo je da je sezona



Slika 6. Prosječna duljina (cm) ulovljenih jedinki po datumima ulova na lokalitetu Mrkopalj u jesen 2003. godine

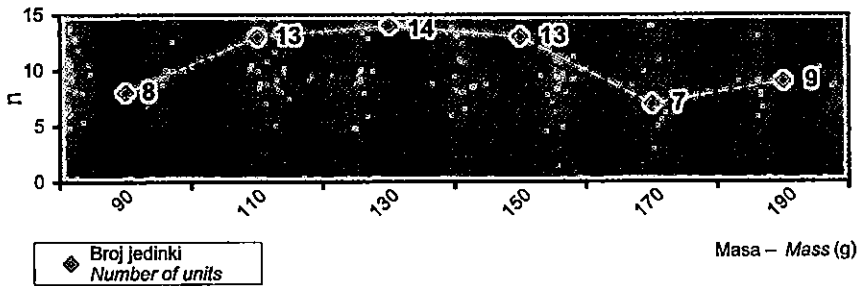
Figure 6 Average length (cm) of caught units by dates of catch on the locality of Mrkopalj in autumn 2003



Slika 7. Broj ulovljenih jedinki po datumima ulova na nekoliko lokaliteta u 2003. i 2004. godini

Figure 7 Number of caught units by catch dates on the any locality of in 2003 and 2004

lova započela 27. rujna 2003. godine, a završila je 21. listopada 2003. godine, jer je tijekom sljedećega dana pao snijeg koji se zadržao na tlu tijekom ostatka zime, te su se puhovi povukli u pušine na zimski san. Rana pojava snijega razumljiva je s obzirom na nadmorsku visinu lokaliteta (od 900 do 1145 m). U ulovu su prevladavale juvenilne jedinke (slika 3). Ukupno je uhvaćeno 235 mladih jedinki, dok je adultnih jedinki bilo samo 22 (9,36 %). Uočava se da 8, 18. i 19. listopada nisu uhvaćene adultne jedinke, a 20. i 21. listopada po jedna, pa se može zaključiti da se većina starih jedinki nakon 17. listopada povukla u pušine. Činjenica da 8. listopada nisu ulovljene odrasle jedinke objašnjava se nepovoljnim vremenskim prilikama (snijeg). Iz slike 4 vidljivo je da je ulovljeno više ženki (68,18 %) nego mužjaka (31,82 %). Proučavanjem prosječne mase puhovala s obzirom na datum ulova



Slika 8. Broj ulovljenih jedinki po razredima mase (g) ulovljenih na lokalitetu Gerovo u jesen 2003. godine

Figure 8 Number of caught units by mass classes (g) caught on the locality Gerovo in autumn 2003

uočeno je da se ona povećava prema kraju lovne sezone (slika 5). Taj je rast iznosio od 101,6 g do 145,6 g prosječne vrijednosti, što iznosi porast od 44 g u samo 23 dana (44,9 %). Uočavaju se i dva pada vrijednosti, i to 8. listopada zbog izrazito nepovoljnih vremenskih prilika (snijeg), te na samom kraju sezone (21. listopada). Najteža odrasla jedinka imala je 270 i ulovljena je 9. 10. 2003. godine, dok je najlakša imala samo 146 g, a ulovljena je 27. 9. 2003. godine. Najteža juvenilna jedinka iznosila je 186 g i ulovljena je 19. 10. 2003. godine, a najlakša 50 g i ulovljena je 17. 10. 2003. godine. Prosječna masa svih ulovljenih jedinki iznosila je 120,6 g. Prosječna duljina ulovljenih jedinki iznosila je 31,0 cm, prosječna duljina repa 15,0 cm, a prosječna duljina tijela bez repa 16,0 cm (slika 6).

Iz rezultata ulova na lokalitetu Mrkopalj može se zaključiti da je zaštita ove vrste u Gorskom kotaru i u Lici lovostajem dovoljna uz sugestiju da se početak lovne sezone odgodi za petnaest dana ili da se u tih prvih petnaest dana uvede obveza korištenja selektivnih klopki. Razlog tomu je činjenica da lovci love puhove samo u vrijeme njihove masovne pojave kada se lovom ne može znatno narušiti stabilnost populacije. U prilog toj tvrdnji idu i rezultati istraživanja provedeni na lokalitetu Mrkopalj, gdje su puhovi lovljeni jedanaest lovnih noći na tridesetak istih lovnih stabala, a postotak ulova jedinki nije se značajno smanjio prema kraju sezone. Prosjek ulova u prvih šest dana iznosio je 57,12 %, a u ostalih pet 51,32 %. Ako se tomu rezultatu doda i postotak jedinki za koje se pretpostavlja da su skupile dovoljne zalihe masnoga tkiva te za lošijih vremenskih uvjeta ne izlaze na hranjenje, zaključuje se da se gustoća populacije u vrijeme masovne pojave nije bitno umanjila. U istraživanju je dobiven rezultat da su mlade jedinke iznosile 90,64 % ukupnoga ulova. Tako velik postotak ulova juvenilnih jedinki objašnjava se velikom reproduktivnom sposobnošću sivoga puha, te poznatom činjenicom da su mladi puhovi neoprezni pa češće stradavaju i od predatora i od lovaca. Starije jedinke, osobito muške, ne hrane se u slučaju lošega vremena ili pojave predatora (sove). Poznato je da je omjer spolova sivoga puha približno 1 : 1, što približno potvrđuju i podaci dobiveni za populaciju mladih jedinki na lokalitetima Mrkopalj (44 % ženki i 56 %

mužjaka) i Gerovo (42 % ženki i 58 % mužjaka) (Bieber 1998). Kod odraslih jedinki mužjaka je bilo 31,82 %, a ženki 68,18 %, što se tumači činjenicom da mužjaci prije skupe zalihe masti te u kasnu jesen, za nepovoljnih vremenskih uvjeta, ne moraju izlaziti na hranjenje. U Koprivnici je analizirana samo jedna juvenilna jedinka mase 13 g, iako su pronađena njihova gnijezda i tragovi grizotina, što upućuje na njihovu prisutnost. Sličan je rezultat bio i tijekom istraživanja na lokalitetu Krašić, gdje je urod bukvice bio kvalitetan, ali je analizirana samo jedna juvenilna jedinka mase 100 g. Na lokalitetu Vrbovsko 2003. i 2004. godine analizirano je 15 jedinki.

Ženke troše znatan dio energije tijekom gravidnosti i podizanja potomstva pa zbog toga zahtijevaju više vremena kako bi stvorile masne naslage (Langer 2002). Mjerenje mase ulovljenim jedinkama pokazalo je da se prosječna masa populacije u razdoblju od 23 dana povećala za 44,9 %, što upućuje na sposobnost puha da u kratkom vremenu, uz bogat izvor hrane (bukvica), značajno poveća masu (masno tkivo) te se tako pripremi za razdoblje mirovanja. Taj podatak treba uzeti s rezervom zbog mogućnosti prijevremenoga odlaska starijega dijela populacije na prezimljavanje. Na području Gerova ulovljena su 64 puha. Na postotak ulova u lovnoj noći utječu vremenske prilike, predatori i doba lovne sezone (Hoodless i Morris 1993, Jurczyszyn 1995, Kryštufek i dr. 2003). Analizirajući duljinu tijela, uočava se njezino neznatno povećanje prema kraju lovne sezone, a što potvrđuje da su ovogodišnje jedinke dosegle svoju zrelost prije početka lovne sezone (Pilastro 1994). Iako sivoga puha nalazimo u svim sastojinama u kojima ima dovoljno bukovih plodonosnih stabala, ova vrsta preferira stare mješovite sastojine sa šupljim stablima koja mu služe za skrovište te se sugerira šumarskoj struci da iz sastojina ne uklanja u potpunosti takva stabla (Jurczyszyn 1995). O ovoj vrsti postoji mnogo nepoznanica te se preporučuje pojačano njezino istraživanje.

LITERATURA REFERENCES

- Amori, G., M. Cantini, V. Rota, 1995: Distribution conservation of Italian dormice. In: M.G. Filippucci (ed.): Proc. II Conf. On Dormice. *Hystrix*, 6 (1–2): 331–336.
- Bieber, C., 1998: Population dynamics, sexual activity, and reproductive failure in the fat dormouse (*Myoxus glis*). *J. Zool. Lond.*, 224: 223–229.
- Burgess, S., P. Morris, P. Bright, 2003: Population dynamics of the Edible Dormouse (*Glis glis*) in England. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 49 (Suppl. 1): 27–31.
- Dudich, A.L.G., 1993: Ectoparasites of dormice (Rodentia, Myoxidae) in West Carpathians. Abstract of the II Conference on Dormice (Rodentia, Gliridae), Fuscaldo, Italy, 25.
- Glavaš, M., J. Margaletić, M. Baltić, M. Vuković, 1999: Štete od puhova u šumama Gorsko-kotara od 1972. do 1998. godine. *Šumarski list*, 123 (5–6): 211–216.
- Grubešić, M., J. Radović, 1996: The dormice hunting, a traditional custom in Croatia, versus dormice protection. Book of Abstracts, III International Conference on Dormice, 19.
- Hoodless, A., P. Morris, 1993: An estimate of population density of the fat dormouse (*Glis glis*). *J. Zool. Lond.*, 230: 337–340.

- č Hilton, G., J. R. Packham, 1997: A sixteen-year record of regional temporal variation in the fruiting of beech (*Fagus sylvatica* L.) in England (1980–1995). *Forestry*, 70: 7–16.
- č Jurchyszyn, M., 1995: Population density of *Myoxus glis* (L.) in some forest biotops. *Hystrix*, 6: 265–271.
- č Kryštufek, B., 1991: Sesalci Slovenije. Prirodoslovni muzej Slovenije, 171–173.
- č Kryštufek, B., A. Hudoklin, D. Pavlin, 2003: Population biology of the edible dormouse *Glis glis* L. in mixed montane forest in central Slovenia over three years. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 49 (Suppl. 1): 85–97.
- č Langer, P., 2002: The digestive tract and life history of small mammals. *Mamm. Rev.*, 32: 107–131.
- č Pilastro, A., 1994: Factors affecting body mass of young dormice (*Glis glis*) at weaning and by hibernation. *J. Zool. Lond.*, 234: 13–23.
- č Platt, F. B., J. J. Rowe, 1964: Damage by the Edible dormouse (*Glis glis*) at Wendover Forest (Chilterns). *Quarterly J. Forestry*, 58: 228–233.
- č Schlund, W., F. Scharfe, M. J. Stauss, J. F. Burkhardt, 1997: Habitat fidelity and habitat utilization of an arboreal mammal (*Myoxus glis*) in two different forests. *Z. Säugetierkd.*, 62: 158–171.
- † č Trilar, T., 1997: Ectoparasites from the nests of the fat dormouse (*Myoxus glis*) in Slovenia. *Natura Croatica*, 6 (4): 409–421.
- č Trilar, T., A. Gogala, M. Gogala, 1997: Distribution of *Oe. hirundinis* in Slovenia, with unusual finding in *M. glis* nest. *Acta Entomologica Slovenica*, 5 (1): 45–50.
- o *** Narodne novine, 1994: Pravilnik o lovostaji, 61/1110.

DYNAMICS AND STRUCTURE OF FAT DORMOUSE (*Glis glis* L.) POPULATION IN CROATIAN FORESTS IN THE PERIOD FROM 2002 TO 2004

SUMMARY

The research of the structure and dynamics of the fat dormouse (*Glis glis* L.) population was conducted by setting up traps and cases for inhabiting in the period of 2002 to 2004 on the following six localities: Mrkopalj, Koprivnica, Vrbovsko, Gračac, Krašića and Gerovo. On the locality of Mrkopalj during the autumn of 2003 in 11 hunting nights 475 traps were set up. 257 units were caught (235 juvenile-9.36 % and 22 adult-90.64 %) out of whom 46 % were female and 54 % were male. By analyzing the average unit mass regarding the catch date, it was determined that the mass increased with the approaching of the hunting season. The growth amounted from 101.6 g to 145.6 g of average value, which amounts to 44 g of growth in only 23 days (44.9 %), and which is connected to food source (flower buds quantity in spring and high-quality masts in autumn). The mass of the adult units was 146 to 270 g. Average mass of all units caught on the locality of Mrkopalj amounted to 120.6 g. Average length of caught units was 31.0 cm, whereas average length of tail was 15.0 cm, and average length of body without the tail

was 16.0 cm. That year on the mentioned locality dormice were active to 21 October, and afterwards they withdrew for hibernation due to early snow that remained long on the ground, by the end of the year. In the year 2003, on the locality of Gerovo, 64 units (58 % male and 42 % female) were caught, analyzed, marked and released. The mass of analyzed units amounted from 87 g to 195 g. On the area of Vrbovsko, nine units (56 % male and 44 % female) were analyzed whose mass was between 100-160 g as well as on the area of Gerova. The differences in numbers of the analyzed units on these two localities in the same period are explained by the smaller quantity of masts and lower habitat quality (degraded) on the area of Vrbovsko. In the year 2003, on other localities, the presence of fat dormouse was not marked. In the October 2004, the units were caught on the following localities: Koprivnica (2), Krašić (1) and Vrbovsko (7). Fat dormouse activity depends on altitude, forest seeds yield and climatic factors.

Key words: forest ecosystems, fat dormouse (*Glis glis* L.), population dynamics

UDK: 630*149.32

SITNI GLODAVCI KAO REZERVOARI HANTAVIRUSA I LEPTOSPIRA NA PODRUČJU ZAPADNE SLAVONIJE

SMALL RODENTS AS RESERVOIRS OF HANTAVIRUSES AND
LEPTOSPIRES ON THE AREA OF WEST SLAVONIJA

JOSIP MARGALETIĆ, ALEMKA MARKOTIĆ, MARICA MILETIĆ-MEDVED,
LIDIJA CVETKO, NENAD TURK, ZORAN MILAS, HEIKKI HENTONNEN,
ANA PAVELIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U razdoblju od 2002. do 2005. godine na području šumarija Okučani i Nova Gradiška istraživani su sitni glodavci kao rezervoari i prijenosnici hantavirusa (HTV) i leptospira. Istraživanja su obavljena u šumskim zajednicama *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht. i *Luzulo-Fagetum sylvaticae* Maus. Uzorkovane su ove vrste sitnih glodavaca: *C. glareolus*, *A. flavicollis*, *A. sylvaticus*, *A. agarius*, *Microtus agrestis*, *M. arvalis* i *M. subteraneus*. Na oba lokaliteta prevladavala je *C. glareolus* (54,29 % uzoraka). Analizom jedinki uzorkovanih na lokalitetu Okučani utvrđeno je da je 12,5 % populacije glodavaca bilo pozitivno na HTV, a na lokalitetu Nova Gradiška 15,4 %. Od HTV prevladavale su zaraze virusom Puumala. Metodama izolacije leptospira renokulturom i nalaza protutijela za leptospire reakcijom mikroskopske aglutinacije na lokalitetu Okučani utvrđeno je da je 10,0 % populacije sitnih glodavaca bilo pozitivno, dok je na lokalitetu Nova Gradiška taj rezultat iznosio 16,9 %.

Ključne riječi: sitni glodavci, šumski ekosustavi, hantavirusi, leptospire

UVOD INTRODUCTION

Definiranjem značenja sitnih glodavaca u šumskim ekosustavima prilog je poznavanju prirodnih odnosa koji su jamstvo stabilnosti, proizvodnosti i opstanka šuma. U šumama zapadne Slavonije obitava više vrsta sitnih glodavaca koji su rezervoari i prijenosnici hantavirusa (HTV) i leptospira. Istraživanja leptospira i hantavirusa u posljednjih deset godina pokazala su da je veći dio Hrvatske, osim otoka i

priobalja, endemsko područje za te uzročnike (Borčić i dr. 1982). Oni su globalni zdravstveni problem, a neki od uzročnika mogu se koristiti u bioterorističke svrhe (Elgh i dr. 1996, Mills i dr. 1999). Sporadične zaraze u ljudi javljaju se svake godine, a epidemije se pojavljuju ciklično u razdobljima od 5 do 7 godina. HTV su virusi iz porodice *Bunyaviridae*. U Europi i Aziji izazivaju hemoragijsku vrućicu s bubrežnim sindromom (HVBS) (Schmaljohn i Hjelle 1997, Vapalahti i dr. 2003). Dosad je dokazano da dva tipa hantavirusa kruže u Hrvatskoj: Puumala (PUUV) i Dobrava (DOBV) (Markotić i dr. 2002). Glodavci luče virus slinom, urinom i fecesom, a dalje se prenosi udisanjem aerosola. Inkubacija virusa traje od 2 do 5 tjedana. Najviše se zaraza bilježi u lipnju i srpnju, iako one počinju već u travnju, na početku tople sezone, najčešće u listopadnim šumama (Ledina i dr. 2002). Virus Puumala kao rezervoar koristi vrstu *Clethrionomys glareolus* (Schr.) (Olsson i dr. 2002). Rasprostranjen je u sjevernoj, srednjoj i južnoj Europi (Hukić i dr. 2003). U Hrvatskoj se javlja u rano proljeće, obolijeva 70 % ljudi uz 1 % smrtnosti. Virus Dobrava kao rezervoar koristi vrste *A. flavicollis* i *A. agrarius*. Rasprostranjen je u jugo-istočnoj Europi. U Hrvatskoj se javlja od lipnja do rujna, obolijeva 30 % ljudi uz 15 % smrtnosti. Postoji mogućnost da se virusi Puumala i Dobrava pojave zajedno na domaćinu. Ne mogu se prenositi s čovjeka na čovjeka (Miletić-Medved i dr. 2002). Početna istraživanja sitnih glodavaca kao rezervoara HVBS i leptospiroze u Hrvatskoj suvremenim metodama opisali su u svojim radovima Markotić i dr. 2002, Turk i dr. 2003, Cvetko i dr. 2005. Dvojnu zarazu na HTV i leptospire kod vrste *C. glareolus* uzorkovanu u blizini Slavenskoga Broda pronašli su i opisali Cvetko i dr. 2006.

Leptospiroza je akutna septikemijska zarazna bolest različitih vrsta domaćih, divljih životinja i čovjeka (Hathaway i dr. 1983, Van den Ingh i dr. 1989). Uzročnici su bolesti patogene bakterije unutar roda *Leptospira* (Turk i dr. 2003). Pretpostavka je da bi se predloženim istraživanjem primjenom suvremenih metoda među ljudima i sitnim glodavcima dobile nove spoznaje o rasprostranjenosti HVBS i leptospiroze. U godini u kojoj je utjecaj spomenutih čimbenika povoljan pretpostavka je da će brojnost vrsta znatno porasti (Gipps 1981). Redovito praćenje brojnosti sitnih glodavaca kao rezervoara uzročnika HVBS-a i leptospiroza važno je u predviđanjima pojave epidemija tih dviju zoonoza (Bernshtein i dr. 1999, Margaletić i dr. 2005). Na dinamiku i brojnost populacija ovih sisavaca utječu promjene stanišnih elemenata, omjer spolova i dob jedinki, a što posredno utječe na periodičnost pojave epidemija HVBS-a i leptospiroza (Jensen 1982, Hörnfeldt 1994, Margaletić i dr. 2002). Predloženo istraživanje ima svoje značenje u rasvjetljavanju složene problematike stabilnosti ekosustava, kao i kod otklanjanja nepovoljnoga utjecaja jednoga dijela zoocenoze (sitni glodavci) na zdravstveno stanje ljudi, te domaćih i divljih životinja, a sve radi uspostave prirodne ravnoteže.

Ciljevi predloženoga istraživanja bili su sljedeći: praćenje brojnosti populacija sitnih glodavaca na dvama lokalitetima u zapadnoj Slavoniji (Okučani i Nova Gradiška), analiza stanišnih elemenata, te determinacija vrsta sitnih glodavaca kao rezervoara HTV (uzročnici hemoragijske vrućice s bubrežnim sindromom – HVBS) i

leptospira (uzročnici leptospiroze). Istraživanje ima svoje značenje u otklanjanju nepovoljnoga utjecaja jednoga dijela zoocenoze (sitni glodavci) na zdravstveno stanje ljudi, te domaćih i divljih životinja. Rezultati istraživanja imaju izravnu primjenu u području šumarstva, zaštite okoliša, lovnoga gospodarjenja, veterine i zdravstva. Oni mogu biti od velike pomoći u planiranju preventivnih epidemioloških i sanitarnih mjera u sprječavanju pojave epidemija i pojedinačnih slučajeva obolijevanja među populacijom ljudi, te domaćih i divljih životinja koji u njima borave. U tom smislu rezultati mogu biti prilog zaštiti i očuvanju prirodnih ekosustava koji su obitavalište brojnih biljnih i životinjskih vrsta, te imaju značajnu općekorisnu vrijednost.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Uzorkovanje sitnih glodavaca obavljeno je na području šumarija Okučani i Nova Gradiška (Uprava šuma podružnica Nova Gradiška) u šumskim zajednicama *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht. i *Luzulo-Fagetum sylvaticae* Maus.

METODE ISTRAŽIVANJA METHODS OF THE RESEARCH

U istraživanju su korištene suvremene terestričke (metoda lovnoga transekta) i laboratorijske metode (imunoblot test ili WB test i test reverzne transkriptaze ili RT-PSR test, izolacija leptospira renokulturom, nalaz protutijela za leptospire reakcijom mikroskopske aglutinacije) (Kirkland i Sheppard 1994). Tijekom izlova sitnih glodavaca poštovane su odredbe American Society of Mammalogists (American Society of Mammalogists, Animal Care and Use Committee 1998). Serološkom reakcijom mikroskopske aglutinacije s 12 seroloških varijanti leptospira (*grippotyphosa*, *sejroe*, *australis*, *pomona*, *canicola*, *icterohaemorrhagie*, *tarassovi*, *saxkoebing*, *ballum*, *batavie*, *poi* i *hardjo*) pretraženi su uzorci krvi 105 jedinki sitnih glodavaca. Metode za određivanje specifičnih antitijela na zoonoze ubrajaju se u komercijalne kitove, standardizirane i evoluirane laboratorijske metode, razvijene u hrvatskim i suradničkim laboratorijima.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

Tijekom istraživanja uzorkovane su ove vrste sitnih glodavaca: *C. glareolus*, *Apodemus flavicollis* (Melch.), *A. sylvaticus*, *A. agarius*, *Microtus agrestis* (L.), *M.*

arvalis i *M. subteraneus*. Ulov sitnih glodavaca po vrstama na lokalitetima Okučani i Nova Gradiška te broj pozitivnih jedinki na hantaviruse prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Ulov sitnih glodavaca po vrstama na lokalitetima Okučani i Nova Gradiška te prikaz pozitivnih jedinki na hantaviruse

Table 1 The small rodents catch by species on the localities of Okučani and Nova Gradiška, and overview of units positive to hantaviruses

Vrsta / Species	Okučani		Nova Gradiška	
	Ulovljeno Catch	Pozitivno Positive	Ulovljeno Catch	Pozitivno Positive
<i>C. glareolus</i>	24	3	33	5
<i>A. flavicollis</i>	9	1	26	3
<i>A. sylvaticus</i>	7	1	6	2
Ukupno / Total (N)	40	5	65	10
Pozitivno / Positive, %	12,5		15,4	

Broj pozitivnih jedinki s renokulturama na leptospire prikazan je u tablici 2.

Tablica 2. Ulov sitnih glodavaca po vrstama na lokalitetima Okučani i Nova Gradiška te prikaz pozitivnih jedinki s renokulturama na leptospire

Table 2 Small rodents catch by species on the localities of Okučani and Nova Gradiška, and overview of units with renocultures positive to leptospire

Vrsta / Species	Okučani		Nova Gradiška	
	Ulovljeno Catch	Pozitivno Positive	Ulovljeno Catch	Pozitivno Positive
<i>C. glareolus</i>	24	1	33	2
<i>A. flavicollis</i>	9	2	26	8
<i>A. sylvaticus</i>	7	1	6	1
Ukupno / Total (N)	40	4	65	11
Pozitivno / positive, %	10,0		16,9	

RASPRAVA DISCUSSION

Rezultati rada plod su multidisciplinarnog istraživanja djelatnika Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Imunološkoga zavoda u Zagrebu, Veterinarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Šumarskoga instituta iz Finske. Istraživanjem su dobivene nove spoznaje o rasprostranjenosti uzročnika HVBS i leptospiroze u ovom dijelu Hrvatske. Brojnost zajednice sitnih glodavaca slijedi dinamiku populacije dominantne vrste (Hansson i Henttonen 1985, Korpimäki i Krebs 1996).

Veći broj pozitivnih jedinki na HTV i leptospire pronađen je kod jedinki uzorkovanih na lokalitetu Nova Gradiška (15,4 % i 16,9 %). Od HTV prevladavaju zaraže virusom Puumala. Koegzistencija dvaju različitih virusa i križne reakcije upućuju na zaključak da se na ovom području može očekivati postojanje i još nedo-

kazanih genotipova HTV. Na obama lokalitetima prevladava vrsta *C. glareolus* s tri pozitivne (od ukupno 24 ulovljene) jedinke u Okučanima i pet pozitivnih (od ukupno 33 ulovljene) jedinki u Novoj Gradiški. *C. glareolus* služi kao rezervoar virusu Puumale koji je najrašireniji na našem području. Mnogo manji broj jedinki vrsta iz roda *Apodemus* (jedna pozitivna od 7 u Okučanima i dvije pozitivne od 6 u Novoj Gradiški) indicira slabu raširenost virusa Dobrave. Usporedbom obiju lokacija uočava se veći postotak pozitivnih jedinki na hantaviruse na lokaciji Nova Gradiška (za 2,9 %).

Na lokacijama Okučani i Nova Gradiška obavljena su istraživanja na leptospire kako bi se potvrdilo da je endemsko žarište hantavirusa ujedno i endemsko žarište leptospiroze. Prikazom pozitivnih renokultura dominantna je vrsta bila *A. flavicollis*. Najveći broj ulovljenih jedinki pripadao je vrsti *C. glareolus* (ukupno 57 jedinki), koja, ako je zaražena, izlučuje stanice leptospira mokraćom (Cvetnić i dr. 2003). Buduća istraživanja sitnih glodavaca omogućit će dodatne spoznaje o uzročnicima zoonoza te stupnju izloženosti i rizika za profesionalno izložene skupine. Nekoliko je načina preventivnoga djelovanja u zaštiti od ovih dviju zoonoza. U prvom redu treba izbjegavati udisanje aerosola. Potrebno je spriječiti pristup glodavaca na mjesta gdje borave ljudi, čuvati hranu i piće od njihova dosega, te izbjegavati hranu, piće ili predmete za koje sumnjamo da su kontaminirani izlučevinama glodavaca. Nužna je higijena ruku, te kontrola brojnosti sitnih glodavaca. Dobiveni rezultati poslužit će kao osnova za izradu programa za kontrolu proširenosti i kretanja zoonoza, programa za suzbijanje bolesti i programa za provedbu zaštite zdravlja ljudi i životinja. Očekuje se da će kontinuirana edukacija smanjiti rizik od inficiranja uzročnicima zoonoza među populacijom šumskih radnika, te očuvati i unaprijediti zdravlje i radnu sposobnost djelatnika.

LITERATURA REFERENCES

- Ⓔ American Society of Mammalogists, Animal Care and Use Committee, 1998: Guidelines for the capture, handling, and care of mammals as approved by the American Society of Mammalogists. Available at <http://www.mammalsociety.org/committees/index.asp>.
- Ⓒ Bernshtein, A.D., N.S. Apekina, T.V. Mikhailova, Y.A. Myasnikov, L.A. Khlyap, Y.S. Korotkov, I.N. Gavrilovskaya, 1999: Dynamics of Puumala hantavirus infection in naturally infected bank voles (*Clethrionomys glareolus*). Arch. Virol., 144 (12): 2415–2428.
- Ⓒ Borčić, B., H. Kovačić, Z. Sebek, B. Aleraj, N. Tvrtkovic, 1982: Small terrestrial mammals as reservoir of leptospire in the Sava Valley (Croatia). Folia Parasitol., 29: 177–182.
- Ⓒ Cvetko, L., A. Markotić, A. Plyusnina J. Margaletić, M. Miletić-Medved, N. Turk, Z. Milas, T. Avšič-Županc, A. Plyusnin, 2005: Puumala virus in Croatia in the 2002 HFRS Outbreak. Journal of Medical Virology, 77: 290–294.
- Ⓒ Cvetko, L., N. Turk, A. Markotić, Z. Milas, J. Margaletić, M. Miletić-Medved, A. Plyusnin, G. Baranton, D. Postic, T. Avšič-Županc, 2006: Dual infection with Puumala virus and *Leptospira interrogans* in bank vole (*Clethrionomys glareolus*). American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 74 (4): 612–614.
- Ⓒ Cvetnić, Z., J. Margaletić, J. Tončić, N. Turk, Z. Milas, S. Spičić, M. Lojkić, S. Terzić, L. Jermeršić, A. Humski, M. Mitak, B. Habrun, B. Krt, 2003: A serological survey and isola-

- tion of leptospire from small rodents and wild boars in the Republic of Croatia. Vet. Med.-Czech, 48 (11): 321–329.
- ✓ Elgh, F., M. Linderholm, G. Wadell, P. Juto, 1996: The clinical usefulness of a Puumala virus recombinant nucleocapsid protein based enzyme-linked immunosorbent assay in the diagnosis of nephropathia epidemica as compared with an immunofluorescence assay. J. Clin. Virol., 6: 17–26.
- ✓ Gipps, J.H.W., 1981: Behavior of bank voles, *Clethrionomys glareolus*, in the field. Journal of Mammology, 62: 382–384.
- ✓ Hansson, L., H. Henttonen, 1985: Gradients in density variations of small rodents: the importance of latitude and snow cover. Oecologia, 67: 394–402.
- ✓ Hathaway, S.C., T.W. Little, A.E. Stevens, 1983: Identification of a reservoir of leptospira interrogans serovar muenchen in voles (*Microtus agrestis* and *Clethrionomys glareolus*) in England. Zentralbl. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg., 254 (1): 123–128.
- 4 ✓ Hukić, M., S. Muzaferović, D. Tulumović, L. Čalkić, S. Šabović, S. Karakaš, D. Sabitović, G. Pavić, E. Osmančević, 2003: Puumala and Dobrava viruses in the northeastern and central regions of Bosnia. Acta Med. Croatica, 57 (5): 373–380.
- ✓ Hörnfeldt, B., 1994: Delayed density dependence as a determinant of vole cycles. Ecology, 75: 791–806.
- ✓ Jensen, T.S., 1982: Seed production and out breaks of non-cyclic rodent populations in deciduous forests. Oecologia, 54: 184–192.
- ✓ Kirkland, G.L., P.K. Sheppard, 1994: Proposed standard protocol for sampling small mammal communities. In: J.F. Merritt, G.L. Kirkland, R.K. Rose (eds.), Advances in the biology of shrews. Spec. Publ., 18: 277–283.
- ✓ Korpimäki, E., C.J. Krebs, 1996: Predation and population cycles of small mammals. Bioscience, 46: 754–764.
- ✓ Ledina, D., N. Bradarić, B. Borčić, B. Turković, I. Ivić, J. Bakić, M. Erceg, N. Tvrtković, 2002: Dinara-New Natural Focus of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome in Croatia. Croatian Medical Journal, 43 (5): 576–580.
- ✓ Margaletić, J., M. Glavaš, W. Bäumler, 2002: The development of mice and voles in an oak forest with a surplus acorns. Journal of Pest Science, 75 (4): 95–98.
- ✓ Margaletić, J., M. Božić, M. Grubešić, M. Glavaš, W. Bäumler, 2005: Distribution and abundance of small rodents in Croatian forests. Journal of Pest Science, 78 (2): 99–103.
- ✓ Markotić, A., S.T. Nichol, I. Kuzman, A.J. Sanchez, T.G. Ksiazek, A. Gagro, S. Rabatić, R. Zgorelec, T. Avšič-Županc, I. Beus, D. Dekaris, 2002: Characteristics of Puumala and Dobrava infections in Croatia. Journal of Medical Virology, 66: 542–551.
- ✓ Miletić-Medved, M., Lj. Markotić, B. Cebalo, B. Turković, T. Avšič-Županc, 2002: Hemorrhagic fever with renal syndrome in Croatia. Lancet, 360: 415.
- ✓ Mills, J.N., T.G. Ksiazek, C.J. Peters, J.E. Childs, 1999: Long-term studies of hantavirus reservoir populations in the southwestern United States: a synthesis. Emerg. Infect. Dis., 5: 135–142.
- ✓ Olsson, G. E., N. White, C. Ahlm, F. Elgh, A. C. Verlemyr, P. Juto, R. T. Ralo, 2002: Demographic Factors Associated with Hantavirus Infection in Bank Voles (*Clethrionomys glareolus*). Emerging Infectious Diseases, 8 (9): 924–929.
- ✓ Schmaljohn, C.S. B. Hjelle, 1997: Hantaviruses: a global disease problem. Emerging Infectious Diseases, 3: 95–104.

- 1
c
c
c
c
- Turk, N., Z. Milas, J. Margaletić, V. Starešina, A. Slavica, N. Riquelme-Sertour, E. Bellen-ger, G. Baranton, D. Postic, 2003: Molecular characterization of *Leptospira* spp. isolated from small rodents in Croatia. *Epidemiol. Infect.*, 130 (1): 159–166.
- Vapalahti, O., J. Mustonen, A. Lundkvist, H. Henttonen, A. Plyusnin, A. Vaheri, 2003: Hantavirus infections in Europe. *Lancet Infect. Dis.*, 3 (10): 653–661.
- Van den Ingh, T.S., E.G. Hartman, Z. Bercovich, 1989: Clinical *Leptospira interrogans* serogrup *Australis* serovar *lora* infection in a stud farm in The Netherlands. *Vet. Q.*, 11 (3): 175–182.

SMALL RODENTS AS RESERVOIRS OF HANTAVIRUSES AND LEPTOSPIRES ON THE AREA OF WEST SLAVONIJA

SUMMARY

In the period from 2002 to 2005, on the area of the forestry of Okučani and Nova Gradiška, a research was conducted on small rodents as reservoirs and carriers of hantaviruses (HTV) and leptospires, namely on the forest communities *Genisto elatae-Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht. and *Luzulo-Fagetum sylvaticae* Maus. The following small rodents species were sampled: *C. glareolus*, *A. flavicollis*, *A. sylvaticus*, *A. agarius*, *Microtus agrestis*, *M. arvalis* and *M. subteraneus*. The dominant specie on both localities was *C. glareolus* (54,29 % sample). By the analysis of the units sampled on the locality Okučani, it was determined that 12,5 % of rodent population was HTV positive, and 15,4 % - on the locality of Nova Gradiška. Out of HTV viruses, the infections caused by the virus Puumala were dominant. Using methods of isolating leptospires by renocultures and finding antibodies for leptospires by the reaction of microscopic agglutination on the locality of Okučani, it was determined that 10,0 % of small rodents population was positive, while on the locality of Nova Gradiška that result amounted to 16,9 %.

Key words: small rodents, forest ecosystems, hantaviruses, leptospires

UDK: 630*156.2

UTVRĐIVANJE OPTIMALNOGA BROJA KRUPNE DIVLJAČI U OTVORENOM I OGRAĐENOM LOVIŠTU

DETERMINING THE OPTIMAL NUMBER OF BIG GAME IN OPEN
AND FENCED HUNTING GROUNDS

MARIJAN GRUBEŠIĆ, KREŠIMIR KRAPINEC, VIKTOR ŠEGRT

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Kapaciteti su staništa za pojedinu vrstu divljači bitni za gospodarenje i brojno stanje divljači u Republici Hrvatskoj. Utvrđivanje vrijednosti pojedinih stanišnih kapaciteta za divljač ima i veliku važnost zbog očuvanje samoga staništa koje u svakom slučaju ne smije biti prekapacitirano da se ne bi narušila njegova biološka stabilnost. Prevelika brojnost divljači s obzirom na kapacitete staništa razlogom je sukoba među jedinkama i njihovu približavanju gradskim naseljima, što može ugroziti njihov život.

Ipak u posljednjih nekoliko godina svjedoci smo premaloga broja divljači u većini lovišta u Hrvatskoj i premaloga broja propisanih grla koja bi se ondje trebala nalaziti po jedinici površine. Usporedbom s prijašnjim propisima i današnjim stanjem te mogućnostima stanišnih kapaciteta u hrvatskim lovištima napravljena je revizija starih propisa, utvrđeni su trenutni stanišni uvjeti i propisan je veći kapacitet broja divljači po jedinici površine. Bitne promjene odnose se na propisane fondove jelenske i srneće divljači, te na utvrđivanje objektivnoga prirasta, što je posebno istaknuto kod divlje svinje. Novi fondovi i koeficijenti prirasta omogućuju rentabilnost u lovnom gospodarenju i stimuliraju ulaganje u lovišta i divljač. Raspon u kojem se može uzgajati jelenska divljač kreće se od 1 do 8 grla na 100 ha, srne od 1 do 16, ovisno o bonitetu i tipu staništa. Mnogo veći raspon u mogućem fondu divljači propisan je i za ostale vrste divljači.

Također je definiran broj divljači koji se može uzgajati u uzgajalištima, ovisno o stanišnim uvjetima, a vodeći pri tome računa da intenzivni uzgoj divljači ne dovede u pitanje stabilnost staništa, odnosno devastaciju prostora. U uzgajalištima je na 100 ha moguće držati do 25 grla jelenske divljači, do 30 divljih svinja te do 35 grla jelena lopatara ili muflona.

Ključne riječi: divljač, lovište, stanište, kapacitet, uzgajalište, matični fond, prirast

UVOD INTRODUCTION

Istraživanja ovisnosti između staništa i divljači te unutarvrstne i međuvrstne konkurencije neiscrpna su tema u kojoj uvijek postoje novi detalji, gdje se mijenjaju dominantni čimbenici i gdje čovjek svojim aktivnostima uveliko može utjecati na međuzavisnost i pojedine čimbenike.

Usprkos tomu utjecaj čovjeka nije neograničen, no u tim prilikama čovjek neizravno utječe i ublažava ekstremno djelovanje pojedinih čimbenika štetnih za divljač. U tom se slučaju to odnosi ponajprije na abiotске čimbenike koji utječu izravno na divljač ili neizravno na njezinu prehrambenu osnovu.

Za lovno gospodarenje u otvorenim lovištima, koja uglavnom i prevladavaju u Hrvatskoj, potrebno je dobro uočiti sve čimbenike koji tijekom jedne kalendarske (ili lovne) godine utječu na divljač. Nakon toga je potrebno utvrditi posebno čimbenike koji ograničavaju veličinu populacije pojedine vrste divljači ili joj onemogućuju uzgoj u prirodnim uvjetima, te procijeniti najpotrebnije zahvate koji će ih spriječiti ili što je više moguće ublažiti.

Takvo uočavanje i ocjena svih čimbenika u lovištu prikazuje i konačnu mogućnost uzgoja pojedine vrste divljači odnosno kapacitet staništa.

U svakom slučaju podcjenjivanje mogućnosti pojedinoga staništa za uzgoj divljač u prirodnim uvjetima ima za posljedicu premali broj divljači u lovištu, što se pak odražava na opravdanost lovnoga gospodarenja s ekonomskoga gledišta. U takvim slučajevima ulaganja u lovište i divljač znatno su iznad mogućega rezultata poslovanja.

Suprotno tomu, precjenjivanje stanišnih mogućnosti uzrokuje planirani visok broj divljači u lovištu koji nije u skladu s realnim te se u praksi teško ostvaruje, a ako se i približno postigne kroz duže razdoblje, takvo se stanje negativno odražava na stanište, kvalitetu i kondiciju jedinki u populaciji, te na druge konkurentne vrste divljači.

Zbog podcjenjivanja mogućnosti pojedinoga staništa za uzgoj divljači u prirodnim uvjetima u lovištu je premali broj divljači, što pak nameće pitanje opravdanosti uzgoja divljači (lovnoga gospodarenja) s ekonomskoga gledišta. U takvim slučajevima ulaganja u lovište i divljač znatno su iznad mogućega rezultata poslovanja.

Suprotno tomu, precjenjivanje stanišnih potencijala uzrokuje planirani visoki broj divljači u lovištu koji nije u skladu s realnim te se u praksi teško ostvaruje, a ako se i približno postigne, kroz duže se razdoblje takvo stanje negativno odražava na stanište, kvalitetu i kondiciju jedinki u populaciji i na druge konkurentne vrste divljači.

Međuvrstna konkurencija može biti ograničavajući čimbenik kod objektivno popunjenoga kapaciteta, te se na istoj površini ne može u maksimalnom broju uzgajati više vrsta međusobno konkurentnih za hranom i prostorom. U tim je odnosima potrebno promijeniti međuvrstnu supstituciju.

Proteklih 10 godina primjenom propisanih i preporučenih *Stručnih podloga za bonitiranje i utvrđivanje lovnoproduktivnih površina u lovištima Republike Hrvatske* (Raguž i dr. 1994) u praksi se pokazalo da su brojna lovišta dobrih stanišnih uvjeta u kojima su propisani vrlo niski fondovi divljači, što je imalo za posljedicu vrlo ograničene mogućnosti lova i korištenja divljači. Stoga je u suradnji s "Hrvatskim šumama" pokrenut projekt istraživanja optimalnih stanišnih potencijala za lovišta u Hrvatskoj.

PROBLEMATIKA PROBLEMATIC

Pitanje optimalnoga kapaciteta staništa u lovnom gospodarenju jedan je od glavnih problema u ovoj djelatnosti već više od pola stoljeća. Prva istraživanja i utvrđivanje kapaciteta staništa za krupnu divljač provedena su u Njemačkoj (Ueckermann 1952).

U Hrvatskoj ovom problemu prvo su se na znanstvenoj, odnosno iskustvenoj osnovi, posvetili dr. Zvonko Car i Otto Rohr šezdesetih godina prošloga stoljeća (Kraljić 1956, Car 1961). Detaljno razrađene metode utvrđivanja lovno produktivne površine i bonitiranja propisanim brojem jedinki po jedinici površine (kapacitet) prikazane su u poglavlju «Uređenje lovišta» u još uvijek vrlo aktualnom *Lovačkom priručniku* iz 1967. godine. Primjena metoda utvrđivanja kapaciteta lovišta za gospodarski značajne vrste krupne i sitne divljači zadržale su se, uz manje izmjene, do danas. Značajnije dorade ovoga načina rada provedene su tijekom 1987. godine kada su izdana *Uputstva za određivanje lovnoproduktivnih površina i bonitiranje lovišta u SR Hrvatskoj* (LSH, 1987).

Drugačiji pristup utvrđivanju kapaciteta staništa, posebno za jelensku divljač, koji je vezan uz tip lovišta te strukturu vegetacije, razradio je dr. Jan Brna. Ova se metoda paralelno primjenjivala samo za utvrđivanje kapaciteta lovišta za jelensku divljač.

Iako je bilo i drugih pristupa utvrđivanju kapaciteta lovišta (Kraljić 1956, Grubešić 1996), u praksi se primjenjivala klasična metoda utvrđivanja LPP i boniteta.

Sam način utvrđivanja kvalitete staništa (boniteta) stručno je opravdan jer se i neke druge europske zemlje tradicionalnoga načina lovnoga gospodarenja koriste sličnim načinom vrednovanja staništa, no u našoj je praksi proteklih desetak godina najveći problem bio u vezi s normativima, odnosno tablicama koje propisuju broj jedinki pojedine vrste divljači po jedinici površine. Naime, u stručnim se krugovima često naglašavalo da je premali broj jedinki, niski koeficijent prirasta, što izravno utječe na niski propisani fond divljači i planirano izlučivanje. Posebno se to odnosi na jelensku divljač u našim najboljim staništima (lovištima) u kojima je duga tradicija uzgoja i lova ove vrste. Također se isticala niska brojnost i niski koeficijent prirasta kod srne. Daleko najveći raskorak između propisa i realnosti događao se kod divlje svinje kod koje je koeficijent prirasta bio 2 – 3 puta ispod ostvarenoga.

Takav raskorak između plana i ostvarenja odražava se na lovno gospodarenje, realizaciju odstrela, znatan porast šteta od divljači, neadekvatno korištenje prirodnih potencijala, pa čak i kršenje određenih propisa (prevelik broj divljači zahtjeva za revizijom LGO).

Problemi koji su determinirani u praktičnom radu gospodarenjem lovištima, nametnuli su potrebu istraživanja i utvrđivanja realnijih odnos na relaciji stanište – divljač, odnosno objektivne kapacitete staništa za pojedine vrste divljači te usklađivanje propisanoga i ostvarenoga prirasta, što je bio cilj provedenih istraživanja.

METODE RADA METHODS

Problem optimalnoga broja divljači u lovištima u Hrvatskoj potrebno je analizirati i istražiti po područjima i po vrstama divljači. Utvrditi optimalan broj divljači znači uskladiti biologiju i ekologiju pojedine vrste divljači i stanišne uvjete koje pruža pojedino područje (ili lovište).

Analizirana su dosadašnja iskustva, statistički pokazatelji i rezultati lovnoga gospodarenja u pojedinim razdobljima. Analizirana su pojedina staništa (tipovi staništa) i specifičnosti koje vladaju u njima (poplavna područja, prisutnost predatora), a u ocjeni kvalitete pojedinih staništa uz terenska su istraživanja korišteni podaci dosadašnjega gospodarenja, te vršene konzultacije sa stručnim osobljem koje operativno provodi zacrtane smjernice gospodarenja prema važećim propisima, odnosno lovnogospodarskim osnovama.

Ujedno su analizirani rezultati lovnoga gospodarenja preko statističkih pokazatelja nekih europskih zemalja, koje su slične u pristupu lovnomu gospodarenju. U takvim analizama najviše su korišteni podaci iz Slovačke, Češke i Mađarske, a pojedini rezultati lovnoga gospodarenja uzeti su iz Slovenije, Austrije i Njemačke. Navedene zemlje imaju dugogodišnju dobro vođenu bazu podataka o stanju, strukturi i odstrelu divljači, što uveliko pomaže pri utvrđivanju trenda lovnoga gospodarenja. Nažalost, statistički su podaci u Hrvatskoj nepotpuno vođeni, što otežava usporedbu i donošenje zaključaka.

REZULTATI RADA RESEARCH RESULTS

Analizirajući dosadašnje propise koji su određivali brojno stanje divljači po jedinici površine određenoga bonitetnoga razreda, možemo istaknuti da su dosad korišteni fondovi divljači koje su preporučili Car i Rohr 1961. godine, potom Bojan Novaković 1976. godine, te na poslijetku *Stručne podloge* (Raguž i dr. 1994).

Kako se u proteklih desetak godina primjenom posljednjih normativa (Raguž i dr. 1994) uočilo da je za neke vrste divljači propisa premalen broj jedinki po jedinici površine te premalen prirast, bilo je potrebno utvrditi prihvatljive norme koje će

Tablica 1. Preporučeni matični fond i koeficijent prirasta za krupnu divljač
 Table 1 Recommended breeding stock and growth coefficients for big game

Vrsta divljači Game species	Tip lovišta Type of hunting ground	Bonitet Site quality	I		II		III		IV	
		Ograničenja Restrictions	MF	PR	MF	PR	MF	PR	MF	PR
Obični jelen Red deer	Nizinsko Lowland	Bez poplava Not flooded	5 - 8	0,8	3 - 4	0,7	2	0,6	1	0,6
		Poplavna Flooded	5 - 8	0,6	3 - 4	0,5	2	0,4	1	0,4
	Brdsko Hilly	Bez kr. predatora No large predators	5 - 6	0,7	3 - 4	0,6	2	0,6	1	0,6
		Krupni predator Large predators	4 - 6	0,6	3 - 4	0,5	2	0,4	1	0,4
	Gorsko Mountainous	Krupni predator Large predators			2 - 4	0,5	1 - 2	0,4	<1	0,4
Obična srna Roe deer	Nizinsko Lowland	Bez poplava Not flooded	10 - 16	1,0	8 - 10	0,9	5 - 7	0,8	2 - 4	0,6
		Poplavna Flooded	6 - 8	0,7	4 - 6	0,6	3 - 4	0,5	1 - 3	0,5
	Brdsko Hilly	Bez krup. predatora No large predators	8 - 10	0,8	6 - 8	0,7	4 - 6	0,6	2 - 4	0,5
		Krupni predator Large predators	6 - 8	0,6	4 - 6	0,5	3 - 4	0,4	1 - 3	0,4
	Gorsko Mountainous	Krupni predator Large predators			3 - 5	0,5	2 - 3	0,4	1 - 2	0,4
	Mediterransko Mediterranean	Bez krup. predatora No large predators			4 - 6	0,7	3 - 4	0,6	1 - 3	0,6
Krupni predator Large predators				3 - 5	0,5	2 - 3	0,4	1 - 2	0,4	
Svinja divlja Wild boar	Nizinsko Lowland	Bez poplava Not flooded	2 - 4	3,0	2 - 3	2,5	1 - 2	2,0	0,5	1,5
		Poplavna Flooded	2 - 4	2,5	2 - 3	2,0	1 - 2	1,0	0,5	1,0
	Brdsko Hilly	Bez krup. predatora No large predators	2 - 4	3,0	1,5 - 2,5	2,5	0,5-1,5	2,0	0,5	1,5
		Krupni predator Large predators	2 - 3	1,5	1 - 2	1,5	0,5-1,5	1,0	0,5	1,0
	Gorsko Mountainous	Krupni predator Large predators					0,5-1,5	1,0	0,5	0,5
	Mediterransko Mediterranean	Bez krup. predatora No large predators			1 - 3	3,0	0,5-1,5	2,0	0,5	1,5
		Krupni predator Large predators			1 - 2	1,5	0,5-1,5	1,0	0,5	0,5

Jelen lopatar <i>Fallow deer</i>	Nizinsko <i>Lowland</i>	Bez poplava <i>Not flooded</i>	6 - 8	1,0	4 - 5	0,8	2 - 3	0,6	1 - 2	0,5
	Brdsko <i>Hilly</i>	Bez krup. predatora <i>No large predators</i>	5 - 7	0,8	3 - 4	0,7	2 - 3	0,6	1 - 2	0,5
	Mediteran- sko <i>Mediterra- nean</i>	Bez krup. predatora <i>No large predators</i>	4 - 6	0,8	3 - 4	0,7	2 - 3	0,6	1 - 2	0,5
Muflon <i>Mou- flon</i>	Nizinsko <i>Lowland</i>	Bez poplava <i>Not flooded</i>	4 - 6	0,8	3 - 4	0,7	2 - 3	0,6	1 - 2	0,5
	Brdsko <i>Hilly</i>	Bez krup. predatora <i>No large predators</i>	4 - 5	0,7	2 - 3	0,6	1 - 2	0,5	> 1	0,5
	Mediteran- sko <i>Mediterra- nean</i>	Bez krup. predatora <i>No large predators</i>	4 - 6	0,8	3 - 4	0,7	2 - 3	0,6	1 - 2	0,5
Divo- koza <i>Chamo- is</i>	Stanište di- vokoze <i>Chamois habitat</i>	Krupni predatori <i>Large predators</i>	10 - 12	0,7	7 - 9	0,6	4 - 6	0,5	1 - 3	0,4

omogućiti obitavanje optimalnoga broja divljači, podnošljiv utjecaj divljači na stanište, dobar prirast i na kraju rentabilno lovno gospodarenje.

Usporedbom lovišta u nekim nama po pristupu i načinu lovnoga gospodarenja sličnim zemljama pokušao se utvrditi odgovarajući broj jedinki (u određenom rasponu) koji će zadovoljiti postavljene ciljeve lovnoga gospodarenja.

Na temelju dosadašnjih domaćih iskustava te usporedbom drugih srednjoeuropskih zemalja s tradicionalnim načinom lovnoga gospodarenja i uzgoja divljači u otvorenim lovištima, izrađene su sljedeće tablice s preporučenim fondovima divljači, usklađeno s bonitetom i određenim ograničenjima i specifičnostima pojedinih područja.

Problemi su se u praksi javljali i u ograđenim lovištima ili uzgajalištima divljači, bilo da se govorilo o premalom broju divljači s obzirom na intenzitet uzgoja, ili je zbog prevelike koncentracije divljači u znatnoj mjeri devastirano stanište i nastajale su prekomjerne štete na šumi, livadama i tlu.

Da bi se uskladili svi odnosi na relaciji divljač – stanište – ostale djelatnosti, za pojedine tipove staništa (sastojina) propisani su preporučljivi fondovi za krupnu divljač koja se uzgaja u ograđenom prostoru.

RASPRAVA DISCUSSION

Nakon izrade prijedloga kapaciteta lovišta za pojedine gospodarski značajne vrste divljači potrebno je naglasiti neke značajnije promjene u odnosu na dosa-

Tablica 2. Preporučeni matični fond i koeficijent prirasta za krupnu divljač u ograđenim lovištima i uzgajalištima

Table 2 Recommended breeding stock and growth coefficient for big game in fenced hunting grounds and breeding sites

Vrsta divljači <i>Game species</i>	Čiste i mješovite hrastove sastojine s bujnom podstožnom etažom (rijedak sklop) <i>Pure and mixed oak stands with rich understory (rare canopy)</i>		Čiste i mješovite hrastove sastojine s oskudnom podstožnom etažom (gust sklop) <i>Pure and mixed oak stands with scarce understory (dense canopy)</i>		Mješovite bukovo-jelove sastojine <i>Mixed stands of beech and fir</i>		Sastojine medunca, crnoga i bijeloga graba <i>Stands of pubescent oak, hop and oriental hornbeam</i>		Makija, garig <i>Maquis, garrigue</i>	
	MF	PR	MF	PR	MF	PR	MF	PR	MF	PR
Obični jelen <i>Red deer</i>	20-25	0,9	16-19	0,9	do 15	0,8				
Divlja svinja <i>Wild boar</i>	30	5,0	25	5,0	20	4,5	15	4,0	30	4,0
Jelen lopatar <i>Fallow deer</i>	30-35	1,0	20-29	0,9	15-19	0,8	10-14	0,7	30-35	1,0
Muflon <i>Mouflon</i>	30-35	1,0	20-29	0,9	15-19	0,8	10-14	0,7	30-35	1,0

dašnje normative koji su se koristili pri planiranju fondova divljači, odnosno pri izradi lovnogospodarskih osnova.

Lovišta su razvrstana po nadmorskoj visini, reljefnim svojstvima, vegetaciji i klimatskim karakteristikama na nizinska, brdska, gorska i mediteranska.

Određeni čimbenici, koja imaju znatan utjecaj na divljač i lovno gospodarenje, ovom su prilikom uzeti u razmatranje kao ograničavajući s obzirom na to da je potvrđen njihov utjecaj do te mjere da bi bilo potrebno revidirati lovnogospodarske osnove zbog njihova stalnoga ili povremenoga djelovanja. Ti su ograničavajući čimbenici poplave u nizinskim lovištima te krupni predatori u brdskim, gorskim i djelomice u mediteranskim lovištima.

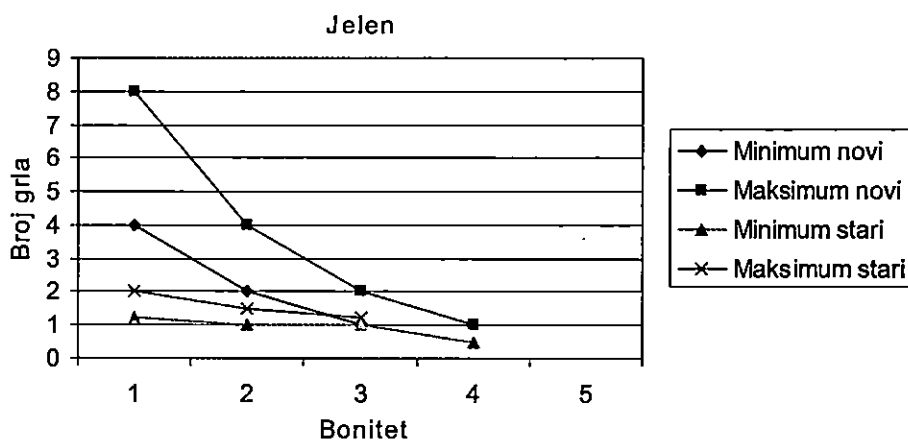
Općenito, promjene koje su unesene u nove tablice daju mnogo veću fleksibilnost pri utvrđivanju kapaciteta, uz istodobno znatno rentabilnije lovno gospodarenje, što pokazuju priložene tablice i grafikoni za dvije gospodarski najzanimljivije vrste krupne divljači.

Tablica 3. Minimum i maksimum broja grla jelenske divljači prema prijašnjim i sadašnjim preporukama
 Table 3 Minimum and maximum deer number according to previous and current recommendations

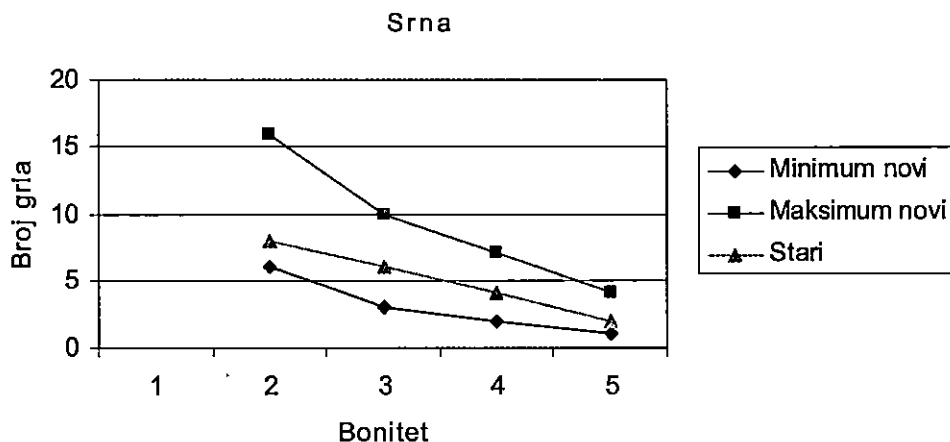
Bonitetni razred <i>Site class</i>	I	II	III	IV
Minimum novi <i>Minimum new</i>	4	2	1	0
Maksimum novi <i>Maximum new</i>	8	4	2	1
Minimum prijašnji <i>Minimum previous</i>	1,2	1	1	0,5
Maksimum prijašnji <i>Maximum previous</i>	2	1,5	1,2	0,5

Tablica 4. Minimum i maksimum broja grla srneće divljači prema prijašnjim i sadašnjim preporukama
 Table 4 Minimum and maximum of roe deer number according to previous and current recommendations

Bonitetni razred <i>Site class</i>	I	II	III	IV
Minimum novi <i>Minimum new</i>	6	3	2	1
Maksimum novi <i>Maximum new</i>	16	10	7	4
Prijašnji <i>Previous</i>	8	6	4	2



Grafikon 1. Prikaz prijašnjega i sadašnjega propisanoga broja grla jelenske divljači po bonitetnom razredu
 Figure 1 Previously and currently prescribed deer game number per site class



Grafikon 2. Grafički prikaz prijašnjega i sadašnjega propisanoga broja grla srneće divljači po bonitetom razredu

Figure 2 Graphical representation of previously and currently prescribed roe deer number per site class

Na osnovi usporedbe prijašnjih i sadašnjih propisa broja grla po jedinici površine kod jelena se uočava da je minimum na I. bonitetu povećan za 2,8 grla, a na II. bonitetu za 1 grlo, što je velik pomak u usporedbi s prethodnim propisima.

Kod srne je stanje također definitivno promijenjeno i to što prema starim propisima za srnu nisu bili propisani minimumi i maksimumi s obzirom na bonitet, već je broj grla bio jednak bez obzira na bonitet. U ovom je slučaju po novim propisima broj srnećih grla na I. bonitetu povećan za 8 grla, na II. bonitetu za 4, na III. bonitetu za 3 i na IV. bonitetu za 3 grla.

Tako će se u svakom slučaju bolje i kvalitetnije pridonijeti povećanju brojnoga stanja svih vrsta divljači u svim lovištima u Republici Hrvatskoj, unaprijediti lovstvo i lovni turizam, te otvoriti i dodatne mogućnosti zarade i u ovom aspektu gospodarenja staništem i divljači.

LITERATURA REFERENCES

- ⋈ Car, Z., 1961: Bonitiranje lovišta za jelene, srnu i tetrijeb gluhana. Lovačka knjiga, Zagreb.
- ⋈ Grubešić, M., 1996: Utjecaj prirodnih i gospodarskih čimbenika na kvalitetu stojbine divljači. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 157 str.
- ⋈ Grupa autora, 1967: Lovački priručnik. Zagreb, 704 str.
- ⋈ Kraljić, B., 1956: Boniteti i kapaciteti u lovstvu i njihovo utvrđivanje. Godišnjak Instituta za naučna istraživanja u lovstvu za 1955. g. Beograd, 9–31.
- Raguž, D., A. Alegro, M. Tompak, A. Frković, 1994: Stručne podloge za bonitiranje i utvrđivanje lovnoproduktivnih površina u lovištima Republike Hrvatske. Zagreb, 69 str.
- č Škultety, J., A. Ladziansky, J. Katreniak, P. Hell, 1974: Študie polovnickej rajonizacie a bonitacie polovnych revirov Slovenska. Polovnicke studie, 2: 1 – 104, Zvolen.

- ↳ Ueckermann, E., 1952: Rehwild und Standort. Beilage zur Jagdzeitschrift «Der Anblick». Jagrgang 7, Heft 5, Graz, 32 str.
- Uputstva za određivanje lovnoproduktivnih površina i bonitiranje lovišta u SR Hrvatskoj. Lovački savez Hrvatske, Zagreb 1987, 15 str.

DETERMINING THE OPTIMAL NUMBER OF BIG GAME IN OPEN AND FENCED HUNTING GROUNDS

SUMMARY

Game habitat carrying capacity plays a crucial role in game management and game quantity in the Republic of Croatia. Value assessments of particular game habitat carrying capacity is additionally important for the preservation of the habitat itself, which should not be over-populated so as to avoid disturbances of its biological stability. Excessive game quantity in relation to carrying capacity may lead to conflicts among individual animals and the risk of these animals approaching human settlements and endangering their own lives.

However, the last few years have seen insufficient numbers of game in the majority of hunting grounds in Croatia, and insufficient number of prescribed animals per surface unit. Past regulations and the present condition were compared and the possibilities of the carrying capacity in Croatian hunting grounds explored in order to revise old regulations, identify the current site conditions, and prescribe higher game carrying capacity per surface unit. Fundamental changes relate to prescribed breeding stock of deer and roe deer game and to determining the objective growth, which is particularly evident in wild boar populations. New breeding stocks and growth coefficients enable profitability in game management and stimulate investments in hunting grounds and game. Deer game ranges from 1 to 8 heads per 100 ha and roe deer from 1 to 16, depending on site quality and type. A much wider range in game breeding stock has been prescribed for other game species as well.

Key words: game, hunting ground, habitat, capacity, game breeding site, breeding stock, growth

UDK: 630*156.42

USPOREDBA TROFEJNIH VRIJEDNOSTI MUFLONA (*Ovis ammon musimon* PALLAS, 1811) S TRIMA LOKALITETIMA SREDOZEMNOGA DIJELA HRVATSKE

COMPARISON OF MOUFLON (*Ovis ammon musimon* Pallas, 1811)
TROPHY VALUES FROM THREE LOCALITIES IN THE
MEDITERRANEAN PART OF CROATIA

KREŠIMIR KRAPINEC, MARIJAN GRUBEŠIĆ,
VIKTOR ŠEGRT, BORIS ŠABIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu je analiziran razvoj trofeja muflona u sredozemnom području Hrvatske. Promatrana je trofejna vrijednost muflona kod populacija s lokaliteta Rab, Senj i Pelješac. Sva tri lokaliteta smještena su u sredozemnom dijelu Hrvatske u kojem i obitava veći dio populacije ove divljači. Usporedba je pokazala da mufloni iz rapske populacije imaju nešto dulje tuljce, veći raspon i veće trofejne vrijednosti. Glede opsega tuljaca na prvoj, drugoj i trećoj trećini nije naglašena apsolutna prevlast neke od populacija, nego se krivulje sijeku, što upućuje na svojevrstnu interakciju. Populacija iz Senja imala je veće opsege tuljaca na trećoj trećini od ostalih dviju populacija. Ukupna trofejna vrijednost najbrže raste na lokalitetu Sveti Juraj i doseže vrhunac u dobi od 7 godina. Na lokalitetima Kalifront i Sveti Ilija – Orebić ona nastupa u dobi od 8 godina, s tim da kod zadnje populacije nije bilo starijih grla tako da se ne može sa sigurnošću reći raste li ova vrijednost i dalje ili ne raste. Najveći udio grla u zlatnoj medalji ima lokalitet Kalifront (30 %), a mnogo manje udjele visoko trofejnih grla imaju lokaliteti Sveti Juraj (19 %) i Sveti Ilija – Orebić (14 %).

Ključne riječi: trofej, rogovi, muflon, *Ovis ammon musimon*, Sveti Juraj, Kalifront, Sveti Ilija – Orebić, Sredozemlje, lov

UVOD INTRODUCTION

Usporedbe muflonskih trofeja neizbježne su u lovstvu tako dugo dok trofeji čini glavniinu odstrelna takse. Kao dobre prilike za ovakve analize obično su po-

služile međunarodne izložbe lovačkih trofeja. Primjerice Markov i Penev (1990) su analizirali trofejne listove u zlatnoj medalji s izložbi lovačkih trofeja u Budimpešti (1971), Nitri (1980) i Plovdiva (1981). Na spomenutim izložbama sudjelovalo je 12 zemalja od čega su najveće trofejne vrijednosti imala grla odstrijeljena u bivšoj Čehoslovačkoj. Primjerice prosječna duljina tuljaca iznosila je 99,29 cm, a opseg tuljaca na drugoj trećini 23,87 cm.

Sama analiza može dati puno odgovora o tome što s određenom populacijom raditi, odnosno da li se isplati u nju ulagati ili ju jednostavno treba potpuno ukloniti iz staništa i formirati novu, bolju populaciju. Primjer za to daju Garaj i Gašparik (1997). Oni su analizirali 98 trofeja iz lovišta Topol'čiankach (Slovačka) te ustanovili kako je populacija u navedenom lovištu slabije kvalitete (za sve elemente ocjene) od većine ostalih populacija muflona u Slovačkoj. Kao daljnje smjernice za gospodarenje ovom divljači u navedenom lovištu predlaže se potpuno uklanjanje muflona te nakon toga potpuna obnova na način da se ispuste grla iz najkvalitetnijih populacija muflona iz Češke.

U Hrvatskoj muflon obitava na 18 lokaliteta, od kojih je njih 12 smješteno u sredozemnom dijelu. Od tih lokaliteta jedino na Rabu (Kalifront) i Tijatu (kod Šibenika) ne obitava populacija porijeklom s Brijuna. Naime, populacija muflona s lovišta VIII/6 "Kalifront" porijeklom je iz Slovačke i Češke (Krapinec 2000), s uzgajališta divljači "Tijat" dijelom vodi porijeklo s Brijuna, a dijelom iz Mađarske (Gyarmatpuszta). Na pojedinim lokalitetima lovoovlaštenici nastoje „osvježiti krv“ muflona u lovištima, međutim zanima ih iz koje će populacije uzeti grla kako se u postojeću populaciju ne bi ispustio genetski materijal genetski loših trofejnih svojstava.

U Hrvatskoj su se trofejnom analizom muflona bavili:

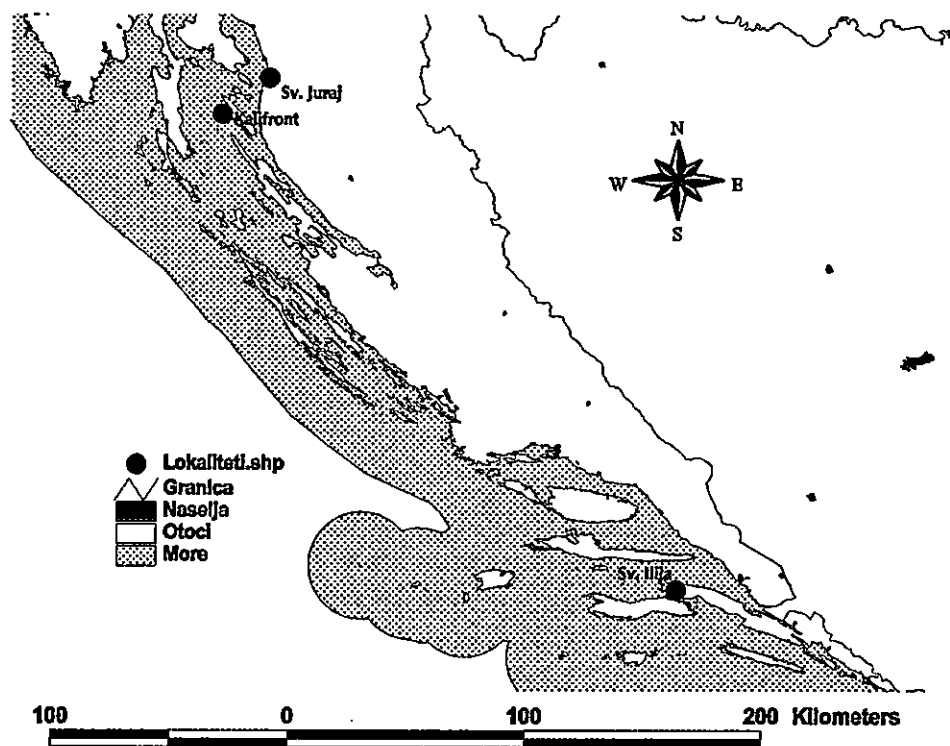
- Matošević (1989) – južni i zapadni Psunj
- Grajdl (1993) i Jumić (1999) – Garjevica
- Tomljenović i dr. (1993) – Žrnovnica (Senj)
- Raguž i dr. (1994) – usporedba populacija iz lovišta Vranjak (Ploče) i Žrnovnica (Senj)
- Grubešić i dr. (1995) – Pelješac.

Pri tome treba naglasiti kako su autori u zadnja tri rada prilično dobro analizirali trofeje muflonske divljači i prikazali ovisnost pojedinih elemenata izmjere o dobi odstrijeljenih grla.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Podaci za ovaj rad skupljeni su iz dva izvora. Za usporedbu razvoja trofeja ukupno i po elementima izmjere uzeta su tri državna lovišta (slika 1):

- VIII/6 „Kalifront“ – Lovište se nalazi na jugozapadnom dijelu otoka Raba. Podaci su uzeti iz trofejnih listova (ukupno 42 trofejna lista) izdanih za muflone odstrijeljene od lovne godine 2001/2002. do lovne godine 2005/2006.



Slika 1. Lokaliteti istraživanja - Figure 1 Research localities

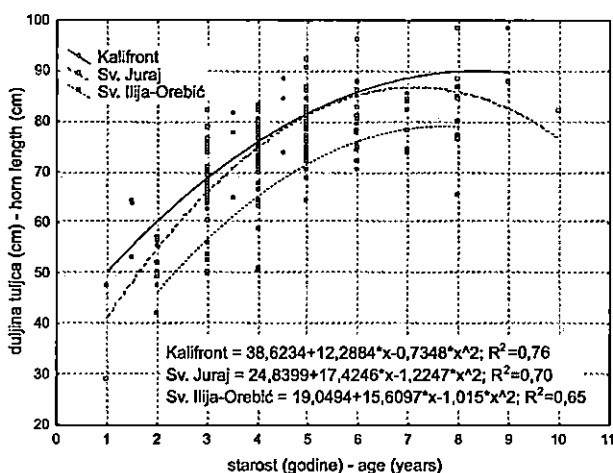
- IX/17 „Sveti Juraj“ – Lovište se nalazi nekoliko kilometara jugoistočno od Senja. Podaci su uzeti iz kataloga lovačkih trofeja (Skupina autora 2000) za navedeno lovište. U katalogu su dani trofejni podaci za ukupno 87 grla muflona odstrijeljenih u razdoblju od 1985/1986. do 1999/2000.
- XIX/10 „Sveti Ilija – Orebić“ – Lovište se nalazi u zapadnom dijelu poluotoka Pelješca. Podaci su uzeti iz nasumično izabranih trofejnih listova (ukupno 49 trofejnih listova) za grla odstrijeljena od lovne godine 1995/1996. do lovne godine 2005/2006.

Radi lakšega snalaženja u interpretaciji podataka u radu je za podatke iz lovišta Kalifront korišteno ime lokaliteta Rab, za podatke iz lovišta Sveti Juraj uzeto je ime Senj, a za lovište Sveti Ilija – Orebić Pelješac. Treba navesti da od konkurentskih vrsta osim muflona od krupne divljači u lovištu Kalifront obitava jelen aksis (*Axis axis* Erx.), u lovištu Sveti Ilija – Orebić obitava i divlja svinja (*Sus scrofa* L.), dok u lovištu Sveti Juraj od ostalih divljih dvopapkara obitavaju jelen lopatar (*Dama dama* L.), obični jelen (*Cervus elaphus* L.), obična srna (*Capreolus capreolus* L.), divokoza (*Rupicapra rupicapra* L.) i divlja svinja. Od krupnih predatora u lovištu Sveti Juraj obitava ris (*Lynx lynx* L.), a u lovištu Sveti Ilija – Orebić čagalj (*Canis aureus* L.).

Ocjenjivanje trofeja krupne divljači zakonska je obveza svakoga lovoovlaštenika (Zakon o lovstvu, NN, 140/05; Pravilnik o načinu ocjenjivanja trofeja divljači, obrascu trofejnoga lista, vođenju evidencije o trofejima divljači i izvješću o ocijenjenim trofejima, NN, 123/02). Sam način izmjere trofeja muflona propisao je Međunarodni savjet za lovstvo (CIC – Conseil International de la Chasse), a propozicije ocjenjivanja u priručniku su dali Frković (1989, 2000) i Varićak (1997). Podaci su obrađeni u programskom paketu Statistica 7.1.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS

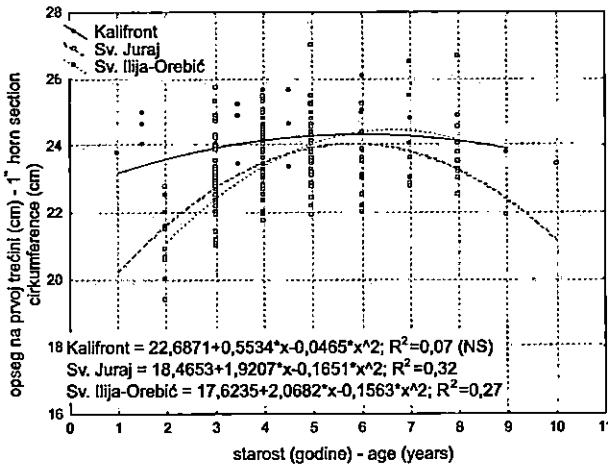
Iz grafikona 1 vidljivo je kako općenito gledano mufloni s lovišta Kalifront imaju dulje tuljce od ostalih dviju populacija. U usporedbi s ostala dva lokaliteta mufloni s Pelješca imaju najmanju duljinu tuljaca. Maksimalna duljina tuljca je kod rapske populacije iznosila 98,6 cm (dob grla 9 godina), kod senjske 98,3 cm (dob grla 8 godina), a kod pelješke populacije 86,4 cm (dob grla 8 godina).



Grafikon 1. Ovisnost prosječne duljine tuljaca o dobi muflona
Fig 1 Regression of average horn length and mouflon age

Budući da su mlađa grla odstrjeljivana većinom početkom ljeta (od 1. srpnja) i da su dotad postigli potpunu zakrivljenost roga, to im se upisivala dob od godinu i pol. Tako se iz grafikona 1 može primijetiti da u toj dobi mufloni u lovištu Kalifront mogu imati rog duljine preko 60 cm, što je više od 60 % ukupne duljine roga.

Prati li se krivulja rasta tuljaca po lokalitetima kod rapske se poplacije uočava nagliji rast duljine do osme godine, a nakon toga krivulja pokazuje trend polaganoga pada, odnosno više se radi o stagnaciji. Najizraženiji pad krivulje rasta duljine tuljca pokazuju grla iz lovišta Sveti Juraj. Naime, tamo grla postižu maksimum duljine godinu dana prije, odnosno u dobi od sedam godina. Mufloni iz lovišta Sveti

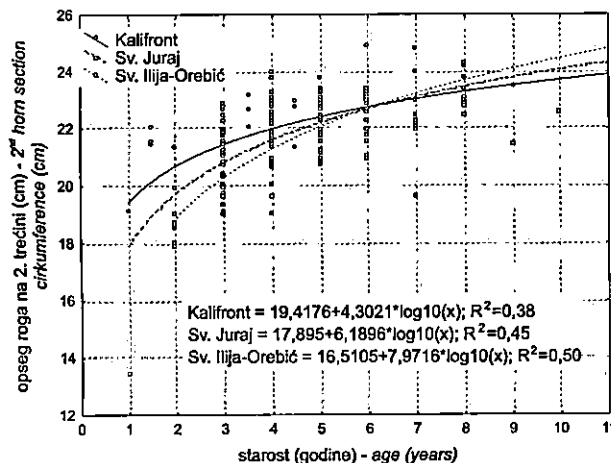


Grafikon 2. Ovisnost prosječnoga opsega tuljaca na prvoj trećini o dobi muflona

Fig 2 Regression of average horn circumference in the first horn section and mouflon age

Ilija – Orebić najdulji tuljac imaju s navršениh osam godina života ovnova, s tim da treba napomenuti kako nije bilo trofejnih listova onih grla koji su stariji od osam godina tako da se ne zna nastupa li nakon toga pad duljine ili ne nastupa. Koeficijenti multiple determiniranosti su signifikantni kod svih lokaliteta ($p < 0,001$), s tim da je najveći na Kalifrontu ($R^2 = 0,76$), nešto manji na lokalitetu Sveti Juraj ($R^2 = 0,70$), a najmanji na lokalitetu Sveti Ilija – Orebić ($R^2 = 0,65$). Ono što se još može uočiti jest da se u dobi između pete i šeste godine krivulje rasta duljine tuljaca lokaliteta Kalifront i Sveti Juraj gotovo dodiruju.

Regressijska krivulja opsega na prvoj trećini tuljca kod populacije s Pelješca je najstrmija. Kod grla do četiri godine prosječna vrijednost ove veličine na pelješkoj populaciji niža je od senjske. Nakon toga kod dobi od 4,5 godine ista krivulja siječe krivulju senjske populacije, a kod dobi od 6 godine siječe i krivulju rapske popula-



Grafikon 3. Ovisnost prosječnoga opsega na drugoj trećini o dobi muflona

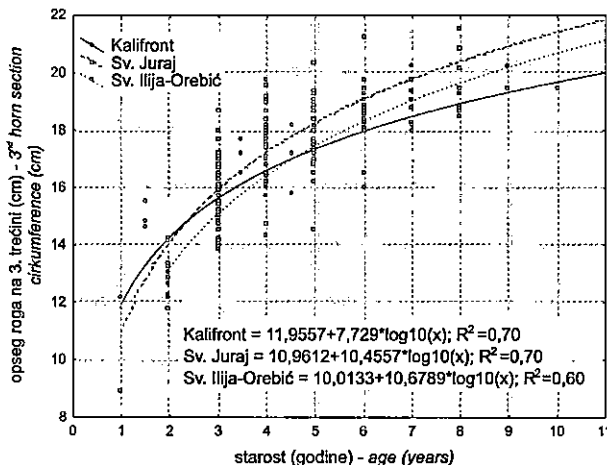
Fig 3 Regression of average circumference in the second horn section and mouflon age

cije. Maksimumi tih vrijednosti više-manje se podudaraju, odnosno za Kalifront i Sveti Juraj iznose 6 godina, dok za Sveti Ilija – Orebić iznose 7 godina. Pri tome se može uočiti kako su kod senjske i pelješke populacije parabole gotovo simetrične, a kod rapske je parabola slabo izražena. S tim u svezi mora se naglasiti kako se koeficijenti multiple determiniranosti kod senjske ($R^2 = 0,32$; $p < 0,001$) i pelješke ($R^2 = 0,27$; $p < 0,001$) populacije signifikantni, a kod rapske populacije nije signifikantan ($R^2 = 0,07$; $p = 0,2559$).

Najveći opseg izmjeren kod populacije s Pelješca iznosio je 27,0 cm (dob 5 godina), kod populacije s Raba iznosio je 26,05 cm (6 godina), a kod populacije iz Senja 25,75 cm (3 godine).

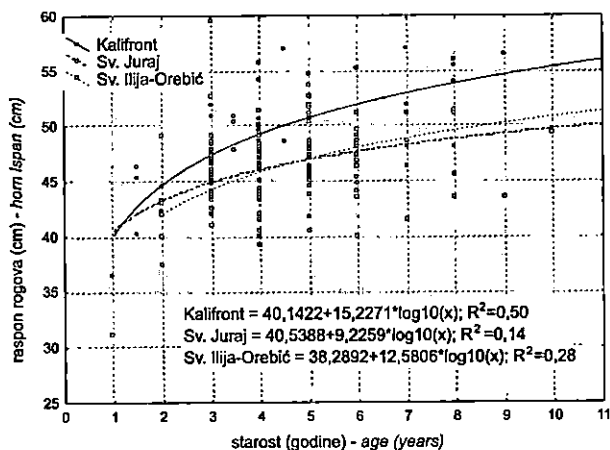
Za razliku od prvoga opsega ovaj na drugoj trećini pokazuje veću ovisnost (kod sva tri lokaliteta ona je signifikantna), a sukladno tomu vidljiva je i veća strmina krivulje, što upućuje na to da je prirast ovoga opsega nešto veći od prirasta opsega tuljaca na prvoj trećini. Ta je ovisnost bila najveća kod muflona s lokaliteta Sveti Ilija – Orebić ($R^2 = 0,50$; $p < 0,001$). Nešto manja ovisnost bila je na lokalitetu Sveti Juraj ($R^2 = 0,45$; $p < 0,001$), a najmanja na lokalitetu Kalifront ($R^2 = 0,38$; $p < 0,001$). Pri tom se može uočiti svojevrsna interakcija koja nastupa nakon dobi ovnova od godinu. Naime, do te dobi najveće vrijednosti ima populacija s Kalifronta, nakon nje populacija iz Svetoga Jurja, a zadnja je populacija s Pelješca. Međutim, nakon spomenute dobi redosljed je potpuno obrnut: Sveti Ilija – Orebić, Sveti Juraj i Kalifront. Dakle, dolazi do svojevrsne stagnacije u rastu opsega na drugoj trećini kod rapske populacije. Najveći opseg izmjeren kod populacije s Raba iznosio je 24,85 cm (dob 6 godina), kod populacije s Pelješca bio je 24,8 cm (dob 7 godina), a kod populacije iz Senja 23,95 cm (dob 4 godine).

Iz grafikona 4 vidljivo je kako najveći treći opseg ima populacija s lokaliteta Sveti Juraj, a najslabiji populacija s Raba. Naime, interakcija je već nazočna nakon druge godine grla kada krivulja lokaliteta Sveti Juraj siječe krivulju lokaliteta Kali-



Grafikon 4. Ovisnost srednjega opsega na trećoj trećini o dobi muflona

Fig 4 Regression of average circumference in the third horn section and mouflon age

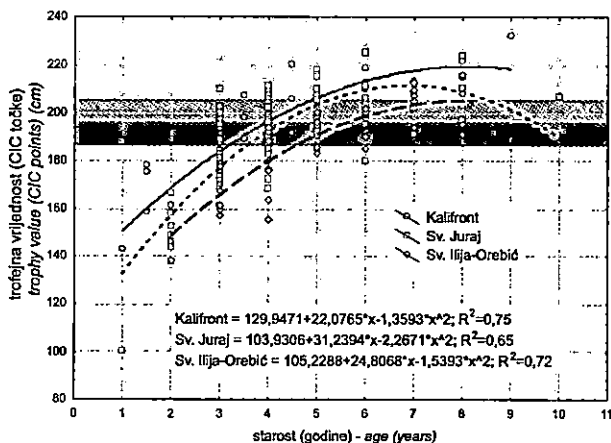


Grafikon 5. Ovisnost raspona rogova o dobi muflona
 Fig 5 Regression of horn span and mouflon age

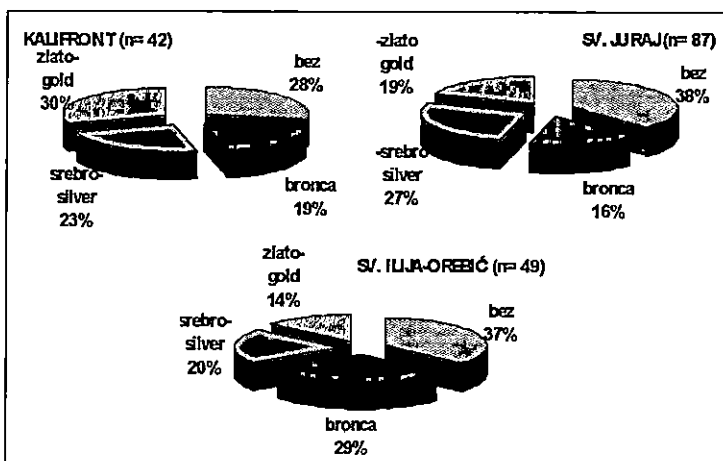
front i nakon toga obje krivulje divergiraju. Između lokaliteta Kalifront i Sveti Ilija – Orebić također postoji interakcija, i to nakon četiri godine kada ovdni s Pelješca pokazuju veće vrijednosti ovoga opsega. Općenito, i tu se može uočiti kako je rast ovoga elementa najsporiji kod populacije s Raba. Kod ovoga opsega, za razliku od prethodna dva, ovisnosti su najveće i sve su značajne, a najveću pokazuju populacije s Kalifronta ($R^2 = 0,70$; $p < 0,001$) i Sveti Juraj ($R^2 = 0,70$; $p < 0,001$), dok najmanju pokazuju grla s lokaliteta Sveti Ilija – Orebić ($R^2 = 0,60$; $p < 0,001$). Najveći opseg na trećoj trećini izmjeren kod populacije s Pelješca iznosio je 21,5 cm (dob 8 godina), kod populacije iz Senja iznosio je 21,20 cm (dob 6 godina), a kod populacije s Raba 20,25 cm (dob 9 godina).

Iz grafikona 5 može se uočiti interakcija između populacije s Raba i Senja već nakon prve godine grla i između populacije s Pelješca i Senja nakon pete godine grla. Ovisnosti su značajne, ali su dosta niske. Tako je za Kalifront iznosila $R^2 = 0,50$ ($p = 0,05$), za Sveti Ilija – Orebić $R^2 = 0,28$ ($p = 0,05$), a za Sveti Juraj $R^2 = 0,14$ ($p = 0,05$). Najveći izmjereni raspon kod muflona iz Senja je 59,4 cm (dob 6 godina), a kod muflona s Raba i s Pelješca 57,0 cm (dob 8,5 godina, odnosno 7 godina respektivno).

Ukupna trofejna vrijednost najbolje se može predočiti grafikonom 6. Iz navedenoga prikaza vidljivo je da ova vrijednost najbrže raste na lokalitetu Sveti Juraj i da doseže vrhunac u dobi od 7 godina. Na lokalitetima Kalifront i Sveti Ilija – Orebić ona nastupa u dobi od 8 godina, s tim da kod zadnje populacije nije bilo starijih grla tako da se ne može sa sigurnošću reći raste li ova vrijednost i dalje ili ne raste. Općenito, krivulje trofejnih vrijednosti najslabije su krivuljama duljine rogova. Sve tri krivulje pokazuju značajne ovisnosti trofejnih vrijednosti o dobi. Najveću ovisnost pokazuju grla s lokaliteta Kalifront ($R^2 = 0,75$; $p < 0,001$) i Sveti Ilija – Orebić ($R^2 = 0,72$; $p < 0,001$), dok je na Svetom Jurju ($R^2 = 0,65$; $p < 0,001$) ovisnost nešto manja. Najveća trofejna vrijednost na Kalifrontu je iznosila 232,15 CIC



Grafikon 6. Razvoj trofejnih vrijednosti na ispitivanim lokalitetima
Fig 6 Development of trophy values in the studied localities



Grafikon 7. Trofejna struktura
Fig 7 Trophy structure

točaka (dob 9 godina), na Svetom Jurju iznosila je 225,20 CIC točaka (dob 6 godina), a na lokalitetu Sveti Ilija – Orebić iznosila je 216,00 CIC točaka (8 godina).

Uspoređujući udio odstrijeljenih grla prema medaljama (grafikon 7), vidljivo je kako najveći udio grla u zlatnoj medalji (preko 205,00 CIC točaka) ima Kalifront (30 %), mnogo manje udjele visoko trofejnih grla imaju Sveti Juraj (19 %) i Sveti Ilija – Orebić (14 %). Najveći udio grla u srebrnoj medalji ima Sveti Juraj (27 %), nešto je manji udio u lovištu Kalifront (23 %), a najmanji je na lokalitetu Sveti Ilija – Orebić (20 %). Udio je grla u brončanoj medalji (od 185,00 do 194,99 CIC točaka) na lokalitetima Kalifront i Sveti Juraj ispod 20 %, dok je na lokalitetu Sveti Ilija – Orebić 29 %. Glede udjela nekapitalnih grla (ispod 185,00 CIC točaka) najmanje ih ima u lovištu Kalifront (28 %), a razmjerno više u lovištima Sveti Ilija – Orebić (37 %) i Sveti Juraj (38%).

RASPRAVA DISCUSSION

U uvodu je već naglašeno kako većina populacija muflona u Hrvatskoj vodi porijeklo s Brijuna. Tako je i s populacijom iz državnoga lovišta IX/17 Sveti Juraj i XIX/10 Sveti Ilija – Orebić. Međutim, populacija s Kalifronta ima porijeklo iz dvaju gotovo najboljih uzgajališta na svijetu (Židlochovice u Češkoj i Teply Vrch u Slovačkoj). Naime, iako je lista najjačih svjetskih trofeja muflona koju je objavio Varićak (1997) već pomalo anakrona, na njoj se svejedno može vidjeti kako su prva dva trofeja iz Češke (lovište Židlochovice u Moravskoj s trofejnom vrijednošću od 252,45 i 246,30 točaka, a šesnaesti po redu je trofej iz Slovačke (lokalitet Teply Vrch) trofejne snage 237,05 točaka. Recentni prvak (235,70 CIC točaka) i viceprvak Hrvatske (234,05 CIC točaka) iz državnoga su lovišta VII/4 Garjevica. Dakle, vidljivo je da je i slovački prvak jači od hrvatskoga.

Ono što je zanimljivo jest da od 10 najjačih trofeja Hrvatske njih osam potječe iz sredozemnoga područja. Štoviše, od 1984. do 2003. godine najjači trofej muflona u nas je bio s Pelješca (Orebić), a trofejna vrijednost mu je iznosila 233,85 točaka.

Tomljenović i dr. (1993) analizirali su 27 trofeja muflona iz lovišta Žrnovnica (taj se lokalitet danas nalazi u lovištu Sveti Juraj). Iako nisu radili regresijsku analizu nego grafički prikazivali sredine pojedinih elemenata ocjene, zaključili su kako bi gospodarska dob muflona bila između 6. i 7. godine dobi. Izmjerali su maksimalnu duljinu tuljaca od 88,7 cm (desni tuljac), a pad opsega na prvoj trećini između treće i četvrte godine dobi grla. Zanimljivo je da kod analiziranih trofeja nije bilo nekapitalnih trofeja koji su bili stariji od četiri godine.

U nas su gospodarsku dob muflona istraživali Raguž i dr. (1994). Oni nisu našli razlike u trofejnim vrijednostima između populacije iz lovišta Žrnovnica i lovišta Vranjak pored Ploča. Budući da su obje populacije nastale ispuštanjem grla s Brijuna, zaključuju kako mufloni s Brijuna predstavljaju vrijedan genofond ove divljači u trofejnom smislu. Oni nisu radili regresijsku analizu pa je stoga teško govoriti o kulminacijama trofejne zrelosti. Međutim, autori navode kako bi kulminacija trofejne zrelosti kod populacija iz Ploča bila između 5. i 6. godine, odnosno da se kvalitetna grla isplati držati i do njihove 8. ili 9. godine. Udio kapitalnih grla bio je u korist pločanske populacije, ali i ističu prekasno načinjen uzgojni odstrel u lovištu Žrnovnica.

Glede dinamike pojedinih elemenata izmjere trofeja treba naglasiti kako su iz spomenute analize Grubešić i dr. (1995) radili analizu trofeja muflona s poluotoka Pelješca, odnosno iz bivših susjednih lovišta Pelisac (sada lovište Sveti Ilija – Orebić) i Kuna, u kojima je analiziran 131 trofej, odstrijeljen u razdoblju od 1977. do 1995. godine. Čak je deset trofeja bilo snage preko 220,00 CIC točaka (među njima i bivši nacionalni prvak), a dva su imala duljinu tuljaca preko 100,0 cm. Na Rabu je 11 muflona bilo raspona preko 50,0 cm (34 %), dok ih je na Pelješcu bilo 30 grla (23 %). Najveća je razlika glede opsega na trećoj trećini. Dok je u lovištu

Kalifront samo jedno grlo imalo treći opseg preko 20,0 cm (3 %), na Pelješcu ih je bilo 29 (22 %).

Trofejne vrijednosti pokazuju i svojevrsnu dinamiku, odnosno imaju svoje trendove. Primjerice, Szidnai i Köller (1987) analizirali su trofeje u Mađarskoj stečene u razdoblju 1981–1985. te ustanovili kako se udio kapitalnih grla u muflona tijekom navedenoga razdoblja povećao (s 30,3 % na 35,5 %). Dakle, pri usporedbi različitih lokaliteta potrebno je usporediti trofeje iz više-manje istoga razdoblja.

S tim u svezi uspoređujući trofejnu strukturu senjske populacije od introdukcije do 1993. godine (Tomljenović i dr. 1993) i trofejne strukture načinjene u ovom radu, mora se zaključiti kako je udio kapitalnih grla u zadnjoj analizi 62 %, dakle čak se smanjio za 1 %. Međutim, udio grla u zlatnoj medalji se povećao za 8 %, udio grla u srebrnoj medalji se smanjio za 14 %, a udio grla u brončanoj medalji je porastao za 5 %. To zapravo pokazuje da je lovoovlaštenik posvetio više pažnje uzgojnomu odstrelu, odnosno na vrijeme je počeo izlučivati grla koja su bila neperpektivna, ali su u brončanoj medalji. Bila je to zapravo i preporuka analize koju su napravili Raguž i dr. (1994).

Uspoređujući podatke otriye (Grubešić i dr. 1995) s grafikonom 7, uočava se velik pad trofeja u lovištu Sveti Ilija – Orebić. Naime, analiza je iz 1995. godine pokazala kako je 72 % odstrijeljenih grla bilo u medalji (44 % u zlatnoj, 17 % u srebrnoj, 11 % u brončanoj). U navedenom vremenu udio se kapitalnih grla na spomenutom lokalitetu smanjio za 9 %. Od toga je udio grla u zlatnoj medalji pao za čak 30 %, dok se povećao udio grla u srebrnoj (za 3 %) i brončanoj medalji (za 18 %).

Dio razloga takva stanja nedvojbeno leži u ratnim zbivanjima na ovom području, koja su utjecala na smanjenje matičnoga fonda i pogoršanje trofejne strukture, dok drugi razlog leži u tržišnoj politici, odnosno nelojalnoj konkurenciji. Naime, prema cjeniku "Hrvatskih šuma" muflon je u ovom lovištu mnogo skuplji nego u lovištima kojima gospodare drugi lovoovlaštenici. Stoga lovna klijentela trofejno jaka grla odstrjeljuje upravo u susjednim lovištima tako da za visoko trofejno grlo u lovištu Sveti Ilija – Orebić praktično nema gosta. U ovakvim bi situacijama trebala intervenirati država propisujući zaštitne cijene za trofeje. Takva mjera ima svoje opravdanje jer je i divljač vlasništvo države. Time bi se spriječilo da se odstrel onih grla koja su uzgojena u lovištima "Hrvatskih šuma" prodaju u bescijenje u drugim lovištima, ako su tamo migrirala i odstrijeljena.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Na temelju provedenoga istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. Koeficijenti multiple determiniranosti rasta duljine rogova su signifikantni kod svih lokaliteta ($p < 0,001$), s tim da je najveći u lovištu Kalifront ($R^2 = 0,76$), nešto manji u lovištu Sveti Juraj ($R^2 = 0,70$), a najmanji u lovištu Sveti Ilija – Orebić ($R^2 = 0,65$).

2. Mufloni s lovišta Kalifront imaju dulje tuljce od ostalih dviju populacija. U usporedbi s ostala dva lokaliteta mufloni s Pelješca imaju najmanju duljinu tuljaca.
3. Kod rapske se populacije uočava nagliji rast duljine do osme godine dobi, a nakon toga krivulja pokazuje trend polaganoga pada. Najizraženiji pad krivulje rasta duljine tuljca pokazuju grla iz lovišta Sveti Juraj. Tamo grla postižu najveću duljinu godinu dana prije, odnosno u dobi od sedam godina. Kod muflona iz lovišta Sveti Ilija – Orebić duljina je tuljaca najveća s navršenih osam godina života otnova.
4. Glede opsega tuljaca na prvoj i drugoj trećini nije naglašena apsolutna prevlast neke od populacija, nego se krivulje sijeku, što ukazuje na svojevrsnu interakciju.
5. Kod raspona rogova može se uočiti interakcija između populacije s Raba i Senja već nakon prve godine i između populacije s Pelješca i Senja nakon pete godine, pri čemu Rab ima potpunu prevlast. Najveći izmjereni raspon kod muflona iz Senja 59,4 cm (dob 6 godina), a kod muflona s Raba i s Pelješca 57,0 cm (dob 8,5 godina, odnosno 7 godina respektivno).
6. Ukupna trofejna vrijednost najbrže raste na lokalitetu Sveti Juraj i doseže vrhunac u dobi od 7 godina. Na lokalitetima Kalifront i Sveti Ilija – Orebić ona nastupa u dobi od 8 godina, s tim da kod zadnje populacije nije bilo starijih grla tako da se ne može sa sigurnošću reći raste li ova vrijednost i dalje ili ne raste.
7. Krivulje trofejnih vrijednosti najsličinije su krivuljama duljine rogova. Sve tri krivulje pokazuju signifikantne ovisnosti trofejnih vrijednosti o dobi. Najveću ovisnost pokazuju grla s lokaliteta Kalifront ($R^2 = 0,75$; $p < 0,001$) i Sveti Ilija – Orebić ($R^2 = 0,72$; $p < 0,001$), dok je na lokalitetu Sveti Juraj ($R^2 = 0,65$; $p < 0,001$) ovisnost nešto manja.
8. Najveći udio grla u zlatnoj medalji ima lovište Kalifront (30 %), a mnogo manje udjele visoko trofejnih grla imaju lovišta Sveti Juraj (19 %) i Sveti Ilija – Orebić (14 %).

LITERATURA REFERENCES

- ***, 1998: Revidirana lovnogospodarska osnova za otvoreno lovište br. XIX/10 „Sveti Ilija – Orebić“ za razdoblje 1995./96. – 2004./05. Hrvatske šume p.o. Zagreb, UŠP Split, Blato, 106 str.
- ***, 2005: Lovnogospodarska osnova za lovište IX/17 „Sveti Juraj“ za razdoblje 01. travnja 2005. do 31. ožujka 2015. godine, Senj.
- ***, 2000: Druga lovačka izložba lovačkoga društva „Jarebica“ Senj. Katalog lovačkih trofeja, Senj.
- ***, 2002: Pravilnik o načinu ocjenjivanja trofeja divljači, obrascu trofejnoga lista, vođenju evidencije o trofejima divljači i izvješću o ocijenjenim trofejima. Narodne novine, broj 123.
- ***, 2005: Zakon o lovstvu. Narodne novine, broj 140.

- ⚡ Frković, A., 1989: Lovačke trofeje, obrada, ocjenjivanje i vrednovanje – europska divljač. Lovački savez Hrvatske za uzgoj, zaštitu i lov divljači, Zagreb, 239 str.
- ⚡ Frković, A., 2000: Lovačke trofeje, obrada, ocjenjivanje i vrednovanje – Dodatak: Izmjene i dopune formula za ocjenjivanje lovačkih trofeja. Lovački savez Hrvatske za uzgoj, zaštitu i lov divljači, Zagreb, 16 str.
- ✓ Garaj, P., L. Gašparik, 1997: Trofejová kvalita a kranimetrická charakteristika muflonej zveri vo veľkej zvernici v Topolčiankach. Folia venatoria (Polovnický zborník, Myslivecký sborník), 26–27, 27–38.
- ▷ Grajdl, M., 1993: Analiza kvaliteta trofeja muflona u ograđenom uzgajalištu "Garjevica" Kutina. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 35 str.
- ⊆ Grubešić, M., K. Krapinec, 2000: The distribution of mouflons (*Ovis ammon musimon* Pall.) in the Republic of Croatia: Proceedings of the third international symposium of mouflon. Sopron, Hungary, October 27 – 29 2000: 162 – 168.
- SL ✓ Č Grubešić, M., B. Njakara, J. Tomljanović, 1995: Analiza trofeja muflona odstrijeljenih na poluotoku Pelješcu. Šumarski list, CXIX (9–10): 305–316.
- ▷ Jumić, V., 1999: Uzgoj krupne divljači u uzgajalištu "Garjevica" Lovnoga gospodarstva "Moslavina". Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 90 str.
- ▷ Krapinec, K., 2000: Struktura ishrane muflona (*Ovis ammon* L.) i jelena aksisa (*Axis axis* Erx.) na području otoka Raba. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 107 str.
- ✓ Markov, G., I. Petrov, 1990: Vergleichsanalyse der Trophäen des europäischen Mufflons (*Ovis ammon musimon* Pallas, 1811). Z. Jagdwiss., 36: 151–159.
- ▷ Matošević, D., 1989: Ekološki uvjeti za inrodukciju muflona u Južni i Zapadni Psunj. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 53 str.
- ⚡ Piegert, H., W. Uloth, 2000: Der Europäische Mufflon. 1. Auflage, DSV-Verlag GmbH, Hamburg, 258 str.
- Raguž, D., M. Grubešić, 1997: Revizija lovnogospodarske osnove za Državno lovište VIII/6 "Kalifront" za razdoblje 1997–2005, Zagreb, 90 str.
- SL ✓ Č Raguž, D., M. Grubešić, J. Tomljanović, I. Markota, 1994: Usporedba trofejne vrijednosti nekih populacija muflona (*Ovis ammon musimon* Pall.) u Hrvatskoj. Šumarski list, CXVII, 3–4: 91–104.
- ▷ Sablić, A., 1989: Ekonomska opravdanost uzgoja muflona u ograđenom lovištu Ilok. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 35 str.
- ✓ Szidnai, L., J. Köller, 1987: Die Entwicklung der Jagdstrecken bei männlichen Schalenwild im Verhältnis zum aufkommen an Medaillentrophäen in Ungarn im Zeitraum 1981–1985. Z. Jagdwiss., 33: 1–8.
- ⚡ Tomiczek, H., F. Türcke, 2003: Das Muffelwild: Naturgeschichte, Hege und Jagd. 4. Auflage, Franch-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart.
- SL ✓ Č Tomljanović, J., M. Grubešić, V. Skorup, 1993: Trofejna struktura muflona (*Ovis ammon musimon* Pall.) u lovištu „Žrnovnica“ Senj. Šumarski list, CXVII (6–8): 237–251.
- H ✓ Turk, R., 1949: Muflon. Lovački vjesnik, LVIII (2): 24.
- ⚡ Varićak, V., 1997: Ocjenjivanje lovačkih trofeja. Euroteam d.o.o., Zagreb, 176 str.

COMPARISON OF MOUFLON (*Ovis ammon musimon* PALLAS, 1811) TROPHY VALUES FROM THREE LOCALITIES IN THE MEDITERRANEAN PART OF CROATIA

SUMMARY

The paper presents the analysis of mouflon trophy development in the Mediterranean part of Croatia. Mouflon trophy values were observed in the populations from the localities of Rab, Senj and Pelješac. All the three localities are situated in the Mediterranean region of Croatia, inhabited by a larger portion of this game population. The comparison showed that mouflon from the Rab population had slightly longer horns, larger horn span and higher trophy values. As for the horn circumference in the first, second and third horn section, no population revealed absolute dominance; rather, the curves intersect, indicating a kind of interaction. Compared to the other two populations, the population from Senj had larger horn circumference in the third horn section. The total trophy value rises the fastest in the locality of Sveti Juraj and reaches the culmination at the age of 7. In the localities of Kalifront and Sveti Ilija–Orebić, this occurs at the age of 8. However, in the latter populations there are no older animals so that it is not possible to ascertain whether this value will continue to rise or not. The locality of Kalifront accounts for the highest share of animals in the golden medal range (30 %), while the localities of Sveti Juraj (10 %) and Sveti Ilija – Orebić (14 %) contain far fewer numbers of trophy animals.

Key words: trophy, horns, mouflon, *Ovis ammon musimon*, Sveti Juraj, Kalifront, Sveti Ilija – Orebić, the Mediterranean area, hunting

UDK: 630*624

MOGUĆNOSTI USPOSTAVE POTRAJNOGA GOSPODARENJA ŠUMAMA HRASTA LUŽNJAKA U BUDUĆIM GOSPODARSKIM RAZDOBLJIMA

POSSIBILITY OF ESTABLISHMENT OF SUSTAINABLE
PEDUNCULATE OAK FOREST MANAGEMENT IN FUTURE
MANAGEMENT PERIODS

JURO ČAVLOVIĆ, MARIO BOŽIĆ, KRUNOSLAV TESLAK

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Na temelju baze podataka osnovnih elemenata strukture sastojine (dob, površina, broj stabala, temeljnica, volumen i prirast po vrstama drveća) za 7784 mješovite sastojine lužnjaka na I. bonitetu analizirano je postojeće stanje i projekcija budućega gospodarenja šumama hrasta lužnjaka. Obrast prema broju stabala glavne vrste drveća uzet je kao ključni kriterij za usporedbu s normalnim stanjem i za planiranje budućega gospodarenja. Na temelju izvedenoga normalnoga broja stabala utvrđena je struktura dobnih razreda s obzirom na 3 kategorije obrasta sastojina (normalan, narušen, devastiran). Utvrđeno je da je 20 % sastojina devastirana obrasta (bez I. dobnoga razreda), dok je manje od 30 % sastojina normalna obrasta. Izvršena je projekcija razvoja dobnе strukture tijekom budućih 50 godina na temelju planiranja obnove i konverzije sastojina narušena i devastirana obrasta. Prosječna se sječiva dob sastojina kreće oko 100 godina. Uz tako pretpostavljeno gospodarenje tijekom budućih 60 godina sve bi sastojine devastirana obrasta bile obnovljene i prevedene u sastojine lužnjaka, međutim s obzirom na očekivani etat glavnoga prihoda i njegovu strukturu, održivost bi gospodarenja bila upitna.

Ključne riječi: hrast lužnjak, obrast, dobnа struktura, sječiva dob, ophodnja

UVOD INTRODUCTION

Posljednjih desetljeća zbog nepovoljnih utjecaja štetnih kukaca i gljiva, klimatskih promjena te hidromelioracijskih zahvata narušena je stabilnosti ekosustava nizinskih šuma te promijenjeni stanišni uvjeti. Praćenje i istraživanje promjena odnosa u šumskim ekosustavima te predviđanje trendova, kako bi se u gospodarenje

ugradili postupci koji će najbolje odgovoriti zahtjevima uspostavljanja narušene stabilnosti, bio je zadatak brojnih dosadašnjih istraživanja u šumama hrasta lužnjaka (Dekanić 1975, Klepac 1988, Pranjčić i dr. 1988, Matić i Skenderović 1993, Mayer 1993, Meštović i dr. 1996, Prpić i dr. 1997). Velik prostor za ostvarivanje pomaka u gospodarenju i istraživanju zasniva se na činjenici da su potencijalne proizvodne mogućnosti staništa šuma hrasta lužnjaka značajno veće u odnosu na postojeću strukturu i količinu drvne zalihe i volumnoga prirasta (Čavlović 1999).

Problemi narušene dobne strukture šuma, narušenoga obrasta i strukture sastojina kao i problemi obnove sastojina hrasta lužnjaka ključni su ograničavajući čimbenici uspostave i očuvanja potrajnosti gospodarenja. Prve su se metode uređivanja šuma u uvjetima nepravilne dobne strukture temeljile na kombinaciji površinskih metoda i metoda po drvnjoj zalihi (Klepac 1965). Međutim, današnji se pristup potrajnomu gospodarenju šumama temelji na višenamjenskomu i sveobuhvatnomu planiranju gospodarenja šumama (Lamas i Ericsson 2003, Pukkala i Miina 1997). Istraživanja nepravilne dobne strukture i projekcije gospodarenja šumama (Čavlović 1999, 2004), kao i problematika obnove sastojina hrasta lužnjaka (Matić i dr. 1996) provedena su u Hrvatskoj tijekom posljednjega desetljeća.

Pri neposrednomu planiranju gospodarenja i gospodarenju šumama hrasta lužnjaka, s obzirom na postojeće stanje i strukturu šuma i sastojina, te odredbe Pravilnika za uređivanje šuma, ključno je pitanje određivanje površinskoga etata glavnoga prihoda odabirom sastojina za obnovu. U radu će biti razmotreni osnovni elementi planiranja gospodarenja: ophodnja, sječiva dob sastojina, obrast, proizvodnost, dobna struktura, površinski etat glavnoga prihoda, struktura etata, na primjeru sustava šuma hrasta lužnjaka s primiješanim jasenom i grabom. Na temelju prikaza i analize postojećega stanja šuma hrasta lužnjaka i ograničavajućih čimbenika gospodarenja osnovni je cilj utvrđivanje mogućnosti uspostave potrajnosti gospodarenja u budućim razdobljima.

PREDMET ISTRAŽIVANJA OBJECT OF RESEARCH

Predmet su istraživanja mješovite sastojine hrasta lužnjaka s poljskim jasenom i grabom unutar uređajnih razreda gospodarskih šuma hrasta lužnjaka koje se nalaze na prvom bonitetu. Na cijelom području nizinskih šuma u Hrvatskoj rasprostranjeno je ukupno 7784 odsjeka (sastojine) hrasta lužnjaka na prvom bonitetu prosječne površine od oko 14 ha. Prirodna obilježja cjelokupnoga nizinskoga područja detaljno su obrađena i mogu se pronaći u već objavljenim radovima (Kovačević i dr. 1972, Seletković 1996).

METODA RADA METHOD OF WORK

Na temelju baze podataka (HŠ fond) izdvojena su 7784 odsjeka koja pripadaju uređajnomu razredu gospodarskih šuma hrasta lužnjaka na prvom bonitetu, gdje

su uz hrast lužnjak primiješani poljski jasen i obični grab. Podaci o dobi sastojine, površini odsjeka, broju stabala, temeljnici, volumenu i volumnom prirastu po hektaru i po vrstama drveća za svaki pojedini odsjek prebačeni su u *MS Excel 2003* radi daljnje obrade.

S obzirom na dužinu gospodarskoga polurazdoblja od 10 godina i jednostavniju projekciju razvoja dobne strukture šume, definirani su dobni razredi širine 10 godina. Svi su odsjeci razvrstani unutar 15 dobnih razreda radi prikaza postojeće dobne strukture prema površini i drvnj zalih.

Obrast sastojina na temelju broja stabala glavne (glavnih) vrste drveća unutar pojedinoga dobnoga razreda uzet je kao ključni pokazatelj stanja dobnih razreda i kriterij za donošenje odluka gospodarenja. Obrast je određen na temelju prirasno-prihodnih tablica za hrast lužnjak na prvom bonitetu prema Špirancu (1975) i na temelju razvijenoga modela normalnoga broja stabala koji se temelji na ovisnosti promjera krošanja o dobi hrasta lužnjaka prema Dubravcu (2003).

Prosječni promjeri krošanja hrasta lužnjaka unutar pojedinoga dobnoga razreda koje je utvrdio Dubravac (2003) mogu se izraziti u funkciji dobi sljedećim modelom:

$$DK_t = 0,9761 + 0,0715 \times t \quad (1)$$

gdje je DK_t promjer krošnje u određenoj dobi, a t dob sastojine.

Na temelju jednadžbe (1), prema Assmannu (1970), određen je za pojedinu dob sastojine prosječan broj stabala po ha za

kvadratični raspored stabala: $N_t = \frac{10000}{DK_t^2} \quad (2)$

trokutni raspored stabala: $N_t = \frac{10000}{DK_t^2 \times 0,866} \quad (3)$

mješoviti raspored stabala: $N_t = \frac{10000}{DK_t^2 \times 0,933} \quad (4)$

Obrast je sastojina unutar dobnih razreda određivan na temelju odnosa broja stabala hrasta lužnjaka te zbroja stabala hrasta lužnjaka i jasena prema normalnomu broju stabala iz PPT-a i broju stabala prema jednadžbi (4).

Sastojine su unutar dobnih razreda svrstane s obzirom na 3 kategorije obrasta: 1) sastojine normalnoga obrasta ($> 0,8$), 2) sastojine narušena obrasta ($0,5-0,8$) i 3) sastojine devastirana obrasta ($< 0,5$). Pri tome je obrast sastojina mlađih od 100 godina određen na temelju broja stabala hrasta i jasena, dok je za sastojine starije od 100 godina obrast određen na temelju broja stabala hrasta lužnjaka (niža sječiva zrelost jasena).

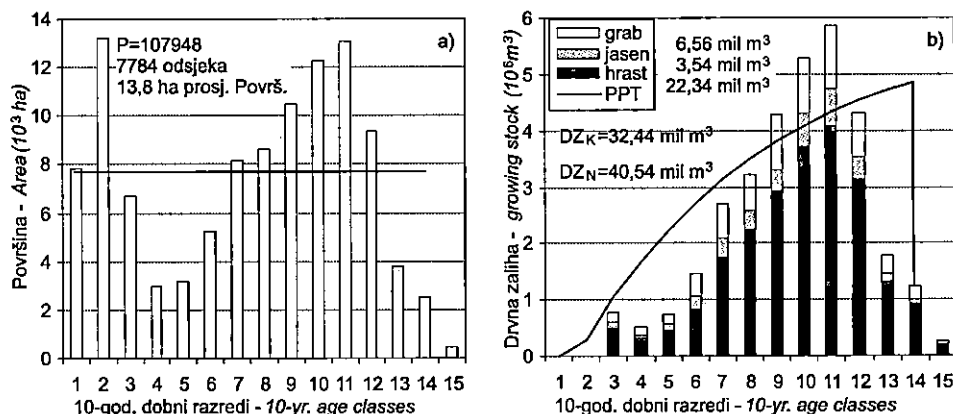
Projekcija razvoja dobne strukture šume tijekom budućih pet 10-godišnjih razdoblja temeljila se na planiranju površinskoga etata glavnoga prihoda. U vezi s velikim udjelom sastojina devastirana obrasta u svim dobnim razredima planiran je maksimalno dopušteni 10-godišnji površinski etat glavnoga prihoda u iznosu od 60 % normalne površine dobnoga razreda širine 20 godina (*Pravilnik za uređivanje šuma*). Struktura dobnih razreda prema kategorijama obrasta određena prema jed-

nađzbi (4) uzeta je kao osnovni kriterij za planiranje površinskoga etata glavnoga prihoda. Prioritet za obnovom imale su sastojine devastirana obrasta (zrele, dozrijevuće), potom sastojine za konverziju (srednjodobne i mlade devastirana obrasta), zrele sastojine narušena obrasta (14. dobní razred), a na kraju su zrele sastojine normalna obrasta. U slučajevima kada je na raspolaganju bila dovoljna količina zrelih sastojina narušena i normalna obrasta, pristup je bio da se najviše 50 % od planiranoga površinskoga etata odnosi na zrele sastojine, dok se unutar ostalih 50 % površinskoga etata glavnoga prihoda planira konverzija srednjodobnih i mladih sastojina devastirana obrasta. Zrele sastojine normalna obrasta čuvale su se i podržavale iznad dobi ophodnje radi osiguranja rezervi.

Iz projekcije razvoja dobní strukture šume i planirane obnove sastojina određeno je očekivano kretanje drvene zalihe po glavnim vrstama drveća, kao i očekivani etat glavnoga prihoda tijekom budućega 50-godišnjega razdoblja.

REZULTATI S RASPRAVOM RESULTS AND DISCUSSION

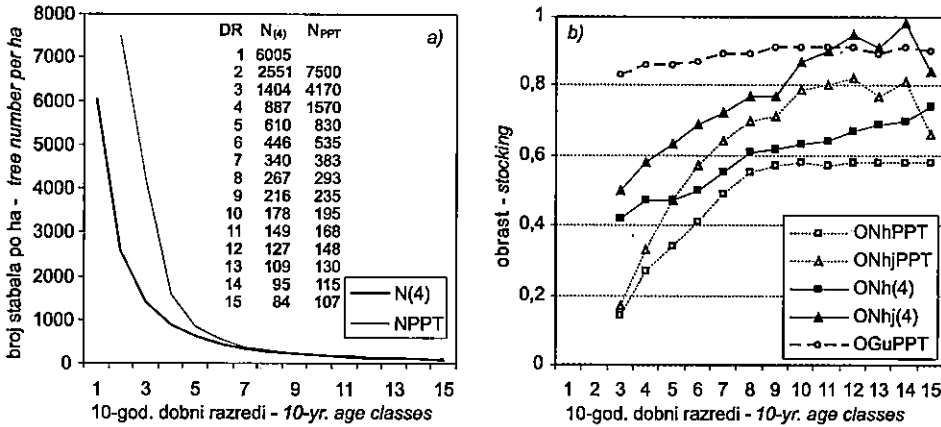
Postojeće stanje istraživanoga resursa šuma hrasta lužnjaka na prvom bonitetu ukupne površine od 107 950 ha i odnos prema normalnomu prikazan je slikom 1. Nepravilna je dobní struktura izražena manjkom zrelih sastojina u dobi iznad 120 godina i mladih sastojina u dobi 30–60 godina, te većom rasprostranjenošću srednjodobnih i starijih sastojina. Razlika od oko 8 mil. m³, za koliko je postojeća drvena zaliha manja od moguće, rezultat je dobní strukture, ali i obrasta sastojina u kojima je još sadržano i 20 % drvene zalihe graba.



Slika 1. Prikaz dobní strukture po površini i drvenoj zalihi šuma uredajnoga razreda hrasta lužnjaka na I. bonitetu

Figure 1 Review of age-class structure per area and growing stock of the pedunculata oak management class on the best site quality class

Obrast je dobar pokazatelj odnosa postojećega stanja prema normalnomu stanju, kako na razini sastojine, tako i na razini dobnoga razreda. Pri tome je važna primjena odgovarajućih normalnih modela, a obrast je određivan prema broju stabala glavne/glavnih vrsta drveća. Rezultati usporedbe izvedene normale prema normali iz PPT-a, te rezultati obrasta po dobnim razredima prikazani su slikom 2.



Slika 2. a) Normalna raspodjela broja stabala po dobnim razredima. $N_{(4)}$ je broj stabala prema jednadžbi 4, a N_{PPT} je broj stabala prema PPT. b) Obrast po dobnim razredima. ONhPPT - prema broju stabala hrasta i PPT; ONhjPPT - prema broju stabala hrasta i jasena i PPT; ONh(4) - prema broju stabala hrasta i normalni po jednadžbi 4; ONhj(4) - prema broju stabala hrasta i jasena i normalni po jednadžbi 4; OGuPPT - prema ukupnoj temeljnici

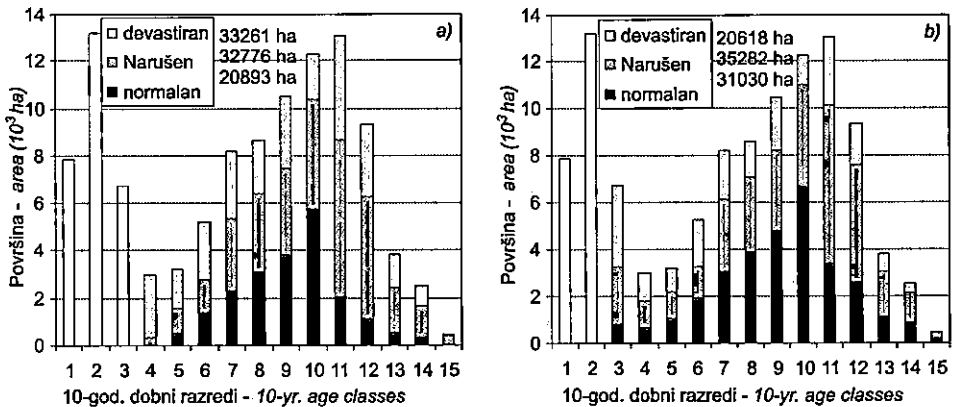
Figure 2 a) Hypothetical tree number distribution over age-classes. $N_{(4)}$ tree number accord. eq. 4, and N_{PPT} tree number acc. GYT. b) Stocking over age-classes. ONhPPT-accord. oak tree numb.and GYT; ONhjPPT-accord. oak and ash tree numb.and GYT; ONh(4)-accord. oak tree numb.and hypoth. tree number acc. eq. 4; ONhj(4)-accord. oak and ash tree numb. and hypoth. tree number acc. eq. 4; OGuPPT-accord. total basal area

Iz usporednoga prikaza normalnoga broja stabala po dobnim razredima (slika 2a) ističe se višestruko veći broj stabala prema PPT-u za sastojine mlađe od 40 godina. Normalan broj stabala prema PPT-u je značajno veći i za sastojine dobi iznad 40 godina. Kako se izvedeni normalni broj stabala temelji na istraživanjima promjera krošanja novijega datuma (Dubravac 2003) i kako je taj model "bliži" stvarnomu stanju sastojina, uzet je u obzir kao prihvatljiviji za postupak određivanja obrasta sastojina.

Prosječan obrast po dobnim razredima (slika 2b) pokazuje stanje i odnos sastojina i šume prema mogućemu. Ako se uzme u obzir obrast određen prema ukupnoj temeljnici, može se dobiti kriva slika da su sve sastojine u prosjeku normalna obrasta (oko 0,9). Međutim, kada se promatra samo broj stabala hrasta lužnjaka, situacija izgleda kritično. Primjenom izvedene normale obrast se hrasta znatno popravlja (mlade i stare sastojine). Kako se radi o mješovitim sastojinama, mogu se uzeti u obzir i stabla jasena (do dobi od 100 godina) za kompenziranje manjka hrastovih stabala. U tom se slučaju obrast u prosjeku približava donjoj granici normalnoga

obrašta. Ipak, obrast hrasta u mladim sastojinama u dobi ispod 70 godina u prosje-ku manji je od 0,5.

Raspodjela sastojina unutar dobnih razreda s obzirom na tri definirane katego-rije obrasta (slika 3) jasnije prikazuje stanje šume u odnosu na sliku 2b. Očekivano je lošije stanje dobiveno na temelju obrasta sastojina prema PPT-u (slika 3a). Uzi-majući u obzir obrast temeljen na izvedenom normalnom broju stabala kao prih-vatljiviji kriterij, postoji činjenica da je manje od 30 % sastojina normalna obrasta, dok je 20 % sastojina devastirana obrasta. Teško je pretpostaviti da je struktura bolja i u prva dva dobn razreda.



Slika 3. Struktura dobnih razreda prema kategorijama obrasta: a) na temelju PPT-a prema Špirancu (1975), b) na temelju normalnoga broja stabala prema jednadžbi 4

Figure 3 Structure of age classes regarding category of stocking. a) Based on GYT according Špiranec (1975). b) Based on hypothetical tree number according to eq. 4

Rezultati prikazani slikom 3b bili su podloga za planiranje površinskoga etata glavnoga prihoda i projekciju dobne strukture. Podaci prikazani u tablici 1 su korišteni za projekciju kretanja drvene zalihe i etata glavnoga prihoda po vrstama drveća i ukupno, uz pretpostavku da se prosječni volumeni (m^3/ha) po dobnim razredima neće značajno mijenjati tijekom budućih razdoblja.

Rezultati projekcije razvoja dobne strukture šume tijekom budućih pet 10-godišnjih polurazdoblja s prikazom sječa obnove sastojina prikazani su slikom 4. Planirani 10-godišnji površinski etat glavnoga prihoda iznosio je 9252 ha (60 % normalne površine dobnoga razreda širine 20 godina) za svih 5 gospodarskih polurazdoblja, s obzirom na činjenicu velikoga udjela sastojina devastirana obrasta (prijevremena obnova ili konverzija).

U prvom gospodarskom polurazdoblju za potpomognutu obnovu (stare) i prijevremenu potpomognutu obnovu (starije), te manjim dijelom konverziju (srednjo-dobne) uglavnom su planirane sastojine devastirana obrasta (7692 ha), te postojećih 1560 ha zrelih sastojina narušena obrasta. Zrele sastojine normalna obrasta ostavljane su kao rezerva. Nakon prvoga gospodarskoga polurazdoblja ostale su sa-

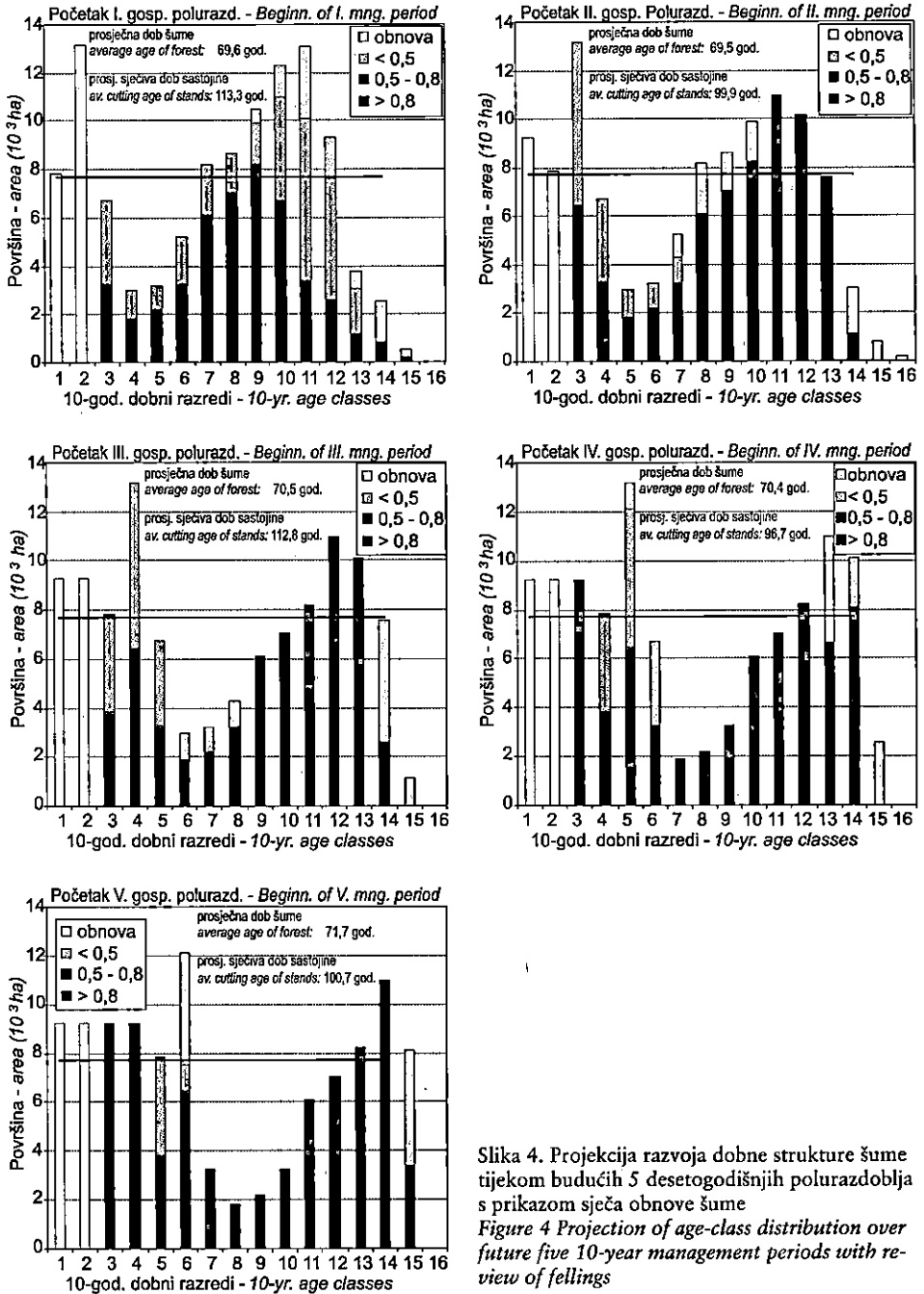
Tablica 1. Prikaz prosječnoga volumena po hektaru za glavne vrste drveća po dobnim razredima unutar triju skupina sastojina s obzirom na kategoriju obrasta

Table 1. Review of volumes per ha for main tree specie over age-classes according to three category of stocking

Dobni razredi Age classes	Devastirani obrast <i>Degraded stocking</i> ($< 0,5$)	Narušeni obrast <i>Disturbed stocking</i> ($0,5 - 0,8$)	Normalan obrast – <i>Normal stocking</i> ($> 0,8$)						
	hrast	hrast i jasen	ukupno	hrast	hrast i jasen	ukupno	hrast	hrast i jasen	ukupno
	m ³ /ha								
3.	49,0	62,8	96,0	86,0	106,5	123,4	130,2	155,3	169,4
4.	80,6	94,9	167,6	105,6	142,1	177,3	135,5	165,4	179,2
5.	111,2	130,2	228,9	141,6	190,6	241,8	165,0	211,8	236,2
6.	126,4	145,6	274,6	181,6	218,8	291,2	182,4	252,8	277,1
7.	159,0	172,5	314,0	220,8	262,3	331,7	244,5	309,8	340,7
8.	186,4	202,9	358,4	251,1	278,2	372,7	300,0	354,2	380,4
9.	192,2	208,4	387,5	271,1	302,1	411,3	324,6	377,4	414,7
10.	222,0	239,8	386,4	291,5	325,9	433,4	325,4	390,3	435,7
11.	225,1	286,6	421,3	317,4	364,7	451,9	380,9	423,3	465,0
12.	236,8	291,0	414,1	339,7	384,7	472,7	389,4	428,3	476,6
13.	238,8	271,9	389,7	356,6	393,4	488,5	402,1	441,8	495,6
14.	274,8	318,4	428,2	345,9	386,9	494,2	425,7	458,1	518,1
15.	174,1	174,1	232,5	325,8	374,9	469,2	433,6	457,1	565,3

stojine devastirana obrasta samo u dobi mladih i srednjodobnih sastojina. U sljedećem (II) polurazdoblju planirana je konverzija srednjodobnih sastojina kao prioritet, uz obnovu postojećih zrelih sastojina narušena obrasta. S obzirom na zahtjev čuvanja zrelih sastojina normalna obrasta u II. polurazdoblju nije ostvarena ravnoteža između obnove zrelih i konverzije nezrelih sastojina devastirana obrasta. Nakon II. polurazdoblja ostale su samo mlade sastojine devastirana obrasta s pretpostavljenim priljevom sastojina devastirana obrasta iz prva dva dobnog razreda s početka I. polurazdoblja (pretpostavka slične strukture sastojina prema obrastu između prva dva dobnog razreda i III. dobnog razreda). Nakon II. polurazdoblja uočljiva je ravnoteža između obnove zrelih sastojina narušena i normalna obrasta i konverzije mladih sastojina devastirana obrasta. Na kraju V. polurazdoblja ostaje još oko 5000 ha mladih sastojina devastirana obrasta, te je potrebno najmanje još 10 godina za njihovu konverziju uz pretpostavku da obnove i konverzije tijekom budućih 50 godina neće rezultirati novim sastojinama lužnjaka devastirana obrasta.

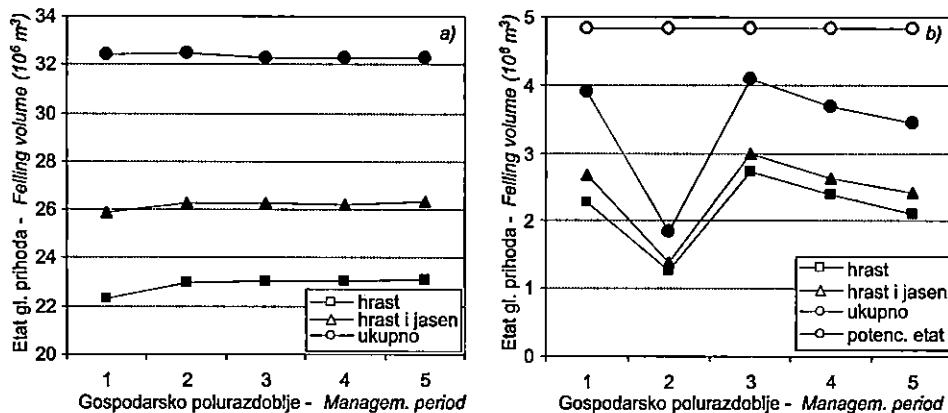
Zanimljivo je da se prosječna dob sastojina tijekom budućih 50 godina kreće oko 70 godina, što odgovara prosječnoj dobi sastojina normalne šume iz ophodnje od 140 godina. S druge strane, prosječna sječiva dob sastojina koja iznosi oko 100 godina znatno je ispod dobi od 140 godina koliko bi u normalnim uvjetima trebala



Slika 4. Projekcija razvoja dobne strukture šume tijekom budućih 5 desetogodišnjih polurazdoblja s prikazom sječa obnove šume
 Figure 4 Projection of age-class distribution over future five 10-year management periods with review of fellings

iznositi sječiva dob sastojina. To je posljedica konverzije srednjodobnih i mladih sastojina devastirana obrasta.

Ukupna bi se drvena zaliha stalno kretala na razini početnih 32,4 mil. m³ uz povećanje drvene zalihe hrasta lužnjaka za oko 1 mil. m³ (slika 5a). Očekivani etat glavnoga prihoda kao posljedica planirane obnove i konverzije sastojina prikazan je slikom 5b. Na slici se ističe posebno kritično drugo polurazdoblje kao posljedica neravnoteže između raspoloživih zrelih sastojina za obnovu i srednjodobnih sastojina za konverziju. Ukupno gledano, tijekom budućih 50 godina očekuje se prosječni 10-godišnji etat glavnoga prihoda od oko 3,4 mil. m³, od čega se na grab odnosi gotovo 1 mil. m³, jasen 0,27 mil. m³ i na hrast samo 2,15 mil. m³. S druge strane, potencijalni 10-godišnji etat (uz pretpostavku normalne dobne strukture i normalnoga obrasta) iznosi 4,83 mil. m³. Vrijednost i struktura očekivanoga etata hrasta je višestruko manja u odnosu na mogući, s obzirom i na činjenicu da je u njemu sadržan i volumen nezrelih stabla hrasta mladih i srednjodobnih sastojina.



Slika 5. a) Kretanje drvene zalihe tijekom budućih 5 desetogodišnjih polurazdoblja, b) Kretanje etata glavnoga prihoda tijekom budućih 5 desetogodišnjih polurazdoblja

Figure 5 a) Trends in growing stock over future five 10-year management periods. b) Trends in felling volume over future five 10-year management periods

Obrast prema broju stabala glavne (glavnih) vrste drveća u ovom je radu uzet kao značajan kriterij za ocjenu stanja sastojina u lužnjakovim šumama. Primjenom različitih prirasno-prihodnih tablica mogu se dobiti značajno različiti rezultati obrasta sastojina. Tako, starija istraživanja normalnoga broja stabala za hrast lužnjak (Špiranec 1975, Klepac 1976, Kovačić i Hren 1984) prema kojima je određen veći broj stabala u odnosu na ona koja izlaze iz novijih istraživanja (Bezak i dr. 1993, Dubravac 2003), upućuju na promjene stanja lužnjakovih šuma i na promjenjivost normalnih modela šume.

Unatoč primjeni normalnoga modela (jednadžba 4) koji je "bliži" stvarnomu stanju šume, nizak obrast hrasta u sastojinama svih dobi, posebno u dobi mladih sastojina, upućuje na činjenicu slabe obnove lužnjakovih sastojina tijekom posljednjih

70 godina. Nisu pronađena relevantna istraživanja koja bi dokumentirala uspješnost obnove lužnjakovih sastojina na širem području u Hrvatskoj ili izvan Hrvatske.

Osим što je planiranje budućega gospodarenja regularnom šumom ovisno o postojećoj (početnoj) dobnj strukturi šume (Čavlović 1996, Salo i Tahvonen 2002), u razmatranje je nužno uzeti u obzir značajan udio sastojina narušene strukture i obrasta kao otežavajući čimbenik planiranja i gospodarenja istraživanim lužnjakovim šumama. Zahtjev za potrebom saniranja sastojina narušena obrasta i vraćanja lužnjaka na njegova staništa te uspostavom normalnoga stanja šume, uz očekivano niske prihode (slika 5b), postavlja otvoreno pitanje održivosti gospodarenja istraživanih šuma bez naplate i drugih koristi od šuma na općoj razini.

Neovisno o dobnj strukturi šume i narušenosti strukture i obrasta dijela sastojina, ophodnja kao planska velična na razini šume treba biti stalna (Čavlović 2004). Smanjivanjem ophodnje povećao bi se površinski etat glavnoga prihoda, time i obaveze obnove i konverzije sastojina uz neznatno povećanje prihoda. Prema nekim istraživanjima (Čavlović i dr. 2000) u normalnim se šumama hrasta lužnjaka postiže najveća šumska renta uz ophodnju od 160 godina. S obzirom na dopuštenu mogućnost odstupanja sječivih dobi sastojina od ophodnje (regulirano *Pravilnikom za uređivanje šuma*), postoji osnova za popravljavanje narušenoga stanja šume bez mijenjanja ophodnje. Prosječna sječiva dob sastojina koja iznosi oko 100 godina tijekom budućih 5 gospodarskih polurazdoblja (slika 4), u trenutku će se uspostave normalnoga stanja šume izjednačiti s ophodnjom (140 godina). Planirani 10-godišnji površinski etat glavnoga prihoda od 9252 ha (60 % normalne površine dobnoga razreda širine 20 godina) odgovara normalnomu površinskomu etatu na osnovi ophodnje od 117 godina.

Činjenica da se prosječna površina sastojina unutar pojedinih dobnih razreda i na razini cijele šume kreće oko 14 ha i da postoji velik dio sastojina površine iznad 20 ha, uz pretpostavljenu heterogenost sastojina velike površine, može uputiti na prostornu sastavnicu uređivanja šuma kojom bi se mogao ostvariti pozitivan pomak. To se odnosi na detaljnije (finije) izlučivanje unutar postojećih sastojina velikih površina narušena ili devastirana obrasta u kojima se pretpostavljeno nalaze površine veće od 1 ha s boljim obrastom hrasta lužnjaka. Time bi se struktura šume (slika 3b) značajno popravila u smislu većega udjela sastojina normalna i narušena obrasta, a manjega udjela sastojina devastirana obrasta.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Postojeće je stanje šumskih resursa (struktura i kvaliteta drvne zalihe i prirasta) značajno ispod moguće proizvodnosti šumskih staništa hrasta lužnjaka na prvom bonitetu. To je posljedica nepravilne dobnj strukture šume i narušene strukture i obrasta sastojina.

Obrast na temelju ukupne temeljnice u mješovitim sastojinama lužnjaka s jase-
nom i grabom nije stvarni pokazatelj odnosa postojeće i normalne strukture sastoji-

ne, kao što je to obrast na temelju broja stabala glavne (glavnih) vrste prema kojoj je određen cilj gospodarenja.

Prirasno-prihodne tablice prema Špirancu definiraju veći broj stabala, posebno za dob sastojina ispod 50 godina, u odnosu na normale izvedene iz novijih istraživanja odnosa promjera krošanja i dobi u sastojinama hrasta lužnjaka.

Činjenica da je 20 % sastojina hrasta lužnjaka (bez I. dobnoga razreda) devastirana obrasta (manjega od 0,5) neovisno o dobi sastojina, upućuje na narušenost struktura sastojina zbog nepovoljnih utjecaja (sušenja), ali i na slabe rezultate obnove lužnjakovih sastojina tijekom posljednjih 70 godina.

Zahtjev za dugoročnom uspostavom normalnoga stanja šume temelji se na planiranju i provedbi konverzije sastojina devastirana obrasta na značajnoj površini (17 455 ha) uz obnovu zrelih sastojina narušena obrasta. Popravljanje postojeće strukture šume moglo bi se provesti tijekom budućih 60 godina uz upitnu održivost gospodarenja s obzirom na očekivane prihode.

Sječiva dob sastojina od 100 godina i 10-godišnji površinski etat glavnoga priroda na osnovi ophodnje od 117 godina posljedica su narušene strukture šume, a izjednačit će se s ophodnjom od 140 godina u trenutku uspostave normalnoga stanja.

LITERATURA REFERENCES

- K Assman, E., 1970: The principles of forest yield study. Pergamon Press Ltd., Headington Hill
Hall, Oxford, 506 str.
- R Č Bezak, K., V. Krejči, A. Krznar, 1993: Prirasno-prihodne tablice hrasta lužnjaka u šumama vlažnog tipa. Radovi Šum. inst., 28 (1-2): 55-67.
- Č Čavlović, J., 1996: Sustavna dinamika u planiranju gospodarenja regularnim šumama na području UŠ Zagreb. Glas. šum. pokuse, 33: 109-152.
- Č Čavlović, J., 1999: Management of floodplain and lowland forests in Croatia. Ekologia, 18 (1): 164-176, Bratislava.
- Č Čavlović, J., M. Božić, N. Lukić, 2000: Trends in forest and timberland values in the dynamic system of an even-aged forest of pedunculate oak in the management unit "Josip Kozarac". Glasnik za šumske pokuse, 37: 83-93.
- Č Čavlović, J., 2004: Stanje i projekcije budućega gospodarenja i razvoja dobne strukture u šumama hrasta lužnjaka i poljskog jasena na području Parka prirode Lonjsko polje. Bilten Parka prirode, 6 (2): 38-49.
- Č Dekanić, I., 1975: Utjecaj visine i oscilacija nivoa podzemnih voda na sušenje hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). Šumarski list, 99 (7-10): 267-280.
- Č Dubravac, T., 2003: Dinamika razvoja promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi. Radovi Šumar. inst., 38 (1): 35-54.
- Č Klepac, D., 1965: Uređivanje šuma. Nakladni zavod Znanje, Zagreb, 340 str.
- Č Klepac, D., 1976: Some use of permanent plots in growth and yield research in even-aged pedunculate oak stands in Croatia. Institutionen for Skogsproduktion, Dpt. Of Forest yield Research, 43: 104-105.
- Č Klepac, D., 1988: Uređivanje šuma hrasta lužnjaka. Glasnik za šumske pokuse, 24: 117-131.

- R Č Kovačić, Đ., V. Hren, 1984: Normalna raspodjela stabala po debljinskim stupnjevima i dob-
nim razredima u ekološko gospodarskim tipovima II-G-20 i II-G-21. Radovi Šum. inst.,
19 (61): 1–65.
- Kovačević, P., Kalinić, M. V. Pavlić, M. Bogunović, 1972: Tla gornjeg dijela bazena rijeke
Save. Znanstveni projekt, Institut za znanost o tlu, Zagreb, 331 str.
- Č Lamas, T., L. O. Ericson, 2003: Analysis and planning systems for multi-resource, sustaina-
ble forestry – The Heureka research programme at SLU. Canadian Journal of Forest
Research, 33: 500–508.
- G Č Matić, S., J. Skenderović, 1993: Studija biološkog i gospodarskog rješenja šume Turopoljski
lug ugrožene propadanjem (uzgojna istraživanja). Glasnik za šumske pokuse, 29:
295–334.
- R Č Matić, S., M. Oršanić, I. Anić, 1996: Istraživanja obnove i njege šuma na području pokup-
skog bazena. Radovi, 31 (1–2): 111–124.
- R Č Mayer, B., 1993: Proces osnivanja šumarskog hidropedološkog informacijskog sustava
(ŠHPIS) na osnovi monitoringa podzemnih i površinskih voda u Kupčini, Varoškom
lugu, Česmi i Turopoljskom lugu. Radovi Šum. inst., 28 (1–2): 171–184.
- ž Meštrović, Š., J. Čavlović, M. Božić, 1996: Razvoj sastojina hrasta lužnjaka na primjernim
plohama u g.j. "Josip Kozarac" u razdoblju od 1950–1995. U: B. Mayer (ur.), Una-
pređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Šumarski fakultet i Šumarski insti-
tut, Zagreb, 137–146.
- G Č Pranjić, A., V. Hitrec, N. Lukić, 1988: Praćenje razvoja sastojina hrasta lužnjaka tehnikom
simuliranja. Glasnik za šumske pokuse, 24: 133–149.
- SL Č Prpić, B., Z. Seletković, I. Tikvić, 1997: Utjecaj kanala Sava–Dunav na šumske ekosustave.
Šumarski list, 121: 579–592.
- Č Pukkala, T., J. Miina, 1997: A method for stochastic multiobjective optimization of stand
management. For. Ecol. Manage., 98: 189–203.
- Č Salo, S., O. Tahvonon, 2002: On the optimality of a normal forest with multiple land clas-
ses. Forest Science, 48 (3): 530–542.
- z Seletković, Z., 1996. Klima lužnjakovih šuma. U: D. Klepac (ur.), Hrast lužnjak u Hrvat-
skoj, HAZU, Zagreb, 71–82.
- R Č Špiranec, M., 1975: Prirasno-prihodne tablice za hrastove, bukvu, obični grab i pitomi ke-
sten. Radovi Šumar. inst., 25: 1–103.

POSSIBILITY OF ESTABLISHMENT OF SUSTAINABLE PEDUNCULATE OAK FOREST MANAGEMENT IN FUTURE MANAGEMENT PERIODS

SUMMARY

On the base of data base set of stand structure (age, area, tree number, basal area, volume and increment per tree species) of 7784 mixed stands of pedunculate oak on the best site quality class, analysis of current status and projection of future management of the forest was performed. Stocking according to tree number of the main tree species was taken as key criteria for comparison with hypothetical

model and for future forest management planning. On the base of derived hypothetical model of tree numbers, the structure of age classes regarding 3 categories of stand stocking (normal, disturbed, degraded) has obtained. It is determined that there are 20 % of stands with degraded stocking, whilst there is less then 30 % of normally stocked stands. Projection of age-class structure over the future 50 years has obtained on the base of planning of regeneration and conversion of under-stocked stands. The average age of cutting was 100 years. With such defined management, over the future 60 years all under-stocked stands would be regenerated and converted into pedunculate oak stands. However, regarding on expected (planned) felling volume and its structure, sustainability of the management would be questionable.

Key words: pedunculate oak, stocking, age-class structure, age of cutting, rotation lenght

UDK: 630*221.41

STRUKTURA PRIRODNE OBNOVE PREBORNE SASTOJINE U UVJETIMA POVEĆANJA INTENZITETA PREBORNE SJEČE

NATURAL REGENERATION STRUCTURE OF A SELECTION STAND
UNDER CONDITIONS OF INCREASED INTENSITY OF SELECTION
CUT

JURO ČAVLOVIĆ, MARIO BOŽIĆ, KRUNOSLAV TESLAK, MISLAV VEDRIŠ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Problemi gospodarenja prebornim šumama u Hrvatskoj se danas očituju u nepovoljnoj strukturi sastojina (prezastupljenost stabala velikih dimenzija, nepostojanje vertikalne strukture sastojina i izostanak zadovoljavajuće prirodne obnove sastojina). Ovim se radom istražuje u kojoj je mjeri postojao utjecaj gospodarenja (propisani i izvršeni intenziteti prebornih sječa) na kretanje strukture i obnove sastojina. Istraživanje se jednim dijelom odnosi na razinu šume (uredajni razred jele i bukve), gdje je na temelju proteklih programa gospodarenja analizirano gospodarenje i razvoj strukture sastojina tijekom 50-godišnjega razdoblja. Drugi se dio odnosi na razinu jedne preborne sastojine u kojoj je izvršena detaljna izmjera strukture sastojine, debljinskoga prirasta i prirodne obnove prije preborne sječe (2000. godina), te ista izmjera 5 godina nakon preborne sječe sa značajno većim intenzitetom sječe (24 %) u odnosu na prethodne ophodnjice. U radu je, osim toga, razmotrena primjena formule za određivanje etata po formuli razlike drvene zalihe prije i poslije sječe (Klepčeva formula) u uvjetima nepravilne strukture i niskoga postotka volumnoga prirasta. Utvrđeno je da se uz prosječni intenzitet sječa od 17 %, tijekom 50-godišnjega razdoblja postupno nagomilala zrela drvena zaliha u šumi. U istraživanju su se sastojini pokazale povoljne promjene u strukturi i prirodnoj obnovi sastojine već 5 godina nakon preborne sječe jačega intenziteta (24 %).

Ključne riječi: preborno gospodarenje, preborna sastojina, intenzitet preborne sječe, prirodna obnova, priljev, jela, obična bukva

UVOD INTRODUCTION

Preborni način gospodarenja šumama provodi se diljem svijeta (npr. Schütz 2001, O'Hara 2002), a posebno značajnu ulogu ima u šumarstvu srednje Europe

(Schütz 1989, Mlinšek 1968). Isto je tako i u Hrvatskoj (Klepac 1995), gdje površina prebornih šuma prema Trinajstiću i dr. (1992) zauzima oko 300 000 ha, što je 14,5 % ukupne površine šuma. Gorski kotar kao najšumovitije područje Hrvatske, u kojem rastu gorske preborne šume jele (*Abies alba*) i bukve (*Fagus sylvatica*), ima posebno dugu i bogatu povijest gospodarenja šumama (Kern 1898). S obzirom na raznolikost povijesnih, socijalnih, ekonomskih i vlasničkih odnosa razvili su se različiti pristupi gospodarenja prebornim šumama. Početkom dvadesetoga stoljeća javlja se preborno gospodarenje zasnovano na znanstvenim osnovama (Kern 1909), koje je posebno intenzivirano tijekom posljednjih 50 godina (Šurić 1933, Klepac 1961, Matić 1979, Božić 1999).

Značajne promjene strukture jelovo-bukovih sastojina u Hrvatskoj su istraživane i zabilježene (Klepac 1995, Čavlović 2000), kao i u drugim zemljama srednje Europe (Korpel 1996, Bončina i dr. 2002). Većina se problema odnosi na propadanje jele, izmjenu glavnih vrsta drveća i izostanak prirodne obnove. U šumama Gorskoga kotara glavna su obilježja jelovo-bukovih sastojina nepravilna debljinska struktura s velikim udjelom zrelih stabala jele, često slabe vitalnosti, nerazvijena vertikalna struktura i slabe prirodne obnove jele.

Osnovni je cilj rada da se istraži u kojoj je mjeri postojao utjecaj gospodarenja (propisani i izvršeni intenziteti prebornih sječa) na kretanje strukture i obnove sastojina, na razini šume (uređajni razred jele i bukve) i na razini jedne sastojine, na primjeru gospodarenja GJ Belevine u okviru NPŠO Zalesina. Osim toga raspravit će se primjena formule za određivanje etata po formuli razlike drvene zalihe prije i poslije sječe (Klepečeva formula) na razini šume i na razini sastojine, u uvjetima nepravilne strukture i niskoga postotka volumnoga prirasta.

OBJEKT ISTRAŽIVANJA STUDY SITE

Istraživanje je provedeno u prebornim sastojinama uređajnoga razreda jele i bukve površine 266,24 ha u gospodarskoj jedinici Belevine koja je predstavnik tipične jelovo-bukove gorske preborne šume u Gorskom kotaru. Sastojine gospodarske jedinice Belevine leže neposredno uz sjevernu stranu visoravni Kupjak na nadmorskoj visini od 720 do 870 metara, na tri gorske glavice, većinom blagih, a u manjem dijelu strmih padina. Prevladava umjereno topla kišna klima sa srednjom godišnjom temperaturom od 6,7 °C. Srednja mjesečna temperature ne prelazi 22 °C u ljetnim mjesecima, a vegetacijsko razdoblje traje 140 dana (srednja dnevna temperature veća od 5 °C). Vлага je zraka visoka tijekom cijele godine i iznosi 81 %. Godišnje količine oborina variraju između 1500 i 2500 mm, a snježno razdoblje traje prosječno 188 dana. Sastojine rastu na silikatnoj podlozi s kiselim smeđim, smeđim i podzolastim tlima. Reljef je blago valovito i lepezasto izbrazdan u smjeru sjeveroistok – jugozapad, s uglavnom prisojnim ekspozicijama i nagibom do 20°. Dominantna šumska zajednica je zajednica jele s rebračom (*Blechno-Abietetum* Ht. 1950), s manjim udjelom bukovo-jelove šume (*Abieti-Fagetum croati-*

cum Ht. 1950) (PG, 2000). Osnovno obilježje ove šume su nepravilne (prijelazne) debljinske strukture i slaba prirodna obnova prebornih sastojina. Prema omjeru smjese jela prevladava s 80 % udjela u drvanoj zalihi, dok bukva i ostala bjelogorica tvore 20 % drvene zalihe. Tijekom posljednjih 50 godina šuma Belevine se nalazi pod upravljanjem, gospodarenjem i istraživanjem Šumarskoga fakulteta u Zagrebu.

METODA RADA WORK METHODS

Na temelju starih programa gospodarenja od 1950. godine analizirano je gospodarenje tijekom posljednjih pet ophodnjica s obzirom na propis sječa (etata), ostvarenje sječa i kretanje debljinske strukture drvene zalihe za cijelu šumu.

Tijekom 1999. godine u svakom od 18 odjela u gospodarskoj jedinici Belevine položena je mreža sa stranicom od 90 m. Na križištima kvadratne mreže, svakih 90 m iskolčavane su kvadratne plohe pomoću poludijagonala površine 900 m². Na plohama su mjereni promjeri svim stablima iznad 5 cm prsnoga promjera, mjerene su tri visine te vađeni izvrtci s triju stabala po položaju najbliža središtu plohe, vađen je po 1 izvrtak sa stabla debljinskoga stupnja 7,5 cm, mjereni su promjeri i visine dvaju dominantnih jelovih stabala koja gravitiraju plohi, izbrajan je ponik i pomladak na kružnoj potplohi promjera 4 m, izbrajan je mlađi i stariji mladik na kružnoj potplohi promjera 8 m, te opis elemenata staništa i sastojine na dijelu koji gravitira primjernoj plohi. Izmjerena je srednja visina dominantnih stabala za cijelu šumu od 35,5 m.

Tijekom 2005. godine u odjelu 5, u kojem je 2000. godine obavljena preborna sječa na temelju propisa novog *Programa gospodarenja (2000–2009)*, izmjereno je stanje sastojine kao što je prethodno navedeno, s jednom razlikom da je taksacijska granica na kvadratičnoj plohi površine 900 m² iznosila 0 cm.

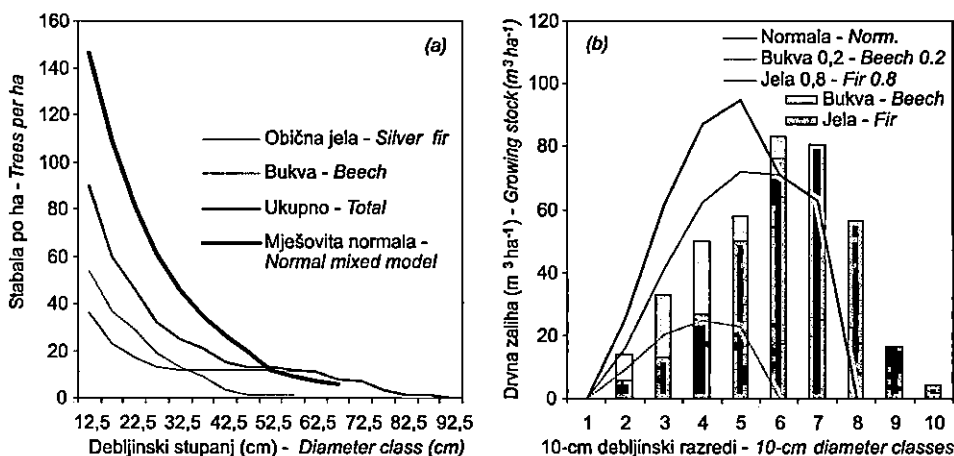
Na ukupno 274 plohe izmjereno je 10 008 stabala iznad 5 cm prsnoga promjera. Dobivena je raspodjela broja stabala, temeljnice i drvene zalihe po 5 cm debljinskim stupnjevima na razini uređajnoga razreda, te na razini sastojine odjela 5 za stanje neposredno prije preborne sječe i stanje 5 godine poslije preborne sječe.

Na temelju izbrajanja mladoga naraštaja na kružnim potplohama utvrđena je brojnost ponika, pomlatka, mlađega i starijega mladika, te koljika po jedinici površine prosječno za cijelu šumu i za sastojinu 5. odjela pet godina nakon preborne sječe. Osim toga, provedena je parcijalna korelacija između navedenih kategorija prirodne regeneracije i temeljnice stabala od 10 do 30 cm, iznad 50 cm, iznad 70 cm i ukupne temeljnice.

REZULTATI S RASPRAVOM RESULTS AND DISCUSION

U istraživanoj šumi Belevine utvrđeno je uz 95 %-tnu vjerojatnost da se početkom 2000. godine nalazilo prosječno i ukupno $358 \pm 36,2$ stabala po hektaru (iz-

nad 10 cm prsnoga promjera), s temeljnicom od $32,51 \pm 2,74 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ i drvnom zalihom od $404,6 \pm 40,26 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Prosječna struktura sastojina u gospodarskoj jedinici Belevine, uređajni razred jele i bukve, i njezin odnos prema utvrđenoj normali jasno se vidi iz slike 1. Na temelju izmjera i analiza utvrđena je slična struktura i na razini pojedine sastojine (odjela). Udio stabala velikih promjera iznad 50 cm visok je i iznosi 62 % drvne zalihe. Struktura bi se većine sastojina mogla opisati na sljedeći način: prosječno 55 stabala po hektaru promjera većega od 50 cm tvore rijedak, ali povezan gornji (dominantant) sloj stabala, ispod kojega se nalaze pojedinačno ili u malim grupama srednje debela stabla. Vertikalni je sklop nerazvijen, te otvori i grupe mladoga naraštaja gotovo da ne postoje.



Slika 1. Prosječna struktura sastojina i njezin odnos prema normali s obzirom na: a) broj stabala po debljinskim stupnjevima, b) drvnu zalihu po debljinskim razredima
 Figure 1 Average stand structure and desired (normal) structure regarding to: a) tree number distribution per diameter classes. b) growing stock per 10-cm diameter classes

Takva je struktura većinom rezultat i posljedica gospodarenja unazad više ophodnjica. Na temelju Programa gospodarenja tijekom proteklih 5 ophodnjica može se analizirati kretanje ("razvoj") prosječne debljinske strukture sastojina GJ Belevine. U tablici 2 skraćeno je prikazana promjena prosječne strukture sastojina. Na početku razdoblja 1951. godine nije bilo drvne zalihe iznad propisane dimenzije zrelosti od 70 cm, ali uz činjenicu da je drvna zaliha već bila nagomilana unutar tri zadnja debljinska razreda od 10 cm, te da je već postojao nedostatak tankih i srednjodebelih stabala. Poslije toga može se uočiti stalno povećanje udjela drvne zalihe iznad 70 cm prsnoga promjera i povećanje volumena srednjega jelova stabla. U šumi se nalazi sve više zrele drvne zalihe s jedne strane, te sve manje tankih i srednjodebelih jelovih stabala s druge strane.

Tablica 1. Pokazatelji promjene prosječne strukture sastojina
 Table 1 Indicators of average stand structure changes

	Godina izmjere – Year of inventory					
	1951.	1959.	1970.	1980.	1990.	1999.
Ukupna drvena zaliha ($m^3 ha^{-1}$) Total growing stock ($m^3 ha^{-1}$)	469,8	491,6	498,6	481,5	457,2	464,8
Drvena zaliha iznad 70 cm ($m^3 ha^{-1}$) Growing stock above 70 cm ($m^3 ha^{-1}$)	0,0	33,3	59,0	61,9	83,5	96,4
Volumen srednjega stabla jele (m^3) Average fir tree volume (m^3)	1,36	1,53	1,60	1,72	1,92	1,85

U vezi s tablicom 1 značajno je analizirati i raspraviti postupke gospodarenja, odnosno propise i ostvaraj prebornih sječa tijekom promatranoga razdoblja, koji su imali neposredan utjecaj na kretanje obnove i strukture drvene zalihe. U tablici 2 prikazani su općeniti podaci o drvnoj zalihi, postotku godišnjega tečajnoga prirasta, propisu i ostvarenoj prebornoj sječi, te propisanom i izvršenom intenzitetu preborne sječe na početku i tijekom proteklih ophodnjica.

Tablica 2. Prikaz drvene zalihe, postotka tečajnoga prirasta, te propisa i izvršenja prebornih sječa tijekom proteklih ophodnjica
 Table 2 Purview of growing stock, current increment percentage and percept and realization of selection cuttings

Godina početka ophodnjice – The year of selection cycle beginning	Drvena zaliha Growing stock m^3	God. tečajni prirast – Annual current increment %	10-godišnja preborna sječa 10-year selection cutting		Intenzitet sječe Cutting intensity	
			propis prescribed m^3	izvršena realized	propis prescribed %	izvršeni realized
			1951.	127 561	1,63	5 520
1959.	132 446	1,55	27 000	26 800	20,39	20,23
1970.	134 345	1,39	24 000	25 482	17,86	18,97
1980.	125 676	1,43	28 700	28 177	22,84	22,42
1990.	126 251	1,66	25 000	23 000	19,80	18,22
2000.	131 274	1,69	32 000		24,38	

Kao što se vidi iz tablice 2, sječa se do 2000. godine kretala unutar propisane, a njezin intenzitet uglavnom nije prelazio 20 %, osim 1980. godine. Prosječno propisani intenzitet sječe (osim 2000. godine) iznosio je 17,04 %, a ostvareni 16,83 %. Kada se to uspoređi s kolonom postotka prirasta, vidi se da je sječa u prosjeku iznosila nešto više od prirasta. Posebno se ističe vrlo nizak propis i izvršenje sječe u prvoj ophodnjici (1951–1958), koje se svodilo samo na sanitarnu sječu, iako je već tada bila potreba za jačim zahvatima u sastojine.

S obzirom na pokazatelje promjene strukture prikazane u tablici 1, može se općenito zaključiti da propisani i izvršeni intenziteti sječa od prosječno 17 % nisu bili dovoljni za popravljavanje i održavanje preborne strukture sastojina.

U ovom je kontekstu potrebno raspraviti primjenu formule razlike drvene zalihe prije i poslije preborne sječe, poznatiju kao Klepčeva formula (Klepac 1965) u

uvjetima kada je drvena zaliha veća od normalne i kada se radi o strukturi s dominantnim udjelom zrele zalihe i niskoga postotka tečajnoga prirasta.

$$E = M \times \left(1 - \frac{1}{1,0p_i}\right) \times f = (134345 + (1867 \times 5)) \times \left(1 - \frac{1}{1,0139^{10}}\right) \times \frac{134345}{108949} = 22844 \text{ m}^3 \quad (1)$$

$$I = \left(\frac{22844}{(134345 + (1867 \times 5))}\right) \times 100 = 15,9\% \quad (2)$$

Iz prethodnih dviju formula vidi se da, iako je stvarna drvena zaliha šume veća za 24 % od normalne (korekcijski faktor $f = 1,24$), dobiven je intenzitet preborne sječe od samo 15,9 %. To je posljedica postojeće strukture sastojina i izrazito niskoga postotka godišnjega tečajnoga prirasta.

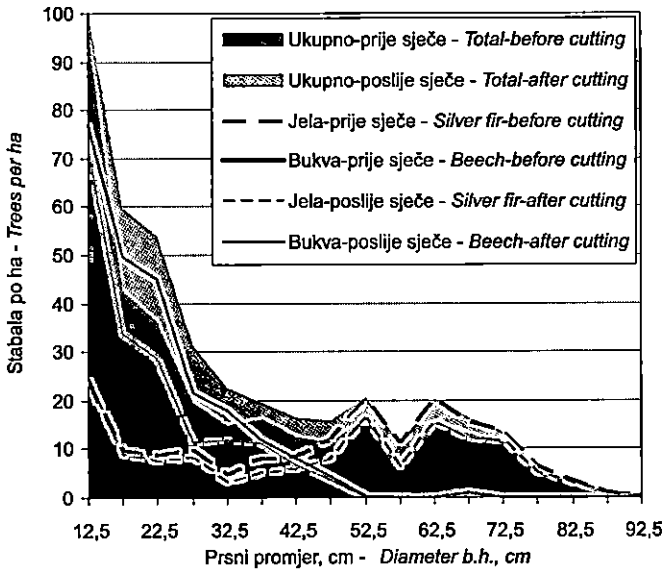
Iz navedenoga se može zaključiti da je u prebornim šumama normalne strukture i normalnoga prirasta (2,2–2,5 % godišnje) formula 1 primjenjiva. Prebornom sječom intenziteta 22–25 % kojom se siječe cijeli prirast u prebornim sastojinama normalne strukture može se trajno podržavati stabilna i normalna preborna struktura. Međutim, primjena je formule 1 upitna u šumama čija je struktura slična istraživanoj šumi Belevine. Iako se siječe više od prirasta, intenzitet od 15,9 % ne osigurava dovoljno “prostora” za iniciranje obnove i popravljjanje strukture sastojina. Stalna primjena ove formule s niskim intenzitetima ne samo da bi podržavala postojeću strukturu, nego bi ju i dodatno narušavala.

U takvim je uvjetima primjerenije određivati intenzitet preborne sječe primjenom normalnoga postotka prirasta, s pretpostavkom da će se trajnom primjenom normalnoga “užitnoga faktora” tijekom vremena postići normalna drvena zaliha i normalna struktura drvene zalihe. Na taj bi se način s etatom od 36 000 m³ (intenzitet sječe od 25 %) za navedeni primjer mogli pokrenuti procesi iniciranja obnove i popravljjanja elemenata strukture sastojina (Čavlović 2000).

Prema novom *Programu gospodarenja* (2000–2009) u sastojini je odjela 5 propisana preborna sječa s intenzitetom od 23,89 %. Tijekom prve godine važenja *Programa* u sastojini odjela 5 s drvnom zalihom od 608,56 m³/ha posječeno je prosječno 145,07 m³/ha. Intenzitet sječe od 23,84 % u potpunosti se poklopio s propisanim intenzitetom.

Na slici 2 prikazana je struktura sastojine neposredno prije i poslije sječe, odnosno struktura posječenih stabala. Osnovni cilj sječe na površini odjela od 20,63 ha bio je osloboditi postojeći mladi naraštaj i potaknuti inicijalne jezgre obnove uz popravljjanje strukture sastojine. Iz slike 2 vidi se da su zahvati sječe bili usmjereni prema bukvi i ostaloj bjelogorici u dijelu tankih i srednjodebelih stabala (15–40 cm) radi oslobađanja mladoga naraštaja, dok su uglavnom vađena deblja i debela jelova stabla radi poticanja novih jezgra obnove.

Početkom sljedeće ophodnjice sječom istoga intenziteta, koja će biti usmjerena uglavnom na zrela i debela jelova stabla, dodatno će se inicirati obnova dijelova sastojine te nastaviti dugotrajni proces popravljjanja strukture sastojine (Čavlović 2000) u pogledu očekivanjaje raspodjele stabala i povećanja prirasta sastojine (kraća vremena prijelaza tankih i srednjodebelih stabala).



Slika 2. Prikaz raspodjele stabala po vrstama drveća i debljinskim stupnjevima neposredno prije i neposredno nakon sječe u sastojini odjela 5
 Figure 2 Review of tree distribution per tree species and per diameter classes just before and just after cutting in stand of compartment 5

Pet godina nakon sječe (2005) na sustavno položenim uzorcima primjernih površina snimljena je struktura mladoga naraštaja kako bi se utvrdili eventualni pozitivni pomaci u obnovi sastojeine kao posljedica intenzivnije sječe. Ti su rezultati prikazani u tablici 3.

Iz rezultata se može već na prvi pogled uočiti veliko povećanje brojnosti svih kategorija mladoga naraštaja i za jelu i za bukvu. Iako se ponik masovno pojavi godinu nakon uroda sjemena i većina biljaka ne preživi (Mazur 1989), povećanje broja biljaka ponika može biti značajno s obzirom na to da je to potencijal za razvojnu fazu pomlatka. U tom je kontekstu posebno značajno povećanje broja biljaka pomlatka koji se masovno pojavio 5 godina nakon sječe. Relativno velik broj biljaka iznad 30 cm visine, koji gotovo da nije zabilježen u inventuri 1999. godine, može značiti da je jedan dio tijekom 5 godina prešao visinu od 30 cm. Drugo obrazloženje ovoga nelogičnoga rezultata stoji u činjenici da kružne plohe polumjera od 4 m nisu pale na isto mjesto prilikom provedenih dviju inventura. Nelogičan rezultat koji je dobiven za stariji mladik objašnjava se činjenicom da je pri inventuri 1999. godine primjerna površina za utvrđivanje brojnosti bila krug polumjera 4 m, dok je pri inventuri 2005. godine to bio kvadrat površine 900 m². I pored veće vjerojatnosti bolje procjene broja stabalaca starijega mladika pri inventuri 2005. može se reći da je došlo do pomaka u brojnosti i ove kategorije mladoga naraštaja. I u razvojnom stadiju koljika, koji je prilikom dviju inventura utvrđen na primjernim površinama iste veličine (kvadrati površine 900 m²), postoji značajno povećanje broja stabala, što također upućuje na pozitivne pomake obnove sastojeine kao posljedica provedene sječe.

Na temelju podataka izmjere koja je izvršena na primjernim plohama 2005. godine napravljena je korelacijska analiza utjecaja temeljnice pojedinoga dijela je-

Tablica 3. Prikaz strukture mladoga naraštaja prema klasama i vrsti drveća neposredno prije sječe i 5 godina nakon sječe

Table 3 Review of young tree structure according to classes and tree species just before cutting and 5 years after cutting

Vrsta drveća Tree species	Klase mladoga naraštaja (broj biljaka/stabalaca po ha) – Young trees classes (number of plants/ trees per ha)									
	Ponik – Germinants		Pomladak (= 0,3 m visine) Small seedlings (= 0,3 m tall)		Pomladak (>0,3, =1,3 m visine) Tall seedlings (>0.3, =1.3 m tall)		Mladik (>1,3 m visine, = 5 cm d _{1,30}) Saplings (>1.3 m tall, =5 cm dbh)		Koljik (>5, =10 cm d _{1,30}) Young trees (>5, =10 cm dbh)	
	1999.	2005.	1999.	2005.	1999.	2005.	1999.	2005.	1999.	2005.
Jela -Silver fir	1872	8609	317	4956	2	651	0	198	38	85
Bukva -Beech	0	579	136	2948	0	1076	0	119	74	102
Ukupno-Total	1872	9188	452	7903	2	1727	0	317	112	187

lovo-bukove sastojine na pojavu pomlatka, mladika te jelova i bukova koljika i ukupno (tablica 4). Iz tablice se vidi pozitivna korelacija između temeljnice tankoga drva i jele i bukve na pojavu mladika i koljika. S druge strane postoji značajan negativan utjecaj temeljnice krupnoga drva jele i bukve na pojavu njihova mladika i koljika, a posebno je izražen negativan utjecaj temeljnice krupnoga drva bukovih stabala na pojavu jelova pomlatka, mladika i koljika.

Rezultati prikazani u tablici 4 upućuju na potrebne zahvate sječe u pojedini dio sastojine s ciljem poticanja i podržavanja obnove sastojine.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Narušena preborna struktura jelovo-bukovih sastojina temelji se na većem broju debelih stabala (iznad 50 cm) koja tvore rijedak, ali povezan gornji (dominantan) sloj stabala, ispod kojega se nalaze pojedinačno ili u malim grupama srednje debela stabla pa je vertikalni sklop nerazvijen, a otvori i grupe mladoga naraštaja gotovo da ne postoje.

Postojeća struktura sastojina (velik udio prezrele zalihe, nizak postotak godišnjega tečajnoga prirasta, visoka vremena prelaženja stabala, slaba obnova sastojina) dijelom je posljedica provedenih sječa slabijega intenziteta (ispod 17 %) unazad više ophodnjica. Intenziteti sječa u takvim se sastojinama trebaju zasnivati na normalnim postotcima volumnoga prirasta sastojine, a ne stvarnima.

Već nakon 5 godina poslije sječe jačega intenziteta (24 %) pozitivni pomaci obnove sastojine, vidljivi u značajnom povećanju brojnosti mladoga naraštaja, upućuju na potrebu povećanja u praksi primjenjivanih niskih intenziteta sječa u sličnim jelovo-bukovim sastojinama narušene strukture.

Dobiveni rezultati negativnoga utjecaja nagomilane zalihe krupnoga drva na pojavu i gustoću mladoga naraštaja dijelom su potvrdili vezu između narušene preborne strukture jelovo-bukovih sastojina i izostanka obnove dijelova sastojina.

Tablica 4. Korelacijski koeficijenti između kategorija mladoga naraštaja i temeljnica na razini primjernih ploha za izmjeru

Table 4 Correlation coefficients between young trees categories and basal area on measured sampling plots level

Temeljnica prsnog promjera Basal area of the b. h. diameter	Jela – Silver fir			Bukva – Beech			Ukupno – Total			
	Pomla- dak See- dlings (=1,3 m)	Mladik Saplings (>1,3 m h, =5 cm d)	Koljik Young trees (>5, =10 cm d _{1,30})	Pomla- dak See- dlings (=1,3 m)	Mladik Saplings (>1,3 m h, =5 cm d)	Koljik Young trees (>5, =10 cm d _{1,30})	Pomla- dak See- dlings (=1,3 m)	Mladik Saplings (>1,3 m h, =5 cm d)	Koljik Young trees (>5, =10 cm d _{1,30})	
Jela – Silver fir	10–30cm	0,04	0,26	0,72	-0,11	-0,13	0,56	-0,05	0,19	0,74
	> 50cm	0,18	-0,26	-0,30	0,04	0,21	-0,26	0,18	-0,16	-0,32
	> 70cm	0,04	-0,38	-0,25	0,07	0,24	0,04	0,08	-0,26	-0,16
	Ukupno Total	0,24	-0,09	-0,05	0,00	0,15	-0,14	0,20	-0,02	-0,09
Bukva – Beech	10–30cm	0,05	0,16	0,22	0,07	0,39	0,35	0,10	0,31	0,30
	> 50cm	-0,35	-0,50	-0,36	0,18	-0,16	-0,14	-0,14	-0,53	-0,32
	> 70cm	-0,30	-0,25	-0,23	0,08	-0,16	-0,22	-0,19	-0,30	-0,25
	Ukupno Total	-0,33	-0,43	-0,27	0,22	0,01	0,00	-0,10	-0,40	-0,20

Vrijednosti označene podebljanim brojevima statistički su značajne uz $P < 0,05$.

LITERATURA REFERENCES

- Č Bončina, A., J. Diaci, L. Cenčić, 2002: Comparison of the two main types of selection forests in Slovenia: distribution, site conditions, stand structure, regeneration and management. *Forestry*, 75: 365–373.
- Đ Božić, M., 1999: Modeli uređivanja jelovih šuma Gorskog kotara. Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb, 140 str.
- Č Čavlović, J., 2000: Novi program gospodarenja za g.j. Belevine (2000–2009) – zaustavljanje nepovoljnih trendova i iniciranje povoljnih procesa u “razvoju” preborne šume? *Šum. list*, 124 (7–8): 450–457, Zagreb.
- Č Kern, A., 1898: Uređenje prebornih šumaha. *Šum. list*, 22 (8–9): 300–326, Zagreb.
- Č Kern, A., 1909: Preračunavanje drvene zalihe i prirasta u prebornim šumama. *Šum. list*, 33: 142–151, Zagreb.
- Klepac, D., 1961: Novi sistem uređivanja prebornih šuma. Poljoprivredno šumarska komora NR Hrvatske, Sekcija za šumarstvo, Zagreb, 46 str.
- Č Klepac, D., 1995: Dinamika kretanja drvene zalihe na panju u šumama Gorskog kotara tijekom 40 godina (1950–1990). *Šum. list*, 119 (3–4): 85–90, Zagreb.
- Đ Matić, S., 1979: Utjecaj ekoloških i strukturnih čimilaca na prirodno pomlađivanje prebornih šuma jele i bukve u Gorskome kotaru. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 195 str.
- Č Mazur, M., 1989: Structure and dynamics of silver fir (*Abies alba* Mill.) in forest communities of the Swietokrzyski National Park. II. Population dynamics. *Acta. Soc. Bot. Pol.*, 58 (3):409–422.
- Mlinšek, D., 1968: Sproščena tehnika gojenja gozdov. PZGGO, Ljubljana.

- ✓ O'Hara, K. L., 2002: The historical development of uneven-aged silviculture in North America. *Forestry*, 4: 339–346.
- PG, 2000: Program gospodarenja g. j. Belevine 2000–2009.
- ∅ Schütz, J-P., 1989: Der Plenterbetrieb. Fachbereich Waldbau. ETH, Zürich.
- ✂ Schütz, J-P., 2001: Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey, Berlin.
- SL ✓ Šurić, S., 1933: Preborne sječe u neuređenim prebornim šumama i šumama tipa prašume. *Šum. list*, 57 (5): 339–347, Zagreb.
- ✂ Trinajstić, I., Đ. Rauš, J. Vukelić, J. Medvedović, 1992: Karta šumskih zajednica u Republici Hrvatskoj. U: Đ. Rauš (ur.), *Šume u Hrvatskoj*, Šumarski fakultet i «Hrvatske šume», p. o. Zagreb, Zagreb.

NATURAL REGENERATION STRUCTURE OF A SELECTION STAND UNDER CONDITIONS OF INCREASED INTENSITY OF SELECTION CUT

SUMMARY

Problems with selection forest management in Croatia are today manifested by adverse stand structure (overabundance of large dimension trees, absence of stand vertical structure, and absence of satisfactory natural stand regeneration). Aim of this paper is to investigate in which extent there was influence of management (prescribed and realized selection cutting intensity) on structure development and stand regeneration trend. Research with one part refers to the forest level (silver fir and beech management class), where analysis of management and stand structure development was made for fifty years long period, based on Management plans. The second part refers to one selection stand, in which detailed stand structure, diameter increment and natural regeneration measurement was made before selection cut (in the year 2000.), and the same measurement five years after selection cut with significantly higher cutting intensity (24 %), in relation to a few past 10-year cutting cycles. Besides that, appliance of Klepac's formula for calculating felling quantity based on difference of growing stock before and after cutting under conditions of adverse stand structure and low percentage of volume increment is also considered in this paper. It is determined that, with average cutting intensity of 17 %, mature growing stock has been gradually accumulated in forest during the last fifty years long period. Advantageous changes in structure and natural stand regeneration in the researched stand have been manifested only five years after higher intensity of cutting (24 %).

Key words: selection management, selection stand, selection cut intensity, natural regeneration, recruitment, silver fir, European beech

UDK: 630*612

MODELIRANJE PRIRASTA JELOVIH STABALA NA TEMELJU SAS TOJINSKIH ČIMBENIKA

MODELLING FIR TREE INCREMENT ON THE BASIS OF STAND FACTORS

MARIO BOŽIĆ, JURO ČAVLOVIĆ, KRUNOSLAV TESLAK

Received – *Pristjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu je istražena mogućnost procjene prirasta pojedinačnih jelovih stabala korištenjem viševarijantnoga regresijskoga modeliranja, gdje su kao nezavisni procjenitelji korištene sastojinske varijable odabrane na temelju provedene parcijalne korelacijske analize.

Istraživanja su provedena u bukovo-jelovim šumama na vapnenačko-dolomitnim podlogama, u dinarskom dijelu areala obične jele u Republici Hrvatskoj.

Pri modeliranju je korištena metoda općega linearnoga modeliranja, pri čemu su kvadrati i interakcije (umnošci) izvornih varijabli korišteni kao zasebni linearni procjenitelji.

U radu je modeliran prirast temeljnice (plošni prirast) jelovih stabala, jer je prirast temeljnice u provedenoj parcijalnoj korelacijskoj analizi pokazao veće vrijednosti od radijalnoga prirasta.

Izgrađeno je ukupno pet modela prirasta temeljnice od kojih najjednostavniji objašnjava varijabilnost s 40,94 %, a najbolji s 51,45 %. Istraženo je dolazi li do povećanja objašnjene varijabilnosti kod istih modela prethodnim grupiranjem ploha u bonitetne razrede. Isto tako, istraženo je smanjenje prirasta zbog povećanja gustoće sastojine i smanjenja vitalnosti stabla.

Ključne riječi: obična jela, korelacijska analiza, opće linearno modeliranje, plošni prirast

UVOD

INTRODUCTION

Pod rastom stabla razumijeva se biološki fenomen povećanja dimenzija stabla tijekom vremena, a pod prirastom povećanje dimenzija stabla u određenom vremenskom intervalu. Fenomen rasta je vrlo složen proces, a prirast je pojedinoga stabla

pod utjecajem stanišnih (ekoloških) i sastojinskih (strukturnih) danosti u kojima ono raste. Pišućić o prebornoj šumi, Schütz (2001) napominje da se stabla u njoj od male na nalaze u jednom neovisnom razvoju, jer im se krošnje ne nalaze u postranom dodiru sa stablima iste visine, u čemu se očituje posebnost rasta stabala koja preborna šumu izgrađuju, te da rast pojedinačnoga stabla unutar sastojine može znatno varirati, pri čemu ta varijabilnost nije posljedica fenomena rasta nego raznih čimbenika i pojava. Rast i prirast pojedinih stabala te razvoj sastojina u središtu su zanimanja šumarske prakse i znanosti od prvih početaka gospodarenja šumama.

Prirast jele na razini stabla kako u nas tako i u svijetu istraživali su razni autori. Predmet je istraživanja bio radijalni, debljinski, plošni, visinski i volumni prirast jelovih stabala. Modele koji su pri tom izgrađivani možemo podijeliti na modele neovisne odnosno ovisne o položaju stabala u sastojini.

Debljinski prirast jelovih stabala u odnosu na prsni promjer modeliraju Klepac (1954, 1956), Horvat (1968), Križanec (1976), Čavlović i Marović (1997). Schütz (1975) prikazuje odnos radijalnoga prirasta i ukupne temeljnice stabala čiji je promjer veći od promjera promatranoga stabla.

Prirast se modelira i složenijim modelima pri čemu se kao nezavisne sastojinske varijable uvode: visina stabla, temeljnica plohe, temeljnica stabala čiji je promjer veći od promjera promatranoga stabla, stanje krošnje (oštećenost), širina krošnje, relativne ili postotne duljine krošnja, broj stabala, indikatori kakvoće staništa, te razni indeksi konkurencije (vidi npr. Becker i dr. 1990, Spiecker 1991, Pretzsch 1995, Monserud i Sterba 1996, Poštenjak 1997, Moravie 1999, Miina i Pukkala 2002).

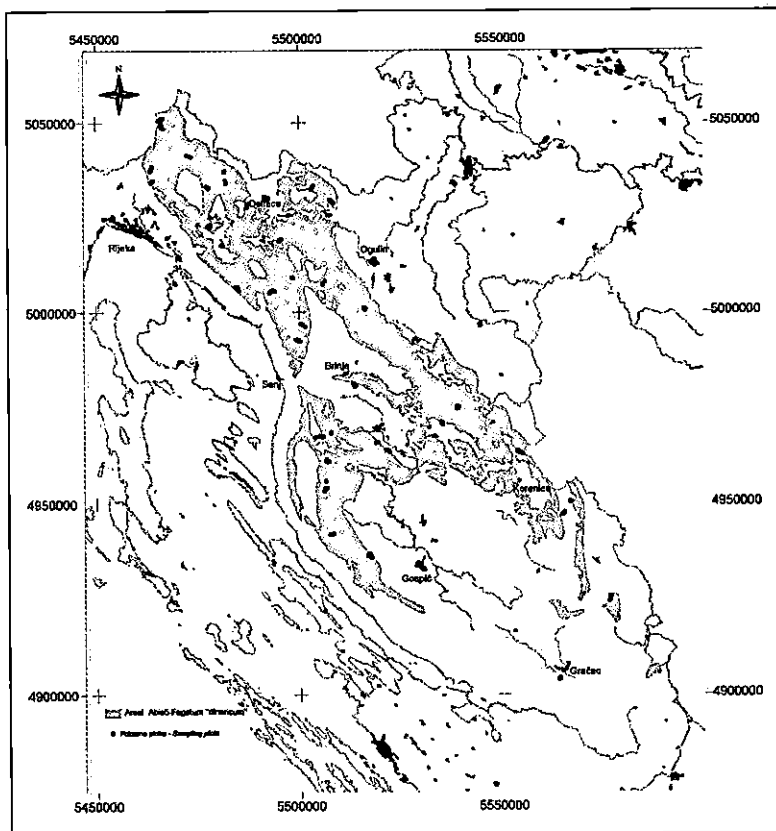
O smanjenju prirasta oštećenih jelovih šuma pišu Kalafadžić i Kušan (1989), Prpić i Seletković (1992), Prpić i dr. (1994), Schöpfer i Hradetzky (1986).

Cilj je ovoga rada istražiti mogućnost procjene prirasta pojedinačnih jelovih stabala na temelju odabranih sastojinskih varijabli korištenjem viševarijantnoga regresijskoga modeliranja.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Istraživanje je provedeno u bukovo-jelovim šumama, na vapnenačko-dolomitnim podlogama dinarskoga dijela areala obične jele u Republici Hrvatskoj. Podaci su prikupljeni na terenskom uzorku od 151 pokusne plohe, raspoređene na 35 transekata (slika 1), u 32 gospodarske jedinice, na području četiriju uprava šuma (Delnice, Gospić, Ogulin i Senj).

Transekti su postavljeni tako da prekriju cijeli dinarski dio areala obične jele, a plohe su na njima raspoređene tako da obuhvate što veći raspon pojavnosti pojedinih stanišnih danosti (nadmorska visina, nagib, orijentacija terena). Na svakoj je plohi s 1–4 jelova stabla uzet prirasni izvrtak za analizu prirasta. Izvrtci su uzimani sa stabala različitih prsnih promjera (10–30, 30–50, 50–70 i > 70 cm), najbližih



Slika 1. Položaj pokusnih ploha/transekata na kojima je uzorkovanje provedeno. Areal jelovih šuma, prikazan na karti, preuzet je iz istraživanja Trinajstića i dr. (1992)

Figure 1 Position of sample plots / transects used for sampling. The range of fir forests presented in the map was taken from research by Trinajstić et al (1992)

središtu plohe. Da bi se zadovoljili uvjeti uzimanja po jednoga izvrtka u pojedinom debljinskom razredu, te da na plohi nije bilo nedavne sječe (da se ne dobije lažna slika o pritisku konkurencije), središte je plohe, u odnosu na „projektirano“, ponegdje izmaknuto. Ukupno je uzet izvrtak s 531 stabla. Tim je stablima, kao i njihovim konkurentima, izmjeren prsni promjer, visina, širina krošnje, duljina krošnje i duljina krošnje svjetla. Stablima kojima je uziman izvrtak mjerena je i širina kore, te snimana (fotografirana) krošnja radi procjene zdravstvenoga stanja. Konkurentom su smatrana stabla čije su se krošnje doticale s krošnjom stabala kojima je uziman izvrtak. Prsni je promjer mjeran i ostalim stablima na krugu radijusa 12,5 m.

Izvrtci su nakon uzorkovanja, da bi se spriječila njihova deformacija zbog sušenja, pohranjivani u rashladnu torbu ili hladnjak, te odmah pri dolasku s terena pripremljeni za analizu. Izvrtci su pričvršćeni na nosače, izbrušeni, ispolirani i ske-

nirani u visokoj rezoluciji (vidi npr.: Hatić i dr. 2000, Antonić i dr. 2000). Širina godova (radijalni prirast) izmjerena je na pohranjenim skenogramima programskim paketom *WinDENDRO*.

Desetogodišnji radijalni prirast dobiven je zbrajanjem širina posljednjih 10 godina, a prirast temeljnice na temelju razlika prsnih promjera stabala bez kore, u trenutku izmjere i prije 10 godina (vidi: Božić 2003: 32). 10-godišnji radijalni (ir) i prirast temeljnice (ig) uzeti su kao zavisne varijable u ovom istraživanju.

Kao nezavisne varijable pri modeliranju korištene su varijable koje predstavljaju:

- a) Konkurentsku sposobnost stabla: prsni promjer stabla (d), visina stabla (h), promjer krošnje (dkr), duljina krošnje (lk), duljina krošnje svjetla (lks) i zdravstveno stanje stabla (oštećenost) definirano preko jedinstvenoga stupnja oštećenosti, dobiveno usporedbom krošnje stabla na snimku s postojećim fotointerpretacijskim ključem (Kušan i dr. 1991) u skali od 5 %.
- b) Pritisak konkurencije na razini plohe: temeljnica po hektaru (G/ha) i drvena zaliha po hektaru (V/ha). Drvna je zaliha računata prema Schumacher-Hallovaj jednadžbi i parametrima za pojedinu vrstu drveća preuzetim iz *Radova Šumarskoga instituta Jastrebarsko*. Stablina kojima visine nisu mjerene određene su iz izjednačenih visinskih krivulja za pojedine vrste drveća i bonitetne razrede. Bonitet svake plohe određen je na temelju izmjerenih visina obične jele, dominantnoga dijela sastojine.
- c) Pritisak konkurencije na razini stabla (međuovisnost dimenzija stabla i plohe): temeljnica odnosno volumen stabala na plohi, čiji je promjer veći od promjera stabla kojemu je uziman izvrtak (Gvd odnosno Vvd), odnos temeljnice odnosno volumena stabla kojemu je uziman izvrtak i temeljnice odnosno volumena plohe (g/G odnosno v/V). Varijable Gvd, Vvd, g/G i v/V neovisne su o položaju stabla na plohi i njihova je vrijednost na plohi jednaka za sva stabla istoga promjera.

Pri modeliranju je primijenjena metoda općega linearnoga modeliranja, pri čemu su kvadrati i interakcije (umnošci) izvornih varijabli upotrijebljeni kao zasebni linearni procjenitelji. Kao metoda optimizacije modela, odnosno odabira podskupa linearnih prediktora koji ulaze u konačni model, korištena je metoda „Backward Stepwise“ (Ott 1993). Za pojedine logičke skupine sastojinskih varijabli provedena je parcijalna linearna korelacija radi preliminarnoga odabira varijabli za višestruke regresijske analize. U svim je statističkim obradama zadana razina značajnosti od $p = 0,05$.

REZULTATI S RASPRAVOM RESULTS AND DISCUSION

Radi odabira varijabli za daljnju analizu provedena je parcijalna linearna korelacija, čiji se rezultati nalaze u tablici 1.

Tablica 1. Koeficijenti parcijalne linearne korelacije (ir – radijalni prirast, ig – prirast temeljnice, d – prsni promjer, h – visina stabla, dkr – promjer krošnje, lk – duljina krošnje, lks – duljina osvijetljeno-ga dijela krošnje, oštećenost, Gvd – temeljnica stabala čiji je promjer veći od promjera promatranoga stabla, Vvd – volumen stabala čiji je promjer veći od promjera promatranoga stabla, g/G – odnos temeljnice stabla i temeljnice plohe, v/V – odnos volumena stabla i volumena plohe, G – temeljnica plohe, V – volumen plohe)

Table 1 Partial linear correlation coefficients (ir – radial increment, ig – basal area increment, d – diameter at breast height, h – tree height, dkr – crown diameter, lk – crown length, lks – length of the illuminated part of the crown, oštećenost – damage, Gvd – basal area of trees whose diameter exceeds the diameter of the observed tree – Vvd – volume of trees whose diameter exceeds the diameter of the observed tree, g/G – tree basal area and plot basal area ratio, v/V – tree volume and plot volume ratio, G – plot basal area, V – plot volume)

Varijable Variables	Stabla – Trees					
	d	h	dkr	lk	lks	oštećenost
ir	0,32	0,38	0,40	0,37	0,35	- 0,27
ig	0,62	0,59	0,57	0,50	0,38	- 0,31
Varijable Variables	Stablo – ploha, Tree – Plot				Ploha – Plot	
	Gvd/ha	Vvd/ha	g/G	v/V	G/ha	V/ha
ir	- 0,41	- 0,37	0,35	0,35	- 0,21	- 0,14
ig	- 0,55	- 0,48	0,64	0,65	- 0,06*	0,03*

* koeficijenti nisu statistički značajni – *Coefficients are not statistically significant*

Iz rezultata parcijalne linearne korelacije (tablica 1) vidljivo je da postoji veća korelacija između gotovo svih nezavisnih varijabli i prirasta temeljnice u odnosu na nezavisne varijable i radijalni prirast. Izuzetak su samo varijable plohe: G/ha i V/ha, koje uz to nisu ni statistički značajne. Zbog toga, a i zbog veće bliskosti prirasta temeljnice volumnom prirastu, koji nas u biti zanima, modeliranje će se provesti samo za prirast temeljnice. U svojim istraživanjima Pranjić (1973) za ovisnost debljinskoga prirasta (usporediv s našim radijalnim prirastom) i prsnoga promjera dobiva korelacijski koeficijent od 0,339 – 0,521, odnosno visine stabla 0,264 – 0,419. Nešto slabiji rezultati u ovom istraživanju najvjerojatnije su posljedica heterogenosti našega uzorka (vidi Materijal i metode).

Pri modeliranju se pošlo od jednostavnijih k složenijim modelima. Najprije je kao nezavisna varijabla uzet prsni promjer, kao varijabla koja iz grupe varijabli koje predstavljaju konkurentsku sposobnost stabla ima najveći korelacijski koeficijent u odnosu na plošni prirast, te je najjeftinija za pridobivanje. U sljedećem je modelu (model 2) promjeru pridružena i varijabla g/G koja zasebno ima najveći koeficijent korelacije. Završnom je modelu pridodana i varijabla oštećenost koja predstavlja zdravstveno stanje pojedinoga stabla odnosno smanjenje vitalnosti, a zbog toga i prirasta. To se ogleda u negativnom koeficijentu korelacije, a što potvrđuju i druga istraživanja (vidi npr. Schöpfer i Hradetzky 1986, Kalafadžić i Kušan 1989, Becker i dr. 1990, Mayer 1999, Dobbertin i Brang 2001). Za navedene je modele prirast modeliran i za dva u uzorku najrasprostranjenija bonitetna razreda da se vidi da li bi prethodno razvrstavanje ploha po bonitetima povećalo objašnjene varijabilnosti (koeficijenta determinacije). Rezultati ovih modeliranja prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Skupni prikaz rezultata regresijske analize zavisnosti plošnoga prirasta prema modelima 1 – 3 te 4 – 5, cijeloga uzorka te dva najrasprostranjenija bonitetna razreda

Table 2 Summary results of regression analysis of plot increment dependence on models 1 – 3 and 4 – 5, the entire sample and two most represented site quality classes

Broj modela Model Nbr.	Varijable Variables	Svi bonitetni razredi		II/III. bonitetni razred		III. bonitetni razred	
		All site classes		Site class II/III		Site class III	
		N = 531		N = 165		N = 118	
		R	R ²	R	R ²	R	R ²
1	d	0,64	0,4094	0,65	0,4270	0,69	0,4714
2	d, g/G	0,69	0,4696	0,72	0,5212	0,72	0,5250
3	d, g/G, oštećenost	0,72	0,5145	0,74	0,5489	0,77	0,5922
4	d, G/ha	0,68	0,4618				
5	d, G/ha, oštećenost	0,71	0,5104				

Kao što se iz tablice 2 vidi, uključivanjem varijable g/G u model varijabilnost se objašnjava za dodatnih 6 %, a uključivanjem i oštećenosti stabla za dodatnih 4,5 %, te u konačnici ukupna objašnjena varijabilnost iznosi 52,45 %. Najveći doprinos objašnjenju ukupne varijabilnosti u modelima 2 i 3 otpada na varijablu g/G, što je s obzirom na rezultate parcijalne linearne korelacije (tablica 1) očekivano, jer ona sama po sebi definira interakciju dimenzije stabla (prsnoga promjera) i gustoće plohe.

Moravie i dr. (1999) modeliraju prirast temeljnica na temelju prsnoga promjera. Za model 1, koji bismo mogli usporediti s našim modelom 1, dobivaju koeficijent determinacije 32 odnosno 46 % na dva nezavisna uzorka (105 odnosno 408 stabala). Koeficijent objašnjene varijabilnosti po modelu 2 (46,96 %) sličan je Pretzchevu modelu 3 (45,7 %), u kojem za predikciju prirasta kao nezavisne varijable koristi visinu i krošnjatost stabla (Pretzsch 1995). Monserud i Sterba (1996) u jednom dosta složenijem modelu objašnjavaju varijabilnost prirasta temeljnica s 55,6 %, pri čemu se najveći dio objašnjene varijabilnosti odnosi na varijable stabla: prsni promjer i krošnjatost (41,1 %) i kompeticijske varijable: sumu temeljnica stabala debljih od promatranoga stabla i faktor kompeticije krošnje (9,8 %).

Izgradnja modela za plohe, prethodno razvrstane u bonitetne razrede, upućuje na dodatno povećanje stupnja objašnjene varijabilnosti za 2 – 8 %. Ovaj rezultat pokazuje da pojedine varijable ili njihove interakcije, na staništima različite kakvoće, ne moraju biti jednako značajne za predikciju prirasta.

U dodatnom modelu, u kojem je prirast modeliran na temelju svih varijabli stabla, uključujući oštećenost (vidi tablicu 1) te varijable g/G, koeficijent determinacije iznosi 58,44 %. Iako ovim modelom značajno povećavamo objašnjenu varijabilnost (za 7 %), on je zbog svoje složenosti i skupoće pridobivanja pojedinih varijabli za praktično šumarstvo neupotrebljiv.

U radu su se nadalje htjele prikazati promjene prirasta pojedinih stabala zbog promjene pritiska konkurencije na pojedino stablo i stupnja oštećenosti. Problem pri kvantificiranju pričinjavala je varijabla g/G koja se mijenja s promjenom promjera. Zbog toga su načinjeni modeli u kojima je varijabla g/G zamijenjena s varijablom G (modeli 4 – 5, vidi tablicu 2), koja se u parcijalnoj linearnoj korelaciji nije pokazala kao statistički značajna (vidi tablicu 1). Rezultati pokazuju (tablica 3) da

varijabla G u modelu 5 (isto je i kod modela 4) nije značajna zasebno, već u interakciji s ostalim varijablama. Niži koeficijenti determinacije (tablica 2) pokazuju da veza između prirasta temeljnice te interakcije promjera stabala i temeljnice plohe nije linearna. Njihovo ne tako veliko smanjenje (0,5 – 1 %) omogućuje nam korištenje modela 5 za predikcije promjene plošnih prirasta zbog promjene pritiska konkurencije i stupnja oštećenosti stabala. Pri tome su promjene prikazane u rasponu pojavnosti varijable 0 – 85 % kumulativno (jer su razredi iznad toga slabo zastupljeni) i uz osrednjavanje treće nezavisne varijable (tablica 4 i slika 2).

Tablica 3. Rezultati regresijske analize zavisnosti plošnoga prirasta prema modelu 5
 Table 3 Results of regression analysis of plot increment dependence according to model 5

Varijable	Koeficijent	Std. pogreška	t	p
Variables	Parameter	Std. Error		
Konstanta	- 14,9498	2,874830	- 5,20025	< 0,001
d	1,3937	0,103512	13,46375	< 0,001
d*G	- 0,0085	0,001242	- 6,87493	< 0,001
d*oštećenost	- 0,0075	0,001198	- 6,26715	< 0,001
G*oštećenost	0,0029	0,001172	2,50275	0,013

Tablica 4. Opisna statistika nezavisnih varijabli korištenih u modelu 5
 Table 4 Descriptive statistics of independent variables used in model 5

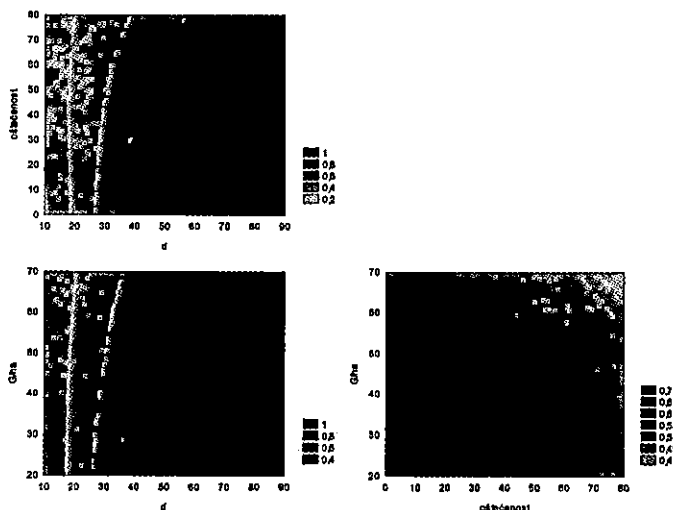
Varijable	Aritm. sredina	Minimum	Maksimum	85 % kumulativno
Variable	Mean	Minimum	Maximum	85 % cumulative
d (cm)	41,8	10,9	128,5	90
G/ha (m ²)	47,2	22,1	108,3	70
Oštećenost (%)	41,2	5	100	80

Ovako velike temeljnice (srednja i maksimalna) posljedica je pristranosti uzorka (izmicanje središta plohe da bi se izbjegli dijelovi s nedavnim sječama i da bi se zadovoljio uvjet uzimanja izvrtaka sa stabala različitih prsnih promjera na plohi – vidi Materijal i metode).

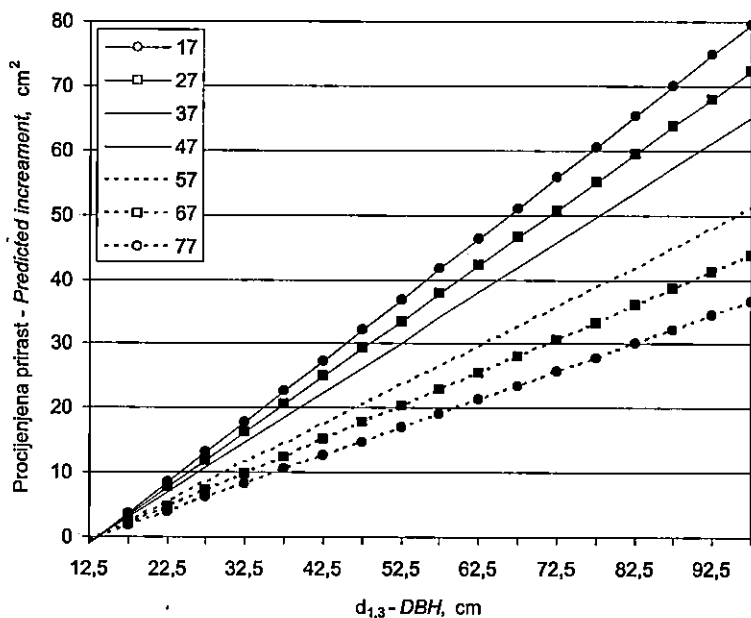
Kao što se iz rezultata prikazanih na slici 2 vidi, plošni prirast stabala istoga prsnoga promjera veći je što je manja oštećenost stabla i što je manja temeljnica na plohi. S većim promjerom to je izraženije. Jednako oštećena stabla imaju veći prirast što su deblja i što je manji pritisak konkurencije na njih. U sastojinama jednake gustoće veći prirast imaju deblja te manje oštećena stabla.

Koliko te promjene iznose u realnim vrijednostima, izračunato je za svaki debljinski stupanj, gdje je uz prosječnu oštećenost izračunat prirast, uz srednju vrijednost temeljnice, te vrijednosti temeljnice za po tri klase od 10 m² manju i veću temeljnicu (slika 3). Isto je načinjeno i uz prosječnu temeljnicu, a različitu oštećenost.

Prema modelu 5 prosječno smanjenje prirasta uz uzetu srednju oštećenost od 40 %, u svim debljinskim stupnjevima, promjenom gustoće sastojine za 10 m² iznosi oko 12 %. Smanjenje je prirasta uz srednju temeljnicu od 47 m² različito po debljinskim stupnjevima i iznosi u najvećem dijelu raspona podataka između 0,2 i 12 % uz



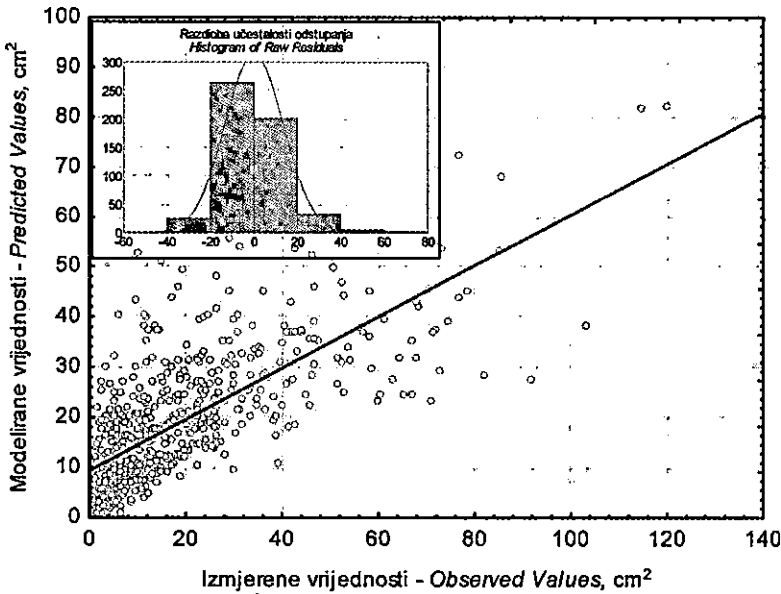
Slika 2. Prikaz promjena prirasta prema modelu 5, u kombinaciji po dvije nezavisne varijable, gdje su vrijednosti ostalih nezavisnih varijabli osrednjene
 Figure 2 Changes in the increment in relation to model 5, in combination of two independent variables, where the values of other independent variables are averaged



Slika 3. Promjene prirasta stabala po modelu 5 zbog promjene gustoće sastojine, uz zadanu srednju oštećenost od 40 %

Figure 3 Changes in tree increment according to model 5 caused by changes in stand density. The mean damage is up to 40 %

promjene oštećenosti stabala za 10 %. Pri razmatranju smanjenja prirasta pojedinačnih stabala zbog povećanja gustoće sastojine treba uzeti u obzir da je prostor u prebornoj šumi ispunjen asimilacijskom biomasom tako da ni jači poremećaji u



Slika 4. Odnos između izmjerenih i modeliranih vrijednosti prirasta, uz razdiobu učestalosti odstupanja, prema modelu 5

Figure 4 Relationship between measured and modelled increment values with the histogram of raw residuals, according to model 5

strukturi ne dovode do smanjenja prirasta sastojine, jer na promjenu sastojinske gustoće ostala stabla mogu reagirati povećanjem prirasta (Pretzsch 1997). Problem je izraženiji kod smanjenja prirasta zbog smanjene vitalnosti stabala. Ta stabla zauzimaju prostor rasta zdravim stablima i na taj način smanjuju ukupni prirast sastojine.

Na slici 4 prikazan je odnos između izmjerenih i modeliranih vrijednosti plošnoga prirasta s razdiobom učestalosti odstupanja prema modelu 5.

Iz slike je vidljivo da se najveći dio odstupanja nalazi u intervalu ± 20 cm². Slična odstupanja, modelirajući dosta složenijim modelima prirast temeljnice hrsta lužnjaka, dobivaju Antonić i dr. (2000).

Oštećenost se stabla ni u jednom izgrađenom modelu (u kojem je korištena) nije pokazala zasebno statistički značajnom, već isključivo u interakciji s drugim varijablama.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Rezultati ovih istraživanja pokazuju da je prsni promjer ona varijabla stabla koja zasebno najbolje objašnjava prirast temeljnice. Ta objašnjena varijabilnost iznosi 40,94 %. Uvođenjem dodatnih varijabli u izgradnju modela varijabilnost se

dodatno objašnjava za 6 % (g/G – odnos temeljnice stabla i temeljnice svih stabala na plohi), odnosno 10,5 % (g/G i oštećenost).

Bez obzira na to što u rezultatima parcijalne linearne korelacije nije statistički značajna, varijabla temeljnica plohe može se koristiti pri modeliranju gotovo jednako dobro kao i varijabla odnosa temeljnice stabla i temeljnice plohe. Razlog tomu je što navedena varijabla, iako zasebno nije značajan prediktor, u interakciji s drugim varijablama jest.

Rezultati istraživanja upućuju na značajno smanjenje prirasta pojedinačnih stabala uz povećanje gustoće sastojine i oštećenosti pojedinih stabala. Povećanjem gustoće sastojine za 10 m², uz osrednjenu oštećenost, prirast se pojedinačnih stabala smanjuje za oko 12 %. Povećanjem oštećenosti stabala za 10 %, uz srednju temeljnicu uzorka, prirast se smanjuje za 0,2 do 12 %. Posebno je značajno smanjenje prirasta zbog povećanja oštećenosti (smanjene vitalnosti stabla), jer bi zdrava stabla na njihovom mjestu bolje prirašćivala. Pri povećanju gustoće sastojine smanjenje prirasta pojedinih stabala najvjerojatnije se kompenzira na razini sastojine (veći broj stabala u pojedinim debljinskim stupnjevima).

Prethodnim bonitiranjem sastojina varijabilnost se prirasta prema ovom istraživanju dodatno objašnjava 2 – 8 %, jer pojedine varijable ili njihove interakcije, na staništima različite kakvoće, ne moraju biti jednako značajne za predikciju prirasta.

LITERATURA REFERENCES

- # Ć Antonić, O., D. Hatić, J. Križan, D. Bukovec, D. Borović, 2000: Projektiranje režima podzemne vode kao preduvjeta opstanka nizinskih šuma u području hidrotehničkog zahvata. Hrvat. vode, 8 (32): 205 – 223, Zagreb.
- č Becker, M., O.-U. Bräker, G. Kenk, O. Schneider, F.-H. Schweingruber, 1990: Kronenzustand und Wachstum von Waldbäumen im Dreiländereck Deutschland-Frenkreich-Sweiz in den letzten Jahrzehnten. Allgemeine Forst Zeitschrift, 45 (11): 263 – 266; 272 – 274.
- D Božić, M., 2003: Utjecaj stanišnih i sastojinskih elemenata na prirast obične jele (*Abies alba* Mill.) u jelovim sastojinama na kršu u Hrvatskoj. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 190 str.
- sl Ć Čavlović, J., T. Marović, 1997: Odnos prirašćivanja jele na NPŠO "Sljeme". Šumarski list, 121 (9 – 10): 473 – 478, Zagreb.
- č Dobbertin, M., P. Brang, 2001: Crown defoliation improves tree mortality models. For. Ecol. Manage, 141: 273–286.
- G Ć Hatić, D., O. Antonić, Ž. Španjol, J. Križan, 2000: Growth of old oak trees in Croatia: The preliminary results of the TGECC programme. Glas. šum. pokuse, 37: 311 – 321, Zagreb.
- sl Ć Horvat, S., 1968: Istraživanja prirasta jele po biološkim slojevima u zajednici jele s bračom (*Blechno-abietetum* Horv.). Šumarski list, 92 (9 – 10): 333 – 344, Zagreb.
- sl Ć Kalafadžić, Z., V. Kušan, 1989: Opadanje prirasta jele (*Abies alba* L.) kao posljedica novonastalih oštećenja šuma u Goskom kotaru. Šumarski list, 113 (9 – 10): 415 – 422, Zagreb.

- ST- Ć Klepac, D., 1954: Komparativna istraživanja debljinskog, visinskog i volumnog prirasta u fitocenozi jele i rebrače. Šumarski list, 78 (2 – 3): 83 – 108, Zagreb.
- G Ć Klepac, D., 1956: Istraživanja debljinskog prirasta jele u najraširenijim fitocenzama Gorskog kotara. Glas. šum. pokuse, 12: 225 – 256, Zagreb.
- D Križanec, R., 1976: Različite mogućnosti izravnivanja debljinskog prirasta jele u acidofilnoj biljnoj zajednici. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 190 str.
- O Mayer, F. J., 1999: Beziehungen zwischen der Belaungsdichte der Waldbäume und Standortsparemetern. Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft Nr. 177.
- Ľ Miina, J., T. Pukkala, 2002: Application of ecological field theory in distance-dependent growth modelling. Forest Ecology and Management, 161: 101 – 107.
- Ć Monserud, R. A., H. Sterba, 1996: A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. Forest Ecology and Management, 80: 57 – 80.
- Ľ Moravie, M.-A., M. Durand, F. Houllier, 1999: Ecological meaning and predictive ability of social status, vigour and competition indices in a tropical rain forest. Forest Ecology and Management, 117: 221 – 240.
- ⊘ Ott, R. L., 1993: Introduction to Statistical Methods and Data Analysis. Duxbury Press, Belmont, 1152 str.
- D Poštenjak, K., 1997: Zavisnost prirasta jelovih stabala o nekim stanišnim i taksacijskim čimbenicima u zajednici jele i rebrače (*Blechno-Abietetum* Horv.). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 283 str.
- SL Ć Pranjić, A., 1973: Korelaciona analiza između visinskog prirasta, visine, prsnog promjera i debljinskog prirasta u nekim sastojinama jele. Šumarski list, 98 (7 – 8): 261 – 274, Zagreb.
- Ć Pretzsch, H., 1995: Zum Einfluß des Baumverteilungsmusters auf den Bestandeszuwachs. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 166 (9 – 10): 190 – 201.
- Ć Pretzsch, H., 1997: Wo steht die Waldwachstumsforschung heute? Denkmuster-Methoden-Feedback. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 168 (6 – 7): 98 – 102.
- ⊘ Prpić, B., Z. Seletković, 1992: Radial Increment of the Fir in the Faculty Forest of Zalesina as to the Climatic Excesses and Input of Pollutants. 6. IUFRO Tannensymposium, Forstliche Fakultät Universität Zagreb, 173 – 182.
- ST- Ć Prpić, B., Z. Seletković, M. Ivkov, 1994: Oštećenost krošanja glavnih vrsta drveća u Hrvatskoj u odnosu na radijalne priraste. Šumarski list, 118 (1 – 2): 3 – 10, Zagreb.
- Ľ Schöpfer, W., J. Hradetzky, 1986: Zuwachsrückgang in erkrankten Fichten- und Tannenbeständen. Auswertungsmethoden und Ergebnisse. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 105 (6): 446 – 470.
- Ć Schütz, J. P., 1975: Dynamique et conditions d'édepeuplements jardiné sur les stations de la hêtraie à sapin. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 126 (9): 637 – 671.
- ⊘ Schutz, J. P., 2001: Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey Buchverlag, Berlin, 207 str.
- Ć Spiecker, H., 1991: Zur Dynamik des Wachstums von Tanne und Fichte auf Plenterwaldversuchsflächen im Schwarzwald. Allgemeine Forst Zeitschrift, 46 (21): 1076 – 1080.
- ⊘ Trinajstić, I., Đ. Rauš, J. Vukelić, J. Medvedović, 1992: Karta šumskih zajednica Republike Hrvatske. U: Đ. Rauš (ur.), Šume u Hrvatskoj: prilog (karta), Zagreb.

MODELLING FIR TREE INCREMENT ON THE BASIS OF STAND FACTORS

SUMMARY

The paper explores the possibility of assessing the increment of individual fir trees using multivariate regression modelling, where stand variables selected on the basis of the conducted partial correlation analysis served as independent predictors.

Research was carried out in beech-fir forests growing on limestone-dolomite substrates in the Dinaric part of the silver fir range in the Republic of Croatia.

A general linear modelling method was applied, where square terms and interaction terms (multiplication products) of original variables were treated as independent linear predictors.

The basal area increment of fir trees was modelled, since basal area increment in a partial correlation analysis showed higher values than radial increment.

A total of five basal area increment models were constructed, of which the simplest explains variability with 40.94% and the best with 51.45%. It was investigated whether the explained variability in the same models increases if the plots are previously grouped in site quality classes (site classes). A decrease in the increment caused by increased stand density and reduced tree vitality was also investigated.

Key words: Silver fir, correlation analysis, general linear modelling, basal area increment

UDK: 630*582

ISTRAŽIVANJE KRITERIJA IZDVAJANJA ZAŠTITNIH SASTOJINA NA PRIMJERU UŠP GOSPIĆ

RESEARCH OF CRITERIA FOR DETACHMENT OF PROTECTIVE
STANDS – FOREST ADMINISTRATION GOSPIĆ CASE STUDY

MARIO BOŽIĆ, JURO ČAVLOVIĆ, KRUNOSLAV TESLAK

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu se autori kritički osvrću na nedorečenost i netransparentnost kriterija pri izdvajanju šuma u uređajni razred (UR) zaštitnih šuma. Pri tome istražuju je li nagib terena iznad 50°, kako to propisuje *Pravilnik o uređivanju šuma* iz 1994, odnosno 1997, bio jedini kriterij po kojem su zaštitne šume izdvojene u navedeni UR. Korišteni su podaci o nagibu terena iz sastojinskih obrazaca (O-2 i O-3) te nagib izveden iz digitalnoga elevacijskoga modela (DEM-a) prostorne razlučivosti 30*30 m. Za istraživanje je odabrana Uprava šuma područnica Gospić unutar koje je izdvojena gotovo trećina svih zaštitnih šuma u Republici Hrvatskoj. Ustanovljeno je da su se sastojine izdvajale u UR zaštitnih šuma kombinacijom različitih kriterija: nagiba, otvorenosti i blizine objekta koji treba štititi. Na temelju prostorne razdiobe nagiba terena u sastojinama koje su zaštitnima proglašene zbog nagiba, dijelovi s manjim nagibom mogli bi se izdvojiti u odsjeke kojim bi se potom moglo redovito gospodariti, a isto tako bi se u pojedinim sastojinama koje nisu izdvojene kao zaštitne mogli izdvojiti dijelovi većega nagiba u UR zaštitnih šuma. Pri tome bi zbog uprosječivanja, a time i snižavanja nagiba na DEM-u, bilo potrebno utvrditi iznos odstupanja nagiba ili koristiti DEM veće razlučivosti.

Ključne riječi: zaštitne šume, nagib terena, DEM, erozija tla

UVOD INTRODUCTION

Zaštitne šume, kao kategorija podjele šuma prema namjeni u nas je i u svijetu vrlo široko shvaćena. Tako se u većini europskih zemalja pod pojmom zaštitne šume razumijevaju šume različitih funkcija (Ottitsch i Weiss 2000). Zaštitne šume uglavnom imaju funkciju zaštite nekoga objekta, odnosno izravnu zaštitnu funkciju (Schönenberger 2000). Izravna zaštitna funkcija razumijeva da šuma izravno štiti

ljude, građevinske i infrastrukturne objekte od prirodnih katastrofa (Brang 2001). Osim izravne zaštitne funkcije šuma osigurava zaštitu staništa, tj. vrijednosti unutar njih samih, što je preduvjet ispunjavanju uspješne, izravne zaštitne funkcije (Van Noord 1996).

U Republici Hrvatskoj u zakonskim i podzakonskim aktima pojam i funkcija zaštitnih šuma spominju se u Zakonu o šumama (NN, 140/05), Pravilniku o uređivanju šuma (NN, 11/97) i Pravilniku o izmjenama i dopunama Pravilnika o uređivanju šuma (NN, 150/03). Tako prema članku 14. Zakona o šumama (NN, 140/05) prema namjeni šume mogu biti gospodarske, zaštitne i šume s posebnom namjenom. Zaštitne šume služe ponajprije za zaštitu zemljišta, voda, naselja, objekata i druge imovine. Taj članak u dijelu koji se odnosi na zaštitne šume gotovo je istovjetan članku 5, stavku 3. Zakona o šumama iz 1990. godine koji glasi: „Zaštitne šume služe prvenstveno kao zaštita zemljišta, vodnih tokova, erozionih područja, naselja, gospodarskih i drugih objekata i druge imovine“ (Musa 1991). Način gospodarenja i obnove zaštitnih šuma i šuma s posebnom namjenom propisuje se Osnovom područja i programima za gospodarenje šumama posebne namjene, u skladu sa svrhom radi koje su takvima proglašene i na način određen aktom o njihovom proglašenju (članak 24. Zakona o šumama iz 2005). Šumu proglašava zaštitnom šumom županijska skupština, odnosno gradska skupština Grada Zagreba (članak 25. Zakona o šumama iz 2005).

Prema Pravilniku o uređivanju šuma (NN, 11/97), članak 3, šume koje rastu na nagibima većim od 50° izlučuju se u posebne uređajne razrede radi zaštite tla, prometnica i drugih objekata od erozije i poplava. Tim člankom Pravilnika šume se u zaštitne izdvajaju samo na osnovi jednoga kriterija, a izvan regulative ostaju sve one šume koje bi iz bilo kojih drugih razloga trebale i morale biti proglašene zaštitnim, a rastu na prosječnom nagibu ispod 50°. To je prepoznao i zakonodavac pa u Pravilniku o izmjenama i dopunama Pravilnika o uređivanju šuma (NN, 150/03) mijenja stavak 3. u članku 3. pa sada glasi: „U uređajne razrede zaštitnih šuma mogu se izlučiti šume na osjetljivim staništima (nagibi veći od 50°, plitka skeletna tla, riječni otoci – ade i sl.), šume s velikom biološkom raznolikošću, rijetke ili reprezentativne šumske zajednice te šume za zaštitu tla, prometnica i drugih objekata od erozije i poplava.“ Propis budućega gospodarenja u zaštitnim šumama djelomično je reguliran člankom 28, stavkom 6. Pravilnika o uređivanju šuma (NN, 11/97) koji kaže: „Za zaštitne šume i šume s posebnom namjenom određuje se usmjereni etat, u skladu sa svrhom zbog koje su takvima proglašene, radi osiguranja obnove i održavanja stabilnosti ekosustava, uz obrazloženje metode obračuna etata.“

Stariji zakonski propisi opširnije definiraju zaštitne šume. Tako Zakon o šumama iz 1929. godine, članak 15, dijeli zaštitne šume na stalno i privremeno zaštitne. Prema članku 16. „Stalno zaštitne šume jesu: 1) koje zaštićuju zemljište od odronjavanja, ispiranja i klizanja, a nalaze se na strmim obroncima ili obalama voda ili na zemljištu izloženom raznošenju vjetrom; 2) koje zaštićuju vrela, bujična područja, sprječavaju naglo otjecanje vode i tako posredno zaštićuju od poplave i lavi-

na; 3) koje se nalaze na gornjoj granici vegetacije ili uopće na visokim planinskim položajima (Balen i Sagadin 1930).

CILJ ISTRAŽIVANJA AIM OF RESEARCH

Cilj je ovoga rada:

- s obzirom na netransparentnost kriterija izdvajanja sastojina u uređajni razred (UR) zaštitnih šuma istražiti i prikazati stanje zaštitnih šuma u Hrvatskoj, s posebnim osvrtom na zaštitne šume kojima gospodari Uprava šuma podružnica Gospić (UŠP Gospić)
- ispitati u kojoj je mjeri prosječan nagib terena bio kriterij prema kojemu su se šume proglašavale zaštitnima. Ako su šume proglašene zaštitnima na osnovi prosječnoga nagiba terena, je li to bilo isključivo na nagibima terena iznad 50°, kako je to predviđao Pravilnik iz 1994, odnosno iz 1997.
- utvrditi postoje li osim nagiba terena i drugi kriteriji prema kojima su izdvajane zaštitne šume te ako postoje koji su
- istražiti mogućnost upotrebe nagiba terena kao izvedenice iz digitalnoga elevacijskoga modela (DEM-a) prostorne razlučivosti 30*30 m za kvalitetnije izlučivanje sastojina na osnovi nagiba terena.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA

Za područje istraživanja odabrana je UŠP Gospić, tj. zaštitne šume kojima gospodari ova uprava, u prvom redu zbog značajne rasprostranjenosti zaštitnih šuma, izdvojenih uglavnom na temelju prosječnoga nagiba terena radi zaštite tla od erozije, ali i zaštite kraških voda, rijetkih zajednica biljnih vrsta i dr. Zbog vrlo izražene krške konfiguracije terena, velikih količina oborina, jakih zračnih strujanja i sl. sve šume takva područja imaju vrlo izraženu zaštitnu funkciju u očuvanju relativno oskudnoga tla od erozije pa je to razlog velike koncentracije zaštitnih šuma u Hrvatskoj.

Daljnji razlozi odabira UŠP Gospić bili su: prosječna veličina sastojine, koja je izrazito velika u šumama kojima gospodari ova uprava; velika prosječna duljina privlačenja od 1430 m zbog male otvorenosti šuma, koja iznosi samo 5,8 km/1000 ha u šumama kojima gospodare "Hrvatske šume" (HŠ), odnosno 5,2 km/1000 ha u svim šumama na području UŠP Gospić.

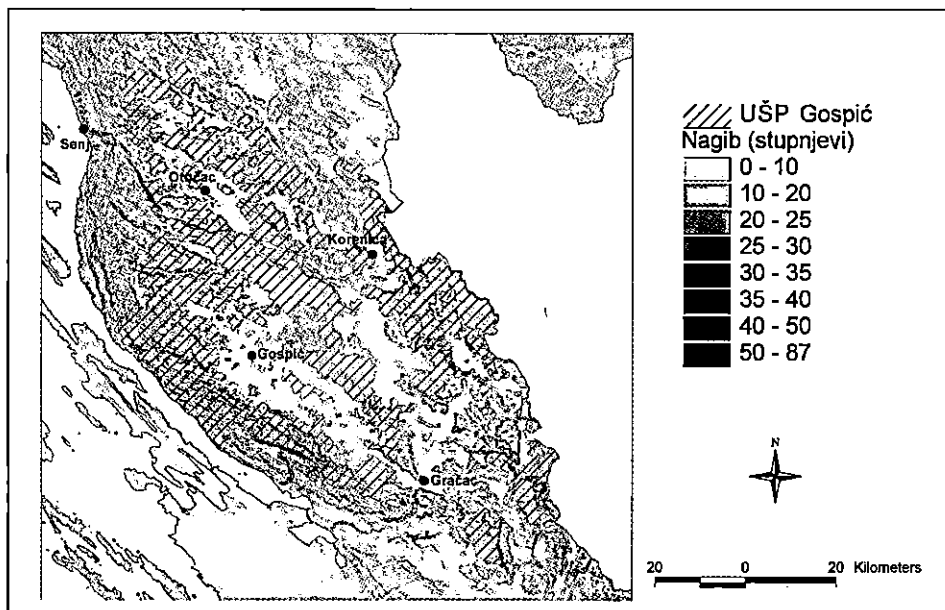
UŠP Gospić gospodari s 295 375,70 ha šuma i jedna je od najvećih u RH. Obuhvaća Liku, proteže se od same obale mora, preko manjih gorja i planina, pa do najviših planinskih vrhova. U njezinu je sastavu 11 šumarija s 93 gospodarske jedinice.

METODA RADA WORK METHODS

Na temelju podataka iz Šumskogospodarske osnove područja (ŠGOP) i iz osnova gospodarenja (OG) svih gospodarskih jedinica (GJ) u sastavu UŠP Gospić napravljena je baza podataka o zaštitnim sastojinama u Hrvatskoj, poglavito za zaštitne sastojine UŠP Gospić. Za svaku sastojinu u bazu je unesena površina sastojine, kategorija šumskoga zemljišta, sastojinski oblik, glavna vrsta drveća, pripadnost uređajnomu razredu, pripadnost pojedinoj gospodarskoj jedinici, pripadnost šumariji, prosječan nagib terena, prosječna udaljenost privlačenja, ciljevi gospodarenja. Na temelju tako kreirane baze podataka o zaštitnim šumama napravljena je analiza udjela površine zaštitnih šuma promatrane uprave u ukupnoj površini zaštitnih šuma Republike Hrvatske, analiza zastupljenosti površina zaštitnih šuma po uređajnim razredima, prikaz šuma promatrane UŠP Gospić prema namjeni i prema uzgojnomu obliku. Kreirana baza podataka omogućava i druge analize koje u ovom radu nisu prikazane.

Da bi se mogla analizirati prostorna heterogenost nagiba terena za UŠP Gospić, napravljen je digitalni elevacijski model terena (DEM) prostorne razlučivosti 30*30 m, u koji je uklopljena gospodarska podjela promatrane uprave (slika 1).

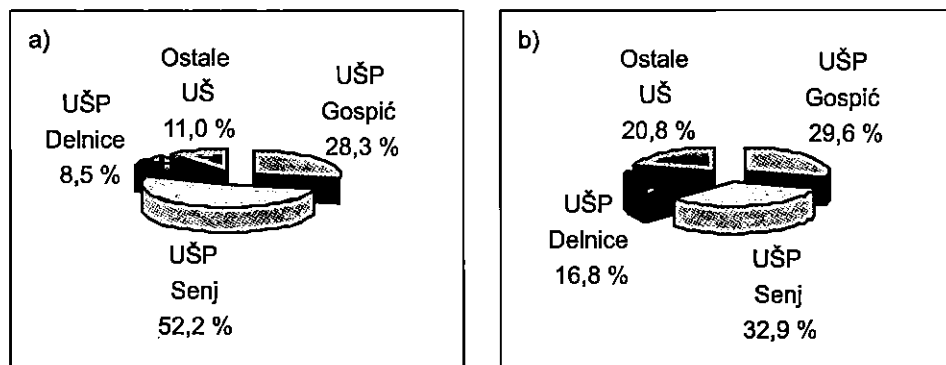
Specifične zaštitne sastojine odabrane su za prikaz na temelju uvida u OG, obilaskom terena i pregledom DEM-a.



Slika 1. Prikaz razreda nagiba terena za šume u sastavu UŠP Gospić
Figure 1 Slope classes for the forests in the F.A. Gospić

REZULTATI S RASPRAVOM RESULTS AND DISCUSSION

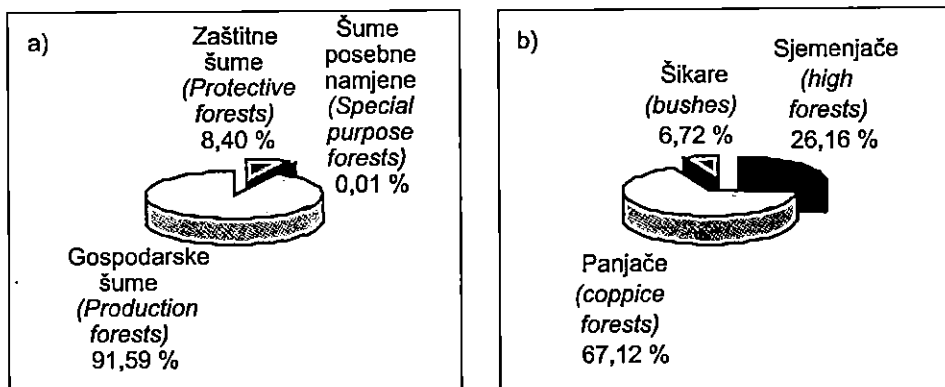
Zaštitne šume u Hrvatskoj prostiru se na 90 312,81 ha. Od toga HŠ gospodare s 88 838,82 ha ili s više od 98 % svih zaštitnih šuma u Hrvatskoj. UŠP Gospić gospodari s 24 823,88 ha ili s preko 27 % svih zaštitnih šuma u Hrvatskoj (slika 2a), odnosno s gotovo 28,3 % zaštitnih šuma kojima gospodare HŠ (slika 2b). Kako je prvenstveni cilj izdvajanja u većini zaštitnih sastojina bila zaštita tla od erozije, zaštitne šume koncentrirane su u gorskom dijelu, odnosno u UŠP Gospić, Senj i Delnice koje gospodare tim područjem (slika 2a), a gdje je pritisak erozije tla zbog velike količine oborina, plitkoće tla, kratkoće vegetacijskoga razdoblja i najveći. Ako analiziramo strukturu zaštitnih šuma po uređajnim razredima, najviše površine (33 %) zauzimaju zaštitne bukove šume različita uzgojnoga oblika, zatim preborne jelovo-bukove šume (11 %), šume crnoga bora (10 %) te panjače OTB (15 %), što također ukazuje na primarnu funkciju zaštite tla od erozije u osjetljivom području krša.



Slika 2. Prikaz rasprostranjenosti zaštitnih šuma po UŠ: a) na temelju ukupne površine zaštitnih sastojina, b) na temelju obrasle površine zaštitnih sastojina

Figure 2 Distribution of protective forests in the F.A.: a) based on the total area of protective stands, b) based on the stocked area of protective stands

Zastupljenost od preko 8 % zaštitnih šuma u ukupnoj površini šuma (slika 3a) UŠP Gospić, jednako kao i struktura po uzgojnim oblicima (slika 3b), posljedica je kako specifičnih stanišnih uvjeta, tako i ekstenzivnosti gospodarenja, što se očituje u velikoj prosječnoj površini sastojine, velikoj prosječnoj duljini privlačenja i maloj otvorenosti šuma. Nadalje, značajan je podatak da neobraslo proizvodno zemljište u ukupnoj površini sastojina u gospodarskim šumama sudjeluje s 12,6 %, a u zaštitnim šumama s 30 %, što je posljedica nagiba i skeletnosti terena, ali upućuje i na dosta prostora za poboljšanje stanja zaštitnih šuma, te predviđanje smjernica budućega gospodarenja kojima bi se zaustavilo širenje neobraslih površina i sanirale postojeće.



Slika 3. a) Prikaz raspodjele šuma u sastavu UŠP Gospić prema namjeni, b) Prikaz raspodjele zaštitnih šuma UŠP Gospić prema uzgojnom obliku

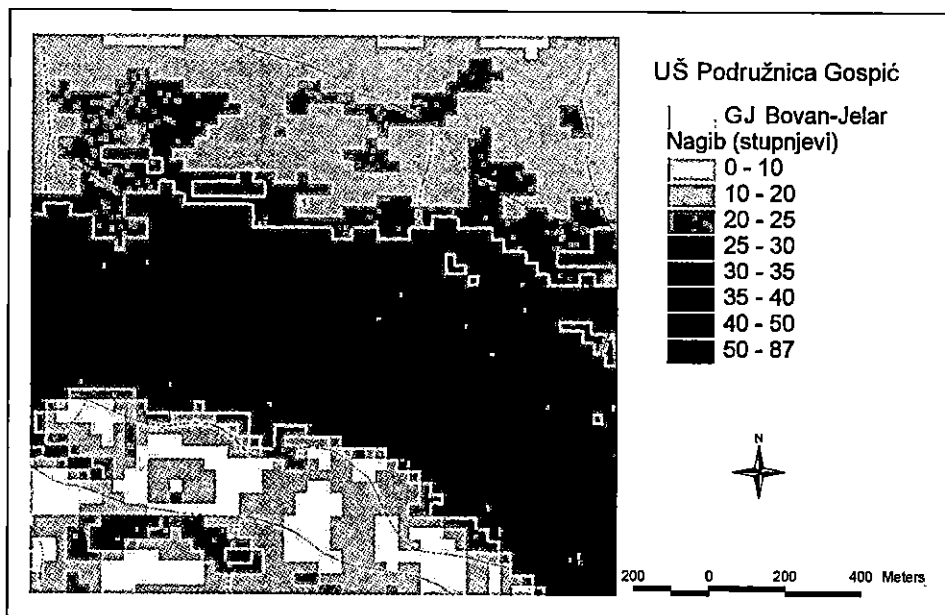
Figure 3 a) Distribution of forests within the F.A. Gospić according to purpose, b) Distribution of protective forests in the F.A. Gospić according to silvicultural form

Unutar postojećih sastojina velikih površina na tako heterogenom, krškom području može se očekivati da unutar zaštitnih sastojina postoje dijelovi manjega nagiba gdje specifično gospodarenje nije nužno, ali jednako tako i u gospodarskim sastojinama suvisle površine velikoga nagiba terena na kojima je uobičajeno gospodarenje otežano i uputnije je takve površine izdvojiti i proglasiti zaštitnima.

Da bismo ispitali u kojoj je mjeri prosječan nagib terena imao utjecaja na izlučivanje zaštitnih sastojina te da li unutar izlučenih sastojina postoje suvisle cjeline manjega nagiba, analiziran je nagib terena izveden iz DEM-u prostorne razlučivosti 30*30 m. Na temelju analize nagiba terena, ali i terestičkim obilaskom samih zaštitnih sastojina te dostupnih podataka iz ŠGOP i OG, moguće je razlučiti nekoliko karakterističnih tipova zaštitnih sastojina s obzirom na namjenu i kriterije prema kojima su izdvojene kao zaštitne.

Na čitavom području UŠP Gospić najviše izlučenih zaštitnih sastojina ima funkciju zaštite tla od erozije. Kako nagib terena ima prevladavajući utjecaj na eroziju tla u najvećem djelu zaštitnih sastojina predstavlja temeljni kriterij prema kojem su sastojine izlučene u zaštitne.

Uvidom u OG, obilaskom terena, te na prikazanom nagibu terena za UŠP Gospić (slika 1) vidljivo je da terena prosječnoga nagiba iznad 50° ima vrlo malo. Tako ekstremnan nagib imaju krški fenomeni kao što su strme litice, kanjoni, klisure, točila i sl. Kako je Pravilnik iz 1994, a što je preuzeo i Pravilnik iz 1997. predviđao da se sastojine prosječnoga nagiba iznad 50° izdvajaju kao zaštitne, jasno je da je to u praksi vrlo teško moglo biti zadovoljeno, odnosno teško su mogle biti formirane suvisle cjeline prosječnoga nagiba terena iznad 50° koje bi bile izdvojene kao zaštitne sastojine. Na primjeru prikaza nagiba dijela GJ Bovan – Jelar (slika 4) nagib terena samo na malom dijelu površine prelazi 40°, a prema osnovi nagib se u tim sastojinama kreće 10–55°.

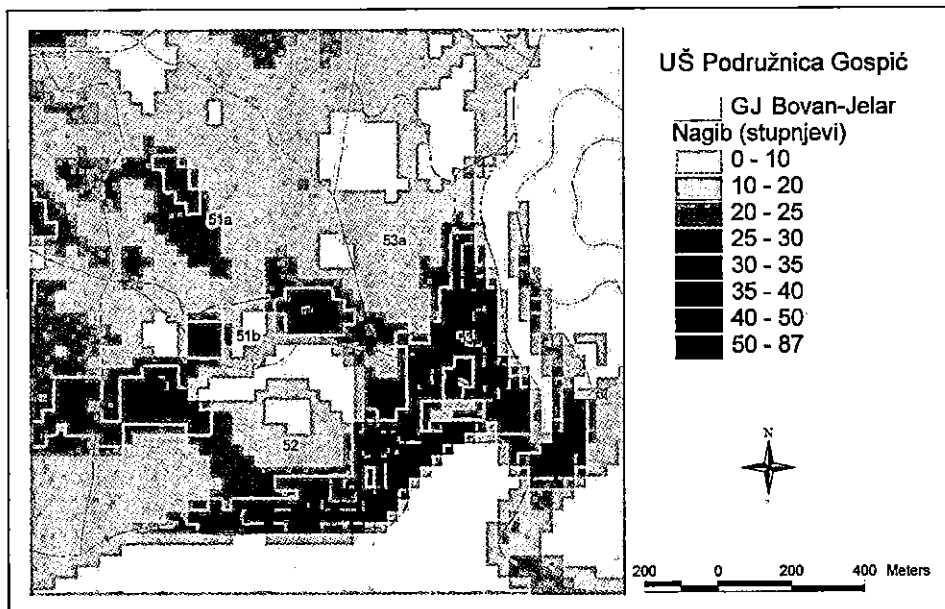


Slika 4. Prikaz razreda nagiba terena dijela GJ Bovan – Jelar (zaštitna sastojina 3)
 Figure 4 Slope classes in the part of MU Bovan-Jelar (protective stand 3)

Odstupanje nagiba izvedenoga iz DEM-a u odnosu na izmjereni u sastojinama posljedica je uprosječivanja nagiba izvedenoga iz DEM-a (prostorna rezolucija podataka) (Jelaska i dr. 2002). Stoga su stvarni nagibi nešto veći od onih prikazanih na slici. Nevezano uz to, u stvarnosti su u većini sastojina u kojima je nagib bio glavni razlog izdvajanja u UR zaštitnih šuma, tek manji dijelovi s izraženim nagibom. Prema podacima iz OG deklarirani nagib iznad 50° nalazi se u manjem broju sastojina, a i tu na dijelovima površine sastojine. Na temelju navedenoga jasno je da su postojali i neki drugi kriteriji na osnovi kojih su ove sastojine proglašene zaštitnima. Uz ekstreman nagib terena utjecaj na odabir sastojina vjerojatno su imali i kamenitost terena, ekspozicija, položaj sastojine prema vladajućemu smjeru vjetrova, obraslost, biljna zajednica, ali i dostupnost pojedine sastojine, tj. njezina otvorenost.

Osim što je funkcija zaštite usmjerena prema samoj sastojini, ona može biti usmjerena i prema nekomu objektu. Kao primjer prikazujemo zaštitnu sastojinu, odsjek 53b, uz akumulacijsko jezero Kruščica na rijeci Lici (slika 5).

Ovdje nagib terena ne prelazi 30° (ni izvedeni iz DEM-a, ni prema podacima iz OG), a zaštita je usmjerena prema zaštiti vodotoka rijeke. Obilaskom terena, što je vidljivo i na slici 6, slično je stanje i u susjednom 52. odjelu, poglavito njegovu JI dijelu. Taj odjel nije izdvojen u UR zaštitnih šuma. Vidimo da bi dio toga odjela, držeći se logike odsjeka 53b, svakako trebalo izlučiti u odsjek koji bi onda pripadao UR zaštitnih šuma. Preostalim (većim) dijelom sastojine moglo bi se i dalje normalno gospodariti. Heterogenost prosječnoga nagiba kraškoga terena unutar postojećih sasto-



Slika 5. Prikaz razreda nagiba terena dijela GJ Bovan – Jelar (zaštitna sastojina 53b)
Figure 5 Slope classes in the part of MU Bovan – Jelar (protective stand 53b)

jina velikih površina upućuje na potrebu kvalitetnijega izlučivanja sastojina manjih površina, većih od 1 ha. Takve sastojine manjih površina koje bi bolje pratile inklinaciju terena i ugroženost tla jednostavnije bi bilo razdvojiti prema namjeni.

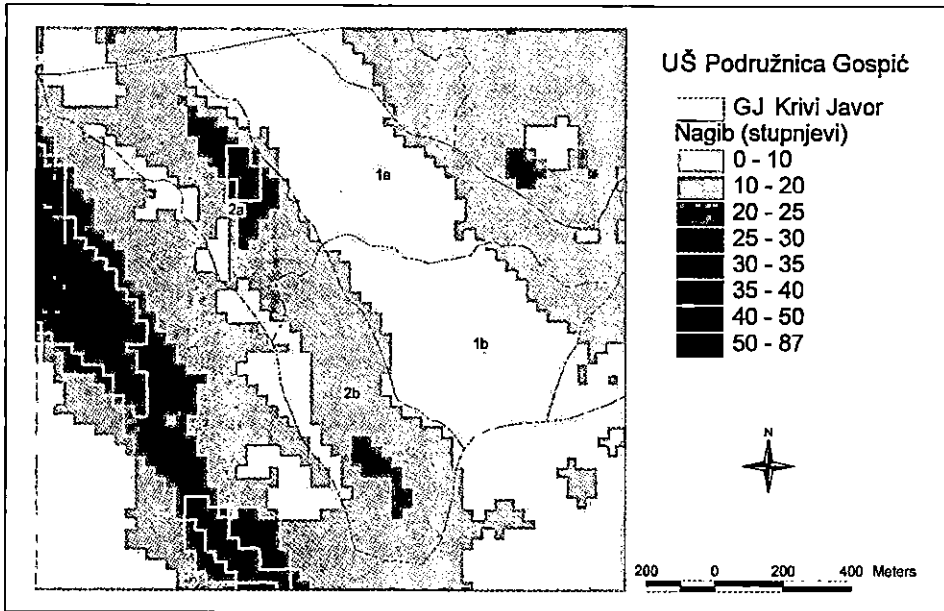
U manjem dijelu zaštitnih sastojina UŠP Gospić nagib terena nije imao nikakvu ulogu prilikom proglašavanja sastojina zaštitnima. Takav je primjer odsjek 1b, zaštitna sastojina GJ Krivi javor (slika 6).

Iz slike 6 vidljivo je da je maksimalni nagib u sastojini u razredu 10–20°, a prema OG on iznosi 0–8°. Razlog proglašavanja ove sastojine zaštitnom svakako nije mogao biti nagib terena i zaštita tla od erozije. Cilj je bila zaštita autohtone sastojine crnoga i bijeloga bora na dolomitnim podlogama. Na ovom primjeru vidljivo je da dolazi do isprepletanja dviju kategorija podjele šuma prema namjeni: zaštitnih šuma i zaštićenih šuma, odnosno šuma posebnih namjena.

Nagib terena kao izvedenica iz DEM-a prostorne razlučivosti 30*30m dobro se poklapao s nagibom izmjerenim na terenu prema OG.

Iz prikazanih primjera izlučenih zaštitnih sastojina vidljiva je nedosljednost i šarolikost kriterija na temelju kojih su izlučene, te često miješanje pojmova zaštitne i zaštićene šume ili šumskog zemljišta. Šume su proglašavane zaštitnima u nedostatku kvalitetnih propisanih kriterija na temelju subjektivnih kriterija šumarskih stručnjaka koji su dijelom utemeljeni i na starim zakonskim propisima.

Važeći *Pravilnik* je propisao samo ono što se mora izlučiti, tj. sastojine koje rastu na terenu prosječnoga nagiba iznad 50°. Previše je prostora ostavljeno subjek-



Slika 6. Prikaz razreda nagiba dijela GJ Krivi javor (zaštitna sastojina 1b)
Figure 6 Slope classes in the part of MU Bovan-Jelar (protective stand 1b)

tivnim odlukama pojedinca, što je dovelo do uvrštavanja u tu kategoriju sastojina koje iz opravdanih ili neopravdanih razloga nisu prikladne za redovito gospodarenje. Drugim riječima, šume su proglašavane zaštitnima i zbog nepristupačnosti, i zbog male vrijednosti drvene zalihe i sl., što u današnjim uvjetima razvoja struke i napretka tehnologije, ali i upitnosti očuvanja stabilnosti ekosustava bez pomoći čovjeka, stručnjaka nije opravdano.

Kada je neka površina šume proglašena zaštitnom, prilikom donošenja programa gospodarenja i taksacije nije obvezno mjeriti strukturne parametre, ili se oni samo procjenjuju, što onemogućuje utvrđivanje stanja i praćenje razvoja tih šuma, odnosno kontrolu opravdanosti izdvajanja i kvalitete provedbe gospodarskih zahvata u njima. Nažalost, u zaštitnim sastojinama gospodarski zahvati svedeni su na minimum, te se uglavnom prepuštaju prirodnomu razvoju. Izostanak gospodarskih zahvata u okolnostima oštećenosti šumskih ekosustava (Prpić i dr. 1988, Seletković i Tikvić 1996, Potočić i Seletković 1998, Seletković i Potočić 2004. i dr.) ne može jamčiti stabilnost zaštitnih šuma.

Drugi dio problema odnosi se na konfuziju u shvaćanju pojmova zaštitna šuma i zaštićena šuma, što je donekle razumljivo jer svaki šumski ekosustav treba shvatiti kao multifunkcionalan. Tako i gospodarska šuma ima vrlo izraženu zaštitnu funkciju, samo je ona, ili bi trebala biti u zaštitnoj šumi još naglašenija, stavljena u prvi plan. Zaštićena šuma također ima svoju zaštitnu funkciju, ali je gospodarenje prilagođeno zaštititi nje same. Jasno je da su funkcije šume višestruke i da ih je nemoguće

odvojiti jednu od druge, ali je važno definirati prioritete namjene pojedinih kategorija prema namjeni šuma kako bi se moglo sustavno planirati gospodarenje na temelju postavljenih ciljeva.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Zaštitne šume kao kategorija namjene šuma najvećim svojim dijelom odnose se na šume koje imaju funkciju zaštite tla od erozije i uglavnom su vezane uz gorski dio visokoga krša Republike Hrvatske. Pretežno su to bukove ili bukovo-jelove sastojine svih uzgojnih oblika.

Prosječan je nagib terena glavni, ali ne i jedini kriterij prema kojemu su sastojine proglašene zaštitnim. U nedostatku propisa struka je odredila dodatne kriterije, kao što su: kamenitost terena, ekspozicija, položaj u odnosu na vladajući smjer vjetera, obraslost, biljna zajednica, pristupačnost i dr.

Važeći zakonski propisi ne definiraju dovoljno precizno pojam zaštitnih šuma te kriterije po kojima se određena sastojina može ili treba proglasiti zaštitnom. Nedostatak kvalitetnih propisa doveo je do izražene subjektivnosti prilikom proglašavanja šuma zaštitnima (često i iz neopravdanih razloga).

Prilikom donošenja budućih zakonskih propisa uputno je jasnije definirati samu kategoriju zaštitnih šuma, jasnije razdvojiti pojmove zaštitna šuma i zaštićena šuma te jasnije definirati kriterije po kojima i tko može proglasiti neku sastojinu zaštitnom, a pri tome uvažiti kriterije koji su se izdiferencirali u praksi.

Nagib terena kao izvedenica iz DEM-a terena prostorne razlučivosti 30*30 m ili veće može dodatno unaprijediti postupak izlučivanja zaštitnih sastojina.

LITERATURA REFERENCES

- ⚡ Balen, J., S. Sagadin, 1930: Zakon o šumama sa tumačem, uredbama i pravilnicima. Zagreb, 323 str.
- č Brang, P., 2001: Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps. *For. Ecol. Manage.* 145: 107–117.
- o Jelaska, S., O. Antonić, D. Bukovec, J. Križan, 2002: Preliminarna nacionalna mreža kao preduvjet priključivanja razvoju ekološke mreže proširene višegradske skupine. Projekt za Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb, str. 24–25.
- ⋈ Meštrović, Š., G., Fabijanić, 1995: Priručnik za uređivanje šuma. Zagreb, 416 str.
- ⚡ Musa, K., 1991: Zakon o šumama, napomene, objašnjenja, komentari, stvarno kazalo i prilozi. Zagreb, 300 str.
- ▷ Van Noord, H., 1996: The role of geomorphological information in ecological forest site typology in mountainous areas, a methodological study in the E-Rätikon and NW-Montafon mountains (Vorarlberg, Austria). PhD Thesis. University of Amsterdam, Amsterdam, 185.

- Ottitsch, A., G. Weiss, 2000: European mountain forest polices-a comparative analysis. In: M. F. Price, N. Butt (eds.), *Forests in Sustainable Mountain Development: A State of Knowledge Report for 2000*. IUFRO Research Series 5. CABI Publishing, Wallingford, UK, 415–421.
- SL Č Potočić, N., I. Seletković, 2000: Stanje oštećenosti šuma u Republici Hrvatskoj 1998. godine. Šum. list, 1–2: 51–56, Zagreb.
- SL Č Prpić, B., N. Komlenović, Z. Seletković, 1988: Propadanje šuma u SR Hrvatskoj (Dieback of Forests in Croatia). Šum. list, 5–6: 195–216, Zagreb.
- Schönenberger, W., 2000: Silvicultural problems in subalpine forests in the alps. In: M. F. Price, N. Butt (eds.), *Forests in Sustainable Mountain Development: A State of Knowledge Report for 2000*. Task Force on Forests in Sustainable Mountain Development. CABI Publishing, 197–203.
- SL Č Seletković, I., N. Potočić, 2004: Oštećenost šuma u Hrvatskoj u razdoblju od 1999. do 2003. godine. Šum. list, 3–4: 137–148, Zagreb.
- ž Seletković, Z., I. Tikvić, 1996: Oštećenost šumskih ekosustava različitih stanišnih prilika u Republici Hrvatskoj. U: S. Sever (ur.), *Zaštita šuma i pridobivanje drva*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, 81–88.
- *****Osnove gospodarenja za 93 GJ UŠP Gospić.
- *****Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uređivanju šuma, NN, 150/03.
- *****Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uređivanju šuma, NN, 121/97.
- *****Pravilnik o uređivanju šuma, NN, 11/97.
- *****Šumskogospodarska osnova područja RH, knjiga 1, 1996–2005, Zagreb, 617 str.
- *****Šumskogospodarska osnova područja RH, knjiga 2, 1996–2005, Zagreb, 843 str.
- *****Zakon o šumama, NN, 140/05.

RESEARCH OF CRITERIA FOR DETACHMENT OF PROTECTIVE STANDS – FOREST ADMINISTRATION GOSPIĆ CASE STUDY

SUMMARY

The authors give a critical review of the ambiguity and lack of transparency in the criteria of detachment forests into the management class of protective forests. They also investigate whether the slope of 50° (as prescribed by Forests Management Regulations of 1994 and 1997) was the only criterion for detachment protective forests in the above management class. Slope data from stand forms (O-2 and O-3) and slope derived from DEM space resolutions 30*30 m were used. The Forest Administration (F.A.) Gospić, containing almost one-third of all the protective forests in Croatia, was selected as a research area. A combination of different criteria was used to classify the stands in the management class of protective forests. These include slope, forest accessibility and the vicinity of the facility to be protected. In the stands proclaimed protected on the basis of slope, those parts with a milder slope could be designated as subcompartments for regular management (ba-

sed on spatial slope distribution). Similarly, in the stands which were not classified as protected, the areas with a steeper slope could be placed in the management class of protective forests. The extent of slope deviation should be determined or a higher resolution DEM should be used due to averaging and lowering the slope on DEM.

Key words: protective forests, slope, DEM, soil erosion

UDK: 630*587.6

PRILOG POVEĆANJU INTERPRETABILNOSTI AEROSNIMAKA I SATELITSKIH SNIMAKA ZA POTREBE UREĐIVANJA ŠUMA

A CONTRIBUTION TO IMPROVED INTERPRETABILITY OF AERIAL
AND SATELLITE IMAGERY IN FOREST MANAGEMENT

RENATA PERNAR, DAVOR ŠELENĐIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Istraživanje interpretabilnosti aerosnimaka i Landsatova ETM+ satelitskoga snimka provedeno je na primjeru GJ “Kujnjak–Rakovac–Mačkovac” i GJ “Breznica” s ciljem ispitivanja mogućnosti njegove primjene za potrebe uređivanja šuma, tj. koliko nam takav multispektralni snimak može pomoći za dobivanje podataka o pojedinom odsjeku kao osnovnoj jedinici gospodarenja sastojinom. Iako je sam postupak dobivanja poboljšanoga satelitskoga snimka kombiniranjem snimaka već uobičajen u svijetu, u našem šumarstvu to još nije istraženo. Landsatov ETM+ snimak ima visoku spektralnu rezoluciju (8 kanala), međutim male je prostorne rezolucije (30 m). Za razliku od njega, crno-bijeli aerosnimak M 1 : 20 000 velike je prostorne rezolucije (0,5 m), ali nema multispektralni karakter. Na osnovi postavljenoga cilja provedenim istraživanjima došlo se do određenih rezultata i spoznaja. Kombinacijom crno-bijeloga aerosnimaka i multispektralnoga Landsat ETM+ satelitskoga snimka, pri čemu se udružuju rezolucija aerosnimaka od ~ 0,5 m s visokom spektralnom rezolucijom Landsata, dobivaju se poboljšani snimci za identifikaciju teksturnih i kolornih informacija, kao i poboljšana mogućnost interpretacije. Za svako istraživano područje kombinacijom različitih kanala izrađeno je više snimaka kako bi se istražila kvaliteta i mogućnost interpretabilnosti tih snimaka. Tim su postupkom uvelike poboljšane mogućnosti interpretacije samoga snimka i vizualno i digitalno. Podaci koji se dobiju s takvim snimkom dobra su osnova za buduća istraživanja i planiranja, posebice uz pomoć tehnologije GIS, jer ona omogućuje bolje analize postojećih podataka te predviđanja budućih, što je preduvjet za kvalitetno planiranje.

Ključne riječi: Landsat ETM+ satelitski snimak, crno-bijeli aerosnimci, digitalni model reljefa, digitalni ortofoto, uređivanje šuma

UVOD INTRODUCTION

Moderne tehnologije i mogućnosti prikupljanja podataka, njihove obrade i interpretacije tek u posljednje vrijeme polako prodiru u hrvatsko šumarstvo. Pred uređivače (taksatore), a isto tako i cjelokupnu šumarsku struku, postavlja se zadatak da uz što manji utrošak vremena i novca dođu do što većega broja korisnih informacija, koje će biti dovoljno kvalitetne da udovolje predviđenoj namjeni.

Konvencionalni načini prikupljanja podataka dosta su spori, često neekonomični, a ponekad i neizvedivi s obzirom na postojeće uvjete na terenu. To se uglavnom odnosi na sastojine koje se nalaze na nedostupnim (miniranim) površinama, gdje bi primjena aerosnimaka i satelitskih snimaka dala zadovoljavajući rezultat. Uz dosadašnje standardne načine prikupljanja i obrade podataka o šumama, potrebno je istražiti i mogućnost primjene metoda daljinskih istraživanja u uređivanju šuma. Aerosnimci i satelitski snimci danas su postali nezaobilazno sredstvo za proučavanje i praćenje stanja šuma na regionalnoj i državnoj razini (Kušan 2000).

Za potrebe inventarizacije šuma prilikom izrade osnove gospodarenja gospodarskom jedinicom, osim utvrđivanja granica odsjeka, vegetacije itd. interpretacijom vertikalnih aerosnimaka mjerila 1 : 10 000 – 1 : 20 000, u praksi se koriste isključivo terestričke metode prikupljanja podataka, odnosno izmjera promjera stabala na uzorcima sustavno postavljenima u sastojini u obliku primjernih pruga ili primjernih krugova, s određenim intenzitetom ili izmjerom svih stabala u sastojini (totalna klu-paža). Prilikom inventure šuma crno-bijeli aerosnimci dobiveni tijekom cikličkoga snimanja Hrvatske (analogno ili digitalno kao jedan od slojeva u GIS-u) u šumarskoj se praksi koriste uglavnom kao dopuna kartama na kojima su prepoznavani pojedini dijelovi terena, posebice šuma, granice među sastojinama i dr. (Pernar i dr. 2003).

Satelitski su se snimci dosad u šumarstvu koristili vrlo malo, i to uglavnom u pregledne svrhe. U svijetu se u tom smjeru najdalje otišlo u Novom Zelandu i Finskoj. U mnogim zemljama (SAD, Kanada, Australija, Švedska, Njemačka i dr.) interpretacija satelitskih snimaka za potrebe tematskih kartiranja i za potrebe određivanja stanja šuma ušla je u operativnu upotrebu (Lillesand i Kiefer 1994). U Hrvatskoj je vrlo mali krug šumarskih stručnjaka upoznat s mogućnostima primjene satelitskih snimaka u šumarstvu. To pokazuju i radovi na tu temu u stručnoj literaturi koji su uglavnom teoretskoga ili preglednoga karaktera (Kušan 1998).

No, imajući na umu brzi napredak tehnologije, samo je pitanje vremena kada će satelitski snimci biti dovoljno dobri da bismo se opredijelili za njihovu uporabu u sve većem opsegu. Iako je sam postupak dobivanja poboljšanja satelitskoga snimka kombiniranjem snimaka već uobičajen u svijetu, u hrvatskom šumarstvu to još nije istraženo.

Podaci dobiveni metodama daljinskih istraživanja i rezultati njihove interpretacije izravno se mogu uklopiti u GIS (Gooding i dr. 1992, Oeberg 1992, Benko i dr. 1993, Pernar 1997). Značajno kvalitativno unapređenje GIS-a postiže se uvo-

denjem digitalnoga modela reljefa u bazu podataka, čime su podaci geometrijski egzaktno smješteni u prostoru s obzirom na položaj i na visinu.

Uporaba digitalnih modela reljefa (DMR) postala je uobičajena u šumarstvu bilo da se radi o tehničkim ili o biološkim disciplinama (Kušan 1995). Od tehničkih disciplina digitalni se model reljefa može primijeniti za:

- kartiranje pomoću aerosnimaka
- izradu ortofotosnimaka, ortofotoplanova i/ili ortofotokarata
- projektiranje cesta
- planiranje otvorenosti šuma i dr.

U biološkim se disciplinama DMR može uporabiti za izračunavanje pojedinih stanišnih značajki (nagib terena, izloženost, insolacija i dr.) koje se kao ekološke varijable tada mogu primijeniti za:

- proučavanje životnoga prostora životinja
- proučavanje vegetacije
- provođenje simulacija pri proučavanju klime i onečišćenosti zraka
- procjenu intercepcije i transpiracije i mnoga druga istraživanja.

Razvitak daljinskih istraživanja, satelitskih sustava, bilo za snimanje Zemljine površine, bilo za orijentaciju u prostoru, te tehnologije GIS otvorio je nove mogućnosti prikupljanja, obrade i analize podataka prijeko potrebnih u šumarstvu za pravilno i ekonomično donošenje odluka.

PODRUČJE I METODE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA AND METHODS

Istraživanje je provedeno s ciljem da se istraži mogućnost poboljšanja satelitskoga snimka i ispita njegova upotrebljivost za potrebe uređivanja šuma prilikom inventarizacije i stanja šumskoga fonda, odnosno utvrdi koliko takav multispektralni snimak može pomoći za daljnje dobivanje podataka o pojedinom odsjeku kao osnovnoj jedinici gospodarenja sastojinom. Istraživane su sastojine koje leže u dvije susjedne gospodarske jedinice: GJ “Kujnjak – Rakovac – Mačkovac” i GJ “Breznica”.

GJ “Kujnjak – Rakovac Mačkovac” sastoji se od 4 veća odvojena šumska predjela: Kujnjak (odjeli 31-72), Lipovac (odjeli 73-90), Rakovac I (odjeli 1-30), Rakovac II (odjeli 123-135), Mačkovac (odjeli 91-122) te nekoliko manjih šumskih površina. Ukupna je površina gospodarske jedinice 4064,59 ha, s drvnom zalihom 832 836 m³, tečajnim prirastom od 22 766 m³ i sječivim etatom glavnoga i prethodnoga prihoda prosječno godišnje od 14 917 m³.

Ukupna je površina gospodarske jedinice “Breznica” 4723,34 ha, s drvnom zalihom 947 622 m³, tečajnim prirastom od 29 117 m³ i sječivim etatom glavnoga i prethodnoga prihoda prosječno godišnje od 17 458 m³.

Najprije su za istraživana područja izrađeni digitalni modeli reljefa. Digitalni model reljefa (DMR) za područje GJ “Breznica” i GJ “Kujnjak – Rakovac – Mačkovac” izrađen je pomoću programa ArcView 8.1, na osnovi prethodno digitalizira-

nih slojnica s geokodiranih listova HOK (1 : 5000), koji prekrivaju područje tih gospodarskih jedinica.

DMR je potreban da bi se izradio digitalni ortofoto, no to nije njegova jedina funkcija, već on može poslužiti i u kartografiji, projektiranju cesta, planiranju otvorenosti cesta, ekologiji (izračunavanju nagiba terena, izloženosti, insolaciji i dr.), u lovstvu i zaštiti od požara (za izrađivanje doglednih mjesta za izradu promatračnica i sl.), te da se preklape druge teme koje se istražuju (npr. određeni taksacijski elementi, biljne zajednice i dr.).

Zatim je na bazi crno-bijelih aerosnimaka ($M = 1 : 20\ 000$) snimljenih tijekom cikličkih snimanja Hrvatske, dobivenih od Državne geodetske uprave – Sektor za topografsku izmjeru i državne zemljovide, izrađen digitalni ortofoto (slika 1).

Na svakom je snimku prvo izvršena unutarnja orijentacija, tj. uspostavljanje koordinatnoga sustava snimaka, te je određena projekcija u kojem će se snimku ortorektificirati. Nakon toga pristupilo se vanjskoj orijentaciji. Na svakom je snimku pronađeno 10–28 markantnih (kontrolnih) točaka, čije su koordinatne vrijednosti očitane s geokodiranih listova HOK-a. Pri tome se posebno pazilo da su točke što je moguće pravilnije raspoređene po snimku. Nakon toga postupka program izračunava položajnu točnost svake odabrane točke.

Od cijeloga satelitskoga snimka izrezan je dio koji se odnosi na područje istraživanja i taj je snimak dodatno georeferenciran kako bi se preklapila s pripadajućim aerosnimkama.



Slika 1. Perspektivni prikaz izrađenoga ortofota prevučena preko pripadajućega DMR-a predjela Breznica prostorne rezolucije 1 m

Figure 1 Perspective presentation of the created orthophoto overlaid across the DTM in the Breznica area (spatial resolution - 1 m)

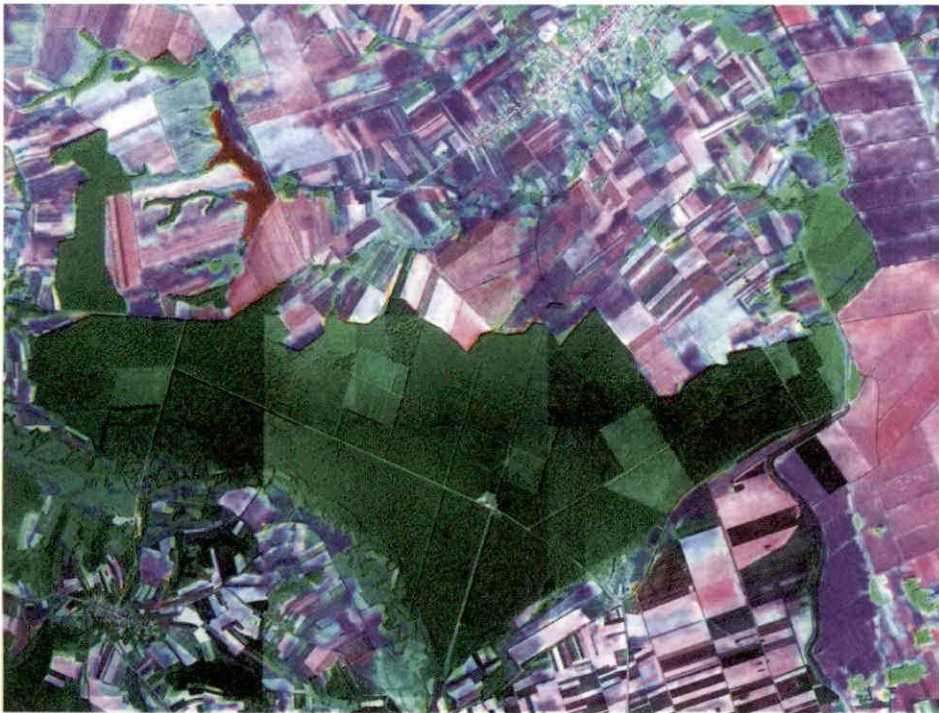
Takav se snimak kombinirao s crno-bijelim ortofotosnimkom, te se dobio poboljšan snimak multispektralnoga karaktera.

Za svako istraživano područje napravljeno je više takvih snimaka (kombinirajući kanale) kako bi se što bolje mogla istražiti kvaliteta i mogućnost interpretabilnosti tih snimaka. Dosad su proučavane mnoge kombinacije kanala za potrebe analiziranja stanja i tipa vegetacije, posebice šuma (Benko i dr. 1993). Izbor kombinacije kanala za izradbu kompozita ovisi o namjeni interpretacije.

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

Kombinirajući kanale 2, 4, 5 Landsatova snimka dobio se poboljšani snimak prostorne rezolucije 0,5 m za područje Mačkovca (slika 2) i poboljšani snimak prostorne rezolucije 1 m za područje Breznice.

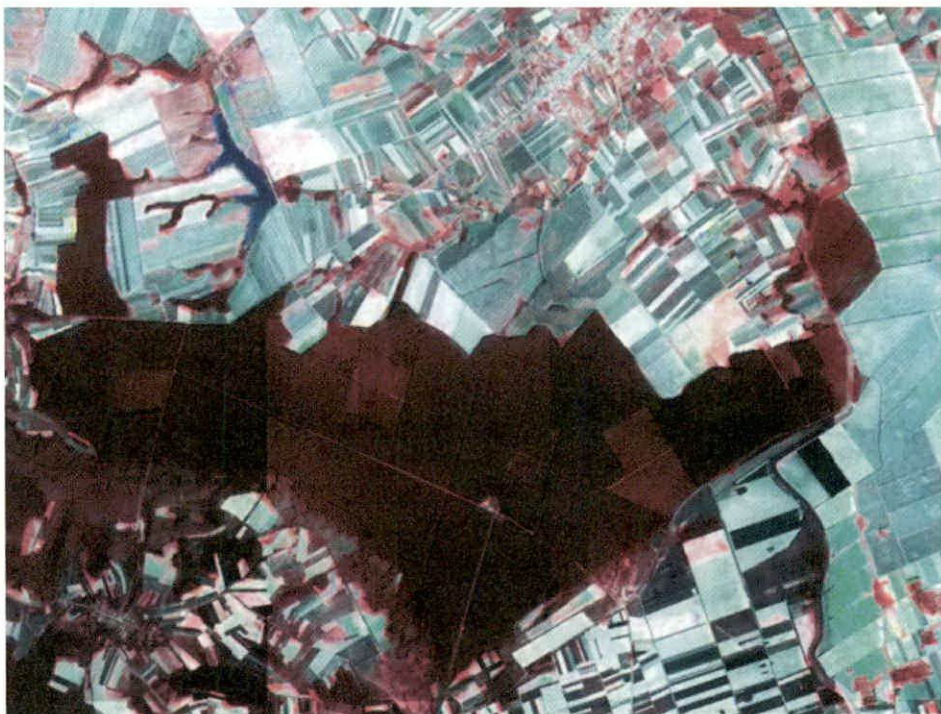
Na snimcima se vrlo dobro razlikuju površine pokrivene šumskom vegetacijom (zelena boja) od okolnih poljoprivrednih površina (ljubičasta ili roza boja). Kod ove kombinacije kanala važan utjecaj ima 4. kanal, koji naglašava zelenu boju,



Slika 2. Kombinirani snimak Mačkovca s uključenim kanalima 2, 4, 5
Figure 2 Combined image of Mačkovac area with included bands 2, 4, 5

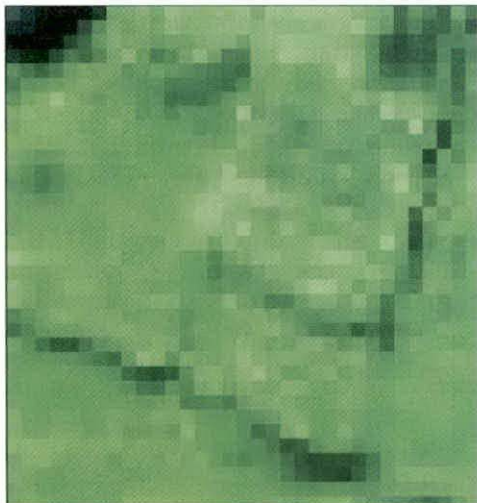
a reagira na aktivnu vegetaciju. Tamnozelenom se nijansom vide šumske površine koje se odlikuju srednje finom (mlade sastojine) do grubom teksturom (stare sastojine). Svjetlozelenom se bojom vidi travna vegetacija i poljoprivredne kulture (aktivne), a one se odlikuju finom teksturom. Vrlo se dobro uočava i sadržaj vlage u tlu (5. kanal) na oranicama bez kulture (golo tlo). Na oranicama s manjim postotkom vlage (suše tlo) dobivamo svjetloplavu nijansu, dok se tlo s većim sadržajem vlage preslikava roza nijansom, a na ovom su snimku to većinom strništa. Kombinacijom ovoga snimka s digitalnim modelom reljefa vrlo dobro bi se uočile i pravilnosti pridolaska vode s kombinacijom terena. Područja s većom količinom crvene boje označuju neživi dio, te se uglavnom pojavljuju uz naselja, ceste ili oranice bez vode. Vrlo se dobro uočavaju mlade sastojine prvoga dobnoga razreda te određeni različiti tipovi vegetacije (uređajni razredi).

Prikaz kanala 4, 3, 2 daje snimak najbližiji tradicionalnim ICK aerosnimcima (slika 3). Na snimku prevladava plava i crvena boja. Na takvim kompozitima mogu se razlikovati tipovi vegetacije i njihovo fiziološko stanje. Sastojine istoga dobnoga razreda i vrsta razlikuju se u nijansama crvene boje, što upućuje na njihovo fiziološko stanje. U ovoj kombinaciji kanala preslikavaju se veće vodene površine (jezera, kanali, rijeke) plavom bojom, bez obzira na to da li sadrže vegetaciju ili ne sadrže.



Slika 3. Kombinirani snimak Mačkovca s uključenim kanalima 4, 3, 2
Figure 3 Combined image of Mačkovac area with included bands 4, 3, 2

Na slici 4 vidi se Landsatov ETM+ snimak M 1 : 50 000, koji ima visoku spektralnu rezoluciju (8 kanala), međutim male je prostorne rezolucije (30 m). Za razliku od njega, na slici 5 prikazan je crno-bijeli aerosnimak M \approx 1 : 20 000 velike prostorne rezolucije od 0,5 m.

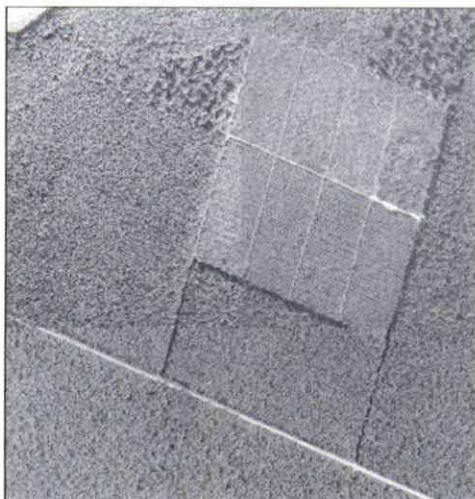


Slika 4. Landsatov multispektralni snimak dijela predjela Mačkovac
Figure 4 Landsat multispectral image of a part of Mačkovac area

Poboljšan satelitski snimak iste površine prikazan je na slici 6, a odlikuje se većom prostornom rezolucijom od 0,5 m i multispektralnim karakterom Landsatova snimka, tako da, osim što je slika RGB karaktera (boja), na njoj se mogu fino opažati i razlikovati tekstura određene površine, uzorak sastojine i dr.



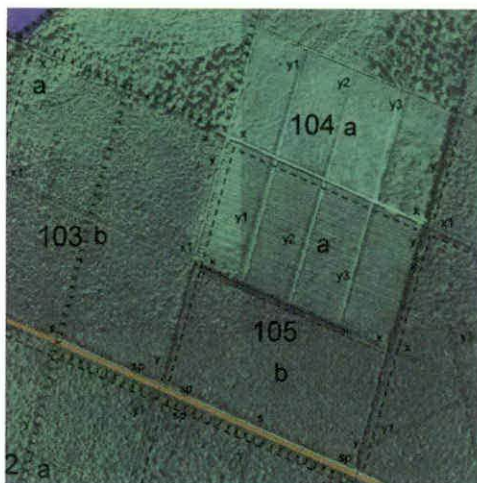
Slika 5. Crno-bijeli aerosnimak istoga predjela
Figure 5 Black-and-white aerial photograph of the same area



Slika 6. Poboljšani satelitski snimak
Figure 6 Improved satellite image

Tim su postupkom (kako se vidi na slici) značajno poboljšane mogućnosti interpretacije samoga snimka i vizualno i digitalno.

Na slici 7 prikazan je poboljšani satelitski snimak s uklopljenom gospodarskom podjelom GJ “Kujnjak – Rakovac – Mačkovac”, te se na primjeru odjela 104 i 105 vidi poboljšanje mogućnosti interpretacije snimka. Na primjeru odjela 104 i 105, uspoređujući slike 4 i 6, vidljivo je da su poboljšanjem rezolucije povećane i mogućnosti interpretacije s obzirom na teksturu (fina tekstura mlade šume u odsjeku 104a i 105a, koja je samo mjestimično grublja na mjestima gdje ima nešto starijih stabala), zatim uzorak (nepravilan kod starijih sastojina – odsjek 106a), kao i mogućnosti kombiniranja spektralnih kanala. Uz to se, također vrlo dobro, mogu vidjeti i oblici krošnje, sjene u sastojini, prijelaz sastojine u oranicu i dr.



Slika 7. Poboljšani satelitski snimak s uklopljenom gospodarskom podjelom
Figure 7 Improved satellite image with an overlaid management division

Satelitski su snimci vrlo korisni za planiranje gospodarenja šumama jer sadrže recentno stanje šuma (ažurne promjene), čije se opažanje temelji na spektralnim karakteristikama. U Hrvatskoj je još uvijek znatan dio šumskih površina koje se nalaze na nedostupnim terenima. Informacije o stanju na tim površinama moguće je dobiti samo pomoću aerosnimaka ili satelitskih snimaka.

Satelitski podaci u digitalnom obliku predstavljaju drugu značajnu prednost tih snimaka jer omogućuju kombinaciju različitih podataka dobivenih iz različitih izvora u geografskom informacijskom sustavu (GIS-u). Tako su omogućene ažurne informacije o stanju vegetacije, što se posebno dobro manifestira u infracrvenom dijelu spektra. Tehnologijom GIS moguće je kombinirati i istodobno koristiti različite podatke, što omogućuje potpuniju i precizniju analizu. Na taj se način smanjuje terenski rad (u nekim slučajevima čak za 50 %), a da se pritom ne gubi na kvaliteti podataka (Persson 1993).

Treba svakako naglasiti da je, osim što je već sada moguće doći do znatnoga broja željenih informacija, ovo svakako najbrži i najjeftiniji način pristupa bitnim informacijama. Sama cijena analognoga aerosnimka po komadu je 75 kuna. Uz ovakve snimke moguće je nabaviti i nešto skuplje ortofotosnimke, koji značajno smanjuju količinu rada da bismo dobili potrebne informacije. Sam satelitski snimak sa 7(8) spektralnih kanala koji predstavlja punu scenu Landsata košta oko 400–600 \$, a prekriva površinu 185×185 km. Za jednaku površinu potrebno je imati oko 1700 aerosnimaka standardne veličine (23×23 cm) i mjerila 1:20000 i to bez preklopa.

Ovakva obrađena satelitska snimka svakako je temelj za daljnju obradu informacija o stanju šumskoga fonda prilikom izrade osnove gospodarenja (posebice za minirane površine), bilo vizualnom metodom procjene sastojine ili upotrebom regijskih modela ili nekom drugom metodom.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Istraživanje povećanja interpretabilnosti i poboljšanja aerosnimaka i Landsatova ETM+ satelitskoga snimka provedeno je na primjeru GJ "Kujnjak–Rakovac–Mačkovac" i GJ "Breznica".

Na osnovi provedenoga istraživanja mogu se izvesti ovi zaključci:

- 1) Kombinacijom crno-bijeloga aerosnimka i multispektralnoga Landsatova ETM+ satelitskoga snimka, pri čemu se udružuju prostorna rezolucija aerosnimka od ~ 0,5 m s visokom spektralnom rezolucijom Landsata, dobivaju se poboljšani snimci za identifikaciju teksturnih i kolornih informacija te poboljšana mogućnost interpretacije.
- 2) Ovakav se snimak može upotrijebiti za vizualnu interpretaciju potpomognutu digitalnom analizom u velikim i složenim šumskim kompleksima.

- 3) Ovako poboljšani snimci mogu se, osim u uređivanju šuma prilikom inventarizacije šuma, koristiti u različitim područjima šumarstva, npr. u ekološkim istraživanjima, iskorištavanju šuma itd.
- 4) Podaci koji se dobiju takvim snimkom dobra su osnova za buduća istraživanja i planiranja, posebice uz pomoć tehnologije GIS, jer ona omogućuje bolje analize postojećih podataka, kao i predviđanja budućih, što je preduvjet za kvalitetno planiranje.
- 5) Rezultati interpretacije ovakvih snimaka pogodna su podloga za proučavanje i praćenje stanja i promjena okoliša.
- 6) Dugoročnim praćenjem rezultata kroz neko razdoblje mogu se predviđati buduća stanja sastojina.
- 7) Ovdje prikazan način poboljšanja satelitskoga snimka tek je početak korištenja satelitskih snimaka u šumarstvu, a pogotovo u uređivanju šuma. Svakako su potrebna daljnja istraživanja za pronalaženje novih metoda kako bi informacije dobivene preko satelita sve više nalazile primjenu u hrvatskom šumarstvu. Za to je potrebna, uz svakodnevno praćenje razvoja ove tehnologije, i redovita edukacija šumarskih stručnjaka, te adekvatna informatička oprema, što zahtijeva stalna financijska ulaganja, koja su u konačnici višestruko isplativa.

LITERATURA REFERENCES

- R Ć Benko, M., V. Kušan i Z. Kalafadžić, 1993: Satelitske snimke kao sastavni dio GIS-a šumarstva. Šumarski institut Jastrebarsko, Radovi, 28 (1–2): 225–234.
- z Gooding, R. W., J. J. Settle i N. Veitch, 1992: Improved extraction of information from satellite imagery for use in GIS. EGIS' 92, Conference proceedings, Munich, Vol. 2: 1355–1364.
- 42 Ć Kušan, V., 1995: Digitalni model reljefa i njegova primjena. Mehanizacija šumarstva, 20 (2): 77–84.
- z Kušan, V., 1998: Fotogrametrija i daljinska istraživanja u šumarstvu Hrvatske. U: V. Kušan, Sto godina fotogrametrije u Hrvatskoj, Zbornik radova, Zagreb, 115–121.
- κ Kušan, V., 2000: Nove tehnologije u prikupljanju, obradi i analizi podataka u šumarstvu. U: M. Figurić (ur.), Vrhunske tehnologije u uporabi šuma, HAZU, Zagreb, 27–44.
- κ Lillesand, T. M., R. W. Kiefer, 1994: Remote sensing and image interpretation. Third edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 750 str.
- z Oeberg, M., 1992: Extraction of information from satellite imagery to a GIS for environmental monitoring of the mining areas in northeastern Estonia. EGIS' 92, Conference proceedings, Munich, Vol. 2: 1365–1372.
- 9 Ć Pernar, R., 1997: Application of results of aerial photograph interpretation and geographical information system for planning in forestry. Glas. šum. pokuse, 34: 141 – 189.
- 9 Ć Pernar, R., D. Klobučar, V. Kušan, 2003: The Possibility of Applying Aerial Photographs from Cyclical Aerial Survey in the Republic of Croatia to Forest Management. Glasnik za šumske pokuse, 40: 113 – 168.
- o Persson, A., 1993: Sattelite data for forest planning. Symposium remote sensing and global environment change, Graz – Austria.

A CONTRIBUTION TO IMPROVED INTERPRETABILITY OF AERIAL AND SATELLITE IMAGERY IN FOREST MANAGEMENT

SUMMARY

Research into the interpretability of aerial and Landsat ETM+ satellite imagery, conducted on the example of the MU "Kujnjak – Rakovac – Mačkovac" and MU "Breznica", was aimed at examining the possibilities of its application in forest management. In other words, the purpose was to determine the extent to which such multispectral imagery can contribute to acquiring data about a given compartment as a basic unit of stand management. Although the procedure of acquiring an improved satellite image with a combination of images is already common in the world, it still remains to be investigated in Croatian forestry. A Landsat ETM+ image has a high spectral resolution with 8 bands, but a low spatial resolution (30 m). In contrast, a black-and-white aerial image with a scale 1:20,000 has a high spatial resolution (0.5 m), but no multispectral character. Based on the set goal, the research yielded interesting results and insights. A combination of a black-and-white aerial photograph and a multispectral Landsat ETM+ satellite image, where an aerial image resolution of ~ 0.5 m is integrated with a high spectral resolution of Landsat, provides improved images for identifying textural and colour information and improved interpretation possibilities. In order to study the quality and possibility of image interpretation, several images were made for each studied field with a combination of different bands. This procedure considerably improves the possibilities of both visual and digital image interpretation. Data acquired with such an image provide a good basis for future research and planning, especially with the aid of GIS technology, since the latter permits better analyses of the existing data and the prediction of future data, which is one of the main prerequisites for good quality planning.

Key words: Landsat ETM+ satellite imagery, black-and-white aerial photographs, digital terrain model, digital orthophoto, forest management

UDK: 630*587.5

ODREĐIVANJE PRECIZNOSTI SNIMANJA TOČAKA POMOĆU GPS-a U RAZLIČITIM FENOLOŠKIM I STRUKTURNIM STANJIMA SASTOJINA

OPTIMIZING GPS ACCURACY OF POINT RECORDING IN
DIFFERENT PHENOLOGICAL AND STRUCTURAL STAND
CONDITIONS

RENATA PERNAR, VLADIMIR GRGESINA, MARIO ANČIĆ,
ANTE SELETKOVIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu se opisuju istraživanja provedena radi utvrđivanja točnosti GPS prijamnika u različitim strukturama sastojina, tj. daju odgovori na pitanja da li se sklop, veći broj stabala po hektaru, veća temeljnica, te različite fenološke faze sastojine (sastojina s lišćem i bez lišća) odražavaju na točnost mjerenja koordinata točaka. Mjerenja su obavljena na 32 stajališta u Park šumi Maksimir. Na taj su način izmjerom obuhvaćene stare, srednjodobne i mlade sastojine, te poluotvoreni prostori. Pozicija stajališta snimana je pomoću GPS uređaja "Garmin 12" na dva načina. Prvi je način "WAYPOINT-average", gdje GPS uređaj nakon 10 sekundi izračuna srednju vrijednost pozicije, i drugi način "TRACK LOG", gdje GPS uređaj automatski snima koordinate u određenom vremenskom intervalu. Na teren se izlazilo u šest navrata. Za varijantu "WAYPOINT-average" skupljena su 192 podatka, a za varijantu "TRACK LOG" 5760 podataka (koordinate x i y). Na svakom stajalištu u radijusu od 10 m određena je vrsta drveća, izmjereni su prsni promjeri, azimuti, te udaljenosti od stajališta. Prilikom svakoga izlaska na teren zabilježene su vremenske prilike (oblačno, sunčano, magla itd.), temperatura zraka i fenološka stanja sastojina. Rezultati istraživanja pokazali su da se točnost kreće od 10 do 30 m. Također se pokazalo da treba dati prednost "TRACK LOG" varijanti, zato što se uprosječivanjem većega broja podataka dobiju točniji iznosi (manja odstupanja). Nadalje, prednost je toga načina u tome što se iz većega broja podataka mogu izbaciti velika odstupanja od srednjih vrijednosti i na taj način postići odstupanja unutar 5 m. Analize su pokazale da između sastojinskih parametara i srednjih odstupanja koordinata ne postoji korelacija, što znači da na točnost mjerenja ne utječu sklop, broj stabala i temeljnica. Što se tiče fenologije, također je utvrđeno da ljetni odnosno zimski aspekt šume (s lišćem i bez lišća) daje podjednako točna mjerenja. Analizirajući vremenske prilike i temperature zraka za sve datume snimanja, dobiveni su također podjednaki rezultati. Na te-

melju ovoga istraživanja možemo zaključiti da je točnost mjerenja ovisna o rasporedu satelita, te bi prilikom mjerenja o tome trebalo voditi računa.

Ključne riječi: globalni pozicijski sustav (GPS), fenološka i strukturna stanja sastojina, točnost mjerenja

UVOD INTRODUCTION

Globalni pozicijski sustav (GPS) danas nalazi primjenu u širokom području ljudskih djelatnosti, od uporabe za rekreativne svrhe (planinari, lovci, nautičari, izletnici itd.) do preciznih geodetskih mjerenja pomoću diferencijalnoga globalnoga pozicijskoga sustava – DGPS-a (Solarić 1995). DGPS tehnologija omogućuje vrlo precizno položajno određivanje centimetarskom točnošću (Kanajet 1993). GPS je pomagalo koje može poslužiti kada treba snimiti i kartirati velike udaljenosti u kratko vrijeme, a nema se na raspolaganju dovoljno stručnjaka i opreme (Kušan 2000). Istraživanja su pokazala mogućnost brojne uporabe GPS-a za šumarske potrebe, npr. za kartiranje šumskih cesta (Jaliner i Courteau 1993), za kartiranje jedinica gospodarske razdiobe šuma, snimanje granica sastojina, biljnih zajednica, pedokartografskih jedinica, reambulaciju međa, određivanje položaja primjernih ploha, za praćenje, vođenje te normiranje rada strojeva pri izvlačenju (Plamondon i Researcher 1994, Polaczek 2000) i dr. Raznovrsne su mogućnosti primjene GPS-a, a sve se češće pronalaze i nove, kako u drugim djelatnostima (Hengl i dr. 1998, 2001), tako i u šumarstvu (Adžić 1997). Primjenom GPS-a pri studiju radnoga vremena, gdje se prijamnik postavlja na krov radnoga stroja, dobivamo podatke kada se i gdje stroj nalazio bez izravnoga promatranja njegove djelatnosti na tlu. Studija je pokazala da se učinkovito može rasčlaniti vremenski i prostorno rad stroja u šumi (Pernar 2000). Zatim primjena GPS-a u 3D modeliranju, gdje GPS daje podatke koji nadopunjavaju izradu 3D modela. Takav model ima primjenu pri simulaciji leta, otkrivanju mogućih ruta prometnica, pomoć u planiranju izgradnje, tj. određivanje optimalne lokacije s obzirom na reljef (Michelsen 1998). Uporaba GPS-a moguća je prilikom praćenja pomicanja korita rijeka (Keating 1999) ili praćenja pomicanja pješčanih obala, odnosno maritimne erozije (Hamilton 1998).

Prilikom GPS snimanja često se u pitanje dovodi preciznost prikupljenih podataka. Prema Špoljaru (2001) tek nakon ukidanja namjernoga ometanja GPS signala rezultati su bili dovoljno točni za potrebe postavljanja trajnih primjernih ploha za izmjeru u nacionalnoj inventuri (Trimble Geoexplorer 2, Garmin 3+ i Garmin 12).

Stoga je cilj ovoga rada bio utvrditi točnost GPS prijamnika pri snimanju u različitim strukturama sastojina, tj. dati odgovore na pitanja da li se veća gustoća stabala, veći broj stabala po hektaru, veća temeljnica, te različite fenološke faze sastojine (sastojina s lišćem ili bez lišća) odražava na točnost mjerenja koordinata točaka.

PODRUČJE I METODE ISTRAŽIVANJA RESEARCH AREA AND METHODS

Mjerenja su obavljena na 32 stajališta u Park-šumi Maksimir pomoću uređaja Garmin 12. Stajališta su raspoređena po cijeloj površini Maksimira, a predstavljaju poligonsku točku, koja je na terenu označena betonskim stupićem. Neka se nalaze u starim sastojinama, neka u srednjodobnim i mladim sastojinama, a neka su na poluotvorenom prostoru.

Prilikom snimanja uređaj je bio usmjeren prema jugu jer sateliti imaju smjer kretanja jug-sjever i na jugu ih je više nego na sjeveru. Pozicija stajališta snimana je na dva načina. Prvi je način "WAYPOINT-average", gdje GPS uređaj nakon desetak sekundi izračuna srednju vrijednost pozicije, i drugi način "TRACK LOG", gdje GPS uređaj automatski snima koordinate u određenom vremenskom intervalu. Snimalo se u intervalu od 3 sekunde. Drugim je načinom na svakom stajalištu snimano tri puta po 10 točaka (između je GPS dva puta ugašen). Za varijantu "WAYPOINT-average" skupljena su 192 podatka te 5760 podataka (koordinate y i x) za varijantu "TRACK LOG".

Na svakom stajalištu u radijusu od 10 m određena je vrsta drveća, izmjereni su prsni promjeri, azimuti, te udaljenosti od stajališta. Prilikom svakoga izlaska na teren zabilježene su vremenske prilike (oblačno, sunčano, magla itd.), temperatura zraka i fenološka stanja sastojina (tablica 1).

Tablica 1. Vremenske prilike, temperatura zraka i fenološka opažanja prema datumu mjerenja
Table 1 Weather conditions, air temperature and phenological observations according to date of measurement

Datum-Date	11. 04.	12. 04.	10. 07.	13. 09.	18. 10.	09. 11.	18. 12.
Vremenske prilike Weather	kiša	oblačno	sunčano	sunčano, bez oblaka	polu-oblačno	sunčano	magla, polu-sunčano
Temperatura zraka Temperature	11° C	14° C	25° C	27° C	19° C	13° C	1° C
Fenološko opažanje Phenological observations	listanje (hrast 70%, ostalo 90%)	listanje (hrast 70%, ostalo 90%)	list na stablu, tamnozelen	list na stablima	list žut, počinje opadati	list žut, 20-30% otpalo	list otpao

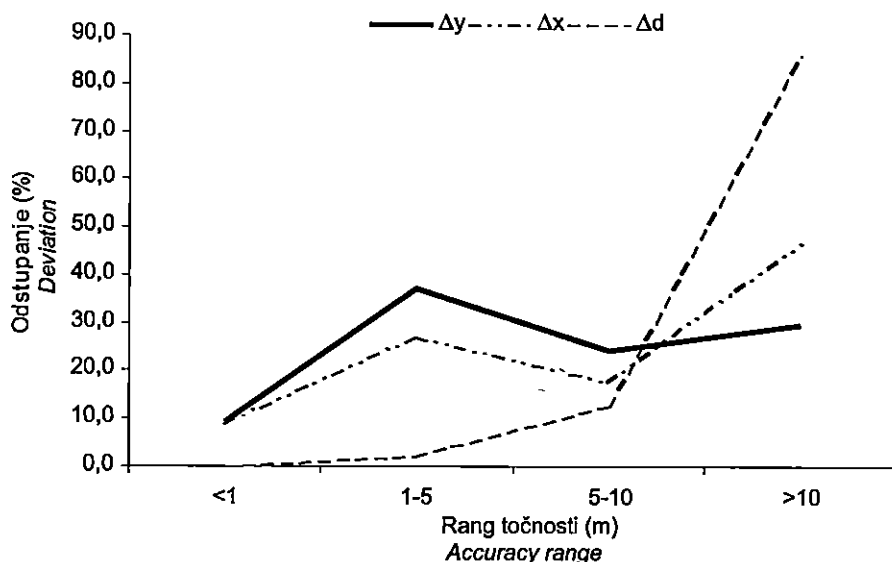
Kako GPS za izračunavanje pozicije koristi elipsoid WGS84, a naš se kartografski sustav temelji na elipsoidu Bessel 1874, bilo je potrebno transformirati podatke. Stvarne (projektirane) koordinate poligonskih točaka, odnosno stajališta preuzeta su iz Zavoda za katastar i geodetske poslove. Pomoću njih su određivana odstupanja. Varijantom "TRACK LOG" snimljeno je 30 podataka po stajalištu za svaki datum. Iz tih podataka izračunata su odstupanja po y (Δy), x (Δx) te radijalno odstupanje (Δd). Nadalje, izračunate su srednje vrijednosti odstupanja za prvih de-

set podataka, drugih i trećih deset podataka, te ukupno za svih 30 podataka. Određena su najmanja i najveća odstupanja, te koliko je odstupanja manje od 1 m, između 1 i 5 m, između 5 i 10 m i više od 10 m (tablica 2, slika1).

Tablica 2. Postotak odstupanja između mjerenih i projektiranih koordinata u rangovima točnosti
 Table 2 Percentage of deviation between measured and projected coordinates in ranges of accuracy

Rang točnosti <i>Accuracy range</i>	Δy	Δx	Δd
(m)	(%)	(%)	(%)
<1	9,4	8,9	0,0
1-5	37,0	27,1	2,1
5-10	24,0	17,7	12,5
>10	29,7	46,4	85,4

Na terenu su izmjereni prsni promjeri svih stabala u radijusu od 10 m. Krug je podijeljen u 4 segmenta: sjeverni od 315° do 45°, istočni od 45° do 135°, južni od 135° do 225°, te zapadni segment od 225° do 315°, da bi se moglo utvrditi da li temeljnica sjevernoga segmenta utječe na točnost izmjere jer se sateliti, gledano iz Hrvatske, nikada ne nalaze između azimuta od 325° do 35°. Iz podataka o prsnom promjeru izračunata je temeljnica po stajalištu, svakoga pojedinoga kvadranta, te po hektaru. Gustoća sastojine za pojedino stajalište, kao i za svaki kvadrant (tablica 3), izračunata je po formuli, gdje je:



Slika 1. Postotak odstupanja između mjerenih i projektiranih koordinata u rangovima točnosti
 Figure 1 Percentage of deviations between measured and projected coordinates in ranges of accuracy

$$f = (g / p) \times 100$$

f - gustoća sastojine, g - temeljnica po stajalištu odnosno kvadrantu, p - površina kvadranta

Tablica 3. Primjer određivanja gustoće sastojine na stajalištu i po kvadrantima
Table 3 Example of stand density assessment in standpoint and in quadrants

Stajalište (Standpoint) 1						Br. stabala na stajalištu:				11
Broj stabla Number of trees	Azimut (°) Azimuths	Vrsta drveća Tree species	Udaljenost (m) Distance	d _{1,30} (cm) Breast diameter	Temeljnica (m ²) Basal area	Površina stajališta (m ²):				314
						Temeljnica po stajalištu (m ²):				0,3577
						Gustoća sastojine:				0,001139
						Postotak:				0,113875
						Temeljnica (m ² /ha):				11,39
						KVADRANT				
						I	II	III	IV	
						315°-45°	45°-135°	135°-225	225°-315°	
1	88	grab	0,5	30	0,0707	Broj stabala: Pov. kvadranta (m ²): Temeljnica (m ²): Gustoća sastojine: Postotak (%)	0	1	10	0
2	160	grab	6	30	0,0707		78,54	78,54	78,54	78,54
3	161	javor	8,6	20	0,0314		0	0,0707	0,2871	0
4	161	javor	8,1	10	0,0079		0	0,0009	0,0037	0
5	195	javor	8,6	9	0,0064		0	0,09	0,37	0
6	198	grab	4,7	12	0,0113					
7	198	javor	8,6	26	0,0531					
8	199	javor	6,1	15	0,0177					
9	218	javor	7,7	27	0,0573					
10	220	grab	5,6	16	0,0201					
11	224	grab	6,6	12	0,0113					

REZULTATI I RASPRAVA RESULTS AND DISCUSSION

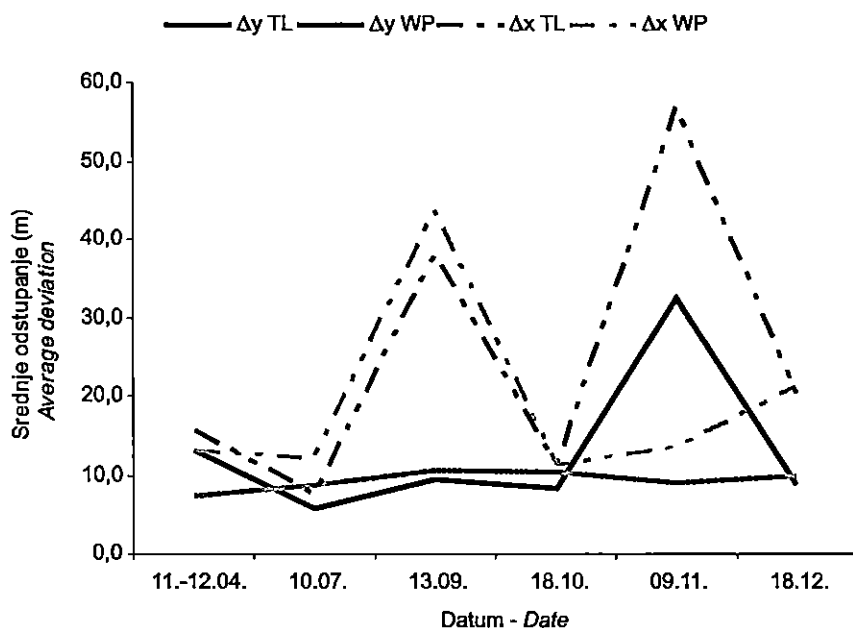
Rezultati istraživanja pokazali su da se rang točnosti kreće od 10 do 30 m. Do sličnih je rezultata došao i Špoljar (2001). Srednja se odstupanja, po datumu snimanja, mjerenih koordinata od projektiranih po stajalištima, mogu vidjeti u tablici 4. Odstupanja za sva stajališta su po y značajno manja (5,32 – 32,34 m), za razliku po x (7,63 – 56,76 m).

Snimanje 9. studenoga pokazuje najveća odstupanja (slika 2). Budući da fenološko stanje ne utječe na točnost mjerenja, valja zaključiti da su velika srednja odstupanja (32 – 57 m) nastala zbog lošega rasporeda satelita, što ovim radom nije razmatrano. Točniji bi se podaci svakako dobili proučavanjem povoljnoga rasporeda satelita, što su u svojim istraživanjima potvrdili Kovač i dr. (1994), i upravo bi se u tim razdobljima trebalo mjeriti.

Tablica 4. Primjer određivanja podataka na stajalištu 1 s obzirom na datum mjerenja (10. srpnja)
 Table 4 Example of data assessment in standpoint 1 according to date of measurement (10. 07.)

y (GPS)	x (GPS)		Δy	Δx	Δd		Δy	Δx	Δd
5579964,71	5076144,89	10:48:23	0,23	2,71	2,72		1-10	1-10	1-10
5579964,71	5076144,89	10:48:27	0,23	2,71	2,72	average:	2,66	4,05	9,51
5579964,71	5076144,89	10:48:30	0,23	2,71	2,72	min:	0,23	2,71	2,72
5579964,71	5076144,89	10:48:34	0,23	2,71	2,72	max:	24,39	64,90	69,33
5579964,71	5076144,89	10:48:37	0,23	2,71	2,72	st.dev:	7,68	21,38	21,02
5579964,71	5076144,89	10:48:41	0,23	2,71	2,72		11-20	11-20	11-20
5579964,71	5076144,89	10:48:44	0,23	2,71	2,72	average:	0,20	13,65	14,23
5579966,87	5076144,92	10:48:47	1,93	2,74	3,35	min:	0,11	6,53	6,55
5579966,87	5076144,92	10:48:50	1,93	2,74	3,35	max:	11,04	34,20	35,94
5579989,33	5076077,28	10:49:03	24,39	64,90	69,33	st.dev:	4,99	7,67	8,11
5579975,98	5076107,98	10:49:07	11,04	34,20	35,94		21-30	21-30	21-30
5579971,38	5076129,54	10:49:11	6,44	12,64	14,19	average:	9,42	28,97	30,47
5579966,99	5076135,65	10:49:14	2,05	6,53	6,84	min:	2,23	6,58	6,96
5579964,83	5076135,63	10:49:18	0,11	6,55	6,55	max:	12,70	40,68	42,59
5579962,75	5076129,42	10:49:22	2,19	12,76	12,94	st.dev:	4,18	12,19	12,86
5579962,75	5076129,42	10:49:25	2,19	12,76	12,94		30	30	30
5579962,75	5076129,42	10:49:28	2,19	12,76	12,94	average:	1,94	15,09	17,64
5579960,59	5076129,40	10:49:32	4,35	12,78	13,50	min:	0,11	2,71	2,72
5579960,59	5076129,40	10:49:36	4,35	12,78	13,50	max:	24,39	64,90	69,33
5579962,75	5076129,42	10:49:39	2,19	12,76	12,94	st.dev:	7,69	17,73	17,06
5579962,67	5076135,60	10:50:07	2,27	6,58	6,96				
5579962,71	5076132,51	10:50:11	2,23	9,67	9,92				
5579954,40	5076107,70	10:50:15	10,54	34,48	36,05				
5579952,32	5076101,50	10:50:18	12,62	40,68	42,59				
5579952,28	5076104,59	10:50:21	12,66	37,59	39,67				
5579952,24	5076107,68	10:50:25	12,70	34,50	36,77				
5579954,40	5076107,70	10:50:29	10,54	34,48	36,05		y= 5579964,94		
5579954,36	5076110,79	10:50:32	10,58	31,39	33,12		x= 5076142,18		
5579954,36	5076110,79	10:50:33	10,58	31,39	33,12				

Pokazalo se da su točnosti načina snimanja "WAYPOINT average" i "TRACK LOG" podjednake, no ipak treba dati prednost načinu "TRACK LOG", jer na taj način skupimo više podataka, a postoji mogućnost kontrole (slika 2). Pod kontrolom se podataka razumijeva postupak određivanja srednje vrijednosti mjerenih koordinata, zatim računanje odstupanja pojedinačnih koordinata od srednje vrijednosti i na kraju na temelju iznosa odstupanja izabiremo srednju vrijednost onih koordinata koje su imale najmanja odstupanja. Dakle, iz većega broja podataka možemo izbaciti velika odstupanja od srednje vrijednosti i na taj se način očekuju odstupanja manja od 5 m. Računajući odstupanja s obzirom na sva stajališta, odstupanja su manja zbog velikoga broja snimanja (oko 180 podataka). U ovom su istraživanju sve koordinate obrađivane bez izbacivanja grubih odstupanja kako bi se



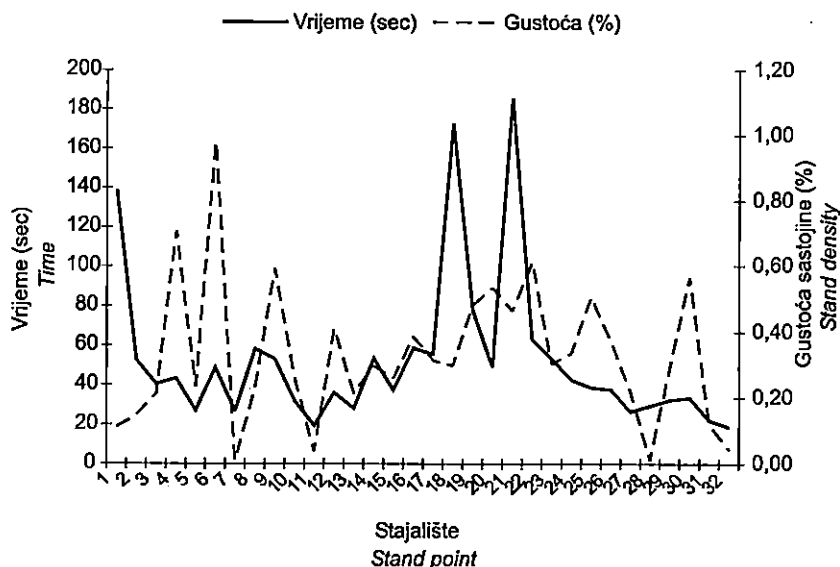
Slika 2. Odstupanja prema datumu s obzirom na metodu mjerenja (WAYPOINT / TRACKLOG)
 Figure 2 Deviations according to date in regard of measurement method (WAYPOINT / TRACKLOG)

mogla odrediti stvarna točnost prijamnika. Zbog toga se rang točnosti GPS prijamnika kreće u granicama 10 – 30 m.

Što se tiče fenologije, hipoteza je bila da na točnost mjerenja utječe ljetni, odnosno zimski aspekt šume (šuma s lišćem i bez lišća), te da lišće smanjuje točnost mjerenja (Houzvicka 1997). Ta je hipoteza oborena, naime iz slike 2 se vidi da zimska mjerenja nisu točnija. Postavljena je hipoteza bila da se točnost povećava s manjom gustoćom sastojine. Analiza je pokazala da između sastojinskih parametara i srednjih odstupanja koordinata ne postoji korelacija, što znači da na točnost mjerenja ne utječu sastojinski parametri (broj stabala, temeljnica, gustoća sastojine) ni na cijelom stajalištu, ni po pojedinim kvadrantima (tablica 5).

Vrijeme je pozicioniranja vremenski interval koji je potreban GPS prijamniku da odredi svoje koordinate od trenutka kada se uključi. Na slici 3 vide se vremena potrebna da se GPS prijamnik pozicionira na stajalištu s obzirom na gustoću sastojina. Korelacije između vremena pozicioniranja i gustoće sastojina nema, što se vidi iz tablice 6, tako da možemo zaključiti da na vrijeme pozicioniranja ne utječe gustoća sastojine. Na stajalištu 18 imamo veliko srednje vrijeme pozicioniranja (173 s), a gustoća je sastojine prosječna. Na vrijeme pozicioniranja utjecao je reljef oko samoga stajališta s obzirom na to da se stajalište 18 nalazi u mikrodepresiji.

Ukupno gledajući, na točnost mjerenja ne utječu biološki čimbenici: broj stabala i temeljnice po hektaru, te gustoća sastojina. Također, fenološka stanja šume,



Slika 3. Vrijeme pozicioniranja GPS prijamnika na stajalištima s obzirom na gustoću sastojine
 Figure 3 Positioning time of a GPS receiver on standpoints in regard of stand density

vremenske prilike i temperatura zraka nisu utjecali na točnost mjerenja pomoću GPS prijamnika "Garmin 12".

Tablica 6. Korelacije između vremena pozicioniranja i gustoće sastojine
 Table 6 Correlations between positioning time and stand density

Datum / Date	Korelacija / Correlation
11.-12.04.	0,188
10.7.	0,070
9.11.	0,117
18.12.	-0,035
Srednje (average)	0,151

Što se tiče postotaka odstupanja srednjih mjerenih od projektiranih koordinata (tablica 2), vidimo da su odstupanja Δx i Δd prevelika za kartiranje na šumskogospodarskim kartama mjerila 1 : 10000. Ova mjerenja, bez izbacivanja grubih odstupanja (kontrola podataka), bila bi dovoljna za kartiranja u mjerilu 1 : 25 000 i sitnija.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Na temelju korelacija možemo zaključiti da na točnost mjerenja ne utječu različita fenološka i strukturna stanja sastojina, vremenske prilike i temperatura zraka.

Točnost mjerenja ovisi o rasporedu satelita (njihovoj konstelaciji), te bi prilikom mjerenja o tome trebalo voditi računa.

Veća se točnost postiže "TRACK LOG" načinom skupljanja podataka, zbog njihove brojnosti, a ujedno nam je omogućena i kontrola podataka kojom se mogu očekivati odstupanja manja od 5 m, a koja su dovoljna za kartiranje šumskogospodarskih karata mjerila 1 : 10000.

LITERATURA REFERENCES

- Đ Adžić, I. G., 1997: Procjena primjenjivosti GPS-a u šumarstvu. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 26 str.
- č Hamilton, M., 1998: GPS survey-grade technology provides critical data to understanding beach erosion. *Earth observation magazine*, 7 (4): 12–14.
- † č Hengl, T., D. Brkić, Ž. Bukvić, M. Jurišić, 1998: Mogućnosti primjene daljinskih istraživanja, satelitske navigacije i GIS tehnologije u poljoprivredi. *Poljoprivreda*, 4 (1): 103–111.
- † č Hengl, T., M. Jurišić, I. Martinić, S. Husnjak, 2001: Satelitska navigacija (GPS)- trendovi i primjena. *Strojarstvo*, 43(1–3): 49–56.
- č Houzvícka, F., 1997: GPS Q & A. *Earth observation magazine*, 6 (8): 26.
- Ø Jalinier, C., J. Courteau, 1993: Forest road surveys with GPS. FERIC, Roads and Transportation technical note TN – 196.
- † č Kanajet, B., 1993: Mali, lagani, pouzdani portabl GPS prijemnici. *Nafta*, 44 (7–8): 365 – 370.
- č Keating, R., 1999: GPS technology helps locate river survey monuments. *Earth observation magazine*, 8 (1): 14–16.
- † č Kovač, T., M. Viher, I. Javorović, 1994: Geokodiranje podataka prikupljenih daljinskim istraživanjima. *Bilt. Dalj. Istr. Fotoint.*, 13: 59–70.
- † č Kušan, V., 1995: Snimanje šumskih cesta pomoću GPS-a. *Mehanizacija šumarstva*, 20 (2): 113 – 115.
- κ Kušan, V., 2000: Nove tehnologije u prikupljanju, obradi i analizi podataka u šumarstvu. U: Figurić, M. (ur.): *Vrhunske tehnologije u uporabi šuma, HAZU*, Zagreb, 27–44.
- č Michelsen, M. W., 1998: New technology gives runners wings. *Earth observation magazine*, 7 (2): 22–24.
- † č Pernar, R., 2000: Globalni pozicijski sustav (GPS) – Nove mogućnosti studija radnoga vremena u šumarstvu. *Mehanizacija šumarstva*, 25 (1–2): 59–62.
- Ø Plamondon, J. A., F. E. Researcher, 1994: Measuring the effects of slope on the productivity of skidders using GPS. FERIC, Field note No. 30.
- Ø Polaczek, K. 2000: Das Global Positioning System (GPS). *Forsttechnische Informationen*, 5: 37 – 40.
- † č Solarić, M., 1995: Određivanje položaja točaka na Zemlji pomoću satelita – Principi GPS mjerenja. *Mehanizacija šumarstva*, 20 (2): 85–94.
- Đ Špoljar, B., 2001: Procjena primjenjivosti GPS-a za postavljanje trajnih primjernih ploha. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 38 str.

OPTIMIZING GPS ACCURACY OF POINT RECORDING IN DIFFERENT PHENOLOGICAL AND STRUCTURAL STAND CONDITIONS

SUMMARY

The paper deals with research conducted with the purpose of determining the accuracy of a GPS receiver in different stand structures. It responds to the question of whether the canopy, a larger number of trees per ha, a bigger basal area and different phenological stand phases (with and without leaves) affect the accuracy of coordinate point measurements. Old, middle-aged and young stands, as well as semi-open space were measured in 32 points in Maksimir Park Forest. The positions of points were recorded with the GPS device "GARMIN 12" using two methods. The first method was "waypoint-AVERAGE", where the GPS device calculates the mean value of the position after 10 seconds and the second method was "TRACK LOG", where the GPS device automatically records the coordinates in a given time interval. Measurements were conducted on six occasions. A total of 192 data were collected for the "waypoint-AVERAGE" variant and 5,760 data for the "TRACK LOG" variant (X and Y coordinates). The tree species were identified and breast diameters, azimuths and distances from the points measured within a 10-m diameter in each point. Weather conditions were recorded during each field visit (cloudy, sunny, foggy, etc.), and so were air temperature and phenological stand conditions. Research results showed that the accuracy ranged from 10 to 30 m. According to the results, the "TRACK LOG" variant should be favoured since more accurate results (less deviation) are obtained when a larger number of data are averaged. Furthermore, the advantage of this method is that considerable deviations from mean values can be excluded, thus achieving deviations within 5 m. The analyses showed that there were no correlations between stand parameters and mean coordinate deviations, which means that measurement accuracy has no effect on the canopy, number of trees and basal area. As for phenology, it was found that both summer and winter aspects of a forest (with and without leaves) give equally accurate measurements. The analysis of weather conditions and air temperatures for all the recording dates gave similar results. Based on this research it can be concluded that measurement accuracy depends on satellite arrangement and that this should be taken into account during measurements.

Key words: global positioning system (GPS), phenological and structural stand conditions, accuracy of coordinate point measurements

UDK: 630*(048.1)

PROJEKT 2 U ISTRAŽIVAČKOM RAZDOBLJU 2001 – 2005.

PROJECT 2 IN PREVIOUS RESEARCH PERIOD 2001 – 2005

ANTE P. B. KRPAN, IGOR STANKIĆ

Received – *Pristjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu se predstavlja *Projekt 2 – Korištenje i upravljanje kapitalom u šumarstvu*, njegova struktura i neki postignuti rezultati u proteklih pet istraživačkih godina. Projekt se sastoji od četiriju potprojekata s ukupno 22 istraživačka zadatka. Osnovna je značajka Projekta da je na zadacima surađivao vrlo veliki broj suradnika iz Direkcije, UŠP i šumarija Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb te znatan broj suradnika iz inozemstva, što daje poseban, međunarodni pečat ustroju projekta. U radu se od rezultata istraživanja navode objave prema hrvatskoj znanstvenoj bibliografiji. Osim objavama protok se informacija i stečenih spoznaja odvijao na međunarodnim i domaćim savjetovanjima i radionicama te su i one navedene. U proteklom istraživačkom razdoblju objavljeno je 11 poglavlja u knjigama, 5 znanstvenih radova citiranih u CC časopisima, 135 radova u časopisima i zbornicima savjetovanja, izrađeno je i obranjeno 8 disertacija i 8 magisterija te 27 znanstvenih i stručnih studija. Istraživači su aktivno sudjelovali na 59 domaćih i međunarodnih znanstvenih i stručnih skupova.

Ključne riječi: Projekt 2, struktura, bibliografija, rezultati

UVOD INTRODUCTION

Godine 2001. započeo je srednjoročni petogodišnji istraživački program ugovoren između Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb s jedne te Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Instituta za šumarska istraživanja iz Jastrebarskoga s druge strane. Istraživački je program rezultat usuglašavanja želja i odluka o prioritetima dogovorenima između istraživačkih institucija i hrvatske šumarske operative. Istraživanja su uokvirena u dva projekta:

Projekt 1 – *Zaštita i unaprjeđenje proizvodnje biomase u ulozi održavanja višestrukih uloga i funkcija šume* (koordinatori prof. dr. sc. dr. h.c. Slavko Matić, doc. dr. sc. Igor Anić) i

Projekt 2 – *Korištenje i upravljanje kapitalom u šumarstvu* (koordinator prof. dr. sc. Ante P. B. Krpan).

Projekt 2 obuhvaća četiri potprojekta s ukupno 22 zadatka. Zadatke je vodilo 12 istraživača. Deset istraživača stalno zaposlenih na Šumarskom fakultetu u Zagrebu (9) i Šumarskom institutu Jastrebarsko (1) vodilo je po dva zadatka, a dva su istraživača (oba sa Šumarskoga fakulteta) vodila po jedan zadatak. Ovdje se navode nazivi potprojekata i zadataka te njihovi koordinatori i voditelji. Više o istraživačkim zadacima može se doznati iz planova i programa istraživanja te godišnjih izvješća.

Potprojekt 1 – *Iskorištavanje biomase*, nositelj Šumarski fakultet Zagreb, koordinator prof. dr. sc. Ante P. B. Krpan

Zadatak 2.1.1. – Iskorištavanje biomase, voditelj Ante P. B. Krpan

Zadatak 2.1.2. – Istraživanje vrhunskih tehnologija, voditelj Ante P. B. Krpan

Zadatak 2.1.3. – Istraživanje proizvodnosti i troškova skupnoga rada, voditelj Ž. Zečić

Zadatak 2.1.4. – Istraživanje tehnologija privlačenja drva, voditelj Ž. Zečić

Zadatak 2.1.5. – Istraživanje tehnologija izvoženja i iznošenja drva, voditelj T. Poršinsky

Zadatak 2.1.6. – Oštećivanje sastojina i tla pri izvođenju radova iskorištavanja šuma, voditelj T. Poršinsky

Potprojekt 2 – *Razvoj i korištenje ekološki prihvatljivih tehnika i tehnologija*, nositelj Šumarski fakultet Zagreb, koordinator izv. prof. dr. sc. Dubravko Horvat

Zadatak 2.2.1. – Istraživanje tehnološko-eksploatacijsko-ekoloških značajki strojeva u šumarstvu, voditelj D. Horvat

Zadatak 2.2.2. – Istraživanje energijsko-ekoloških značajki strojeva u šumarstvu, voditelj D. Horvat

Zadatak 2.2.4. – Istraživanje različitih vrsta šumskih cesta i traktorskih vlaka za potrebe kategorizacije i izrade kataloga, voditelj D. Pičman

Zadatak 2.2.5. – Utvrđivanje optimalne mreže šumskih protupožarnih cesta primjenom mrežnih računalnih analiza, voditelj D. Pičman

Zadatak 2.2.6. – Istraživanje oštećenja stabala pri gradnji šumskih cesta i vlaka te oštećenja vlaka pri radovima iskorištavanja šuma, voditelj T. Pentek

Zadatak 2.2.7. – Primjena GIS tehnologija i računalnih modela pri optimizaciji mreže šumskih prometnica, voditelj T. Pentek

Potprojekt 3 – *Vrednovanje kapitalnih dobara i gubitaka utjecajem štetnih činitelja*, nositelj Šumarski institut Jastrebarsko, koordinator dr. sc. Dijana Vuletić

Zadatak 2.3.1. – Modeli za procjenu sortimentne kakvoće dubećih stabala glavnih vrsta drveća kao podloga za izradu tablica drvnih sortimenata, voditelj D. Vuletić

Zadatak 2.3.2. – Ispitivanje vrijednosti nedrvnoproizvodnih usluga šuma i mogućnost njihovog korištenja, voditelj D. Vuletić

Potprojekt 4 – *Uspostavljanje sustava ekonomike poslovanja*, nositelj Šumar-
ski fakultet Zagreb, koordinator izv. prof. dr. sc. Vencel Vondra

Zadatak 2.4.1. – Istraživanje zakonitosti radnih i proizvodno-poslovnih procesa u šumarstvu, voditelj V. Vondra

Zadatak 2.4.2. – Unapređenje organizacijsko-poslovnog oblika šumarskog poduzeća, voditelj V. Vondra

Zadatak 2.4.3. – Modeli planiranja i odlučivanja u šumarskom poduzeću, voditelj M. Šporčić

Zadatak 2.4.4. – Uspostavljanje sustava kakvoće u izvođenju šumskih radova, voditelj I. Martinić

Zadatak 2.4.5. – Usvajanje strategije ekološke obzirnosti pri uporabi šumske mehanizacije, voditelj I. Martinić

Zadatak 2.4.6. – Upravljanje troškovima u šumarstvu, voditelj S. Posavec

Zadatak 2.4.7. – Socijalno-ekološke orijentacije prema šumama, voditelj A. Šajković

Zadatak 2.4.8. – Organizacijske i vrijednosne orijentacije u šumarstvu, voditelj A. Šajković

Za dva su prethodna istraživačka srednjoročja (1991–1995, 1996–2000) umjesto klasičnoga završnoga izvješća po projektima, potprojektima i zadacima tiskane tri znanstvene knjige: *Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava – knjiga 1, Zaštita šuma i pridobivanje drva – knjiga 2* (1996) i *Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama* (2001), uz organizaciju završnoga savjetovanja. Takvu se načinu konačnoga izvješćivanja priklonilo i ovaj put.

Prikaz je strukture *Projekta 2* i njegova doprinosa razvoju strukovne i znanstvene misli hrvatskoga šumarstva izrađen s određenim ciljem. Naime, čitatelju spomenutih znanstvenih knjiga, u kojima se uglavnom pojavljuje jedan članak po znanstvenoistraživačkom zadatku, ostaje mnoštvo nepoznanica o projektu, ponajprije kako je projekt strukturiran i, posebno, kakve su se sve aktivnosti događale u području istraživanja i prijenosa znanja proteklih pet godina. Tek na temelju većega broja informacija, koje će ovdje naći, čitatelj će moći zadovoljiti svoju znatiželju ili će, vođen interesom prema proširenju vlastitih spoznaja, posegnuti za godišnjim izvješćima (2001 – 2004) ili objavljenim radovima.

BIBLIOGRAFIJA BIBLIOGRAPHY

Bibliografija *Projekta 2* sadrži autore, naslov rada, mjesto i godinu objave te druge naznake koje omogućuju brzo pronalaženje cjelovitoga teksta. Razvrstavanje objavljenih radova slijedi razredbu prema Hrvatskoj znanstvenoj bibliografiji.

POGLAVLJA U KNJIGAMA CHAPTERS IN BOOKS

- Figurić, M., K. Greger, S. Posavec 2004: Partnerships, networks alliances – new strategic opportunities for Croatian firms in wood industry and furniture. In: Greger, K. (ed.): *The growth and development in forestry and wood industry*. Faculty of Forestry, Zagreb.
- Greger, K., S. Posavec 2004: Quality as a prerequisite for the competitive power of wood processing companies. In: Greger, K. (ed.): *The growth and development in forestry and wood industry*. Faculty of Forestry, Zagreb.
- Grladinović, T., K. Greger, S. Posavec 2001: The co-operation network in furniture manufacturing. In: Rašner, J., J. Drabek (eds.): *Development trends of processes management in wood processing industry and in forestry*. Technical University Zvolen, Slovakia.
- Jurjević, P., S. Posavec 2003: Vrijednost bukovih šuma. U: Matić, S. (ur.): *Obična bukva u Hrvatskoj*: 769–779. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- Krpan, A. P. B., D. Pičman 2001: Neka obilježja iskorištavanja hrvatskih jelovih šuma. U: Matić, S. (ur.): *Obična bukva u Hrvatskoj*: 659–686. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- Krpan, A. P. B. 2003: Bukovi šumski proizvodi i tehnologije pridobivanja drva iz bukovih sastojina. U: Matić, S. (ur.): *Obična bukva u Hrvatskoj*: 625–651. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.
- Posavec, S., D. Vuletić 2004: Vision of forestry development in Croatia through national forest policy and strategy. In: Jansky, L., R. Nevenić, I. Tikkanen, B. Pajari (eds.): *Forests in Transition II*. University Office at the United Nations, Tokyo, New York.
- Posavec, S., K. Greger, M. Figurić 2004: The analysis of non-wood forest products. In: Greger, K. (ed.): *The growth and development in forestry and wood industry*. Faculty of Forestry, Zagreb.
- Posavec, S., T. Kružić, A. Tustonjić 2003: Etatne mogućnosti „Hrvatskih šuma“ s posebnim naglaskom na industrijsko drvo. U: Figurić, M., S. Risović (ur.): *Šumska biomasa*. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb.
- Sabadi, R., D. Vuletić, J. Gračan 2005: Chapter 17. Croatia. In: Merlo, M., L. Croitoru (eds): *Valuing Mediterranean Forests – Towards Total Economic Value*: 249–262. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Sever, S., D. Horvat, V. Goglia, I. Knežević, I. Martinić, S. Puljak, S. Risović, V. Vondra 2001: Šumarsko inženjerstvo u jelovim sastojinama. U: Prpić, B. (ur.): Obična jela u Hrvatskoj: 687–710. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb.

ZNANSTVENI RADOVI U CC ČASOPISIMA SCIENTIFIC PAPERS IN CC JOURNALS

- Hengl, T., M. Jurišić, I. Martinić 2001: Satellite navigation (GPS) – Trends and application. *Strojarstvo* 43(1–3): 49–56.
- Horvat D., T. Poršinsky, A. P. B. Krpan, T. Pentek, M. Šušnjar 2004: Ocjena pogodnosti forvardera morfološkom raščlambom. *Strojarstvo* 46(4–6): 149–160.
- Korenčić Kampl, K., A. Šajković 2002: Stavovi prema globalizaciji: primjer studenata veterinarskog i šumarskog fakulteta u Zagrebu. *Društvena istraživanja* 11(2–3): 453–468.
- Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky 2003: Prilog istraživanju oštećivanja stabala mehanizacijom za gradnju šumskih putova. *Strojarstvo* 45(4–6): 149–157.
- Puntarić, D., A. Kos, Z. Šmit, Ž. Zečić, K. Šega, R. Beljo Lučić, D. Horvat, J. Bošnjir 2005: Wood Dust Exposure in Wood Industry and Forestry. *Collegium Anthropologicum* 29(1): 221–225.

RADOVI U OSTALIM ČASOPISIMA PAPERS IN ANOTHER JOURNALS

- Dubravac, T., D. Vuletić, B. Vrbek 2005: Natural Reforestation and Future of Beech and Fir Forests in the Risnjak NP. *Periodicum Biologorum* 107(1): 73–79.
- Figurić, M., S. Posavec 2001: Mogućnosti procjene potpune vrijednosti šume. *Informatologija* 34(3–4): 309.
- Figurić, M., S. Posavec 2001: Strategic elements of joining European integrations in wood processing, furniture production and paper industry. *Intercathedra* 17: 26–28.
- Horvat, D., A. Čavlović, Ž. Zečić, M. Šušnjar, I. Bešlić, V. Madunić-Zečić 2005: Research of fir-wood dust concentration in the working environment of cutters. *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(2): 85–90.
- Horvat, D., A. Kos, Ž. Zečić, M. Šušnjar, I. Bešlić 2005: Istraživanje koncentracije drvene prašine hrastovine u radnoj okolini sjekača pri izradbi prostornog drva. *Šumarski list* 129(7–8): 393–396.
- Horvat, D., R. Spinelli, M. Šušnjar 2005: Resistance coefficients on ground-based winching of timber. *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(1): 3–11.
- Horvat, D., 2004: Prototip skidera mase oko 7 t. *Inovacijsko žarište* 4(1): 14–15.
- Horvat, D., Ž. Tomašić 2003: Usporedba penetracijske značajke tla traktorske vlake i vučne značajke adaptiranoga poljoprivrednog traktora. *Glasnik za šumske pokuse* 40: 59–79.

- Kajba, D., J. Domac, A. P. B. Krpan, Ž. Zečić, S. Bogdan 2002: Status and potentials of biomass in Croatia. IEA Bioenergy Task 17, 70: 18–27.
- Kos, A., D. Horvat, J. Čavlović, S. Risović 2004: Utjecaj šumarske i drvnoindustrijske djelatnosti kao sastavnice procesa kruženja ugljika na promjenu klime. *Drvena industrija* 55(3): 129–137.
- Kos, A., R. Beljo-Lučić, D. Horvat, K. Šega, I. Bešlić 2002: Utjecajni čimbenici na zprašenost u drvoprerađivačkim pogonima. *Drvena industrija* 53(3): 131–140.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 1. dio: Promišljanje struke o strojnoj sječi i izradbi drva. *Šumarski list* 128(3–4): 127–136.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 2. dio: Djelotvornost harvesteru u kulturi mekih listača. *Šumarski list* 128(5–6): 233–244.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, I. Stankić 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 3. dio: Djelotvornost harvesteru u prirodnoj prorednoj sastojini tvrdih listača. *Šumarski list* 128(9–10): 495–508.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky 2002: Proizvodnost harvesteru Timberjack 1070 pri proredi kulture običnoga bora. *Šumarski list* 126(11–12): 551–561.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky 2001: Harvester Timberjack 1070 u Hrvatskoj. *Šumarski list* 125(11–12): 619–624.
- Krpan, A. P. B., M. Prka 2001: Kakvoća bukovih stabala iz oplodnih sječa bilogorskog područja. *Drvena industrija* 52(4): 173–180.
- Martinić, I., M. Šporčić 2005: Ekološko gledište održavanja mehanizacije u šumarstvu. *Šumarski list* 129(1–2): 19 – 28.
- Martinić, I. 2004: 55. obljetnica NP Paklenica – kako osigurati održivost i vitalnost funkcioniranja? u svjetlu naglasaka V. svjetskog kongresa nacionalnih parkova. *Paklenički zbornik* 2, 147–150.
- Martinić, I. 2004: Forstwirtschaft in Kroatien. *Forstzeitung* 10(04): 38–39.
- Martinić, I. 2004: Ključna pitanja parkovne politike u Hrvatskoj – uz 55. godišnjicu proglašenja prvih hrvatskih nacionalnih parkova. *Gazophylacium*, Zagreb.
- Martinić, I. 2004: Šumarska struka u svjetlu uspostave ekološke mreže Republike Hrvatske. *Šumarski list* 128(3–4): 163–171.
- Martinić, I., S. Dekanić 2004: Vizija šumarstva 2050. godine – skupno promišljanje budućnosti šumarstva eksperata FAO (1. dio). *Hrvatske šume* 8(94): 2–5.
- Martinić, I., S. Dekanić 2004: Vizija šumarstva 2050. godine – skupno promišljanje budućnosti šumarstva eksperata FAO (2. dio). *Hrvatske šume* 8(95): 12–15.
- Martinić, I. 2003: Planovi upravljanja za hrvatske nacionalne parkove i parkove prirode. *Šumarski list* 127(1–2): 21–29.
- Motik, D., S. Posavec, D. Vuletić 2005: Croatia. COST E30 – Economic integration of urban consumers' demand and rural forestry production, Forest sector Entrepreneurship in Europe: country studies. *Acta silvatica & Lignaria Hungarica. An international journal in forest, wood and environmental sciences. Special edition 2005, vol. 1.*

- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel 2005: Planiranje šumskih prometnica – postojeće stanje, određivanje problema i smjernice budućega djelovanja. *Nova mehanizacija šumarstva* 26(1): 55–64.
- Pentek, T., D. Pičman, I. Potočnik, P. Dvorščak, H. Nevečerel 2005: Analysis of an existing forest road network. *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(1): 39–50.
- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel 2004: Srednja udaljenost privlačenja drva. *Šumarski list* 127(9–10): 545–558.
- Pentek, T., D. Pičman 2003: Uloga šumskih prometnica pri gospodarenju šumama na kršu s posebnim osvrtom na Senjsku Dragu. *Šumarski list* 127(1–2): 65–78.
- Poršinsky, T., D. Horvat 2005: Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva. *Nova mehanizacija šumarstva* 26: 25–38.
- Poršinsky, T., I. Stankić 2005: Prilog poznavanju iznošenja drva šumskim žičarama. *Nova mehanizacija šumarstva* 26: 39–54.
- Poršinsky, T., A. P. B. Krpan, I. Stankić 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača, 4. dio: Okolišna pogodnost strojne sječe u prirodnim sastojinama. *Šumarski list* 128(11–12): 655–669.
- Poršinsky, T. 2002: Productivity factors of Timberjack 1210 at forwarding the main felling roundwood in Croatian lowland forests. *Glasnik za šumske pokuse* 38: 103–132.
- Posavec, S. 2004: Specifičnosti poslovne analize entiteta za gospodarenje šumom i šumskim zemljištem. *Šumarski list* 128(5–6): 279–285.
- Posavec, S., T. Žgela 2004: Izrada cijene koštanja šumskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.). *Šumarski list* 128(9–10): 529–536.
- Posavec, S. 2001: Rasprava o metodama za procjenu vrijednosti šume. *Šumarski list* 125(11–12): 611–617.
- Potočnik, I., T. Pentek, D. Pičman 2005: Impact of traffic characteristics on forest roads due to forest management. *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(1): 51–57.
- Sabo, A., T. Poršinsky 2005: Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(1): 13–27.
- Sever, S., D. Horvat 2001: Forestry mechanisation at the Crossroad. *Annual of the Croatian Academy of Engineering*: 71 – 81.
- Šajković, A. 2005: Odnos studenata šumarstva prema prirodi i resursima. *Šumarski list* 129(11–12): 583–595.
- Šajković, A. 2002: Latentna struktura mišljenja studenata šumarstva o globalizaciji u Hrvatskoj. *Šumarski list* 126(3–4): 137–143.
- Šajković, A. 2001: Utjecaj kvalitete života na ekološke orijentacije. *Šumarski list* 125(1–2): 27–34.
- Šporčić, M. 2005: Uvid u neka gledišta poduzetništva u šumarstvu Europe. *Šumarski list* 129(5–6): 287–298.

- Šporčić, M., I. Martinić 2005: Model licenciranja izvoditelja šumskih radova. Šumarski list 129(7–8): 375–385.
- Šporčić, M., I. Martinić 2004: Uslužni izvoditelji šumskih radova u Hrvatskoj. Šumarski list 128(11–12): 633–648.
- Šporčić, M. 2002: Neki pokazatelji o šumarskim informacijama na Internetu. Šumarski list 126(9–10): 511–522.
- Šporčić, M., A. Sabo 2002: Ozljeđivanje radnika u hrvatskom šumarstvu tijekom razdoblja 1991–2000. Šumarski list 126(5–6): 261–271.
- Šporčić, M., V. Vondra 2001: Magistarski radovi, obranjeni na Šumarskom fakultetu u Zagrebu, unapređuju šumarstvo! Šumarski list 125(7–8): 391–404.
- Vuletić, D., R. Sabadi 2005: Da li se i kako naše šumarstvo i šumska industrija oporavlja od posljedica domovinskog rata? Šumarski list 129(11–12): 597–610.
- Vuletić, D., R. Sabadi, E. Paladinić 2004: Prva procjena ukupne gospodarske vrijednosti šuma Hrvatske. Radovi 39(1): 79–97.
- Vuletić, D. 2001: Utjecaj mehaničkog ozljeđivanja stabala na kakvoću sortimenata hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.). Radovi 36(1): 15–32.
- Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, D. Marčetić 2005: Efektivno vrijeme farmerskih vitala Tajfun pri privlačenju drva traktorom Steyr 8090a. Nova mehanizacija šumarstva 26(1): 13–23.
- Zečić, Ž., J. Marenče 2005: Mathematical models for optimization of group work in harvesting operation. Croatian Journal of Forest Engineering 26(1): 29–37.
- Zečić, Ž., A. P. B. Krpan 2004: Efficiency of group work in harvesting mountainous broadleaf thinning stands. Zbornik gozdarstva in lesarstva 74: 41–58.
- Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, T. Poršinsky, M. Šušnjar 2004: Djelotvornost traktora Steyr 8090 i 9078 u oplodnim sječama sastojina požeškog gorja. Šumarski list 128(5–6): 245–254.
- Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, B. Stankić 2004: Privlačenje oblovine traktorom Timberjack 240C iz oplodne sječe u uvjetima Šumarije Velika Pisanica. Šumarski list 128(11–12): 671–678.
- Zečić, Ž., T. Poršinsky, M. Šušnjar 2004: Neki rezultati eksploatacije brdskih prorednih sastojina skupnim radom uz osvrt na izbor metode studija vremena. Šumarski list 128(7–8): 381–389.
- Zečić, Ž. 2001: Međunarodna znanstvena konferencija “Šuma i tehnologija drva u međusobnom odnosu okoliša”. Šumarski list 125(1–2): 110–112.

RADOVI PREZENTIRANI NA ZNANSTVENIM SKUPOVIMA PAPERS ON SCIENTIFIC MEETINGS

- Avdibegović, M., D. Vuletić 2005: Sociološke, demografske i ekonomske karakteristike posjetilaca i razlozi njihovog dolaska na područje planina Igman i Bjelašnica. U: Špac, V. (ur.): Šumarstvo na pragu EU: 42–43. Šumarski institut, Jastrebarsko.

- Čavlović, J., S. Posavec, M. Šporčić 2005: Gospodarenje usitnjenim privatnim šumama u Hrvatskoj. In: Stasys, M. (ed.): *Small-scale Forestry in a Changing Environment*: 159–165. Lithuanian Forest Research Institute, Kaunas, Lithuania.
- Dubravac, T., B. Vrbek, M. Benko, D. Vuletić, T. Littvay 2005: Results of Fifty Years of Monitoring the Growth and Development of a 161 Year Old Norway Spruce Culture. In: Innes, J., I. K. Edwards, D. J. Wilford (eds): *The International Forestry Review*: 46–47, Brisbane.
- Dubravac, T., D. Vuletić, 2003: Aktivna ili pasivna zaštita šuma – primjer nacionalni park “Risnjak”. U: Besendorfer, V., N. Kopjar (ur.): *Zbornik sažetaka 8. hrvatskog biološkog kongresa*: 394–395. Hrvatsko biološko društvo 1885–2003, Zagreb.
- Figurić, M., S. Posavec 2004: Clusters between mystification and demystification. U: Plenković, M. (ur.), *Informatologija 2004*: 57–60. Hrvatsko komunikološko društvo, Zagreb.
- Figurić, M., S. Posavec, K. Greger 2004: Defining possible cluster models in wood processing, furniture manufacture and paper production and processing in the Republic of Croatia. In: Wojcijech, L. (ed.): *Intercathedra No. 20*. Akademia Rolnicza, Poznań.
- Figurić, M., S. Posavec 2002: Managing costs in forestry, postoji li goodwill obnovljivih prirodnih resursa?. U: 9. međunarodni znanstveni skup “Društvo i tehnologija”, Opatija.
- Figurić, M., S. Posavec 2002: Trends in trade of forest products. In: Šupin, M. (ed.): *Marketing and trade in the process of integration to the European Union*: 72–73. Technical University Zvolen, Slovakia.
- Filipan T., A. Pisarović, S. Tišma, A. Farkaš, I. Tikvić, B. Prpić, Z. Seletković, Ž. Zečić 2004: The efficiency of natural correctors in the improvement of degraded forest soils in Tyrol. In: *Proceedings No.1 – Regenerating Mountain Forests*: 60–60. An international Conference of the IUFRO units 1.05.14, 1.05.08, 1.05.00, 1.14.00, Kloster Seeon, Germany.
- Horvat D., A. Kos, Ž. Zečić, A. Jazbec, M. Šušnjar 2005: Concentration of wood dust in the working environment during felling and processing of Beech trees. In: Košir, B. (ed.): *FORMEC 2005 – Scientific cooperation for forest technology improvement*: 123–131. Biotechnical faculty, University of Ljubljana.
- Horvat, D., N. Perak, M. Šušnjar, T. Pentek, T. Poršinsky 2005: Chipping of forest residual after final cut of pedunculate oak stand. In: *Proceedings of International Scientific Conference „Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management“*, Kraków–Krynica, Poland, *Sesja naukowa* 91: 301–310.
- Horvat, D., M. Šušnjar, 2005: Comparison between some technical characteristics of Steyr farming tractors equipped with 3 variants of Tajfun farmi winches and with fixed Tigar winch. In: Robek, R., U. Arzberger (eds.): *Workshop proce-*

- dings „Forest operation improvements in farm forests“: 83–96. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.
- Horvat, D., M. Šušnjar, Ž. Tomašić 2004: New technical and technological solutions in thinning operations of lowland forests. U: Kniewald, Z. (ur.): Zbornik sažetaka postera znanstvenih novaka prikazanih u inozemstvu 2002, 2003. i 2004. godine: 427–427. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb.
- Horvat, D., M. Šušnjar 2003: Application of biodegradable chain-saw lubricants. In: Kolarik, J. (ed.): Proceedings of the 2nd International Scientific Conference “Forest and wood-processing technology and the environment”: 109–121. Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic.
- Horvat, D., Ž. Tomašić 2003: Comparison between skid trail penetration characteristics and tractive performance of adapted farm tractor. In: Kolarik, J. (ed.): Proceedings of the 2nd International Scientific Conference “Forest and wood-processing technology and the environment”. Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic.
- Horvat, D., V. Goglia, M. Šušnjar 2002: Some technical and ergonomic characteristics of thinning skidder Ecotrac. In: Logistics of wood technical production in the Carpathian mountains: 123–134. Tehnicka univerzita vo Zvolene, Slovačka.
- Horvat, D., T. Poršinsky 2001: Research of Forwarder Performance on Hard and Soft Soil. In: Proceedings of a Symposium organized by IUFRO Group 3.11.00 at the XXI IUFRO World Congress: 67–73. Metla-IUFRO-US Forest Service, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Horvat, D., M. Šušnjar 2001: Morphological analysis of farming tractors used in forest works. In: Neruda, J. (ed.): Internationales wissenschaftliches symposium “Mechanisierung der Waldarbeit – Formec 2001”: 27–38. Mendel University of Agriculture and Forestry Brno.
- Kos, A., R. Beljo-Lučić, D. Horvat, K. Šega 2002: Research of air quality at wood-working places in furniture factory. In: Dzurenda, L. (ed.): Trieskove a beztrieskove obradbenie dreva 2002: 103–109. Tehnicka univerzita vo Zvolene, Slovačka.
- Kos, A., R. Beljo-Lučić, D. Horvat 2001: The truth and doubt of oak- and beech-wood dust cancerogenity. In: International conference “Wood – Future material in furniture design”: 51–59. University of Zagreb – Faculty of Forestry & UFI – Paris, Zagreb.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, M. Šušnjar 2003: Timber extraction technologies in Croatian mountainous selection forests. In: Proceedings of Workshop “New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains”: 161–168. Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18–24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO Rome.
- Krpan, A. P. B., Ž. Zečić 2002: Analiza rada zglobnog traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva na nagibima. U: Znanstveno-stručni skup: “Unapređenje tehnologije iskorištavanja šuma na području Uprave šuma Gospić”, Perušić.

- Krpan, A. P. B., Ž. Zečić 2002: Neki rezultati istraživanja traktora Ecotrac V 1033 F. U: Znanstveno-stručni skup: "Predstavljenje rada traktora Ecotrac MS 33 V i prototipa SKIDERA oko 7 tona", 8. studenoga 2002, Bjelovar.
- Krpan, A. P. B., Ž. Zečić 2001: Analyse der arbeit des Knickschleppers Timberjack 240C beim Holzrücken auf den Neigungen. In: Neruda, J. (ed.), Internationales wissenschaftliches symposium "Mechanisierung der Waldarbeit – Formec 2001": 13–26. Mendel University of Agriculture and Forestry Brno.
- Krznar, A., D. Vuletić 2005: Razvojna politika tipoloških istraživanja – znanstvena logistika intenzivnog potrajnog gospodarenja. U: Špac, V. (ur.): Šumarstvo na pragu EU: 39–40. Šumarski institut, Jastrebarsko.
- Martinić, I., A. Dolenc, M. Šporčić 2005: Stajališta stanovništva Hrvatskog Zagorja o općem značenju šume i šumarstva. U: Špac, V. (ur.). Šumarstvo na pragu EU: Šumarski institut, Jastrebarsko.
- Martinić, I., M. Šporčić 2003: Licenciranje izvoditelja šumskih radova – kakav je model prihvatljiv u Hrvatskoj? U: "Promemorija s tematske radionice u Hrvatskom šumarskom društvu", održane 18. ožujka 2003: 1–3. Šumarski fakultet u Zagrebu.
- Motik, D., S. Posavec 2004: Beech and oak species products trade in Croatia. In: Šupin, M. (ed.): Marketing and trade 2004: 184–188. Technical University Zvolen, Slovakia.
- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, D. Horvat, T. Poršinsky 2005: Applicability of computer model of forest road network optimization in the real terrain conditions. In: International Scientific Conference „Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management“, July 15–18, 2005, Sesja naukowa 91: 243–251. Kraków–Krynica, Poland.
- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel 2004: Environmental-ecological component of forest road planning and designing. In: Böhmer, M. (ed.): Proceedings of international scientific conference: "Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment": 94–102. Technical University in Zvolen, Slovakia.
- Pentek, T., D. Pičman, T. Poršinsky 2004: Planning of Forest Roads in Croatian Mountainous Forest by the Use of Modern Technologies. In: Proceedings of the International scientific conference "Forest Engineering: New Techniques, Technologies and the Environment": 380–389. IUFRO, The Ukraine Forestry Academy of Sciences (LANU), The Ukrainian Mountain Forestry Research Institute (UkrNDIGirlis), The State Forestry Management Association "Lvivlis" & The National Nature Park "Hutsulshchyna", Lviv, Ukraine.
- Pentek, T., D. Pičman, A. P. B. Krpan, T. Poršinsky 2003: Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest. In: Proceedings of Austro2003 – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain: 1–12, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Viena, CD-ROM, Austria.

- Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky 2003: Relation between forest roads and extraction machines in sustainable forest management. In: Proceedings of Workshop "New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains": 185–191. Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, Ossiach, Austria.
- Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky 2002: Application of Modern Technologies (GIS, GPS...) in Making Methodological Studies on the Primary Opening of Hilly-Mountain Forests. In: International Forest Information Technology Congress-Forest IT, September 3–4, 2002: 1–10. Helsinki, Finland.
- Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky 2002: Some Consequences of Secondary Forest Roads Construction in Mountainous Area. In: Proceedings of International conference "Logistics of wood technical production in the Carpathian mountains", September 9–10, 2002: 191–198. Zvolen, Slovakia.
- Poršinsky, T., A. P. B. Krpan 2003: Damages during harvester felling in thinning natural hardwood broadleaved stand. In: Kolarik, J. (ed.): Proceedings of the 2nd International Scientific Conference "Forest and wood-processing technology and the environment", Appendix: 1–10. Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno, Czech Republic.
- Poršinsky, T., A. P. B. Krpan 2002: Performance of Timberjack 1070 harvester in sanitary felling. In: Proceedings of International conference "Logistics of wood technical production in the Carpathian mountains", September 9–10, 2002: 200–212, Zvolen, Slovakia.
- Poršinsky, T., A. P. B. Krpan, M. Šušnjar, T. Pentek 2002: Data and algorithms for Modelling Productivity of Forwarder. In: International Forest Information Technology Congress-Forest IT, September 3–4, 2002: 1–14. Helsinki, Finland.
- Posavec, S., K. Greger, M. Figurić 2003: Business analysis as an instrument of crisis management in forestry and wood processing. In: Intercathedra IATM 2003: 106–107. Poznań, Poljska.
- Posavec, S., K. Greger, M. Figurić 2003: Trends and structure of wood products trade in Croatia. In: International scientific conference "Marketing and trade 2003": 259–264. Zvolen, Slovačka.
- Posavec, S. 2002: Tendenzen im handel mit Holzprodukten. In: 35. Forstökonomisches Kolloquium, Institut für Forstökonomie, Universität Göttingen.
- Posavec, S. 2002: The interaction of forestry and wood processing in creating a product of good quality in Croatia. In: Linczenyi, A. (ed.), Moderne pristupy k manazerstvu podnikov: 303–307. Slovenska technicka univerzita Bratislava, Trnava.
- Posavec, S. 2001: Managing costs in forestry. In: Ways to improving woodworking industry and transitional economics, International symposium. Predvor, Slovenia.
- Šajković, A. 2002: Stavovi studenata šumarstva prema gen-tehnologijama. U: Žimbrek, T., D. Kovačić (ur.): Zbornik plenarnih izlaganja i sažetaka: 180–180. Hrvatsko agro-ekonomsko društvo (HAED), Zagreb.

- Šajković, A. 2001: Stavovi studenta šumarstva prema gen-tehnologijama. U: Plenковиć, M. (ur.): Informatologija 34(3–4). Hrvatsko komunikološko društvo, Zagreb.
- Šajković, A., K. Korenčić Kampl 2001: Stavovi studentske populacije prema globalizaciji u Hrvatskoj. U: Matić, D. (ur.): Globalizacija i hrvatsko društvo. HSD, Zagreb.
- Šegotić, K., M. Šporčić, I. Martinić 2003: The choice of a working method in forest stand thinning. In: SOR ž03 – Proceedings of The 7th International Symposium on Operational Research in Slovenia, September 24–26, 2003: 153–159. Podčetrtek, Slovenia.
- Tikvić, I., Ž. Zečić, Z. Seletković, D. Posarić 2005: Struktura i iskorištenje drvnog obujma oštećenih i odumrlih stabala hrasta lužnjaka na primjeru iz Spačve. U: Špac, V. (ur.): Šumarstvo na pragu EU: 67–68. Šumarski institut, Jastrebarsko.
- Tikvić, I., Z. Seletković, Ž. Zečić, D. Puntarić, D. Ugarković 2004: Utjecaj brdskih šumskih ekosustava na kvalitetu vode u vodotocima. U: Matić, S., E. Klimo (ur.): Protuerozijska i vodozaštitna uloga šume i postupci njezina očuvanja i unapređenja: 34–34. Akademija šumarskih znanosti Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Tehnology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Vrbek, B., M. Benko, D. Vuletić, T. Littvay, T. Dubravac 2005: Deposition monitoring in forest ecosystems in Croatia. In: Innes, J., I. K. Edwards, D. J. Wilford (eds.): The International Forestry Review, Abstracts XXII IUFRO World Congress: 90–90. Brisbane.
- Vuletić, D., E. Paladinić 2005: Krajobrazne i turističke vrijednosti šuma NP "Krka". U: Marguš, D. (ur.): Rijeka Krka i Nacionalni park "Krka", Knjiga sažetaka: 52–52, Šibenik.
- Vuletić, D., V. Vencl, L. Szivovicza, E. Paladinić 2005: Rezultati ispitivanja sklonosti turista ka boravku u šumi i odnosa prema ekološkim i socijalnim uslugama šuma. U: Špac, V. (ur.): Šumarstvo na pragu EU: 44–45. Šumarski institut, Jastrebarsko.
- Zečić, Ž., T. Pentek 2005: Characteristics and Factors of Teamwork in Harvesting Natural Broadleaved Stands. In: Koprivanec, N. (ed.): 1st Internationale Symposium on Environmental Management: 221–235. University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology.

DISERTACIJE DOCTORAL DISSERTATION

- Kos, A. 2002: Istraživanje utjecaja režima rada radnih strojeva i kakvoće odsisa na radno okruženje pogona finalne obrade drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 123 str.
- Pentek, T. 2002: Računalni modeli optimizacije mreže šumskih cesta s obzirom na dominantne utjecajne čimbenike. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 271 str.

- Poršinsky, T. 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 170 str.
- Posavec, S. 2005: Dinamički modeli utvrđivanja vrijednosti šuma. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 140 str.
- Prka, M. 2005: Čimbenici kakvoće bukovih sortimenata iz prorednih i oplodnih sječina Bjelovarske Bilogore. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 171 str.
- Šušnjar, M. 2005: Istraživanje međusobne ovisnosti značajki tla traktorske vlake i vučne značajke skidera. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 146 str.
- Vuletić, D. 2002: Metode vrednovanja cjelovitog učinka turističko-rekreativnih usluga šuma za otok Korčulu kao pilot objekt. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 337 str.
- Zečić, Ž. 2003: Optimizacija skupnoga rada pri eksploataciji bjelogoričnih prorednih sastojina panonskog gorja. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 313 str.

MAGISTARSKI RADOVI MASTER'S THESIS

- Malnar, M. 2001: Tehničko-tehnološki čimbenici prijevoza drva u brdsko gorskim uvjetima na primjeru šumarije Prezid. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 139 str.
- Paladinić, E. 2005: Redizajniranje modela procjene drvnih sortimenata bukve iz prethodnog prihoda. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 138 str.
- Perak, N. 2004: Proučavanje ergonomskih, proizvodnih i troškovnih značajki strojne metode uspostave šumskog reda u nizinskim šumama spačvanskog bazena. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 95 str.
- Petreš, S. 2004: Privlačenje oblovine zglobnim traktorima LKT 81T i Timberjack 225A iz dovršne sječine hrasta lužnjaka s osvrtom na oštećivanje mladog naraštaja. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 222 str.
- Prka, M. 2001: Udio i kakvoća šumskih sortimenata u oplodnim sječama bukovih sastojina Bjelovarske Bilogore. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 104 str.
- Šporčić, M. 2003: Uspostava modela potvrđivanja izvoditelja šumskih radova. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 100 str.
- Šušnjar, M. 2002: Neke značajke kakvoće stabala obične jele (*Abies alba*, Mill.) u gospodarskoj jedinici Belevina Nastavno-pokusnog šumskog objekta Zalesina. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 156 str.
- Žagar, K. 2004: Primjena šumske žičare Mini Urus u brdskom području parka prirode Papuk. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 89 str.

OSTALI RADovi
ANOTHER PAPERS

- Benko, M., B. Vrbek, B. Liović, B. Pleše, A. Seletković, J. Medak, E. Paladinić, V. Viličić, T. Grgurić, D. Trnski 2005: Program za gospodarenje šumama Nacionalnog parka "Mljet" – privatne šume. Šumarski institut Jastrebarsko, str. 1–78 + I–V, Jastrebarsko.
- Benko, M., B. Vrbek, T. Dubravac, D. Vuletić; V. Novotny, V. Krejči, I. Pilaš, J. Medak, V. Viličić, E. Paladinić, V. Lindić 2005: Istraživanje i kartiranje šuma i šumskog zemljišta nacionalnog parka "Krka", Studija, Nacionalni park "Krka", Šibenik.
- Benko, M., E. Paladinić, A. Seletković, 2005: Program za gospodarenje šumama Nacionalnog parka "Mljet" – državne šume. Šumarski institut Jastrebarsko, str. 1–106+ I–VII, Jastrebarsko.
- Goglia, V., D. Horvat, M. Šušnjar, I. Đukić 2003: Rezultati ispitivanja nekih tehničkih i ergonomskih značajki prorednog skidera ECOTRAC MS 33 V nakon ugradnje "tihe" kabine, sidrene stražnje daske i rekonstruirane prednje daske. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Goglia, V., D. Horvat 2002: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomskih značajki šumskog prorednog skidera ECOTRAC MS 33 V. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Goglia, V., D. Horvat 2002: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomskih značajki šumskog vitla MS 2 x 35 montiranog na proredni skider ECOTRAC MS 33 V. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Goglia, V., D. Horvat, M. Šušnjar 2002: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomskih značajki šumskog prorednog skidera TIBOTRAC. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Horvat, D., M. Šušnjar 2005: Sigurnosne značajke skidera ECOTRAC 120 V (ocjena prema relevantnim ISO normama). Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Horvat, D., M. Šušnjar 2005: Tehničke značajke skidera ECOTRAC 120 V. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Horvat, D., A. P. B. Krpan, T. Pentek, M. Oršanić, D. Pičman, T. Poršinsky, M. Šušnjar, I. Stankić, H. Nevečerel, D. Drvodelić 2005: Šumska žičara – Okolišno povoljna tehnika i tehnologija pridobivanja drva iz privatnih šuma na području grada Zagreba. Prethodno izvješće, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 38 str.
- Horvat, D., M. Šušnjar 2004: Rezultati istraživanja dobrote primjene QMI zaštitnoga ulja za poboljšanje podmazivanja motora. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Horvat, D., V. Goglia, M. Šušnjar, I. Đukić 2004: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomskih značajki skidera ECOTRAC 120V. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

- Horvat, D., V. Goglia, M. Šušnjar, I. Đukić 2004: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomskih značajki prorednog skidera ECOTRAC 55V. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Horvat, D., M. Radoš 2003: Studija izvodljivosti "Razvoj, izrada i ispitivanje prototipa specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7 t". Šumarski fakultet u Zagrebu, 36 str.
- Horvat, D., Šušnjar, M., 2003: Temeljni sigurnosni i tehnički zahtjevi ISO normi za konstrukciju skidera. Studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 98 str.
- Krpan, A. P. B., Ž. Zečić 2004: Prethodno izvješće o organizaciji skupnoga rada pri oplodnim sječama na području Uprave šuma Karlovac. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Krpan, A. P. B., Ž. Zečić, T. Poršinsky 2004: Neki izvori biomase u Hrvatskoj. Okrugli stol "Dobivanje energije iz biomase". Dani slavonske šume, Našice, 9–12. rujna 2004, Zbornik CD-ROM, 16 str.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, Ž. Zečić 2003: Studija o potrebnoj veličini zglobnog traktora (skidera) temeljem sastojinskih prilika glavnoga prihoda i primjenjene tehnologije. Znanstvena studija izrađena u sklopu tehnološkog projekta Ministarstva znanosti i tehnologije "Razvoj, ispitivanje i proizvodnja specijalnog šumskog vozila skidera mase do 7 t (TP-C37/2002)", Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 41 str.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky 2002: Djelotvornost strojne sječe i izradbe u sastojinama tvrdih i mekih listača. Znanstvena studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 40 str.
- Krpan, A. P. B., D. Horvat, T. Poršinsky, M. Šušnjar 2002: Tehničke i tehnološke značajke kamiona SCANIA P124 B 6x4 NZ400, prikolice Narkö i dizalica Jonsered 1090. Znanstvena studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 69 str.
- Martinić, I., Ž. Zečić, T. Poršinsky 2005: Izvješće o provedbi projekta "Usustavljenje normi i normative" – Izvješće br. 1. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 19 str.
- Martinić, I., Ž. Zečić, T. Poršinsky, 2005: Izvješće o provedbi projekta „Usustavljenje normi i normativa“, Izvješće br. 2. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 64 str.
- Pentek, T., T. Poršinsky 2002: Croatia-Forestry Statement. 24th session of Joint FAO/ECE/ILO Committee on Forest Technology, Management and Training. Ennis, Co. Clare, Ireland, September 12–14, 2002. <http://www.unece.org/trade/timber/docs/jc-sessions/jc-24/reports/croatia.pdf>
- Pičman, D., T. Pentek, 2004: Tehničke značajke sekundarnih šumskih prometnica u karakterističnim sastojinskim i stojbinskim uvjetima kao podloga za određivanje pogodnih dimenzija skidera. Elaborat, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

- Posavec, S., K. Greger, M. Figurić 2004: The analysis of non-wood forest products. University of Zagreb, Faculty of forestry, Croatia, 67–72.
- Puntarić, D., A. Kos, Z. Šmit, Ž. Zečić, K. Šega, R. Beljo Lučić, D. Horvat, J. Bošnjir 2004: Wood Dust Exposure in Wood Industry and Forestry. In: Čulig, J. (ed.), *Stručni i znanstveni radovi Zavoda za javno zdravstvo grada Zagreba, Pregled 2004*, Zagreb, pp. 28–28.
- Šegotić, K., M. Šporčić, I. Martinić 2003: The Choice of a Working Method in Forest Stand Thinning. In: Zadnik, Bastić & Drobne (eds.), *Proceedings on the 7th International Symposium on Operational Research in Slovenia, Podrčetrtek, Slovenija*, 153–159.

RADOVI ZA OBJAVU PAPERS PREPARED FOR PRINTING

Sljedeći su radovi pripremljeni kao završno izvješće po zadacima Projekta 2 te su objavljeni u edicijama Šumarskoga fakulteta u Zagrebu (*Glasnik za šumske pokuse*) i Šumarskoga instituta Jastrebarsko (*Radovi*):

- Krpan, A. P. B., I. Stankić 2006: Projekt 2 u istraživačkom razdoblju 2001. – 2005.
- Krpan, A. P. B., M. Prka, Ž. Zečić 2006: Pojava i značajke neprave srži u bukovim prorednim i oplodnim sječama gospodarske jedinice „Bjelovarska Bilogora“.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky 2006: Proizvodnost sječe i izradbe drva u Hrvatskoj – ili da li nam je nužan tehnološki skok?
- Zečić, Ž., A. P. B. Krpan 2006: Primjena skupnoga rada pri pridobivanju drva u prorednim sastojinama brdskog područja.
- Zečić, Ž. 2006: Usporedba djelotvornosti traktora Ecotrac 120V pri privlačenju drva u brdskim i gorskim uvjetima.
- Poršinsky, T., I. Stankić 2006: Djelotvornost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske.
- Poršinsky, T., I. Stankić 2006: Okolišna pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske.
- Horvat, D., M. Oršanić, N. Pernar, M. Šušnjar, D. Drvodelić, D. Bakšić 2006: Utjecaj biorazgradivoga i mineralnog ulja na klijanje sjemena i rast sadnica hrasta lužnjaka.
- Horvat, D., M. Šušnjar 2006: Dinamičko opterećenje kotača skidera pri privlačenju drva.
- Pičman, D., T. Pentek, H. Nevečerel 2006: Katastar šumskih prometnica – postojeće stanje, metodologija izradbe i polučene koristi
- Pičman, D., T. Pentek, H. Nevečerel 2006: Otvaranje šuma šumskim cestama – odabir potencijalnih lokacija trasa budućih šumskih cesta.
- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel 2006: Definiranje faza postupaka optimiziranja mreže ŠC-a s dizajniranim dijagramima toka podataka.
- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel 2006: Uspostava optimalne mreže šumskih cesta na terenu – smjernice unapređenja pojedine faze rada.

- Vondra, V., J. Bartolčić 2006: Značaj revirnog ustroja šumarija za rukovoditelje stručnih i poslovnih funkcija u Hrvatskim šumama d.o.o. Zagreb.
- Vondra, V., J. Bartolčić 2006: Mnijenje šumarijskih inženjera o nedrvoproizvodnim funkcijama šuma u Hrvatskoj.
- Martinić, I., M. Šporčić, V. Vondra 2006: Inovacijski procesi kao ključ provedbe hrvatske šumarske politike.
- Martinić, I., M. Šporčić, V. Vondra 2006: Jesu li kvaliteta i sigurnost šumskog rada zaboravljene dimenzije šumarskog inženjerstva?
- Posavec, S. 2006: Analiza upravljanja troškovima u šumarstvu.
- Šajković, A. 2006: Opstanak šuma kroz latentnu strukturu mišljenja studenata šumarstva.
- Šporčić, M., K. Šegotić, I. Martinić 2006: Efikasnost prijevoza drva kamionskim skupovima određena analizom omeđivanja podataka.
- Vuletić, D., E. Paladinić 2006: Modeliranje procjene sortimentne strukture dubelih stabala bukve.
- Vuletić, D., E. Paladinić, G. Petrač 2006: Rezultati ankete o sporednim šumskim proizvodima i nedrvoproizvodnim uslugama šuma.

ZNANSTVENI I STRUČNI SKUPOVI SCIENTIFICALLY AND PROFESSIONAL MEETINGS

- 2001: "Vrhunske tehnologije pridobivanja drva", Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za iskorištavanje šuma Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, tvrtka Timberjack.
- 2001: Biomasa alepskog bora (*Pinus halepensis* Mill.) u kulturama zadarske provenijencije, Znanstveno-stručni skup, Zadar, 30. ožujka 2001.
- 2001: Primjena mehanizirane sječe i izradbe četinjača harvesterom Timberjack 1070 na području Šumarije Ogulin, "Dani hrvatskog šumarstva 2001", 11. do 14. lipnja 2001, Ogulin.
- 2001: Savjetovanje o gospodarenju kulturama četinjača u Istri, Znanstveno-stručni skup, Poreč-Buje, 26–27. 4. 2001.
- 2001: Development trends of processes management in wood processing industry and in forestry, Tehnicka univerzita vo Zvolene, Slovačka.
- 2001: Globalizacija i hrvatsko društvo, Zagreb, HSD.
- 2001: Intercathedra, No. 17, Poznań.
- 2001: IUFRO Group 3.11.00 at the XXI IUFRO World Congress 7–12 August 2000, Kuala Lumpur–Malaysia, Metla-IUFRO-US Forest Service.
- 2001: 35. Internationales wissenschaftliches symposium "Mechanisierung der Waldarbeit – Formec 2001", Mendel University of Agriculture and Forestry Brno.
- 2001: "Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama", Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut Jastrebarsko, "Hrvatske šume" p. o. Zagreb, Zagreb, 20 – 21. 12. 2001.

- 2001: Stručni skup o uporabi žičara u gorskim uvjetima s prikazom rada žičare Larix 3T i Larix Combi češke proizvodnje. Krasno, 27. 6. 2001.
- 2001: Ways to improving woodworking industry and transitional economics, International symposium, Predvor, Slovenija.
- 2001: Hrvatsko komunikološko društvo, Zagreb.
- 2002: Hrvatsko agroekonomsko društvo (HAED), Zagreb.
- 2002: Marketing and trade in the process of integration to the European Union, Tehnicka univerzita vo Zvolene, Slovačka.
- 2002: Logistics of wood technical production in the Carpathian mountains, Slovačka.
- 2002: Trieskove a beztrieskove obradbenie dreva 2002, Tehnicka univerzita vo Zvolene, Slovačka.
- 2002: Znanstveno-stručni skup: Unapređenje tehnologije iskorištavanja šuma na području Uprave šuma Gospić, Perušić.
- 2002: Znanstveno-stručni skup: Predstavljenje rada traktora Ecotrac MS 33 V i prototip SKIDER 7 tona, Bjelovar, 8. studenoga 2002.
- 2002: International conference “Logistics of wood technical production in the Carpathian mountains”, September 9–10, 2002, Zvolen, Slovačka.
- 2002: International Forest Information Technology Congress-Forest IT, September 3–4, 2002, Helsinki, Finska.
- 2002: International conference “Logistics of wood technical production in the Carpathian mountains”, September 9–10, 2002, Zvolen, Slovačka.
- 2002: Moderne pristupy k manazerstvu podnikov, Linczenyi, A.(ur.), Slovenska technicka univerzita Bratislave, Trnava.
- 2002: Međunarodni znanstveni skup “Društvo tehnologija”, Opatija.
- 2002: Međunarodni kolokvij “Marketing a obchod 2002”, Zvolen, Slovačka.
- 2002: Interantional scientific conference KMaK 2002, Trnava, Slovačka.
- 2002: 35. Forstekonomisches Kolloquium, Institut für Forstekonomie, Universität Göttingen.
- 2002: Predstavlanje rada traktora ECOTRAC MS 33 V i prototip SKIDER 7 tona, Znanstveno-stručni skup, Bjelovar, 8. studenoga 2002.
- 2003: The 7th International Symposium on Operational Research in Slovenia, Podčetrtek, Slovenia, September 24–26, 2003.
- 2003: 1st Internationale Symposium on Enviromental Management, University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Croatia, October 1 – 3, 2003.
- 2003: Terenski prikaz rada žično-transportnih sustava na privlačenju drvnih sortimenata, 14. 5. 2003, Orahovica.
- 2003: Workshop “New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains”, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18–24 June 2001, Ossiach, Austrija.
- 2003: 8. hrvatski biološki kongres, Hrvatsko biološko društvo 1885–2003, Zagreb.

- 2003: 2nd International Scientific Conference “Forest and wood-processing technology and the environment”, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Republika Češka.
- 2003: Radionica u Hrvatskom šumarskom društvu, održana 18. ožujka 2003, Zagreb.
- 2003: Scientific Conference “Forest and Wood-Processing Technology vs. Environment-ForTechenvi Brno 2003”, May 26–30, 2003, Brno, Czech Republic, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno & IUFRO WG 3.11.00.
- 2003: Intercathedra IATM 2003, Poznań, Poljska, 106–107.
- 2003: International scientific conference “Marketing and trade 2003”, Zvolen, Slovačka.
- 2003: Austro2003 – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, 5–9. 10. 2003, Schlaeg, Austrija
- 2004: Marketing and trade 2004, Tehnicka univerzita vo Zvolene, Slovačka.
- 2004: Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment, Technical University in Zvolen, Slovakia, 16th-17th September 2004.
- 2004: Informatorlogija 2004, Hrvatsko komunikološko društvo, Zagreb.
- 2004: Intercathedra, No. 20, Akademia Rolnicza, Poznań.
- 2004: Regenerating Mountain Forests, An international Conference of the IUFRO units 1.05.14, 1.05.08, 1.05.00, 1.14.00, Kloster Seeon, Njemačka.
- 2004: Protuerozijska i vodozaštitna uloga šume i postupci njezina očuvanja i unapređenja, Akademija šumarskih znanosti Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Tehnology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- 2004: International scientific conference “Forest Engineering: New Techniques, Technologies and the Environment“, IUFRO, The Ukraine Forestry Academy of Sciences (LANU), The Ukrainian Mountain Forestry Research Institute (UkrNDIGirlis), The State Forestry Management Association “Lvivlis”, The National Nature Park Hutsulshchyna”, 5–10 October 2004, Lviv, Ukrajina.
- 2004: Premijerno predstavljanje skiddera Ecotrac 120V, Prikaz razvoja skiddera Ecotrac 120V, Znanstveno-stručni skup, Bjelovar, 26. 3. 2004.
- 2005: Strukovna radionica »Definiranje tehnologija u iskorištavanju šuma za smanjenje normativa«, 11. veljače 2005, Delnice.
- 2005: Strukovna radionica «Usustavljenje normi i normativa» Norme-privlačenje, 30. lipnja 2005. šumarija N.Vinodolski.
- 2005: Strukovna radionica «Usustavljenje normi i normativa» Norme-privlačenje, 5. srpnja 2005. šumarija Velika Pisanica.
- 2005: Strukovna radionica «Usustavljenje normi i normativa» Norme-privlačenje, 7. srpnja 2005, Šumarija Našice.
- 2005: International IUFRO Symposium – Small-scale Forestry in a Changing Environment, May 30–June 4, 2005, Vilnius, Litva.
- 2005: IUFRO Kongres, Brisbane, Australija.

- 2005: FORMEC 2005 – Scientific cooperation for forest technology improvement, Biotechnical faculty, University of Ljubljana.
 2005: International Scientific Conference „Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management“, July 15–18, 2005, Kraków–Krynica, Poljska.
 2005: Workshop proceedings “Forest operation improvements in farm forests”, Food and agriculture organization of the United Nations, Rome.
 2005: Šumarstvo na pragu EU–60 godina rada i razvoja šumarskih instituta u Hrvatskoj, 24–25. 11, Stubičke Toplice.
 2005: Rijeka Krka i Nacionalni park “Krka”, Šibenik.
 2005: Internationale Symposium on Enviromental Management, University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology.

AUTORI AUTHORS

Autori se navode prema abecednom redu. Prva brojka obilježava ukupni broj radova u kojima se navedeni pojavljuje kao autor ili koautor. Brojka u zagradi označuje broj radova u kojima je imenovani prvi autor.

Avdibegić, M.	1(1)	Jazbec, A.	1	Pernar, N.	1	Šegotić, K.	3(2)
Bakšić, D.	1	Jurišić, I.	1	Petreš, S.	1(1)	Šmit, Z.	1
Bartolčić, J.	1	Jurjević, P.	1(1)	Pičman, D.	20(7)	Šporčić, M.	16(8)
Beljo-Lučić, R.	5	Kajba, D.	1(1)	Pilaš, I.	1	Šušnjar, M.	29(2)
Benko, M.	5(3)	Korenčić Kampl, K.	2(1)	Pisarović, A.	1	Tikvić, I.	3(2)
Bešlić, I.	3	Kos, A.	9(5)	Pleše, B.	1	Tišma, S.	1
Bogdan, S.	1	Krejči, V.	1	Poršinsky, T.	38(10)	Tomašić, Ž.	3
Bošnjir, J.	2	Knežević, I.	1	Posarić, D.	1	Tustonjić, A.	1
Čavlović, A.	1	Krpan, A.P.B.	33(20)	Posavec, S.	27(14)	Ugarković, D.	1
Čavlović, J.	2(1)	Kružić, T.	1	Potočnik, I.	2(1)	Viličić, V.	2
Dekanić, S.	2	Krznar, A.	1(1)	Prka, T.	4(2)	Vondra, V.	7(2)
Dolenc, A.	1	Liović, B.	1	Prpić, B.	1	Vrbek, B.	5(1)
Domac, J.	1	Lindić, V.	1	Puljak, S.	1	Vuletić, D.)	18(8)
Drvodelić, D.	2	Littvay, T.	2	Puntarić, D.	3(2)	Žagar, K.	1(1)
Dvorščak, P.	1	Madenić-Z. V.	1	Radoš, M.	1	Zečić, Ž.	29(11)
Dubravac, T.	5(3)	Malnar, M.	1(1)	Risović, S.	2	Žgela, T.	1
Đukić, I.	1	Marčetić, D.	1	Sabo, A.	2(1)		
Farkaš, A.	1	Marenče, J.	1	Sabadi, R.	3(1)		
Figurić, M.	11(7)	Martinić, I.	21(14)	Sever, S.	2(2)		
Filipan, T.	1(1)	Medak, J.	2	Seletković, A.	2		
Goglia, V.	8(4)	Motik, D.	2(2)	Seletković, Z.	3		
Gračan, J.	1	Nevečeral, H.	10	Spinelli, R.	1		
Greger, K.	8(1)	Novotny, V.	1	Stankić, B.	1		
Grgurić, T.	1	Oršanić, M.	2	Stankić, I.	7		
Grladinović, T.	1(1)	Paladinić, E.	8(1)	Szirovicza, L.	1		
Hengl, T.	1(1)	Pentek, T.	25(12)	Šajković, A.	8(7)		
Horvat, D.	39(25)	Perak, N.	2(1)	Šega, K.	4		

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Projekt 2 se sastoji od četiriju potprojekata s ukupno 22 istraživačka zadatka. Na istraživačkim je zadacima surađivao vrlo velik broj suradnika iz Direkcije, UŠP i šumarija Hrvatskih šuma d. o. o. Zagreb te znatan broj suradnika iz inozemstva. U radu se od rezultata istraživanja navode objave prema hrvatskoj znanstvenoj bibliografiji. Osim objavama protok se informacija i stečenih spoznaja odvijao preko međunarodnih i domaćih savjetovanja i radionica te su i one navedene. U proteklom istraživačkom razdoblju objavljeno je 11 poglavlja u knjigama, 5 znanstvenih radova citiranih u CC časopisima te 135 radova u glasilima i zbornicima savjetovanja. Izrađeno je i obranjeno 8 disertacija i 8 magistarskih radova te 27 znanstveno-stručnih studija. Istraživači su aktivno sudjelovali na 59 domaćih i međunarodnih znanstvenih i stručnih skupova.

U radu su navedeni samo neki rezultati. Mnoga su istraživanja u tijeku ili završena, ali još neobjavljena. Objavom će dosegnute nove spoznaje postati baštinom šumarske znanosti i struke i osnovom za unapređivanje gospodarenja hrvatskim šumama.

LITERATURA LITERATURE

- Anon. 2002: Izvješće o izvršenju plana istraživanja za 2001. godinu. Šumarski institut Jastrebarsko, Šumarski fakultet Zagreb, Hrvatske šume p. o., Zagreb, 274 str.
- Anon. 2003: Izvješće o izvršenju plana istraživanja za 2002. godinu. Šumarski institut Jastrebarsko, Šumarski fakultet Zagreb, Hrvatske šume d.o.o., Zagreb, 343 str.
- Anon. 2004: Izvješće o izvršenju plana istraživanja za 2003. godinu. Šumarski institut Jastrebarsko, Šumarski fakultet Zagreb, Hrvatske šume d.o.o., Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 336 str.
- Anon. 2005: Izvješće o izvršenju plana istraživanja za 2004. godinu. Šumarski institut Jastrebarsko, Šumarski fakultet Zagreb, Hrvatske šume d.o.o., Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 378 str.
- z Matić, S., A. P. B. Krpan, J. Gračan (ur.), 2001: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut Jastrebarsko, znanstvena knjiga, 636 str.
- z Mayer, B. (ur.), 1996: Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava – knjiga 1, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut Jastrebarsko, znanstvena knjiga, 422 str.
- z Sever, S. (ur.), 1996: Zaštita šuma i pridobivanje drva – knjiga 2, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut Jastrebarsko, znanstvena knjiga, 430 str.

PROJECT 2 IN PREVIOUS RESEARCH PERIOD 2001 – 2005

SUMMARY

This paper presents Project 2 – *Utilization and Managing Capital in Forestry*, its structure and achieved results in the last five years of research. The project consists of four subprojects including total of 22 research tasks. The important fact is that a large number of participants from the Management, UŠP and Forestry of Hrvatske šume d. o. o., Zagreb and a vast number of participants from abroad worked on this project, which gives special significance to the project constitution that is of international level. This paper includes, from research results, issues according to Croatian science bibliography. In addition to these issues, information flow and acquired cognitions were conducted by international and home consultancies and workshops, also stated in the paper. Within the research period 11 chapters in different books, 5 science papers cited in CC journals, 135 papers in journals and collections of papers were published, 8 dissertations were created and presented as well as 8 master's degree papers and 27 science and professional studies. Researchers actively participated in 59 home and international science-professional assemblies.

Key words: Projekt 2, structure, bibliography, achieved results

UDK: 630*641

PROIZVODNOST SJEČE I IZRADBE DRVA U HRVATSKOJ ILI – DA LI NAM JE NUŽAN TEHNOLOŠKI SKOK?

PRODUCTIVITY OF FELLING AND PROCESSING IN CROATIA – OR IS THERE A NEED FOR TECHNOLOGICAL JUMP?

ANTE P. B. KRPAN, TOMISLAV PORŠINSKY

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U Hrvatskoj se sječa i izradba stabala izvodi djelomično mehanizirano motornim pilama. Od uvođenja motornih pila lančanica za jednoga radnika početkom 60-ih godina dvadesetoga stoljeća primjenjuju se pretežito motorne pile marke Stihl. Strojna sječa izvedena je samo pokusno. U radu se analizira proizvodnost ručno-strojne sječe i izradbe u trgovačkom društvu „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb na osnovi podataka poslovnoga izvješća za 2004. godinu i uspoređuje s iskustvima strojne sječe harvesterom. Pretežiti dio proizvodnje obloga drva otpada na vlastite radnike (65,4 %). Na samoizradbu otpada 18,1 %, a na poduzetničku uslugu 16,5 %. Srednji dnevni učinak raspodijeljen na sve zaposlenike trgovačkoga društva „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb (9179 djelatnika) iznosi 1,4 m³. Srednji dnevni učinak proizvodnih radnika (4696) je 2,7 m³ i radnika sjekača 7,2 m³. Mogući se učinak harvestera u vrbovoj kulturi kreće u rasponu od 3,8 m³/h (30,4 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera od 10 cm do 68,1 m³/h (544 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera 40 cm. Mogući se učinak harvestera u bjelogoričnoj sastojini kreće u rasponu od 2,1 m³/h (16,8 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera od 10 cm do 28,5 m³/h (228 m³/dan) kod stabala prsnog promjera od 38 cm. U kombinaciji harvester – sjekač učinkovitost se kreće u rasponu od 7,5 m³/h (60 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera 25 cm do 16,7 m³/h (133,6 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera od 56 cm.

Ključne riječi: sječa i izradba u Hrvatskoj, stupanj mehaniziranosti, proizvodnost

UVOD I PROBLEM ISTRAŽIVANJA INTRODUCTION AND PROBLEM OF RESEARCH

Do 1960. šumski su radnici sječu i izradbu stabala izvodili ručnim alatom. Ranijih 60-ih godina prošloga stoljeća motorne pile za jednoga radnika ubrzano istiskuju ručne alate i prijašnje organizacije rada. Uvođenjem motornih pila lančanica

sječa se i izradba djelomično mehanizira, govori se o ručno-strojnom radu. To je prvi uspješni i povijesni skok u mehaniziranju sječe i izradbe, iako su motorne pile, dobivene na ime ratne odštete, pokušane uvesti nakon 1945. godine. Tada je, u ondašnju Jugoslaviju, stiglo oko 2000 pila za dva radnika, međutim, pokazavši se neprikladnima ubrzo nestaju.

Od uvođenja motornih pila za jednoga radnika do današnjih se dana u Hrvatskoj stabla sijeku i izrađuju ručno-strojno. Unapređenja su usmjerena prema primjeni tehnički savršenijih motornih pila, boljemu obrazovanju i boljoj osobnoj zaštiti šumskoga radnika te poboljšanoj organizaciji rada. U tržišnoj utrci proizvođači motornih pila slijede poznatu razvojnu liniju: manja masa, veća snaga, povećana sigurnost rada, povećana zaštita od vibracija, buke i ispušnih plinova uz energetska i okolišna pogodnost. Od uvođenja motornih pila lančanica za jednoga radnika početkom 60-ih godina dvadesetoga stoljeća primjenjuju se pretežito motorne pile marke Stihl.

Struka teži obrazovanomu šumskom radniku i poboljšanim oblicima rada. Kako je ranih osamdesetih dosegnut zenit povećanja učinkovitosti pojedinačnoga rada s naslova uvođenja motorne pile na sječi i traktora na privlačenju, počinje se uvoditi skupni rad kao viši oblik organizacije rada. U prvi se plan izdižu okolišne i



Slika 1. Ručno-strojna sječa i izradba
Figure 1 Motor-manual felling and
processing

zaštitne sastavnice šumskih radova uopće, oštro se sučeljavajući s nužnošću održavanja dohodovnosti dovoljne za pokrivanje troškova poslovanja te jednostavne i proširene biološke reprodukcije.

Razvoj mehanizacije i tehnologija iskorištavanja šuma donosi sukobe unutar određenih šumarskih djelatnosti i potrebu usklađivanja modela upravljanja šumskom bioproizvodnjom sa zahtjevima novoga vremena. Promjene društvenopolitičkoga i ekonomskoga sustava nastale 1990. godine slijedi promjena makroorganizacije šumarstva. U siječnju 1991. usustavljeno je centralizirano javno poduzeće za gospodarenje državnim šumama sa sjedištem u Zagrebu, koje upravlja s više od 80 % šuma u Hrvatskoj. Nejasan položaj iskorištavanja šuma i promjene motrišta menadžmenta u tadašnjem javnom poduzeću u odnosu na ona u bivšem društvenopolitičkom ustroju, uz ratne posljedice, djeluju na tehničko-tehnološku razinu dosegnutu u dotadašnjem razdoblju u smislu njezina urušavanja. Tek kada je postalo jasno (1998) da poduzetništvo u postojećem okruženju nije u stanju preuzeti zadani obujam poslova (posjeći, izraditi i privući oko 4,0 mil. m³ drva), počinje novi investicijski val usmjeren prema sredstvima za micanje drva po bespuću (traktori, forvarderi) te za daljinski transport. Dobavljaju se 42 zglobna traktora Timberjack 240 C i 50 poljoprivrednih traktora Steyr, osam forvardera (Timberjack 1210, 1410 i 1710 i Valmet 860), 16 suvremenih kamiona MAN s prikolicom i dizalicom za prijevoz drva te drugi strojevi i oprema (Tarnaj 2000). U godinama koje slijede nastavlja se sličan trend, s tim da se u privlačenju težište usmjerava na razvoj i primjenu domaćih šumskih zglobnih traktora (Hitner – Bjelovar). Istodobno se zadržava ista razina mehaniziranosti sječe i izradbe.

Tek početkom novoga tisućljeća u poduzeću se počinje razmišljati o unapređenju sječe i izradbe. Tako će se u lipnju 2001. prvi put u Hrvatskoj probno pojaviti jednozahvatni harvester Timberjack 1070 u 40-godišnjoj kulturi običnoga bora na području UŠ Ogulin, a u rujnu 2002. harvester Timberjack 1270 u vrbovoj kulturi i proredi 80-godišnje prirodne bjelogorične sastojine na području uprava šuma Koprivnica i Bjelovar. Probne strojne sječe pratila je struka i znanost, što je rezultiralo većim brojem tematskih radionica i objava u stručno-znanstvenim glasilima (Krpan i Poršinsky 2001, Krpan i Poršinsky 2002A, Krpan i Poršinsky 2002b, Krpan i Poršinsky 2004a, Krpan i Poršinsky 2004b, Krpan i dr. 2004, Poršinsky i dr. 2004, Slunjski i Bedeković 2003). No, na tome se stalo.

PROIZVODNOST PRI RUČNO-STROJNOJ SJEČI I IZRADBI PRODUCTIVITY OF MOTOR-MANUAL FELLING AND PROCESSING

Zadaća je ovoga priloga analiza djelotvornosti ručno-strojne sječe i izradbe drva u trgovačkom društvu „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb, koja će se provesti na temelju godišnjega izvješća za 2004. godinu te usporedbi s dosadašnjim iskustvima pri strojnoj sječi. Navedena je godina izabrana s razlogom, jer je tijekom nje dose-

gnuta najveća proizvodnja šumskih drvnih sortimenata od ustroja jedinstvenoga poduzeća u hrvatskoj državi, i to 3 878 429 m³ neto obloga drva. Taj obujam sječe i izradbe većinom su dosegli vlastiti radnici trgovačkoga društva. Uz njih su radnici poduzetnika izradili 640 302 m³, a lokalno stanovništvo u tzv. samoizradbi 701 107 m³. Stoga će na vlastite radnike trgovačkoga društva otpasti proizvodnja od 2 537 020 m³.

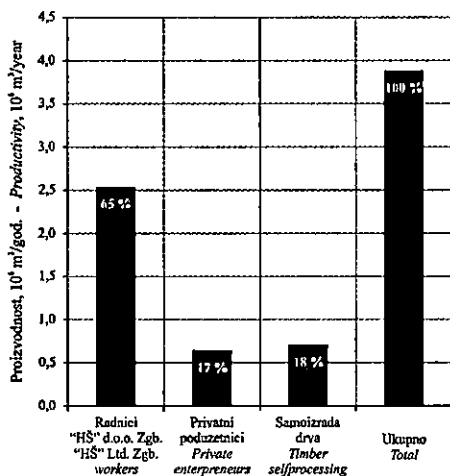
Godine 2004. „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb zapošljava 9179 djelatnika, od kojih je 4696 proizvodnih (s nešto pomoćnih) radnika te 1771 radnika sjekača. Ostalo je stručno i pomoćno osoblje (Anon. 2004).

Unaprijed je nužno napomenuti da će se pri analizi proizvodnosti pri sječi i izradbi pojaviti određene netočnosti. Kako će se razmatrati uprosječene vrijednosti, pomaci, koji objektivno postoje, neće presudno utjecati na utvrđeno stanje.

Na slici 2 prikazana je proizvodnja šumskih drvnih sortimenata za 2004. godinu prema izvršiteljima. Pojavljuju se tri skupine izvršitelja, i to radnici trgovačkoga društva, poduzetnici (usluga) i domicilno stanovništvo (samoizradba).

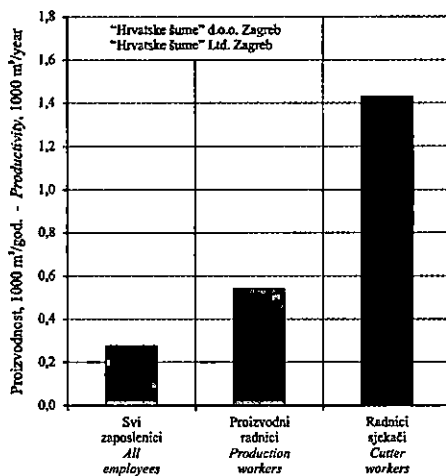
Pretežiti dio proizvodnje drvnih sortimenata, 65,4 %, otpada na vlastite radnike. Na samoizradbu otpada 18,1 %, a na poduzetničku uslugu 16,5 %. Prema poslovnom izvješću „Hrvatskih šuma“ d.o.o. Zagreb (Anon. 2004) na razini je trgovačkoga društva pri privlačenju vlastitim sredstvima ostvaraj 57 %, a u prijevozu drva kamionima samo 22 %. Navedeno ukazuje na privlačnost određenih šumskih radova za poduzetnike, pri čemu odlučnu ulogu imaju cijene rada odnosno usluge.

Pri analizi prosječnoga godišnjega učinka korištene su tri skupine zaposlenika: svi zaposlenici „Hrvatskih šuma“ d.o.o. Zagreb (skupina 1), proizvodni radnici (skupina 2) i radnici sjekači (skupina 3). Račun je izveden na temelju godišnje pro-



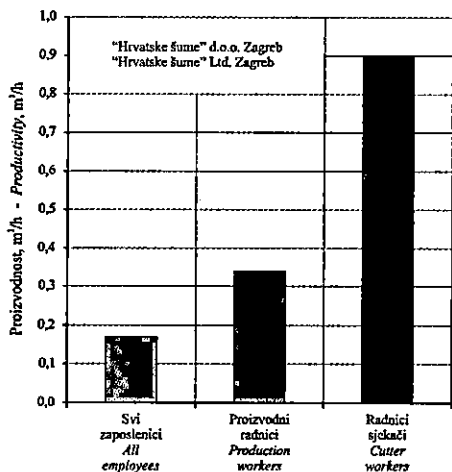
Slika 2. Godišnja proizvodnja oblovine prema izvršiteljima

Figure 2 Annual roundwood productivity according performers

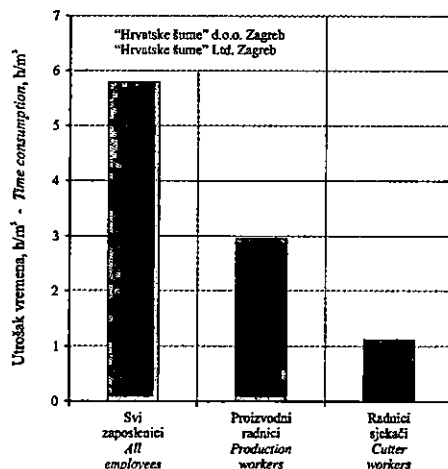


Slika 3. Godišnja proizvodnost radnika na sječi i izradbi

Figure 3 Annual productivity of workers in felling and processing



Slika 4. Proizvodnost po satu rada
Figure 4 Productivity per hour



Slika 5. Utrošak vremena po jedinici oblovine
Figure 5 Time consumption per roundwood unit

izvodnje vlastitih radnika, tj. izrađenoga obujma od 2 537 020 m³ šumskih drvnih proizvoda (slika 3). Uz kalkulativnih 200 radnih dana godišnje, srednji dnevni učinak zaposlenika iz skupine 1 iznosi 1,4 m³, iz druge skupine 2,7 m³ i iz treće skupine 7, 2 m³.

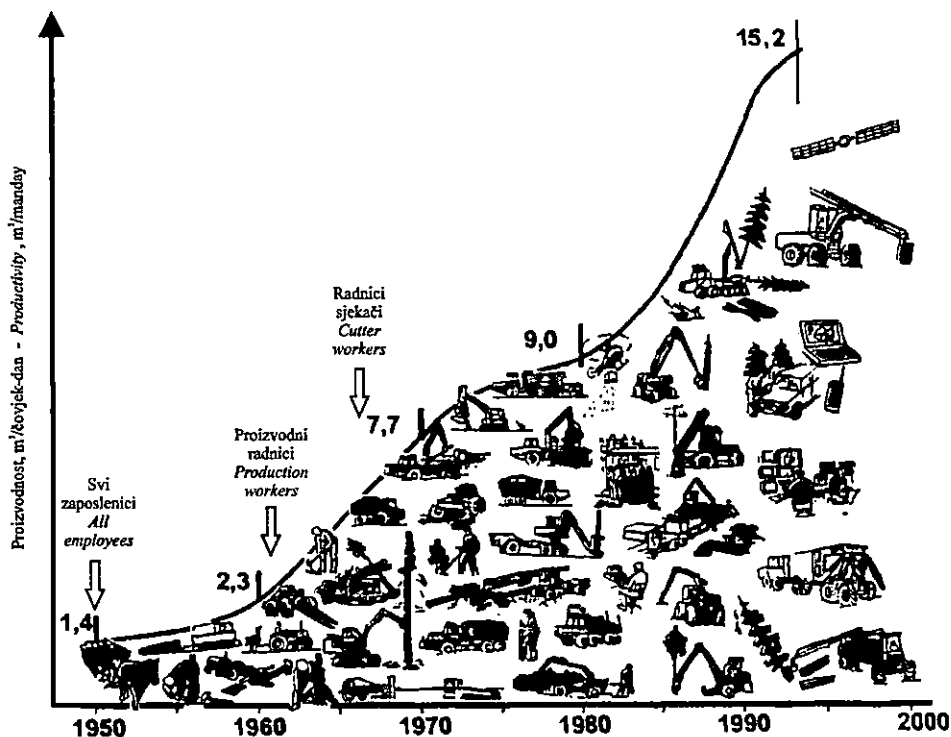
Proizvodnost po satu rada prikazana je na slici 4, a utrošak sati rada po jedinici proizvoda na slici 5.

Na slici 6 prikazan je razvoj proizvodnosti u m³/zaposlenik/dan u Švedskoj tijekom razdoblja od 1950. do 1995. Prikaz se odnosi na prosječni učinak po zaposlenom u šumarskoj djelatnosti i služit će za usporedbu s podacima iz ove analize. Usporedba srednje proizvodnje koja otpada na jednoga zaposlenika s našom vrijednošću od 1,4 m³/zaposlenik/dan smješta nas po proizvodnosti u 1950. godinu. Po tom kriteriju kasnimo u razvoju više od pola stoljeća. Prosječni učinak našega djelatnika iz skupine 2 pada približno u 1961. godinu, a ako se u obzir uzmu samo radnici sjekači, prosječni učinak leži u točki na krivulji koja pripada 1966. godini.

U Švedskoj se u razdoblju od 1960. do 1990. dnevni učinak (svih zaposlenih) povećao od 2,3 m³ na 12,5 m³ uz smanjenje broja zaposlenika za 10 %. Broj se nesreća na milijun m³ posječenoga drva (godišnje se siječe 70 mil. m³) od 1970. do 1990. smanjio s 90 na 35, a broj smrtnih ozljeda s 31 na 14.

Prethodna analiza nedvosmisleno pokazuje da zaostajemo u proizvodnosti za zemljama s razvijenim tehnologijama, i to, ponajprije, pri sječi i izradbi drva.

Poznato je da se od 1971. do danas pri micanju drva od panja do pomoćnoga stovarišta koristimo forvarderima, što znači da u tom segmentu ne zaostajemo značajno za razvijenim zemljama. Pažljivim planiranjem i korištenjem forvardera dosegnut je godišnji učinak od 24 500 m³ oblovine iz bjelogoričnih sastojina, pa i iznad 30 000 m³ u plantažama topola. Uvođenjem mehanizirane sječe postojeći forvar-



Slika 6. Razvoj proizvodnosti u Švedskoj (Nordansjö 1993)
Figure 6 Development of productivity in Sweden (Nordansjö 1993)

deri bili bi svrhovitije korišteni, jer se upravo učinkovitost vrhunskih tehnologija u šumarstvu zasniva na skupnom radu harvesteri i forvardera.

PROIZVODNOST STROJNE SJEČE PRODUCTIVITY OF MECHANICAL FELLING

Sustav mehaniziranoga pridobivanja kratkoga drva zasniva se na skupnom radu jednozahvatnoga harvesteri i forvardera usklađenih proizvodnih mogućnosti (slika 7). Harvester izvodi sječu stabala, kresanje grana, trupljenje debela, mjerenje sortimenata i njihovo slaganje u hrpe koje će forvarder utovariti i izvesti do pomoćnoga stovarišta. Određen sortimentnom metodom izradbe drva, skupni rad harvesteri i forvardera predstavlja zaokruženu cjelinu kojom se rješava sječa i izradba kratke oblovine, privlačenje do pomoćnoga stovarišta, a u određenim slučajevima i daljinski transport drva. Ako se strojno izrađuje dugo drvo, tada će se posječena i okresana stabla do pomoćnoga stovarišta privlačiti traktorima.



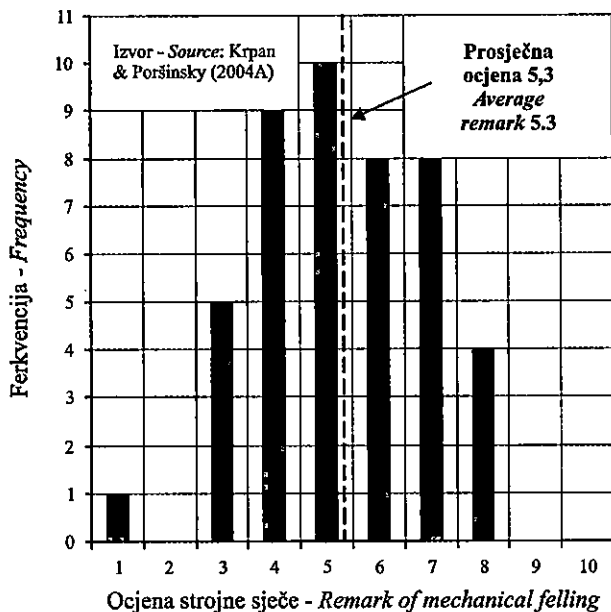
Slika 7. Vrhunska tehnologija u šumarstvu – harvester i forwarder
Figure 7 High technology in forestry – harvester and forwarder

Područje je rada harvestera uvjetovano većim brojem čimbenika. Tehnička rješenja sječne glave i sukladnost konstrukcijskih sustava svrstavaju harvester u red strojeva uporabljivih za sječu i izradbu stabala ograničenih dimenzija i mase. Područje je rada harvestera u prirodnim sastojinama tvrdih listača u najužem smislu određeno prsnim promjerima sječivih stabala – s lijeve strane debljinske raspodjele stablima minimalna promjera s još prihvatljivom djelotvornošću (troškovima), a s desne strane najvećim promjerom određenim tehničkim značajkama sječne glave. Ako promjeri pridanka prelaze kapacitet sječne glave, a stablo se potpuno ili djelomično može izraditi strojno, tada se za rušenje stabala, kao i za pokoje druge radove, koristi radnik s motornom pilom odnosno kombinacija strojnoga i ručno-strojnoga rada.

Za stjecanje su spoznaja o strojnoj sječi bjelogoričnih sastojina, osim vlastitih, dragocjena strana iskustva, posebno iskustva zemalja u kojima se takav rad provodi u praksi u sličnim sastojinskim i terenskim uvjetima. Zbog toga ovdje prinosimo neke spoznaje o primjeni strojne sječe iz radova Sionneaua i Cucheta (2001), Bigota i Cucheta (2003), Forbriga i Enckea (2004) te istraživača iz drugih zemalja.

U Francuskoj se godišnje posiječe 13 mil. m³ bjelogorice, od čega 8 mil. m³ pilanskih i furnirskih trupaca i 5 mil. m³ drva za celulozu i ploče vlaknatice. Od navedene se količine strojno posiječe i izradi 350 000 m³. Celulozno se drvo dobiva

čistom sječom panjača, čistom sječom degradiranih sastojina male vrijednosti, iz proréda u visokim hrastovim i bukovim šumama i iz ovršina stabala u dovršnim sječama. Početak primjene harvesterera pada sredinom 90-ih godina prošloga stoljeća. Poseban se poticaj strojnoj sječi dogodio u prosincu 1999. godine, kada je u dva dana olujnim vjetrovom porušeno 140 mil. m³ drva, uključujući 60 mil. m³ bjelogoričnoga (Sionneau i Cuchet 2001, Bigot i Cuchet 2003).



Slika 8. Ocjena strojne sječe i izradbe
Figure 8 Remark of mechanical felling and processing

Harvesteri se u Njemačkoj (Forbrig i Encke 2004) primjenjuju, osim u kulturama, u bjelogoričnim prorednim čistim i mješovitim sastojinama uz različite razmake vlaka. U pokrajini Hessen najmanji je međusobni razmak usporednih vlaka 30 m. Pri čistom strojnom radu razmak vlaka ne prelazi udaljenost od 20 m. Širina je vlaka 4 m. Autori upozoravaju na povećanu osjetljivost stabala u vegetacijskom razdoblju, kada su štete na stablima (ozljede kore na deblu i pridanačkom žilju) izraženije u odnosu na štete u razdoblju mirovanja vegetacije.

Dvořak (2006) navodi da se u Češkoj 25 % sječe i izradbe izvodi harvesterima. Na raspolaganju je 116 harvesterera i 213 forvardera, koji rade i u osjetljivim prirodnim šumama. Nalazi da se pri radu harvesterom oštećuje manje od 5 % preostalih stabala iz razloga što se kretanje stabla od sječe do odlaganja izvodi kontrolirano. Za uspješnu primjenu strojne sječe odlučna je dobra priprema, ispravan izbor sustava rada i visoka kompetentnost i motiviranost radnika.

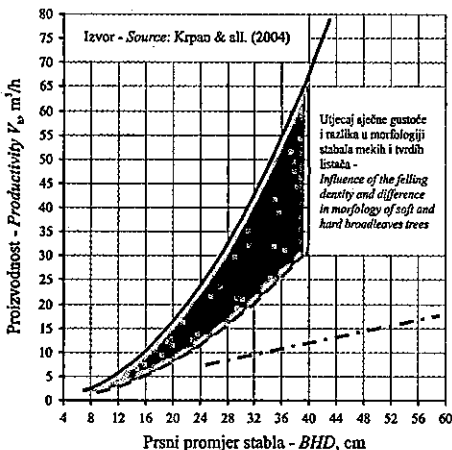
Prema usmenim informacijama kolega iz Slovenije tamo je trenutno angažirano pet harvesterera, od kojih neki rade i uz državnu graničnu liniju u Gorskom kotaru (Šumarija Prezid), znači u vrlo sličnim, ako ne i istim šumama kakve su naše preborne šume.

U Hrvatskoj je od kolovoza 2005. godine u uporabi jedan harvester (Timberjack 810B) u poduzetničkim rukama, koji, na zadovoljstvo uprave, radi na području UŠP Karlovac.

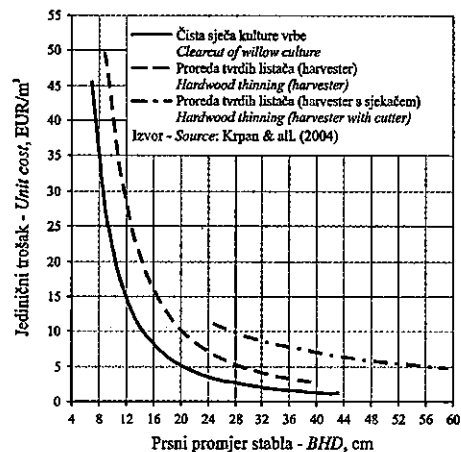
Vlastita se iskustva odnose na pokusni rad harvestera u kulturama i prirodnim sastojinama (proredi) na području UŠP Ogulin, Koprivnica i Bjelovar, kojima smo došli do spoznaja o djelotvornosti strojne sječe u našim uvjetima. Operativni su stručnjaci imali priliku izraziti svoje mišljenje o strojnoj sječi u upriličenoj anketi (Krpan i Poršinsky 2004a), ocjenjujući strojnu sječ i rad harvestera ocjenama od 1 do 10. Najmanja je dobivena ocjena 1, a najveća 8 (slika 8). Ocjene su približno normalno distribuirane sa srednjom vrijednosti od 5,3, koja upućuje na to da struka, slično rezultatima ankete u Sloveniji u kojoj je prosječna ocjena 5,0 (Beguš 2002), nema negativan i otklanjajući odnos prema usvajanju novih tehnologija.

Stoga je usporedno prikazana ovisnost proizvodnosti i jediničnih troškova sječe i izradbe harvestera Timberjack 1270B o prsnom promjeru posječenih stabala (slika 9) za uvjete rada obuhvaćene spomenutim istraživanjem (čista sječa kulture bijele vrbe, proreda prirodne mješovite sastojine u dobi od 80 godina u kojoj je u analizama raščlanjen samostalan rad harvestera od zajedničkoga rada harvestera i motorne pile).

Proizvodnost je sječe i izradbe drva harvesterom veća pri čistoj sječi kulture bijele vrbe u odnosu na samostalan rad harvestera pri proredi prirodne mješovite sastojine tvrdih listača. Raspon je razlika od 181 % za prsni promjer 10 cm do 215 % za prsni promjer 38 cm. Takav je raspon razlika u proizvodnosti harvestera posljedica utjecaja sječne gustoće uspoređivanih sastojina, ali i razlika u morfološkoj građi i tvrdoći drva stabala mekih i tvrdih listača.



Slika 9. Proizvodnost strojne sječe i izradbe
Figure 9 Efficiency of mechanical felling and processing



Slika 10. Jedinični troškovi strojne sječe i izradbe
Figure 10 Unit costs of mechanical felling and processing

Mogući se učinak harvesterera u vrbovoj kulturi (Krpan i Poršinski 2004a) kreće u rasponu od 3,8 m³/h (30,4 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera od 10 cm do 68,1 m³/h (544 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera 40 cm.

Od ukupno 818 m³ izrađene oblovine u prorednoj bjelogoričnoj sastojini harvester je samostalno izradio 718 m³ ili 88 %, dok je ostatak od 12 % izrađen motornom pilom. Mogući se učinak harvesterera kreće u rasponu od 2,1 m³/h (16,8 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera od 10 cm do 28,5 m³/h (228 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera od 38 cm. Pad proizvodnosti zajedničkoga rada harvesterera i motorne pile posljedica je udjela vremena ručno-strojnoga rada motornom pilom kod debljih stabala koja harvester nije mogao oboriti ni pretrupiti prve sortimente iz tehničkih razloga. Dodatni problem kod debljih stabala bile su deblje grane u krošnji, koje je sjekač kresao motornom pilom. Uz takve uvjete rada učinkovitost se kreće u rasponu od 7,5 m³/h (60 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera od 25 cm do 16,7 m³/h (133,6 m³/dan) kod stabala prsnoga promjera od 56 cm (Krpan i dr. 2004). Iz navedenih je ovisnosti vidljiv snažan utjecaj prsnoga promjera posječenih stabala na proizvodnost i normu vremena sječe i izradbe drva harvesterom, koji je u literaturi prepoznatljiv kao Speidlov zakon obujma komada (Staff i Wiksten 1984, Grammel 1988).

Za izračun jediničnoga troška strojne sječe korišten je trošak strojnoga rada harvesterera Timberjack 1270B pri 1800 pogonskih sati godišnje od 83,1 EUR/h (FBVA 2000) i prosječna cijena sječe i izradbe drva prorednih sastojina listača motornom pilom od 5 EUR/m³, što daje najmanju razinu isplative proizvodnosti harvesterera od 16,6 m³/h (slika 10).

Na uži raspon područja primjene strojne sječe i izradbe drva u našim prirodnim prorednim sastojinama tvrdih listača utječe niža proizvodnost harvesterera, visoki troškovi strojnoga rada, ali i niske tržišne cijene sječe i izradbe drva prorednih sastojina. Vrlo je važno pitanje (na koje već danas znamo odgovor) da li će ubuduće u Hrvatskoj biti na raspolaganju dovoljno radne snage za izvršavanje usluga u šumarstvu na razini današnjih cijena rada? Odgovor moramo potražiti u razvijenim zemljama koje slijedimo nastojeći dosegnuti njihov životni standard. Sionneau i Cuchet (2001) za francuske uvjete rada utvrđuju najmanju razinu isplative proizvodnosti harvesterera u odnosu na ručno-strojnu sječicu i izradbu drva motornom pilom od 7,5 m³/h. Na taj podatak svakako utječe tržišna cijena sječe i izradbe drva motornom pilom, koja u Francuskoj iznosi 15 EUR/m³.

Strojna sječica i izradba drva harvesterom zamjenjuje teški, za zdravlje i život opasni ručno-strojni rad. Prema Izvješću HŠ d. o. o. Zagreb za 2004. te su godine ukupno ozlijeđena 463 radnika, zbog čega je izgubljeno 15 403 radna dana (Anon. 2004). Iako ozljede nisu razlučene, može se pretpostaviti kako su najčešće nastale pri radovima pridobivanja drva. Osim navedenoga, ciljevi mehaniziranja ove sastavnice pridobivanja drva su podizanje proizvodnosti, sniženje troškova proizvodnje, uljudivanje rada te rješavanje krize ponude radne snage, koja se uskoro očekuje i u Hrvatskoj (Krpan 2000).

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

U Hrvatskoj se sječa i izradba od ranih 60-ih godina do danas izvodi motornim pilama. Snažan utjecaj ljudskoga čimbenika na proizvodnost takva načina rada čini dosegnute prosječne učinke na razini Hrvatske niskima te nas, u odnosu na zemlje s razvijenim tehnologijama, na liniji razvoja vraćaju pola stoljeća unazad. Ljudsko-strojni rad za sobom povlači sažimanje brojnih neracionalnosti (neizbježnih ili teško izbjezivih) vezanih uz ljudsku radnu snagu i nesrazmjerne troškove unatoč objektivno podcijenjenoj vrijednosti ljudskoga rada u odnosu na razvijene zemlje. Pri takvoj je proizvodnosti financijski kolaps trgovačkoga društva „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb moguće izbjeći samo u slučaju povećanja pritoka financijskih sredstava izvana, povećanja cijena šumskih drvnih proizvoda i racionalizacije proizvodnje i poslovanja. Prvo je teško očekivati, za drugo treba čekati uspostavu slobodnoga tržišta, a treće ulazi u okvir odgovornosti šumarstva Hrvatske. Na mogućnost povećanja proizvodnosti uvođenjem novih tehnologija znanost upozorava već više od deset godina, a posebno snažno u novom tisućljeću. S obzirom na to da je u proteklom vremenu izgubljen slijed tehnološkoga razvoja sječe i izradbe, u tom području rada nužan nam je tehnološki skok. Mislimo da nema objektivnih razloga zbog kojih bi se i nadalje izbjegavao strojni rad pri pridobivanju drva u hrvatskom šumarstvu. Pametnim pristupom i usuglašavanjem još neriješenih (najčešće subjektivnih) stavova otvorio bi se put modernom, racionalnom i djelotvornom pridobivanju drva, sniženju troškova proizvodnje, oslobađanju sjekača od ugrožavajućega rada i primjeni okolišno prihvatljivih tehnologija.

LITERATURA REFERENCES

- o Anon. 2004: Hrvatske šume. Godišnje izvješće 2004. „Hrvatske šume“ d.o.o. Zagreb, 1 – 164.
- z Bacher, M., 2003: A mechanized harvesting system for large-sized wood in permanent stands. Proceedings of 2nd Forest Engineering Conference – Posters: Technique and Methods, 12 – 15 May 2003, Växjö, Sweden, 13 – 21.
- z Beguš, J., 2002: Analiza pogledov stroke do uvajanja strojne sečnje v Sloveniji. Zbornik ob posvetovanju “Strojna sečnja v Sloveniji”, Gospodarska zbornica Slovenije – Združenje za gozdarstvo, Ljubljana, oktober 2002, 83 – 97.
- z Bigot, M., E. Cuchet, 2003: Mechanized harvesting system for hardwoods. Proceedings of 2nd Forest Engineering Conference – Posters: Technique and Methods, 12 – 15 May 2003, Växjö, Sweden, 57 – 66.
- č Dvořak, J., 2006: Baumschaeden nach dem Einsatz von Harvestern mittlerer Leistungsstärke. Forsttechnische Informationen, 1 + 2/2006, 5–7.
- o FBVA, 2000: CDR “300 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung”.
- z Forbig, A., B. G. Encke, 2004: Prozessorientierung in der Forstwirtschaft neue Technik, neue Partner, neues Denken. Tagungsführer zur 14. KWF-Tagung 2004, Groß-Umstadt / Hessen, Deutschland, 1 – 142.

- κ Grammel, R., 1988: Holzernte und Holztransport. Verlag Paul Parey, Hamburg - Berlin, 1 – 242.
- z Košir, B., 2002: Tehnološke možnosti strojne sečnje. Zbornik ob posvetovanju “Strojna sečnja v Sloveniji”, Gospodarska zbornica Slovenije – Združenje za gozdarstvo, Ljubljana, oktober 2002, 7 – 20.
- z Krpan, A. P. B., 2000: Mogućnosti primjene vrhunskih tehnologija pri iskorištavanju šuma u Hrvatskoj (Possibilities of implementation of high technologies in forest harvesting in Croatia). Znanstveni skup “Vrhunske tehnologije u uporabi šuma”, Zagreb, 11. travnja 2000, HAZU, Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo, 45 – 63.
- SL č Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2001: Harvester Timberjack 1070 u Hrvatskoj (Harvester Timberjack 1070 in Croatia). Šumarski list, 125(11–12): 619 – 624.
- SL č Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2002a: Proizvodnost harvester Timberjack 1070 pri proredi kulture običnoga bora (Productivity of Timberjack 1070 Harvester in Scotch Pine Thinning). Šumarski list, 126 (11–12): 551 – 561.
- Q Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2002b: Djelotvornost strojne sječe i izradbe u sastojinama mekih i tvrdih listača. Znanstvena studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 40.
- SL ě Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2004a: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 1. dio: Promišljanje struke o strojnoj sječi i izradbi drva (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands – Part 1: Attitudes of Forest Professionals towards Mechanical Felling and Processing). Šumarski list, 128(3-4): 127 – 136.
- SL č Krpan, A.P.B., Poršinsky, T., 2004B: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 2. dio: Djelotvornost harvester u kulturi mekih listača (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands – Part 2: Efficiency of harvesters in the culture of soft broadleaf trees). Šumarski list, 128 (5–6): 233 – 244.
- SL č Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, I. Stankić, 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 3. dio: Djelotvornost harvester u prirodnoj prorednoj sastojini tvrdih listača (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood broadleaved stands – Part 3: Efficiency of harvester in natural thinning stands of hardwood broadleaf species). Šumarski list, 128 (9–10): 495 – 508.
- κ Nordansjö, I., 1993: Forestry in Sweden. FORTEC – The Swedish forestry group, Stockholm, Sweden, 1 – 20.
- Ě Peltola, A., K. Papunen, 2001: The mechanisation of thinning in the Nordic countries. Proceedings of International conference “Thinnings: A valuable forest management tool”, September 9–14, 2001, IUFRO Unit 3.09.00 & FERIC & Natural Resources Canada & Canadian Forest Service, CD.
- G č Poršinsky, T., 2002: Čimbenici proizvodnosti forvardera Timberjack 1210 pri izvoženju obloga drva glavnoga prihoda hrvatskih nizinskih šuma (Productivity factors of Timberjack 1210 at forwarding the main felling roundwood in Croatian lowland forests). Glasnik za šumske pokuse, 39: 103 – 132.
- D Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske (Efficiency and Environmental Evaluation of Timberjack 1710B Forwarder on Roundwood Extraction from Croatian Lowland Forests). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 170.
- SL č Poršinsky, T., A. P. B. Krpan, I. Stankić, 2004: Djelotvornost strojne sječe i izrade u sastojinama tvrdih i mekih listača – 4. dio: Okolišna pogodnost strojne sječe u prirodnim sastojinama (Efficiency of Mechanical Felling and Processing in Soft and Hardwood bro-

- adleaved stands – Part 4: Environmental Suitability of Mechanical Felling in Natural Stands). Šumarski list, 128 (11–12): 655 – 669.
- ⊕ Sionneau, J., E. Cuchet, 2001: Mechanisation of Thinnings in Hardwood, The Franch Experience. Proceedings of International conference “Thinnings: A valuable forest management tool”, September 9–14, 2001, IUFRO Unit 3.09.00 & FERIC & Natural Resources Canada & Canadian Forest Service, CD.
- Slunjski M., M. Bedeković, 2003: Debljinska struktura Plana sječa HŠ d.o.o za 2003. godinu vezana uz mogućnost primjene harvester. PP-prezentacija prikazana na okruglom stolu “Harvester u Hrvatskoj”, Ivanska, 12. veljače 2003.
- ⊕ Staff, K. A. G., N. A. Wiksten, 1984: Tree harvesting Techniques. Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers, Dodrechts/Boston/Lancaster, 1 – 371.
- č Tarnaj, I., 2000: Godina 2000. – kamen razdjelnica za Hrvatsku i hrvatsko šumarstvo. Hrvatske šume, III, 36, 1 – 4.
- č Uuskoski, T., 2000: A new era in the forest machine industry. Forestec, 8 (1): 14 – 15.

PRODUCTIVITY OF FELLING AND PROCESSING IN CROATIA – OR IS THERE A NEED FOR TECHNOLOGICAL JUMP?

SUMMARY

In Croatia, felling and processing of timber are being conducted by chain saws, therefore is partially mechanized. Ever since motor chain saws were introduced for one worker at the beginning of the 1960s, mostly chain saws of the make Stihl are being used. Machine felling was conducted only in experimental sense. This paper analyzes the productivity of the motor-manual felling and processing in the „Hrvatske šume“ L.t.d. Zagreb on the basis of the 2004 annual report data and compares with experiences related to machine felling by harvester. Most part of the production of the roundwood, 65.4 %, is done by own workers, 18.1 % are performed by own processing and 16.5 % is done by an entrepreneur's service. Daily productivity are distributed on all company's employees (9179 employees) and amounts to 1.4 m³. Daily productivity of the production workers (4696) is 2.7 m³ and cutters 7.2 m³. Possible harvester productivity in clear-cut of willow culture ranges from 3.8 m³/h (30.4 m³/day) for trees with breast diameter from 10 cm to 68.1 m³/h (544 m³/day) for trees with breast diameter of 40 cm. Possible harvester productivity in hardwood broadleaf thinning ranges from 2.1 m³/h (16.8 m³/day) for trees with breast diameter from 10 cm to 28.5 m³/h (228 m³/day) for trees with breast diameter of 38 cm. In combination harvester – cutter, the effectiveness ranges from 7.5 m³/h (60 m³/day) for trees of with breast diameter from 25 cm to 16.7 m³/h (133.6 m³/day) for trees of with breast diameter of 56 cm.

Key words: felling and processing in Croatia, degree of mechanisation, productivity

UDK: 630*852.16

POJAVA I ZNAČAJKE NEPRAVE SRŽI U BUKOVIM PROREDNIM I OPLODNIM SJEČAMA GOSPODARSKE JEDINICE „BJELOVARSKA BILOGORA“

PHENOMENON AND CHARACTERISTIC OF FALSE HEARTWOOD
IN THE BEECH THININGS AND REGENERATIVE FELLINGS IN
MANAGEMENT UNIT „BJELOVARSKA BILOGORA“

ANTE P. B. KRPAN, MARINKO PRKA, ŽELJKO ZEČIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Nepravna srž, kao pojava koja utječe na kakvoću tehničkoga drva bukovih stabala, izazivala je stručni i znanstveni interes unazad više od 100 godina. Pojavnost i značajke nepravne srži istražene su ovisno o debljinskom stupnju posečenih stabala i vrsti sijeka u bukovim sastojinama na uzorku od 2308 stabala. Dob se stabala u proredama kreće od 50 do 91 godinu, u pripremnim sjekovima od 96 do 111 godina, u naplodnim sjekovima od 101 do 112 godina te u dovršnim sjekovima od 98 do 112 godina. U proredama je utvrđeno 11,7 % stabala s nepravom srži, u pripremnom sjjeku 54,7 %, u naplodnom sjjeku 71,3 % te u dovršnom sjjeku 84,6 %. Duljina se tehničke oblovene i apsolutni udjeli obujma zahvaćeni nepravom srži u stablima povećavaju od proreda prema dovršnim sjekovima, ali postotni udjeli obujma nepravne srži u stablima za sve vrste sjekova, osim dovršnoga, opadaju.

Ključne riječi: nepravna bukova srž, prorede, oplodne sječe

UVOD I PROBLEM INTRODUCTION AND PROBLEM

Greške se obloga drva odnose na nepravilnosti građe, teksture, boje i konzistencije. One smanjuju tehnička svojstva, otežavaju obradu i umanjuju stupanj upotrebljivosti drva. Neke greške drva nastaju kao posljedica fenomena rasta i razvoja stabla, pa je i sam pojam “greške drva” relativan. Francuski prijedlog klasifikacije obloga drva hrasta i bukve (Baylot i Vautherin 1992) razlikuje pojmove: *greška*, *promjena* i *oštećenje*. Pod *greškama* se razumijevaju sve značajke oblika i građe ži-

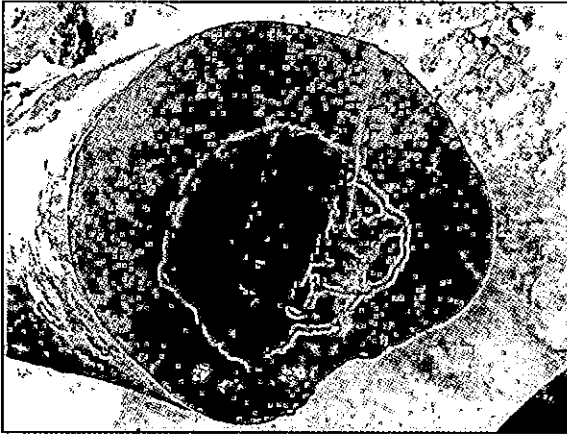
voga ili oborenoga drva ili piljenica koje utječu na kakvoću, iskorištenost ili tehničku obradu materijala. *Promjena* je svaka neuobičajena obojenost ili kakva druga promjena konzistencije ili kemijskoga sastava drva nastala djelovanjem vanjskih sila, te svaka promjena nastala napadom gljiva. *Oštećenja* nastaju kao posljedica napada kukaca. Greške, promjene i oštećenja, prema spomenutoj klasifikaciji, dijele se na: *strukturna svojstva* (bjeljika, širina goda i boja drva), *strukturne greške* (kvrge – zdrave kvrge, kvrge s manom i trule kvrge; obrasle kvrge, cvjetovi, čvorići i kvržice, usukanost, ekscentrično srce, urasla kora i dvostruka bjeljika, *greške debla* (zakrivljenost, srpasti pridanak, grba, zadebljanje, nepravilan presjek i pukotine – pukotine na čelima trupca – jednostruke i višestruke pukotine u srcu, okružljivost, bočne pukotine – zimotrenost, udar groma, pukotine od utezanja i od usušivanja, pukotine od usušivanja na površini trupca), *promjene nastale djelovanjem gljiva* (trulež, neprava srž, trula bjeljika i T-bolest), *oštećenja nastala djelovanjem kukaca* (male i velike bušotine), *ostala oštećenja* (nagorjela površina, tragovi mehaničkih ozljeda, suhi dio debla i strana tijela u deblu). Obična bukva pripada bakuljavim vrstama, koje starenjem fakultativno ili uvijek stvaraju obojenu srž nepravilna oblika. Takva obojena bukova srž naziva se neprava srž, crveno srce, smeđe srce ili jezgra. Osim spomenutih naziva udomaćen je germanizam kern (od imenice *der Falschkern* – lažna jezgra).

Neprava bukova srž, kao pojava koja uvelike utječe na kakvoću tehničkoga drva, izaziva stručni i znanstveni interes unazad više od 100 godina. Brojne teorije i tumačenja nastanka neprave srži i dan danas su hipotetske. Kako navodi Glavaš, Tusson (1905) pretpostavlja da neprava bukova srž nastaje kao reakcija drvnih stanica na napad gljiva, a poslije je utvrđeno (Zycha 1958) da primarni uzrok nastanka neprave srži kod bukve nije biotski već abiotski čimbenik. Nastanak neprave bukove srži posljedica je reakcije živih drvnih stanica na prodor zraka odnosno kisika u deblo. Kisik na žive stanice djeluje kao otrov, a one se brane anatomskim i kemijskim promjenama (tile, oksidacija, tvorba obojenih tvari) u pokušaju da spriječe daljnje prodiranje zraka.

Tvari nastale kao rezultat takvih staničnih reakcija ne ulažu se u stanične stijenke, nego su uz njih prilegnute, a to je osnovna razlika između prave i neprave srži (Glavaš 1999).

Čimbenici postanka svih tipova srži dijele se na obvezne i fakultativne. Za stvaranje je neprave srži potreban prodor određene količine zraka u unutrašnjost stabla. Fakultativni su čimbenici: prirodno starenje stanica parenhima, suviše velik prodor zraka u stablo, jako hladno vrijeme (s velikom sušom u prethodnom ljetu), prisutnost gljiva razarača drva i gljiva koje mijenjaju boju drva, genetske predispozicije te šumskouzgojne mjere i ostali čovjekov utjecaj.

Pojava i razvoj pojedinoga tipa neprave srži nisu uvijek uvjetovani utjecajem jednoga čimbenika, nego je to obično kombinacija više njih. Potvrđeno je da postoji veza između postanka i stupnja razvoja neprave srži i fiziološkoga stanja u unutrašnjosti stabla. Kao mjerodavni fiziološki čimbenik treba smatrati vitalnost stanica parenhima.



Slika 1. Nepravna bukova srž
Figure 1 False heartwood of beech

U posljednjih je dvadesetak godina dotadašnje spoznaje u velikoj mjeri nadopunio svojim istraživanjima Torelli (1984, 1994). Prema tom autoru nepravna je bukova srž uzrokovana djelovanjem okoliša, a svi čimbenici koji izazivaju smanjenje sadržaja vode u središnjem dijelu debla odgovorni su za njezin nastanak. U dobi od 80 do 90 godina života bukovih stabala (što ovisi o uvjetima rasta) narušava se fiziološka ravnoteža. U toj dobi lisna se površina i korijenski sustav bukovih stabala više ne povećavaju, iako stabla i dalje debljinski prirašćuju. To narušava ravnotežu vodnoga režima unutar stabla te središnji dio debla dehidrira. Proces dehidracije središnjega dijela debla, fiziološki gledano, sličan je genetski uvjetovanom osržavanju. Za razvoj neprave bukove srži važni su veličina krošnje i promjer stabla, odnosno brzi rast stabla i intenzitet smanjenja krošnje. Uz to utjecaj na razvoj neprave srži imaju još i stanje tla, pozicija, socijalni status stabla u sastojini i visina krošnje. Na lošijim tlima proces stvaranja neprave srži započinje mnogo kasnije. Bilo kakva mehanička oštećenja stabala s dehidriranim središnjim dijelom dovode do prodora kisika u stablo, čime započinje enzimatski proces stvaranja tila.

Razlike u kakvoći drva bijeli i fakultativno obojene srži (neprave srži – kerna), uz pretpostavku da je drvo fakultativno obojene srži zdravo, gotovo su iste kao i razlike u svojstvima drva bijeli i obvezno obojene srži. Granica se neprave srži ne poklapa s granicom goda. Na poprečnom presjeku granica neprave srži može biti zrakasta, zvjezdasta i posve nepravilna oblika. Sama nepravna srž može biti različito nijansirana te nije nužno simetrična s obzirom na uzdužnu os debla. Sušenjem drvo ne mijenja znatno boju.

Kulminacija promjera nepravoga bukova srca nastupa između prvoga i četvrtoga metra od panja, odakle opada prema panju i prema krošnji. Postoji još jedna, iako manja kulminacija promjera crvene srži između šestoga i osmoga metra debla. Nepravna srž ima u bukovu deblu oblik dvaju bazama međusobno spojenih stožaca, ali taj oblik nije uvijek pravilan. Najšira je na mjestu gdje se počela stvarati (Tomaševski 1958).

Provodni su elementi u osrženom dijelu začepljeni tilama, pa zbog toga impregnacijsko sredstvo teško prodire u drvo (Govorčin i dr. 2003). Impregnirano bukovo drvo s nepravom srži brzo podliježe truleži. Upravo zbog podložnosti truleži bukova drva s nepravom srži ta pojava ima u praksi i trgovini drvom veliko značenje (Glavaš 1999, 2003), a u iskorištavanju šuma, osim utjecaja na kakvoću šumskih proizvoda već samom pojavom, stvara dodatne poteškoće.

U bukovim stablima s crvenim srcem te u izrađenim sortimentima česta je pojava bijele truleži nazvane piravost, prozuhlost ili prešlost bukova drva. Ona nastaje kad gljive uzročnici truleži prodru u drvo kroz ozljede, prijelome grana, čeine strane trupaca itd., te se u njem razvijaju. Piravost bukovine uzrokuje više gljiva, a najčešće su *Schizophyllum commune* Fr., *Hypoxylon coccineum* (Pers.) Wind., *H. Fragiforme* (Person ex Fries) Kicky, *Tremella faginea* Britz., *Stereum purpureum* Pers., *Biospora monilioides* Corda i mnoge druge (Glavaš 2003). Glavaš (1999) navodi da je piravost specifičan oblik bijele truleži koji u drvu s nepravom srži ne teče jednoliko nego se širi u obliku lisa, jezika i slično. Razlog je tomu činjenica da su se različiti dijelovi bukova drva različito osržili te u njima tvari osržavanja i tile pružaju različit otpor gljivama truležnicama. Nepravna srž ipak ne može spriječiti truljenje. Ona samo uvjetuje da trulež teče sporije i nejednoliko.

Udio nepravne srži za oblo bukovo drvo propisan je hrvatskim starim i novim normama (za sortimente i razrede kakvoće osim najmanje vrijednih), a ocjenjuje se ili mjeri na čelu tehničke oblovine tako da se izmjeri promjer dijela zahvaćenoga nepravom srži i izrazi u centimetrima ili kao postotak promjera na mjestu mjerenja. Zdrava nepravna srž je, po starim hrvatskim normama (preuzeti JUS), dopuštena do 20 % promjera za furnirske trupce i do 70 % promjera kod trupaca za ljuštenje. Za pilanske trupce I. klase dopuštena zdrava nepravna srž može iznositi 50 %, a za trupce II. klase 80 % promjera. Za III. klasu pilanskih trupaca nema ograničenja u pogledu zdrave nepravne srži. Nove (europske) norme dopuštaju do 20 % zdrave nepravne srži u A razredu kakvoće i do 30 % u B razredu kakvoće, dok za C i D razrede nema ograničenja. Zvezdasta srž nije dopuštena u A razredu, u B razredu može je biti do 10 %, a u C razredu do 40 %, dok za D razred nema ograničenja.

Nazočnost i udio nepravne srži kod bukovih stabala nepoznati su do trenutka obaranja stabala i izrade tehničke oblovine. Zbog svoje skrivenosti nepravna je srž dodatan problem pri planiranju prihoda odnosno promišljanja vezanih uz sortimentnu strukturu bukve. Iako je poznato da je bilogorska bukva, o kojoj je u ovom radu riječ, na tržištu cijenjena upravo zbog relativno male učestalosti nepravne srži (Pećina 1943), potrebno je postojeće spoznaje dopuniti spoznajama o učestalosti pojavljivanja nepravne srži po debljinskim stupnjevima, i to s obzirom na dob naših jednodobnih sastojaka i na vrstu sijeka.

MJESTO I METODA RADA PLACE AND WORK METHOD

Istraživanja su nepravne bukove srži provedena u gospodarskoj jedinici "Bjelovarska Bilogora", Šumarija Bjelovar, UŠP Bjelovar. Prikupljanje je podataka odno-

sno izmjera primjernih bukovih stabala obavljeno na 36 objekata u 46 navrata (sjekova). Svi objekti pripadaju ekološko-gospodarskomu tipu II-D-11 i uređajnomu razredu „bukva“ s ophodnjom od 100 godina, koji u površini gospodarske jedinice sudjeluje sa 76,1 %, a u drvnjoj zalihi s 80,6 %. Gospodarska se jedinica “Bjelovarska Bilogora” rasprostire na jugozapadnim i južnim padinama Bilogore, na nadmorskoj visini od 115 m do najviše 307 m. Ukupna je ploština 7.632,62 ha, od čega je 7.444,17 ha obraslo. Gospodarska je jedinica razdijeljena na 180 odjela i 533 odsjeka. Matični je supstrat pretežito suhi facijes karbonatnoga prapora. Tla pripadaju kategoriji dubokih tala i imaju vrlo povoljan mehanički sastav. Tla najčešće tvore ilovače, glinaste ilovače i lake gline. Prirodna dreniranost i propusnost je povoljna, a reakcija slabo do jako kisela, najčešće u granicama najpogodnijima za uspijevanje šumskoga drveća. Ukupna je drvna zaliha u gospodarskoj jedinici 2003. iznosila 2 317 147 m³. Od drvne zalihe na bukvu kao najrasprostranjeniju vrstu otpada 1 036 386 m³ ili 44,73 %. Ukupni desetogodišnji propisani etat za I/1 gospodarsko polurazdoblje iznosi 586 231 m³, od čega je 443 752 m³ glavnoga, a 142 479 m³ prethodnoga prihoda. Bukva u desetogodišnjem propisanom etatu pridozasi s 297 753 m³ (67,2 %) glavnoga i 45 939 m³ (32,2 %) prethodnoga prihoda, ili ukupno s 343 692 m³ (58,6 %). Cilj je gospodarenja sastojinama proizvodnja trupaca za furnir hrasta kitnjaka i obične bukve, trupaca za ljuštenje bukve, deblje i tanje pilanske oblovine kitnjaka, bukve i običnoga graba, stupova za vodove kitnjaka te prostornoga drva kitnjaka, bukve i graba.

Pojavnost i značajke neprave srži bukovih stabala istraženi su s obzirom na debljinski stupanj stabala i vrstu sijeka. U proredama je obuhvaćen uzorak od 787 stabala. U pripremnim je sjekovima obrađeno 788, u naplodnim sjekovima 467 te u dovršnim sjekovima 266 stabala, što ukupno čini 2308 stabala.

Neprava se srž mjerila na čelima izrađene tehničke oblovine pripadnoga stabla na način propisan normom, tj. na čelima se mjeri najmanji i najveći promjer neprave srži, a uzima se srednja vrijednost zaokružena na puni centimetar naniže. Na isti se način mjeri i utvrđuje srednji promjer odnosnoga čela trupca. Mjerenja se provode na oba kraja (čela) tehničke oblovine. Ako je neprava srž (kern) prisutna samo na jednom čelu trupca, na drugom se čelu mjeri i utvrđuje samo srednji promjer.

Apsolutni i postotni udjeli neprave srži izraženi su prema drvnomu obujmu tehničke oblovine određenomu prema normi, koja za izračun obujma trupaca propisuje Huberovu formulu. Za izračun je obujma neprave srži u trupcu poslužila Smalianova formula:

$$V_k = (g_1 + g_2)/2 * l,$$

gdje je: V_k = obujam neprave srži, g_1 = površina presjeka neprave srži na debljem kraju trupca, g_2 = površina presjeka neprave srži na tanjem kraju trupca, l = duljina trupca.

Navedena je formula poznata kao formula dvaju krajnih presjeka, a pomoću nje se točno može odrediti obujam krnjega paraboloidea (Pranić, Lukić 1997).

Obujam je neprave srži određen uz stanovita pojednostavljenja, koja su uvjetovana samim postupkom sječe i izrade tehničke oblovine. Za preciznije određivanje

obujma nepravne srži u svakom komadu tehničke oblovine bilo bi nužno načiniti više prereza ili uzdužno propiljivati svaki trupac, što iz razumljivih razloga nije moguće učiniti. Svjesni smo da je najviše nepoznanica o stvarnom obujmu nepravne srži unutar komada tehničke oblovine ostalo nerazriješeno kod trupaca kojima se nepravna srž pojavila samo na jednom prerezu (čelu). S obzirom na to da se sličan način ocjenjivanja nepravne srži primjenjuje pri razvrstavanju drvnih sortimenata u razrede kakvoće i kod trgovine drvnim sortimentima, smatramo ovu nedovoljno točnu procjenu nepravne srži prihvatljivom. Matematičko–statistička obrada podataka izvedena je pomoću računalnoga programa *Microsoft Excel 97*.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA RESULTS OF INVESTIGATION AND DISCUSSION

UDIO STABALA S NEPRAVOM SRŽI U SJEČINAMA SHARE OF TREES WITH FALSE HEARTWOOD IN FELLING AREAS

U proredama je obrađen slučajni uzorak od 787 bukovih stabala. Gotovo ista veličina uzorka od 788 stabala dobivena je u pripremnom sijeku. U naplodnom je sijeku veličina uzorka 467, a u dovršnom 266 bukovih stabala (tablica 1). Postotna zastupljenost bukovih stabala s nepravom srži kod pojedine vrste sijeka raste od proreda, gdje iznosi 11,7 %, do dovršnoga sijeka u kojem je osrženo 84,6 % stabala. Porast ukupnoga udjela broja stabala s nepravom srži po vrsti sijeka može se tumačiti porastom srednjega prsnoga promjera (u smislu povećanja broja debljih stabala u uzorku) i dobi sastojina od proreda prema dovršnomu sijeku. Prosječna dob stabala uzorka iznosi oko 76 godina za proredne sječine, oko 104 godine u pripremnom sijeku, a u naplodnom i dovršnom sijeku prosječna je dob primjernih stabala približno 106 godina. Debljinski stupanj s najvećim brojem osrženih stabala povećava se od prorede do dovršnoga sijeka.

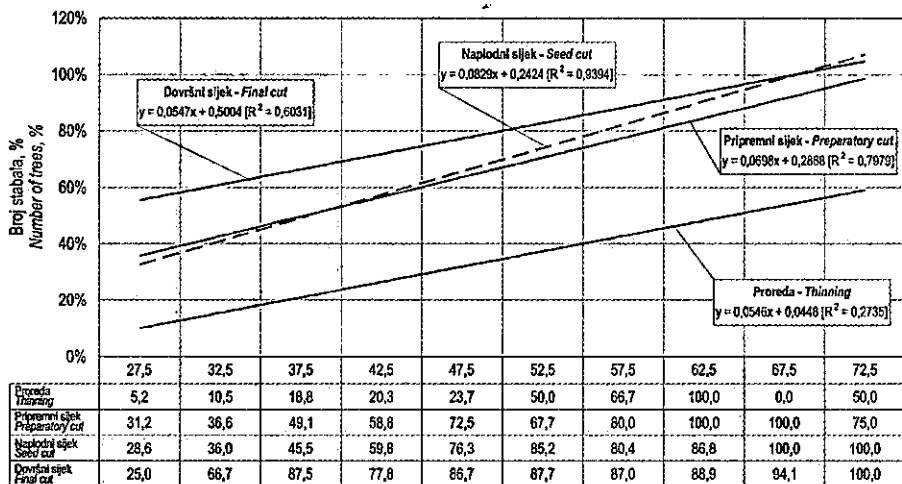
Prikazani rezultati potvrđuju ranija istraživanja (Pejovski 1951, Vasiljević 1972, Prka 2003), koja početak stvaranja nepravne srži u bukovim stablima utvrđuju u približnoj dobi od 60 do 75 godina. Iz njih se može zaključiti da pojava nepravne srži nema značajniji utjecaj na strukturu sortimenata sječina prethodnoga prihoda, ali se njezin utjecaj na strukturu sortimenata sječina glavnoga prihoda (pripremnog, naplodnog i dovršnog sijeka) nikako ne može zanemariti.

Kako su distribucije prsnih promjera za pojedinu vrstu sijeka različite, za svaku je vrstu sijeka utvrđen broj stabala s nepravom srži po debljinskim stupnjevima. Postotna zastupljenost bukovih stabala s nepravom srži po debljinskim stupnjevima i vrsti sijeka vidi se iz slike 2.

Porast broja stabala s nepravom srži unutar pojedinoga debljinskoga stupnja od proreda prema dovršnim sjekovima upućuje na činjenicu da je stvaranje nepravne srži manje ovisno o prsnom promjeru, a više o dobi sastojine. Takva raspodjela stabala uzorka s nepravom srži po vrstama sjekova i debljinskim stupnjevima usu-

Tablica 1. Veličina uzorka i udio stabala s nepravom srži
 Table 1 Sample size and proportion of trees with false heartwood

Debljinski stupanj, cm Diameter class, cm	Proreda Thinning		Pripremni sijek Preparatory cut		Naplodni sijek Seed cut		Dovršni sijek Final cut	
	Broj stabala – Number of trees							
	bez nepravne srži without false heartwood	s nepravom srži with false heartwood	bez nepravne srži without false heartwood	s nepravom srži with false heartwood	bez nepravne srži without false heartwood	s nepravom srži with false heartwood	bez nepravne srži without false heartwood	s nepravom srži with false heartwood
17,5	25	0	1	0	-	-	3	0
22,5	104	1	18	1	-	-	3	0
27,5	154	8	61	19	7	2	4	1
32,5	257	27	123	45	25	9	3	2
37,5	133	25	161	79	44	20	8	7
42,5	59	12	177	104	87	52	27	21
47,5	38	9	131	95	114	87	45	39
52,5	8	4	62	42	81	69	65	57
57,5	6	4	35	28	51	41	46	40
62,5	1	1	8	8	38	33	27	24
67,5	-	-	6	6	12	12	17	16
72,5	2	1	4	3	7	7	9	9
77,5	-	-	1	1	1	1	7	7
82,5	-	-	-	-	-	-	2	2
Ukupno - Total	787	92	788	431	467	333	266	225
Postotni udio Percentage	11,7 %		54,7 %		71,3 %		84,6 %	



Debljinski stupanj, cm - Diameter class, m

Slika 2. Udio broja stabala s nepravom srži
 Figure 2 Proportion of trees with false heartwood

glašava se s novijim istraživanjima uzroka nastanka neprave srži kod bukovih stabala – narušavanjem ravnoteže vodnoga režima unutar stabla i dehidracijom središnjega dijela debla zbog poremećaja fiziološke ravnoteže u kasnijoj životnoj dobi stabala (Torelli 1984, 1994).

DULJINA TEHNIČKE OBLOVINE S NEPRAVOM SRŽI LENGHT OF TECHNICAL ROUNDWOOD WITH FALSE HEARTWOOD

Duljinu tehničke oblovine stabla koja je zahvaćena procesom stvaranja neprave srži mjerili smo prilikom izmjera tehničke oblovine. Ona predstavlja ukupnu duljinu tehničke oblovine stabla kod koje se nepravna srž pojavila barem na jednom čelu (prerezu) trupca prilikom prikrajanja i prerezivanja tehničke oblovine prema Hrvatskim normama.

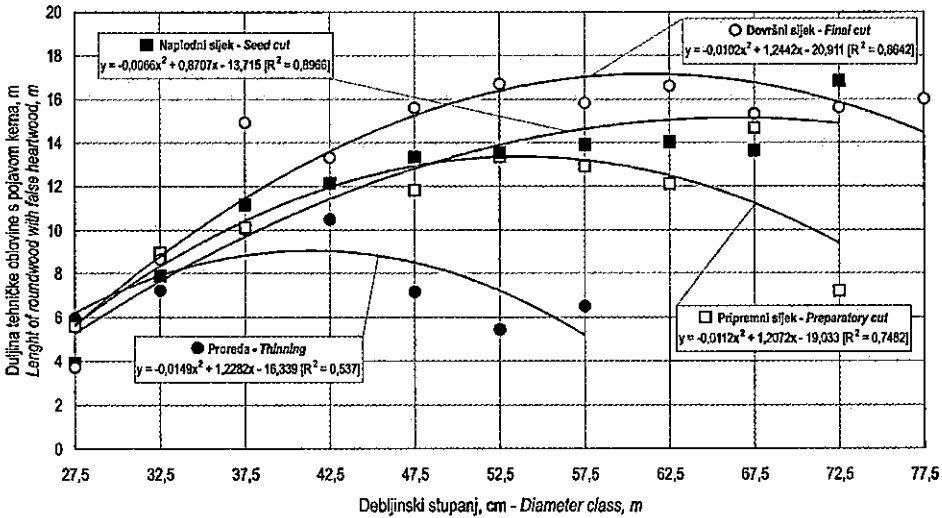
Podaci o srednjoj duljini tehničke oblovine zahvaćene nepravom srži po vrsti sijeka i debljinskim stupnjevima vide se iz tablice 2. Izjednačeni su podaci i linije trenda prikazani na slici 3.

Iz ovoga se postupka vidi da nam je stvarna uzdužna rasprostranjenost neprave srži u deblu, odnosno u tehničkoj oblovinu stabla iz razumljivih razloga ostala nepoznata. Pogrešku smo (svjesno) načinili kod svih onih trupaca kod kojih se nepravna srž pojavila na samo jednom prerezu.

Tablica 2. Srednja duljina neprave srži u tehničkoj oblovinu bukovih stabala
Table 2 Mean lenght of false heartwood in technical roundwood of beech trees

Debljinski stupanj <i>Diameter class</i>	Proreda <i>Thinning</i>	Pripremni sijek <i>Preparatory cut</i>	Naplodni sijek <i>Seed cut</i>	Dovršni sijek <i>Final cut</i>
	Srednja duljina oblovine s nepravom srži <i>Mean lenght of roundwood with false heartwood</i>			
cm	m			
22,5	2,35	5,32	-	-
27,5	5,96	5,60	3,92	3,73
32,5	7,23	8,97	7,88	8,65
37,5	10,02	10,11	11,17	14,93
42,5	10,50	12,16	12,14	13,33
47,5	7,16	11,84	13,35	15,61
52,5	5,44	13,36	13,55	16,70
57,5	6,51	12,92	13,91	15,83
62,5	4,16	12,11	14,04	16,61
67,5	-	14,69	13,64	15,31
72,5	3,71	7,20	16,84	14,62
77,5	-	22,47	17,3	16,01
82,5	-	-	-	13,78

Ukupna duljina neprave srži u tehničkoj oblovinu svakako je nešto manja od tako izmjerene veličine (slika 3). S druge strane postoji mogućnost da nam je kod

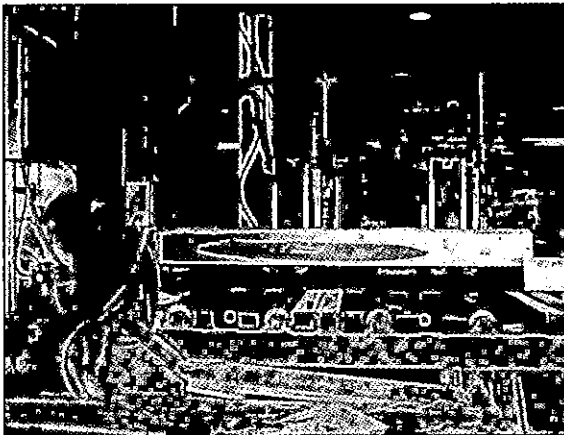


Slika 3. Srednja duljina tehničke oblovine s nepravom srži
Figure 3 Mean length of technical roundwood with false heartwood

nekim trupaca nepravna srž ostala skrivena, odnosno da se nije pojavila na čelima trupca, kao što se vidi na slici 4. Iz tih razloga ovako dobiveni podaci imaju samo približnu vrijednost.

Kako se odluka o mjestu prereza trupca donosi na osnovi vanjskih značajki, ovako prikupljeni podaci o duljini tehničke oblovine zahvaćene procesom stvaranja nepravne srži imaju operativnu vrijednost. -

Srednje vrijednosti duljine nepravne srži i uz njih vezane linije trenda na slici 3 dane su samo za debljinske stupnjeve u kojima su zabilježena tri ili više stabala s nepravom srži. Vidljiv je trend porasta duljine tehničke oblovine zahvaćene nepravom srži.



Slika 4. Nepravna srž skrivena u trupcu
Figure 4 False heartwood hidden within the log

vom srži od proreda prema dovršnim sjekovima. Razlozi takva trenda mogu se tumačiti ranije navedenim čimbenicima koji uvjetuju nastanak neprave srži. Manje vrijednosti prosječnih duljina osrženoga dijela tehničke oblovine kod većih debljinskih stupnjeva u proredama (pa i pripremnom sijeku) upućuju na to da prsni promjer nije odlučujući čimbenik stvaranja neprave srži.

UDIO NEPRAVE SRŽI U OBUJMU TEHNIČKE OBLOVINE SHARE OF FALSE HEARTWOOD IN VOLUME OF TECHNICAL ROUNDWOOD

Iz tablice 3 jasno se vidi porast prosječnih apsolutnih vrijednosti obujma osrženoga dijela tehničke oblovine po debljinskim stupnjevima i od proreda prema dovršnomu sijeku. Najnižim srednjim vrijednostima ističu se stabla s nepravom srži prorednih sječina te stabla pripremnoga sijeka. Kod stabala pripremnoga sijeka porast osrženoga obujma tehničke oblovine većih debljinskih stupnjeva nije tako značajan kao kod stabala naplrodnoga i dovršnoga sijeka. Stabla s nepravom srži naplrodnoga i dovršnoga sijeka u tom pogledu pokazuju vrlo bliske vrijednosti i gotovo linearnu ovisnost.

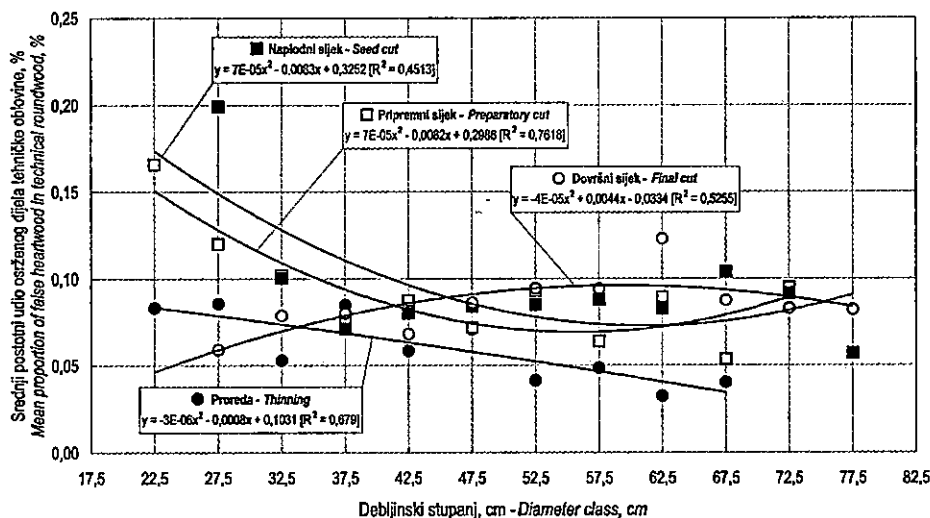
Slabija veza između srednjih apsolutnih vrijednosti osrženoga dijela obujma tehničke oblovine proreda i linije trenda posljedica je većega raspona dobi sastojina prorednih sječina u kojima se mjerilo. Taj je raspon kod proreda od 50 do 91 godinu, od 96 do 111 godina kod pripremnih sjekova, od 101 do 112 godina kod naplrodnih sjekova te 98 do 112 godina kod dovršnih sjekova. Uzorak je primjernih stabala iz prorednih sječina u pogledu dobi sastojina najmanje homogen. Srednje vrijednosti apsolutnoga obujma neprave srži po debljinskim stupnjevima kod naplrodnih i dovršnih sjekova te linije trenda ovih vrsta sjekova pokazuju veliku sličnost uz jaku čvrstoću veze.

Srednje postotne vrijednosti udjela obujma osrženoga dijela tehničke oblovine stabala, koje su prikazane na slici 5, pokazuju bitno različite, gotovo suprotne značajke od apsolutnih vrijednosti. Zajedničko s apsolutnim vrijednostima osrženoga dijela tehničke oblovine manje je ili više pravilno povećanje srednjih postotnih vrijednosti udjela osrženoga dijela u obujmu tehničke oblovine od proreda prema dovršnomu sijeku.

Za sve vrste sjekova, osim dovršnoga, postotni udjeli osrženoga dijela tehničke oblovine po debljinskim stupnjevima pokazuju padajući trend. Taj se trend može tumačiti činjenicom da s porastom prsnoga promjera stabla raste i apsolutni obujam tehničke oblovine te zbog toga postotni udio tehničke oblovine s nepravom srži opada. S druge strane stabla manjih prsnih promjera, ako se na njima pojavila nepravna srž, pokazuju veće udjele osrženoga dijela tehničke oblovine zbog manjega ukupnoga obujma tehnike. Sve to dovodi do manje ili više padajućega trenda postotnih udjela osrženoga dijela tehničke oblovine. Srednje vrijednosti prorednih sječina u tom pogledu pokazuju linearnu međuzavisnost.

Tablica 3. Obujam neprave srži u tehničkoj oblovinu bukovih stabala
 Table 3 Volume of false heartwood in technical roundwood of beech trees

Debljinski stupanj Diameter class	Proreda <i>Thinning</i>		Pripremni sijek <i>Preparatory cut</i>		Naplodni sijek <i>Seed cut</i>		Dovršni sijek <i>Final cut</i>	
	Udio neprave srži <i>Proportion of heartwood</i>							
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
22,5	0,01	8,31	0,04	16,58	-	-	-	-
27,5	0,03	8,56	0,04	12,00	0,06	19,94	0,01	5,92
32,5	0,02	5,30	0,06	10,20	0,06	10,03	0,05	7,88
37,5	0,06	8,49	0,08	7,59	0,09	7,11	0,11	8,01
42,5	0,08	5,85	0,12	8,74	0,13	8,00	0,12	6,81
47,5	0,08	7,08	0,12	7,19	0,17	8,39	0,19	8,61
52,5	0,03	4,14	0,22	9,28	0,21	8,48	0,25	9,43
57,5	0,08	4,86	0,19	6,38	0,23	8,79	0,28	9,41
62,5	0,06	3,25	0,26	8,93	0,29	8,24	0,43	12,31
67,5	0,19	4,03	0,20	5,36	0,36	10,38	0,35	8,75
72,5	-	-	0,23	9,47	0,37	9,14	0,40	8,27
77,5	-	-	-	-	0,37	5,67	0,43	8,20
82,5	-	-	-	-	-	-	0,27	4,47



Slika 5. Postotni udjeli obujma neprave srži u obujmu tehničke oblovine bukovih stabala
 Figure 5 Proportion of false heartwood volume in volume of technical roundwood of beech trees

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Utjecaj neprave srži na kakvoću bukovih sortimenata raste s dobi sastojine. Broj se stabala s nepravom srži kreće od 11,7 % u prorednim sječinama, preko

54,7 % u pripremnom i 71,3 % u naplodnom sijeku do 84,6 % stabala u dovršnom sijeku. Pojavnost nepravne srži u jednodobnim bukovim sastojinama nema većega značenja pri planiranju prethodnoga prihoda, ali pri planiranju sortimentne strukture pripremnih, naplodnih i dovršnih sjekova njezin utjecaj na kakvoću i vrijednost sortimenata je neupitan i mora se, za određeni lokalitet, uzeti u obzir.

Uz porast zastupljenosti stabala s nepravom srži od proreda prema dovršnom sijeku, na primjernim stajblima raste duljina osrženoga dijela tehničke oblovine i udio obujma nepravne srži u obujmu tehničke oblovine stabla. Nasuprot tomu, postotni udio obujma nepravne srži u obujmu tehničke oblovine stabla manje ili više pravilno opada s porastom prsnoga promjera stabla.

Rezultati raspodjele stabala s nepravom srži po vrsti sjekova i debljinskim stupnjevima potvrđuju Torellijeve stavove o nastanku nepravne srži zbog narušavanja ravnoteže vodnoga režima i dehidracije središnjega dijela debla zbog poremećaja fiziološke ravnoteže u kasnijoj životnoj dobi bukovih stabala.

LITERATURA LITERATURE

- Anon. 1995: Hrvatske norme proizvoda iskorištavanja šuma. II. izdanje, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Zagreb.
- Anon. 1999: Hrvatska norma. Oblo drvo listača – Razvrstavanje po kakvoći – 1. dio: Hrast i bukva (EN 1316-1:1997); I. izdanje, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Zagreb, 1–4.
- Anon. 2003: Osnova gospodarenja „Bjelovarska Bilogora“. Važeća od 1. 1. 2003. do 31. 12. 2012, Hrvatske šume, Uprava šuma Podružnica Bjelovar.
- ↙ Baylot, J., P. Vautherin, 1992: Classement des bois ronds feuillus. Departement BOIS et SCIAGES, CTBA, Paris, 1–76.
- č Bosshard, H. H., 1965: Aspects of the aging process in cambium and xylem. *Holzforschung*, 19: 65–69.
- č Bosshard, H. H., 1966: Mosaikfarbkernholz in *Fagus sylvatica* L. *Schweiz. Zeitsch. f. Forstwesen*, 116: 1–11.
- č Bosshard, H. H., 1967: Über die fakultative Farbkernbildung. *Holz als Roh- u. Werkstoff*, 25 (11): 409–411.
- ↙ Glavaš, M., 1999: Gljivične bolesti šumskoga drveća. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–281.
- ↙ Glavaš, M., 2003: Crveno srce i trulež bukovine (Red heart and beech rot). U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 561–573.
- ↙ Govorčin, S., T. Sinković, J. Trajković, R. Despot, 2003: Bukovina (Beech). U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj, Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 652–669.
- č Hermann, E., 1902: Über die Kernbildung bei der Rotbuche. *Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen*, 34: 595.
- z Hillis, W. E., 1965: Biological aspects of heartwood formation. *Proc. Meeting Section 41, IUFRO*, Vol. I, Melbourne.
- st- č Horvat, I., 1944: Bukovina crvenog srдца. *Šumarski list*, 68 (5–6):100–104.

- SL Č Krpan, A. P. B., 1999: Normizacija šumskih drvnih proizvoda u Republici Hrvatskoj. Šumarski list, 5–6: 241–245.
- DL Č Krpan, A. P. B., M. Prka, 2002: Kakvoća bukovih stabala iz oplodnih sječa bilogorskog područja. Drvna industrija, 4/01: 173–180.
- U Krpan, A. P. B., 2003: Bukovi šumski proizvodi i tehnologije pridobivanja drva iz bukovih sastojina. U: S. Matić (ur.), Obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 2003, 625–640.
- Č Lukić, N., N. Simonović, 1964: Lažna srčevina i njena svojstva kod bukovine. Šumarstvo, 11–12: 373–380.
- Ž Lukić, N., T. Kružić, 1996: Procjena biomase obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u panonskom dijelu Hrvatske. Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Zagreb, 131–136.
- Č Nečasany, V., 1958: The change of parenchymatic cells vitality and the physiological base for the formation of beech heart. Drev. Vyskum, 3, 15–16.
- Č Nečasany, V., 1966: Die Vitalitätsveränderung der Parenchymzellen als physiologischer Grundlage der Kernbildung. Holzforschung u. Holzverwertung, 18 (4): 61–65.
- Č Nečasany, V., 1969: Forstliche Aspekte bei der Entstehung des Falschkerns der Rotbuche. Holz-Zbl., 95 (37): 563.
- SL Č Pečina, M., 1943: Ocjena bukovine po vanjskim znakovima. Hrvatski šumarski list, 7–8: 224–226.
- SL Č Prka, M., 2003: Vrijednosne značajke bukovih stabala prema vrsti sijeka u sječinama Bjelovarske Bilogore. Šumarski list, 1–2: 35–44.
- SL Č Prka, M., 2003: Pojavnost neprave srži kod bukovih stabala i tehničke bukove oblovinine iz prorednih i pripremnih sječa na području Bjelovarske Bilogore. Šumarski list, 9–10: 467–474.
- D Prka, M., 2005: Čimbenici kakvoće bukovih stabala i struktura sortimenata iz prorednih i oplodnih sječina Bjelovarske Bilogore. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 75–82.
- SL Č Tomaševski, S., 1958: Učešće i raspored neprave srži kod bukovih stabala u g. j. Ravna Gora. Šumarski list, 82 (11–12): 407–410.
- Č Torelli, N., 1984: The Ecology of discoloured Wood as illustrated by Beech (*Fagus sylvatica* L.). IAWA Bulletin, n. s., 5 (2): 121 – 127.
- Č Torelli, N., 1994: Relationship between Tree Growth Characteristics, Wood Structure and Utilization of Beech (*Fagus sylvatica* L.). Holzforschung und Holzverwertung, 45. Jahrgang, Heft 6: 112–116.
- K Trendelenburg, R., H. Mayer-Wegelin, 1955: Das Holz als Rohstoff, 2. izd., München.
- D Vasiljević, J., 1972: Osržavanje bukve na području Zrinske Gore. Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb, 1–22.
- Č Ziegler, H., 1962: Biologische Aspekte der Kernholzbildung. Holz als Roh- u. Werkstoff, 26: 61–68, Berlin.
- Č Zycha, H., 1948: Über die Kernbildung und verwandte Vorgänge im Holz der Rotbuche. Forstwiss. Cbl., 67: 80–109.

PHENOMENON AND CHARACTERISTIC OF FALSE
HEARTWOOD IN THE BEECH THININGS AND
REGENERATIVE FELLINGS IN MANAGEMENT UNIT
„BJELOVARSKA BILOGORA“

SUMMARY

False heartwood, as a phenomenon of significance for the beech trees technical wood quality, evoked professional and scientific interest prior to more than 100 years. The phenomenon and characteristics of false heartwood have been researched depending on the level of thickness of cutted trees and type of cutting of beeches on the sample of 2308 trees. Tree age in thinnings is 50 to 91 years, in preparational cuttings from 96 to 111 years, in seed cuttings from 101 to 112 years and in final fellings from 98 to 112 years. In thinnings there were determined 11,7 % trees infected with false heartwood, in preparational fellings 54.7 %, in seed fellings 71.3 % and in final fellings 84.6 %. The length of technical roundwood infected by the false heartwood in trees is increased from thinnings to final felling, however the percentage of false heartwood volume in trees for all types of cuttings, except from final cut, decreases.

Key words: beech false heartwood, thinnings, regenerative fellings

UDK: 630*308

PRIMJENA SKUPNOGA RADA PRI PRIDOBIVANJU DRVA U PROREDNIM SASTOJINAMA BRDSKOGA PODRUČJA

USING OF TEAMWORK IN TIMBER HARVESTING FROM THINNING STANDS IN HILLY TERRAINS

ŽELJKO ZEČIĆ, ANTE P. B. KRPAN

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu se prikazuju rezultati istraživanja sječe i izradbe, privlačenje traktora, dorada i preuzimanje drvnih sortimenata te slaganje višemetarskoga drva traktorskom dizalicom na pomoćnom stovarištu primjenom skupnoga rada. Skupinu čini šest članova, dva sjekača, dva traktorista, jedan sjekač-preuzimač i jedan dizaličar. Istraživanja su provedena na području UŠP Bjelovar, Šumarija Ivanska, u GJ Ivanske prigorske šume, u prorednoj bukovoj sastojini u dobi od 66 godina. Primijenjena je povratna metoda kronometrije studija vremena, gdje su istodobno snimani svi članovi skupine s pripadajućim drvnim obujmom. Na temelju ukupno snimljenoga vremena analizirana je studija vremena prema radnim zahvatima i ukupno. Utvrđena je struktura efektivnoga vremena svakoga člana skupine i općih vremena te je oblikovano dodatno vrijeme. Podaci su izmjerenih i izračunatih veličina obrađeni matematičko-statističkim metodama multiple linearne regresije. Dobiveni su matematički modeli izračuna efektivnoga vremena na temelju kojih je uz faktor dodatnoga vremena izračunata norma vremena i dnevni učinak svakoga člana skupine. Ukupna norma vremena podskupine ovisi o udaljenosti privlačenja traktora. Za udaljenost od 150 m do 750 m norma se vremena jedne podskupine kreće od 44,67 min/m³ do 59,10 min/m³, a druge podskupine od 47,78 min/m³ do 61,27 min/m³. Dnevni se učinak po članu skupine može ostvariti u iznosu od 10,23 m³/dan pri udaljenosti od 150 m do 5,38 m³/dan pri udaljenosti privlačenja traktorom od 650 m. Trošak se u skupini po jedinici proizvoda kreće od 83,91 kn/m³ (150 m) do 159,52 kn/m³ (650 m).

Ključne riječi: sječa i izradba, privlačenje, optimalna skupina, proizvodnost, troškovi

UVOD INTRODUCTION

Velika je promjena u pridobivanju drva nastala uvođenjem novih tehnologija pri sječi, izradbi i privlačenju drva. Uz sortimentnu se metodu uvode poludeblovna, deblovna i stablovna metoda izradbe. Odabir određene metode ovisi o sastojinskim uvjetima te tehničko-tehnološkim značajkama strojeva za privlačenje drva. Dobrim poznavanjem tehničko-proizvodnih značajki sredstava rada može se skrbiti o posljedicama na okoliš. Osobitu pozornost treba posvetiti zaštiti dubećih stabala i eroziji tla. Pridobivanje drva treba temeljiti na ekološkoj osnovi, većoj humanizaciji rada i najmanjim troškovima odabrane metode rada. To se posebno odnosi na pridobivanje drva iz prorednih sastojina u kojima su troškovi rada po prirodi najveći, a što je predmet ovoga rada.

PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA PROBLEM AND AIM OF RESEARCH

Novi organizacijski oblici rada te poboljšani i ergonomske usavršeni strojevi omogućuju napredak u tehničkom i tehnološkom pogledu. Modernizaciji se tehničkih sredstava rada u iskorištavanju šuma posvećuje velika pozornost, ali organizacija rada pri privlačenju drva nije uvijek optimalno postavljena, što za posljedicu ima veće troškove proizvodnje.

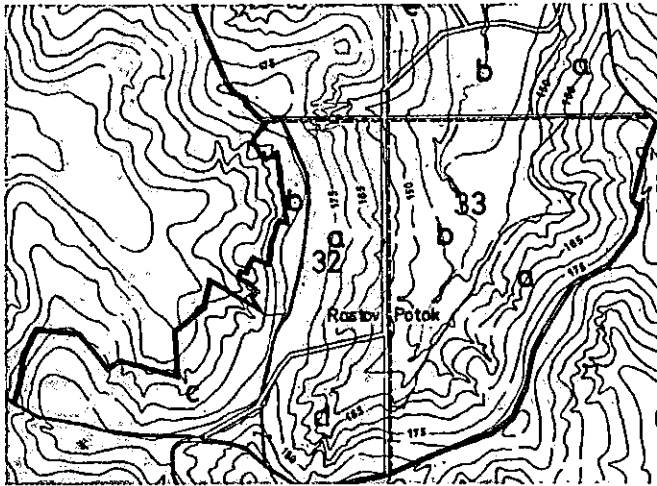
Uvođenjem se skupnoga rada, kao višega oblika organizacije rada pri eksploataciji šuma, postiže veća proizvodnost. Skupni je rad rad nekoliko radnika (sjekača i traktorista) u istom radnom danu, na istom radilištu i na istom radnom zadatku. Takav se rad odvija u međusobnoj suradnji svih članova skupine uz cjelodnevnu nazočnost i koordinaciju poslovođe radilišta, koji utječe na kakvoću izvedbe radova. Skupni je rad pri eksploataciji šuma u Hrvatskoj prvi put primijenjen 1979. na području UŠ Bjelovar. Temeljni su razlozi uvođenja bili povećanje proizvodnosti s izradom višemetarskoga prostornoga drva i smanjenje troškova proizvodnje po jedinici proizvoda.

Visoki su troškovi eksploatacije nastajali i zbog duljine ciklusa proizvodnje, pa je cilj bio smanjiti proizvodnju na najkraće moguće vrijeme. U modelu skupnoga rada moguće je u jednom danu drvo posjeći, izraditi, prikojiti, privući do pomoćnoga i prevesti do glavnoga stovarišta, odnosno dopremiti kupcu.

Cilj je ovoga rada proučavanje djelotvornosti skupine radnika pri pridobivanju drva u brdskim bjelogoričnim prorednim sastojinama s obzirom na najutjecajnije radne, sastojinske i terenske čimbenike.

MJESTO I METODA ISTRAŽIVANJA PLACE AND METHODS OF THE RESEARCH

Istraživanje je skupnoga rada provedeno na području UŠ Bjelovar, Šumarije Ivanska (slika 1), u 32c odjelu GJ Ivanske prigorske šume. Teren je prema svojoj



Slika 1. Radilište Ivanska u GJ Ivanske prigorske šume
Figure 1 Work site Ivanska in m.u. Ivanske prigorske šume

konfiguraciji vrlo ujednačen. Tlo je kroz cijelo razdoblje rada bilo pretežito vlažno. Promatrani traktorski putovi i vlake kojima se kretao opterećeni traktor prosječnih su uzdužnih nagiba od +7 %.

Istraživana sastojina ima 66 godina i ophodnju 120 godina. Broj stabala po hektaru iznosi 500, a obujam srednjega sastojinskoga stabla iznosi 0,640 m³. Drvna je zaliha 320 m³/ha s godišnjim tečajnim prirastom od 8,9 m³/ha i propisanim etatom od 40 m³/ha. U strukturi etata iskorisćenost neto drvnoga obujma, primjenom kombinirane metode, ostvarena je s 92,99 % od plana.

METODA PRIKUPLJANJA I OBRADA PODATAKA METHOD OF COLLECTING AND PROCESSING DATA

Pri ovom je istraživanju primijenjen studij vremena, povratna metoda kronometrije s novokreiranim opažачkim listovima. Snimanje je za cijelu skupinu započelo istodobno na radilištu, a završilo je sa zadnjim radnim zahvatom zadnjega člana skupine u ukupnom trajanju od 11 dana. Svi su podaci obrađeni pomoću odgovarajućih programa na PC-u, a varijabilna vremena mutiplom regresijskom analizom u računalnom programu *Statistica 6*. Za izračun su vremena vožnje opterećenoga traktora uzete četiri varijable: udaljenost privlačenja, obujam tovara, broj komada u tovaru i nagib puta, a za izračun vremena vožnje neopterećenoga traktora: udaljenost vožnje i nagib puta.

Utrošak vremena sjekača preuzimača na pomoćnom stovarištu pri doradi, mjenjenju i preuzimanju drvnih sortimenata također je obrađen mutiplom regresijskom analizom. Promatrana je zavisnost utroška efektivnoga vremena u odnosu na obrađeni obujam i broj komada. Utrošeno se efektivno vrijeme rada dizalice za slaganje višemetarskoga prostornoga drva promatra u ovisnosti o broju komada i ukupnom obujmu zahvata.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

DRVNI OBUJAM WOOD VOLUME

Pri sječi i izradbi primijenjena je kombinirana metoda. U sječini se tehnička oblovina odvajala od prostornoga drva, a višemetarsko je drvo mjereno i izrađivano u duljinama od 4 m do 12 m. Sjekači su sjekli i izrađivali drvo svaki za jedan traktor EcoTrac. Sjekač S1 (sjekač uz traktor EcoTrac 1) posjekao je 273 stabla, ukupna obujma od 201,79 m³, srednjega prsnoga promjera od 26,4 cm, srednje visine 23,1 m i srednjega obujma 0,739 m³. Drugi je sjekač S2 (sjekač uz traktor EcoTrac 2) posjekao 289 stabala, ukupna obujma od 232,85 m³, srednjega prsnoga promjera od 27,9 cm, srednje visine 22,5 m i srednjega obujma 0,805 m³.

Drvo su privlačila dva traktora EcoTrac, E1 i E2. Traktor E1 je privukao u 142 turnusa 188,18 m³ drvnih sortimenata, srednjega obujma komada od 0,264 m³. Srednji je obujam tovara iznosio 1,330 m³, a u tovaru je bilo prosječno 5,0 komada. Drugi je traktor E2 privukao 170,18 m³. Srednji obujam tovara iznosi 1,490 m³. Po turnusu je privlačio prosječno 5,6 komada, srednjega obujma komada od 0,264 m³.

Sjekač preuzimač (PS) doradivao je i preuzimao drvene sortimente na pomoćnom stovarištu. Ukupno je izrađeno 517 komada tehničke oblovine, srednjega obujma 0,249 m³, i 2132 komada višemetarskoga prostornoga drva, srednjega obujma 0,108 m³. Ukupno izrađeni i preuzeti obujam iznosi 358,36 m³ s prosječnim obujmom komada od 0,135 m³.

Traktor s dizalicom je sastavnica skupine. Na radilištu je ukupno složeno 217,07 m³ višemetarskoga drva, što je prosječno 19,63 m³/dan. Dizaličar je izvršio 520 radnih zahvata slaganja odnosno prosječno 47,3 zahvata na dan. Sve je višemetarsko drvo izrađivano u duljinama od 4 m. Prosječni obujam radnoga zahvata dizalice iznosi 0,417 m³. U jednom zahvatu dizalice nalazilo se od 1 do 9 komada, odnosno prosječno 3,9 komada. Prosječni obujam komada izrađenoga višemetarskoga drva iznosi 0,108 m³.

ANALIZA VREMENA TIMES ANALYSIS

Ukupno utrošeno vrijeme sjekača Total time consumption of the cutters

U tablici 1 prikazani su podaci ukupno utrošenih vremena za dva sjekača. Sjekač S1 je sniman 4.491,88 minuta, a sjekač S2 4.556,27 minuta. U ukupno utrošenom vremenu efektivno vrijeme sjekača S1 iznosi 38,14 %, a opća vremena 61,86%. Efektivno vrijeme sjekača S2 iznosi 48,73 %, a opća vremena 51,27 %.

Sjekač S1 je za sječu i izradbu 183,86 m³ drva utrošio 9,32 min/m³ efektivnoga vremena i 15,11 min/m³ općih vremena što, ukupno iznosi 24,43 min/m³. Sjekač S2 je za sječu i izradbu 211,79 m³ drva utrošio 10,48 min/m³ efektivnoga vremena i 11,03 min/m³ općih vremena ili ukupno 21,51 min/m³. Bojanin i dr. (1989) pišu da efektivno vrijeme sječe i izradbe hrasta lužnjaka iznosi 6,20 minuta, a crne johe 5,23 minute, za stablo prsnoga promjera od 20 cm u prorednoj sastojini hrasta lužnjaka i crne johe.

Tablica 1. Struktura vremena na sječi i izradbi stabala
Table 1 Time structure at cutting and processing trees

Vrsta radne operacije ili zahvata - Type of operation or procedure	Sjekači / Cutters							Udio po stablu Time share per tree
	S1 / S1				S2 / S2			
	Utrošak vremena - Time consumption	Udio vremena - Time share		Udio po stablu Time share per tree	Utrošak vremena - Time consumption	Udio vremena - Time share		
		prema ukupnom per total	prema efektivnom - per effective			prema ukupnom per total	prema efektivnom - per effective	
vremenu / time		vremenu / time						
min	%		min	min	%		min	
1. Vrijeme sječe i izradbe <i>Felling and processing time</i>	1465,48	32,63	85,54	5,37	1712,97	37,60	77,15	5,93
1.1. Stablovno vrijeme <i>- Tree time</i>	977,06	21,75	57,03	3,58	1238,97	27,19	55,80	4,29
1.2. Sortimentno vrijeme - <i>Assortment time</i>	488,42	10,87	28,51	1,79	474,00	10,40	21,35	1,64
2. Rad na pripremi i vezanju tovara <i>Work on prepar. and binding load</i>	247,72	5,51	14,46	0,91	507,45	11,14	22,85	1,76
3. Efektivno vrijeme - <i>Effective time</i>	1713,20	38,14	100,00	6,28	2220,42	48,73	100,00	7,68
4. Opća vremena - <i>Delay times</i>	2778,68	61,86		10,18	2335,85	51,27		8,08
5. Ukupno vrijeme - <i>Total time</i>	4491,88	100,00		16,45	4556,27	100,00		15,77

Ukupno utrošeno vrijeme traktora
Total time consumption of tractors

U tablici 2 prikazana su ukupno utrošena vremena za oba traktora, E1 i E2 (Eco-trac V 1033 F). U istoj je tablici prikazan relativni udio pojedinih vremena prema ukupnomu i efektivnomu vremenu. Pri radu traktora E1 snimljena su 142 turnusa, a traktora E2 114 turnusa, odnosno ukupno je kod oba traktora snimljeno 256 turnusa.

Traktor E2 je ostvario nešto veće efektivno vrijeme u odnosu na traktor E1, i to za samo 3,84 %. Opća vremena traktora E1 iznose 48,02 %, a traktora E2 iznose 44,18 % ukupnoga vremena.

Tablica 2. Ukupno utrošena vremena traktora E1 i E2 (Ecotrac V 1033 F) na radilištu Ivanska
Table 2 Total times consumption of Tractors E1 and E2 (Ecotrac V 1033 F) on the Ivanska site

Traktori - Tractors Vrsta operacije Type of operation	E1 (Ecotrac V 1033 F)			E2 (Ecotrac V 1033 F)		
	Ukupno vrijeme - Total time	Postotni udio prema - Percentage per		Ukupno vrijeme - Total time	Postotni udio prema - Percentage per	
		ukupnom - total	efektivnom - effective		ukupnom - total	efektivnom - effective
		vremenu - time			vremenu - time	
min	%		min	%		
1. Vožnja neopterećenoga traktora - Unloaded tractor drive	342,36	7,35	14,14	394,52	7,88	14,12
2. Vožnja opterećenoga traktora - Loaded tractor work	527,98	11,34	21,81	659,02	13,17	23,59
3. Rad na sječini - Work on felling site	1017,26	21,84	42,02	1280,12	25,58	45,83
4. Rad na pomoćnom stovarištu - Work on landing	533,06	11,45	22,02	459,70	9,19	16,46
5. Efektivno vrijeme - Effective time	2420,66	51,98	100,00	2793,36	55,82	100,00
6. Opća vremena - Delay times	2236,42	48,02	-	2211,30	44,18	-
7. Ukupno vrijeme - Total time	4657,08	100,00	-	5004,66	100,00	-
8. Ukupno privučeni drveni obujam, m ³ - Total skidded wood volume, m ³	188,18	-	-	170,18	-	-
9. Efektivno vrijeme po jedinici, min/m ³ - Effective time per unit, min/m ³	12,86	-	-	16,41	-	-
10. Ukupno vrijeme po jedinici, min/m ³ - Total time per unit, min/m ³	24,75	-	-	29,41	-	-
11. Ostvareni dnevni učinak, m ³ /dan - Realised daily output, min/m ³	17,11	-	-	15,47	-	-

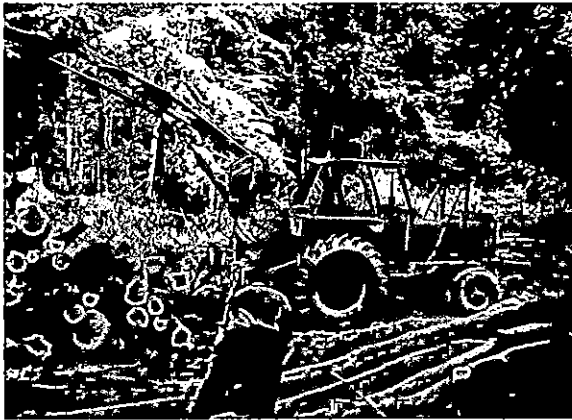
Ukupno utrošeno vrijeme pri preuzimanju drvnih sortimenata
Total time consumption for customizing wood assortments

Sjekač preuzimač je ukupno sniman 4577,31 minutu, odnosno prosječno 416,12 min/dan. Efektivno vrijeme iznosi 757,59 minuta ili 16,55 %, a opća vremena 3819,72 minute ili 83,45 % ukupnoga vremena. Ukupno je izrađeno 358,36 m³, od toga 517 komada tehničke oblovine srednjega obujma od 0,249 m³ i 2132 komada višemetarskoga prostornoga drva srednjega obujma od 0,108 m³. Najveći utrošak efektivnoga vremena zauzima hod do tovara s 0,67 min/m³, koliko se troši i za mjerenje. Na trupljenje drvnih sortimenata otpada 0,59 min/m³. Pro-

sječno utrošeno efektivno vrijeme iznosi $2,11 \text{ min/m}^3$, a opća vremena $10,66 \text{ min/m}^3$, što ukupno iznosi $12,77 \text{ min/m}^3$. Utrošak čistoga vremena preuzimanja drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu, kako piše Štefančić (1989), iznosi $6,27 \text{ min/m}^3$, a ukupno vrijeme $19,26 \text{ min/m}^3$.

Ukupno utrošeno vrijeme traktora s dizalicom na pomoćnom stovarištu Total time consumption of the crane tractor at roadside storage

Traktor s dizalicom ukupno je sniman 4530,54 minute tijekom 11 dana, odnosno prosječno $411,87 \text{ min/dan}$ (slika 2). Efektivno vrijeme traktora s dizalicom i dizaličara iznosi $1137,96$ minuta ili $25,12 \%$, a opća vremena $3392,58$ minuta ili $74,88 \%$.



Slika 2. Dorada i preuzimanje drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu
Figure 2 Processing and customizing wood assortments at landing

Traktorskom je dizalicom ukupno složeno $217,07 \text{ m}^3$ odnosno 2019 komada višemetarskoga prostornoga drva srednjega obujma $0,108 \text{ m}^3$. Prosječni obujam zahvata dizalice iznosi $0,417 \text{ m}^3$. U zahvatu se dizalice nalazi prosječno 3,9 komada. Prosječno utrošeno efektivno vrijeme traktorske dizalice i dizaličara iznosi $5,24 \text{ min/m}^3$. Na opća vremena otpada $15,63 \text{ min/m}^3$, a ukupno utrošeno vrijeme iznosi $20,87 \text{ min/m}^3$. Ako promatramo samo rad dizalice, tada efektivno vrijeme iznosi $4,28 \text{ min/m}^3$, a ukupno vrijeme $19,91 \text{ min/m}^3$.

Dodatno vrijeme u skupini Added time in the teamwork

Dodatno vrijeme čine dijelovi općih vremena potrebni za izvršenje radnoga naloga. Dodatno vrijeme određujemo radi izračuna norme vremena i norme učinka, a dodajemo ga efektivnomu vremenu u obliku koeficijenta dodatnoga vremena ili u apsolutnom iznosu. Pri izračunu dodatnoga vremena pojedinih članova skupine priznaje se prekid za jelo od 30 minuta u 8 sati rada. Odmori su priznati s najduljim trajanjem od 5 minuta, a opravdani prekidi u ukupnom iznosu kako su se događali. Dodatno vrijeme sjekača S1 iznosi $66,25 \%$, a sjekača S2 $78,81 \%$ efek-

tivnoga vremena. Faktor dodatnoga vremena iznosi 1,66 (S1) i 1,47 kod sjekača S2, odnosno prosječno 1,56. Bojanin i Krpan (1994) za brdoviti teren utvrdili su dodatno vrijeme pri sječi i izradbi stabala u iznosu od 51 % efektivnoga vremena rada. Backhaus (1990) piše da kod izračuna normi sječe i izradbe dodatno vrijeme u cijeloj Njemačkoj u prosjeku iznosi 40 %.

Dodatno vrijeme za traktor E1 iznosi 30,45 %, a za traktor E2 27,92 % efektivnoga vremena. Za prilagođene poljoprivredne traktore Bojanin (1975) spominje dodatno vrijeme u iznosu od 11,7 % do 38,4 %, a Krpan (1984) za sve druge traktore od 13,4 % do 25,8 %. Faktor dodatnoga vremena kod traktora E1 iznosi 1,30 odnosno 1,28 kod traktora E2, a prosječno iznosi 1,29.

Dodatno vrijeme sjekača preuzimača pri preuzimanju drvnih sortimenata na pomoćnom stovarištu iznosi 88,45 % (PS) efektivnoga vremena. Visok postotak dodatnoga vremena je posljedica maloga utroška efektivnoga vremena odnosno nedovoljne iskorištenosti propisanoga radnoga vremena od 480 minuta. Dodatno vrijeme traktora s dizalicom (DZ) iznosi 87,44 % efektivnoga vremena. Dnevno je radno vrijeme prosječno koristio s 85,81 % od propisanoga vremena (480 minuta). Faktor dodatnoga vremena traktora s dizalicom (DZ) na pomoćnom stovarištu iznosi 1,87.

Statistička obrada efektivnoga vremena članova skupine Statistical processing of the team members' effective time

Efektivno vrijeme sjekača pri sječi i izradbi stabala. Efektivno je vrijeme sječe i izradbe stabala promatramo kao varijabilno vrijeme u odnosu na prsni promjer i visinu stabla. Izdvojeno je efektivno vrijeme (y) sječe i izradbe te je promatrana njegova varijabilnost. Primijenjena je multipla linearna regresija, gdje su za svako stablo kao nezavisne varijable uzete vrijednosti prsnoga promjera ($d_{1,30}$), visina stabla (h) i pripadajuće efektivno vrijeme.

$$y_{S1} = -1,40059 + 0,275980 \cdot d_{1,30} - 0,032270 \cdot h, \text{ (min)},$$

$$y_{S2} = -5,785140 + 0,263600 \cdot d_{1,30} + 0,175170 \cdot h, \text{ (min)}$$

Varijabilna vremena traktora. U analizi vremena vožnje opterećenih traktora multiplom linearnom regresijom u obzir su uzete vrijednosti: obujam tovara (q), udaljenost privlačenja (l), prosječni nagib puta (p) te broj komada u tovaru (n).

Vrijeme je vožnje opterećenih traktora (y_{OE}) na vlaci i sječini:

$$y_{OE1} = -0,508557 + 0,236151 \cdot q + 0,016905 \cdot l + 0,104514 \cdot p - 0,003676 \cdot n, \text{ (min);}$$

$$R = 0,94193373,$$

$$y_{OE2} = -0,417294 + 0,710050 \cdot q + 0,019550 \cdot l + 0,094665 \cdot p - 0,032880 \cdot n, \text{ (min);}$$

$$R = 0,85508191.$$

Vrijeme vožnje neopterećenih traktora na vlaci i sječini:

$$y_{NE1} = -0,461263 + 0,012628 \cdot l + 0,110390 \cdot p, \text{ (min); } R = 0,92932969,$$

$$y_{NE2} = 0,669522 + 0,011849 \cdot l - 0,004239 \cdot p, \text{ (min); } R = 0,089854920,$$

Vrijeme vožnje opterećenih traktora na pomoćnom stovarištu:

$$y_{E1o} = 0,080435 + 0,147193 \cdot q + 0,015644 \cdot l - 0,011577 \cdot n, \text{ (min);}$$

$$R = 0,71138245,$$

$$y_{E2o} = 0,0171592 + 0,059979 \cdot q + 0,017412 \cdot l - 0,007716 \cdot n, \text{ (min);}$$

$$R = 0,71697944.$$

Vrijeme vožnje neopterećenih traktora na pomoćnom stovarištu:

$$y_{E1n} = 0,152107 + 0,010057 \cdot l, \text{ (min); } R = 0,69824455,$$

$$y_{E2n} = 0,110627 + 0,012122 \cdot l, \text{ (min); } R = 0,75829187.$$

Vrijeme sjekača preuzimača pri doradi i preuzimanju drvnih sortimenata. Efektivno (utrošeno) je vrijeme (y_{PS}) sjekača preuzimača promatramo kao varijabilno vrijeme u odnosu na obujam (q_1) i broj komada izrađenih drvnih sortimenata (n_1) te je izvedeno jednadžbom:

$$y_{PS} = 0,890667 + 0,005833 \cdot n_1 + 1,529477 \cdot q_1; \text{ (min); } R = 0,39596682.$$

Vrijeme slaganja drva na pomoćnom stovarištu traktorskom dizalicom. Efektivno vrijeme (y_{DZ}) traktora s dizalicom promatramo u odnosu na obujam (q_2) i broj komada višemetarskoga prostornoga drva (n_2), a izračun je prikazan jednadžbom:

$$y_{DZ} = 0,083965 + 0,3397970 \cdot q_2 + 0,097379 \cdot n_2; \text{ (min); } R = 0,2778264.$$

Uz prosječni obujam zahvata dizalice, $q_2 = 0,411 \text{ m}^3$ i prosječni broj komada u zahvatu, $n_2 = 3,9$ efektivno vrijeme zahvata iznosi 1,12 minuta.

NORME VREMENA I UČINKA SKUPINE STANDARD TIME AND DAILY OUTPUT OF TEAMWORK

Norma vremena skupine

Standar time teamwork

Prema postojećoj organizaciji rada ova skupina radnika za proizvodnju jedinice proizvoda troši $82,79 \text{ min/m}^3$ (P1) odnosno $84,48 \text{ min/m}^3$ (P2). Na temelju pojedinačnoga izračuna norme vremena svakoga člana skupine ovdje će se prikazati izračun norme vremena podskupine (skupine) te njihov međusobni odnos.

Normu vremena skupine izračunavamo kao sumu pojedinačnih normi vremena svakoga člana skupine, odnosno sjekača i traktora koji rade u paru, zatim sjekača preuzimača na preuzimanju drvnih sortimenata te traktorske dizalice. Norma je vremena skupine radnika po jedinici proizvoda iskazana matematičkim obrascem:

$$NV_{SK} = \left(\frac{{}^1((b_0 + b_1 \cdot d_{1,30} + b_2 \cdot h) + I_f) \cdot k_{ds}}{q_n} \right) + \left(\frac{{}^2((t_{mv} + t_{ov} + t_{nps} + t_{ops}) + (t_u + t_i)) \cdot k_{dt}}{q_1} \right) +$$

$$((b_0 + b_1 \cdot n_1 + b_2 \cdot q_1) \cdot k_{dps}) + \left(\frac{(b_0 + b_1 \cdot n_2 + b_2 \cdot q_2) \cdot k_{dDZ}}{q_2} \right) \dots (\text{min/m}^3),$$

gdje su: b_0, b_1, b_2 – parametri linearnoga matematičkoga regresijskoga modela (1 za svakoga se člana skupine koristi pripadajući parametar matematičkoga modela), $d_{1,30}$ – prsni promjer stabla (cm), h – visina stabla (m), I_f – vrijeme vezanja tovara sjekača (min), k_{ds} – faktor

dodatnoga vremena sjekača, q_n – neto obujam stabla (m^3), t_{nv} – vrijeme vožnje neopterećenoga traktora na vlaci i sječini (min), t_{ov} – vrijeme vožnje opterećenoga traktora na vlaci i sječini (min), t_{nps} – vrijeme vožnje neopterećenoga traktora na pomoćnom stovarištu (min), t_{ops} – vrijeme vožnje opterećenoga traktora na pomoćnom stovarištu (min), t_u – vrijeme rada traktora u sječini (min), t_i – vrijeme rada traktora na pomoćnom stovarištu (min), k_{dt} – faktor dodatnoga vremena traktora, q_t – prosječni obujam tovara traktora (m^3), n_1 – prosječni broj komada u radnom zahvatu sjekača preuzimača pri preuzimanju drvnih sortimenata (kom), q_1 – prosječni drveni obujam radnoga zahvata pri preuzimanju drvnih sortimenata (m^3), k_{dps} – faktor dodatnoga vremena sjekača preuzimača pri preuzimanju drvnih sortimenata, n_2 – broj komada u radnom zahvatu traktorske dizalice (kom), q_2 – prosječni drveni obujam radnoga zahvata traktorske dizalice (m^3), k_{dDZ} – faktor dodatnoga vremena dizaličara pri slaganju višemetarskoga prostornoga drva.

² *Napomena:* Pri izračunu efektivnoga vremena turnusa traktora koriste se matematički regresijski modeli, za t_{ov} , t_{nv} , t_{ops} , t_{nps} , a vrijeme utovara (t_u) i istovara traktora (t_i) izračunavamo kao prosječno (fiksno) vrijeme turnusa traktora.

Tablica 3. Ostvareno vrijeme i norma vremena podskupine radnika po jedinici proizvoda (min/m^3)
 Table 3 Realised time and standard time of subteams per product unit (min/m^3)

Podskupine – Subteams	Udaljenost privlačenja traktorom, m – Skidding distances, m						
	Ostvareno – Realized	150	250	350	450	550	650
	Norma vremena podskupine radnika, min/m^3 Standard time of subteams, min/m^3						
P1 (S1+E1+PS+DZ)	82,79	41,81	44,69	47,58	50,47	53,35	56,24
P2 (S2+E2+PS+DZ)	84,48	44,92	47,62	50,31	53,02	55,71	58,41

U tablici 3 prikazani su podaci o utrošenom vremenu rada podskupina po jedinici proizvoda. U istoj su tablici prikazane izračunate norme vremena za udaljenosti privlačenja traktorom od 150 m do 650 m. Norma je vremena izračunata prema matematičkomu obrascu NV_{SK} .

Podskupina P1 je pri proizvodnji jedinice proizvoda utrošila $82,79 \text{ min}/m^3$, a podskupina P2 $84,48 \text{ min}/m^3$. Pri udaljenosti privlačenja od 150 m za podskupinu P1 norma vremena iznosi $41,81 \text{ min}/m^3$, a za podskupinu P2 $44,92 \text{ min}/m^3$. To je za 49,5 % (P1), odnosno za 46,8 % (P2) manje u odnosu na utrošeno vrijeme.

Pri udaljenosti privlačenja od 350 m za podskupinu P1 iznosi 42,5 %, a podskupinu P2 40,4 % manje vremena u odnosu na ostvareno. Pri udaljenosti od 650 m iznosi za 32,1 % (P1) odnosno za 30,9 % (P2) manje vremena u odnosu na ostvareno.

Dnevni učinak skupine Daily teamwork output

U tablici 4 prikazan je dnevni učinak skupine. Dnevni je učinak skupine izračunat kao suma dnevnoga učinka dvaju traktora prema udaljenosti privlačenja. A za pojedini je traktor izračunat kao odnos propisanoga radnoga vremena od 480 minuta i norme vremena traktora. Skupina radnika ostvaruje dnevni učinak u onoj količini koliko drvnoga obujma privuku traktori na pomoćno stovarište.



Slika 3. Privlačenje drva traktorom Ecotrac 1033F

Figure 3 Wood skidding of tractor Ecotrac 1033 F

Tablica 4. Dnevni učinak (m^3 /dan) skupine radnika prema postojećem broju članova
Table 4 Daily output (m^3 /day) of work teams by the number of members

Traktori – Tractors	Udaljenost privlačenja traktorom, m – Skidding distance, m					
	150	250	350	450	550	650
	Dnevni učinak skupine, m^3 /dan – Daily output teamwork, m^3 /day					
(E1 + E2)	61,37	51,95	45,07	39,79	35,65	32,28
Broj članova skupine Number of team members	Dnevni učinak po članu skupine – Daily output per team member, m^3 /day					
(6)	10,23	8,66	7,51	6,63	5,94	5,38

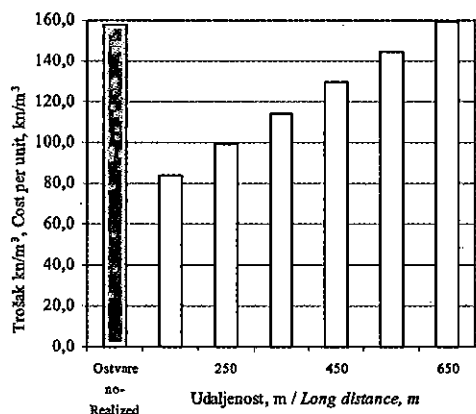
Skupina broji šest članova, a dnevni se učinak po članu kreće od 10,23 m^3 /dan (150 m) do 5,38 m^3 /dan (650 m) te je za 88,4 % (150 m) do 9,4 % (550 m) veći u odnosu na ostvareni dnevni učinak od 5,43 m^3 /dan po članu. Pri udaljenosti od 650 m izračunati je dnevni učinak manji za 0,05 m^3 /dan od ostvarenoga.

TROŠKOVI SKUPINE (PODSKUPINE) TEAM AND SUB TEAM COSTS

Pri izračunu je korišten dnevni trošak svakoga člana, odnosno sredstva rada u skupini radnika. Prikazane kombinacije podskupine odnose se na ukupno trajanje rada u jednom danu, odnosno na organizaciju rada u skupini radnika.

U podskupini P1 rade u paru sjekač S1 i traktor E1, a u podskupini P2 rade u paru sjekač S2 i traktor E2. Sjekač preuzimač PS radi doradu i preuzimanje drvnih sortimenata za oba traktora. U kalkulaciji podskupine P1 uzet je dnevni trošak sjekača (S1) i traktora (E1) te polovica dnevnoga troška sjekača preuzimača (PS) na pomoćnom stovarištu.

Ukupni trošak podskupine P1 iznosi 2.574,79 kn/dan za 2,5 radnika, a prosječno po radniku iznosi 858,26 kn/dan. U podskupini P2 dnevna je kalkulacija jednaka kao i kod P1. Za skupinu radnika dnevni trošak iznosi 5.149,58 kn/dan, odnosno prosječno 858,26 kn/dan po članu. U skupini se trošak kreće od 83,91 kn/ m^3 (150 m) do 159,52 kn/ m^3 (650 m) te je u odnosu na ostvareni trošak od



Slika 4. Prikaz troška po jedinici proizvoda (kn/m^3)
Figure 4 Calculated costs per product unit (kn/m^3)

158,07 kn/m^3 manji za 46,9 % (150 m) do 8,6 % (550 m), dok je pri udaljenosti od 650 m za 0,9 % veći od ostvarenoga (slika 4).

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Iskorištenost radnoga vremena skupine iznosi 87,81 % propisanoga dnevnoga vremena. Ostvareni dnevni učinci kod sjekača iznose 16,73 m^3/dan (S1) i 19,33 m^3/dan (S2), a kod sjekača preuzimača 32,59 m^3/dan (PS). Ostvareni su dnevni učinci traktora pri privlačenju drva od 17,11 m^3/dan (E1) do 15,47 m^3/dan (E2), a traktora s dizalicom pri slaganju drva na pomoćnom stovarištu u iznosu od 19,74 m^3/dan (DZ). Ostvareni prosječni dnevni učinak po članu skupine iznosi 5,43 m^3/dan .

Oblikovani dnevni učinak sjekača iznosi 32,93 m^3/dan (S1) i 33,66 m^3/dan (S2). Oblikovani se dnevni učinak traktora pri udaljenosti privlačenja od 150 m kreće od 34,01 m^3/dan (E1) do 27,36 m^3/dan (E2). Pri udaljenosti od 350 m moguće je ostvariti 24,14 m^3/dan , odnosno 20,93 m^3/dan , a pri 650 m traktor E1 može ostvariti dnevni učinak od 16,82 m^3/dan , odnosno 15,46 m^3/dan traktor E2.

Norma vremena sjekača preuzimača (PS) iznosi 4,15 min/m^3 , a dnevni je učinak moguće ostvariti u iznosu od 115,68 m^3/dan . U odnosu na ostvareni dnevni učinak moguć je 3,1 puta veći dnevni učinak. Norma vremena traktora s dizalicom (DZ) iznosi 8,50 min/m^3 , a dnevni učinak 56,47 m^3/dan . Traktor s dizalicom može složiti 2,7 puta više drva u odnosu na ostvareni dnevni učinak.

U skupini prosječna norma vremena za dva sjekača iznosi 14,42 min/m^3 , a prosječna norma vremena traktora kreće se od 15,83 min/m^3 (150 m) do 29,79 min/m^3 (650 m). U odnosu na najmanju normu vremena (4,15 min/m^3) za optimalan je rad skupine potrebno 3,5 sjekača i 3,8 (150 m) do 7,2 (650 m) traktora te 2,2 traktorskih dizalica. Tijekom jednoga radnoga dana optimalna skupina može izraditi 115,66 m^3/dan drvnih sortimenata.

Prema broju članova te dnevnom učinku skupine radnika izračunat je dnevni učinak po članu skupine. Dnevni se učinak po članu kreće od 10,23 m³/dan (150 m) do 5,38 m³/dan (650 m) te je za 88,4 % (150 m) do 9,4 % (550 m) veći u odnosu na ostvareni dnevni učinak od 5,43 m³/dan. Prosječni ostvareni trošak po jedinici proizvoda u skupini iznosi 158,07 kn/m³. Oblikovani se trošak kreće od 83,91 kn/m³ (150 m) do 159,52 kn/m³ (650 m) te je u odnosu na ostvareni manji za 46,9 % (150 m) do 8,6 % (550 m).

LITERATURA REFERENCES

- Č Backhaus, G., 1990: Die Allgemeinen Zeiten im forstlichen Arbeitsstudium. Forsttechnische Informationen, 42: 1–15.
- DI Č Bojanin, S., 1975: Izvlačenje tanje tehničke oblovine pomoću traktora. Drvna industrija, 26 (11–12): 263–269.
- SL Č Bojanin, S., A. P. B. Krpan, J. Beber, 1989: Komparativno istraživanje sječe i izrade u prorednim sastojinama hrasta lužnjaka i crne johe. Šumarski list, 113 (9/10): 591–602.
- SL Č Bojanin, S., A. P. B. Krpan, 1994: Eksploatacija šuma pri različitim radnim uvjetima u Hrvatskoj. Šumarski list, 118 (9/10): 271–282.
- K Grammel, R., 1988: Holzernte und Holztransport. Verlag Paul Parey, Hamburg Berlin, 12–42.
- D Krpan, A. P. B., 1984: Istraživanja upotrebljivosti traktora IMT-558 na privlačenju oblovine u uvjetima nizinskih šuma šumarije Lipovljani. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 11–36.
- O REFA, 1984: Methodenlehre des Arbeitsstudiums. Teil 1 Grundlagen, 7. überarb. Aufl. C. Hanser München, 1107.
- MS Č Štefančić, A., 1989: Komparativno istraživanje proizvodnosti rada, troškova proizvodnje i oštećivanja stabala primjenom deblovnice i sortimentne metode rada u prorednim sastojinama. Mehanizacija šumarstva, 14 (56): 93–102.
- Č Winkler, I., 1990: Skupinsko delo v gozdni proizvodnji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 35: 69–82, Ljubljana.
- D Zečić, Ž., 2003: Optimizacija skupnoga rada pri eksploataciji bjelogoričnih prorednih sastojina panonskog gorja. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Č Zečić Ž., A. P. B., Krpan 2004: Efficiency of group work in harvesting mountainous broadleaf thinning stands. Ljubljana, Zbornik gozdarstva in lesarstva, 74: 41 – 57.
- CJFE Č Zečić, Ž., J. Marenče, 2005: Mathematical models for optimisation of group work in harvesting operation. Croatian Journal of Forest Engineering, 26 (1): 29 – 37, Zagreb.
- o Planske kalkulacije cijene radniko dana za 2003. godinu. Hrvatske šume, Zagreb.

USING OF TEAMWORK IN TIMBER HARVESTING FROM THINNING STANDS I HILLY TERRAINS

SUMMARY

The paper presents the research results and the optimisation of teamwork in the exploitation of broadleaf thinning stands in a hilly area. The field research was carried out in the forestry administration area of Bjelovar, the management unit of Ivanske Prigorske Šume, with a team consisting of six workers. The research was focused on the following: cutting and processing; tractor skidding; processing; wood assortment delivery, and stacking of long timber by tractor crane on roadside storage. The teamwork was carried out in a 66-year-old thinning beech stand. The work team consisted of two cutters, two tractor drivers, one cutter-customer, and one crane driver. The team is controlled daily by a foreman. All members of the team were surveyed by a regression chronometry method with the related wood volume. Based on the recorded time, time study analysis was made by individual jobs and totally. The structure of the single effective times and delays was determined, and the added time was formed. The cutters spent 38.14% and 48.73% respectively of the effective time out of the total time. Out of the total time, the cutter-customer spent 16.55%, and the tractor crane 25.12% of the effective time. The average added time factor of the cutters was 1.57, while the one of the tractor was 1.29. The respective values of the cutter-customer and the crane tractor were 1.88 and 1.87. Using the mathematical/statistical methods of a multiple linear regression, the data of the measured and calculated values were processed. The obtained mathematical models of the effective time calculation plus added time factor were used for the calculation of the time norm and the daily effect of each member of the team. Time norms and daily outputs were calculated in several variants for better modelling of the team. The total time norm of the sub team depends on the tractor skidding distance. With the distance of 150 m – 750 m, the time norm of one sub team ranged between 44.67 min/m³ and 59.10 min/m³, while the respective values of the second sub team were 47.78 min/m³ and 61.27 min/m³. The daily output per team member may be achieved in the amount of between 10.23 m³/day at a distance of 150 m, and 5.38 m³/day at a distance of 650 m. The costs per product unit ranged between 83.91 kn/m³ (150m) and 159.52 kn/m³ (650m).

Key words: cutting and processing, skidding, optimal team, productivity, costs

UDK: 630*312

USPOREDBA DJELOTVORNOSTI TRAKTORA ECOTRAC 120 V PRI PRIVLAČENJU DRVA U BRDSKIM I GORSKIM UVJETIMA

COMPARISON OF PRODUCTIVITY OF SKIDDER ECOTRAC 120V
AT TIMBER SKIDDING IN HAILY AND MOUNTAINS CONDITIONS

ŽELJKO ZEČIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu su prikazani rezultati istraživanja zglobnoga traktora Ecotrac 120V pri privlačenju drva na dvama radilištima, u brdskim (Koprivnica) i gorskim (Senj) uvjetima, odnosno u pripremnom i prebornom sijeku. Na prvom je radilištu ostvareno efektivno vrijeme od 47,06 %, a na drugom 80,20 % ukupno utrošenoga vremena. Prosječni ostvareni tovar po turnusu na prvom radilištu iznosi 2,78 m³, a na drugom 5,34 m³. U strukturi efektivnoga vremena turnusa na fiksna vremena otpada 54,51 % (KO) i 64,43 % (SE). Prosječne brzine vožnje opterećenih traktora iznose 3,55 km/h, odnosno 1,67 km/h, a neopterećenih 5,69 km/h i 2,20 km/h. Prosječne brzine izvlačenja užeta su 1,10 km/h, odnosno 1,66 km/h, a privitlavanja tovara 0,99 km/h i 1,74 km/h. Norma vremena u pripremnom sijeku iznosi 10,35 min/m³, a u prebornoj sječini 12,03 min/m³ za udaljenost od 300 + 50 m. Dnevni se učinak na prvom radilištu kreće od 62,22 m³/dan (50 m) do 35,74 m³/dan (500 m), a na drugom od 50,53 m³/dan (50 m) do 35,54 m³/dan (500 m). Oblikovani se troškovi na prvom radilištu kreću od 25,56 kn/m³ do 44,50 kn/m³, a na drugom od 31,47 kn/m³ do 44,75 kn/m³.

Ključne riječi: privlačenje drva, zglobni traktor, proizvodnost, troškovi

UVOD INTRODUCTION

Mehanizirano privlačenje obloga drva u hrvatskim šumama počinje šezdesetih godina kada se velikoserijski poljoprivredni traktori prilagođavaju za rad u šumi. Zglobni se traktori pojavljuju od 1968. godine. Sljedećih je godina započelo intenzivno mehaniziranje šumskih radova, kada su rješavana mnoga temeljna pitanja

primjene najsuvremenije šumske tehnike i tehnologije. Intenziviran je znanstvenoi-straživački rad, osnivani su centri stručne vrsnoće, započeta je izobrazba radnika i uvođenje novih strojeva, ponuđena su rješenja domaćih stručnjaka u razvoju radnih sredstava i tehnologija, izrađene su tehničke norme i započeta su istraživanja ergonomskih značajki strojeva uz podršku informatičkih tehnologija.

Organizacija rada i tehnologija privlačenja drva po tlu najčešće je uvjetovana značajkama izabranoga traktora. Osim zglobnih traktora tipa Kockums, Timberjack, LKT, Silva 101, Belt, John Deere i dr. u uporabi su brojni poljoprivredni traktori posebno prilagođeni za rad u šumi, kao što su Torpedo, IMT, Zetor, Ursus i dr.

Tijekom Domovinskog rata i idućih godina hrvatsko se šumarstvo nalazi u jedinstvenom sustavu i novom okruženju te je razumljivo da su takvo stanje i ratna razaranja izazvali gubitke i zastoj u razvoju i primjeni najnovije šumske tehnike i tehnologije. Završetkom rata, a više krajem prošloga stoljeća znatno se poboljšava slika u korist specijalnih šumskih strojeva jer se većina drva iz šume do pomoćnoga stovarišta privlači traktorima. S obzirom na sastojinske i terenske uvjete traktori se za privlačenje drva razvijaju u dva osnovna smjera. To su srednji šumski zglobni traktori za privlačenje drva iz prorednih sastojina i veliki zglobni traktori (preko 5 t) za privlačenje drva iz oplodnih i prebornih sječina.

PROBLEMATIKA I CILJ ISTRAŽIVANJA PROBLEM AND AIM OF RESEARCH

Svrha mehaniziranoga privlačenja drva (šezdesete 20. st.) jest povećanje učinka, smanjenje broja radnika, humanizacija rada, smanjenje troškove po jedinici proizvoda itd. Od 1980. započinje razvoj treće generacije strojeva, specijalno konstruiranih za rad u šumi. Višegodišnjim istraživanjima traktora koji se koriste za privlačenje drva podijeljeni su po djelotvornosti, dimenzijama, masi i snazi na traktore za prorede i traktore za oplodne i preborne sječe.

Šumarska struka i znanost okrenuta je traženju suvremenoga traktora za oplodne i preborne sječe koji bi bolje udovoljili ekonomskim, ekološkim, ergonomskim, energijskim i estetskim zahtjevima koji se u šumarskoj proizvodnji i okruženju sve više zaoštavaju.

Prema evidenciji Hrvatskih šuma d.o.o. u 1995. godini je na privlačenju drva bilo zaposleno 270 ili 51,6 % zglobnih traktora od ukupnoga broja sredstava. U 2005. godini je od ukupnoga broja (631 sredstvo) bilo 312 ili 49,5 % zglobnih traktora, a od toga 119 do 35 kW, (< 5t) i 193 s više od 35 kW (> 5t). Godine 1999. nastavljen je trend primjene specijalnih šumskih traktora te je kupljeno 27 traktora Timberjack 240 C, od kojih je 12 opremljeno dvobubanjskim vitlom Adler HY16, a 15 traktora jednobubanjskim vitlom T40 D te je tijekom 2000. i 2001. godine kupljeno 18 novih traktora s vitlima Adler HY16.

Od 2001. godine razvija se domaća tvrtka Hittner koja je do 2005. godine Hrvatskim šumama d.o.o. isporučila 139 specijalnih šumskih zglobnih traktora



Slika 1. Traktor Ecotrac 120V u sječini
Figure 1 Ttractor Ecotrac 120V in felling site

Ecotrac, od toga 78 traktora Ecotrac 33V (2001–2003), zatim 15 traktora Ecotrac MS 72V (2002–2003), zatim 12 traktora Ecotrac MS 55V (2004–2005) te 34 traktora Ecotrac 120V (2004–2005).

Tijekom proteklih tridesetak godina proizvodnost i troškove traktora pri privlačenju drva istraživalo je više domaćih i stranih autora. Tako Bojanin (1988, 1990) istražuje rad zglobnih i poljoprivrednih traktora pri privlačenju drva. Krpan (1999) sa suradnicima istražuje mogućnost primjene traktora Steyr pri privlačenju drva. Zatim Krpan i Zečić (2001) istražuju učinkovitost i troškove traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama. Košir i dr. (1988, 1999, 2000) istražuju traktore u slovenskom šumarstvu te više drugih stranih autora piše o primjeni i proizvodnosti traktora pri privlačenju drva.

Znanstvenim istraživanjima i stručnom analizom utvrđena je nužnost primjene traktora veće snage i mase pri realizaciji glavnoga prihoda godišnjega etata Hrvatske. Dosadašnja istraživanja i strukovna praćenja u primjeni nekih traktora za oplodne i preborne sječe upućuju na nedostatke. Traktori LKT imaju zadovoljavajuće morfološke značajke, ali i zastarjela tehnička rješenja koja u prvi plan ističu ekološku neprilagođenost. Traktor Timberjack 240 C, iako visoko proizvođen, za naše je šumske uvjete predimenzioniran i s neusklađenim ergonomskim rješenjima.

Ovaj rad prikazuje rezultate istraživanja traktora Ecotrac 120 V pri privlačenju drva u različitim uvjetima rada što se tiče reljefnih i sastojinskih prilika te vrste sječe.

OBJEKTI I METODE ISTRAŽIVANJA INVESTIGATION OBJECTS AND METHODS

Istraživanje je provedeno na dva radilišta. Radilište Koprivnica (KO) nalazi se na području UŠP Koprivnica, Šumarija Đurđevac, GJ Đurđevačka Bilogora, odjel 64a, a radilište Senj (SE) na području UŠP Senj, Šumarija Senj, GJ Senjsko bilo, odjel 24a. Na radilištima su vremenski odvojene faze sječe i izrade stabala od privlačenja drva. Podaci u tablici 1 pokazuju različitost sastojinskih, reljefnih i tehnoloških značajki radilišta. Na radilištu Koprivnica (KO) obavljen je pripremni sijek prosječnoga obujma stabla od 0,52 m³. U prebornom sijeku u sastojini s pretežitim udjelom bukve (SE) srednji je obujam stabla 1,59 m. Pri vuči drva traktori su se kretali po vlakama. Na radilištu Koprivnica prosječni je nagib vlaka po kojima se kretao opterećeni traktor iznosio + 4 %. Na gorskom se terenu radilišta Senj traktor s teretom kretao niz nagib na prosječnom nagibu od -9 %. Srednja udaljenost privlačenja na radilištu Koprivnici iznosi 257 m, a u Senju 335 m.

Tablica 1. Značajke radilišta
Table 1 Work site characteristics

Radilište – <i>Work site</i>	Koprivnica (KO)	Senj (SE)
Šumarija – <i>Forst office</i>	Đurđevac	Senj
Reljef – <i>Relief</i>	Brdovit – <i>Hilly terrain</i>	Planinski – <i>Mountain</i>
Nadmorska visina, m <i>Above sea level, m</i>	185 – 245	960 – 1155
Nagib vlaka – <i>Road slope</i>	(+ 4 %)	(-9 %)
Stanje tla – <i>Soil condition</i>	Vlažno – <i>Humid</i>	Vlažno – <i>Humid</i>
Vrsta drva – <i>Tree species</i>	Hrast 4,3 %, – <i>Oak</i> Bukva 35,1 %, – <i>Beech</i> OTL 60,6 % – <i>OHS</i>	Bukva 84,3 %, – <i>Beech</i> Jela 15,7 % – <i>Fir</i>
Vrsta sječe – <i>Typ of felling</i>	Pripremni sijek <i>Preparatory felling</i>	Preborni sijek <i>Selective felling</i>
Prosječni obujam stabla, m ³ <i>Average tree volume, m³</i>	0,52	1,59
Posječeno drvo, m ³ /ha <i>Felling wood, m³/ha</i>	128,11	46,05
Metoda privlačenja <i>Method of skidding</i>	Poludeblovna <i>Halfree</i>	Poludeblovna <i>Halfree</i>
Srednja udaljenost privlačenja, m <i>Average scidding distance, m</i>	257	335

Pri terenskom je istraživanju na oba radilišta proveden studij rada i vremena traktora prema metodici koja se primjenjuje u Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskoga fakulteta u Zagrebu i koja se naslanja na njemačka i skandinavska iskustva (Schlaghamersky 1994). Utrošak vremena radnih operacija i zahvata mjerena su povratnom metodom kronometrije. Primijenjena je standardna snimačka oprema. Odgovarajućim su metodama prikupljeni pomoćni mjerni i opi-

сни подаци. Математичко-статистичка је обрада података проведена помоћу стандардних PC пакета, а обрада података помоћу рачуналнога програма *Statistica 7*.

TEHNIČKE ZNAČAJKE TRAKTORA I VITLA TECHNICAL CHARACTERISTICS OF TRACTORS AND WINCH

Неке су техничке значајке трактора Ecotrac 120 V те неке техничке значајке двобубанскога витла Hittner 2 x 80 приказане у табlici 2. Према индексу облика Ecotrac 120 V налази се у зони средње тешких и тешких скидера, а према односу снаге мотора и масе трактора припада породици тешких трактора. Дужина и промјер вучне уџади на витлима је прилагођена димензијским значајкама тоара и потребној дужини извлачења уџета.

Таблица 2. Основне техничке значајке трактора и витла
Table 2 Elementary technical characteristics of tractor and winch

Radilište – Work site		Koprivnica	Senj
Traktor – Tractor		Ecotrac 120 V	
	Duljina – Length	5930	
Dimenzije, mm	Širina – Width	2230	
<i>Dimensions, mm</i>	Visina – Height	2820	
Snaga motora, kW – Engine power, kW		84	
Vitlo – Winch		Dvobubanjsko – Double drum	
Tip – Typ		Hittner 2 x 80	
Upravljanje – Controlling		Elektrohidraulično-daljinsko – Remote controlling	
Duljina užeta, m	L – L	70	60
<i>Cable length, m</i>	D – R	70	60
Promjer užeta, mm	L – L	14	14
<i>Cable diameter, mm</i>	D – R	14	14
Potezna sila, kN <i>Pulling force, kN</i>		80	

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS OF INVESTIGATION

TOVAR LOAD

Подаци о товарима приказани су у табlici 3. Просјећни је обужам тоара у припремном сijekу за 2,56 m³ мањи од просјећнога тоара у преборном сijekу. Нjега чине просјећно 8,0 комада облога дрва, што је за 2,3 комада више него на радилишту Сенj. Дужине се комада у товару крећу од 2,0 m до 7,8 m, односно 13,2 m. Просјећни је обужам комада у товару износио 0,35 m³ на радилишту Копривница, односно 0,93 m³ на радилишту Сенj те је за 2,7 пута већи.

Tablica 3. Značajke tovara po radilištima
Table 3 Load characteristics on work sites

Radilište / Work site	Koprivnica (KO)	Senj (SE)				
		min.	x	maks.	min	x
Ukupno privučeno drvo, m ³ Total skidded timber, m ³		125,25			255,01	
Ukupan broj komada, n Total number of pieces, n		359			275	
Ukupan broj turnusa Total number of cycles		46			48	
Obujam tovara, m ³ Load volume, m ³	0,78	2,78	4,52	1,63	5,34	10,36
Broj komada u tovaru Number of pieces in a load	3	8,0	17	3	5,7	9
Duljina komada, m Piece length, m	2,0	3,9	7,8	2	7	13,2
Obujam komada, m ³ Piece volume, m ³	0,06	0,35	2,13	0,06	0,93	3,87
Promjer komada, cm Piece diameter, cm	14,00	32	73	13	39	75

UTROŠAK VREMENA TIME CONSUMPTION

Na osnovi provedenoga studija vremena određena je struktura ukupno utrošenoga vremena, efektivnoga vremena i općih vremena (tablici 4). Efektivno vrijeme na radilištu Koprivnica iznosi 47,06 %, a na radilištu Senj 80,20 % ukupnoga vremena rada. Opća vremena čine 52,94 %, odnosno 19,80 % ukupnoga vremena rada. Efektivno vrijeme iznosi 8,06 min/m³(KO), odnosno 9,88 min/m³ (SE), što je za 1,82 min/m³ ili 18,42 % više. Na radilištu Koprivnica je ostvaren dnevni učinak od 20,88 m³/dan za prosječno utrošeno vrijeme od 357,75 min/dan, a na radilištu Senj od 31,88 m³/dan za 392,52 min/dan, što je za 11,00 m³/dan ili 34,5 % više.

U strukturi ukupno ostvarenoga efektivnoga vremena na vožnju neopterećenoga traktora po vlaci i sječini otpada 12,84 % (KO), odnosno 16,36 % (SE) vremena. Na rad opterećenoga traktora otpada 23,31 % (KO), odnosno 18,67 % (SE). Za rad na sječini se troši 36,02 % na radilištu Koprivnica, odnosno 48,96 % na radilištu Senj, što je za 12,94 % više. Za rad na pomoćnom stovarištu utrošeno je 27,83 % (KO) efektivnoga vremena, odnosno 16,01 % (SE), što je za 11,82 % manje efektivnoga vremena.

Ukupno dodatno vrijeme traktora Ecotrac 120 V na radilištu Koprivnica iznosi 347,53 minute, a na radilištu Senj 451,98 minuta, odnosno 34,25 % (KO) i

Tablica 4. Struktura ukupno utrošenoga vremena i prosječno ostvareni dnevni učinak
Table 4 Structure of total time consumption and average realized daily output

Radne sastavnice Work cycle element	Radilište Koprivnica – Work site Koprivnica			Radilište Senj – Work site Senj		
	Utrošak vremena – Time consumption					
	Ukupno vrijeme Total time	Postotni udio prema Percentage of		Ukupno vrijeme Total time	Postotni udio prema Percentage of	
		ukupnom per total	efektivnom per efektive		ukupnom per total	efektivnom per efektive
		vremenu – time			vremenu – time	
	min	%		min	%	
1. Vožnja neopterećenog traktora – Travel unloaded	129,72	6,04	12,84	411,98	13,12	16,36
2. Rad opterećenog traktora / Work of loaded tractor	235,49	10,97	23,31	470,13	14,97	18,67
2.1. Vožnja opterećenog traktora – Travel loaded	193,62	9,02	19,17	368,57	11,74	14,64
2.2. Privitlanje pri vuči traktora Winching during travel of loaded tractor	41,87	1,95	4,15	101,56	3,23	4,03
3. Rad na sječini – Felling site work	363,84	16,95	36,02	1233,00	39,27	48,96
3.1. Zauzimanje položaja – Positioning	31,40	1,46	3,11	243,80	7,76	9,68
3.2. Izvlačenje užeta – Pulling the choker	68,52	3,19	6,78	219,03	6,98	8,70
3.3. Vežanje tovara – Choker setting	63,72	2,97	6,31	554,59	17,66	22,02
3.4. Privitlanje – Winching	77,03	3,59	7,63	166,28	5,30	6,60
3.5. Ispravljanje tovara – Adjusting the load	79,44	3,70	7,86	48,20	1,53	1,91
3.6. Silaženje i penjanje – Move up and down	43,73	2,04	4,33	1,10	0,04	0,04
4. Rad na pomoćnom stovarištu Auxillary timber yard work	281,08	13,09	27,83	403,22	12,84	16,01
4.1. Vožnja opterećenoga traktora – Travel loaded	58,60	2,73	5,80	58,36	1,86	2,32
4.2. Premještanje traktora – Remove tractor	0,91	0,04	0,09	1,56	0,05	0,06
4.3. Silaženje i penjanje – Move up and down	24,63	1,15	2,44	5,25	0,17	0,21
4.4. Odvezivanje tovara – Unhooking the load	46,67	2,17	4,62	102,37	3,26	4,06
4.5. Izvlačenje užeta ispod tovara Pulling the choker under them load	1,17	0,05	0,12	29,56	0,94	1,17
4.6. Uređenje složaja – Bunching	93,15	4,34	9,22	132,46	4,22	5,26
4.7. Okretanje neopterećenoga traktora Unloaded tractor turning	20,26	0,94	2,01	59,93	1,91	2,38
4.8. Vožnja neopterećenoga traktora Travel unloaded	35,69	1,66	3,53	13,73	0,44	0,55
5. Efektivno vrijeme – Effective time	1010,13	47,06	100,00	2518,33	80,20	100,00
6. Opća vremena – Delay time	1136,34	52,94		621,85	19,80	
7. Ukupno vrijeme – Total time	2146,47	100,00		3140,18	100,00	
8. Ukupno privučeni drveni obujam, m ³ Total skidded timber volume, m ³	125,25			255,01		
9. Efektivno vrijeme po jedinici, min/m ³ Effective time per unit, min/m ³	8,06			9,88		
10. Ukupno vrijeme po jedinici, min/m ³ Total time per unit, min/m ³	17,14			12,31		
11. Ostvareni dnevni učinak, m ³ /dan Realised daily output, m ³ /day	20,88			31,88		

17,95 % (SE) efektivnoga vremena. Faktori dodatnoga vremena su 1,34 (KO), odnosno 1,18 (SE). U strukturi dodatnoga vremena na prekid za jelo, koji izračunat na temelju 30-minutnoga prekida rada u 8-satnom radnom vremenu, otpada 134,15 minuta ili 38,60 % (KO) te 164,01 minutu ili 36,29 % (SE). Odmori su iznosili 34,15 minuta ili 9,83 % u Koprivnici, odnosno 45,50 minuta ili 10,07 % u Senju. Prekidi vezani uz organizaciju rada i dogovore iznose 57,23 minute ili 16,47 % (KO), odnosno 146,27 minuta ili 32,26 % na radilištu Senj. Pripremno-završno vrijeme na radilištu Koprivnica iznosi 122,00 minuta (35,10 %), a na radilištu Senj 96,20 minuta (21,28 %).

VRIJEME TURNUSA CYCLE TIME

U tablici 5 prikazana je struktura oblikovanih vremena turnusa za vožnju po sječini i vlaci na udaljenost od 300 m te za vožnju po pomoćnom stovarištu od 50 m. Efektivno vrijeme turnusa na radilištu Koprivnica iznosi 21,43 minute, a na radilištu Senj 54,44 minute, što je za 33,01 minutu više. Norma vremena na radilištu Koprivnica iznosi 10,35 min/m³, a na radilištu Senj 12,03 min/m³. Na radilištu Senj utrošak je fiksnih vremena velik i iznosi 64,43 % efektivnoga vremena turnusa (54,51 % na radilištu Koprivnica), s većim udjelima utovara (47,15 %). Tako je za utovar utrošeno 10,24 % vremena više nego na radilištu Koprivnica. Udio je vremena istovara manji za 7,99 % nego na radilištu Koprivnica.

BRZINE TRAKTORA, BRZINE IZVLAČENJA UŽETA I PRIVITLAVANJA SKIDDER SPEEDS, SPEEDS OF PULLING AND WINCHING

Brzine su punih i praznih traktora izračunate pomoću vremena koja su izračunata multiplom linearnom regresijskom analizom. Neopterećeni se traktor na radilištu Koprivnica kreće traktorskim putem niz nagib, a opterećeni uz nagib (+4%). Na radilištu Senj obrnuta je situacija, neopterećeni se traktor kreće uz nagib, a opterećeni niz nagib (-9%). Jednadžbe su izjednačenja utrošenih vremena vožnji s faktorom korelacije prikazane u tablici 6. Pri izračunu vremena vožnje opterećenoga traktora uzeti su sljedeći utjecajni parametri: udaljenost (l), stanje tla (s_t), nagib puta (p), prosječna dnevna temperatura (t) i obujam tovara (q). Kod neopterećenoga traktora uzeti su isti parametri osim obujma tovara. Kod opterećenih traktora po pomoćnom stovarištu promatrana je udaljenost (l), obujam tovara (q) i broj komada u tovaru (n), a kod neopterećenih samo udaljenost vožnje.

Prosječne brzine kretanja neopterećenih traktora iznose 5,69 km/h (KO), odnosno 2,20 km/h na radilištu Senj. Opterećeni se traktori kreću prosječnom brzinom od 3,55 km/h (KO) i 1,67 km/h (SE).

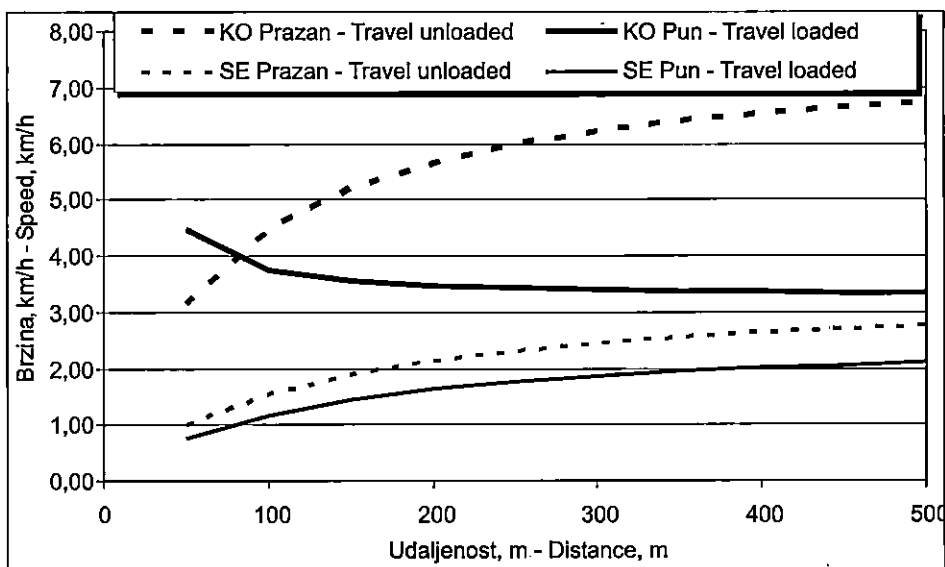
Prosječne su brzine izvlačenja užeta na radilištima 1,10 km/h (KO) za prosječnu duljinu od 10,5 m, odnosno 1,66 km/h (SE) za prosječnu duljinu od 21,8 m. Brzine privitlavanja tovara su 0,99 km/h, odnosno 1,77 km/h. Poznato je da će

Tablica 5. Struktura vremena turnusa traktora Ecotrac 120V za udaljenost privlačenja po vlaci i sječini od 300 m i po pomoćnom stovarištu 50 m
 Table 5 Time structure of cycles for tractor Ecotrac 120V at skidding distance of 300 m along the skid trail and the felling site, and distance of 50 m along the landing

Vrsta vremena Type of time	Radilište Koprivnica – Work site Koprivnica		Radilište Senj – Work site Senj			
	Utrošak vremena – Time consumption					
	Ukupno vrijeme Total time	Postotni udio prema Percentage of	Ukupno vrijeme Total time	Postotni udio prema Percentage of		
				ukupnom per total	efektivnom per efektive	ukupnom per total
		vremenu – time		vremenu – time		
	min	%	min	%		
1. Vožnja neopterećenoga traktora / Travel unloaded	2,81	9,77	13,11	7,36	11,46	13,51
2. Rad opterećenoga traktora / Work of loaded tractor	5,21	18,11	24,31	11,79	18,37	21,66
2.1. Vožnja opterećenoga traktora / Travel loaded	4,30	14,95	20,07	9,67	15,07	17,77
2.2. Privitlavanje pri vuči traktora Winching during travel of loaded tractor	0,91	3,16	4,25	2,12	3,30	3,89
3. Rad na sječini – Felling site work	7,91	27,49	36,91	25,67	39,98	47,15
3.1. Zauzimanje položaja – Positioning	0,68	2,36	3,17	5,08	7,91	9,33
3.2. Izvlačenje užeta – Pulling the choker	1,49	5,18	6,95	4,56	7,10	8,38
3.3. Vežanje tovara – Choker setting	1,38	4,80	6,44	11,55	17,99	21,22
3.4. Privitlavanje – Winching	1,68	5,84	7,84	3,46	5,39	6,36
3.5. Ispravljanje tovara – Adjusting the load	1,73	6,01	8,07	1,00	1,56	1,84
3.6. Silaženje i penjanje – Move up and down	0,95	3,30	4,43	0,02	0,03	0,04
4. Rad na pomoćnom stovarištu Landing work	5,50	19,12	25,66	9,62	14,98	17,67
4.1. Vožnja opterećenoga traktora Travel loaded	0,85	2,95	3,97	2,05	3,19	3,77
4.2. Premještanje traktora – Removal of tractor	0,02	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
4.3. Silaženje i penjanje – Move up and down	0,54	1,88	2,52		0,00	0,00
4.4. Odvezivanje tovara – Unhooking the load	1,01	3,51	4,71	2,13	3,32	3,91

4.5. Izvlačenje užeta ispod tovara <i>Pulling the choker under them load</i>	0,03	0,10	0,14	0,62	0,97	1,14
4.6. Uređenje složaja – <i>Bunching</i>	2,03	7,06	9,47	2,78	4,33	5,11
4.7. Okretanje neopterećenoga traktora <i>Unloaded tractor turning</i>	0,44	1,53	2,05	1,25	1,95	2,30
4.8. Vožnja neopterećenoga traktora <i>Travel unloaded</i>	0,58	2,02	2,71	0,76	1,18	1,40
5. Efektivno vrijeme – <i>Effective time</i>	21,43	74,49	100,00	54,44	84,78	100,00
6. Dodatno vrijeme (34,25 % i 17,95 %) <i>Allowance time (34,25 % and 17,95 %)</i>	7,34	25,51		9,77	15,22	
7. Ukupno vrijeme turnusa – <i>Total cycle time</i>	28,77	100,00		64,21	100,00	
8. Prosječan obujam tovara, m ³ <i>Average load volume, m³</i>	2,78			5,34		
9. Norma vremena, min/m ³ / <i>Time standard, min/ m³</i>	10,35			12,03		
10. Dnevni učinak, m ³ /dan / <i>Daily output, m³/day</i>	46,38			39,92		

brzine izvlačenja užeta i brzine privlačenja ovisiti o terenskim i sastojinskim čimbenicima, tehničkim značajkama vitla i užadi te duljini izvlačenja užeta i veličinama pojedinoga tovara.



Slika 3. Brzine vožnji traktora po vlaci i sječini
Figure 3 Speeds the tractors road and the felling site

Tablica 6. Parametri jednadžbi multiple regresijske analize
 Table 6 Equation parameters of multiple regression analysis

Vrsta vremena – Type of time	Parametri – Parameters						
	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	R
Radilište Koprivnica – Work site Koprivnica							
1. Sječina i traktorski put – Felling site and tractor road		l	s _t	p	t	q	
Vožnja neopterećenoga traktora – Travel unloaded	-0,67726	0,007777	0,358918	-0,01196	0,035431		0,949512
Vožnja opterećenoga traktora – Travel loaded	-4,37339	0,018527	0,712808	0,327363	-0,04429	0,107720	0,925531
2. Pomoćno stovarište – Landing		l	q	n			
Vožnja neopterećenoga traktora – Travel unloaded	0,163012	0,008349					0,613858
Vožnja opterećenoga traktora – Travel loaded	0,229104	0,010521	-0,001563	0,010974			0,603615
Radilište Senj – Work site Senj							
1. Sječina i traktorski put – Felling site and tractor road		l	s _t	p	q		
Vožnja neopterećenoga traktora – Travel unloaded	-0,91175	0,017380	0,789443	0,161953			0,947805
Vožnja opterećenoga traktora – Travel loaded	0,598990	0,022928	-0,514510	0,117229	0,307669		0,963608
2. Pomoćno stovarište – Landing		l	q	n			
Vožnja neopterećenoga traktora – Travel unloaded	0,128860	0,012581					0,614902
Vožnja opterećenoga traktora – Travel loaded	0,358797	0,000517	-0,073221	0,223251			0,118532

NORME VREMENA, DNEVNI UČINCI I TROŠKOVI PRIVLAČENJA STANDARD TIMES, DAILY OUTPUTS AND SKIDDING COSTS

Norme su vremena, dnevni učinci i toškovi privlačenja drva izračunati u ovisnosti o udaljenosti privlačenja za oba radilišta prikazani u tablici 7. Na oba je radilišta udaljenost privlačenja iznosila od 50 m do 500 m.

Neopterećeni traktor na radilištu Koprivnica pri udaljenosti od 50 m do 500 m troši od 0,96 minuta do 4,46 minuta, a na radilištu Senj pri istoj udaljenosti od 3,01 minuta do 10,83 minuta po turnusu. Opterećeni traktori uglavnom troše više vremena pri istim udaljenostima privlačenja. Tako je na radilištu Koprivnica opterećeni traktor trošio od 0,67 minuta do 9,01 minuta po turnusu, a na radilištu Senj od 3,94 minuta do 14,26 minuta. Vremena vožnji neopterećenoga i opterećenoga traktora na pomoćnom stovarištu prikazana su za samo udaljenost od 100 m, koja približno odgovara prosječno ostvarenoj udaljenosti vožnji traktora. Prema tomu je neopterećeni traktor na pomoćnom stovarištu za 100 m na radilištu Koprivnica utrošio 1,00 minutu, a na radilištu Senj 1,39 minuta. Opterećeni traktor na pomoćnom stovarištu troši 1,37 minuta, odnosno 2,07 minuta. Varijabilna vremena traktora kreću se od 4,00 minute do 5,83 minute po turnusu (KO), odnosno od 10,41 minutu, pa sve do 28,55 minuta (SE).

Za rad na pomoćnom stovarištu traktor je na radilištu Koprivnica utrošio 4,07 minuta, odnosno 6,90 minuta na radilištu Senj. Ukupno vrijeme turnusa traktora na radilištu Koprivnica kreće se od 21,45 minuta do 37,34 minute, a na radilištu Senj od 50,72 minute do 72,12 minute. Norma je vremena na radilištu Koprivnica u raponu od 7,71 min/m³ do 13,43 min/m³, a na radilištu Senj je od 9,50 min/m³ do 13,51 min/m³.

U različitim uvjetima rada traktor Ecotrac 120V može ostvariti djelomično različite učinke. Dnevni se učinak na radilištu Koprivnica kreće od 62,22 m³/dan do 35,74 m³/dan (50–500 m). Na radilištu Senj dnevni se učinak kreće od 50,53 m³/dan do 35,54 m³/dan za istu udaljenost. Znatna je razlika pri udaljenosti od 300 + 100 m, a od 300 m do 500 m je neznatna razlika u mogućem dnevnom učinku.

Na osnovi učinaka i izravnih troškova rada izračunati su troškovi privlačenja drva po jedinici proizvoda ovisno o udaljenosti privlačenja (tablica 7). Troškovi po jedinici proizvoda rastu s povećanjem udaljenosti privlačenja. Dnevna kalkulacija troška traktora iznosi 1590,37 kn. U pripremnom sijeku za udaljenosti privlačenja od 50 m do 500 m na radilištu Koprivnica trošak se kreće od 25,56 kn/m³ do 44,50 kn/m³. Na radilištu Senj za udaljenosti od 50 m do 500 m trošak se kreće od 31,47 kn/m³ do 44,75 kn/m³.

Za udaljenosti privlačenja od 300 + 100 metara trošak iznosi 36,08 kn/m³ za radilište Koprivnica te 38,85 kn/m³ za radilište Senj te je za 2,77 kn/m³, odnosno 7,1 % veći u odnosu na trošak radilišta Koprivnica.

Tablica 7. Norma vremena, dnevni učinci i troškovi privlačenja u ovisnosti o udaljenosti privlačenja
 Table 7 Standard time, daily outputs and skidding costs depending on skidding distance

Udaljenost privlačenja Skidding distance m	Po sječini Felling site		Po pomoćnom stovarištu Auxiliary timber yard		Zbroj varijabilnih vremena Suma of varijable times	Rad u sječini Felling site work	Rad na pomoćnom stovarištu Auxiliary timber yard work	Zbroj fiksnih vremena Sum of fixed times	Efektivno vrijeme Effective time	Dodatno vrijeme Allowance time	Ukupno vrijeme po turnusu Total time per cycle	Norma vremena Standard time	Broj vožnji dnevno Cycles per day	Dnevni učinak Daily output	Faktor opadanja učinka Dropping output coefficient	Direktni trošak po jedinici Direct cost per unit
	Neopterećeni traktor Unloaded tractor	Opterećeni traktor Loaded tractor	Neopterećeni traktor Unloaded tractor	Opterećeni traktor Loaded tractor												
min												min/m ³	m ³ /dan	kn/m ³		
Radilište Koprivnica - Work site Koprivnica																
50	0,96	0,67	1,00	1,37	4,00	7,91	4,07	11,98	15,98	5,47	21,45	7,71	22,4	62,22	1,00	25,56
100	1,34	1,60	1,00	1,37	5,31	7,91	4,07	11,98	17,29	5,92	23,21	8,35	20,7	57,49	0,92	27,67
150	1,73	2,52	1,00	1,37	6,63	7,91	4,07	11,98	18,61	6,37	24,98	8,99	19,2	53,42	0,86	29,77
200	2,12	3,45	1,00	1,37	7,94	7,91	4,07	11,98	19,92	6,82	26,74	9,62	17,9	49,90	0,80	31,87
250	2,51	4,37	1,00	1,37	9,26	7,91	4,07	11,98	21,24	7,27	28,51	10,26	16,8	46,81	0,75	33,98
300	2,90	5,30	1,00	1,37	10,57	7,91	4,07	11,98	22,55	7,72	30,28	10,89	15,9	44,08	0,71	36,08
350	3,29	6,23	1,00	1,37	11,89	7,91	4,07	11,98	23,87	8,17	32,04	11,53	15,0	41,65	0,67	38,19
400	3,68	7,15	1,00	1,37	13,20	7,91	4,07	11,98	25,18	8,62	33,81	12,16	14,2	39,47	0,63	40,29
450	4,07	8,08	1,00	1,37	14,52	7,91	4,07	11,98	26,50	9,08	35,57	12,80	13,5	37,51	0,60	42,40
500	4,46	9,01	1,00	1,37	15,83	7,91	4,07	11,98	27,81	9,53	37,34	13,43	12,9	35,74	0,57	44,50
Radilište Senj - Work site Senj																
50	3,01	3,94	1,39	2,07	10,41	25,69	6,90	32,59	43,00	7,72	50,72	9,50	9,5	50,53	1,00	31,47
100	3,88	5,09	1,39	2,07	12,43	25,69	6,90	32,59	45,02	8,08	53,10	9,94	9,0	48,27	0,96	32,95
150	4,75	6,24	1,39	2,07	14,45	25,69	6,90	32,59	47,04	8,44	55,48	10,39	8,7	46,20	0,91	34,42
200	5,62	7,38	1,39	2,07	16,46	25,69	6,90	32,59	49,05	8,80	57,86	10,83	8,3	44,30	0,88	35,90
250	6,49	8,53	1,39	2,07	18,48	25,69	6,90	32,59	51,07	9,17	60,23	11,28	8,0	42,56	0,84	37,37
300	7,36	9,67	1,39	2,07	20,49	25,69	6,90	32,59	53,08	9,53	62,61	11,72	7,7	40,94	0,81	38,85
350	8,23	10,82	1,39	2,07	22,51	25,69	6,90	32,59	55,10	9,89	64,99	12,17	7,4	39,44	0,78	40,32
400	9,09	11,97	1,39	2,07	24,52	25,69	6,90	32,59	57,11	10,25	67,36	12,61	7,1	38,05	0,75	41,80
450	9,96	13,11	1,39	2,07	26,54	25,69	6,90	32,59	59,13	10,61	69,74	13,06	6,9	36,75	0,73	43,27
500	10,83	14,26	1,39	2,07	28,55	25,69	6,90	32,59	61,14	10,98	72,12	13,51	6,7	35,54	0,70	44,75

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Ostvareno efektivno vrijeme traktora Ecotrac 120 V u pripremnom sijeku iznosi 47,06 %, a u prebornom sijeku 80,20 % ukupno utrošenoga vremena. Prosječno ostvareni tovari po turnusu su od 2,78 m³ u pripremnom, odnosno 5,34 m³ u prebornom sijeku. Ostvareni dnevni učinak prosječno iznosi 20,88 m³/dan, odnosno 31,88 m³/dan.

Oblikovano vrijeme turnusa traktora na radilištu Koprivnica kreće se od 21,45 minuta do 37,34 minute (50–500 m), a na radilištu Senj od 50,72 minute do 72,12 minuta za istu udaljenost privlačenja.

Norma je vremena na radilištu Koprivnica u rasponu od 7,71 min/m³ do 13,43 min/m³, a na radilištu Senj je od 9,50 min/m³ do 13,51 min/m³ za udaljenosti od 50 m do 500 m.

Oblikovani se dnevni učinak na radilištu Koprivnica kreće od 62,22 m³/dan do 35,74 m³/dan. Na radilištu Senj dnevni se učinak kreće od 50,53 m³/dan do 35,54 m³/dan. Za udaljenost od 300 + 100 m veći je učinak ostvaren na radilištu Koprivnica za 3,14 m³ ili 7,12 %. Za udaljenost privlačenja od 500 m dnevni se učinak na radilištima razlikuje za svega 0,20 m³, što je 0,5 % manje.

Na radilištu Koprivnica trošak se kreće od 25,56 kn/m³ do 44,50 kn/m³, a na radilištu Senj od 31,47 kn/m³ do 44,75 kn/m³ za udaljenosti od 50 m do 500 m.

Za udaljenosti privlačenja od 300 + 100 metara trošak iznosi 36,08 kn/m³ za radilište Koprivnica te 38,85 kn/m³ za radilište Senj te je za 2,77 kn/m³, odnosno 7,1 % veći u odnosu na trošak radilišta Koprivnica.

LITERATURA REFERENCES

- SL ✓ Bojanin, S., J. Beber, 1990: Ovisnost učinka o terenskim uvjetima kod privlačenja drva traktorom. *Mehanizacija šumarstva*, 15 (5–6): 83–86.
- SL ✓ Bojanin, S., A. P. B. Krpan, 1994: Eksploatacija šuma pri različitim radnim uvjetima u Hrvatskoj, *Šumarski list*, 118 (9/10): 271–282.
- SL ✓ Bojanin, S., A. P. B. Krpan, 1997: Mogućnost tzv. visokog i potpunog mehaniziranja sječe i izrade te mehaniziranja privlačenja drva u šumama Hrvatske. *Šumarski list*, 121 (7/8): 371–381.
- SL ✓ Bojanin, S., A. P. B. Krpan, 1997: Prilagodba tehnologije rada privlačenja drva zaštiti šuma. *Šumarski list*, 5–6: 243–252.
- MSK ✓ Bojanin, S., A. P. B. Krpan, J. Beber, 1988: Komparativno istraživanje privlačenje drva zglobnim traktorima u jelovim prebornim sastojinama sa sekundarnim otvaranjem i bez sekundarnog otvaranja. *Mehanizacija šumarstva*, 13 (1–2): 3–13.
- MSK ✓ Igrčić, V., 1990: Stanje mehanizacije u šumarstvu Hrvatske krajem 1988. godine. *Mehanizacija šumarstva*, 13 (1–2): 3–13.
- ✗ Schlaghamersky, A., 1994: Zeitstudien. Fachhochschule Hildesheim/Holzminden, Fachbereich Forstwirtschaft in Göttingen, 1–146.

- ž Krpan, A. P. B., Ž. Zečić 2001: Analijse der arbeit des Knickschleppers Timberjack 240 C beim holzrüken auf den neigungen. 35. Intenationales symposium Mechanisierung der waldarbeit, Brno, Češka Republika, 13–27.
- ž Krpan, A. P. B., Ž. Zečić 2001: Učinkovitost i troškovi traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama. Znanstvena knjiga: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Zagreb, 477 – 490.
- ž Zečić, Ž., 2001: Proizvodnost i troškovi traktora u brdskim proredama. Znanstvena knjiga: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Zagreb, 507 – 523.
- SL. č Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, I. Stankić, 2004: Privlačenje oblovine traktorom Timberjack 240C iz oplodne sječe u uvjetima Šumarije Velika Pisanica. Šumarski list, 128 (11/12): 671 – 678.
- MS. č Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, D. Marčetić, 2005: Efektivno vrijeme farmer vitala Tajfun pri privlačenju drva traktorom Steyr 8090a. Nova mehanizacija šumarstva, 26 (2): 13 – 23.

COMPARISON OF PRODUCTIVITY OF SKIDDER ECOTRAC 120V AT TIMBER SKIDDING IN HILLY AND MOUNTAINS CONDITIONS

SUMMARY

This paper presents the research results of the performance of the skidder Ecotrac 120V in timber skidding at two working sites, in hilly and mountainous conditions, in preparatory and final felling of non-coniferous trees. The achieved effective time at the working sites is 47.06 %, i.e. 80.20 % of total time consumption. The average load per cycle in preparatory and selective felling in stands, in hilly and mountainous conditions, is 2.78 m³ and 5.34 m³, respectively. Fix times account for 54.51 % and 64.43 % of effective cycle time. The average travel speeds of unloaded tractors are 5.69 km/h and 2.20 km/h, and of the loaded ones 3.55 km/h and 1.67 km/h, respectively. The average speeds of unloaded tractors are higher than the speed of the loaded ones by 3.49 km/h and 1.88 km/h. The travel speed is predominantly affected by longitudinal slopes and types of strip roads. The average speeds of pulling the choker are 1.10 km/h and 1.66 km/h, respectively, and of load winching 0.99 km/h and 1.74 km/h. The highest outputs ranging between 62.22 m³/day (50 m) and 35.74 m³/day (500 m) and the lowest costs, from 25.56 kn/m³ to 44.50 kn/m³ are achieved in preparatory felling. High costs of skidding in selective felling, between 31.47 kn/m³ and 44.75 kn/m³.

Key words: skidding, regeneration fellings, skidder, productivity, skidding costs

UDK: 630*312

DJELOTVORNOST FORVARDERA TIMBERJACK 1710B PRI IZVOŽENJU OBLOVINE IZ NIZINSKIH ŠUMA HRVATSKE

EFFICIENCY OF TIMBERJACK 1710B FORWARDER ON ROUNDWOOD EXTRACTION FROM CROATIAN LOWLAND FORESTS

TOMISLAV PORŠINSKY, IGOR STANKIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Rad je prilog proučavanju djelotvornosti izvoženja drva teškim forvarderom Timberjack 1710B iz nizinskih šuma Hrvatske. Istraživanja su provedena u tri sječine u gornjoj Posavini. Istraživanje je djelotvornosti izvoženja drva forvarderom Timberjack 1710B na obuhvaćenim radilištima prikazano kroz ostvarene učinke i strukturu utrošenih vremena, strukturu općih vremena i dodatno vrijeme, značajke tovara, brzine kretanja forvardera te utroške vremena utovara i istovara drva. Prikazana je kalkulacija troškova strojnoga rada ovoga vozila, moguća proizvodnost te jedinični troškovi ovisno o udaljenosti izvoženja drva te ostalim utjecajnim čimbenicima koji su vladali tijekom istraživanja.

Ključne riječi: izvoženje drva, forvarder, djelotvornost, nizinske šume

UVOD I PROBLEM ISTRAŽIVANJA INTRODUCTION AND PROBLEM OF RESEARCH

Pri eksploataciji se nizinskih i prigorskih jednodobnih šuma u Hrvatskoj primjenjuje izvoženje drva. Od ostalih oblika micanja drva od panja do pomoćnoga stovarišta razlikuje ga posvemašnja odignutost tovara od tla. Za izvoženje drva po nizinskom bespuću usustavljeni su šumski strojevi treće generacije sastavljeni od traktora i (polu)prikolice u zglobnoj vezi s pridodanom hidrauličnom dizalicom. Naziv forvarder prihvaćen je u našoj šumarskoj struci i znanosti. U Republici Hrvatskoj trenutno je u uporabi četrdesetak forvardera različitih tipova, a rabe se za izvoženje drva pretežito glavnoga prihoda nizinskih i prigorskih šuma, nešto za prijevoz drva te kao pretovarni strojevi na međuskладиštima.

Pogodnost primjene i djelotvornost pojedinih načina pridobivanja drva ovisi o međudjelovanju čitavoga niza utjecajnih čimbenika, od kojih su najznačajniji: terenski čimbenici (nagib, površinske prepreke, nosivost podloge), otvorenost sječne jedinice mrežom šumskih prometnica, vrsta prihoda te primijenjeni postupci izradbe drva (Spinelli i dr. 2004, Tiernan i dr. 2004). Osim navedenih utjecajnih čimbenika na godišnju razinu proizvodnosti utječu i veličina sječnih jedinica, njihov međusobni položaj, vrsta prihoda, razina mehaniziranosti sječe i izradbe drva, broj radnih dana godišnje te kakvoća planiranja izvođenja radova (Talbot 2004).

CILJ I METODA RADA SCOPE AND METHOD OF RESEARCH

Cilj je ovoga rada utvrđivanje djelotvornosti izvoženja drva 17-tonskim forvarderom Timberjack 1710B u ovisnosti o utjecajnim terenskim i sastojinskim čimbenicima nizinskih šuma u Hrvatskoj.

Pri utvrđivanju djelotvornosti primijenjene su znanstveno prihvaćene metode prikupljanja i obrada podataka iz područja studija rada i vremena u iskorištavanju šuma, a obuhvaćeni su ovi utjecajni čimbenici: udaljenost izvoženja, sječna gustoća, dimenzije izrađene oblovine, uvjeti nosivosti tla te razvrstavanje oblovine pri istovaru. S računalnom obradom koja obuhvaća prikladne statističke metode utvrđene su veze između postignutih učinaka i utjecajnih čimbenika. Zbog raznovrsnosti i složenosti čimbenika koji djeluju na rad forvardera analizama se utvrdio njihov utjecaj na proizvodnost forvardera posredno preko utrošaka snimljena vremena i značajki tovara. Na taj se način povezao utjecaj jednoga (ili grupe čimbenika) s utroškom vremena određenih radnih sastavnica, odnosno značajki tovara. Osnovna je jedinica analize traktorski turnus.

Pri istraživanju kod snimanja utrošaka vremena upotrebljavao se kronometar, GPS za mjerenje udaljenosti kretanja vozila, značajke tovara prikupljale su se mjerenjem dimenzija pojedinih komada oblovine u tovaru, dok su ostali podaci preuzeti iz dokumenata šumarija.

MJESTA ISTRAŽIVANJA PLACES OF RESEARCH

Istraživanje djelotvornosti izvoženja drva forvarderom Timberjack 1710B provedeno je na tri sječine u području nizinskih lužnjakovih šuma gornje Posavine. Na istraživanim su sječinama vladali različiti sastojinski i eksploatacijski čimbenici, koji su sažeto prikazani u tablici 1.

Nosivost neizgaženoga tla istraživanih sječina prikazana je izmjerom prodirne značajke tla penetrometrom te posmične čvrstoće tla krilnom sondom. Na izmjerene je vrijednosti navedenih parametara koji opisuju uvjete nosivosti tla, snažno ut-

Tablica 1. Značajke odsjeka
Table 1 Features of subcompartments

	Sječine – <i>Cutt-blocks</i>		
	Novoselec	Remetinec	Lipovljani
Šumarija – <i>Forest office</i>	Žutica	Obreški Lug	Josip Kozarac
Gospodarska jedinica – <i>Management unit</i>	44b	24b	14a
Odsjek – <i>Subcompartment</i>	44b	24b	14a
Nadmorska visina – <i>Altitude, m</i>	98 – 99	120 – 121	95 – 96
Dob, godine – <i>Age, years</i>	115	99	140
Ophodnja, god. – <i>Rotation, years</i>	120	140	140
Površina – <i>Area, ha</i>	24,97	11,86	15,2
Udaljenost privlačenja – <i>Extraction distance, m</i>	400	400	140
Uredajni razred – <i>Management class</i>	hrast – <i>oak</i>	hrast – <i>oak</i>	hrast – <i>oak</i>
Drvena zaliha – <i>Growing stock, m³/ha</i>	158,6	398	195,5
Temeljnica – <i>Basal area, m²/ha</i>	11,37	27,35	11,32
Stabala po ha – <i>Tress per ha</i>	111	183	39
Vrsta sijeka – <i>Felling type</i>	dovršni – <i>final</i>	proreda – <i>thinning</i>	dovršni – <i>final</i>
Sječna gustoća, m ³ /ha – <i>Removal, m³/ha</i>	158,6	29,8	195,5
Sječna gustoća, stabala/ha – <i>Removal, trees/ha</i>	111	21	39
Sred. sječno stablo, – <i>Mean cutting tree, m³</i>	1,425	1,424	5,07
Trenutna vlaga tla – <i>Current soil moisture, vol. %</i>	50,4 ± 6,8	17,1 ± 2,8	43,1 ± 5,7
Konusni indeks tla – <i>Soil cone index, MPa</i>	0,61 ± 0,36	2,52 ± 0,65	0,92 ± 0,31
Posmična čvrstoća tla – <i>Shear strength, kPa</i>	76 ± 28	205 ± 83	152 ± 31

jecala dinamika kretanja vode u tlu. Na osnovi rezultata izmjere prodirne značajke tla (konusnoga indeksa) penetrometrom i posmične čvrstoće tla krilnom sondom (tablica 1) istraživane su sječine razvrstane u EcoWood razrede operativne razredbe terena za izvođenja šumskih radova, koja posebnu pažnju poklanja okolišno djelotvornomu pridobivanju drva na osjetljivim tlima (Ward i dr. 2003). Prema navedenoj razredbi terena istraživane sječine razvrstane su u sljedeće razrede terena: odjel 44b, GJ Žutica (meko tlo, gdje je zbog nepovoljne nosivosti tla forvarder koristio polugusjenice te se ograničeno kretao po redovima uhrpanoga granja), odjel 24b, GJ Obreški Lug (osrednje čvrsto tlo), odjel 14a, GJ Josip Kozarac (čvrsto tlo).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS OF RESEARCH

Istraživanje djelotvornosti izvoženja drva forvarderom Timberjack 1710B, na obuhvaćenim radištima, prikazano je preko rezultata: strukture utrošenih vremena, strukture općih vremena i dodatnoga vremena, značajki tovara, brzina kretanja forvardera, utrošaka vremena utovara i istovara drva te ostvarenoga učinka. Učinci su prikazani u ovisnosti o udaljenosti izvoženja drva te ostalim utjecajnim čimbenicima koji su vladali na sječinama tijekom istraživanja.

UČINAK I STRUKTURA UTROŠENIH VREMENA PRODUCTIVITY AND TIME STRUCTURE

Praćenje je rada forvardera na sva tri radilišta trajalo 11 radnih dana. Za to su vrijeme privučena 1433 m³ obloga drva u 116 snimljenih turnusa. Prikaz ukupno utrošenih vremena po radnim sastavnicama, ostvarenih prosječnih učinaka te utrošaka ukupnoga i efektivnoga vremena po m³ za sve sječine dan je u tablici 2. Različitost utjecajnih čimbenika, koji su za vrijeme istraživanja vladali među objektima, prouzročila je razlike među prosječnim ostvarenim učincima. Najniži je ostvareni prosječni učinak bio na sječini Obreški Lug (12,1 m³/h), a zatim slijede Žutica (15,9 m³/h) te Josip Kozarac (17,9 m³/h).

Tablica 2. Struktura ukupno utrošenih vremena
Table 2 Structure of total time consumptions

Radne sastavnice – Working components	Istraživane sječine – Researched cutt-blocks		
	44b, Žutica	24b, Obreški Lug	14a, Josip Kozarac
	Utrošci vremena – Time consumptions, min		
Neopterećena vožnja forvardera – Unloaded forwarder travel	101,31	81,93	248,75
Bespuće – Off-road	74,50	64,47	213,29
Pomoćno stovarište – Roadside Landing	26,81	17,46	35,46
Utovar drva (sječina) – Timber loading (cutt-block)	832,84	460,21	662,98
Rad dizalicom pri utovaru – Work with crane at loading	712,76	276,65	513,55
Premještanje vozila pri utovaru – Vehicle moving at loading	120,08	183,56	149,43
Opterećena vožnja forvardera – Loaded forwarder travel	186,50	125,66	343,10
Bespuće – Off-road	153,09	113,12	307,38
Pomoćno stovarište – Roadside Landing	33,41	12,54	35,72
Istovar drva (pomoćno stovarište) – Timber unloading (roadside landing)	342,82	92,24	319,79
Rad dizalicom pri istovaru – Work with crane at unloading	326,61	92,24	315,25
Premještanje vozila pri istovaru – Vehicle moving at unloading	16,21	0	4,54
Efektivno vrijeme – Effective time, min	1463,47	760,04	1574,62
Prekidi rada – Delay time, min	567,33	225,02	747,47
Ukupno utrošeno vrijeme – Total time, min	2030,80	985,06	2322,09
Odnos opće / efektivno – Ratio Delay time / Effective time	0,39	0,30	0,47
Efektivno vrijeme po jedinici – Effective time per unit, min/m ³	2,71	3,81	2,27
Ukupno vrijeme po jedinici – Total time per unit, min/m ³	3,77	4,94	3,35

Ostvarena proizvodnost – <i>Realised productivity</i> , m ³ /h	15,9	12,1	17,9
Prosječna udaljenost privlačenja – <i>Average extraction distance</i> , m	140	370	320
Prosječni obujam tovara, m ³ /tura – <i>Average volume of load</i> , m ³ /cycle	11,1	11,7	13,6
Prosječni obujam oblovine – <i>Average volume of roundwood</i> , m ³	0,274	0,364	0,547
Broj dana snimanja – <i>Number of investigated days</i>	4	2	5
Snimljeno turnusa – <i>Number of recorded cycles</i>	48	17	51
Ukupno izvezeno drvo – <i>Total forwarded volume</i> , m ³	539,3	199,2	694,1
Izvezeno komada oblovine – <i>Forwarded Pcs. of roundwood</i>	1965	547	1268

STRUKTURA OPĆIH VREMENA I DODATNO VRIJEME STRUCTURE OF DELAY TIMES AND ALLOWANCE

Opća vremena (prekidi rada) sastoje se od opravdanih i neopravdanih prekida rada te se nastoje smanjiti na nužnu razinu tehnološko-organizacijskim mjerama. Isključivanjem neopravdanih prekida iz općih vremena određeno je u apsolutnom iznosu dodatno vrijeme. Dodatno se vrijeme računa prema efektivnom vremenu te mu se dodaje u obliku postotka ili faktora dodatnoga vremena.

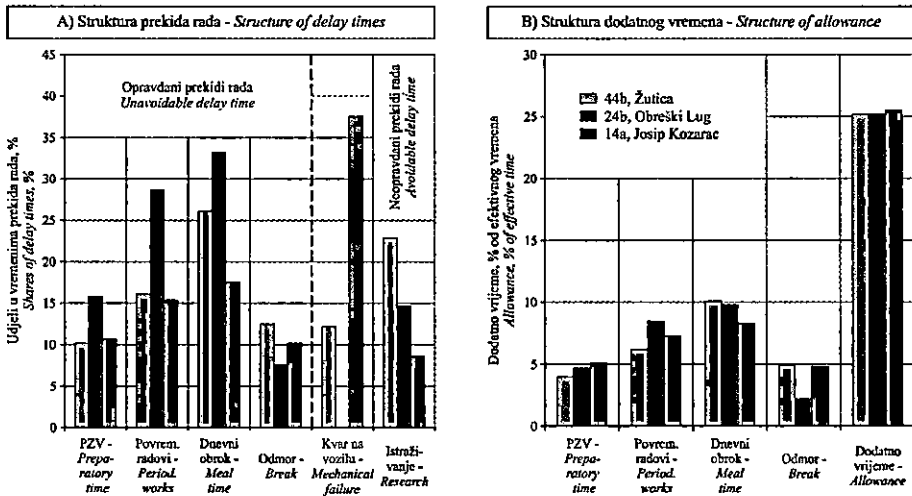
Prekidi rada tijekom istraživanja na sva tri radilišta razdijeljeni su u ove skupine: pripremno-završno vrijeme, povremeni radovi, osobni prekidi, kvarovi na vozilu te slučajni prekidi. Njihovu relativnu strukturu unutar prekida rada prikazuje slika 1A.

Stavljajući u odnos opravdane prekide rada s ostvarenim efektivnim vremenom izračunato je dodatno vrijeme, koje se na obuhvaćenim radilištima kretalo u vrlo uskom rasponu od 25,18 % do 25,53 %.

Uspoređujući postotne udjele pojedinih skupina opravdanih prekida rada u efektivnom vremenu, vidljiva su relativno mala odstupanja između istraživanih radilišta (slika 1B). Tako se pripremno-završno vrijeme kreće u rasponu od 4,0 % do 5,1 % efektivnoga vremena. Specifičnosti pojedinih radilišta prouzročile su raspon povremenih radova od 6,2 % do 8,5 %. Osobni prekidi rada kretali su se u rasponu od 12 do 15 % efektivnoga vremena.

ZNAČAJKE TOVARA FEATURES OF LOAD

Teorijska je nosivost forvardera određena tehničkim značajkama samoga vozila, dok praktičnu nosivost određuju terenski čimbenici, koji najčešće umanjuju teorijske mogućnosti vozila. Osim terenskih čimbenika bitne su dimenzije i oblik utovarene oblovine (oblovinu kraća od optimalne duljine, zakrivljenost ili nedovoljna obrađenost žilišta i kvrga umanjuje iskoristivost tovarnoga prostora) te gustoća



Slika 1. Struktura prekida rada i dodatno vrijeme
Figure 1 Structure of delay times and allowance

drva. Podaci su o ostvarenom obujmu tovara, broju komada te dimenzijama izveze-ne oblovine za istraživane sječine prikazani u tablici 3.

Tablica 3. Značajke tovara
Table 3 Load parameters

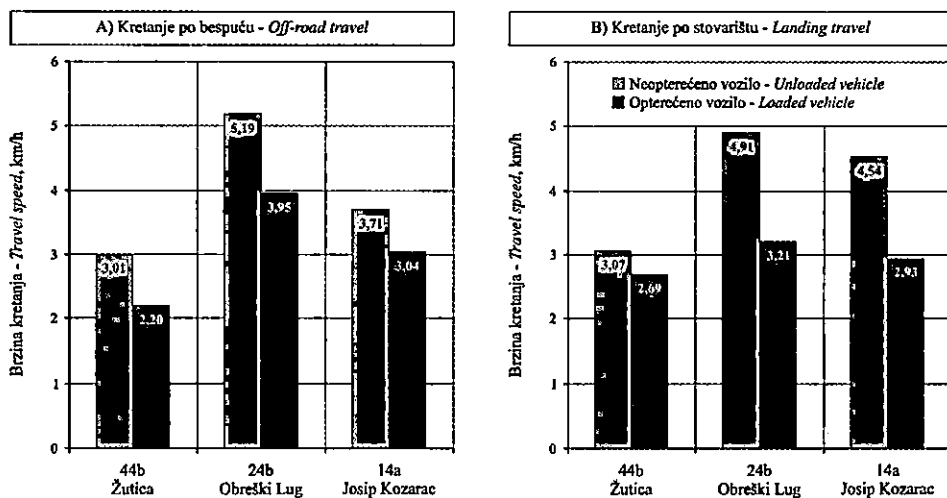
Sječine – Cutt-blocks	Obujam tovara Load volume	Komada u tovaru Pcs. in Load	Dimenzije oblovine – Dimensions of roundwood		
	m ³	kom. – Pcs.	promjer – diameter cm	duljina – length m	obujam – volume m ³
44b Žutica	11,1 ± 1,9 (6,0 – 15,6)*	41 ± 13 (11 – 80)*	27 ± 15 (7 – 84)*	3,8 ± 0,6 (2,0 – 7,0)*	0,274 ± 0,312 (0,008 – 2,413)*
24b Obreški Lug	11,7 ± 1,5 (8,1 – 13,4)*	32 ± 4 (21 – 37)*	37 ± 6 (25 – 58)*	3,4 ± 0,8 (2,0 – 6,7)*	0,365 ± 0,150 (0,098 – 1,099)*
14a Josip Kozarac	13,6 ± 3,1 (7,8 – 22,2)*	25 ± 8 (7 – 43)*	41 ± 17 (9 – 93)*	3,6 ± 0,9 (2,0 – 8,1)*	0,547 ± 0,510 (0,024 – 3,589)*

* Najmanja i najveća opažanja – Minimums & maximums

BRZINE KRETANJA FORWARDERA TRAVEL SPEEDS OF FORWARDER

Na osnovi utroška vremena kretanja i udaljenosti vožnji izračunate su pro-sječne brzine kretanja. Prosječne su brzine kretanja promatrane s obzirom na to da li se vozilo kreće po bespuću ili po izgrađenim transportnim sustavima (šumska cesta s tucaničkim zastorom) te su usporedo prikazane za sve istraživane sječine (slika 2).

Utjecajni čimbenici kretnosti forvardera tijekom istraživanja u odjelu 44b, GJ Žutica, jest korištenje polugusjenica na kotačima u tandem rasporedu stražnje bogi



Slika 2. Brzine kretanja forvardera po šumskom bespuću i pomoćnom stovarištu
 Figure 2 Forwarder travel speeds on forest off-road and roadside landing

osovine vozila, uz isključivo kretanje vozila po redovima uhrpanoga granja. Te su mjere omogućile kretnost forvardera pri radu u izrazito ograničenim uvjetima nosivosti podloge ($CI = 0,52$ Mpa) zbog povećane vlažnosti šumskoga tla. Utjecaj navedenih uvjeta rada uočljiv je kroz niže prosječne brzine neopterećenoga (3,01 km/h) i opterećenoga (2,20 km/h) forvardera.

Izrazito povoljna nosivost tla ($CI = 2,74$ Mpa), a samim time i povoljni uvjeti za privlačenje drva, koji su vladali tijekom istraživanja u odjelu 24b, GJ Obreški Lug, utjecali su na povećanje brzina kretanja neopterećenoga (5,19 km/h) i opterećenoga (3,95 km/h) forvardera. Raspored i gustoća preostalih dubećih stabala nakon obavljene prorede (162 stabla/ha) u ovoj 99 godina staroj sastojini hrasta lužnjaka nije se značajno odrazila na prosječne brzine kretanja vozila.

Na kretnost forvardera pri privlačenju drva u djelomično povoljnim uvjetima ($CI = 0,92$ Mpa) odjela 14a, GJ Josip Kozarac, utjecao je vodom zasićeni površinski sloj tla. Ovisno o nanoreliefnim značajkama terena, mjestimično je dolazila do izražaja povećana vlažnost tla, s posljedicom povećanoga klizanja kotača. U danim uvjetima odjela 14a utvrđena je prosječna brzina kretanja opterećenoga forvardera od 3,04 km/h, a koja je za 18,1 % niža od prosječne brzine kretanja neopterećenoga forvardera (3,71 km/h).

Polugusjenice su pri radu u odjelu 44b, GJ Žutica, utjecale na brzine kretanja na pomoćnom stovarištu, iako se radilo o gospodarskoj cesti s asfaltnim zastorom (slika 2B). Na pomoćnim stovarištima odjela 24b, GJ Obreški Lug, i 14a, GJ Josip Kozarac, forvarder se kretao po šumskoj cesti s tucaničkim zastorom. Različitosti i posebnosti položaja tih dvaju pomoćnih stovarišta, ali i navike vozača, utjecali su na brzine kretanja neopterećenoga i opterećenoga vozila s razlikama unutar 0,4 km/h (slika 2B). Zbog iznimno maloga udjela vremena kretanja (ne)opterećenoga

vozila na pomoćnom stovarištu u ukupnom vremenu rada forvardera (iznosi svih radilišta su č 3 %) nastale razlike na tim dvama radilištima mogu se zanemariti. Time je prosječna brzina kretanja opterećenoga vozila (4,72 km/h) u području pomoćnoga stovarišta za 32.% niža od prosječne brzine kretanja neopterećenoga vozila (3,06.km/h).

UTROŠCI VREMENA UTOVARA I ISTOVARA DRVA TIME CONSUMPTIONS OF TIMBER (UN)LOADING

Na istraživanim sječinama prosječni su se troškovi vremena utovara i istovara drva (slika 5) kretali u širokom opsegu od $19,27 \pm 4,97$ min/turi do $32,50 \pm 6,90$ min/turi, odnosno od $1,42$ min/m³ do $2,78$.min/m³ po jedinici izvezenoga drva. Pri utovaru drva vozači su najčešće u hvatalo hidraulične dizalice uzimali po jedan (rijetko dva) komada obloga drva. Pri istovaru su hvatalom dizalice odjednom uzimali veći broj komada oblovine.

Zbog povezivanja s nekim od utjecajnih čimbenika utrošak je vremena utovara i istovara drva raščlanjen u četiri skupine radnih sastavnica (tablica 4). Osnova je za raščlanjivanje mjesto obavljanja radova (sječina i stovarište) te vrsta rada s vozilom (rad dizalicom i premještanje vozila).

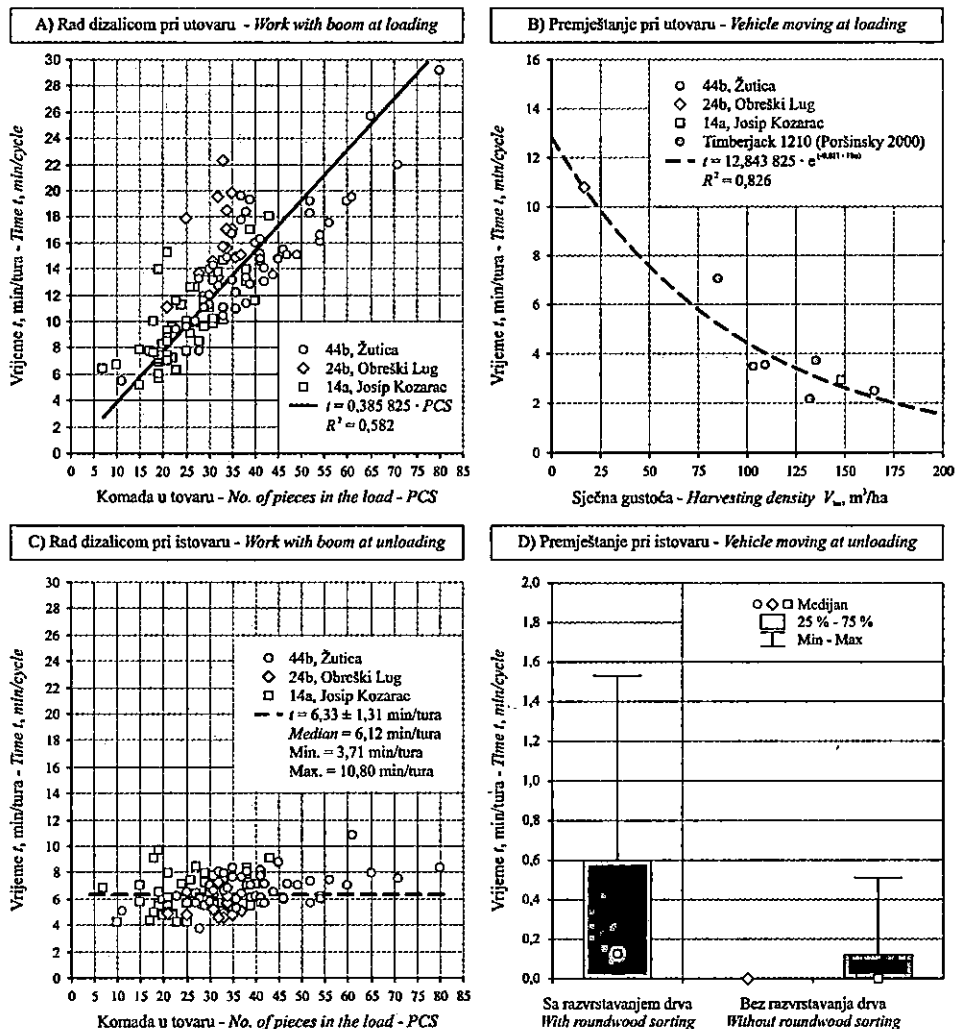
Analizirajući ostvarene rezultate utroška vremena utovara i istovara drva forvarderom kao i posebnosti istraživanih sječina, iskristalizirali su se utjecajni čimbenici ovih četiriju skupina radnih sastavnica (slika 3).

Pri utovaru drva zapažen je utjecaj zakona obujma komada jer se, zbog manjih dimenzija izrađene oblovine, povećao broj utovarenih komada u tovarni prostor forvardera te utrošak vremena rada dizalicom (slika 3A).

Preostali zakon mehaniziranja radova, u literaturi poznat kao zakon proizvodnje, svoje negativno djelovanje iskazao je kroz eksponencijalno povećanje utroška vremena premještanja forvardera zbog smanjenja sječne gustoće drva u proredama (slika 3B).

Na istraživanim sječinama nije utvrđeno povećanje utroška vremena rada dizalice pri istovaru drva zbog povećanja broja komada oblovine u tovaru (slika 3C). Tu činjenicu opravdava zahvatanje više komada obloga drva u hvatalo pri opterećenom hodu dizalice, što omogućuju tehničke značajke hidraulične dizalice TJ 111 F 72 na forvarderu Timberjack 1710B.

Prilikom istovara drva vozači su forvardera drvo razvrstavali po vrstama i razredima kakvoće, slažući istovarenu oblovinu u zasebne složajeve. Veći broj vrsta drva i skućeni prostor stovarišta uz gospodarsku cestu radilišta 44b, GJ Žutica, doveo je do utroška vremena premještanja forvardera pri istovaru drva od $0,34 \pm 0,41$ min/tura ($0,03$.min/m³). Potpuni izostanak (24b, GJ Obreški Lug), odnosno neobveznost (14a, GJ Josip Kozarac) razvrstavanja drva, ali i premještanja vozila na pomoćnom stovarištu posljedica je značajki sastojina, uzgojnih zahvata, načina izradbe drva (prostorno drvo u samoizradbi), kakvoće izrađene tehničke oblovine te prostranosti stovarišta (slika 3D).



Slika 3. Utjecaj čimbenika na utroške vremena osnovnih sastavnica utovara i istovara drva
Figure 3 Influence of factors on time consumptions of basic work components of timber (un)loading

OVISNOST DJELOTVORNOSTI FORVARDERA O UTJECAJNIM ČIMBENICIMA DEPENDENCE OF FORWARDER EFFICIENCY VS. THE INFLUENCING FACTORS

Na temelju provedenih analiza brzina kretanja vozila, utrošaka vremena utovara i istovara drva te značajki tovara forvardera Timberjack.1710B oblikovana je

Tablica 4. Analiza utroška vremena rada utovara i istovara drva
Table 4 Analysis of (un)loading work time consumptions

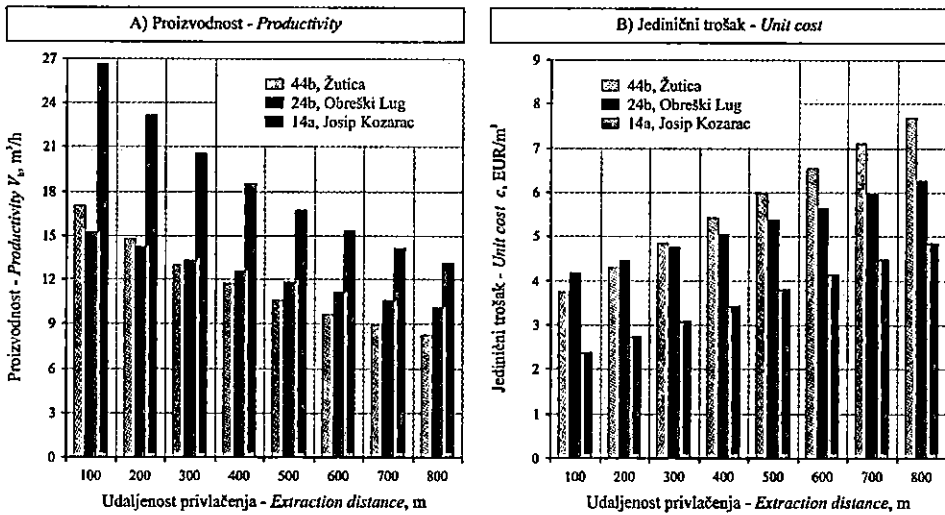
	44b, Žutica	24b, Obreški Lug	14a, Josip Kozarac
	Utrošci vremena – Time consumptions, min		
Utovar i istovar drva <i>Timber loading and unloading</i>	24,49 ± 5,81 (11,77 – 44,45)*	32,50 ± 6,90 (21,67 – 50,26)*	19,27 ± 4,97 (11,31 – 32,33)*
Utovar drva <i>Timber loading</i>	17,35 ± 5,37 (6,14 – 36,05)*	27,07 ± 6,78 (16,85 – 44,63)*	13,00 ± 4,24 (6,85 – 23,29)*
Rad dizalicom pri utovaru <i>Work with crane at loading</i>	14,85 ± 4,31 (5,46 – 29,18)*	16,27 ± 2,76 (11,01 – 22,27)*	10,07 ± 3,16 (5,19 – 18,07)*
Premještanje vozila pri utovaru <i>Vehicle moving at loading</i>	2,50 ± 1,63 (0,55 – 8,33)*	10,80 ± 4,81 (5,48 – 26,13)*	2,93 ± 1,70 (0,76 – 7,05)*
Istovar drva <i>Timber unloading</i>	7,14 ± 1,14 (4,36 – 10,80)*	5,43 ± 0,80 (4,50 – 7,20)*	6,27 ± 1,35 (4,19 – 9,65)*
Rad dizalicom pri istovaru <i>Work with crane at unloading</i>	6,80 ± 1,18 (3,71 – 10,80)*	5,43 ± 0,80 (4,50 – 7,20)*	6,18 ± 1,38 (4,19 – 9,65)*
Premještanje vozila pri istovaru <i>Vehicle moving at unloading</i>	0,34 ± 0,41 (0,00 – 1,53)*	–	0,09 ± 0,14 (0,00 – 0,51)*

* Najmanja i najveća opažanja – *Minimums & maximums*

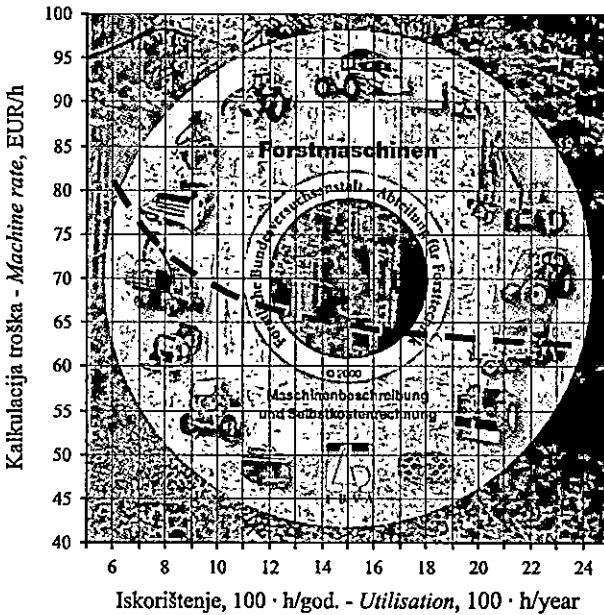
njegova djelotvornost u skladu s radnim uvjetima koji su vladali na pojedinim sječinama (slika 4A). Radi međusobne usporedivosti dobivenih rezultata za kretanje forvardera po pomoćnom stovarištu uzeta je udaljenost kretanja od 50 m.

Pri izračunu jediničnoga troška izvoženja drva forvarderom Timberjack 1710B (slika 4B) upotrijebljeni su podaci kalkulacije izravnoga troška strojnoga rada ovoga vozila (slika 5), čija vrijednost pri 1800 pogonskih sati godišnje iznosi 63,63 EUR/h (FBVA 2000).

Unatoč djelomično ograničavajućim uvjetima nosivosti tla za privlačenje drva, u odjelu 14a, GJ Josip Kozarac, forvarder je ostvario najveću razinu djelotvornosti. Za prikazani raspon udaljenosti privlačenja drva na grafikonu slike 7A (od 100 m do 800 m) proizvodnost se kretala u rasponu od visokih 26,6 m³/h do 13,1 m³/h, uz jedinične troškove privlačenja drva od 2,39 EUR/m³ do 4,84 EUR/m³. Na najveću ostvarenu razinu djelotvornosti znakovito je utjecao prosječni ostvareni obujam tovara (13,6 m³/tura) te, sa stajališta djelotvornosti, zadovoljavajuće brzine kretanja forvardera u danim uvjetima nosivosti šumskoga bespuća (3,71 km/h neopterećeno, 3,04 opterećeno vozilo). Osim navedenoga sječna gustoća (148 m³/ha) i prosječni obujam izrađene oblovine (medijan 0,385 m³/kom.) utjecali su na niže ostvarene vrijednosti utroška vremena premještanja forvardera pri utovaru drva (2,93 min/tura), te rada dizalicom pri utovaru (10,07 min/tura) i istovaru (6,18 min/tura) drva. Povremeno razvrstavanje drva u odvojene složajeve po vrstama drva i kvalitetnim razredima na pomoćnom stovarištu nije značajno utjecalo na djelotvornost forvardera zbog maloga porasta (0,09 min/tura) utroška vremena turnusa.



Slika 4. Ovisnost djelotvornosti forvardera o udaljenosti privlačenja drva
 Figure 4 Forwarder efficiency vs. extraction distance



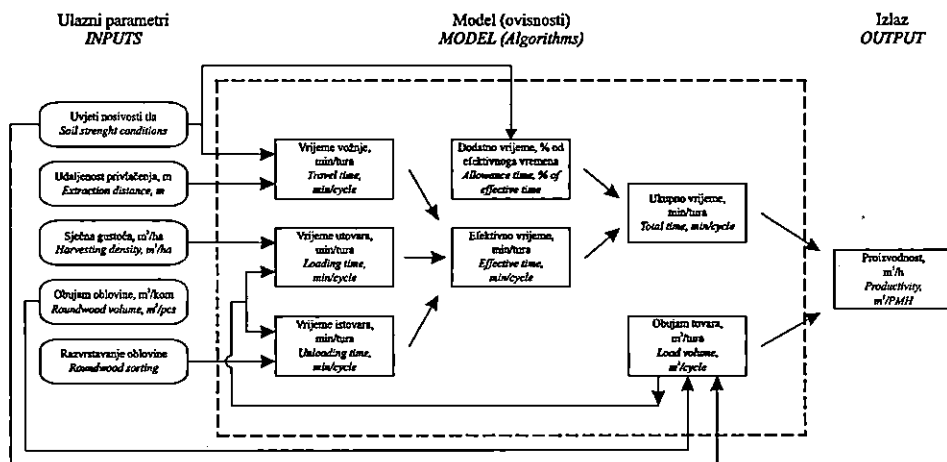
Slika 5. Kalkulacija troška strojnoga rada – Timberjack 1710B
 Figure 5 Machine rate calculation – Timberjack 1710B

U izuzetno povoljnim uvjetima nosivosti tla odjela 24b, GJ Obreški Lug, u kojima je forvarder ostvario najveće brzine kretanja po šumskom bespuću (5,19 km/h neopterećeno vozilo, 3,95 km/h opterećeno vozilo), uočljiv je znakovit pad njegove djelotvornosti (slika 7A). Pad djelotvornosti značajno je uvjetovala izrazito niska

sječna gustoća izrađene tehničke oblovine ($16,8 \text{ m}^3/\text{ha}$), što je dovelo do skoka utroška vremena premještanja vozila ($10,80 \text{ min/tura}$). Utjecaj kraćih duljina izrađene tehničke oblovine (medijan $3,3 \text{ m}$) vidljiv je kroz prosječni ostvareni obujam tovara ($11,7 \text{ m}^3/\text{tura}$) odnosno iskoristivost od $79,8 \%$ teorijske nosivosti forvardera. Navedeni obujam tovara i homogenije dimenzije izrađene oblovine dovele su do najmanjega broja komada oblovine u tovaru (prosjeak 32 kom./tura), što je utjecalo na najniže ostvarene vrijednosti utroška vremena rada dizalicom pri istovaru drva ($5,43 \text{ min/tura}$). Ta činjenica nije očekivano utjecala na utrošak vremena rada dizalicom pri utovaru ($16,27 \text{ min/tura}$) zbog otežavajućih uvjeta utovara drva pri radu u proradi. Ostvarene vrijednosti navedenih parametara rada forvardera pri udaljenostima privlačenja od 100 m do 800 m utjecale su na raspon vrijednosti učinkovitosti izvoženja drva od $15,3 \text{ m}^3/\text{h}$ do $10,1 \text{ m}^3/\text{h}$, uz jedinične troškove privlačenja drva od $4,16 \text{ EUR/m}^3$ do $6,28 \text{ EUR/m}^3$.

U izuzetno nepovoljnim uvjetima nosivosti tla odjela 44b, GJ Žutica, u kojem je zastor uhrpanoga granja i korištenje polugusjenica uopće omogućilo kretanje vozila, forvarder Timberjack 1710B je ostvario najnižu razinu djelotvornosti. Za promatrani opseg udaljenosti privlačenja drva ostvarena je učinkovitost izvoženja drva u rasponu od $17,0 \text{ m}^3/\text{h}$ do $8,3 \text{ m}^3/\text{h}$, a jedinični trošak izvoženja drva od $3,74 \text{ EUR/m}^3$ do $7,69 \text{ EUR/m}^3$. Na takav rezultat utjecalo je složeno međudjelovanje više nepovoljnih čimbenika. Korištenje polugusjenica na stražnjim kotačima forvardera pri potpunoj zasićenosti amfigleja vodom (nepovoljni uvjeti nosivosti podloge) utjecalo je na niske vrijednosti brzina kretanja po šumskom bespuću ($3,01 \text{ km/h}$ neopterećeno vozilo, $2,20 \text{ km/h}$ opterećeno vozilo). Isti čimbenici, uz nepovoljan utjecaj prosječne duljine izrađene oblovine (medijan $4,0 \text{ m}$), prouzročili su najniži ostvareni prosječni obujam tovara ($11,1 \text{ m}^3/\text{tura}$) odnosno iskoristivost $75,7 \%$ teorijske nosivosti forvardera. Na ostvarenu razinu djelotvornosti nepovoljno je utjecao i niži obujam izrađene oblovine (medijan $0,152 \text{ m}^3/\text{kom.}$), što je dovelo do najvećega prosječnoga broja komada oblovine u tovaru (41 kom./tura) te samim time utjecalo na povišenje utroška vremena rada dizalicom pri utovaru drva ($17,35 \text{ min/tura}$). Tehničke značajke hidraulične dizalice (podizni moment i dimenzije hvatala), uz zahvatanje više komada oblovine pri istovaru drva, smanjilo je negativni utjecaj toga čimbenika pri istovaru drva ($6,80 \text{ min/tura}$). Visoka sječna gustoća izrađene oblovine ($164,9 \text{ m}^3/\text{ha}$, 601 kom./ha) povoljno je djelovala na utrošak vremena premještanja vozila pri utovaru drva ($2,50 \text{ min/tura}$). Pojava češćega razvrstavanja drva na pomoćnom stovarištu djelovala je na porast utroška vremena premještanja vozila pri istovaru drva ($0,34 \text{ min/tura}$).

Zbog međusobnih različitosti sječina prethodnoga i glavnoga prihoda drva nizinskih šuma Hrvatske, zbog njihovih sastojinskih i terenskih značajki, pri čemu je nosivost šumskoga bespuća neposredno povezana s trenutkom izvođenja privlačenja drva (trenutna vlažnost tla), moguć je veliki broj inačica uvjeta rada. Na osnovi utvrđenih ovisnosti utrošaka vremena sastavnica izvoženja drva forvarderom otvoren je put izračunu učinkovitosti pomoću modela prikazanoga u blok-dijagram na slici 6.



Slika 6. Model proizvodnosti forvardera
Figure 6 Forwarder productivity model

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Dobiveni rezultati istraživanja djelotvornosti privlačenja drva forvarderom Timberjack 1710B upućuju na sljedeće spoznaje:

- Na smanjenje razine djelotvornosti privlačenja drva ispitivanim forvarderom utječu uvjeti nosivosti šumskoga bespuća (iskazani razredima EcoWood razredbe terena) kroz povećanje utroška vremena kretanja vozila. Pri korištenju polugusjenica, koje u nepovoljnim uvjetima nosivosti tla osiguravaju kretnost forvardera, posebno se ističe pad vrijednosti brzina kretanja forvardera. Također nije utvrđena ovisnost uvjeta nosivosti podloge o vrijednostima obujma tovara.
- Povećanjem udaljenosti privlačenja drva smanjuje se proizvodnost forvardera, i to zbog povećanja udjela vremena kretanja u strukturi utroška vremena turnusa. Međutim, utjecaj udaljenosti na proizvodnost privlačenja drva treba promatrati kroz njegovo međudjelovanje s razredima nosivosti podloge. Isto tako, s povećanjem udaljenosti privlačenja drva raste značaj obujma tovara.
- Sječna gustoća i dimenzije izrađene oblovine, kao utjecajni sastojinski čimbenici, svoje su djelovanje na proizvodnost forvardera iskazali u skladu sa zakonima mehaniziranja radova.
- Nepovoljno djelovanje zakona proizvodnje na djelotvornost forvardera vidljivo je pri privlačenju drva u prorednoj sastojini, gdje je niža sječna gustoća utjecala na skok utroška vremena premještanja forvardera pri utovaru drva. Povećanjem udaljenosti privlačenja drva, negativan utjecaj niže sječne gusto-

će postupno se smanjuje zbog povećanja udjela vremena kretanja u strukturi utroška vremena turnusa.

- Zakon obujma komada svoje je nepovoljno djelovanje na učinkovitost forvardera iskazao zbog smanjenja dimenzija izrađene oblovine (ponajprije promjera), na što znakovito utječe vrsta uzgojnoga zahvata sa strukturom doznake stabala. Navedenim se povećava utrošak vremena rada dizalicom zbog većega broja utovarene oblovine u tovarni prostor vozila. Tehničke značajke hidraulične dizalice otklonile su spomenuto djelovanje zbog zahvatanja većega broja komada oblovine prilikom istovara drva, što dokazuju i vrijednosti utroška vremena rada dizalicom pri istovaru drva.
- Duljina izrađene oblovine značajno utječe na iskoristivost teorijske nosivosti forvardera, gdje smanjenje duljina izrađene oblovine dovodi do pada vrijednosti obujma tovara, a samim time i razine proizvodnosti.
- Pojava i učestalost razvrstavanja oblovine pri istovaru drva na pomoćnom stovarištu dovodi do porasta utroška vremena premještanja vozila pri istovaru drva.

Uspoređujući rezultate ostvarene djelotvornosti forvardera Timberjack 1710B s objavljenim rezultatima drugih tipova forvardera (Poršinsky 2002), ali i privlačenja drva vučom po tlu zglobnim traktorima s vitlom (Krpan i dr. 2003), nameće se zaključak da ispitivano vozilo predstavlja najdjelotvornije sredstvo rada za primarni transport drva u odgovarajućim uvjetima rada hrvatskoga šumarstva.

LITERATURA REFERENCES

- FBVA, 2000: CDR “300 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Seibstkostenrechnung”. Forstliche Bundesversuchsanstalt – Abteilung für Forsttechnik.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, Ž. Zečić, 2003: Studija o potrebnoj veličini zglobnog traktora (skidera) temeljem sastojinskih prilika glavnoga prihoda i primijenjene tehnologije. Znanstvena studija izrađena u sklopu tehnološkog projekta Ministarstva znanosti i tehnologije “Razvoj, ispitivanje i proizvodnja specijalnog šumskog vozila skidera mase do 7 t (TP-C37/2002)”, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 41.
- Ⓓ Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 170.
- Ⓒ Spinelli, R., P. M. O. Owende, S. M. Ward, M. Tornero, 2004: Comparison of short-wood forwarding systems used in Iberia. *Sylva Fennica*, 38 (1): 85 – 94.
- Ⓒ Talbot, B., 2004: The influence of forest stand size and locality on the operational efficiency of mechanised forest operations. Proceedings of the International scientific conference “Forest Engineering: New Techniques, Technologies and the Environment”, IUFRO, The Ukraine Forestry Academy of Sciences (LANU), The Ukrainian Mountain Forestry Research Institute (UkrNDIGirlis), The State Forestry Management Association “Lvivlis”, The National Nature Park “Hutsulshchyna”, 5 – 10 October 2004, Lviv, Ukraine, 131 – 140.
- Ⓒ Tiernan, D., G. Zeleke, P. M. O. Owende, C. L. Kanali, J. Lyons, S. M. Ward, 2004: Effect of Forwarder Productivity in Cut-to-length Timber Harvesting on Sensitive Sites in Ireland. *Biosystems Engineering*, 87 (2): 167 – 177.

- z Ward, S. M., P. M. O. Owende, 2003: Development of a protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites. Proceedings of the 2nd International Scientific Conference "Forest and Wood-Processing Technology vs. Environment – Fortechenvi Brno 2003", May 26 – 30, 2003, Brno, Czech Republic, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno & IUFRO WG 3.11.00, 473 – 482.

EFFICIENCY OF TIMBERJACK 1710B FORWARDER ON ROUNDWOOD EXTRACTION FROM CROATIAN LOWLAND FORESTS

SUMMARY

This paper is a contribution to the studies of efficiency of Timberjack 1710B forwarder on roundwood extraction from Croatian lowland forests. The research was carried out at 3 felling sites in the area of Gornja Posavina.

The research of efficiency of Timberjack 1710B on roundwood forwarding at research sites is shown through: realized productivity, time consumption structure, structure of delay times, allowance time, load characteristics, travel times and speeds of forwarders, time consumptions in timber loading and unloading. Also, machine rate for researched vehicle is shown together with possible productivity and costs per unit in dependence on distance of roundwood forwarding and on other influencing factors which were present during investigation.

Key words: roundwood forwarding, forwarder, efficiency, lowland forests

UDK: 630*360

OKOLIŠNA POGODNOST FORWARDERA TIMBERJACK 1710B PRI IZVOŽENJU OBLOVINE IZ NIZINSKIH ŠUMA HRVATSKE

ENVIRONMENTAL EVALUATION OF TIMBERJACK 1710B FORWARDER ON ROUNDWOOD EXTRACTION FROM CROATIAN LOWLAND FORESTS

TOMISLAV PORŠINSKY, IGOR STANKIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Rad je prilog proučavanju okolišne pogodnosti izvoženja drva teškim forvarderom Timberjack 1710B iz nizinskih šuma Hrvatske. Istraživanja su provedena na tri sječine u nizinskim lužnjakovim šumama u gornjoj Posavini.

Posljedice rada forvardera prikazane su kroz promjene fizičko-mehaničkih značajki tla i vodno-zračnih odnosa u tlu zbog opterećenja tla forvarderom, širinu gaženja tla i dubinu kolotruga te strukturu gaženja površine tla.

Rezultati zbivanja tla dovode u pitanje okolišnu pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri primjeni u doba glavnoga prihoda drva, kada je prisutna povećana vlaga hidromorfnihih tala nizinskih šuma Hrvatske. Okolišna pogodnost ispitivanoga vozila u navedenim uvjetima rada može se poboljšati korištenjem polugusjenica, ograničenim kretanjem vozila po mreži traktorskih vlakla uz moguću dodatnu zaštitu tla uhrpanim slojem granja odnosno ograničavanjem obujma tovara.

Ključne riječi: izvoženje drva, forvarder, posljedice, nizinske šume

UVOD I PROBLEM ISTRAŽIVANJA INTRODUCTION AND PROBLEM OF RESEARCH

Pridobivanje drva prate rizici oštećenja šumskoga ekosustava. Mogućnost oštećivanja šumskoga tla najveća je kod privlačenja drva vozilima zbog njihova stalnoga dodira s tlom. Stoga se pri njihovu proučavanju posebna pažnja poklanja složenomu međudjelovanju sustava vozilo – tlo – biljka. Posljedice se kretanja vozila po sastojini očituju gaženjem i zbivanjem tla.

Gaženje je tla posljedica kretanja šumskih strojeva pri obavljanju bilo koje mehanizirane šumskogospodarske djelatnosti. Pri mehaniziranom privlačenju drva gaženje

tla posebno dobiva na važnosti jer predstavlja površinu zbijenoga tla zbog jednokratnoga ili višekratnoga prolaska vozila po istom tragu, koja s velikim opterećenjima na tlo voze, odnosno vuku drvo. Površina se gaženja tla kod privlačenja različitim postupcima pridobivanja drva kreće u širokom rasponu od 15 do 30 %, ali u nekim slučajevima gaženje doseže i do 80 % površine sječne jedinice (Wästerlund 2002).

Premještanje slojeva tla kretanjem vozila po bespuću očituje se u udubljivanju (kolotrag) i skidanju površinskih slojeva tla, odnosno dovođenju zemljanoga materijala dubljih horizonata na površinu (Arnup 1999). Isti autor navodi tri najčešće negativne posljedice premještanja slojeva tla: izlaganje nepogodnih slojeva tla površini koji utječu na stvaranje nepovoljnih uvjeta za klijanje sjemena te rast biljaka, ali i smjenu vrsta, izlaganje mineralnih horizonata tla djelovanju erozije te redistribucijom zemljanoga materijala, dovođenje biljke u nepovoljan položaj zbog smanjene dostupnosti hraniva.

Za razliku od kolotraga, samo zbijanje tla zbog kratkotrajnoga djelovanja dodirnih tlakova pogonskih kotača vozila i vučenoga tereta puno je složenija pojava. Zbijanjem tla razbijaju se strukturni agregati, smanjuje se međuagregatni prostor te količina pora i obujam tla, što dovodi do pogoršanja toplotnoga režima tla, odnosno mijenjaju se vodno-zračni odnosi tla, pa se u određenoj mjeri smanjuju prehrambeni uvjeti potrebni za razvitak biljaka. Zbijanjem se u prvoj mjeri smanjuje količina nekapilarnih pora i propusnost tla za vodu te se tlo razvija u anaerobnim uvjetima. Osjetljivost šumskoga tla na zbijanje, prema Arnupu (1999), prouzročeno je ovim čimbenicima: veličinom dodirnih tlakova vozila, teksturom tla, trenutnom vlagom tla tijekom privlačenja drva, udjelom skeletnih i pjeskovitih čestica u tlu, strukturom tla, prirodnom gustoćom i poroznošću tla, prirodnom zbijenošću tla (ovisno o njegovu geološkom postanku), debljinom i prirodnom nastanka humusno-akumulativnoga sloja.

Radi smanjenja oštećivanja tala ograničene nosivosti poduzimaju se različite mjere smanjivanja dodirnih tlakova vozila na tlo, koje se očituju u uporabi višekotačnih vozila, udvajanju kotača na poluosovinama, uporabi širih guma, ali i uređaja za regulaciju tlaka zraka u njima, korištenju lanaca na prednjim kotačima i polugusjenica na tandemskim kotačima forvardera, smanjenju količine utovarene ili vučene oblovine, planiranju trenutka izvođenja radova (Bygdén 2002, McDonald i dr. 1996, Seixas i McDonald 1997, Stokes i Schilling 1997, Rumer i dr. 1997, Saarihahti 2002, Vechinski i dr. 1998).

CILJ I METODA RADA SCOPE AND METHOD OF RESEARCH

Cilj je ovoga rada utvrđivanje okolišne pogodnosti primjene teškoga 17-tonskoga forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju drva u radnim uvjetima u nizinskim šumama u Hrvatskoj.

Utvrđivanje vrste i stanja tla obuhvatilo je kopanje pedološke jame (vrsta tla i sklop horizonata) i uzimanje uzoraka tla u narušenom (granulometrijski sastav) i

nenarušenom stanju (Kopeckijevi valjci) te mjerenje dviju fizičko-mehaničkih značajki tla: konusnoga indeksa WES penetrometrom i posmične čvrstoće tla krilnom sondom. Osim mjerenja vlažnosti gravimetrijskom metodom, ona je mjerena i digitalnim vlagomjerom (TDR – moisture meter). Mjerenja konusnoga indeksa i posmične čvrstoće provedeno je na dubini tla od 15 cm (ASAE EP542 1999). S iste su dubine tla (standardizirana konusnim indeksom) vađeni Kopeckijevi valjci. Uzimanje uzoraka tla u nenarušenom i narušenom stanju provedeno je u skladu s Priručnikom za ispitivanje zemljišta (Anon. 1971). Analize su uzoraka tla provedene u pedološkom laboratoriju Šumarskoga fakulteta Zagreb prema priručniku za pedološka istraživanja (Škorić 1982).

Gaženje tla (% od površine sječne jedinice) utvrđeno je uređajem GPS (GeoExplorer 3), čija je antena postavljena na krov kabine forvardera, a struktura gaženja površine izračunata je obradom prikupljenih podataka u GIS aplikaciji (ArcView). Dubina kolotraga mjerena je pomoću geodetske letve duljine 5 m, položene na usidrene oslonce.

Nastale promjene, odnosno stupanj oštećenosti šumskoga tla pri izvoženju drva u ovisnosti o broju prolaska forvardera po istom tragu iskazat će se kroz strukturu površina gaženja tla sječne jedinice, zbijanje tla, vidljivo kroz promjenu fizičko-mehaničkih (konusni indeks i posmična čvrstoća tla), vodno-zračnih značajki (prirodna gustoća tla, gustoća čvrste faze tla, poroznost tla, retencijski kapacitet tla za vodu, kapacitet tla za zrak) i dubinu kolotraga.

MJESTA ISTRAŽIVANJA PLACES OF RESEARCH

Istraživanje okolišne pogodnosti izvoženja drva forvarderom Timberjack 1710B provedeno je na tri sječine u nizinskim lužnjakovim šumama u gornjoj Posavini. Značajke tla istraživanih sječina sažeto su prikazane u tablici 1.

Zbog povećane vlage tla na sječini 44b, GJ Žutica, forvarder je bio opremljen polugusjenicama te mu je bilo ograničeno kretanje po mreži traktorskih vlakana međusobnoga razmaka 20 m, na kojima se kao dodatna zaštita tla nalazio prethodno uhrpani sloj granja. Na sječini 14a, GJ Josip Kozarac, forvarder se koristio postojećim vlakama međusobnoga razmaka 130 m, a u međuprostor je ulazio da bi utovarilo izrađenu oblovinu. Osnovne značajke izvoženja drva pri proredi odjela 24b, GJ Obreški Lug, jesu nepostojanje sekundarnih šumskih prometnica te neograničeno kretanje forvardera po površini sječine.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESULTS OF RESEARCH

Posljedice rada forvardera prikazane su kroz promjene fizičko-mehaničkih i vodno-zračnih značajki tla zbog opterećenja tla forvarderom, širinu gaženja tla prolaskom vozila, dubinu kolotraga te strukturu gaženja površine tla.

Tablica 1. Značajke tla istraživanih sječina
Table 1 Soil features of research cutt-blocks

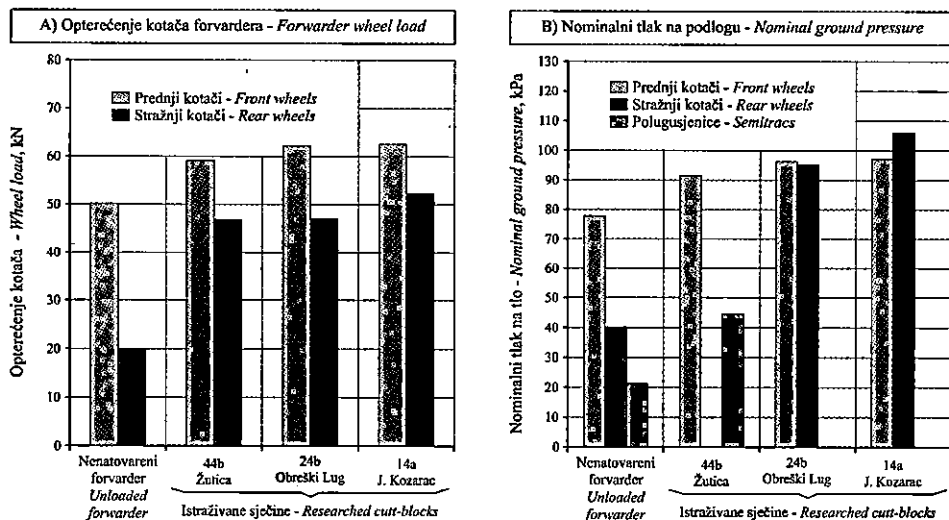
Šumarija – Forest office	Sječine – Cutt-blocks		
	Novoselec	Remetinec	Lipovljani
Gospodarska jedinica – Management unit	Žutica	Obreški Lug	Josip Kozarac
Odsjek – Subcompartment	44b	24b	14a
Vrsta sijeka – Felling type	dovršni – final	proreda – thinning	dovršni – final
Vrsta tla – Type of soil	amfoglej – gley- sol amphygleyic	pseudoglej – planosol	pseudoglej – planosol
Granulometrijski sastav – Grain size distribution*	glina – clay	ilovača – loam	glina – clay
Pijesak – Sand, %	34,1	38,5	28,8
Prah – Silt, %	31,9	43,9	40,3
Glina – Clay, %	34,0	17,6	30,9
Fizičko-mehaničke značajke tla – Physical-mechanical soil characteristics*			
Konusni indeks tla – Soil cone index, MPa	0,61 ± 0,36	2,52 ± 0,65	0,92 ± 0,31
Posmična čvrstoća tla – Shear strength, kPa	76 ± 28	205 ± 83	152 ± 31
Trenutna vlaga tla – Current soil moisture, vol. %	50,4 ± 6,8	17,1 ± 2,8	43,1 ± 5,7
Vodno-zračne značajke tla – Water-air soil properties*			
Prirodna gustoća tla – Bulk density, g/cm ³	1,10 ± 0,06	1,01 ± 0,08	1,11 ± 0,10
Gustoća čvrste faze tla – Solid density, g/cm ³	2,60 ± 0,06	2,57 ± 0,06	2,57 ± 0,03
Poroznost tla – Soil porosity, vol. %	57,5 ± 2,5	60,5 ± 2,5	56,7 ± 3,8
Ret. kapacitet tla za vodu – Water capacity, vol. %	51,0 ± 3,5	46,7 ± 2,5	46,5 ± 5,6
Kapacitet tla za zrak – Air capacity, vol. %	6,5 ± 2,7	13,8 ± 1,7	10,3 ± 4,4

* vrijednosti na dubini tla od 15 cm – values on the soil depth of 15 cm

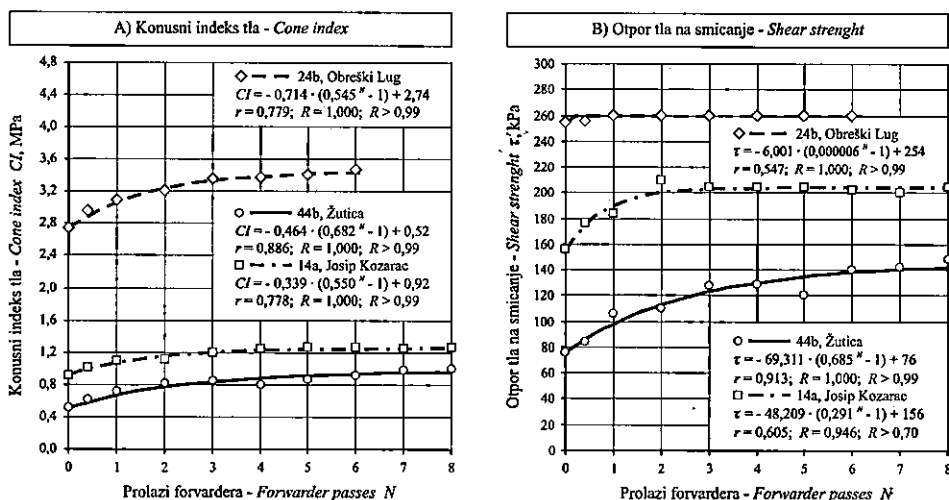
Promjene u tlu, nastale zbog zbijanja tla višekratnim prolaskom forvardera, treba promatrati u zajedništvu s rezultatima općih pedoloških značajki šumskih tla istraživanih sječina, trenutnom vlagom tla tijekom istraživanja (tablica 1) te opterećenjima šumskoga tla zbog kretanja forvardera (slika 1A). Kao parametar koji opisuje dodirni tlak voznoga sustava forvardera i tla odabran je izraz nominalnoga tlaka vozila na tlo (Mellgren 1980). Prosječne vrijednosti nominalnih tlakova prednjih i stražnjih voznih sustava forvardera prikazane su na slici 1B.

PROMJENE FIZIČKO-MEHANIČKIH ZNAČAJKI TLA CHANGES OF PHYSICAL-MECHANICAL SOIL CHARACTERISTICS

Zbijanje tla zbog višekratnoga prolaska vozila istim tragom istraženo je kroz mjerenja promjena dviju fizičko-mehaničkih značajki tla: konusnoga indeksa WES penetrometrom (slika 2A) i posmične čvrstoće tla krilnom sondom (slika 2B).



Slika 1. Opterećenje kotača i nominalni tlak na podlogu
Figure 1 Wheel loads and nominal ground pressure



Slika 2. Promjene fizičko-mehaničkih značajki tla
Figure 2 Changes of physical-mechanical soil characteristics

Na osnovi rezultata izmjera konusnoga indeksa i posmične čvrstoće tla u ovisnosti o broju prolazaka forvardera, došlo se do ovih spoznaja:

- Vrijednosti izmjere konusnoga indeksa i posmične čvrstoće neizgaženoga tla ovisne su o gustoći tla te njegovoj trenutnoj mokrini.

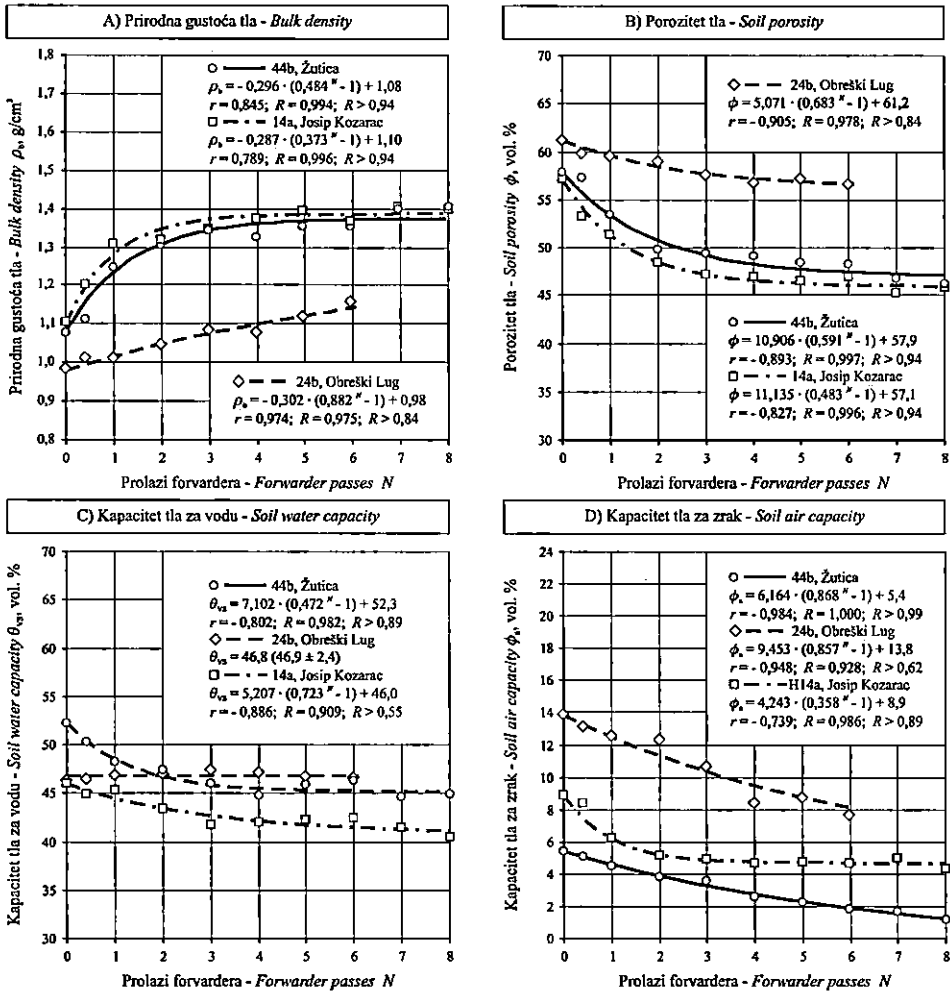
- Uspredbom rezultata izmjera konusnoga indeksa i posmične čvrstoće tla na neizgaženom i višekratno izgaženom tlu moguće je utvrditi zbijanje tla u ovisnosti o broju prolazaka vozila.
- Rezultati mjerenja upućuju na povećanu osjetljivost tla na zbijanje u slučaju povećane vlažnosti tla (44b, GJ Žutica, 14a, GJ J. Kozarac).
- Najveće zbijanje tla, vidljivo u porastu vrijednosti fizičko-mehaničkih značajki tla, utvrđeno je nakon prvoga prolaska vozila, a pri daljnjim prolascima porast je vrijednosti u opadanju.
- Kretanje forvardera po uhrpanom granju uz korištenje polugusjenica smanjilo je razinu zbijanja tla unatoč potpunoj zasićenosti tla s vodom (44b, GJ Žutica).

PROMJENE VODNO-ZRAČNIH ZNAČAJKI TLA CHANGES OF WATER-AIR SOIL PROPERTIES

Zbijanje tla pri višekratnim prolascima forvardera istim tragom iskazano je i kroz promjene vodno-zračnih svojstva tla (slika 3), koja su presudna za plodnost tla te rast i razvoj biljaka.

Laboratorijskim analizama uzoraka tla u nenarušenom stanju (Kopeckijevi valjci) utvrđene su sljedeće promjene vodno-zračnih svojstava tla:

- Uspoređujući rast vrijednosti prirodne gustoće tla i smanjenje poroznosti tla u ovisnosti o broju prolazaka opterećenoga forvardera na sječini sušega tla (24b, GJ Obreški Lug) sa sječinama gdje je tlo djelomično (14a, GJ J. Kozarac) ili potpuno zasićeno vodom (44b, GJ Žutica), uočava se povećana osjetljivost tla na zbijanje u slučaju njegove povećane mokrine.
- Dopušteno smanjenje poroznosti, koje iznosi 10 % od vrijednosti poroznosti neizgaženoga tla (Froelich 1989), utvrđeno je već nakon prvoga prolaska opterećenoga vozila na radilištima s povećanom vlagom tla, a u sječini sa suhim pseudoglejom nije utvrđeno ni nakon šestoga prolaska opterećenoga forvardera.
- Jednostrukom analizom varijance nisu utvrđene statistički značajne razlike u gustoći čvrste faze tla između kontrolnih izmjera neizgaženoga tla i izmjera višekratno izgaženoga tla.
- Smanjenje ukupne poroznosti raščlanjeno je na smanjenje retencijskoga kapaciteta tla za vodu (smanjenje mikropora) i kapaciteta tla za zrak (smanjenje makropora).
- Smanjenje retencijskoga kapaciteta tla za vodu u sječinama s povećanom vlažnosti upućuje na ograničenu infiltraciju vode u tlo po završetku privlačenja drva, čime su umanjena vododržna svojstva tla. Na suhom tlu jednostrukom analizom varijance nisu utvrđene statistički značajne razlike u retencijskom kapacitetu između kontrolnih izmjera neizgaženoga tla i izmjera višekratno izgaženoga tla.



Slika 3. Promjene vodno-zračnih odnosa u tlu
 Figure 3 Changes of water-air soil properties

- Nakon višekratnog kretanja forvardera istim tragom najveće se promjene zapažaju kod smanjenja kapaciteta tla za zrak, što ukazuje na značajno zbijanje makropora u ukupnoj poroznosti tla.
- Osim gustoće čvrste faze tla, sve ostale značajke vodno-zračnih odnosa u tlu upućuju na najveće zbijanje tla pri prvom prolasku forvardera. Pri tome porast odnosno pad vrijednosti vodno-zračnih odnosa sukladan je s uvjetima nosivosti tla istraživanih sječina. S povećanjem broja prolazaka vozila istim tragom utvrđen je pad porasta odnosno pad smanjenja vrijednosti vodno-zračnih odnosa.

- Na temelju dobivenih rezultata istraživanja pri povećanoj vlazi odnosno ograničenoj nosivosti šumskoga tla preporučuje se korištenje polugusjenica na bogi kotačima stražnje osovine vozila. Korištenje polugusjenica u navedenim uvjetima nosivosti šumskoga tla osigurava kretnost forvarderu te smanjuje nominalni tlak vozila na tlo, a samim time i razinu oštećenja šumskoga tla.

ŠIRINA GAŽENJA TLA I DUBINA KOLOTRAGA WIDTH OF SOIL TRACKING AND RUT DEPTH

Širina gaženja tla na istraživanim sječinama raščlanjena je na širinu gaženja tla voznim sustavom forvardera (gume kotača, polugusjenice) i širinu gaženja tla vozilom, tj. širinu koja obuhvaća i prostor između voznoga sustava forvardera.

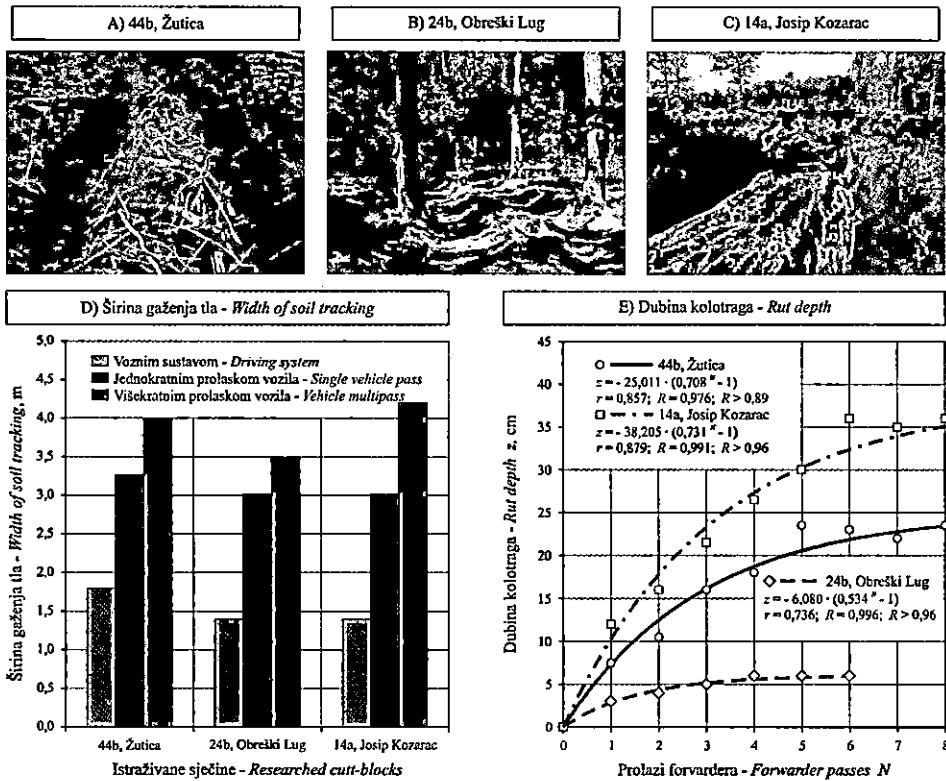
Širina gaženja tla voznim sustavom forvardera ovisna je o dimenzijama prednjih guma forvardera (700/70-34), a u slučaju korištenja polugusjenica o njihovoj širini (90 cm). Širina gaženja tla vozilom dodatno je raščlanjena na širinu pri jednokratnom i višekratnom prolasku vozila (slika 4D). Širina jednokratnoga prolaska vozila određena je gabaritnom širinom forvardera (3,05.m), a koja se u slučaju korištenja polugusjenica povećava na 3,26 m.

Zbog višekratnih kretanja forvardera „istim tragom“ širina se gaženja tla vozilom povećavala te je prosječno po radištim iznosila 4 m (44b, GJ.Žutica), 3,5 m (24b, GJ Obreški Lug) i 4,2 m (14a, GJ Josip Kozarac). Dobiveni su rezultati nastali pod utjecajem međudjelovanja korištenih voznih sustava forvardera, ograničenoga kretanja vozila po uhrpanom granju te uvjeta nosivosti tla istraživanih sječina. Podaci širine gaženja tla koristit će se pri utvrđivanju površina izgaženoga tla na istraživanim sječinama.

Rezultati izmjere dubine kolotruga pokazuju ovisnost o međudjelovanju nosivosti tla i njegova opterećenja voznim sustavom forvardera. Pri tome je porast dubine kolotruga zbog višekratnoga kretanja forvardera sukladan s uvjetima nosivosti tla istraživanih sječina. U uvjetima povećane vlažnosti tla pri kretanju forvardera po uhrpanom granju uz korištenje polugusjenica uočena je manja dubina kolotruga (slika 4E).

Najniže vrijednosti dubine kolotruga izmjerene su na izrazito nosivom pseudogleju ($CI/NGP = 6,2$) odjela 24b, GJ Obreški Lug. Posebno valja istaknuti da dopuštena dubina kolotruga (< 10 cm) nije prekoračena ni nakon šestoga prolaska opterećenoga forvardera.

Unatoč manjoj vlažnosti pseudogleja sječine 14a, GJ Josip Kozarac, primijećen je strmiji eksponencijalni porast dubine kolotruga ovisno o broju prolazaka forvardera nego što je to slučaj pri potpuno vodom zasićenom amfigleju sječine 44b, GJ Josip Kozarac. Na te rezultate utječe kretanje vozila po uhrpanom granju uz korištenje polugusjenica na sječini 44b, GJ Žutica, što je smanjilo nominalni tlak forvardera na podlogu ($CI/NGP = 2$), ali i povećani nominalni tlak kotača forvardera ($CI/NGP = 2,2$) zbog većega prosječnoga obujma tovara ($13,6 \text{ m}^3/\text{turi}$) na sječini



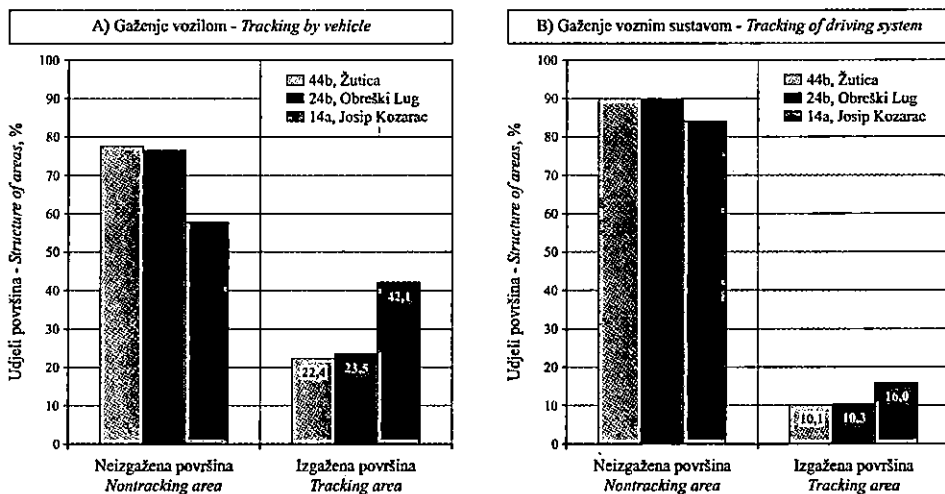
Slika 4. Širina gaženja tla i dubina kolotraga
Figure 4 Width of soil tracking and rut depth

14a, GJ Josip Kozarac. Nedopuštena dubina kolotraga (> 10 cm) u navedenim sječinama nastaje već nakon drugoga prolaska opterećenoga vozila.

STRUKTURA GAŽENJA POVRŠINE STRUCTURE OF TRACKING AREA

Posljedice kretanja forvardera Timberjack 1710B na stanišne prilike istražene su kroz gaženje površine sječinih jedinica. GPS-om prikupljeni podaci kretanja vozila obrađeni su u GIS aplikaciji. Pri tome površine gaženja tla iskazane su na dva različita načina: s obzirom na gaženje tla vozilom i s obzirom na gaženje tla voznim sustavom forvardera.

Dvojnost iskaza rezultata gaženja tla (koja će se širina omeđene površine u GIS aplikaciji položiti oko vektora kretanja vozila) posljedica je u literaturi nedovoljne određenosti pojma gaženja tla, ali i nekih spoznaja tijekom istraživanja (slika 4). U slučaju povoljne nosivosti šumskoga tla forvarder prolaskom ne gazi i ne uništava



Slika 5. Gaženje tla
Figure 5 Soil tracking

površinu tla među kotačima vozila (slika 4B). Međutim, situacija je obrnuta na mjestima višekratnoga, a ponekad i jednokratnoga prolaska forvardera pri kretanju po tlu nepovoljne nosivosti (slika 4C). Dodatan problem u poimanju problema predstavlja kretanje forvardera po sloju uhrpanoga granja koje je, pri nepovoljnim uvjetima nosivosti tla, forvarder polugusjenicama duboko utisnuo u tlo i na površini između kotača odnosno polugusjenica (slika 4A).

Na svim istraživanim sječinama utvrđeno je gaženje tla forvarderom iznad 22 (40) % (slika 5A), odnosno gaženje voznim sustavom forvardera iznad 10 (16) % (slika 5B).

Današnje sustavno uspostavljanje mreže uzgojnih stazica (traktorskih vlaka) u mladim sastojinama (širine 3 m i međusobnoga razmaka od 37,5 m) predstavlja dobar iskorak ka budućemu smanjenju gaženja tla vozilom pri gospodarenju nizinskim šumama. Teorijski takvim razmakom između budućih traktorskih vlaka, uz usmjereno (okomito) obaranje stabala na vlaku, značajno bi se smanjila površina gaženja tla forvarderom odnosno njegovim voznim sustavom.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Rezultati gaženja i zbijanja tla dovode u pitanje okolišnu pogodnost 17-tonskoga forvardera Timberjack 1710B u doba glavnoga prihoda drva, kada je prisutna povećana vlaga hidromorfnihih tala nizinskih šuma u Hrvatskoj.

Okolišna pogodnost ispitivanoga vozila, u navedenim radnim uvjetima, može se poboljšati korištenjem polugusjenica, ograničenim kretanjem vozila po mreži

traktorskih vlaka uz moguću dodatnu zaštitu tla uhrpanim slojem granja odnosno ograničavanjem obujma tovara. Okolišna pogodnost ispitivanoga forvardera poboljšala bi se korištenjem sustava za automatsku prilagodbu tlaka zraka u gumama uvjetima trenutnoga stanja šumskoga tla. Istraživanje je tih mogućnosti budućnosa zadaća znanstvenika koji se bave problematikom posljedica kretanja vozila po šumskom tlu.

LITERATURA REFERENCES

- κ Anon., 1971: Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta. Priručnik za ispitivanje zemljišta, Knjiga 5, Jugoslavensko društvo za proučavanje zemljišta, Beograd, 1 – 207.
- ASAE, 1999: Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer (ASAE EP542 FEB99), ASAE Standards 2000, 986 – 989.
- Arnup, R. W., 1999: The extent, effect and management of forestry-related soil disturbance, with reference to implications for the Clay Belt: a literature review. Ontario Ministry of Natural Resources, Northeast Science & Technology, TR-37, 1 – 30.
- z Bygdén, G., 2002: Ruth Depth, Soil Compaction and Rolling Resistance When Using Bogie Tracks. Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations, September 29 – October 5, 2002, Tokyo, Japan, The Japan Forest Engineering Society & IUFRO WG 3.04/3.06/3.07, 266 – 271.
- z Froelich, H. A., 1989: Soil damage, tree growth, and mechanisation of forest operations. Proceedings of the ECE/FAO/ILO/IUFRO Seminar on the Impact of mechanisation of forest operations to the soil, Louvain-la-Neuve, 77 – 86.
- č McDonald, T., T. Way, B. Löfgren, F. Seixas, 1996: Load and inflation pressure effects on soil compaction of forwarder tires. Canadian Pulp and Paper Association, 67 – 70.
- κ Mellgren, P. G., 1980: Terrain Classification for Canadian Forestry. Canadian Pulp and Paper Association, 1 – 13.
- Owende, P. M. O., J. Lyons, R. Haarlaa, A. Peltola, R. Spinelli, J. Molano, S. M. Ward, 2002: Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD, Funded under the EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999–2002), 1 – 74.
- Đ Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 170.
- MS č Poršinsky, T., D. Horvat, 2005: Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva (Wheel Numeric as Parameter for Assessing Environmental Acceptability of Vehicles for Timber Extraction). Nova mehanizacija šumarstva, 26: 25 – 38.
- z Rummer, R. B., B. J. Stokes, A. Schilling, 1997: Wetland harvesting systems – developing alternatives for sustainable operation. Proceedings, Council on Forest Engineering, 20th annual meeting; 1997 July 28 – 31; Rapid City, SD. 1 – 5.
- Saarilahti, M., 2002: Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999–2002), 1 – 87.

- č Seixas, F., T. P. McDonald, 1997: Soil compaction effects of forwarding and its relationship with 6- and 8-wheel drive machines. *Forest Product Journal*, 47 (11–12): 46 – 52.
- o Stokes, B. J., A. Schilling, 1997: Improved harvesting systems for wet sites. *Forest Ecology and Management*, 90: 155 – 160.
- z Škorić, A., 1982: Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet poljoprivrednih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 57.
- č Vechinski, C. R., C. E. Johnson, R. L. Raper, 1998: Evaluation of an Empirical Traction Equation for Forestry Tires. *Journal of Terramechanics*, 35 (1998): 55 – 67.
- z Wästerlund, I., 2002: Soil disturbance in forestry: Problems and perspectives. *Proceedings of the International Seminar on New Roles of Plantation Forestry Requiring Appropriate Tending and Harvesting Operations, September 29 – October 5, 2002, Tokyo, Japan, The Japan Forest Engineering Society & IUFRO WG 3.04/3.06/3.07*, 312 – 315.
- z Ward, S. M., P. M. O. Owende, 2003: Development of a protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites. *Proceedings of the 2nd International Scientific Conference “Forest and Wood-Processing Technology vs. Environment – Fortechenvi Brno 2003”, May 26–30, 2003, Brno, Czech Republic, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno & IUFRO WG 3.11.00*, 473 – 482.

ENVIRONMENTAL EVALUATION OF TIMBERJACK 1710B FORWARDER ON ROUNDWOOD EXTRACTION FROM CROATIAN LOWLAND FORESTS

SUMMARY

This paper is a contribution to the studies of environmental evaluation of Timberjack 1710B forwarder on roundwood extraction from Croatian lowland forests. The research was carried out at 3 felling sites in the area of Gornja Posavina.

The effects of forwarder work are shown as changes of physical-mechanical soil characteristics and water-air properties in the soil due to the load exerted on the soil by forwarders, width of tracking, rut depth and structure of tracking area.

Results of soil compaction raise doubts about environmental suitability of Timberjack 1710B forwarder use at the time of main felling, when moisture of hydromorphic soils in Croatian lowland forests is so high. The environmental suitability of the researched vehicle under said work conditions could be improved by using semi-tracks or by limiting vehicle's travel to skid-road network with additional soil protection provided by covering skid roads with brushmats or by limiting the load volume.

Key words: roundwood forwarding, forwarder, consequences, lowland forests

UDK: 630*377

DINAMIČKO OPTEREĆENJE KOTAČA SKIDERA PRI PRIVLAČENJU DRVA

DYNAMIC LOADING OF SKIDDER WHEELS AT TIMBER SKIDDING

MARIJAN ŠUŠNJAR, DUBRAVKO HORVAT

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Istraživanje dinamičkih opterećenja skidera pri privlačenju drva provedeno je na dvije traktorske vlake jednolika nagiba 15 % i 30 %. Rezultati se istraživanja temelje na 19 vučnih pokusa uz nagib i niz nagib. Ustanovljene su veličine vertikalne i horizontalne sastavnice sila u užetu, zakretnih momenata i opterećenja na kotačima u svakom vučnom pokusu. Mehaničke su veličine mjerene tenzometrijskom metodom pretvorbom dijelova skidera u mjerila uz daljinski prijenos mjernih signala.

Rezultati pokazuju da najveći utjecaj na opterećenje kotača ima vertikalna sastavnica sile u užetu, koja punim iznosom opterećuje skider. Raspodjela je zakretnih momenata u ovisnosti o vertikalnom opterećenju na kotačima skidera. Pri privlačenju niz nagib ne može se govoriti o ostvarivanju prave vuče jer skider vuče tovaru svojom težinom, a prijenos se snage na kotače ne koristi za ostvarivanje vučne sile već za kočenje skidera.

Ključne riječi: skider, opterećenje kotača, zakretni moment, vučna sila

UVOD INTRODUCTION

U prigorskim i brdskim predjelima Hrvatske za privlačenje drva upotrebljavaju se u prvom redu kotačni skideri opremljeni šumskim vitlom. Skideri, kao šumska vozila za privlačenje drva, isključivo su namijenjeni postizavanju vučne sile koja se ostvaruje preko oboda kotača. Sustavom transmisije skidera prenosi se i mijenja zakretni moment od pogonskoga motora na kotače. Zbog djelovanja zakretnoga momenta na kotaču se javlja obodna sila. Horizontalna se sastavnica obodne sile ($F_O \cos \alpha$) dijelom troši za svladavanje otpora kotrljanja vozila (F_t), a ostali dio sile (F_v) služi za vuču tereta, svladavanje nagiba i površinskih prepreka terena ili ubrzavanje vozila. Većim dovedenim zakretnim momentom na kotaču ostvaruje se veća

obodna sila te će se lakše pokrenuti opterećeni kotač i preostat će veća vrijednost sile za vuču tereta.

Drva se privlače jednim krajem tovara odignutim od tla i preko užeta vitla oslonjenim na zadnji kraj vozila, dok se drugi kraj tovara vuče po tlu. Sila koja se javlja u užetu služi za nošenje težine dijela tovara odignuta od tla (vertikalna sastavnica – V) te za svladavanje otpora vuče dijela težine tovara oslonjena na tlo (horizontalna sastavnica – H).

Skider je zglobno vozilo s četiri kotača jednakih dimenzija, formule pogona 4×4 , tj. svi su kotači pogonski. Konstrukcijskim rješenjima, na prednjoj osovini praznoga skidera raspodjeljuje se oko $2/3$ ukupne mase. Zbroj okomitih opterećenja na kotačima skidera u eksploatacijskim uvjetima naziva se adhezijskom težinom (G_a). Adhezijska je težina veća od težine praznoga skidera (G) jer se stražnji most dodatno opterećuje punim iznosom vertikalne sastavnice sile u užetu, koja se raspoređuje na stražnje kotače preko horizontalnih valjaka vitla. Adhezijska težina ovisi o težini skidera, nagibu terena te veličini vertikalne sastavnice sile u užetu na koju utječe u prvom redu veličina i orijentacija komada drva u tovaru:

$$G_a = G \cdot \cos \alpha + V$$

Raspodjela se opterećenja po mostovima skidera također narušava. Pri privlačenju drva na nagutom terenu do promjene raspodjele opterećenja na kotačima dolazi i zbog djelovanja horizontalne sastavnice težine skidera ($G \sin \alpha$). Pri kretanju niz nagib zbog djelovanja ove sile opterećenje se težine skidera prenosi na prednji most, odnosno pri kretanju uz nagib na stražnji most skidera.

Na osnovi navedenih razmatranja očekuju se najveća opterećenja stražnjega mosta skidera pri privlačenju uz nagib. Kod određenoga graničnoga tovara dolazi do minimalnoga opterećenja prednjega mosta te narušavanja uzdužne stabilnosti skidera ili do najvećega dopuštenoga opterećenja stražnjega mosta (Horvat 1990). Sever (1980) iznosi zaključak da je upitna uzdužna stabilnost skidera kada odnos opterećenja prednjega i stražnjega mosta dosegne vrijednost $1 : 3,5$. Prema Weisau i Nicku (2003) najmanje 10 % ukupnoga dinamičkoga opterećenja treba ostati na prednjoj osovini kako bi se omogućilo upravljanje vozilom.

Zbog različitih opterećenja na kotačima transmisija mora omogućiti i raspodjelu zakretnoga momenta s obzirom na opterećenje kotača. Prema tomu kod mehaničkoga sustava transmisije raspodjela momenata po kotačima treba biti u skladu s raspodjelom opterećenja po kotačima. Istraživanja zakretnih momenata na osovima kotača skidera (Horvat 1987, Marenče 2005) potvrdila su hipotezu da se na kotaču s većim opterećenjem javlja i veći zakretni moment, pri čemu su momenti na kotačima iste osovine u balansu.

OBJEKT I MJESTO ISTRAŽIVANJA OBJECT AND PLACE OF RESEARCH

SKIDER ECOTRAC 120 V SKIDDER ECOTRAC 120 V

Skider ECOTRAC 120 V opremljen šumskim vitlom Hittner 2×80 četvero-kotačno je vozilo, formule pogona 4×4 (slika 1). Masa skidera iznosi 7.257 kg (59 % na prednjoj osovini te 41 % na stražnjoj) (Horvat i Šušnjar 2005). Skider je pogonjen 6-cilindričnim dizelskim motorom DEUTZ, hladen zrakom, nazivne snage 84 kW pri $2300 \cdot \text{min}^{-1}$ te najvećega zakretnoga momenta od 400 Nm pri $1500 \cdot \text{min}^{-1}$. Prijenos se snage obavlja mehaničkom transmisijom: pogonski motor → spojka → mjenjač → razdjelnik pogona → prednji i stražnji diferencijali s pojedinačnom blokadom → završni (planetarni) reduktori u kotačima traktora.

TRAKTORSKE VLAKE SKID TRAILS

Istraživanja su provedena u odsjeku 11a gospodarske jedinice “Dotrščina” Nastavno-pokusnoga šumskoga objekta Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. U odsjeku 11a gospodarske jedinice “Dotrščina” odabrani su pravci dviju traktor-



Slika 1. Skider ECOTRAC 120 V
Figure 1 Skidder ECOTRAC 120 V

skih vlaka na kojima će se obaviti mjerenja. Traktorske vlake nastaju višekratnim prolascima skidera pri privlačenju drva. Pri mjerenjima u prvom vučnom pokusu opterećeni će se skider kretati neizgaženim tlom po označenom pravcu traktorskih vlaka.

Izborom pravaca traktorskih vlaka nastojali smo zadovoljiti dva uvjeta:

- Uzdužni nagibi traktorskih vlaka trebaju biti u rasponu vrijednosti izgrađenih traktorskih putova i postojećih traktorskih vlaka u brdskim predjelima Hrvatske radi što preciznijega određenja dinamičkih opterećenja skidera u stvarnim uvjetima privlačenja drva.
- Traktorske vlake trebaju biti ravnoga pravca i jednolika nagiba radi eliminiranja utjecaja krivina i promjene nagiba na mjerenje mehaničkih veličina na skideru te postizanja velikoga broja mjerenja mehaničkih veličina pri istim uvjetima privlačenja.

Nagibi traktorskih vlaka određeni su metodom niveliranja te mjerni podaci obrađeni u programu "CESTA". Uzdužni nagibi traktorskih vlaka imaju vrijednosti 15 % i 30 %.

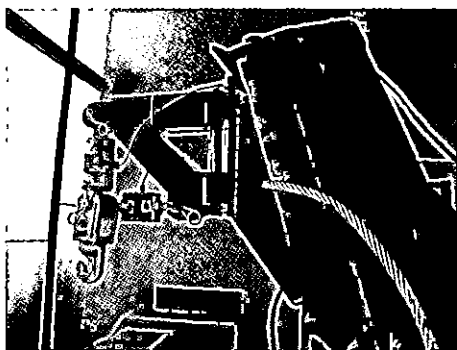
METODE ISTRAŽIVANJA RESEARCH METHODS

Za mjerenje dinamičkih opterećenja skidera konstruirana su ili primijenjena mjerila za istodobno određivanje sastavnica sile u užetu, zakretnih momenata i opterećenja na svim pogonskim kotačima.

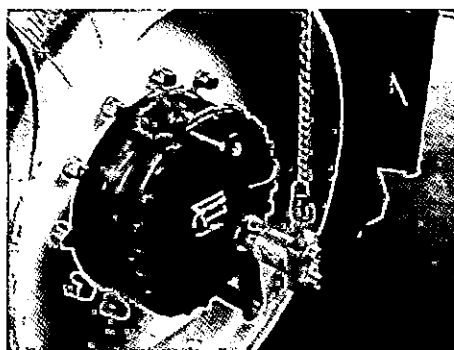
Osnovna metoda mjerenja mehaničkih veličina je tenzometrija. Heidl i Husnjak (1992) tenzometriju opisuju kao metodu mehanike kojom se na konstrukciji ili modelu određuje duljinska deformacija da bi se odredila naprezanja na površini konstrukcije. Pri tome se upotrebljavaju mjerni pretvornici na osnovi promjenjivoga električnoga otpora, do kojega dolazi promjenom njegove duljine (tzv. elektro-otporna mjerna traka ili "strain gauge"). Ovom je metodom omogućeno električno mjerenje neelektričnih veličina. Primjena tenzometrijske metode omogućuje mjerenja bez narušavanja konstrukcije vozila, ali zahtijeva pretvorbu elemenata vozila u mjerila. Tenzometrijskom metodom služe se Sever (1980, 1987) i Horvat (1987) pretvarajući završne reduktore u kotačima skidera u mjerila momenata. Tenzometrijsku metodu pri mjerenju zakretnih momenata u kotačima forvardera primjenjuju Marklund (1987) i Horvat (1993).

Horizontalna i vertikalna sastavnica sile u užetu pri privlačenju drva određena je dvama vlačno-tlačnim dinamometrima HBM 50 kN i HBM 20 kN. Dinamometri su međusobno spojeni pod kutom od 90° stupnjeva te postavljeni na nosač zglobno učvršćen na mjestu vertikalnih valjaka vitla (slika 2). Dinamometri su se nalazili točno u horizontalnoj i vertikalnoj ravnini s obzirom na podlogu pri potpuno podignutoj zadnjoj prihvatno-zaštitno-sidrenoj dasci skidera, upravo kakav je njezin položaj pri privlačenju drva.

Zakretni su momenti mjereni pomoću mjernih traka postavljenih dijametralno suprotno na obodu kućišta završnih planetarnih reduktora. Za mjerenje dinamičkih opterećenja na kotačima mjerne su trake postavljene odmah iza kotača na gornju stranu kućišta vratila koji izlazi iz diferencijala prema kotaču. Mjerne su trake povezane vodičem do spojnoga mjesta. Zbog okretanja kotača bilo je potrebno postaviti klizni prijenosnik na svakom kotaču. Nosači su kliznoga prijenosnika učvršćeni na kućište završnoga reduktora (slika 3). Signal se promjene otpora traka prenosi preko kliznoga prijenosnika i kablova dalje vodi do pojačala. Svi mjerni pretvornici (mjerne trake, dinamometri) spojeni su s mjernim pojačalima HBM Spider 8 koja su smještena na skideru.



Slika 2. Nosač s vlačno-tlačnim dinamometrima
Figure 2 Carrier with force transducers



Slika 3. Prepariranje planetarnoga reduktora
Figure 3 Preparation of final (planetary) drive

Daljinski je prijenos podataka omogućen primjenom radijskoga modema ELPRO 805 U (ELPRO Technologies Pty Ltd.). Radijski je modem bio postavljen na samom skideru i spojen s mjernim pojačalom HBM Spider 8 primao je analogno pojačane mjerne signale te ih odašiljao preko antene postavljene na krovu kabine skidera. Drugi je radijski modem primao mjerne signale te ih prenosio na terensko računalo. Računalnim programom Catman 4.0 (Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH) bilježeni su podaci mjerenja. U računalni program po kanalima su označeni mjerni pretvornici i unošene mjerne konstante dobivene umjeravanjem mjernih pretvornika. Rezultati su mjerenja spremani u datoteku Microsoft Excell, gdje svaki stupac predstavlja jednu mjernu veličinu, a retci su rezultati mjerenja svake 1/50 sekunde.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

Rezultati se istraživanja temelje na 19 vučnih pokusa na dvije šumske vlake. Na prvoj šumskoj vlaki nagiba 15 % provedeno je 10 vučnih pokusa. Od toga se 4

puta privlačilo drvo niz nagib te 6 puta uz nagib. Na šumskoj vlaci nagiba 30 % provedeno je 9 vučnih pokusa – 6 niz nagib te 3 uz nagib. Na završetku vučnih pokusa na pojedinoj šumskoj vlaci također se mjerilo pri kretanju neopterećenoga skidera uz nagib i niz nagib.

Rezultati mjerenja vertikalne i horizontalne sastavnice sile u užetu, opterećenja i zakretnih momenata na kotačima izraženi su kao srednje vrijednosti mjernih rezultata po vučnom pokusu jer se izvode na jednolikim nagibima u cijeloj duljini pojedine traktorske vlake.

MASA SKIDERA S MJERNOM OPREMOM MASS OF THE SKIDDER WITH EQUIPPMENT

Pri vučnim su pokusima mjerene promjene težine na kotačima prema opterećenjima na kotačima praznoga skidera na ravnoj podlozi. U slučaju rasterećivanja kotača rezultat će se izmjeriti odbiti od opterećenja na kotaču neopterećenoga skidera, odnosno zbrojiti u suprotnom slučaju povećanja opterećenja na kotaču. Zbog opisanoga načina mjerenja bilo je potrebno ustanoviti masu i opterećenje na kotačima neopterećenoga skidera. Iako su ti podaci poznati prema tvorničkim podacima i rezultatima mjerenja (Horvat i Šušnjar 2005), postavljanjem mjerne opreme, nosača te pomoćnih konstrukcija i uređaja povećala se osnovna masa skidera te opterećenje na kotačima. Masa i opterećenje na kotačima praznoga skidera određeni su s četiri prerađene samostalne vage švedskoga proizvođača TELUB spojene s mjernim pojačalom HBM Spider 8 koji je izravno povezan s prijenosnim računalom te su pomoću računalnoga programa Catman 4.0 očitani rezultati mjerenja.

Masa se skidera postavljanjem mjerne opreme, nosača i pomoćnih konstrukcija povećala za 194 kg u odnosu na osnovnu masu. Raspodjela opterećenja po kotačima ostala je nepromijenjena u odnosu na raspodjelu težine tvornički isporučena skidera. Prednji je most skidera opterećen s 59 % ukupne težine skidera, a stražnji most s 41%. Raspodjela opterećenja na kotačima s obzirom na lijevu i desnu stranu skidera iznosi 50 : 50.%.

ZNAČAJKE TOVARA LOAD CHARACTERISTICS

U istraživanju je potrebno poznavati značajke tovara koji će se koristiti u vučnim pokusima. Mase su pojedinih drvnih sortimenta izmjerene vaganjem pomoću dviju vaga TELUB spojenih s mjernim pojačalom HBM Spider 8 i prijenosnim računalom. Temeljem poznatih obujama i masa drvnih sortimenata određene su značajke tovara koje će se koristiti u vučnim pokusima.

Broj je komada u tovaru ograničen na 4 drvena sortimenta zbog vezanja tovara na držač veznoga užeta na dinamometrima. Tovari su sastavljeni isključivo od samo kratkih ili samo dugih drvnih sortimenata. Odabrana su 3 tovara s kratkim sortimentima te 5 tovara s dugačkim sortimentima (tablica 1). Oznake tovara ukazuju na duljinu sortimenta u tovaru (k – kratki, d – dugi) i broj komada u tovaru.

Tablica 1. Podaci o tovarima
 Table 1 Load data

Tovari <i>Loads</i>	Broj trupaca u tovaru <i>Number of logs per load</i>	Oznaka tovara <i>Load mark</i>	Obujam	Masa	Težina
			<i>Volume</i>	<i>Mass</i>	<i>Weight</i>
			V	m	Q
			m ³	kg	kN
kratki <i>short</i>	2	k2	1,51	1.627	15,96
	3	k3	2,37	2.567	25,18
	4	k4	2,78	2.972	29,16
dugi <i>long</i>	1	d1	0,90	929	9,11
	2	d2a	2,16	2.272	22,29
	2	d2	2,37	2.519	24,71
	3	d3	3,61	3.868	37,95
	4	d4	4,50	4.797	47,06

Sastavljanje tovara istih obujama, ali različitih duljina, radi određivanja utjecaja duljine tovara na veličine određenih sila, nije održano zbog različitosti obujama pojedinih drvnih sortimenta. Tovari k3 i d2 jednaki su po obujmu (2,37 m³), ali pokazuju razliku u masi i težini. Iako je istoga obujma, tovar s 3 kratka drvena sortimenta ima veću masu. Uzrok tomu se nalazi u dijelu debla iz kojega je izrađen pojedini drveni sortiment. Kratki su drveni sortimenti bili prvi trupci izrađeni iz debla odmah do panja (perci), koji se odlikuju većim konusnim oblikom, što uz određivanje obujma na osnovi srednjega promjera daje veću masu po jedinici obujma nego pravilan valjkasti oblik (Patterson i dr. 1993).

SASTAVNICE SILE U UŽETU FORCE COMPONENTS IN THE WINCH ROPE

Rezultati su mjerenja vertikalne i horizontalne sastavnice sile u užetu prikazani po smjeru privlačenja, nagibu vlake te težini i obliku tovara u tablici 2. Pri privlačenju niz nagib vertikalna sastavnica sile u užetu uvijek ima veće vrijednosti od horizontalne sastavnice sile. S povećanjem negativnoga nagiba šumske vlake smanjuju se vrijednosti vertikalne sastavnice sile u užetu, što je više izraženo kod dugačkih tovara. Kod istih tovara s dugačkim sortimentima (d2 i d3) vertikalne sastavnice sile iznose 13, 74 kN na negativnom nagibu od 15 % i 9,42 na negativnom nagibu 30 % (d2), odnosno 19,35 kN na nagibu 15 % i 13, 49 kN na nagibu 30 % (d3). Ti rezultati pokazuju da se s povećanjem nagiba kod dugačkih tovara smanjuje težina dijela tovara nošenoga na užetu, tj. povećava se dio težine tovara koji se oslanja na tlo. Usporedbom kratkoga tovara (k4) pri privlačenju niz nagib nije zamijećeno veće odstupanje u vrijednosti vertikalne sastavnice sile u užetu.

Horizontalna sastavnica sile u užetu u malim se iznosima povećava s povećanjem težine tovara pri privlačenju dugačkih tovara niz nagib 15 %. Pri privlačenju uz nagib vlake od 15 % vertikalne sastavnice sile su približno jednakih vrijednosti kao i pri privlačenju niz nagib, dok se vrijednosti horizontalnih sastavnica sila povećavaju s povećanjem težine tovara.

Pri privlačenju niz nagib od 30 % horizontalne sastavnice sile u užetu se povećavaju s povećanjem težine tovara, osim u slučaju privlačenja najvećega tovara u vučnim pokusima (d4) težine 47,06 kN. U tom slučaju horizontalna sastavnica sile ima negativnu vrijednost, što pokazuje da je tovar bio prednjim krajem naslonjen na zadnju prihvatno-zaštitnu dasku skidera te da je gurao vozilo u smjeru kretanja. Pretpostavka je da do te pojave dolazi pri određenim negativnim nagibima i graničnim težinama tovara. Velika se težina tovara pri većim negativnim nagibima zbog djelovanja sile gravitacije sama pokreće u smjeru privlačenja, što se smatra pozitivnim sa stanovišta eksploatacije jer nije potrebna vučna sila skidera. S druge strane stoji negativan pristup koji se očituje u otežanom upravljanju skiderom tijekom kočenja i zbog toga smanjene stabilnosti skidera pri radu na nagibu te sigurnosti radnika u kabini. U obzir treba uzeti i vijek trajanja vozila izloženoga dodatnim opterećenjima udarcima tovara.

Tablica 2. Sastavnice sile u užetu
 Table 2 Force components in the winch rope

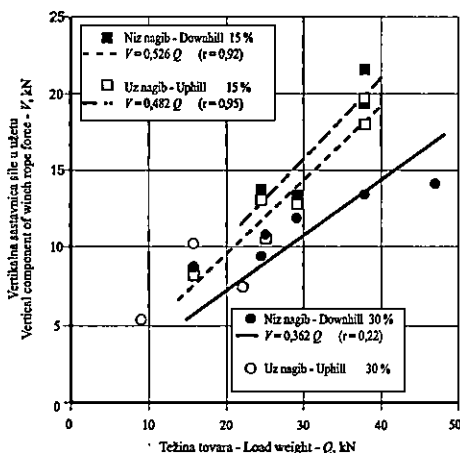
Uvjeti privlačenja <i>Skidding conditions</i>	Oznaka tovara <i>Load mark</i>	Težina tovara <i>Load weight</i>	Sastavnice sile u užetu <i>Components of rope force</i>	
			Vertikalna <i>Vertical</i>	Horizontalna <i>Horizontal</i>
		Q kN	V kN	H kN
niz nagib <i>downhill</i> 15 %	d2	24,71	13,74	3,44
	d3	37,95	19,35	3,91
	d3	37,95	21,60	4,14
	k4	29,16	13,40	3,79
uz nagib <i>uphill</i> 15 %	d2	24,71	13,06	8,60
	d3	37,95	19,68	13,24
	d3	37,95	17,59	15,24
	k2	15,96	8,63	5,99
	k3	25,18	10,64	13,61
niz nagib <i>downhill</i> 30 %	k4	29,16	12,91	10,18
	d2	24,71	9,42	1,12
	d3	37,95	13,49	2,38
	d4	47,06	14,18	-0,25
	k2	15,96	8,75	0,31
	k3	25,18	10,91	1,53
uz nagib <i>uphill</i> 30 %	k4	29,1	11,94	2,54
	d1	9,113	5,28	3,83
	d2a	22,29	7,47	11,08
	k2	15,96	10,21	5,85

Pri privlačenju uz nagib šumske vlake od 30 % također rastu vrijednosti horizontalne sastavnice sile u užetu s rastom težine tovara. Prema mnogim se autorima (Bojanin i Sever 1987, Kulušić 1990, Inoe i Tsuji 2003) nagib terena od 30 % smatra graničnim za privlačenje skiderom uz nagib i ekonomski upitnim, što se

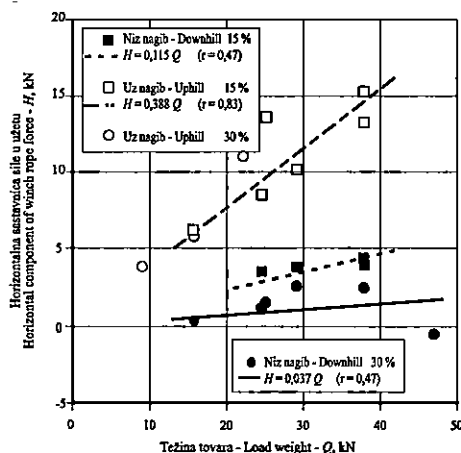
potvrdilo ovim istražavanjem budući da je uz navedeni nagib skider mogao privući najveći tovar težine 22, 29 kN, odnosno 2,16 m³.

Ovisnosti sastavnica sila u užetu o težini tovara i nagibu terena prikazane su na slikama 4 i 5. U podatke mjerenja uklopljene su linije trenda opisane regresijskom jednadžbom i indeksom regresije. Zbog samo 3 vučna pokusa nije prikazan trend ovisnosti podataka pri privlačenju uz nagib od 30 %.

Horizontalna sastavnica sile u užetu ima veće vrijednosti pri privlačenju uz nagib. Pri privlačenju niz nagib veće su vrijednosti horizontalne sastavnice sile u užetu što je nagib manji. Pri privlačenju niz nagib od 30 % uočava se najmanja združenosnost podataka sastavnica sile o užetu i težine tovara ($r = 0,22$ i $0,47$). Razlog leži u pojavi da se kod velikih negativnih nagiba veći tovari kreću u smjeru privlačenja zbog djelovanja sile gravitacije, a ne zbog sile vuče ostvarene skiderom.



Slika 4. Ovisnost vertikalne sastavnice sile u užetu o težini tovara i nagibu šumske vlake
 Figure 4 Dependence of vertical component of winch rope force on load weight and skid trail slope



Slika 5. Ovisnost horizontalne sastavnice sile u užetu o težini tovara i nagibu šumske vlake
 Figure 5 Dependence of horizontal component of winch rope force on load weight and skid trail slope

ADHEZIJSKA TEŽINA SKIDERA ADHESIVE WEIGHT OF THE SKIDDER

Opterećenje na kotačima u vučnim pokusima određeno je na osnovi mjerenja statičke raspodjele težine neopterećenoga skidera te dinamičkoga mjerenja odstupanja opterećenja (rasterećenja ili dodatnoga opterećenja) na kotačima od statičke raspodjele. U tablici 3 prikazane su izmjerene adhezijske težine skidera u vučnim pokusima te raspodjela opterećenja po mostovima u apsolutnim i postotnim vrijednostima. Radi analize utjecaja težine tovara i nagiba šumske vlake na raspodjelu dinamičkih opterećenja po mostovima prikazani su rezultati mjerenja pri kretanju neopterećenoga skidera.

Pri vučnim pokusima niz nagib šumske vlake od 15 % najveće su adhezijske težine skidera s obzirom na težinu tovara. Usporedbom podataka s vrijednostima vertikalne sastavnice sile u užetu vidljivo je da su pri privlačenju niz nagib od 15 % ostvarene veće vertikalne sile koje opterećuju skider zbog vezanja sortimenata u tovar s debljim krajem odignutim od tla i koje imaju najveći utjecaj na veličinu adhezijske težine skidera.

Tablica 3. Adhezijska težina i zakretni momenti
 Table 3 Adhesive weight and torques

Uvjeti pri- vlačenja <i>Skidding condi- tions</i>	Oznaka tovara <i>Load marks</i>	Težina tovara <i>Load weight Q kN</i>	Adhezijska težina – <i>Adhesive weight, Ga</i>			Zakretni momenti – <i>Torques, M</i>		
			ukupno <i>total kN</i>	prednji most <i>front axle %</i>	stražnji most <i>rear axle %</i>	ukupno <i>total kNm</i>	prednji most <i>front axle %</i>	stražnji most <i>rear axle %</i>
niz nagib <i>downhill 15 %</i>	prazan – <i>empty</i>	0	73,09	67	33	-12,89	65	35
	d2	24,71	84,64	43	57	-10,63	43	57
	d3	37,95	95,06	38	62	-10,70	40	60
	d3	37,95	99,82	33	67	-11,21	30	70
	k4	29,16	86,50	43	57	-10,06	45	55
uz nagib <i>uphill 15 %</i>	prazan – <i>empty</i>	0	73,25	50	50	13,94	51	49
	d2	24,71	80,03	19	81	18,66	21	79
	d3	37,95	91,18	13	87	21,68	17	83
	d3	37,95	89,89	17	83	22,65	21	79
	k2	15,96	80,42	26	74	16,61	23	77
	k4	25,18	82,67	23	77	22,10	25	75
niz nagib <i>downhill 30 %</i>	prazan – <i>empty</i>	0	73,10	77	23	-19,58	75	25
	d2	24,71	81,58	57	43	-18,67	58	42
	d3	37,95	83,66	53	47	-18,39	55	45
	d4	47,06	87,08	52	48	-19,96	56	44
	k2	15,96	80,67	59	41	-18,65	58	42
	k3	25,18	81,37	55	45	-18,53	55	45
	k4	29,16	82,36	54	46	-17,52	50	50
uz nagib <i>uphill 30 %</i>	prazan – <i>empty</i>	0	73,14	42	58	21,14	44	56
	d1	9,11	77,75	32	68	22,49	32	68
	d2a	22,29	77,57	19	81	27,82	17	83
	k2	15,96	81,82	22	78	23,88	22	78

Pri tome je u raspodjeli opterećenja stražnji most uvijek više opterećen, i to: od 57 % ukupne adhezijske težine pri manjim tovarima (d2, k4) do 67 % ukupne adhezijske težine kod većega tovara (d3). Pri kretanju praznoga skidera na istom nagibu odnos opterećenja između prednjega i stražnjega mosta iznosi 67 : 33 % i bit-

no se razlikuje od statičke raspodjele opterećenja koje iznosi 59 : 41 %. Zaključak je da horizontalna sastavnica težine skidera ($G \sin \alpha$) pridonosi prijenosu opterećenja sa stražnjega mosta na prednji, ali prevladava djelovanje vertikalne sastavnice sile iz užeta (V) tako da su veća opterećenja na stražnjem mostu.

Pri privlačenju niz nagib 30 % na istim su tovarima zabilježene manje adhezijske težine, pri čemu je uvijek veće opterećenje prednjega mosta. Manje su adhezijske težine uzrokovane vezanjem tovara uglavnom s tanjim krajem odignutim od tla. Odnos opterećenja mostova, pri kretanju niz navedeni nagib, praznoga skidera iznosi 77 : 23 % adhezijske težine. S povećanjem se težine tovara povećava opterećenje stražnjega mosta do 48 % adhezijske težine pri najvećem tovaru d4. Na osnovi ovih razmatranja smatra se da pri privlačenju drva niz navedeni nagib na raspodjelu opterećenja po mostovima skidera utječe u prvom redu prijenos težine djelovanjem sile $G \sin \alpha$, a s povećanjem težine tovara postupno se rasterećuje opterećenje prednjega mosta.

I pri privlačenju uz nagib opterećenja se stražnjega mosta povećavaju s težinom tovara, ali obje razmatrane utjecajne sile ($G \sin \alpha$ i V) djeluju na povećanje opterećenja stražnjega mosta. Pri kretanju praznoga skidera uz nagib 15 % odnos opterećenja po mostovima iznosi 50 : 50 % adhezijske težine, odnosno 42 : 58 % uz nagib 30 %. Najveća je razlika u odnosu opterećenja mostova zabilježena u vučnom pokusu uz nagib s najvećim tovarom (d3) i iznosi 13 : 87 %.

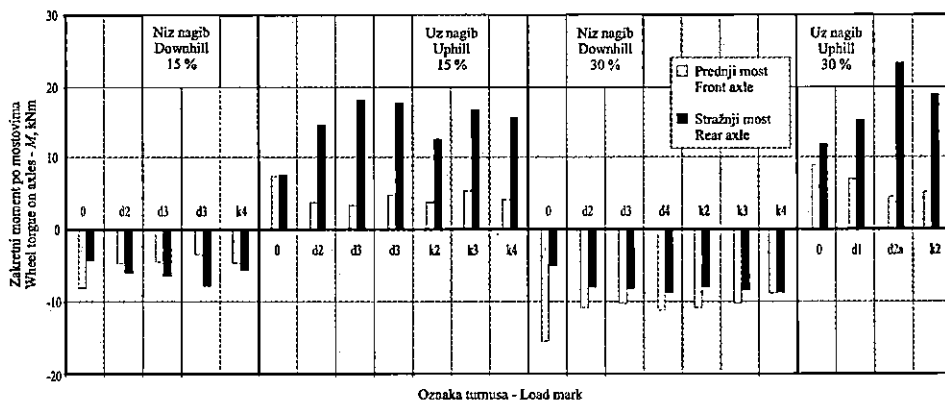
ZAKRETNI MOMENTI NA KOTAČIMA TORQUES ON WHEELS

U tablici 3 prikazane su srednje vrijednosti zakretnih momenata ukupno i prema raspodjeli po mostovima skidera za svaki vučni pokus te za kretanje praznoga skidera.

U svim vučnim pokusima niz nagib zakretni momenti na kotačima skidera imaju negativne vrijednosti. Tu je pojavu također uočio Marenče (2005) pri privlačenju drva skiderom niz nagibe od 10 % do 40 %. U tom slučaju zakretni momenti ne služe za ostvarivanje vučne sile na kotačima, već se prijenosom zakretnoga momenta kroz sustav transmisije kočii skider. Potreba za kočenjem skidera očituje se u utjecaju horizontalne sastavnice težine skidera ($G \sin \alpha$) koja pokreće skider niz nagib. Jedino u vučnom pokusu s najvećim tovarom (d4) niz nagib od 30 % horizontalna sastavnica sile u užetu dodatno gura skider prema dolje.

Veličina zakretnih momenata u vučnim pokusima uz nagib se povećava s povećanjem težine tovara, dok se pri privlačenju drva niz nagib neznatno i nepravilno mijenjaju pri različitim težinama tovara.

Raspodjela zakretnih momenata po mostovima skidera pokazuje iste odnose kao raspodjela opterećenja na kotačima. Pri privlačenju niz nagib od 30 % veće se negativne vrijednosti zakretnih momenata javljaju na prednjem mostu (slika 6) na kojem je i veće opterećenje kotača. U svim ostalim vučnim pokusima zakretni su momenti, kao i opterećenja na kotačima, veći na stražnjem mostu skidera. U pri-



Slika 6. Raspodjela zakretnih momenata po mostovima skidera
 Figure 6 Torque distribution on axles of the skidder

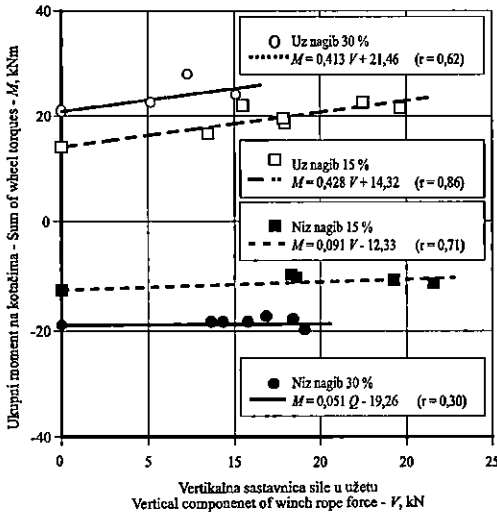
jašnjem poglavlju najveća se razlika u opterećenju prednjega i stražnjega mosta (13 : 87 %) zabilježila u vučnom pokusu uz nagib s najvećim tovarom (d3), a istodobno je odnos zakretnih momenata po mostovima skidera 17 : 83 %.

Prema provedenoj analizi ustanovila se ovisnost zakretnih momenata o opterećenju na kotačima skidera. S obzirom na utjecaj vertikalne sastavnice sile u užetu (V) na veličinu adhezijske težine traktora analizirana je ovisnost zakretnih momenata upravo o toj veličini (sili). Na slici 7 prikazani su podaci s regresijskim linijama izjednačenja. Točke na ordinati predstavljaju zakretne momente na kotačima pri kretanju neopterećenoga skidera na ispitivanim šumskim vlakama. Kod tih vrijednosti zakretnim se momentima omogućuje svladavanje nagiba terena i otpora kotrljanja neopterećenoga skidera.

Kod vučnih pokusa uz nagib zakretni se momenti povećavaju s povećanjem vertikalne sastavnice sile u užetu. Pri tome je rast zakretnih momenata pri privlačenju na manjem (15 %) ili većem nagibu (30 %) jednoličan, na što ukazuju nagibi pravaca izjednačenja od 0,424 i 0,413. Vertikalna se sastavnica sile u užetu prenosi na skider te povećava adhezijsku težinu i otpor kotrljanja. Zakretni se momenti povećavaju kako bi se ostvarila potrebna obodna sila za svladavanje većega otpora kotrljanja i djelovanja sastavnice sile u užetu.

Pri privlačenju niz nagib dolazi do kočenja i zakretni su momenti negativni jer prevladava utjecaj horizontalne sastavnice težine ($G \sin \alpha$) koja pokreće skider niz nagib. Kod vučnih pokusa niz nagib 15 % uočava se smanjenje negativnih vrijednosti zakretnih momenata s povećanjem vertikalne sastavnice sile u užetu. Povećanjem vertikalne sastavnice sile u užetu povećava se otpor kotrljanja, što zadržava skider pri kretanju niz nagib te je potrebno manje kočenje i zakretni momenti imaju manje negativne vrijednosti. Slaba združenost podataka zakretnoga momenta i vertikalne sastavnice sile u užetu ustanovljena je pri privlačenju niz nagib 30 % ($r = 0,30$). Pri kretanju opterećenoga skidera niz veće nagibe veličina zakretnih momenata najviše ovisi o horizontalnoj sastavnici težine skidera ($G \sin \alpha$), dok je

neznan utjecaj povećanja vertikalne sastavnice sile u užetu, odnosno povećanja otpora kotrljanja.



Slika 7. Ovisnost zakretnoga momenta na kotačima o vertikalnoj sastavnici sile u užetu i nagibu šumske vlake
 Figure 7 Dependence of torque on wheels on vertical component of winch rope force and skid trail slope

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Utvrđivanje ovisnosti sastavnica sile u užetu o težini tovara i nagibu terena predstavlja bitan odnos za mogućnost procjene vučnih značajki skidera pri privlačenju drva na osnovi lako mjerljivih podataka. Poznavajući navedeni odnos te težinu tovara (koja se može odrediti iz obujma i gustoće vrste drva u tovaru), može se procijeniti veličina sastavnica sile u užetu te daljnjom analizom njihov utjecaj na vučnu silu i adhezijska opterećenja skidera u eksploatacijskim uvjetima.

Najveći utjecaj na veličinu adhezijske težine ima vertikalna sastavnica sile u užetu, koja punim iznosom opterećuje skider. Pri privlačenju uz nagib s povećanjem težine tovara i nagiba terena povećavaju se opterećenja stražnjega mosta te vrijednosti horizontalnih sastavnica sile u užetu (vučnoga otpora) i težine skidera ($G \sin \alpha$) koje vučna sila treba svladati. Pri privlačenju niz nagib vertikalna sastavnica sile u užetu uvijek ima veće vrijednosti od horizontalne sastavnice sile, a horizontalna sastavnica težine skidera ($G \sin \alpha$) pridonosi prijenosu opterećenja sa stražnjega mosta na prednji.

Raspodjela je zakretnih momenata u ovisnosti o vertikalnom opterećenju na kotačima skidera. Pri privlačenju uz nagib zakretni momenti proporcionalno rastu s vertikalnom sastavnicom sile u užetu i adhezijskom težinom skidera. Pri privlačenju niz nagib zakretni su momenti na kotačima skidera negativni jer ne služe za ostvarivanje vučne sile na kotačima, već se prijenosom zakretnoga momenta kroz sustav transmisije skider kočii. Potreba za kočenjem skidera očituje se u utjecaju ho-

rizortalne sastavnice težine skidera ($G \sin \alpha$) koja djeluje u smjeru kretanja skidera i zbog njezina djelovanja dolazi do svladavanja vučnih otpora. Iz navedenoga izlazi kako se u slučaju privlačenja niz nagib ne može govoriti o ostvarivanju prave vuče jer skider vuče tovaru svojom težinom, a prijenos snage s pogonskoga motora na kotače se ne koristi za ostvarivanje vučne sile.

LITERATURA

REFERENCES

- ⌘ Bojanin, S., S. Sever, 1987: Traktor. Šumarska enciklopedija, 3, JLZ "Miroslav Krleža", Zagreb, 513–519.
- ⌘ Heidl, I., M. Husnjak, 1992: Tenzometrija. Tehnička enciklopedija, 12, Leksikografski zavod "Miroslav Krleža", 685–690.
- ⌘ Horvat D., 1987: Skidder Wheel Torque Measuring. Proceedengs of 9th ISTVS International Conference, Barcelona, II: 531–541.
- MS ⌘ Horvat, D., 1990: Predviđanje vučnih karakteristika šumskog zglobnog traktora – skidera. Mehanizacija šumarstva, 15 (7/8): 113–118.
- ⌘ Horvat, D., 1993: Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu. Disertacija, Fakultet Strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 1–234.
- ⌘ Horvat, D., M. Šušnjar, 2005: Tehničke značajke skidera Ecotrac 120V. Istraživanje i studija u okviru projekta "Razvoj, izrada i ispitivanje specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7t", programa RAZUM Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, Studija, 1–31.
- MS ⌘ Inoue, M., T. Tsujii, 2003: Management, technology and system design of mechanized forestry in Japan. Textbook of forestry mechanization technology, Forestry Mechanization Society, Tokyo, Japan, Forestry Machine Series, 92: 1–122.
- MS ⌘ Kulušić, B., 1990: Karakteristike šumskih terena kao indikatori izbora tehnologije privlačenja drva. Mehanizacija šumarstva, 15 (3–4): 63 – 69.
- ⌘ Marenče, J., 2005: Spreminjanje tehničnih parametara traktorja pri vlačanju lesa – kriterij pri izbiri delovnega sredstva. Doktorska disertacija. Biotehniška fakulteta Univerze u Ljubljani, Slovenija, 1–271.
- ⌘ Marklund, B. O., 1987: Torque distribution on wheeled vehicles affects damage on the forest ground. Proceedings of 9th ISTVS International Conference, Barcelona, 1: 347–354.
- MS ⌘ Patterson, D., H. Wiant, G. Wood, 1993: Errors in estimating the volume of butt logs. Forest products journal, 43 (3): 41–44.
- ⌘ Sever, S., 1980: Istraživanje nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 301.
- ⌘ Sever, S., 1987: Dynamic loading of skidder axles at wood skidding. Proceedings of the 9th International Conference of the ISTVS, Barcelona, II: 531–540.
- Weise, G., L. Nick, 2003: Determining the performance and the environmental impact of forest machines – Classification numbers and performance diagrams. Proceedings of Austro2003 – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain, October 5 – 9, 2003, Schlaegl, Austria, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna, CD-ROM, 1 – 10.

DYNAMIC LOADING OF SKIDDER WHEELS AT TIMBER SKIDDING

SUMMARY

Research of dynamic loading of skidder at timber skidding was carried out on two skid trails with continuous slope of 15 % and 30 %. Research results are based on 19 tests of uphill and downhill skidding. Vertical and horizontal components of winch rope force, wheel torques and wheel loads are measured in each skidding test. Measurement of mechanical characteristics was performed by tensiometric method with adjustment of skidder parts into measuring devices and remote transferring of measurement signals.

Results present a main influence of vertical component of winch rope force on wheel load, because this force burdens skidder in full amount. Wheel torques distribution is in dependence on vertical wheel load. In the case of downhill skidding it couldn't be talked about real traction because skidding is done due to skidder mass and power transmission is used for braking of skidder instead realization of tractive force on wheels.

Keywords: skidder, wheel load, wheel torque, tractive force

UDK: 630*686.3

OTVARANJE ŠUMA ŠUMSKIM CESTAMA – ODABIR MOGUĆIH LOKACIJA TRASA BUDUĆIH ŠUMSKIH CESTA

FOREST OPENING BY FOREST ROADS – CHOOSING THE POTENTIAL LOCATIONS OF THE FUTURE FOREST ROAD ROUTES

DRAGUTIN PIČMAN, TIBOR PENTEK, HRVOJE NEVEČEREL

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Definirali smo šest osnovnih faza postupka optimiziranja mreže ŠC-a. Potom smo pristupili detaljnoj razradbi svake faze te njihovu testiranju u dvije gospodarske jedinice. Model smo ispitali u GJ Lisina i GJ Veprinačke šume (UŠP Buzet, Šumarija Opatija), koje se nalaze na području planinskih masiva Učke i Ćićarije. U drugoj fazi metodološke studije otvaranja šuma – Određivanje potencijalnih trasa budućih ŠC-a, na neotvorenim i nedovoljno otvorenim područjima, koja smo izlučili u prvoj fazi optimiziranja – Raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture, odabiremo moguće trase budućih ŠC-a. Prvo su definirani kriteriji procjene optimalnosti mreže ŠC-a koji su svrstani u prioritetne razine postupka optimiziranja, a zatim su, za svaki pojedini kriterij procjene, određeni složeni dominantni utjecajni čimbenici u koje su zatim objedinjeni jednostavni dominantni utjecajni čimbenici. Kao kriteriji procjene optimalnosti izdvojeni su ekonomski i tehničko-tehnološki, u prvoj prioritetnoj razini optimizacije, te okolišno-ekološki i sociološki, u drugoj prioritetnoj razini optimizacije. Za svaki dominantni utjecajni čimbenik dizajnirani su modeli i sustavi bodovne procjene, provedena je optimizacija po kriterijima procjene, prema prioritetnoj procjeni razine te sveobuhvatna optimizacija. Pri optimizaciji smo primijenili načelo isključivosti (ako određeni osnovni nositelj informacija nije dobio minimalan potreban broj bodova za opstanak u postupku optimizacije samo po jednom dominantnom utjecajnom čimbeniku, on se isključuje iz daljnjega postupka optimizacije).

Ključne riječi: otvaranje šuma, šumske ceste, idejne trase, modeli i sustavi procjene, ekonomska optimizacija, tehničko-tehnološka optimizacija, planinsko područje

UVOD I PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA INTRODUCTION AND PROBLEMS OF THE RESEARCH

Pri otvaranju šuma šumskim cestama, odnosno pri pronalaženju najboljih mogućih lokacija budućih šumskih cesta, šumarski su stručnjaci u stalnom balansiranju između ekonomskih, tehničko-tehnoloških, ekoloških i sociološko-estetskih zahtjeva koji se pred projektante postavljaju. Vrlo je teško usuglasiti spomenute čimbenike te odabrati, sa svih relevantnih gledišta, uistinu najbolju trasu buduće šumske ceste; to pretpostavlja pronalaženje ravnoteže i smještanje idejnih trasa šumskih cesta na ona mjesta koja su u granicama prihvatljivosti sukladno različitim kriterijima optimizacije.

Mnogi su se autori bavili otvaranjem šuma i planiranjem trasa šumskih cesta. Različiti autori imali su različite ideje koje su rezultirale drugačijim pristupom navedenoj problematici. Kronološkim slijedom navodimo odabrane autore: Von Segebaden (1964), Dietz, Knigge, Löffler (1984), Shiba, Ziesak, Löffler (1990), Nitami, Kobayashi (1991), Dahlin, Sallnas (1992), Kim, J. Y., Cha, Kim, C. H., (1992a), Kim, J. Y., Cha, Kim, C. H., (1992b), Lihai (1992), Session (1992), Shiba (1992), Tan (1992), Setyabudi (1994), Krč (1995), Dürstein (1996), Hentschel (1996), Erdas, Acar, Karaman, Gümüs (1997), Heinimann (1998), Häyrinen (1998), Pentek (1998), Pičman, Pentek (1998), Yoshimura, Kanzaki (1998), Wolf (1998), Sessions, Chung, Heinimann (2001), Pičman, Pentek, Poršinsky (2002), Pentek, Pičman, Krpan, Poršinsky (2003), Pentek, Pičman, Nevečerel (2004), Pentek, Pičman, Poršinsky (2004), Pentek, Pičman, Nevečerel, Horvat, Poršinsky (2005), Pentek, Pičman, Potočnik, Dvorščak, Nevečerel (2005), Potočnik, Pentek, Pičman (2005), Pentek, Pičman, Nevečerel (2005).

Analizom radova navedenih autora možemo razlučiti sljedeće pristupe postupku optimizacije mreže šumskih cesta: tradicionalno (klasično) planiranje, planiranje primjenom suvremenih tehnologija (GIS, GPS, DTM ...) i kombinirano planiranje. Tradicionalno planiranje jedva da još ima pobornika u suvremenom šumarstvu; to je i razumljivo zato što u današnjoj informatizaciji svih segmenata ljudskoga života ni šumarstvo nije moglo ostati po strani. Razlog uporabe suvremenih tehnologija pri planiranju optimalne mreže šumske prometne infrastrukture leži u značajnom broju čimbenika koje treba uskladiti, a da bi se to suglasje postiglo, nužno je obraditi velik broj relevantnih informacija.

Kombinirano je planiranje idealno rješenje jer pretpostavlja interakciju suvremenih tehnologija i šumarskoga znanja, informatičkih dostignuća, stručnosti i iskustva. Održiva je činjenica da se najbolja moguća inačica određene šumske ceste može odrediti samo i samo tako da se teoretski računalni modeli testiraju na terenu i u praksi. Osim provjere dobivenih rezultata nužna je i provjera ulaznih podataka, jer su ulazni podaci, njihova struktura i težina "ključ" odabira optimalnih rješenja.

Bez obzira na to za koji se pristup pri planiranju mreže šumskih cesta odlučili, sama mreža šumskih cesta može biti optimizirana prema dominantnom kriteriju optimizacije, pa imamo: ekonomsku optimizaciju, tehničko-tehnološku optimiza-

ciju, okolišno-ekološku optimizaciju, sociološko-estetsku optimizaciju i sveobuhvatnu optimizaciju. Sveobuhvatna je optimizacija ideal kojemu treba težiti pri postupku planiranja mreže šumskih cesta.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA THE RESULTS OF THE RESEARCH

Faze kreiranja sveobuhvatno optimizirane mreže ŠC-a definirali smo kako slijedi:

0. Definiranje osnovne funkcije šuma sastojinskoga oblika i načina gospodarenja te dizajniranje računalnih baza podataka
1. Raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture
2. Određivanje potencijalnih trasa budućih ŠC-a
3. Raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih ŠC-a i postizanje ciljane otvorenosti
4. Optimiziranje mreže odabranih ŠC-a glede visinskoga razvijanja trase
5. Ispitivanje opstojnosti modela na terenu te izradba projektne dokumentacije.

DRUGA FAZA OPTIMIZIRANJA: ODREĐIVANJE POTENCIJALNIH LOKACIJA TRASA BUDUĆIH ŠUMSKIH CESTA THE SECOND STAGE OF OPTIMIZING: DETERMINING POTENTIAL ROUTE LOCATIONS OF FUTURE FOREST ROADS

Ova faza postupka optimiziranja provodi se ako rezultati raščlambe postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture (prva faza optimiziranja) ukazuju na postojanje neotvorenih površina unutar područja istraživanja.

Za svaku je gospodarsku jedinicu napravljena zasebna računalna baza podataka. Izuzetno bogatu, potpunu bazu podataka trebalo je reducirati, pojedine čimbenike objediniti i ponovno definirati. Razlozi smanjivanja broja ulaznih podataka potrebnih za izračun leže u osnovnim značajkama svih kvalitetnih modela: jednostavnosti, preciznosti, primjenjivosti i provjerljivosti.

Pri dizajniranju nove, radne baze podataka, opredijelili smo se za metodu rada "iz velikoga u malo", odnosno "od općega ka posebnomu". Prvo su definirani kriteriji procjene optimalnosti mreže ŠC-a koji su svrstani u prioritetne razine postupka optimiziranja, a zatim su, za svaki pojedini kriterij procjene, određeni složeni dominantni utjecajni čimbenici u koje su zatim objedinjeni jednostavni dominantni utjecajni čimbenici.

U drugoj fazi optimiziranja definirali smo ove postupke:

1. Definiranje kriterija i prioriteta procjene optimalnosti mreže ŠC-a
2. Utvrđivanje složenih dominantnih utjecajnih čimbenika pojedinoga kriterija procjene optimalnosti
3. Dizajniranje modela i sustava procjene složenih dominantnih utjecajnih čimbenika

4. Odabir veličine osnovnoga nositelja informacija i kreiranje rasterske mreže četverokuta odabrane veličine
5. Prijenos informacija iz računalne baze podataka u rastersku mrežu osnovnih nositelja informacija
6. Optimiziranje po složenim dominantnim utjecajnim čimbenicima
7. Optimiziranje prema kriteriju procjene optimalnosti mreže ŠC-a
8. Optimiziranje unutar pojedine prioritetne razine procjene optimalnosti
9. Sveobuhvatna optimizacija mreže ŠC-a.

Definiranje kriterija i prioriteta procjene optimalnosti mreže šumskih cesta

Defining criteria and priorities of the evaluation of the forest road network optimality

Definirani su sljedeći kriteriji procjene optimalnosti mreže ŠC-a: ekonomski, tehničko-tehnološki, okolišno-ekološki i sociološki.

Pri otvaranju šuma ŠC-a uvijek se teži što ekonomičnijoj izgradnji. Drugim riječima želi se što manjim financijskim ulaganjima izgraditi što veća količina šumskih cesta, odnosno raspoloživa investicijska sredstva iskoristiti na najbolji mogući način. To se može postići smještanjem trasa šumskih cesta na ona područja uz koja su vezani manji troškovi izgradnje. Zato ekonomski kriterij optimizacije postavljamo u najvišu, prvu razinu u postupku optimiziranja mreže ŠC-a.

Budući da se na istraživanom području radi uglavnom o gospodarskim šumama, čija je osnovna zadaća proizvodnja vrsnoga drva, a mi se koristimo tzv. funkcionalnom optimizacijom, to tehničko-tehnološki kriterij optimizacije mreže ŠC-a ima, uz ekonomski kriterij, najveće značenje. Stoga ga također smještamo u prvu razinu pri optimiziranju mreže ŠC-a.

Pod tehničko-tehnološkim kriterijima procjene optimalnosti mreže šumskih cesta u prvoj fazi optimizacije razumijevamo kakvoću etata koja je rezultat smjernica gospodarenja, drvne pričuve, etata i plana sječa, te očekivane strukture drvnih sortimenata. Optimizirati mrežu šumskih cesta s obzirom na tehničko-tehnološke čimbenike iskorištavanja šuma znači usuglasiti prostorni razmještaj i količinu šumskih cesta i pomoćnih stovarišta s tehničkim sredstvima koja se koriste u drugoj fazi eksploatacije šuma s metodom sječe i izrade, te sa sastojinskim elementima i smjernicama gospodarenja.

Okolišno-ekološki i sociološki kriteriji ocjene optimalnosti mreže ŠC-a definirani su kao druga razina optimiziranja šumske prometne infrastrukture, jer je djelovanje njima pripadajućih dominantnih utjecajnih čimbenika slabijega intenziteta nego li ono čimbenika smještenih u prvu razinu. Ti kriteriji ne mogu "odlučiti" o općem položaju šumskih cesta, ali mogu djelovati na njihovo veće ili manje položajno premještanje u zavisnosti od pripadajućih dominantnih utjecajnih čimbenika.

Utvrdjivanje složenih dominantnih utjecajnih čimbenika i dizajniranje pripadajućih modela i sustava procjene

Determining complex dominant influential factors and designing the relevant models and evaluation systems

Po definiranju kriterija i prioriteta procjene optimalnosti mreže ŠC-a iduća nam je zadaća bila utvrditi složene dominantne utjecajne čimbenike kojima ćemo tijekom postupka optimiziranja procjenjivati pogodnost i potrebu prolaska trase buduće šumske ceste određenim područjem. Pregled kriterija i prioriteta razina procjene optimalnosti mreže ŠC-a i pripadajućih složenih dominantnih utjecajnih čimbenika prikazujemo u tablici 1.

Svaki je složeni dominantni utjecajni čimbenik interakcija većega ili manjega broja jednostavnih dominantnih utjecajnih čimbenika.

Tablica 1. Prikaz kriterija i prioritetnih razina procjene optimalnosti mreže šumskih cesta
Table 1 The survey of criteria and priority levels of the evaluation of the forest road network optimality

Kriteriji procjene optimalnosti mreže ŠC-a <i>The criterias of the evaluation of the forest road network optimality</i>	Složeni dominantni utjecajni čimbenici <i>The complex dominant influential factors</i>
Prva prioritetna razina procjene optimalnosti mreže ŠC-a	
1. Ekonomski	1.1. Građevinska pogodnost zemljišta 1.2. Nagib terena 1.3. Postojeća prometna infrastruktura 1.4. Hidrografska mreža
2. Tehničko-tehnološki	2.1. Namjena šuma i šumskoga zemljišta 2.2. Šumoposjednik 2.3. Kakvoća etata 2.4. Primjenjiva tehnologija i sredstva rada
Druga prioritetna razina procjene optimalnosti mreže ŠC-a	
3. Okolišno-ekološki	3.1. Zaštitna područja i objekti 3.2. Zaštićena područja i krajolici 3.3. Opasnost od šumskoga požara
4. Sociološki	4.1. Pristup selima i zaseocima 4.2. Pristup gospodarskim objektima 4.3. Pristup lovačkim kućama i vikendicama 4.4. Pristup turističkim i rekreacijskim objektima

Ekonomska optimizacija mreže šumskih cesta Economic optimisation of the forest road network

Građevinska pogodnost zemljišta – Constructing suitability of the soil

Građevinska je pogodnost (kategorija) zemljišta vrlo zahvalan dominantan utjecajni čimbenik jer, s jedne strane, ima snažan utjecaj na prosječnu cijenu iskopa i nasipa pri strojnom oblikovanju prethodno isprojektiranih, poprečnih profila, a s

druge su pak strane u njemu objedinjena sva, za gradnju šumskih cesta bitna svojstva tla te nije potrebno obavljati njihovu daljnju raščlambu. U građevinskoj kategoriji materijala, izravno ili neizravno, raščlanjujemo geološku podlogu, pedološku podlogu, nagibe terena, nosivost i kamenitost tla.

Polazište pri ocjenjivanju građevinske pogodnosti zemljišta bile su nam GN 200, kojima je građevinski materijal razdijeljen u sedam građevinskih kategorija. To su osnovne kategorije koje se procjenjuju prije izvedbe određenoga objekta, a točno se određuju nakon završetka izvedbe.

Tablica 2. Građevinske norme GN 200 (modificiran prikaz)
Table 2 Construction standards GN 200 (modified survey)

Kategorija zemljišta <i>Soil category</i>	Opis kategorije <i>Description of the category</i>
I.	rastresita, laka zemlja odnosno zemljište bez unutrašnje veze
II.	zemljišta sa slabijom unutrašnjom vezom
III.	čvrsta i žilava zemlja, zemljište sa sancima
IV.	zemljišta koja čine prijelaz ka stijinama, trošne stijene i stijene u raspadanju
V.	meka stijena
VI.	čvrsta stijena
VII.	vrlo čvrsta i žilava stijena

Možemo zaključiti da je ključan čimbenik pri kategorizaciji građevinske pogodnosti zemljišta njegova unutrašnja povezanost i tvrdoća, odnosno udio stjenovitoga materijala određene tvrdoće u ukupnoj količini tla. Pri ocjenjivanju građevinske pogodnosti zemljišta koristili smo se raščlambom geološko-pedološkoga zemljovida istraživanoga područja.

Svaka kategorija tla pobliže je opisana matičnim supstratom, formom krajolika i nagibom terena, stjenovitosti, te teksturnom oznakom površinskoga horizonta. Razlikujemo ove matične supstrate: fliš, koluvij fliša, dolomiti i vapnenci, vapnenci i dolomiti, vapnenci te aluvijalni nanos.

Prema formi krajolika i nagibu terena definirane su sljedeći razredi: 1. razred nagiba od 0 do 2 %, 2. razred nagiba od 3 do 8 %, 3. razred nagiba od 8 do 16 %, 4. razred nagiba od 16 do 30 %, 5. razred nagiba od 30 do 45 % i 6. razred nagiba od 45 do 60 %.

Stjenovitost pojedine kategorije tla određena je u šest razreda stjenovitosti: 1. razred od 0 do 2 % stjenovitosti, 2. razred od 2 do 10 % stjenovitosti, 3. razred od 10 do 25 % stjenovitosti, 4. razred od 25 do 50 % stjenovitosti, 5. razred od 50 do 90 % stjenovitosti, 6. razred preko 90 % stjenovitosti.

Teksturna oznaka površinskoga horizonta tla razlučena je na skeletna tla, ilovasta tla, glinastoilovasta tla i na glinasta tla.

Digitalni zemljovid s gospodarskom podjelom istraživanoga područja "preklopljen" je s digitalnim pedološko-geološkim zemljovidom, te su svakom pojedinom odsjeku pridođeni podaci o kategoriji tla s pripadajućim dopunskim oznakama. Problem nepodudaranja granica kartografskih pedoloških jedinica s granicama odsjeka riješili smo tako da su odsjeci preuzeli značajke one vrste tla koja je zapremala naj-

veću površinu odsjeka, a u slučajevima kada je druga vrsta tla postigla vrijednost od 20 % ili više površine odsjeka, primijenili smo dodatni sustav bodovanja.

Sa stajališta građevinske pogodnosti zemljišta za izvedbu radova niskogradnje u smislu obavljanja određenoga obujma zemljanih radova u različitim medijima (rastresiti materijal, stjenoviti materijal pomiješan sa zemljom ili stijene različite tvrdoće) najveće značenje pridjeljujemo stjenovitosti tla. S obzirom na stjenovitost tla utvrdili smo ovaj sustav bodovanja: za prvi i drugi razred – 5 bodova, za treći razred – 4 boda, za četvrti razred – 3 boda, za peti razred – 1 bod i za šesti razred – 0 bodova (isključuje se).

Uz glavni princip bodovanja primjenjivali smo i dodatno bodovanje u vrijednosti 0,5 bodova. Tako smo 0,5 bodova pridijelili svakomu odsjeku u čijoj smo površini odredili 20 %-tno ili veće sudjelovanje tla s manjom stjenovitošću nego li je u dominantnom tipu tla odnosno oduzeli smo 0,5 bodova ako se radilo o 20 %-tnom ili većem udjelu tla sa stjenovitošću većom od dominantnoga tla.

Što se tiče matičnoga supstrata, pri otvaranju šuma, ako imamo mogućnost izbora, treba izbjegavati fliš, koluvij fliša te aluvijalne nanose, jer se u svim slučajevima radi o vrlo nestabilnim podlogama. Kako na našem području istraživanja navedeni kritični supstrati s gledišta nosivosti i erodibilnosti nisu zabilježeni, u daljnjem se razmatranju nećemo njima baviti.

Vapnenci i dolomiti, dolomiti i vapnenci te vapnenci kao matični supstrat nemaju u međuodnosnoj usporedbi neke značajne prednosti. Koliko je s jedne strane povoljnije izvoditi šumsku cestu u dolomitnom mediju radi njezine kasnije postojanosti i otpornosti na eroziju (u usporedbi s vapnenačim matičnim supstratom), to su s druge strane veći troškovi izvedbe zbog veće tvrdoće. Dakle, osim preporuke o izbjegavanju nenosivih matičnih supstrata, raščlambu između matičnih supstrata zadovoljavajuće nosivosti nećemo provoditi.

Formu krajolika i nagiba terena nećemo zasebno razmatrati jer smo putem DTM-a izrađenoga iz slojničkih zemljovida ekvidistante 5 m dobili puno kvalitetnije i točnije rezultate temeljem kojih smo proveli razredbu nagiba.

Kako se zemljani radovi najčešće izvode u dubljim slojevima tla, a proizvodnost strojeva, troškovi izgradnje, tehnologija izvedbe i primijenjena tehnika nisu pod utjecajem teksturne oznake površinskoga sloja tla, to ovu dopunsku oznaku vrste tla nećemo dalje raščlanjivati.

Za uvjete bolje građevinske pogodnosti zemljišta (manja stjenovitost tala) na terenima koje otvaramo šumskim prometnicama, sustav bodovanja treba prilagoditi konkretnim prilikama.

Prosječni nagib terena – The average terrain slope

Različite kategorije prosječnoga nagiba terena imaju različitu pogodnost za izgradnju šumskih cesta; logičkim slijedom zaključujemo da je povoljnije izvoditi šumske ceste na terenima manjega nego li na onim većega prosječnoga nagiba. Prosječni nagib terena izravno utječe na poprečni nagib terena (nagib terena okomito na os šumske ceste) koji diktira konfiguraciju terena na poprečnim profilima šum-

ske ceste i utječe na količine iskapanja i nasipavanja materijala pri gradnji (Pentek 1998).

Poprečni nagib terena okomito na trasu šumske ceste u izravnoj je vezi s prosječnim nagibom terena poglavito jer su maksimalni dopušteni uzdužni nagibi nivelete šumske ceste u planinskom području do 15 % (Šikić i dr. 1989), što znači da se nulta linija polaže više-manje usporedno sa slojnicama, odnosno da je presječni kut slojnica i segmenata nulte linije vrlo malen. Kod prosječnoga nagiba terena preko 70 % vrlo je teško pri izgradnji šumskih cesta izvesti stabilne kosine nasipa i iskopa u normalnom poprečnom profilu zasjeke, te je opasnost od erozivnih procesa vrlo velika. Također se kota nivelete i za najmanju širinu planuma šumske ceste mora prilikom izvedbe spustiti duboko ispod kote terena da bi se normalni poprečni profil zasjeke uopće mogao izvesti. Sve rečeno navodi nas na zaključak da je izgradnja šumskih cesta na velikim nagibima terena, a poglavito na nagibima preko 70 % vrlo skupa, zahtjevna, sa snažnim zadiranjem u šumski ekosustav i mogućim znatnim štetama na njemu, te se nagibi terena iznosa većega od 70 % isključuju iz daljnje raščlambe osnovnih nositelja informacija u postupku optimizacije mreže šumskih cesta.

Tablica 3. Razredba i način bodovanja prosječnoga nagiba terena
Tables 3 Classification and grading ways of the average terrain slope

Kategorija nagiba terena Category of terrain slope	Nagib terena, % Terrain slope, %	Broj bodova Number of points
A	do 20 (ravan ili blago nagnut teren)	5
B	od 20 do 35 (srednje strm teren)	3
C	od 35 do 50 (strm teren)	2
D	od 50 do 70 (jako strm teren)	1
E	više od 70 (izuzetno strm teren)	isključuje se

Pri ocjeni prosječnoga nagiba terena korišteni su podaci s prethodno izrađenoga DTM-a iz digitaliziranih slojnica ekvidistante 5 m. Raster DTM-a bio je veličine 50 × 50 m.

Pri otvaranju šuma povoljnijih orografskih prilika sustav bodovanja potrebno je prilagoditi konkretnoj situaciji.

Hidrografska mreža – Hydrographic network

Hidrografska mreža područja koje se otvara mrežom šumskih cesta značajno utječe na postupak otvaranja, i to s više aspekata. Poprečni profili u kojima vodotoci sijeku šumsku cestu, te je potrebna izvedba objekata odvodnje i regulacija vodotoka, uvijek su problematični za izvedbu, nose visoku dozu rizika narušavanja ekološke ravnoteže šumskoga ekosustava, a tehnička izvedba zahtijeva znatna financijska ulaganja pri gradnji, ali i pri održavanju. Dolinske šumske ceste neposredno uz vodene tokove mogu utjecati na remećenje sustava podzemnih voda, čime se mijenjaju mikroklimatski uvjeti staništa, što rezultira fiziološkim slabljenjem stabala, nižom kakvoćom etata i u konačnici sušenjem i propadanjem šuma. Nadalje, šum-

ske ceste izgrađene u blizini vodotoka u stalnoj su opasnosti od oštećivanja tijela ceste ili kolničke konstrukcije zbog pojave visokih voda.

Oko mreže vodotoka treba položiti omeđene površine na udaljenosti 50 m, a sve osnovne nositelje informacija, koji se nalaze unutar omeđenih površina, treba isključiti iz daljnje raščlambe. Ako je, zbog terenskih prilika i nužne komunikacije, potrebno izvesti prijelaz šumske ceste preko vodotoka, nakon dobivanja vodoprivredne suglasnosti vodotoke treba presijecati u gornjem toku. S ekološkoga i tehničkoga gledišta treba preferirati mostove, ali oni su skupi i neisplativi ako se radi o vodotoku malenoga protoka.

Tehničko-tehnološka optimizacija mreže šumskih cesta Technical-technological optimisation of forest road network

Namjena šuma i šumoposjednik – Purpose of forests and forest owners

U okviru ove faze postupka ocjenjuje se namjena šuma, jer se pri otvaranju šuma rukovodimo i funkcionalnim načelom prema kojemu je primarna funkcija šuma koje se otvaraju šumskim cestama dominantan čimbenik koji određuje pristup samomu postupku otvaranja, ulazne parametre u postupku raščlambe, te, u konačnici, gustoću i kakvoću šumske transportne mreže.

Kategorija šumoposjednika također ima značajnu ulogu jer se unutar šuma i šumskoga zemljišta kojima gospodare Hrvatske šume d.o.o. Zagreb vrlo često nalaze veće ili manje površine privatnih šuma ili površina nekih drugih šumoposjednika. Ako nije nužno, šume i šumsko zemljište ostalih šumoposjednika neće se otvarati šumskim cestama, jer takve ceste nemaju funkciju otvaranja državnih šuma. Izuzetak čine slučajevi kad je prelazak preko privatnih posjeda jedino moguće rješenje projektiranja i izvedbe šumskih cesta.

Napominjemo da bi prema modelima vodećih europskih šumarskih zemalja (Austrija, Švicarska, Njemačka ..), koje u svojoj strukturi vlasništva imaju znatan udio privatnih šuma, trebalo riješiti pitanje sufinanciranja izgradnje i održavanja šumskih cesta koje otvaraju privatne šumske posjede i time povećavaju njihovu vrijednost. Slična je situacija i sa subjektima lokalne uprave. Navedeni prijedlog pretpostavlja uključivanje zainteresiranih strana i njihovu suradnju s Hrvatskim šumama d.o.o. Zagreb već u postupku izrade studija otvaranja šuma.

I namjena šuma i kategorija šumoposjednika, kao dominantni utjecajni čimbenici, imaju isključivi karakter. To znači da oni nositelji koji nisu u posjedu Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb, te oni koji su karakterizirani zaštitnim ili pak šumama posebne namjene, automatski ispadaju iz daljnje raščlambe. Dakle, ne utvrđuje se raspon bodova za ocjenu toga dominantnoga utjecajnoga čimbenika.

Kakvoća etata – Harvesting volume quality

Kakvoća je etata drugi dominantni utjecajni čimbenik tehničko-tehnološkoga kriterija u procjenjivanju optimalnosti mreže ŠC-a. Kakvoća je etata vrijednost etata iskazana u kn/ha ili kn/m^3 , a objedinjuje drvenu pričuvu, etat i plan sječa, očekivanu strukturu drvnih sortimenata i smjernice gospodarenja. Kakvoća je etata ocije-

njena prema planu sječa jednodobnih (GJ Lisina) odnosno raznodobnih (GJ Veprinačke šume) šuma preuzetom iz programa gospodarenja istraživanoga područja, odnosno prema očekivanoj strukturi etata po drvnim sortimentima iz obrasca OGP-9.

Očekivani drveni sortimenti razvrstani su po uređajnim razredima i vrstama drveća (kod regularnih šuma i po vrsti prihoda) u kategoriju tehničkoga drva i u kategoriju prostornoga drva. Tehničko se drvo dalje dijeli na trupce i na tanko tehničko drvo, a prostorno drvo na drvo za preradu i na ogrjevno drvo. Situacija na tržištu je trenutno takva da se kod listača tanko tehničko drvo i prostorno drvo za preradu prodaju pod višemetarsko ogrjevno drvo (VM), a kod četinjača tanko tehničko drvo pod prostorno drvo za preradu (celulozno drvo).

Mi smo se u radu ograničili na određivanje kakvoće etata bukve, jer ona u ukupnom bruto etatu prethodnoga i glavnoga prihoda GJ Lisina sudjeluje s 91,87 %, a u ukupnom bruto etatu GJ Veprinačke šume s čak 97,64 %. Ostale vrste drveća razvrstat ćemo u listače i četinjače. Za etat ostalih vrsta drveća treba istaknuti da, osim što je količinski malen, ni po kakvoći nema veće vrijednosti. To se najbolje uočava raščlambom udjela vrste drveća u ukupnom neto etatu najvrjednijih drvnih sortimenata – trupaca.

Ukupne neto vrijednosti etata preuzete su iz programa gospodarenja istraživanoga područja, kao i postotna struktura očekivanih sortimenata; jedino je za bukvu obavljena daljnja raščlamba postotnoga udjela drvnih sortimenata unutar trupaca na: furnirske trupce (F) i trupce za ljuštenje (L) te pilanske trupce prve (I), druge (II) i treće (III) klase temeljem podataka sječe i izradbe u GJ Lisina i GJ Veprinačke šume u razdoblju od 1995. do 2000. godine.

Na temelju Programa gospodarenja, postotnoga sudjelovanja pojedinih drvnih sortimenata u ukupnom etatu GJ Lisina i GJ Veprinačke šume i *važicega Cjenika glavnih šumskih proizvoda Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb* izračunata je kakvoća etata pojedinoga odsjeka, odnosno pojedinoga četverokuta – osnovnoga nositelja informacija. Pri izračunu kakvoće etata uporabljena je cijena srednjega debljinskoga stupnja pojedinoga šumskoga proizvoda.

Razdioba bodova u GJ Lisina i GJ Veprinačke šume obavljena je prema sljedećim kategorijama kakvoće etata: I. kategorija – preko 80 % maksimalne vrijednosti kakvoće etata – 5 bodova, II. kategorija – od 60 do 80 % maksimalne vrijednosti kakvoće etata – 4 boda, III. kategorija od 40 do 60 % maksimalne vrijednosti kakvoće etata – 3 boda, IV. kategorija od 20 do 40 % maksimalne vrijednosti kakvoće etata – 2 boda, V. kategorija od 0 do 20 % maksimalne vrijednosti kakvoće etata – 1 bod i VI. kategorija bez etata – 0 bodova (isključuje se).

Okolišno-ekološka i sociološka optimizacija mreže šumskih cesta Environmental- ecological and sociological optimisation of the forest road network

Oba kriterija optimizacije mreže ŠC-a u prvoj fazi optimiziranja nalaze se u najnižoj, drugoj razini. Kao takvi, dominantni utjecajni čimbenici ovoga kriterija

moгу djelovati na premještanje dijelova trasa ŠC-a u slučajevima kad šumske ceste prolaze kroz zaštićena ili zaštitna područja ili vrlo blizu njih, kao i u slučajevima kad bi blaga intervencija u prostornom pomaku šumske ceste pridonijela znatnije-mu povećanju njezinih socijalnih funkcija u smislu intenzivnije uporabljivosti šumskih cesta za korisnike izvan šumarstva.

Odabir veličine osnovnoga nositelja informacija, kreiranje rasterske mreže četverokuta odabrane veličine i prijenos informacija iz računalne baze podataka u rastersku mrežu osnovnih nositelja informacija

Choosing the size of the basic information carrier and creating bit network of a square of a chosen size and information transfer from the computer database into a bit network of basic information carriers

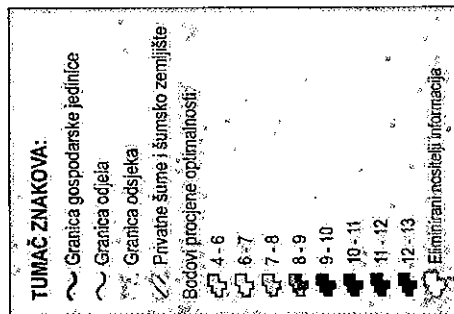
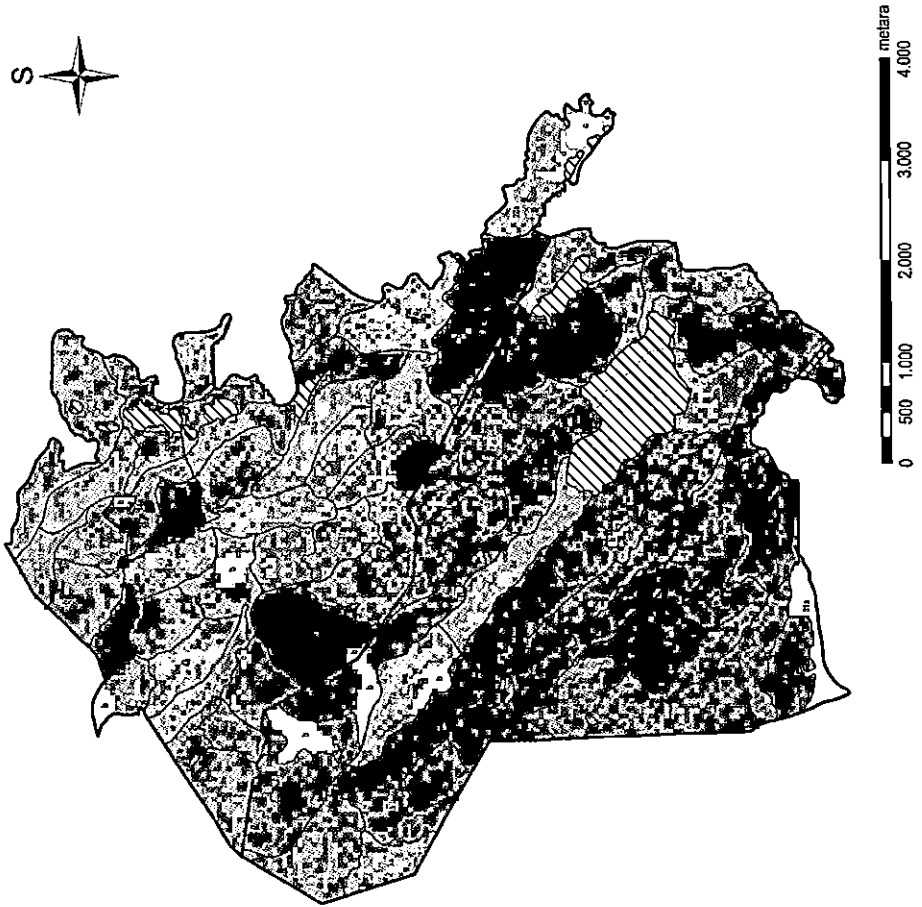
S obzirom na različitost svekolikih utjecajnih čimbenika na istraživanom području te na veličinu toga područja, treba odrediti veličinu osnovnoga četverokutnoga nositelja informacija. Pri većoj ploštini površina koje se otvaraju i pri jednoličnijim svekolikim uvjetima na toj ploštini, dimenzije osnovnoga nositelja informacija bit će veće. Vrijedi i obrnuto. Svaka četverokutna površina rasterske mreže četverokuta definirana je s dva broja, prvi je broj broja reda, a drugi broj stupca. S numeracijom se započinje iz gornjega lijevoga kuta rasterske mreže. Odabrana je veličina osnovnoga četverokutnoga nositelja informacija od 50×50 m.

Iz računalne baze podataka, koja je napravljena za svaku gospodarsku jedinicu, treba podatke o svakom složenom dominantnom utjecajnom čimbeniku, koji su vezani uz odsjek, transformirati u rastersku četverokutnu mrežu osnovnih nositelja informacija. U daljnjem postupku optimiziranja rabićemo podatke u formatu i obliku koji je vezan uz osnovne četverokutne nositelje informacija.

Optimizacija mreže šumskih cesta po složenim dominantnim utjecajnim čimbenicima, po kriterijima i prioritetnim razinama procjene optimalnosti te sveobuhvatna optimizacija

Forest road network optimisation according to complex dominant factors, according to criteria and priority levels of optimality evaluation and the comprehensive optimisation

Temeljem definiranih kriterija i prioriteta procjene optimalnosti mreže ŠC-a i utvrđenih složenih dominantnih utjecajnih čimbenika, te na osnovi modela i sustava procjene, moguće je provesti optimizaciju mreže ŠC-a. Postupak optimiziranja provodi se tako da se prvo odrede najpovoljnije trase budućih ŠC-a glede pojedinoga složenoga dominantnoga utjecajnoga čimbenika, zatim glede kriterija i prioritetne razine procjene optimalnosti, dok se na kraju provodi sveobuhvatna optimizacija.



Slika 1. Karta sumarnih bodova procjene optimalnosti prema osnovnim četverokutnim nositeljima informacija, dimenzija 50 × 50 m, za ekonomski i tehničko-tehnološki kriterij procjene
 Figure 1 Map of summary points of the optimality evaluation according to basic square information carriers, dimension 50 x 50 m, for the economic and technical-technological evaluation criterion

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA FINAL CONSIDERATIONS

Kao kriteriji procjene optimalnosti izdvojeni su ekonomski i tehničko-tehno-
loški, na prvoj prioritetnoj razini optimizacije, te okolišno-ekološki i sociološki, na
drugoj prioritetnoj razini optimizacije. Kriteriji procjene optimalnosti prve prioritet-
ne razine optimizacije utječu na opći položaj trasa budućih šumskih cesta, dok krite-
riji druge prioritetne razine optimizacije utječu na lokalna premještanja pojedinih di-
jelova trasa budućih ŠC-a. Tijekom rada nismo uvidjeli potrebu premještanja trasa
budućih ŠC-a optimiziranih po kriterijima prve prioritetne razine optimizacije zbog
kriterija procjene optimalnosti druge prioritetne razine optimizacije.

Svaki kriterij procjene optimalnosti mreže ŠC-a sastoji se od određenoga broja
složenih dominantnih utjecajnih čimbenika. To su, samo im ime govori, oni čimbe-
nici koji, za istraživano okruženje i svekolike prilike koje tu susrećemo, imaju naj-
veće značenje pri procjeni optimalnosti po pojedinom kriteriju procjene. Svaki slo-
ženi dominantni utjecajni čimbenik sastoji se od određenoga broja jednostavnih
dominantnih utjecajnih čimbenika. Za različita područja primjene računalnoga
modela optimizacije mreže ŠC-a moguće je kreirati vlastite kriterije procjene i
prioritetne razine optimizacije, te složene dominantne utjecajne čimbenike i njih-
vu strukturu, kao i modele i sustave procjene svakoga od njih.

S obzirom na raspon bodova dobivenih ukupnom optimizacijom za pojedini
osnovni nositelj informacija dimenzija 50×50 m s jedne strane te utvrđene ciljane
otvorenosti s druge strane, treba definirati donju bodovnu granicu opstojnosti
osnovnih nositelja informacija u daljnjem tjeku postupka optimiziranja. Osnovni
nositelji informacija čiji je broj prikupljenih bodova ispod granice opstojnosti eli-
miniraju se iz daljnjih operacija isto kao i oni osnovni nositelji informacija koje
smo izbacili zbog primjene načela isključivosti pri ocjeni određenoga složenoga do-
minantnoga utjecajnoga čimbenika. Osnovni nositelji informacija čiji je zbroj bo-
dova veći od minimalno potrebnoga, opstaju u postupku optimiziranja i na njima
provodimo treću fazu optimiziranja mreže ŠC-a.

LITERATURA REFERENCES

- z Dahlin, B., O. Sallnas, 1992: Using network analysis for road and harvest planning. *Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting*, Feldafing, Germany, 36–41.
- κ Dietz, P., H. Löffler, W. Knigge, 1984: *Walderschließung, Eine Lehbruch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebaus*. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, 1–196.
- z Dürrstein, H., 1996: Opening up of a mountainous region – decision making by integration of the parties concerned applying cost-efficiency-analysis. *Proceedings of the Seminar on Environmentaly sound forest roads and wood transport*, Sinaia (Romania), 17–22, June 1996, 34–43.

- ž Erdas, O., H. Acar, A. Karaman, S. Gümüş, 1997: Selecting of Forest Road Routes on the Mountainous Areas Using Geographical Information Systems. XI. World Forestry Congress, Antalya, Turkey, Vol. 3: 214–220.
- o FAO, 1998: Manual for the planning, design and construction of forest roads in steep terrain. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 1–188.
- ž Häyrinen, T., 1998: Forest road planning and landscaping. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport”, Sinaia (Romania), 17–22, June 1996, 50–61.
- ž Heinimann, H. R., 1998: Opening-up planning taking into account environmental and social integrity. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 62–72.
- č Hentschel, S., 1996: GIS gestützte Herleitung der flächenhaften, Forsttechnische Informationen, 1–2: 8–13.
- o Kim, J. Y., Cha, D. S. Kim, C. H. 1992: Planning methods of optimum forest road network using a digital terrain model. Research Reports of the Forestry Research Institute Seoul, 44: 120–132.
- o Kim, J. Y., D. S. Cha, C. H. Kim, 1992: Planning methods of optimum forest road network using a digital terrain model (II), Analysis of forest road construction effects and condition of its alignments. Research Reports of the Forestry Research Institute Seoul, 46: 153–167.
- D Krč, J., 1995: Model napovedovanja oblika spravila lesa. Magistrsko delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 1–115.
- κ Lacombe, G., 1999: Forest Roading Manual. Liro Forestry Solutions, Rotorua, New Zealand, 1–404.
- κ Lihai, W., 1992: Computing optimal combination of seasonal and all season roads for harvesting operations in China. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planning of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 53–56.
- č Nitami, T., H. Kobayashi, 1991: Systemization of forest road planning work. Bulletin of the Tokyo University Forests, 85: 11–25.
- g č Pentek, T., 1998: Šumske protupožarne ceste kao posebna kategorija šumskih cesta i čimbenici koji utječu na njihov razmještaj u prostoru. Glasnik za šumske pokuse, 93–141, Zagreb.
- ž Pentek, T., D. Pičman, A. Krpan, T. Poršinsky, 2003: Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest. Proceedings of Austro 2003 CD/DVD MEDIJ – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain Schlaegl, Austrija, 5–9. 10. 2003. / Karl, Stampfer (ur).–Viena: University of Natural Resources and Applied Life Sciences Viena, 1–12.
- ž Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004: Environmental – ecological component of forest road planning and designing. International scientific conference: Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment, Technical University in Zvolen, Slovakia, 16th – 17th September 2004, Proceeding CD/DVD MEDIJ, 94–102.
- ž Pentek, T., D. Pičman, T. Poršinsky, 2004: Planning of forest roads in Croatian mountainous forest by the use of modern technologies. International scientific conference on Forest engineering: new techniques, technologies and the environment, Lviv, Ukraine, October 5–10, 2004, Proceeding, 380–389.
- ž Pentek, T., Pičman, D. Nevečerel, H. Horvat, D. Poršinsky, T. 2005: Applicability of computer model of forest road network optimisation in the real terrain conditions. International Scientific Conference «Ecological, ergonomic and economical optimization of

- forest utilization in sustainable forest management», Krakow – Krynica, Poland, June 15–18, 2005, *Proceeding*, 243–251.
- CJFE ~ c Pentek, T., D. Pičman, I. Potočnik, P. Dvorščak, H. Nevečerel, 2005: Analysis of an existing forest road network. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26 (1): 39–50, Zagreb.
- SL ~ č Pičman, D., Pentek, T. 1998: Relativna otvorenost šumskog područja i njena primjena pri izgradnji šumskih protupožarnih prometnica. *Šumarski list*, CXXII (1–2): 19–30, Zagreb.
- ~ z Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2002: Application of modern technologies (GIS, GPS,...) in making methodological studies on the primary open of hilly-mountain forests. *Forest Information Technology 2002 – International Congress and Exhibition*, 3–4 September, 2002, Helsinki, Finland, *Proceedings*, 1–10.
- CJFE x č Potočnik, I., T. Pentek, D. Pičman, 2005: Traffic characteristics on forest roads due to forest management, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26 (1): 51–57, Zagreb.
- ~ v Schlaghamersky, A., 1993: Feinerschliessung. *Fachbereich Forstwirtschaft in Göttingen*, 1–146.
- ~ č Segebaden, von G., 1964: Studies of cross-country transport distances and road net extension. *Studia Forestalia Suecica*, No. 18.
- ~ č Shiba, M., M. Zeisek, H. Löffler, 1990: Der Einsatz moderner Informationstechnologie bei der forstlichen Erschließungsplanung. *Forstarchiv*, 61: 16–21.
- ~ z Shiba, M., 1992: Optimization of road layout in opening of forest. *Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting*, Feldafing, Germany, 1–12.
- ~ z Sessions, J., 1992: Using networks analysis for roads and harvest planning. *Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting*, Feldafing, Germany, 36–41.
- ~ z Sessions, J., W. Chung, H. R. Heinimann, 2001: New algorithms for solving large transportation planning problems. *Paper on Workshop on New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains*, Osiach (Austria), 18–24 June 2001, 253–258.
- ~ c Setyabudi, A., 1994: Design of an optimum forest road network using GIS and linear programming. *ITC Journal*, 2: 172–174.
- ~ č Tan, J., 1992: Planning a forest road network by a spatial data handling-network routing system. *Acta Forestalia Fennica*, 227: 1–85.
- ~ z Yoshimura, T., K. Kanzaki, 1998: Fuzzy expert system laying out forest roads based on the risk assesment. *Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport*, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 144–150.
- ~ z Wolf, W., 1998: Assessment of forest roads alternatives with special emphasis on environmental protection. *Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport*, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 130–143.
- o ****, 1991: Program gospodarenja g.j. Veprinačke šume od 1992. do 2001. godine.
- o ****, 1993: Program gospodarenja g.j. Lisina od 1994. do 2003. godine.
- o ****, 2001: Interni cjenik rada strojeva i prijevoza građevinskog materijala u šumskom građevinarstvu, Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, str. 1–8.

FOREST OPENING BY FOREST ROADS – CHOOSING THE POTENTIAL LOCATIONS OF THE FUTURE FOREST ROAD ROUTES

SUMMARY

We defined six basic stages of forest road network optimisation. Then we have started with the detailed analysis of each stage and their testing in two management units. We tested the model in the management unit Lisina and the management unit Veprinačke forests (Forest administration Buzet, Forest Office Opatija) which are in the mountains Učka and Čićarija. In the second stage of the methodological study of forest opening – Determining potential routes of future forest roads, in unopened areas which we established in the first optimising stage – The analysis of the existing forest road infrastructure, we are choosing the possible of future forest road routes. First, the criteria of optimality evaluation of the forest road network were defined and were classified in the priority levels of optimising procedure and then, for each individual evaluation criterion, complex dominant influential factors were determined, to which were then combined simple dominant influential factors. Economic and technical-technological optimality evaluation criteria were chosen in the first priority level of optimisation and environmental-ecological and sociological in the second priority level of optimisation. For each dominant influential factor models and systems of grade evaluation were designed, the optimisation was carried out according to the evaluation criteria, according to priority level and the comprehensive optimisation. In the optimisation we applied the principle of exclusiveness (if a certain basic information carrier has not obtained the minimum necessary number of points for survival in the optimisation procedure according to only one dominant influential factor, it is excluded from the further optimisation procedure).

Key words: forest opening, forest roads, evaluation models and systems, economic optimisation, technical-technological optimisation, mountainous area

UDK: 630*686.3

KATASTAR ŠUMSKIH PROMETNICA – POSTOJEĆE STANJE, METODOLOGIJA IZRADBE I KORISTI OD NJEGA

FOREST ROAD CADASTRE – THE PRESENT CONDITION, THE WORKING METHODOLOGY AND OBTAINED USES

DRAGUTIN PIČMAN, TIBOR PENTEK, HRVOJE NEVEČEREL

Received – *Pristjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Postupak planiranja šumskih prometnica prva je i temeljna faza uspostavljanja optimalne (najbolje moguće) mreže šumskih prometnica na terenu. Planiranje se provodi sustavno putem većega broja faza i podfaza rada, a na pitanje da li je potrebno daljnje otvaranje određenoga šumskoga područja, relevantan odgovor možemo dati tek nakon provedene raščlambe postojeće mreže šumskih prometnica. GIS (koji na istraživanom području treba uspostaviti) omogućuje pohranjivanje, povezivanje, kontroliranje, analiziranje i prikazivanje informacija koje su određene svojom lokacijom u prostoru. Jedna od nužnih informacija jesu i postojeće šumske prometnice odnosno postojeća primarna i sekundarna šumska prometna infrastruktura. Budući da na razini «Hrvatskih šuma» d.o.o. Zagreb ne postoji katastar sekundarne šumske prometne infrastrukture (u prvom redu traktorskih putova), a katastar primarne šumske prometne infrastrukture tek je nedavno uspostavljen, u ovom se radu opisuje postupak dizajniranja katastra šumskih prometnica tako da omogući kasniju racionalizaciju troškova održavanja i popravaka šumske transportne mreže.

Ključne riječi: šumske ceste, traktorski putovi, katastar šumske prometne infrastrukture, GPS, GIS

UVOD I PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA INTRODUCTION AND PROBLEMS OF THE RESEARCH

Šumske su prometnice građevinski objekti po kojima se odvija promet u šumi. One su posebna kategorija prometnica koje se uvelike razlikuju od kategorije javnih prometnica. S obzirom na namjenu, položaj u sastojini, tehnička svojstva i dr. postoje različite definicije i podjele šumskih prometnica prema različitim kriterijima.

Prema vrsti prometa (Šikić i dr. 1989) šumske se prometnice dijele na primarne šumske prometnice i sekundarne šumske prometnice. U primarne šumske pro-

metnice ubrajaju se šumske ceste, a u sekundarne šumske prometnice ubrajaju se traktorski putovi i traktorske vlake.

Mrežu gospodarskih šumskih cesta prema Šikiću i dr. (1989) klasificiramo prema različitim kriterijima: prema značenju, prema prometnom opterećenju (brutto tona/24 h), prema konfiguraciji terena te prema veličini i učestalosti transporta drvene mase

U Njemačkoj prema Dietzu, Löffleru i Kniggeu (1984), šumske prometnice se dijele na pet razreda temeljem broja voznih trakova, širine kolnika, dopuštenoga opterećenja, minimalnoga radijusa horizontalnih krivina i dopuštenoga uzdužnoga nagiba: glavne šumske ceste (1. razred), primarne šumske ceste (2. razred), sekundarne šumske ceste (3. razred), traktorske putove (4. razred) i traktorske vlake (5. razred).

U Austriji Trzesniowski (1988) dijeli šumske prometnice prema standardu gradnje na: glavne šumske ceste, sporedne šumske ceste, uređene šumske putove te glavne i sporedne šumske vlake.

U Sloveniji Potočnik (1996) razvrstava šumske ceste u tri kategorije, na temelju njihove višestruke uporabe:

- prva kategorija (G I/1), šumske ceste s dominantnom javnom uporabom i ne šumskim prometom,
- druga kategorija (G I/2), šumske ceste s relativno visokom javnom uporabom, ali ona nije naglašena kao u prvoj kategoriji,
- treća kategorija, šumske ceste namijenjene gospodarenju šumskim ekosustavom, koje se, s obzirom na dnevni broj vozila koji njima prometuje, dijele na podskupine: G II- glavne izvozne ceste i G III- sporedne šumske ceste.

Po FAO-u (1998), unutar mreže šumskih prometnica moguće je provesti razdiobu prema:

- prostornom razmještaju i konfiguraciji terena na: glavne (primarne) dolinske šumske ceste, sekundarne šumske ceste, strme (brdske) šumske ceste, spojne (sporedne) šumske ceste i planinske grebenske (etažne) šumske ceste;
- konstrukciji i načinu gradnje na: zemljane šumske ceste, mehanički stabilizirane šumske ceste, kemijski stabilizirane šumske ceste i asfaltne šumske ceste;
- prema najčešćoj uporabi na: kamionske šumske ceste, traktorske šumske ceste, šumske ceste koje otvaraju određeno područje, pristupne šumske ceste, više funkcionalne šumske ceste.

CILJ I METODE ISTRAŽIVANJA THE AIM AND METHOD OF THE RESEARCH

CILJ ISTRAŽIVANJA THE AIM OF THE RESEARCH

Cilj je ovoga rada jednoznačno definirati metode izrade katastra primarnih i sekundarnih šumskih prometnica kao podloge za provedbu raščlambe primarne i

sekundarne otvorenosti u složenom postupku optimizacije cjelokupne mreže šumskih prometnica.

Isto tako treba ukazati na prednosti i višestruku uporabljivost jednom dizajniranoga katastra šumskih prometnica u različitim područjima šumarstva ali i šire.

KATEGORIZACIJA ŠUMSKIH PROMETNICA CATEGORIZATION OF FOREST ROADS

Primarna je šumska prometna infrastruktura za potrebe istraživanja kategorizirana na sljedeći način:

- **javne ceste** – sve one javne ceste koje se mogu koristiti pri radovima u šumarstvu i kao takve predstavljaju sastavni dio primarne šumske prometne infrastrukture,
- **šumske ceste I. reda** – su sve one šumske ceste koje se odvajaju od javnih cesta,
- **šumske ceste II. reda** – su sve one šumske ceste koje se odvajaju od šumskih cesta I. reda,
- **šumske ceste III. reda** – su sve one šumske ceste koje se odvajaju od šumskih cesta II. reda.
- Sekundarna je šumska prometna infrastruktura za potrebe istraživanja kategorizirana ovako:
 - **traktorski putovi/vlake I. reda** – svi traktorski putovi/vlake koji se odvajaju od javnih ili šumskih cesta,
 - **traktorski putovi/vlake II. reda** – svi traktorski putovi/vlake koje se odvajaju od traktorskih putova/vlaka I. reda,
 - **traktorski putovi/vlake III. reda** – svi traktorski putovi/vlake koje se odvajaju od traktorskih putova/vlaka II. reda,
 - **traktorski putovi/vlake IV. reda** – svi traktorski putovi/vlake koje se odvajaju od traktorskih putova/vlaka III. reda.

INVENTARIZACIJA ŠUMSKIH PROMETNICA NA TERENU INVENTORY OF FOREST ROADS ON THE TERRAIN

Pri snimanju šumskih prometnica na terenu koristili smo suvremenu metodu rada – GPS uređaj Trimble, GeoExplorer 3.

Pri snimanju šumskih cesta eksternu smo antenu učvrstili na krov terenskoga vozila kojim smo se kretali šumskim cestama malom brzinom, a interval snimanja točaka bio je 5 sec. Kod snimanja traktorskih putova i vlaka hodali smo pješice uz interval prikupljanja podataka od također 5 sec.

Mjerenje je u oba slučaja izvedeno tzv. povratnom metodom pri kojoj se snimanje obavlja u oba smjera što nam omogućava bolje uklapanje podataka u prostor.

Dobiveni podaci obrađeni su u programskom paketu GPS Pathfinder Office 2.80., te potom ucrtani na prethodno pripremljene digitalne slojničke zemljovide.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA THE RESEARCH AREA

Za područje istraživanja odabrana je Uprava šuma Podružnica Buzet, Šumarija Opatija, GJ Veprinačke šume. Dio je planinskoga masiva Čičarije, razvedenoga je reljefa, velikoga raspona nadmorskih visina, raznolike geološke i pedološke podloge, vrijedne i interesantne vegetacije i prebornoga uzgojnoga oblika. Zaprema površinu od 1950,87 ha, od čega je obraslo 1899,23 ha, neobraslo proizvodno 43,36 ha, neobraslo neproizvodno 3,12 ha, a neplodno 5,16 ha.

GJ Veprinačke šume nalazi se između 45° 20' i 45° 24' sjeverne zemljopisne širine te 14° 11' i 14° 16' istočne zemljopisne dužine po Greenwich-u. Najviše točke ove gospodarske jedinice su vrh Makljen s 1144,00 m.n.v. i Vodička griža s 1142,00 m.n.v. dok je najniža točka visoka 760,00 m. U orografskom pogledu Veprinačke šume nalaze se u gorskom području, teren je ispresijecan mnogobrojnim grebenima, a na zaravnima nailazimo na vrtače. Prosječan nagib odsjeka okomito na slojnice (prema podacima iz programa gospodarenja) iznosi od 5 do 30°, a grebeni i uvale su orijentirani u različitim smjerovima.

Prema Köppenovoj klasifikaciji klimatskih područja proučavana gospodarska jedinica leži u klimatskoj zoni tipa Cfsax'' - prijelazni tip klime s vrućim ljetima. Obje gospodarske jedinice smještene su u pojasu šuma primorske bukve (*Seslerio Fagetum*/Ht. 1950./M. Wraber 1960). Područje GJ Veprinačke šume odlikuje se razvijenim krškim reljefom i složenim geološkim odnosima vapnenca i dolomita. Sukladno tomu u ovom se području razvila serija tala karakterističnih za gorsko područje vapnenačko-dolomitnih stijena.

Pri sječi i izradbi se koristi poludeblovna metoda dok se pri privlačenju obloga drva, koriste zglobni traktori (skideri). Takva orijentacija pretpostavlja dobru sekundarnu otvorenost šuma traktorskim putovima koji se najčešće, radi konfiguracije terena i razvijene orografije, moraju graditi.

Osnovne značajke radova otvaranja i eksploatacije šuma jesu: strm i razveden planinski teren, bogatstvo i raznovrsnost krških reljefnih fenomena, plitka tla i stjenovita podloga, te teške građevinske kategorije materijala. Nabrojene karakteristike ukazuju na potrebu dobre primarne i sekundarne otvorenosti šuma radi smanjenja troškova transporta drva.

Ukupni desetogodišnji brutto etat u GJ Veprinačke šume iznosi 90650,00 m³. Glavna je gospodarska vrsta bukva, koja u ukupnom brutto etatu tijekom deset godina sudjeluje s 88511,00 m³ (97,64 %). Kakvoća etata u obje gospodarske jedinice je vrlo dobra, a znatna količina bukve (bijela bukva) završava na međunarodnim licitacijama (talijansko tržište), gdje postiže znatno više cijene od isključnih.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA THE RESULTS OF THE RESEARCH

Ukupna površina GJ Veprinačke šume je 1950,87 ha, a ukupna dužina šumskih cesta u toj gospodarskoj jedinici 17708,55 m (šumske ceste I reda su duljine 13782,34 m, a šumske ceste drugoga reda 3926,21 m). Otvorenost šumskim cestama iznosi 9,08 m/ha. Otvorenost znatno dobiva na vrijednosti ako znamo da se dvije stare javne talijanske ceste, čiji je gornji stroj izrađen od tucanika, također koriste kao šumske ceste, štoviše, one su taj glavni prometni prsten od kojega se dalje granaju ostale sastavnice primarne šumske prometne infrastrukture - šumske ceste. Javne su ceste ukupne duljine 16941,08 m što zajedno daje otvorenost gospodarske jedinice od 8,68 m/ha. Ukupna otvorenost šumskim i javnim cestama (primarnom šumskom prometnom infrastrukturom) iznosi 17,76 m/ha.

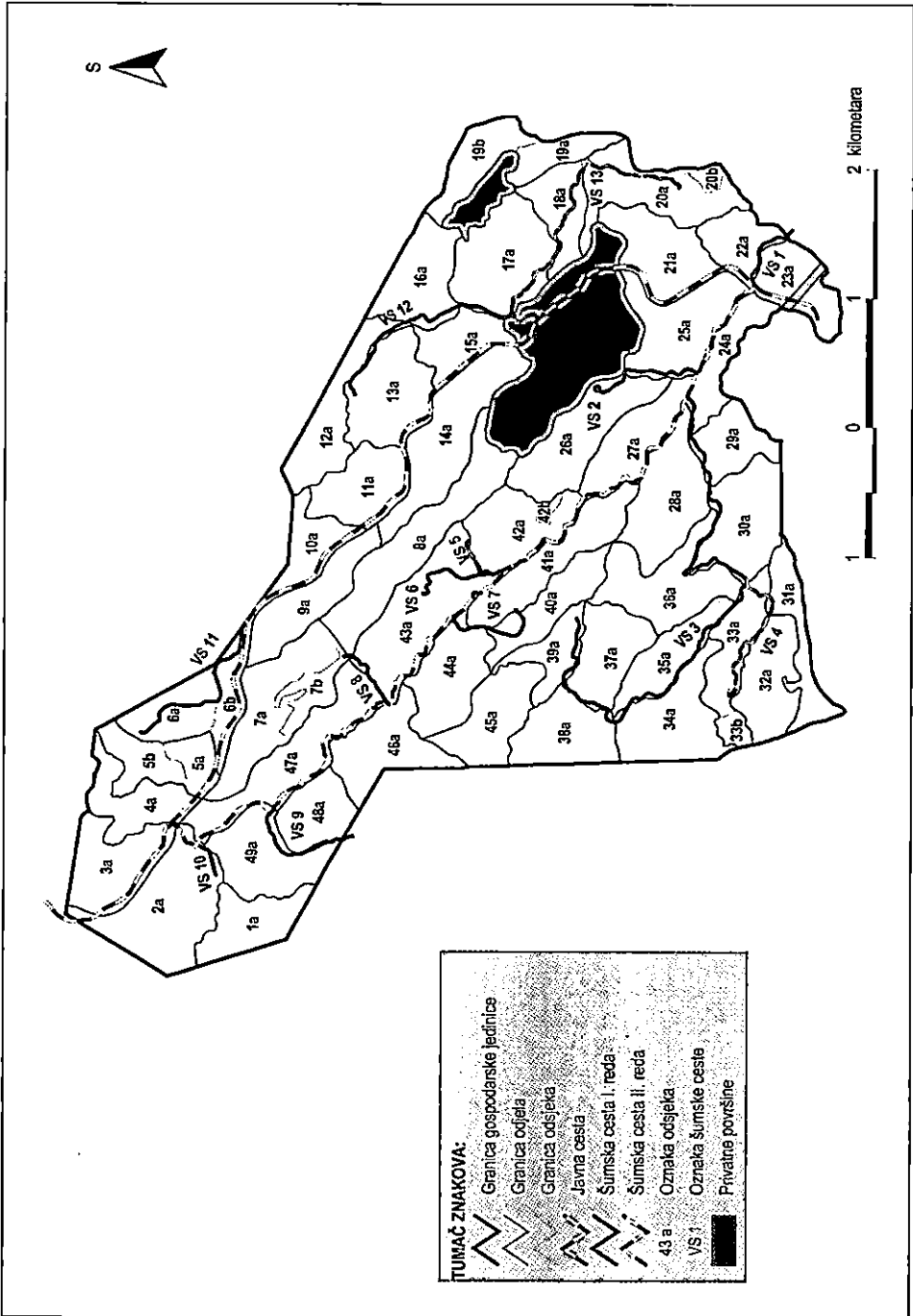
Javne ceste na klasičnu otvorenost GJ Veprinačke šume utječu sa 48,89 %, šumske ceste I reda sa 39,78 %, a šumske ceste II reda sa 11,33 %.

Tablica 1. Tablični prikaz katastra primarne šumske prometne infrastrukture u GJ Veprinačke šume
Table 1 The table display of a primary forest traffic infrastructure cadastre in the management unit Veprinačke forests

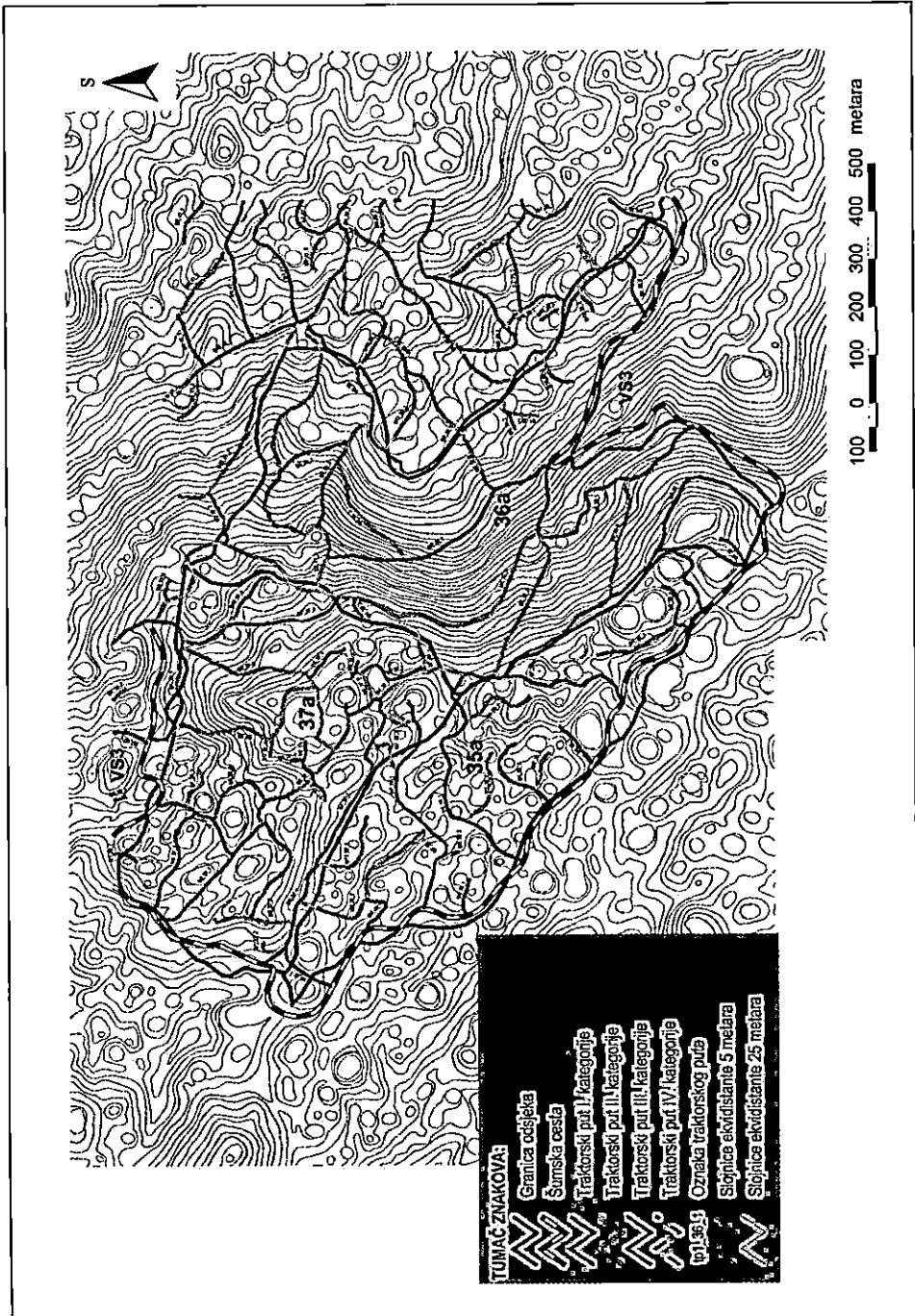
Naziv ceste <i>Road name</i>	Duljina, m <i>Length, m</i>	Kategorija ceste <i>Road category</i>	Gornji stroj <i>Pavement</i>
Javna cesta 1	9460,88	Javna cesta	Tucanik
Javna cesta 2	7480,20	Javna cesta	Tucanik
Javne ceste - ukupno <i>Public roads - total</i>	16941,08	-	-
VS 1	676,84	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 2	1021,73	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 3	5015,56	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 4	1310,71	Šumska cesta II reda	Tucanik
VS 5	311,31	Šumska cesta II reda	Tucanik
VS 6	912,35	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 7	865,08	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 8	589,02	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 9	957,41	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 10	295,29	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 11	1473,14	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 12	1975,92	Šumska cesta I reda	Tucanik
VS 13	2304,19	Šumska cesta II reda	Tucanik
Šumske ceste – ukupno <i>Forest roads - total</i>	17708,55	-	-
Javne i šumske ceste – ukupno <i>Public and forest roads - total</i>	34649,63	-	-

Šifriranje se sekundarnih šumskih prometnica obavlja na slijedeći način SPX YY Z:

- SP – znači da se radi o sekundarnim šumskim prometnicama (traktorskim putovima i traktorskim vlakama),

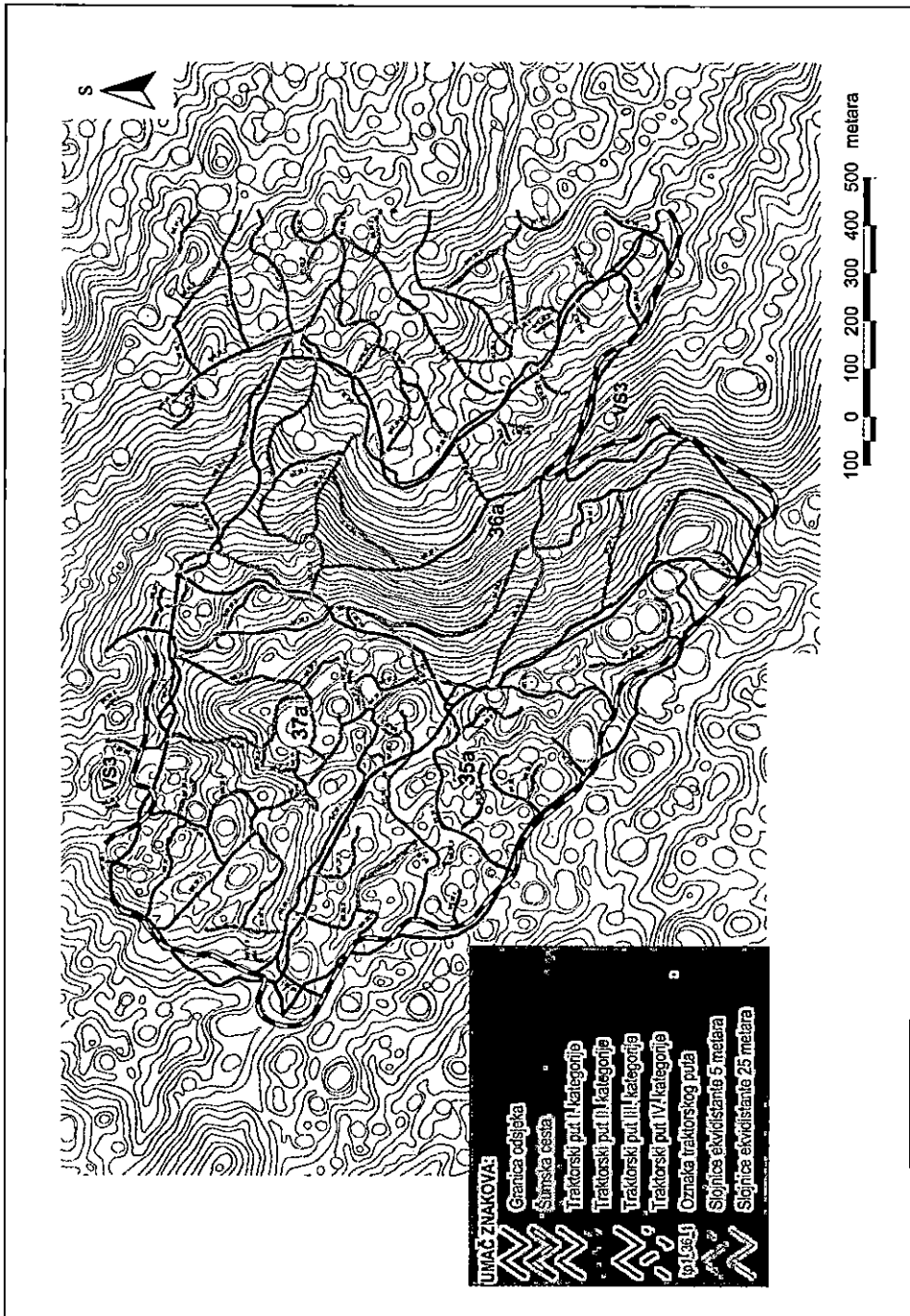


Slika 1. Grafički prikaz katastra primarne šumske prometne infrastrukture u GJ Veprinačke šume
 Figure 1 The graphical display of a primary forest traffic infrastructure cadastre in the management unit Veprinačke forests



Slika 2. Grafički prikaz katastra sekundarne šumske prometne infrastrukture u odabranim odsjecima (35a, 36a i 37a) GJ Veprinačke šume

Figure 2 The graphical display of a secondary traffic infrastructure cadastre in chosen subcompartments (35a, 36a and 37a) of the management unit Veprinačke forests



Slika 2. Grafički prikaz katastra sekundarne šumske prometne infrastrukture u odabranim odsjecima (35a, 36a i 37a) GJ Veprinačke šume

Figure 2 The graphical display of a secondary traffic infrastructure cadastre in chosen subcompartments (35a, 36a and 37a) of the management unit Veprinačke forests

Pri ocjeni i komentaru sekundarne relativne otvorenosti koristit ćemo se modificiranim sustavom procjene primarne relativne otvorenosti (Pentek, 2002). Modificirani sustav procjene sekundarne relativne otvorenosti izgleda ovako:

- do 60 % – nedovoljna otvorenost (1),
- od 60 do 70 % – slaba otvorenost (2),
- od 70 do 80 % – jedva dobra otvorenost (3),
- od 80 do 90 % – vrlo dobra otvorenost (4) i
- preko 90 % – odlična otvorenost (5).

Odsjeci označeni podebljano se trebaju dalje otvarati sekundarnim šumskim prometnicama jer je sekundarna relativna otvorenost manja od 80 % (nužno je izraditi studije sekundarnoga otvaranja šuma pri čemu u obzir treba uzeti sve utjecajne čimbenike prosudbe optimalnosti mreže sekundarnih šumskih prometnica).

Ukupna sekundarna relativna otvorenost GJ Veprinačke šume iznosi 72,34 %. Javne i šumske ceste na sekundarnu relativnu otvorenost utječu sa 20,25 % dok traktorski putovi i vlake utječu sa 79,75 %. Sekundarna relativna otvorenost se kreće od 9,78 % u odsjeku 7a do 96,70 % u odsjeku 35a.

Tablica 3. Raščlamba sekundarne relativne otvorenosti GJ Veprinačke šume na razini odsjeka
Table 3 The analysis of the secondary relative openness of the management unit Veprinačke forests at the level of subcompartment

Odsjek Subom- partment	Površina Area	Etat Harv. volume	Otvore- nost Openness	Ocjena tvoren. Openne. evalua- tion	Odsjek Subom- partment	Površin Area	Etat Harv. vol.ume	Otvore- nost Openness	Ocjena tvoren. Openne. evalua- tion
	ha	m ³ /10 g.	%	ha		m ³ /10 g.	%		
1a	0,56	895,00	59,20	1	24a	25,57	1342,50	88,32	4
2a	64,35	1521,50	66,41	2	25a	47,81	895,00	80,50	4
3a	40,35	2237,50	71,98	3	26a	48,48	2595,50	92,21	5
4a	30,56	1190,35	76,76	3	27a	34,21	1360,40	92,41	5
5a	3,18	751,80	77,82	3	28a	48,26	2461,25	94,74	5
5b	19,73	67,13	27,62	1	29a	25,58	1476,75	91,77	5
6a	32,57	1512,55	84,54	4	30a	44,99	2774,50	89,70	4
6b	13,80	-	71,88	3	31a	26,84	-	24,11	1
7a	47,58	537,00	9,78	1	32a	36,39	1378,30	77,45	3
7b	13,64	-	20,42	1	33a	28,69	1432,00	85,45	4
8a	61,63	2640,25	39,86	1	33b	5,76	268,50	16,52	1
9a	35,52	1320,13	74,38	3	34a	46,23	1745,25	90,45	5
10a	24,83	895,00	85,14	4	35a	28,10	1118,75	96,70	5
11a	35,73	1136,65	81,67	4	36a	48,31	2640,25	90,05	5
12a	37,48	1700,50	71,77	3	37a	34,65	2971,40	95,90	5
13a	47,47	1807,90	75,99	3	38a	37,16	1611,00	18,60	1
14a	56,85	2622,35	63,22	2	39a	20,86	1745,25	84,00	4
15a	25,97	1118,75	86,58	4	40a	30,35	1969,00	87,62	4
16a	38,89	2022,70	75,67	3	41a	41,41	1790,00	91,03	5
17a	54,30	2452,30	85,99	4	42a	37,46	1637,85	94,55	5

Odsjek Subom- partment	Površina Area	Etat Harvv. volume	Otvore- nost Openness	Ocjena tvoren. Openne. evalua- tion	Odsjek Subom- partment	Površin Area	Etat Harvv. vol.ume	Otvore- nost Openness	Ocjena tvoren. Openne. evalua- tion
	ha	m ³ /10 g.	%			ha	m ³ /10 g.	%	
18a	26,51	671,25	71,60	3	42b	2,13	-	55,93	1
19a	16,83	554,90	82,55	4	43a	62,41	2774,50	93,98	5
19b	25,82	223,75	22,53	1	44a	39,36	2103,25	88,69	4
20a	46,61	1342,50	81,20	4	45a	37,22	1700,50	42,11	1
20b	3,97	35,80	65,06	3	46a	40,12	2685,00	89,50	4
21a	41,43	1548,35	83,67	4	47a	54,58	2908,75	65,83	2
22a	23,12	1163,50	91,07	5	48a	26,90	912,90	62,70	2
23a	27,96	1163,50	80,75	4	49a	41,87	1700,50	84,96	4

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA FINAL CONSIDERATIONS

Inventarizacija primarnih i sekundarnih šumskih prometnica primjenom GPS uređaja Trimble GeoExplorer 3, kod šumskih cesta provedena sporom vožnjom terenskim vozilom opremljenim vanjskom antenom, a kod traktorskih putova i vlaka hodanjem po istima, uz primjenu povratne metode prikupljanja podataka, predstavlja vrlo brzu i točnu metodu kojom je moguće provesti kartiranje izgrađenih šumskih prometnica na prethodno pripremljene zemljovide mjerila 1:5000 u digitalnom obliku. Osim samoga položaja šumskih prometnica moguće je snimiti različite objekte (mostove, cijevne propuste, potporne zidove, obložne zidove, preljevnice, procjednice, mimoilaznice, stovarišta i dr.), eventualna oštećenja, kritične uzdužne nagibe, sporne horizontalne kružne lukove itd. sve sa ciljem izradbe potpunoga katastra šumskih prometnica i uvida u postojeće stanje.

Pri izvođenju novih šumskih prometnica postojeći katastar treba sustavno nadopunjavati novim podacima kako bi uvijek raspolagali aktualnim stanjem glede šumske prometne infrastrukture. Jednom uspostavljen katastar šumskih prometnica omogućava točan i detaljan uvid u postojeće prometne resurse određenoga šumskoga područja, raščlambu postojećega stanja primarne i sekundarne otvorenosti šuma uz uočavanje eventualnih nedostataka i manjkavosti, kvalitetno primarno i sekundarno otvaranje neotvorenih i nedovoljno otvorenih područja, planiranje i kontrolu troškova izgradnje i održavanja šumskih cesta, planiranje i kontrolu troškova izgradnje i popravaka traktorskih putova, izradu elaborata radilišta pri sječi i ostalo.

Izrada katastra sekundarnih šumskih prometnica, za razliku od katastra primarne šumske prometne infrastrukture još nije zaživjela u praksi međutim neophodnost započinjanja takovoga procesa uz neupitne dobiti koje će se po završetku istoga polučiti pitanje je dana.

Kategorizacija šumskih prometnica na predloženi način je u uskoj vezi sa prometnim opterećenjem. Shvatimo li šumsku transportnu mrežu kao složeni sustav vodotokova (određenoga sliva – najčešće gospodarska jedinica) koji se ulijeva u

more (asfaltiranu javnu cestu), a drvenu masu kao količinu vode koja pojedinim vodotokom protječe, dolazimo do zaključka kako se sva voda iz sliva ulijeva u more (posječena drvena masa izlazi na asfaltiranu javnu cestu), glavnim vodotocima (šumskim cestama I reda ili u našem slučaju neasfaltiranim javnim cestama koje čine glavni prometni prsten GJ Veprinačke šume) protječe značajna količina vode (preveze se značajna količina izrađenoga drva), sporednim vodotocima protječe bitno manje vode (šumskim cestama II reda prođe značajno manja količina drva) i tako redom do najniže kategorije sastavnica primarne šumske prometne infrastrukture. Isti je slučaj i sa kategorizacijom sekundarnih šumskih prometnica osim što se tu radi o privlačenju drva zglobnim traktorima.

Iznesene činjenice treba iskoristiti pri planiranju novih šumskih prometnica kao i pri održavanju i popravku postojećih šumskih prometnica. Šumske se prometnice viših kategorija moraju graditi sa višim standardom gradnje (troškovi će izgradnje posljedično biti veći) te se trebaju u kraćim vremenskim razmacima i sa jačim intenzitetom održavati (traktorski putovi popravljati). Sveukupno gledano javiti će se razlike u troškovima izgradnje različitih kategorija šumskih prometnica ali će kompletna mreža optimalne šumske prometne infrastrukture u periodu amortizacije biti isplativija i racionalnija.

LITERATURA REFERENCES

- κ Dietz, P., H., Löffler, W., Knigge, 1984: Walderschließung, Eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebbaus. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1–196.
- o FAO, 1998: A Manual for the planning, design and construction of forest roads in steep terrain, 1–188.
- D Nevečerel, H., 2004: Primjena GIS-a pri određivanju prometnog opterećenja primarne šumske infrastrukture, Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–45.
- sl ž Pičman, D., T., Pentek, 1998: Relativna otvorenost šumskoga područja i njena primjena pri izgradnji šumskih protupožarnih prometnica, Šumarski list vol. 122 (1–2), Zagreb, Hrvatska, 19–30.
- z Pičman, D., T., Pentek, T., Poršinsky, 2002: Application of modern technologies (GIS, GPS,..) in making methodological studies on the primary open of hilly-mountain forests. Forest Information Technology 2002 – International Congress and Exhibition, 3–4 September, 2002 Helsinki, Finland. Proceedings 1–10.
- z Pentek, T., D., Pičman, A., Krpan, T., Poršinsky, 2003: Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest, Proceedings of Austro 2003 CD/DVD MEDIJ – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain Schlaegl, Austrija, 5–9.10.2003. / Karl, Stampfer (ur.).–Viena: University of Natural Resources and Applied Life Sciences Viena, 2003, 1–12.
- č Pentek, T., D., Pičman, I., Potočnik, P., Dvorščak, H., Nevečerel, 2005: Analysis of an existing forest road network. Croatian Journal of Forest Engineering 26 (1), Zagreb, Croatia, 39–50.
- b Potočnik, I., 1996: Mnogonamenska raba gozdnih cest kot kriterij za njihovo kategorizacijo. Disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 1–241.

- CJFE Ž Potočnik, I., T. Pentek, D. Pičman, 2005: Traffic characteristics on forest roads due to forest management, *Croatian Journal of Forest Engineering* 26 (1), Zagreb, Croatia, 51–57.
- κ Šikić, D., i dr. 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste, *Znanstveni savjet za promet JAZU*, Zagreb, 1–40.
- κ Trzesniowski, A., 1988: *Strassenbau*. Wien, 1–79.
- *****, 1991: Program gospodarenja g.j. Veprinačke šume od 1992. do 2001. godine.

FOREST ROAD CADASTRE – THE PRESENT CONDITION, THE WORKING METHODOLOGY AND OBTAINED USES

SUMMARY

The procedure of planning forest roads is the first and basic phase of establishing the optimum (the best possible) forest road network on the terrain. The planning has been carried out systematically by a greater number of work phases and subphases and the question if the further opening of a forest road can be adequately answered only after the completed analysis of the existing forest road network. GIS system (which has to be established on the researched area) enables storing, connection, controlling, analysing and showing information that have been determined by their location in space. One of the necessary information is also the existing forest roads, i.e. the existing primary and secondary forest road infrastructure. There is no cadastre of secondary forest road infrastructure on the level of "Hrvatske šume" d.o.o. Zagreb (primarily of tractor roads) and the cadastre of the primary traffic infrastructure has been established only recently, this paper deals with the procedure of designing a forest road cadastre in a way which will enable further rationalisation of maintenance costs and repairs of a forest transport network.

Key words: forest roads, tractor roads, cadastre of forest road infrastructure, GPS, GIS

UDK: 630*686.3

USPOSTAVA OPTIMALNE MREŽE ŠUMSKIH CESTA NA TERENU – SMJERNICE ZA UNAPREĐENJE POJEDINE FAZE RADA

ESTABLISHING THE OPTIMUM FOREST ROAD NETWORK ON
THE TERRAIN – GUIDELINES FOR IMPROVING INDIVIDUAL
WORK STAGES

TIBOR PENTEK, DRAGUTIN PIČMAN, HRVOJE NEVEČEREL

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Uspostavljanje je optimalne mreže primarne šumske prometne infrastrukture na terenu složen i dugotrajan postupak koji se sastoji od četiriju međusobno povezanih faza rada: planiranje, projektiranje (terenski i uredski dio), izgradnja i održavanje uz permanentnu kontrolu tijekom svake radne sastavnice i uz posebnu kontrolu na dovršetku pojedine faze, a prije prelaska na iduću fazu rada. Nemoguće je doseći svaku sljedeću fazu unutar navedenoga slijeda bez kvalitetno zgotovljene prethodne faze rada. Planiranje bi šumskih cesta, kao jedne od većih investicija u šumarstvu, trebalo provoditi sustavno primjenom suvremenih metoda rada (GIS, GPS i dr.). Studija primarnoga otvaranja šuma kojom se definiraju idejne trase šumskih cesta nužno, u obliku neovisnoga privitka poradi jednostavnije uporabe na terenu, mora postati sastavni dio programa gospodarenja. Prijelaz iz faze planiranja u fazu projektiranja predstavlja uklapanje osovinskoga poligona u idejnu trasu šumske ceste. Terenski se dio projektiranja ŠC-a u novije vrijeme prevladavajuće obavlja geodetskom mjernom stanicom, ali metodom rada koja je prilagođena projektiranju ŠC-a s izravnim iskolčavanjem profila na terenu. Uredski se dio obrade prikupljenih podataka odraduje računalnim programom «CESTA» slovenske tvrtke SoftData. Ovjereni glavni projekti ŠC-a čine podloge koje uz stručnu i stalnu kontrolu radova izgradnje osiguravaju kvalitetne objekte niskogradnje. Kvaliteta se izgrađene šumske prometne infrastrukture može u razdoblju amortizacije zadržati samo redovitim zahvatima održavanja čija frekvencija i intenzitet ovisi o kategoriji ŠC-a. U ovom se radu, sukladno definiranim fazama uspostavljanja optimalne mreže ŠC-a na terenu, kritički sagledava postojeća situacija te se, u svjetlu novih promjena i događanja, preporučuju buduće aktivnosti i smjernice djelovanja radi unapređivanja i ovoga segmenta šumarstva i gospodarenja šumama u cjelini.

Ključne riječi: šumske ceste, optimizacija, planiranje, projektiranje, izgradnja, održavanje

PLANIRANJE ŠUMSKIH CESTA PLANNING OF FOREST ROADS

Planiranje šumskih cesta kao prva faza na putu ka konačnom cilju izgradnje šumskih prometnica prema prethodno izrađenomu glavnomu/izvedbenomu projektu nezaobilazan je, izuzetno bitan posao kojemu treba pristupiti stručno i studiozno te ga uspješno odraditi. U tu je svrhu potrebno izraditi *Studiju primarnoga otvaranja šuma* prema predlošku (*Metodološka studija primarnoga otvaranja šuma*) koji predstavlja, po opisanim fazama optimizacije, svojevrstan protokol kojega se pri otvaranju šuma kombiniranom metodom planiranja (pretpostavlja interakciju suvremenih tehnologija i šumarskoga znanja, informatičkih dostignuća, stručnosti i iskustva) treba pridržavati.

Njegova fleksibilnost omogućuje široku primjenu i oblikovanje prema osobnim potrebama i značajkama područja na kojem se primjenjuje, a istodobno definira i globalne smjernice rada, preporučive tehnologije, tehnike, metode i matematičke algoritme (Pentek 2002).

Cjelokupan postupak planiranja provodi se u šest radnih faza: definiranje osnovne funkcije šuma sastojinskoga oblika i načina gospodarenja te dizajniranje računalnih baza podataka (GIS-a); raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture; određivanje potencijalnih trasa budućih ŠC-a; raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih ŠC-a i postizanje ciljane otvorenosti; optimiziranje mreže odabranih ŠC-a glede visinskoga razvijanja trase; ispitivanje opstojnosti modela na terenu.

SMJERNICE ZA UNAPREĐIVANJE POSTUPKA PLANIRANJA ŠUMSKIH CESTA GUIDELINES FOR IMPROVING THE FOREST ROAD PLANNING PROCEDURE

Pri planiranju se sveobuhvatno optimalnih šumskih cesta treba pridržavati ovih naputaka:

- Otvaranje se šuma ne smije provoditi stihijski s jedinim ciljem izgradnje što veće količine ŠC-a godišnje kako bi se postigla otvorenost što bliža optimalnoj, već se samo temeljem izrađene *Studije primarnoga otvaranja* za svako određeno šumsko područje na znanstveno-stručnom principu, mogu izraditi cjelovita, općeprihvatljiva rješenja.
- Za svako je šumskogospodarsko područje nužno, na razini gospodarske jedinice, izraditi *Studiju primarnoga otvaranja* prema predlošku (*Metodološka studija primarnoga otvaranja*). Studija primarnoga otvaranja izrađuje se za desetogodišnje razdoblje i prihvaća ju za tu svrhu imenovano povjerenstvo.
- Izmjenama i dopunama *Pravilnika o uređivanju šuma* treba stvoriti preduvjete koji će nedvojbeno jamčiti izradu unificiranih studija primarnoga otva-

ranja šuma. Definiranjem će se idejnih trasa ŠC-a kroz programe gospodarenja omogućiti njihovo uključivanje u prostorne planove općina i županija na kojima se nalaze. Na taj će se način izbjeći nesporazumi s kojima se trenutačno susrećemo, a u svezi s ovjerom glavnoga projekta ŠC-a.

- U izradu *Studije primarnoga otvaranja šuma* nužno je uključiti sve fizičke i pravne osobe (privatni šumovlasnici, jedinice lokalne uprave i samouprave, nadležna ministarstva i institucije) kojima je u interesu participirati pri donošenju određenih odluka u šumarstvu (u ovom slučaju u odabiru trasa budućih ŠC-a). Naime, “glas javnosti” u zapadnoeuropskim zemljama sve se više uzima u obzir. Javnost se uključuje, kada je o šumskim cestama riječ, u postupak planiranja, ali ravnopravno sudjeluje i u raspodjeli troškova i gradnje i održavanja ŠC-a.
- Trase šumskih prometnica ne smiju se izvoditi u neposrednoj blizini akumulacija i vodozaštitnoga područja, ako to zaista nije prijeko potrebno. Također treba izbjegavati jezera, površinske vodotokove stalnoga i periodičnoga karaktera te područja oko vodeni površina (šumske ceste izgrađene u blizini vodotoka u stalnoj su opasnosti od oštećivanja tijela ceste ili kolničke konstrukcije zbog pojave visokih voda).
- Dolinske šumske ceste neposredno uz vodene tokove mogu utjecati na remećenje sustava podzemnih voda, čime se mijenjaju mikroklimatski uvjeti staništa, što rezultira fiziološkim slabljenjem stabala, nižom kakvoćom etata i u konačnici sušenjem i propadanjem šuma. Treba osigurati komunikaciju podzemne vode (makar i umjetno izgrađenim tehničkim objektima) kako bi se izbjeglo tzv. «kazetiranje».
- Oko mreže vodotoka treba položiti omeđene površine na udaljenosti 50 m, a sve osnovne nositelje informacija, koji se nalaze unutar omeđenih površina, treba isključiti iz daljnje raščlambe. Ako je, zbog terenskih prilika i nužne komunikacije, potrebno izvesti prijelaz šumske ceste preko vodotoka, nakon dobivanja vodoprivredne suglasnosti, vodotoke treba presijecati u gornjem toku, a šumska prometnica ne smije utjecati na izmjenu smjera vodotoka. S ekološkoga i tehničkoga gledišta treba preferirati mostove, ali oni su skupi i neisplativi ako se radi o vodotoku malenoga protoka.
- Građevinska je pogodnost (građevinska kategorija) zemljišta vrlo utjecajan čimbenik pri planiranju šumskih cesta jer, s jedne strane, diktira prosječnu cijenu iskapanja i nasipavanja pri strojnom oblikovanju prethodno projektiranih, poprečnih profila, a s druge su pak strane u njem objedinjena sva, za gradnju šumskih cesta, bitna svojstva tla te nije potrebno obavljati njihovu daljnju raščlambu. U građevinskoj kategoriji materijala, izravno ili neizravno raščlanjujemo geološku podlogu, pedološku podlogu, nagibe terena, nosivost i kamenitost tla.
- Dobro je, prema GN 200, preferirati blaže građevinske kategorije materijala (III, IV i V) jer u njima, s jedne strane troškovi zemljorada nisu veliki, a s druge strane te kategorije posjeduju svojstva dostatna za formiranje kvalitetnoga

tijela šumske ceste (uz minimalne intervencije alohtonim kamenim materijalom pri izradbi donjega stroja). Ključan čimbenik pri kategorizaciji građevinske pogodnosti zemljišta jest njegova unutrašnja povezanost i tvrdoća, odnosno udio stjenovitoga materijala određene tvrdoće u ukupnoj količini tla.

- Nenosive matične supstrate odnosno nenosiva, slabonosiva i nedovoljno nosiva tla treba izbjegavati jer je pri postupku gradnje potrebno koristiti jednu od metoda stabilizacije (poboljšanja tla) ili je nužno dopremiti znatnu količinu kamenoga materijala pri formiranju tijela ceste. Također su takva tla često vrlo erodibilna, čime se povećavaju kasniji troškovi održavanja šumskih cesta, te sanacije eventualnih oštećenja i remećenja ravnoteže šumišta.
- Različite kategorije prosječnoga nagiba terena imaju različitu pogodnost za izgradnju šumskih cesta; zaključujemo da je povoljnije izvoditi šumske ceste na terenima manjega nego li na onim većega prosječnoga nagiba. Prosječni nagib terena izravno utječe na poprečni nagib terena (nagib terena okomito na os šumske ceste) koji diktira konfiguraciju terena na poprečnim presjecima šumske ceste i utječe na količine iskapanja i nasipavanja materijala pri gradnji.
- Kod prosječnoga nagiba terena peko 70 % vrlo je teško pri izgradnji šumskih cesta izvesti stabilne kosine nasipa i iskopa u normalnom poprečnom profilu zasjeka, te je opasnost od erozivnih procesa vrlo velika. Također se kota nivelete i za najmanju širinu planuma šumske ceste mora prilikom izvedbe spustiti duboko ispod kote terena da bi se normalni poprečni profil zasjeka uopće mogao izvesti (ili se koristi tehnologija gradnje nasipa na strmim terenima primjenom bagera). Dakle je izgradnja šumskih cesta na velikim nagibima terena, a poglavito na nagibima preko 70 % vrlo skupa, zahtjevna, sa snažnim zadiranjem u šumski ekosustav i mogućim znatnim štetama na njemu, te se na nagibima terena iznosa većega od 70 % ne preporučuje izgradnja šumskih cesta.
- U okviru planiranja ocjenjuje se i namjena šuma, jer se pri otvaranju šuma rukovodimo i funkcionalnim principom prema kojemu je primarna funkcija šuma koje se otvaraju šumskim prometnicama dominantan čimbenik koji određuje pristup samomu postupku otvaranja, ulazne parametre u postupku raščlambe te, u konačnici, gustoću i kakvoću šumske transportne mreže.
- Unutar šuma i šumskoga zemljišta kojima gospodare “Hrvatske šume”, d.o.o. Zagreb vrlo se često nalaze veće ili manje površine privatnih šuma ili površina nekih drugih šumoposjednika. Ako ostali korisnici šume nisu bili uključeni u postupak izradbe studija primarnoga otvaranja šuma, a nisu voljni sufinancirati izgradnju i održavanje planiranih ŠC-a, tada nije nužno otvarati njihove šume i šumsko zemljište. Izuzetak čine slučajevi kad je prelazak preko privatnih posjeda jedino moguće rješenje projektiranja i izvedbe šumskih cesta.
- Pri uklapanju osovinskoga poligona projektirane šumske ceste na terenu (koju na teren prenosimo pomoću prijemnika GPS) u moguću trasu buduće šumske ceste (zamjene za klasičnu nultu liniju) nužno je obaviti dodatno re-

kognosciranje terena te po potrebi premještanje osovinskoga poligona u ovisnosti o stvarnim terenskim prilikama i uzdužnom nagibu između poligonskih točaka zatečenom na terenu. To se obavlja uz pomoć padomjera.

PROJEKTIRANJE ŠUMSKIH CESTA DRAWING UP OF FOREST ROADS

Postupak se projektiranja, kako je prije napisano, dijeli na terenski i uredski dio posla.

TERENSKA IZMJERA ŠUMSKIH CESTA TERRAIN MEASUREMENT OF FOREST ROADS

Terenska izmjera i prikupljanje potrebnih podataka provodi se primjenom klasične metode izmjere koja razumijeva uporabu teodolita i nivelira zasebno ili suvremenom metodom pomoću geodetske mjerne stanice. Obje metode pretpostavljaju izravno iskolčavanje profila na terenu.

Obavlja se: uklapanje osovinskoga (operativnoga) poligona trase šumske ceste u odabranu nultu liniju, iskolčavanje horizontalnih kružnih lukova (glavnih i detaljnih točaka kružnih lukova), iskolčavanje međutočaka, nivelacija profila, stacioniranje profila, izmjera poprečnih presjeka, utvrđivanje građevinskih kategorija materijala, definiranje položaja cestovnih objekata (cijevni propust, procjednica, preljevnica, odvodni jarak, mimoilaznica, potporni zid, obložni zid, okretaljka itd.), prikupljanje ostalih podataka o trasi šumske ceste, terenu i sastojini, snimanje trase šumske ceste GPS-om (radi izrade položajnoga nacрта i utvrđivanja realnoga koordinatnoga sustava), konačna obilježba i fiksiranje profila.

Terenski dio započinje uklapanjem osovinskoga poligona u idejnu trasu šumske ceste određenu u postupku planiranja, što je i najvažnija faza terenskoga dijela projektiranja.

IZRADA GLAVNOGA PROJEKTA ŠUMSKE CESTE RAČUNALNIM PROGRAMOM «CESTA» MAKING A NEW DESIGN OF A FOREST ROAD BY A COMPUTER PROGRAMME «CESTA»

Računalni je program «CESTA» slovenske tvrtke SoftData službeni i propisani program u kojem se izrađuju svi glavni projekti šumskih cesta u Republici Hrvatskoj. Sljedeće su sastavnice glavnoga projekta šumske ceste:

1. Izvod iz sudskoga registra
2. Rješenje o imenovanju glavnoga projektanta
3. Rješenje o ovlaštenosti imenovanoga projektanta
4. Vlasnički list i kopija katastarskoga plana
5. Posjedovni list i izvadak iz zemljišne knjige

6. Zapisnik o primopredaji nulte linije
7. Zapisnik o primopredaji iskolčene trase šumske ceste
8. Izjava o usklađenosti glavnoga projekta
9. Izjava o protupožarnoj suglasnosti
10. Proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti
11. Tehnički opis trase šumske ceste
12. Položajni nacrt
13. Detaljni položajni nacrt
14. Pisani uzdužni presjek
15. Podaci o horizontalnim i vertikalnim krivinama
16. Elaborat iskolčenja
17. Crtani uzdužni presjek
18. Normalni poprečni presjeci
19. Crtani poprečni presjeci
20. Kubatura zemljanih masa i iskaz količina
21. Dijagram raspodjele zemljanih masa
22. Predmjer radova – dokaznica mjera
23. Troškovnik – predračun.

**PREPORUKE U SVEZI S POBOLJŠANJEM POSTUPKA PROJEKTIRANJA
ŠUMSKIH CESTA**
RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE FOREST ROAD
DESIGNING PROCEDURE

Navode se sljedeće preporuke:

- Glavne projekte ŠC-a trebaju izrađivati ovlašteni samostalni projektanti – šumari koji će do spomenutoga naziva doći polaganjem stručnoga ispita (sastoji se od polaganja ispita iz većega broja tematskih cjelina koje pokrivaju problematiku planiranja, projektiranja i izgradnje šumskih prometnica) pri *Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije* (unutar strukovnoga razreda *Šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo*) te kasnijim projektiranjem propisanoga broja kilometara ŠC-a prvo uz mentorsko vodstvo starijega ovlaštenoga projektanta i tek onda samostalno.
- Pri *Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije*, a unutar strukovnoga razreda *Šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo*, treba uspostaviti povjerenstvo koje će temeljem prethodno osmišljenih i izrađenih nastavnih planova imenovati predavače za održavanje predavanja iz pojedinih predmeta te provođenje postupka ispitivanja i ocjenjivanja.
- Potrebno je ustrojiti stručno, kvalificirano *Povjerenstvo za reviziju izrađenih projekata*, čime bi se prije ulaska u posao izgradnje ŠC-a osigurala vjerodostojnost i kakvoća tehničke dokumentacije. U povjerenstvo uz šumarske stručnjake treba uključiti stručnjake za gospodarenje prostorom te građevinske stručnjake.

- Nužno je u što skorije vrijeme izraditi nove *Tehničke uvjete za šumske prometnice* u okviru kojih osim tehničkih uvjeta pojedine kategorije i potkategorije šumske prometnice treba definirati osnovne sastavnice sadržaja glavnoga projekta šumskih cesta s detaljnom razradbom svakoga potpriloga radi postizanja jednolikosti i ujednačene kvalitete izrađenih projekata na razini čitave Hrvatske.
- Uklapanje nivelete šumske ceste u postojeći teren (dobiven nivelacijom profila na trasi šumske ceste) jedan je od osjetljivijih i odgovornijih poslova projektanta u samom postupku izradbe projekta. Položajno (horizontalno) fiksiranu trasu šumske ceste (u smjeru koordinata x i y) treba definirati i u smjeru osi z . Potrebno je pronaći suglasje između nastojanja što boljšega uklapanja trase šumske ceste u svoje okruženje te zadovoljavanja minimalnih propisanih tehničkih značajki određene kategorije šumske ceste. Zbog navedenoga, ali i zbog nedostatka postavki kojih bi se pri postavljanju nivelete trebalo pridržavati (čak i u *Tehničkim uvjetima za gospodarske ceste*), u nastavku se detaljnije bavimo spomenutom problematikom.
 - Najpovoljnije je, sa stajališta minimalnih troškova kasnijega održavanja gornjega stroja, niveletu trase šumske ceste držati u nagibu od 4 do 6 %. To je ujedno i pogodan uzdužni nagib za odvijanje prometa. Na nagibima nivelete većim od 8 % potrebno je, uz ostale objekte odvodnje, izvesti procjednice (poprečni odvodni jarci preko trupa šumske ceste pod kutom od 30° na uzdužnu os šumske ceste).
 - Uzdužni nagibi nivelete šumskih cesta sa svojim maksimalnim vrijednostima trebaju ostati u dopuštenim granicama, a treba ih primjenjivati samo na najtežim dionicama trase i na što manjim duljinama. Kao posljedica uporabe velikih nagiba ceste u uzdužnom pravcu javljaju se veliki problemi zbog štetnoga erozivnoga djelovanja vode na gornji stroj ceste i njegova spiranja. To posljedično zahtijeva visoke troškove održavanja i ulaganje u izgradnju elemenata odvodnje.
 - Maksimalni dopušteni nagibi nivelete vežu se uz kategoriju šumske ceste te konfiguraciju terena koji šumskim cestama otvaramo. Prije, između i nakon maksimalnih uzdužnih nagiba uklapaju se nagibi nivelete manjega iznosa i zbog rasterećenja motora vozila i zbog smanjenja snage erozivnoga djelovanja vode.
 - Razmaci između tjemena vertikalnih krivina suprotnoga smjera trebaju minimalno iznositi oko 60 m (točan iznos ovisi o vrijednosti loma nivelete) kako bi se između završetka prethodnoga i početka idućega luka vertikalne krivine osigurao ravan potez nivelete od minimalno 35 m (dobro bi bilo kada bi se postigle i veće udaljenosti). Često se nalazimo u procjepu između želje da što bolje popratimo teren, da troškovi izgradnje budu što manji (veći razmaci između tjemena vertikalnih krivina nalaze se u pro-

porcionalnom odnosu s količinom zemljanih radova i njihovom vrijednošću) uz istodobno poštivanje pravila opisanih u ovom odlomku.

- S obzirom na nagibe nivelete lomovi se zaobljuju konkavnim ili konveksnim lukovima vertikalnih krivina. Pri izboru radijusa vertikalnih krivina odlučujući moraju biti ovi najvažniji čimbenici: sigurnost protiv zapinjanja donjega dijela vozila o površinu ceste, sigurnost protiv podizanja kotača s ceste pri djelovanju centrifugalne sile, te dovoljna preglednost ceste u slučaju susreta dvaju vozila na vertikalnom prijelomu ceste. Minimalni radijus konkavnih vertikalnih krivina iznosi 200 m, a najmanji radijus konveksnih vertikalnih krivina 400 m.
- Smanjenje uzdužnoga nagiba nivelete na strmim i stepeničastim terenima (koje u fazi planiranja te poslije pri polaganju osovinskoga poligona nismo uspjeli izbjeći) najčešće je moguće samo povećanjem obujma zemljanih radova. To je u startu nešto skuplje, ali u konačnici puno bolje rješenje jer se ukupni troškovi u razdoblju amortizacije šumske ceste svakako smanjuju u usporedbi sa zadržavanjem većih nagiba nivelete uz manje početne troškove izgradnje.
- Niveletu trase šumske ceste treba voditi tako da se izbjegavaju duboki usjeci i visoki nasipi (preko 3 m) jer osim što su agresija na okoliš i što imaju malu estetsku vrijednost, takve tzv. «mrtve dionice» šumskih cesta otežavaju obavljanje radova na iskorištavanju šuma, a na njih nije moguće spajanje ostalih primarnih ili sekundarnih šumskih prometnica. Oni su opravdani u slučajevima nužnosti prelaska trase šumske ceste preko istaknutih grebena i većih udolina kada konfiguracija terena jednostavno ne dopušta drugačije, bolje rješenje.
- Pri polaganju nezaobljene nivelete treba voditi računa o dijagramu raspodjele zemljanih masa. Kvalitetan raspored zemljanih masa pretpostavlja podjednake količine iskopa i nasipa na udaljenostima do 50 m uz što manje kolebanje krivulje ordinate kubnoga profila oko osi x. Time se u prvi plan stavlja jeftiniji bočni transport materijala, izbjegava se uzdužni transport materijala na duljim dionicama te se u potpunosti eliminiraju pozajmišta i deponiji, čime se smanjuje trošak gradnje i izbjegava snažnije zadiranje u okoliš od nužnoga.
- U nizinskim područjima posebnu pozornost treba obratiti na podizanje nivelete trase šumske ceste radi odvodnje iznad okolnoga terena odnosno iznad razine najveće vode. Nagib nivelete mora iznositi minimalno 0,5 % jer su pri manjim nagibima nivelete izraženije štete na gornjem stroju zbog interakcije vozila i vode koja se zadržava na kolniku.

IZGRADNJA ŠUMSKIH CESTA CONSTRUCTION OF FOREST ROADS

Polazimo od pretpostavke kako je tijekom dosadašnjega posla izrađena kvalitetna Studija primarnoga otvaranja šuma, a temeljem odobrenih studija primarno-

ga otvaranja šuma i precizno definiranih idejnih trasa napravljeni su, u terenskoj i uredskoj fazi posla, glavni projekti pojedinih šumskih cesta također prema pravilima, propisima i uzancama šumarske struke. Njih su ovjerile nadležne institucije i time su ostvareni svi preduvjeti za započinjanje postupka izgradnje šumskih cesta. Sljedeći je korak u uspostavljanju optimalne mreže šumskih cesta na terenu osiguravanje dosljednoga poštivanja projektne dokumentacije te prenošenje ideje projektanta s papira na teren.

Postupak uvođenja izvoditelja radova izgradnje šumskih cesta u posao započinje potpisivanjem Zapisnika o primopredaji radilišta između investitora i izvoditelja radova, a po potpisanom Ugovoru o izgradnji šumske ceste.

OBNOVA GRAĐEVINSKOGA ISKOLČENJA OSI TRASE ŠUMSKE CESTE I OBILJEŽBA POPREČNIH PROFILA RENEWAL OF BUILDING BY STAKING OUT OF A FOREST ROAD AXLE AND MARKING CROSS SECTIONS

Projektirana trasa šumske ceste na terenu mora biti obilježena pozicijskim i markirnim drvenim kolčićima. Pozicijski kolčići, kao što im i samo ime kaže, služe za označivanje točne pozicije pojedinoga profila u osi trase šumske ceste ili pojedine poligonske točke (tjemena). Zabijaju se do razine zemlje i obilježavaju markirnim crvenim sprejem radi lakšega uočavanja. Markirni pak kolčići služe za lakše pronalaženje pozicijskih kolčića, visine su iznad razine zemlje min. 40 cm, a pri vrhu se kolčića, običnom olovkom ili šumskom kredom, čitko upisuje broj i oznaka profila odnosno poligonske točke. Kolčići se također obilježe markirnim sprejom crvene boje radi lakšega uočavanja.

Obilježba se istovrsnim brojevima i oznakama izvodi i na stablima (u smjeru okomitom na os trase šumske ceste) koja se nalaze izvan područja budućih radova (oko 5,00 – 8,00 m od osi trase šumske ceste) kako bi se osigurala mogućnost kasnije obnove građevinskoga iskolčenja osi trase šumske ceste. U nedostatku stabala mogu se iskoristiti i stijene, veliko kamenje i dr.

Na opisani način obavljena obilježba trase šumske ceste olakšava obnovu građevinskoga iskolčenja osi trase šumske ceste (to je prva stavka i dokaznice mjera i troškovnika) koju je prije započinjanja radova, zbog vremenskoga odmaka faze projektiranja i faze izgradnje te s tim povezanoga gubitka dijela oznaka isprojektirane šumske ceste na terenu, potrebno provesti. Dakle, ako se žele postići uvjeti koji, s jedne strane, jamče dosljedno poštivanje projektne dokumentacije i odobrene ideje projektanta, a s druge strane sustavnu kontrolu radova izgradnje, nužno je obaviti obnovu građevinskoga iskolčenja osi trase šumske ceste (uz osvježavanje obilježbe na okolnim stablima).

Obnova se građevinskoga iskolčenja osi trase šumske ceste obavlja uz pomoć projekata i primjenom geodetskih instrumenata jer je svaki iskolčeni profil jednoznačno određen svojim koordinatama.

Po obnovi građevinskoga iskolčenja osi trase šumske ceste pristupamo obilježbi poprečnih profila na terenu. Obilježba se može provesti na dva načina: prvi –

očitavanjem podataka iz Glavnoga projekta šumske ceste (sastavnica: Crtani poprečni profili) i njihovo prenošenje na teren, drugi – snimanjem na terenu te izračunom položaja presječnih točaka pokosa iskopa i nasipa s linijom terena.

Uredno provedena obilježba poprečnih profila na terenu omogućava:

- dosljedno poštivanje projektne dokumentacije
- stalnu kontrolu strojara od voditelja radilišta
- stalnu kontrolu izvoditelja radova od nadzornoga inženjera
- potpunu kontrolu i usporedivost izvedene trase šumske ceste s projektnom dokumentacijom pri kolaudaciji radova
- evidentiranje izvantroškovničkih radova nastalih najčešće zbog razlike u predviđenim i stvarnim količinama te građevinskim kategorijama materijala.

TEHNOLOGIJA GRADNJE ŠUMSKIH CESTA TECNOLOGY OF FOREST ROADS BUILDING

Izbor tehnologije gradnje šumske ceste ovisi u prvom redu o reljefnim značajkama terena na kojem se radovi izvode, građevinskim kategorijama materijala na trasi šumske ceste te važećim zakonskim odredbama. U lakšim se građevinskim kategorijama materijala i na manjim poprečnim nagibima terena često primjenjuju dozeri, dok se za radove u stjenovitom mediju te na strmim terenima rabe bageri opremljeni hidrauličnim čekićem. Izrađen je veći broj studija tema kojih je usporedba izgradnje šumskih cesta s jedne strane tehnologijom gradnje primjenom dozera, a s druge strane tehnologijom gradnje primjenom bagera.

Temeljem napisanoga u širokoj su upotrebi popularni sljedeći nazivi:

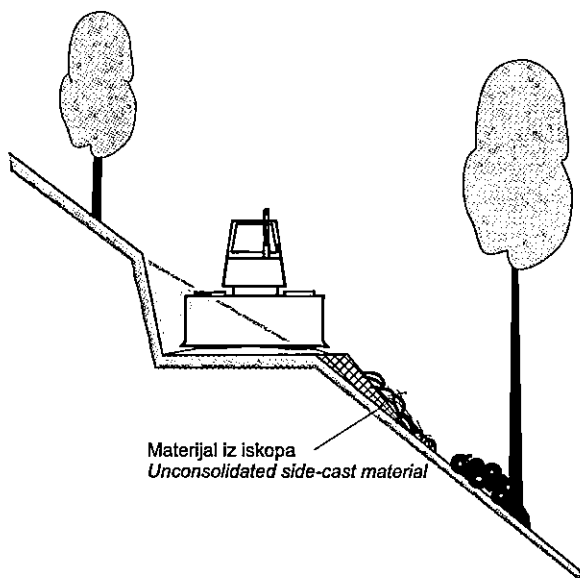
- **okolišno prihvatljiva tehnologija gradnje šumskih cesta primjenom bagera**
- **tradicionalna (klasična) tehnologija gradnje šumskih cesta primjenom dozera.**

U Hrvatskoj se, ponajprije zbog educiranosti šumarskih stručnjaka, uvažavanja okolišno-ekološke sastavnice uspostave optimalne mreže šumskih cesta na terenu, nastojanja za što nenametljivijim (prirodnijim) uklapanjem šumske ceste u okruženje, ali i zbog reljefno-geoloških odnosa prisutnih u neotvorenim ili nedovoljno otvorenim šumskim područjima, pri gradnji šumskih cesta većinom primjenjuju bageri i stoga ćemo u daljnjem tijeku rada ovu tehnologiju gradnje detaljnije raščlaniti.

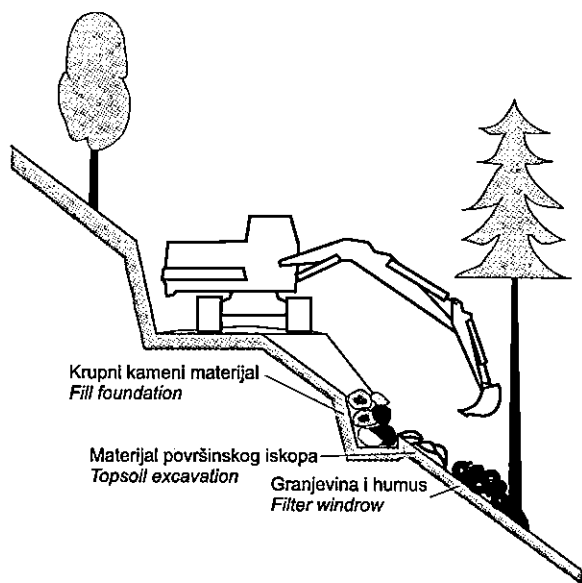
Tehnologija gradnje šumskih cesta bagerima Technology of forest road building by excavators

Na šumskim se cestama bageri u uporabu uvode na strmim terenima u šumama u Austriji. Postupak se izgradnje šumskih cesta primjenom bagera (do izradbe gornjega stroja šumske ceste) nužno, danim redosljedom, provodi u ovih pet faza rada (Winkler 1998):

1. pomicanje posječenih stabala izvan područja gradilišta
2. čišćenje područja gradilišta šumske ceste od drvnih ostataka i površinskoga organskoga humusnoga sloja tla



Slika 1. Shematski prikaz tehnologije gradnje dozerima
Figure 1 Schematic drawing of a building technology by dozers



Slika 2. Shematski prikaz tehnologije gradnje bagerima
Figure 2 Schematic drawing of a building technology by excavators

3. iskop temeljnoga rova i izrada kamenoga suhozida s nasipne strane šumske ceste
4. izradba tijela šumske ceste prema projektnoj dokumentaciji uz stalno zbijanje nasipa u slojevima od 30 cm debljine
5. formiranje («zatezanje») nivelete, izrada odvodnih jaraka i oblikovanje pokosa šumske ceste.

Pomicanje posječenih stabala izvan područja gradilišta Removal of felled trees from construction area

Pri tome se najčešće koristi stablovna (deblovna) metoda s ciljem povećavanja učinkovitosti bagera, a stabla se odvlače izvan zone gradilišta šumske ceste i odlažu na najbliže pomoćno stovarište (uz rub postojeće šumske ceste). Treba izbjegavati privlačenje na većim udaljenostima zbog male brzine vožnje bagera te neprilagodnosti bagera za privlačenje drva.

Čišćenje područja gradilišta šumske ceste od drvnih ostataka i površinskoga organskoga humusnoga sloja tla

Cleaning a forest road building site from wood residues and surface organic top soil

Odvajaju se izvađeni panjevi, vrhovi stabala i ostali krupni drvni ostatak koji se pažljivo odlaže izvan područja gradnje šumske ceste, odnosno s donje strane budućega temeljnoga rova i suhozida. Formiranjem svojevrsnoga zaštitnoga («filtracijskoga») pojasa postiže se dvostruka korist:

- reduciraju se štete od «curenja» iskopanoga materijala i kotrljajućega kamenja na stablima s donje (nasipne) strane šumske ceste
- ograničavaju se mogući, budući erozivni procesi.

Veće se grane uhrpavaju i odlažu izvan zone gradilišta sve do potpunoga dovršetka formiranja tijela šumske ceste (završno s finim planiranjem nivelete i oblikovanjem pokosa iskopa i nasipa). Potom se rasplaniraju na pokosu nasipa radi kontrole erozije i stvaranja što povoljnijih uvjeta za što ranije prirodno ili umjetno ozelenjavanje pokosa.

Površinski se organski humusni sloj tla očisti s trase šumske ceste, sortira, te se neupotrebivi (nekvalitetan) materijal za formiranje nasipa odlaže u područje između donje strane suhozida i zaštitnoga pojasa na rubu šume.

Iskop temeljnoga rova i izrada kamenoga suhozida s nasipne šumske ceste Excavation of a foundation ditch and making a dry stone wall from a forest road fill

Na poprečnim nagibima terena većim od 40 % treba, na strani nasipa, izraditi suhozid od kamenoga materijala (lokalnoga ili dopremljenoga). Suhozid skraćuje pokos nasipa, smanjuje količine iskopa i nasipa (zbog balansa dijagrama rasporeda zemljanih masa) i povećava stabilnost samoga objekta (šumske ceste).

Na strani se nasipa (na dnu pokosa nasipa) iskopa temeljni rov širine 1,00 m i visine od 0,50 do 1,50 m. Iskopani se materijal sortira na onaj koji će se ugraditi u tijelo šumske ceste (odlaže se s gornje strane nasipa, odmah uz bager) te na onaj manje kvalitetan materijal koji će poslužiti za izradu pokosa nasipa (deponira se uz prethodno formirani zaštitni pojas).

Istraživanja su pokazala kako se prikazanom tehnologijom gradnje ŠC-a bagerima u odnosu na tehnologiju gradnje ŠC-a dozerima, na poprečnom nagibu terena od 60 % i uz izbalansiran Glavni projekt šumske ceste (sa svih stajališta) obavi količinski od 25 do 35 % manje iskopa. Dakle, uz poznatu i priznatu ekološku pogodnost, teh-

nologija gradnje bagerima na terenima poprečnoga nagiba većega od 50 % ima prednost nad klasičnom tehnologijom gradnje i u ekonomskoj pogodnosti.

Izradba tijela šumske ceste prema projektnoj dokumentaciji uz stalno zbijanje nasipa u slojevima od 30 cm debljine

Making a forest road body according to a design documentation with a constant compacting of a fill in layers up to 30 cm thick

Glavna je značajka kvalitetno izrađenoga Glavnoga projekta šumske ceste za tehnologiju gradnje bagerom ujednačavanje dijagrama rasporeda zemljanih masa na odsječcima šumske ceste duljine do 50 m (Pentek, Pičman, Poršinsky, Nevečerel 2005) odnosno do 70 m (FAO, 1998, prema Winkler 1999).

Iskopani se materijal sa strane iskopa (kod normalnoga poprečnoga profila zasjeke) ugrađuje u tijelo ceste i stalno, u slojevima debljine 30 cm, zbija višestrukim prolaskom stroja (nema gubitka materijala kao kod tradicionalne tehnologije gradnje). Nedovoljno zbijanje ili potpuni izostanak zbijanja materijala kao i ugradnja nekvalitetnoga ili organskoga materijala u tijelo šumske ceste povećava opasnost budućih šteta na objektu te troškove redovitoga i periodičnoga održavanja.

Formiranje («zatezanje») nivelete, izrada odvodnih jaraka i oblikovanje pokosa šumske ceste

Forming (“tightening”) of a level line, making drainage ditches and forming a forest road slope

Sukladno Glavnomu projektu šumske ceste treba zategnuti niveletu, izvesti odvodne jarke te oblikovati pokose nasipa i iskopa. Niveleta se planira na točnost ± 3 cm. Vrh pokosa iskopa treba zaobliti, a sam pokos zagladiti i zbiti bagerskom košarom (kako bi se spriječilo odronjavanje materijala i zapunjavanje odvodnoga jarka).

Idealno je šumsku cestu izgraditi (završno s donjim strojem) tijekom ljeta te ju ostaviti do iduće godine «radi stabiliziranja». Iduće godine treba otkloniti eventualna oštećenja i nedostatke te izvesti gornji stroj. Pri tome se rabe grejderi i strojevi za zbijanje materijala. Pri izradbi gornjega stroja treba inzistirati na primjeni mobilnih drobilica kamena i uporabi lokalnoga kamenoga materijala kad god je to moguće. Time se značajno reduciraju troškovi izvedbe gornjega stroja šumske ceste.

Ovakva izgradnja u dvije faze, osim što povećava kakvoću izvedenoga objekta, omogućuje podjelu investicije u dva dijela.

SMJERNICE ZA POBOLJŠANJA POSTUPKA IZGRADNJE ŠUMSKIH CESTA GUIDELINES FOR IMPROVING THE FOREST ROAD BUILDING PROCEDURE

Ističemo ove smjernice:

- Nužno je pri *Hrvatskoj komori inženjera šumarstva i drvne tehnologije* (unutar strukovnoga razreda *Šumske prometnice i šumarsko graditeljstvo*) utvrditi kriterije licenciranja tehnologija i strojeva za izgradnju šumskih cesta u određenim stanišnim uvjetima. Time će se osigurati izvedba najkvali-

tetnijih, okolišno susretljivih šumskih cesta uz najveći učinak strojeva, najmanji trošak gradnje i održavanja i minimalan neposredan i posredan negativan utjecaj na okoliš.

- Radi osiguravanja dosljednoga ostvarenja ovjerenoga Glavnoga projekta šumske ceste na terenu nužno je nadzirati izgradnju šumskih cesta na više razina:
 - voditelj radilišta (dipl. inž. građevinarstva ili inž. građevinarstva), kojega je imenovao izvoditelj radova, mora svakodnevno kontrolirati strojara; u tu bi svrhu na terenu, uz propisnu obilježbu profila, stalno trebao biti odgovarajući geodetski instrument i Glavni projekt šumske ceste
 - nadzorni inženjer treba svakodnevno kontrolirati izvoditelja radova (dipl. inž. šumarstva, i to revirnik ili upravitelj šumarije)
 - povremeno i prema potrebi kontrolu radova obavlja glavni nadzorni inženjer (dipl. inž. građevinarstva ili stručni suradnik za projektiranje – dipl. inž. šumarstva ili voditelj proizvodnoga odjela – dipl. inž. šumarstva)
 - konačnu kontrolu radova, uz sastavljanje zapisnika o preuzimanju izgrađenoga objekta, obavlja imenovano povjerenstvo za kolaudaciju radova
 - preporučuje se, kad je god to moguće, projektantski nadzor jer je na taj način najjednostavnije i najbrže ukloniti eventualne nejasnoće i sporne situacije.

ODRŽAVANJE ŠUMSKIH CESTA MAINTENANCE OF FOREST ROADS

Osnovna je ideja zasnovana na tvrdnji kako kategorija šumskih cesta u gospodarskim šumama (dakle šumskih gospodarskih cesta – šumskih cesta kojima je primarna zadaća transport izrađenih drvnih sortimenata) ovisi ponajprije o prometnom opterećenju koje se uz pojedinu šumsku cestu (ili njezin određeni segment) veže.

Veće prometno opterećenje traži i višu kategoriju šumskih cesta, zahtjevnije tehničke uvjete i veće troškove izgradnje. Također su takve ceste, zbog većega prometnoga opterećenja, izložene intenzivnijemu trošenju i habanju pa razdoblje između periodičnih popravaka mora biti kraće uz veći opseg radova na održavanju. Vrijedi i obrnuto kod šumskih cesta s manjim prometnim opterećenjem. Na taj će se način troškovi izgradnje i održavanja raspodijeliti sukladno prometnom opterećenju na pojedinoj dionici mreže primarnih šumskih prometnica, što će jamčiti stalnost kvalitete jednom izgrađenoga primarnoga transportnoga sustava, uz niže ukupne troškove uspostave optimalne mreže šumskih cesta na terenu.

U budućnosti bi se, glede održavanja šumskih cesta, trebalo pridržavati ovih smjernica:

- U novim Tehničkim uvjetima za šumske prometnice treba do u detalje razraditi poglavlje o potrebi održavanja pojedine kategorije šumskih cesta i precizno definirati frekvenciju, opseg i vrstu radova.
- Potrebno je temeljem izrađenoga katastra šumskih cesta, a uz pomoć GIS-a, izraditi detaljan plan tekućega i periodičnoga održavanja.

- Održavanje treba provoditi samo na temelju izrađenih elaborata održavanja jer se troškovi održavanja penju do prilično visokih iznosa.

LITERATURA REFERENCES

- z Akre, B., 1996: Forest road construction policies, guidelines and codes of practice. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport”, Sinaia (Romania), 17– 22, June 1996, 153– 173.
- κ Anon. 2002: Forest Road Engineering Guidebook. British Columbia, Ministry of Forests, 1– 208.
- z Aulerich, E., 1996: Better engineering and control of the construction of forest roads. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport”, Sinaia (Romania), 17– 22, June 1996, 174– 183.
- κ Cornell, J., K. Mills, 2000: Forest Road Management Guidebook. Oregon Department of Forestry, 1– 32.
- z Dürstein, H., 1992: Detailed road planning using microcomputers. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planning of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 57– 66.
- κ FAO 1998: Manual for the planning, design and construction of forest roads in steep terrain. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 1–188.
- z Heinimann, H. R., 1998: Opening-up planning taking into account environmental and social integrity. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17– 22 June 1996, 62–72.
- κ Lacombe, G., 1999: Forest Roding Manual. Liro Forestry Solutions, Rotorua, New Zealand, 1– 404.
- z Pentek, T., D. Pičman, 2001: Šumske protupožarne prometnice – osnovne zadaće, planiranje i prostorni raspored. Znanstveno savjetovanje “Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama”, 10–11. travnja 2002, Šumarski fakultet u Zagrebu, Šumarski institut u Jastrebarskom, “Hrvatske šume” p.o. Zagreb, Znanstvena knjiga, 545– 554.
- Ε Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004: Environmental – ecological component of forest road planning and designing. International scientific conference: Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment, Technical University in Zvolen, Slovakia, 16th – 17th September 2004, Proceeding, CD/DVD MEDIJ, 94–102.
- z Pentek, T., D. Pičman, T. Poršinsky, 2004: Planning of forest roads in Croatian mountainous forest by the use of modern technologies. International scientific conference on Forest engineering: new techniques, technologies and the environment, Lviv, Ukraine, October 5– 10, 2004, Proceeding, 380– 389.
- z Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, D. Horvat, T. Poršinsky, 2005: Applicability of computer model of forest road network optimisation in the real terrain conditions. International Scientific Conference «Ecological, ergonomic and economical optimization of forest utilization in sustainable forest management», Krakow – Krynica, Poland, June 15– 18, 2005, Proceeding, 243– 251.
- Ε Pentek, T., D. Pičman, T. Poršinsky, H. Nevečerel, 2005: Design of forest road on a steep terrain. International Scientific Conference: Constructions and Landscape, Prague 15– 16. 09, Proceeding, CD/DVD MEDIJ, 150–160.

- MS
SL
- č Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2005: Planiranje šumskih prometnica – postojeća situacija, determiniranje problema i smjernice budućeg djelovanja. *Nova mehanizacija šumarstva*, 26 (1): 55– 63, Zagreb.
 - č Pičman, D., T. Pentek, B. Mikić, 1997: Planiranje i projektiranje šumskih prometnica primjenom osobnog računala. *Šumarski list*, 121 (11– 12): 609– 616, Zagreb.
 - ž Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2002: Application of modern technologies (GIS, GPS,..) in making methodological studies on the primary open of hilly-mountain forests. *Forest Information Technology 2002 – International Congress and Exhibition*, 3– 4 September, 2002, Helsinki, Finland, Proceedings, 1– 10.
 - κ Slunjski, E., 1995: Strojevi u građevinarstvu. *Hrvatsko društvo građevinskih inženjera*, Zagreb, 1–250.
 - κ Šikić, D., i dr. 1989: Tehnički uvjeti za gospodarske ceste. *Znanstveni savjet za promet JAZU*, Zagreb, 1– 40.
 - κ Winkler, N., 1998: Environmentally Sound Road Construction in Mountainous Terrain. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, 1– 54.
 - κ Winkler, N., 1999: Environmentally Sound Forest Infrastructure Development and Harvesting in Bhutan. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, 1– 54.

ESTABLISHING THE OPTIMUM FOREST ROAD NETWORK ON THE TERRAIN – GUIDELINES FOR IMPROVING INDIVIDUAL WORK STAGES

SUMMARY

The establishing of the optimum primary forest road infrastructure on the terrain is a complex and a long-lasting procedure consisting of four interconnected work stages: planning, designing (terrain and office part), building and maintenance with the permanent control during each work component with a special control at the end of each individual stage, but before moving to the next work stage. It is impossible to reach each next stage within the mentioned order without a quality completed previously work stage. The planning of forest roads, as one of the biggest investments in forestry, should be carried out systematically by the implementation of contemporary work methods (GIS, GPS, etc.). The study of primary forest opening by which preliminary forest route roads are necessarily defined, in the form of independent attachment for simpler use on the terrain, must become an integral part of the Management programme. The movement from the planning stage into a designing stage represents fitting in of the axle polygon into a forest road preliminary route. The terrain part of a forest road designing has been recently done by a geodetic measurement station, but also by a work method adapted to a forest road designing by a direct staking out of a profile on the terrain. A computer programme «CESTA» of the Slovenian company SoftData does the office part of collected data processing. Authorised main designs of a forest road represent basis,

which together with a constant and permanent control of building works ensure quality civil engineering facilities. Only regular maintenance works whose frequency and intensity depends on a forest road category can keep the quality of a built forest road infrastructure in a depreciation period. This paper, pursuant to defined stages of establishing the optimum forest road network on the terrain, critically observes the existing situation and, in the light of new changes and events, future activities and action guidelines are recommended, with the aim of improving both this forestry segment and the forest management as a whole

Key words: forest roads, optimisation, planning, drawing up, construction, maintenance

UDK: 630*686.3

DEFINIRANJE FAZA POSTUPKA OPTIMIZIRANJA MREŽE ŠUMSKIH CESTA DIZAJNIRANIM DIJAGRAMIMA TOKA PODATAKA

DEFINING PROCEDURE STAGES OF FOREST ROAD NETWORK
OPTIMIZING WITH DESIGNED OF DATA FLOW DIAGRAMS

TIBOR PENTEK, DRAGUTIN PIČMAN, HRVOJE NEVEČEREL

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Šumske su ceste ulazna vrata u šumu te su njezine žile kucavice. Njihova kakvoća i kolikoća mora biti dostatna za intenzivno i racionalno gospodarenja šumskim ekosustavom. Otvaranje je šuma zbog toga oduvijek zaokupljalo šumarske stručnjake. Danas je udio neotvorenih, nedovoljno otvorenih ili nekvalitetno otvorenih šumskih područja (poradi uvođenja suvremenih tehnologija pri iskorištavanju šuma) u ukupnoj količini šuma i šumskoga zemljišta Republike Hrvatske prilično visok. Otvaranje takvih površina zahtijeva angažiranje znatnih financijskih sredstava te stručan i studiozan pristup poslu. Osobna računala i odgovarajući računalni programi u kombinaciji sa suvremenim tehnologijama, kao što su GIS, GPS te vlastito kreiranim sustavima i modelima procjene, idealna su kombinacija za provedbu postupka otvaranja šuma šumskim cestama i njihovoga optimiziranja. Stoga smo krenuli u izradu metodološke studije otvaranja šuma – svojevrsnoga protokola otvaranja šuma s točno definiranim fazama, podfazama i koracima optimizacije. Cjelokupan postupak optimizacije proveli smo u šest radnih faza: definiranje osnovne funkcije šuma, sastojinskoga oblika i načina gospodarenja, te dizajniranje računalnih baza podataka; raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture; određivanje potencijalnih trasa budućih ŠC-a; raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih ŠC-a i postizanje ciljane otvorenosti; optimiziranje mreže odabranih ŠC-a glede visinskoga razvijanja trase te ispitivanje opstojnosti modela na terenu i izradba projektne dokumentacije. Za svaku je fazu rada izrađen detaljan dijagram toka podataka koji u budućnosti može poslužiti kao kvalitetna podloga za postizanje što većega stupnja automatizacije cjelokupnoga postupka optimizacije.

Ključne riječi: otvaranje šuma, šumske ceste, geografski informacijski sustav, računalni modeli, dijagram toka podataka

UVOD I PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA INTRODUCTION AND PROBLEMS OF THE RESEARCH

Iako se svakim izgrađenim kilometrom šumskih cesta otvorenost šuma povećava, još uvijek postoji velika površina neotvorenih ili nedovoljno otvorenih šumskih područja. Velik obujam predstojećega posla pri postizanju optimalne (ciljane) otvorenosti nameće potrebu studioznoga pristupa ovomu poslu. Izradba metodološke studije – svojevrsnoga protokola otvaranja šuma konačan je cilj, a definiranje faza postupka optimiziranja, završno s izrađenim dijagramima tokova podataka svake faze, prvi korak toga posla.

Pri postupku optimizacije mreže šumskih cesta na određenom području možemo razlučiti sljedeće pristupe: tradicionalno (klasično) planiranje, planiranje primjenom suvremenih tehnologija (GIS, GPS, DTM ...) i kombinirano planiranje.

Tradicionalno planiranje jedva da još ima pobornika u suvremenom šumarstvu; to je i razumljivo zato što u današnjoj informatizaciji svih segmenata ljudskoga života ni šumarstvo nije moglo ostati po strani. No nije dovoljno samo slijediti sveopći trend uporabe računala i računalnih tehnologija te kazati kako i šumarstvo, u ovom slučaju planiranje šumskih cesta, mora uzeti u obzir suvremena stremljenja.

Opravdanja za uporabu suvremenih tehnologija pri planiranju optimalne šumske prometne infrastrukture leže u značajnom broju čimbenika koje treba uskladiti, a da bi se to suglasje postiglo, nužno je obraditi velik broj relevantnih informacija.

Kombinirano je planiranje idealno rješenje, jer pretpostavlja interakciju suvremenih tehnologija i šumarskoga znanja, informatičkih dostignuća, stručnosti i iskustva. Održiva je činjenica da se najbolja moguća načina određene šumske ceste može odrediti samo i samo tako da se teoretski računalni modeli testiraju na terenu i u praksi. Osim provjere dobivenih rezultata nužna je i provjera ulaznih podataka, jer su ulazni podaci, njihova struktura i težina "ključ" odabira optimalnih rješenja.

Bez obzira na to za koji se pristup pri planiranju mreže šumskih cesta odlučili, sama mreža šumskih cesta može biti optimizirana prema dominantnomu kriteriju optimizacije, pa razlikujemo: ekonomsku optimizaciju, tehničko-tehnološku optimizaciju, okolišno-ekološku optimizaciju, sociološko-estetsku optimizaciju i sveobuhvatnu optimizaciju.

Sveobuhvatna je optimizacija ideal kojemu treba težiti pri postupku planiranja mreže šumskih cesta.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA THE RESULTS OF THE RESEARCH

Faze kreiranja sveobuhvatno optimizirane mreže ŠC-a definirali smo kako slijedi:

0. Definiranje osnovne funkcije šuma sastojinskoga oblika i načina gospodarenja te dizajniranje računalnih baza podataka

1. Raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture
2. Određivanje potencijalnih trasa budućih ŠC-a
3. Raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih ŠC-a i postizanje ciljane otvorenosti
4. Optimiziranje mreže odabranih ŠC-a glede visinskoga razvijanja trase
5. Ispitivanje opstojnosti modela na terenu te izradba projektne dokumentacije.

U daljnjem tijeku rada ukratko ćemo opisati svaku fazu postupka optimiziranja te prikazati dijagrame tokova podataka.

Nulta faza optimiziranja: definiranje osnovne funkcije šuma, sastojinskoga oblika i načina gospodarenja te dizajniranje računalnih baza podataka

Zero stage of optimizing: defining the basic function of forests, forest stand forms and the utilization method and designing computer data base

Nulta je faza optimiziranja svojevrsna pripremna faza za daljnji tok postupka optimizacije mreže ŠC-a. Tu treba definirati osnovnu namjenu šuma, sastojinski oblik i način gospodarenja, te osmisлити, dizajnirati i oformiti potrebne računalne baze podataka i povezati ih sa šumskogospodarskim zemljovidima digitalnoga oblika.

Osnovna je funkcija šuma u modelu optimizacije, koji se zasniva na načelu funkcionalnosti, polazište i temeljni čimbenik na koji se dalje nadograđuju, po fazama optimizacije, ostali dominantni utjecajni čimbenici i cjelokupna metodologija optimizacije. Definiranjem osnovne funkcije šuma izravno smo definirali i kategoriju šumskih cesta, kojima će se otvaranje predmetnoga područja provesti.

Sastojinski oblik i način gospodarenja šumama otvaranoga područja također su neizbježni parametri koje treba raščlaniti na samom početku provedbe postupka optimiziranja.

Računalna baza podataka sama za sebe ima vrijednost utoliko što su svi podaci o određenom šumskom području prikupljeni na jednom mjestu i sortirani na način kako nama najbolje odgovara; međutim njezina prava vrijednost dolazi do izražaja onoga trenutka kad atributnu bazu podataka povežemo s prostornom jedinicom odsjeka. Povezivanjem računalne baze podataka i odsjeka na šumskogospodarskim zemljovidima u digitalnom obliku u kombinaciji s tehnologijom GIS, dobili smo vrsne podloge za provedbu različitih raščlamba, rezultat kojih su kvalitetne i pravodobne odluke.

0. Definiranje osnovne funkcije šuma sastojinskoga oblika i načina gospodarenja te dizajniranje računalnih baza podataka
 - 0.1. Definiranje osnovne funkcije (zadaće) šuma koje se otvaraju šumskim cestama
 - 0.2. Definiranje sastojinskoga oblika i načina gospodarenja
 - 0.3. Dizajniranje računalne baze podataka u vezi s područjem istraživanja
 - 0.4. Povezivanje računalne baze podataka područja istraživanja i prostorne jedinice odsjeka.

Prva faza optimiziranja: raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture

The first stage of optimizing: the analysis of the existing network of the primary forest road infrastructure

Raščlamba se postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture sastoji od niza operacija i postupaka kojima je osnovna zadaća utvrditi kakvoću, količinu i eventualne nedostatke postojeće mreže cesta. Ovisno o dobivenim rezultatima raščlambe, usmjerit će se daljnji tok optimiziranja šumske transportne mreže.

U ovoj fazi optimiziranja utvrđujemo: prosječnu postojeću stvarnu srednju udaljenost privlačenja, postojeće troškove privlačenja drva, ciljanu otvorenost i ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja, relativnu otvorenost za izračunatu prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja, učinkovitost pojedine šumske ceste i cestovne mreže u cjelini, te definiramo neotvorene površine. Izdvojili smo sljedeće korake:

1. Raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture
 - 1.1. Određivanje prosječne postojeće stvarne srednje udaljenosti privlačenja
 - 1.2. Određivanje postojećih troškova privlačenja drva
 - 1.3. Izračun prosječne ciljane geometrijske srednje udaljenosti privlačenja
 - 1.4. Raščlamba relativne otvorenosti za izračunatu prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja
 - 1.5. Definiranje i izlučivanje neotvorenih površina

Druga faza optimiziranja: određivanje potencijalnih lokacija trasa budućih šumskih cesta

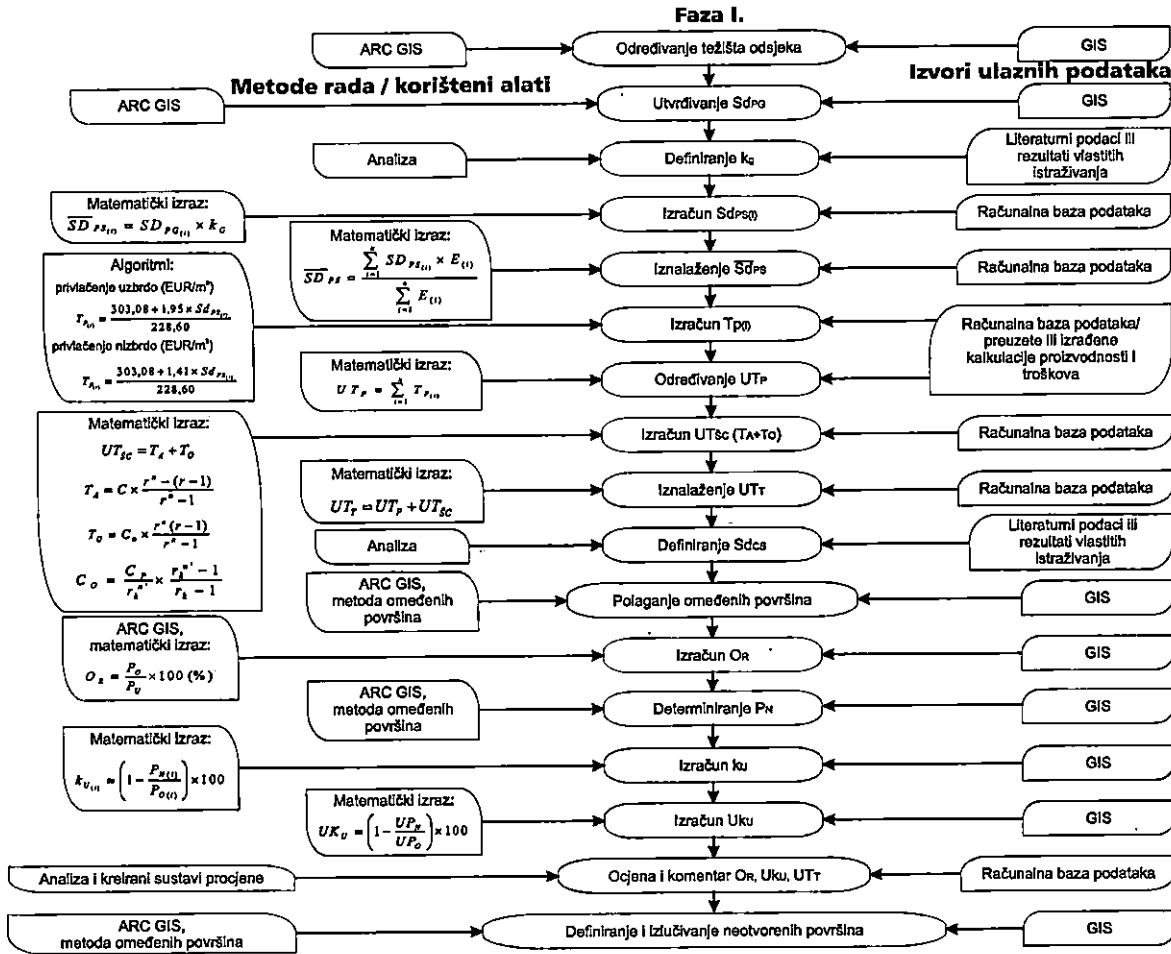
The second stage of optimizing: determining potential route locations of future forest roads

Za svaku gospodarsku jedinicu napravljena je zasebna računalna baza podataka. Izuzetno bogatu, potpunu bazu podataka trebalo je reducirati, pojedine čimbenike objediniti i ponovno definirati. Razlozi smanjivanja broja ulaznih podataka potrebnih za izračun leže u osnovnim značajkama svih kvalitetnih modela: jednostavnosti, preciznosti, primjenjivosti i provjerljivosti.

Pri dizajniranju nove, radne baze podataka opredijelili smo se za metodu rada "iz velikoga u malo", odnosno "od općega ka posebnomu". Prvo su definirani kriteriji procjene optimalnosti mreže šumskih cesta koji su svrstani u prioritetne razine postupka optimiziranja, a zatim su, za svaki pojedini kriterij procjene, određeni složeni dominantni utjecajni čimbenici u koje su zatim objedinjeni jednostavni dominantni utjecajni čimbenici.

U drugoj fazi optimiziranja definirali smo ove postupke:

2. Određivanje potencijalnih trasa budućih ŠC-a
 - 2.1. Definiranje kriterija i prioriteta procjene optimalnosti mreže ŠC-a



Slika 1. Dijagram toka podataka za prvu fazu optimiziranja
 Figure 1 Data flow diagram for the first stage of optimizing

- 2.2. Definiranje složenih dominantnih utjecajnih čimbenika pojedinoga kriterija procjene optimalnosti
- 2.3. Dizajniranje modela i sustava procjene složenih dominantnih utjecajnih čimbenika
- 2.4. Odabir veličine osnovnoga nositelja informacija i kreiranje rasterske mreže četverokuta odabrane veličine
- 2.5. Prijenos informacija iz računalne baze podataka u rastersku mrežu osnovnih nositelja informacija
- 2.6. Optimiziranje po složenim dominantnim utjecajnim čimbenicima
- 2.7. Optimiziranje glede kriterija procjene optimalnosti mreže ŠC-a
- 2.8. Optimiziranje unutar pojedine prioritetne razine procjene optimalnosti
- 2.9. Sveobuhvatna optimizacija mreže ŠC-a.

Treća faza optimiziranja: raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih šumskih cesta i postizanje ciljane otvorenosti

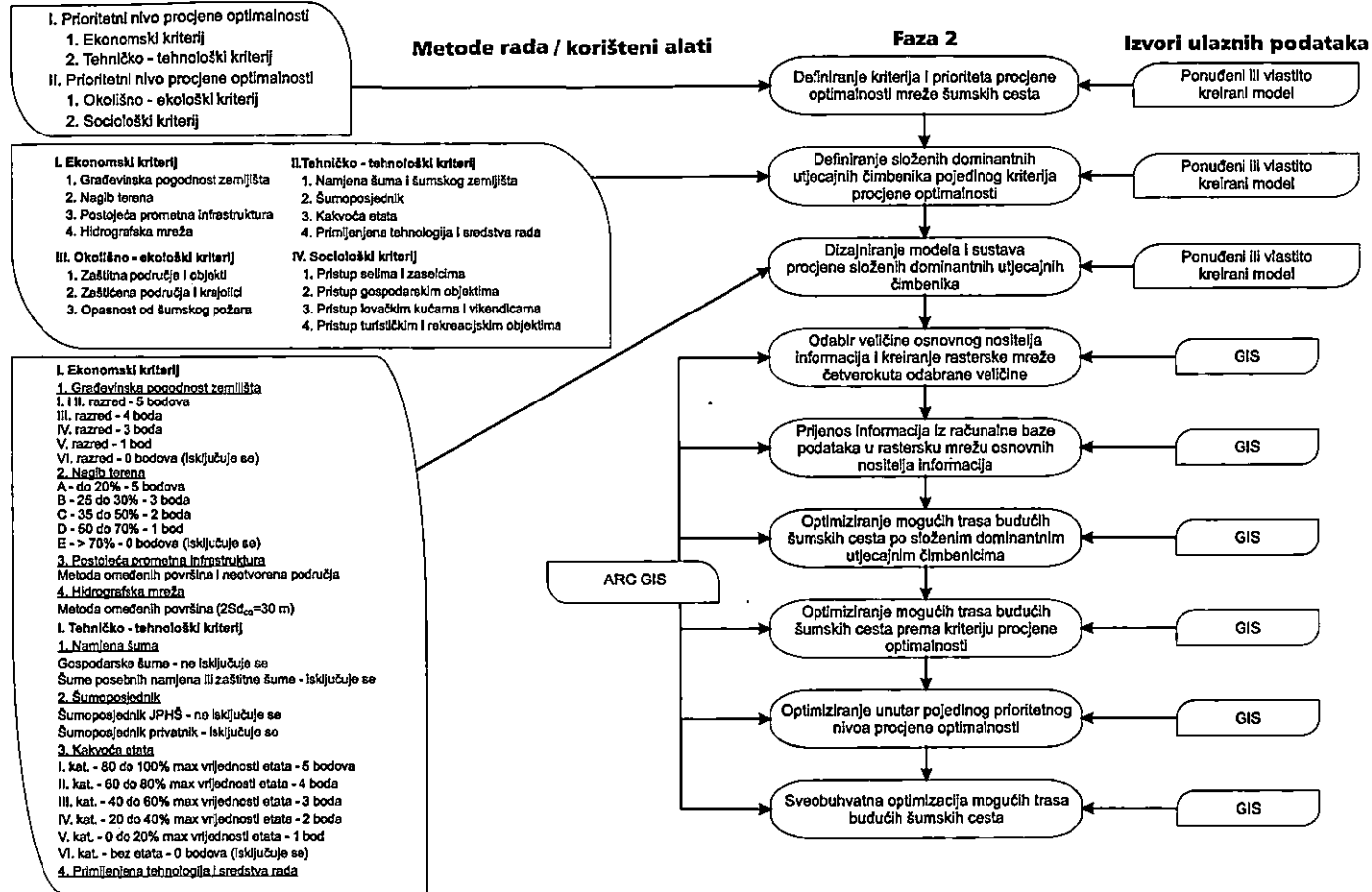
The third stage of optimizing: the analysis of chosen possible locations of future forest roads and achieving the aimed openness

U ovoj fazi optimiziranja mreže ŠC-a potrebno je u prvom redu definirati bodovnu granicu opstojnosti osnovnih četverokutnih nositelja informacija u daljnjem tijeku postupka optimiziranja. Drugim riječima, oni osnovni nositelji informacija čiji je broj prikupljenih bodova ispod granice opstojnosti eliminiraju se iz daljnjih operacija isto kao i oni osnovni nositelji informacija koje smo izbacili radi primjene načela isključivosti pri ocjeni određenoga složenoga dominantnoga utjecajnoga čimbenika. Osnovni nositelji informacija čiji je zbroj bodova veći od minimalno potrebnoga, opstaju u postupku optimiziranja i na njima provodimo treću fazu optimiziranja mreže ŠC-a.

Dobiveni model mogućih trasa budućih ŠC-a prilagođava se konkretnoj situaciji, a primjenom metode omeđenih površina provodi se izračun površine učinkovitih omeđenih površina, površine "mrtvih zona" i koeficijenta učinkovitosti, te obavlja raščlamba mogućih lokacija budućih ŠC-a prema kriteriju najvećega utjecaja na otvaranje predmetnoga šumskoga područja. Nakon izlučivanja trasa novoprojektiranih ŠC-a ponovno se obavlja njihovo uklapanje u postojeću mrežu ŠC-a, a za ukupnu (postojeću i novoprojektiranu) mrežu ŠC-a ponovno se provodi postupak raščlambe kao u prvoj fazi optimiziranja.

Treća faza optimiziranja obavlja se po ovim točkama:

3. Raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih ŠC-a i postizanje ciljane otvorenosti
 - 3.1. Prilagodba dobivenoga optimalnoga modela konkretnoj situaciji
 - 3.2. Klasificiranje mogućih budućih trasa ŠC-a prema kriteriju najvećega utjecaja na otvaranje predmetnoga šumskoga područja
 - 3.3. Determiniranje preostalih neotvorenih površina za odabranu inačicu otvaranja



Slika 2. Dijagram toka podataka za drugu fazu optimiziranja
 Figure 2 Data flow diagram for the second stage of optimizing

3.4. Raščlamba relativne otvorenosti za izračunatu prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja za ukupnu mrežu ŠC-a

Četvrta faza optimiziranja: optimiziranje mreže odabranih šumskih cesta glede visinskoga razvijanja trase

The fourth stage of optimizing: optimizing the network of chosen forest roads regarding the achievement of the level line of the route

Rezultat treće faze optimiziranja mreže ŠC-a jest položajno optimalna mreža ŠC-a; kao lokacije novoprojektiranih ŠC-a odabrani su osnovni nositelji informacija za koje se različitim metodama i sustavima ocjenjivanja optimalnosti, od složenih dominantnih utjecajnih čimbenika preko kriterija i prioriternih razina do sveobuhvatne optimizacije, utvrdilo da su najkvalitetniji. Kao podloge smo koristili slojničke zemljovide u digitalnom obliku, na njih smo primijenili tehnologiju GIS raščlambe podataka i informacija, koristeći već postojeće ili vlastite metode. Svi se rezultati optimiziranja odnose na plošni raspored mreže šumskih cesta, dok se visinska sastavnica razvijanja trasa ŠC-a dosad nije razmatrala. To je zadaća ove faze optimiziranja.

Optimiziranje u četvrtoj fazi optimiziranja izvodimo sukladno sukladno koracima:

4. Optimiziranje mreže odabranih ŠC-a glede visinskoga razvijanja trase
 - 4.1. Izradba digitalnoga modela visina (10 × 10 m)
 - 4.2. Razdioba osnovnoga nositelja informacija na 25 pomoćnih četverokutnih površina
 - 4.3. Pridjeljivanje visina pojedinoj pomoćnoj četverokutnoj površini te objedinjavanje pomoćnih površina istih visina
 - 4.4. Odabir najbolje trase buduće šumske ceste unutar pojedinoga osnovnoga nositelja informacija s gledišta visinskoga razvijanja trase.

Peta faza optimiziranja: ispitivanje opstojnosti modela na terenu te izradba projektne dokumentacije

The fifth stage of optimizing: checking the viability of the model on a terrain and making project documentation

Dizajnirane računalne modele treba ispitati na terenu kako bi se procijenila njihova kakvoća te dokazala opstojnost i primjenjivost u praksi. Sastavnice pete faze optimiziranja su:

5. Ispitivanje opstojnosti modela na terenu te izradba projektne dokumentacije
 - 5.1. Prenošenje koordinata lomnih točaka visinski optimiziranih trasa budućih ŠC-a na teren

- 5.2. Uklapanje osovinskoga poligona projektiranih ŠC-a u moguću trasu budućih ŠC-a
- 5.3. Terenska izmjera (horizontalni kružni lukovi, nivelacija, stacionaže, poprečni profili)
- 5.4. Izradba projektne dokumentacije projektiranih ŠC-a s naglaskom na troškovnu sastavnicu
- 5.5. Komentar rezultata dodivenih troškovnom kalkulacijom pojedine šumske ceste te kompletne novoprojektirane mreže ŠC-a.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA FINAL CONSIDERATIONS

Pri optimiziranju mreže šumskih cesta rukovodili smo se funkcionalnim principom, što znači da se na prvo mjesto stavljala osnovna funkcija šuma na području za koje se model izrađivao. Optimiziranje je osmišljeno u šest faza rada: definiranje osnovne funkcije šuma, sastojinskoga oblika i načina gospodarenja, te dizajniranje računalnih baza podataka; raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture; određivanje potencijalnih trasa budućih ŠC-a; raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih ŠC-a i postizanje ciljane otvorenosti; optimiziranje mreže odabranih ŠC-a glede visinskoga razvijanja trase, te ispitivanje opstojnosti modela na terenu i izradba projektne dokumentacije.

Cjelokupan postupak optimiziranja mreže ŠC-a predstavlja metodološku studiju otvaranja šuma neotvorenih, nedovoljno otvorenih ili nekvalitetno otvorenih područja. S jasno definiranim, utvrđenim i opisanim fazama optimizacije, primijenjenim tehnikama, tehnologijama, algoritmima i metodama rada u svakoj od njih, metodološka studija predstavlja svojevrstan protokol kojega bi se pri suvremenom otvaranju šuma i kombiniranom planiranju trebalo pridržavati. Mogućnost mijenjanja modela i sustava procjene optimalnosti složenih dominantnih utjecajnih čimbenika te samih složenih dominantnih utjecajnih čimbenika ili njihove strukture, u zavisnosti od konkretnoga područja za koje optimiziramo mrežu ŠC-a, jamac su široke primjene računalnoga modela optimiziranja mreže ŠC-a.

Izrađeni dijagrami tokova podataka cjelokupnoga postupka optimiziranja mreže ŠC-a mogu poslužiti kao temeljne podloge za automatiziranje posla izradbom odgovarajućega računalnoga programa. Time bi se postupak optimiziranja ubrzao i podigao na višu informatičku razinu, a korisnicima omogućio ugodnije okruženje i veću učinkovitost rada.

LITERATURA REFERENCES

- č Chung, J., W. Chung, J. S. Chung, W. D. Chung, 1995: Developing a computer model for forest road design. *Journal of Korean Forestry Society*, 84 (3): 333–342.
- č Dean, D. J., 1997: Finding optimal routes for networks of harvest site access roads using GIS based techniques. *Canadian Journal of Forest Research*, 27 (1): 11–22.

- κ Dietz, P., H. Löffler, W. Knigge, 1984: Walderschließung, Eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebaus. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, 1–196.
- κ Dürrstein, H., 1992: Detailed road planning using microcomputers. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 57–66.
- √ Fujii, Y., J. Moroishi, 1994: On the planning of the forest road network in the Hiruzen Experimental Forest of Tottori University. Research Bulletin of the Tottori University Forests, 22: 25–38.
- z Heinemann, H. R., 1998: Opening-up planning taking into account environmental and social integrity. Proceedings of the Seminar on Environmentaly sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 62–72.
- √ Ishikawa, T., M. Shiba, K. Kanzaki, 1995: A new evaluation method for forest road networks based on geographical optimization. Journal of the Japanese Forestry Society, 77 (2): 117–123.
- √ Nitami, T., H. Kobayashi, 1991: Systemization of forest road planning work. Bulletin of the Tokyo University Forests, 85: 11–25.
- √ Ochi, S., K. Tsuji, T. Tasaka, 1995: Studies on the forest use planning method using GIS. (I.) Evaluation for the road density and skidding distances. Bulletin of the Utsunomiya University Forests, 31: 7–13.
- z Pentek, T., D. Pičman, 2001: Šumske protupožarne prometnice – osnovne zadaće, planiranje i prostorni raspored. Znanstveno savjetovanje “Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama”, 10–11. travnja 2002. Šumarski fakultet u Zagrebu, Šumarski institut u Jastrebarskom, “Hrvatske šume” p.o. Zagreb, Znanstvena knjiga, 545–554.
- G √ Pentek, T., 1998: Šumske protupožarne ceste kao posebna kategorija šumskih cesta i čimbenici koji utječu na njihov razmještaj u prostoru. Glasnik za šumske pokuse, 93–141, Zagreb.
- SL √ Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004: Srednja udaljenost privlačenja drva. Šumarski list, 127 (9–10): 545–558, Zagreb.
- E Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004: Environmental – ecological component of forest road planning and designing. International scientific conference: Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment, Technical University in Zvolen, Slovakia, 16th – 17th September 2004. Proceeding CD/DVD MEDIJ, 94–102.
- z Pentek, T., D. Pičman, T. Poršinsky, 2004: Planning of forest roads in Croatian mountainous forest by the use of modern technologies. International scientific conference on Forest engineering: new techniques, technologies and the environment, Lviv, Ukraine, October 5–10, 2004, Proceeding, 380–389.
- z Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, D. Horvat, T. Poršinsky, 2005: Applicability of computer model of forest road network optimisation in the real terrain conditions. International Scientific Conference «Ecological, ergonomic and economical optimization of forest utilization in sustainable forest management», Krakow – Krynica, Poland, June 15–18, 2005, Proceeding, 243–251.
- MŠ √ Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2005: Planiranje šumskih prometnica – postojeća situacija, determiniranje problema i smjernice budućega djelovanja. Nova mehanizacija šumarstva, 26 (1): 55–63, Zagreb.
- z Pičman, D., T. Pentek, 1996: Čimbenici koji utječu na opravdanost izgradnje mreže šumskih prometnica. Zaštita šuma i pridobivanje drva (knjiga 2), Zagreb, 293–300.
- z Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2001: Relation between Forest Roads and Extraction Machines in Sustainable Forest Management. FAO/ECE/ILO & IUFRO Workshop on “New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Manage-

- ment in the Mountains”, Osiach, Austrija, 18–24. 06. Workshop Proceedings, June 2001, 185–191.
- © Sakai, T., 1995: Two algorithms for forest road planning using digital terrain map (DTM). *Journal of the Japanese Forest Engineering Association*, 10 (3): 225–231.
- © Shiba, M., 1993: Optimizing forest road network planning and evaluation methods by comparison of variants (V), Evaluation of road network alternatives in Mie University Forest using exploitation value analysis. *Journal of the Japanese Forestry Society*, 75 (5): 431–439.

DEFINING PROCEDURE STAGES OF FOREST ROAD NETWORK OPTIMIZING WITH DESIGNED OF DATA FLOW DIAGRAMS

SUMMARY

Forest roads are the entrance door to a forest and its main artery. Their quality and quantity must be sufficient for intensive and rational forest ecosystem management. Due to mentioned reasons, the forest opening has always occupied forest experts. Today, the share of unopened, insufficiently opened or bad-quality opened forest areas (due to the introduction of contemporary technologies in forest harvesting) in the total quantity of forests and forest lands of the Republic of Croatia is quite high. Opening of such areas requires the engagement of significant financial means and professional and elaborated approach to work. Computers and adequate computer programmes in combination with contemporary technologies like GIS, GPS and own created systems and evaluation models, have been the ideal combination for carrying out the procedure of forest opening by forest roads and their optimizing. That is why we have started making the methodological study of forest opening – a kind of protocol of forest opening with precisely defined stages, sub stages and optimization steps. The whole optimization procedure has been carried out in six working stages: defining the basic function of forests, silviculture form and the way of management and designing computer databases; the analysis of the existing network of the primary forest road infrastructure; determining potential routes of future forest roads; the analysis of chosen possible locations of future forest roads and achievement of aimed openness; optimizing the network of chosen forest roads regarding the development the height of the route and checking the viability of the model on the terrain and making a project documentation. The detailed data flow diagram has been made for each stage of the work, which in future can be used as a high-quality base for obtaining a high degree of automatization of the whole optimization procedure.

Key words: forest opening, forest roads, geographical information system computer models, data flow diagram

UDK: 630*375.5

EFIKASNOST PRIJEVOZA DRVA KAMIONSКИM SKUPOVIMA ODREĐENA ANALIZOM OMEĐIVANJA PODATAKA

EFFICIENCY OF WOOD TRANSPORT BY TRUCK ASSEMBLIES
DETERMINED BY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

MARIO ŠPORČIĆ, KSENIJA ŠEGOTIĆ, IVAN MARTINIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U radu su na primjeru prijevoza drva kamionskim skupovima prikazane mogućnosti primjene žanalize omeđivanja podataka' (AOMP) u šumarstvu. AOMP je neparameterska tehnika za utvrđivanje efikasnosti poslovanja zasnovana na linearnom programiranju. Osnovnim AOMP modelima utvrđena je efikasnost 12 radnih jedinica mehanizacije odnosno prijevoza drva kojega one obavljaju u okviru poduzeća Hrvatske šume d.o.o. Zagreb. Rezultati istraživanja na temelju odnosa ostvarenih inputa i outputa definiraju najuspješnije jedinice te određuju iznose i izvore neefikasnosti ostalih jedinica. AOMP metoda se pokazala korisnim sredstvom za ocjenu uspješnosti poslovanja te u šumarstvu može biti snažna podrška u planiranju i odlučivanju.

Ključne riječi: analiza omeđivanja podataka (AOMP), efikasnost, šumarstvo, prijevoz drva

UVOD INTRODUCTION

Ocjenjivanje efikasnosti poslovanja u šumarstvu u Hrvatskoj uglavnom se temelji na ocjeni dosega u ispunjavanju općih ciljeva gospodarenja šumama poduzeća Hrvatske šume d.o.o. (HŠ) na državnoj razini, odnosno na rezultatima standardiziranih financijskih pokazatelja poslovanja istog poduzeća. Pritom često razlike u uspješnosti organizacijskih cjelina u sustavu ostaju neobjašnjene, a objektivno različiti uvjeti poslovanja neprepoznati i neuvaženi. I dok se za najširu javnost ovakvo ocjenjivanje poslovanja može činiti dovoljnim, s pozicije složenosti današnjeg poslovnog okruženja i imperativa stalnog povećanja uspješnosti poslovanja, nužno je korištenje novih modela i preciznijih metoda.

Prijevoz drva kamionskim skupovima koji obavljaju Radne jedinice HŠ izložen je vrlo visokim proizvodnim troškovima, te sve većoj konkurenciji (Tomašić i dr. 2005). U takvim uvjetima potrebno je povisiti svekoliku učinkovitost i omogućiti odgovor izazovima tržišta i tržišnih utakmica. Modeli koji do sada u šumarstvu nisu tradicionalno korišteni za ocjenu efikasnosti poslovanja mogli bi pružiti podršku menadžmentu HŠ u donošenju odluka i unapređenju prijevoza drva kamionima odnosno ukupnog poslovanja.

Tehnike određivanja efikasnosti poslovanja dijele se u dvije grupe: *parametarske modele* kakvi su već korišteni u šumarstvu (jednostavna metoda najmanjih kvadrata ili stohastičke ovisnosti i dr.), Tingley i dr. (2005) i *neparametarske modele* kao što je 'Analiza omeđivanja podataka' (AOMP)¹ koja se namjerava primijeniti u ovome radu.

AOMP metoda je posljednjih godina doživjela široku primjenu. Korištena je u određivanju efikasnosti raznih javnih i privatnih organizacija uključujući bankarstvo (Davosir 2006, Camanho i dr. 1999), telekomunikacije (Sueyoshi 1997), trgovinu (Petrov 2002), sveučilišta (Glass i dr. 1999) i dr. U šumarstvu je AOMP prvi puta primijenio Rhodes (1986). Međutim, uz malobrojne radove AOMP metoda tek treba biti prihvaćena u šumarstvu kao alat menadžmenta na strateškoj i operativnoj razini odlučivanja.

U ovome smo radu postavili dva osnovna cilja: 1) na primjeru prijevoza drva kamionskim skupovima prikazati mogućnosti primjene AOMP metode u šumarstvu, i 2) razviti model koji će pravilno procijenjivati troškove i ostale proizvodne informacije sa svrhom utvrđivanja efikasnosti poslovanja kao i identificiranja iznosa i izvora neefikasnosti.

MATERIJALI I METODE MATERIAL AND METHODS

ANALIZA OMEĐIVANJA PODATAKA DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

AOMP je neparametarska metodologija za procjenu relativne efikasnosti usporedivih entiteta/donositelja odluke² sa više inputa i outputa. Za donositelja odluke kažemo da je **relativno efikasan** ako:

- (1) ne može povećati ni jedan od svojih outputa bez da – (a) poveća neki od svojih inputa ili, (b) smanji neki od svojih preostalih outputa
- (2) ne može smanjiti ni jedan od svojih inputa bez da – (a) smanji neki od svojih outputa ili, (b) poveća neki od svojih preostalih inputa.

¹ engl. – Data envelopment analysis (DEA)

² Donositelj odluke – od engl. *Decision making unit (DMU)*, bilo koja proizvodna ili neproizvodna jedinica koja koristi određene inpute da bi ostvarila određene outpute. Pri tome pod *inputima* smatra-mo varijable kojima je najčešće poželjan smjer smanjenje, a *outputima* varijable kojima je poželjan smjer povećanje, uz držanje ostalih varijabli nepromijenjenih.

AOMP modeli na temelju podataka o korištenim inputima i ostvarenim outputima svih entiteta, linearnim programiranjem određuju empirijsku granicu efikasnosti (granica proizvodnih mogućnosti). Najuspješniji entiteti (*engl. best practice units*), oni koji određuju granicu efikasnosti, dobivaju ocjenu '1', a stupanj tehničke neefikasnosti ostalih entiteta računa se na osnovu udaljenosti njihovog input-output omjera u odnosu na granicu efikasnosti.

AOMP model problema linearnog programiranja izgleda kao:

$$\text{Max } \theta_0 = \sum_{j=1}^s w_j y_{j,k_0}$$

uz ograničenja

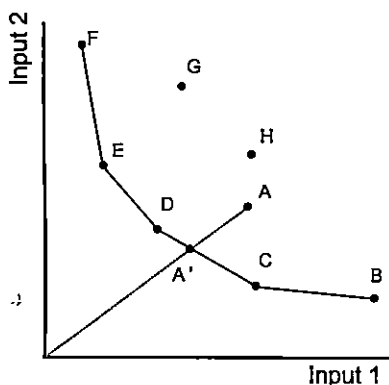
$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i,k_0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s w_j y_{jk} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}, \quad k = 1, \dots, n; \quad w, v \geq 0$$

gdje je n broj entiteta, m broj inputa, s broj outputa, w_j težina outputa y_j , v_i težina inputa x_i .

Središte analize leži u pronalaženju 'najbolje' virtualne jedinice za svaku realnu jedinicu. Ako je virtualna jedinica bolja od originalne bilo da postiže više outputa s istim inputima ili da ostvaruje iste outpute s manje inputa od stvarne tada je ova neefikasna. Osnovna je pretpostavka pritom da ako određena jedinica može s x inputa proizvesti y outputa, isto bi trebale moći učiniti i ostale jedinice ukoliko rade efikasno. I dok se tipični statistički pristupi (regresijska analiza) temelje na prosječnim vrijednostima, AOMP se temelji na ekstremnim opažanjima te uspoređuje svaku proizvodnu jedinicu samo s onom najboljom. Efikasnost se određuje relativno u odnosu na ostale entitete u promatranom skupu.

Otkada su AOMP prvi puta uveli Charnesa, Cooper i Rhodes (Charnesa i dr. 1978), razvijeno je više modela koji se razlikuju po izboru prinosa na opseg djelovanja (konstantni, varijabilni) ili geometriji granice proizvodnih mogućnosti (linearna, log-linearna ili Cobb-Douglasova). Metoda također može uključivati orijentaciju in-



Slika 1. Grafički prikaz granice efikasnosti u AOMP modelu (primjer s 2 inputa)
 Figure 1 Illustration of the frontier in the DEA analysis (2 input case)

putima ili orijentaciju outputima. U modelima usmjerenim inputima entiteti postižu efikasnost smanjivanjem svojih inputa uz zadržavanje iste razine outputa. U modelima usmjerenim outputima, efikasnost se postiže povećanjem outputa uz iste inpute.

U ovome su radu primijenjeni osnovni CCR i BCC modeli. Za rješavanje problema korišten je programski paket DEA Excel Solver³.

IZBOR UZORKA I OPIS PODATAKA SAMPLE SELECTION AND DATA DESCRIPTION

Za ocjenu efikasnosti prijevoza drva kamionskim skupovima analizirani su podaci o prijevozu kojeg su u 2004. godini ostvarile radne jedinice mehanizacije (RJM) Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb. Podatke je sastavila Proizvodna služba HŠ na temelju godišnjih poslovnih izvješća i ostvarenih vrijednosti na prijevozu drva.

Odabrane su po dvije varijable za inputa i outpute (tablica 1).

Kao inputi (x_{ij}) u model su uključeni:

Input 1, I1, (x_{1j}) – broj sredstava rada (kamionski skupovi)

Input 2, I2, (x_{2j}) – poslovni rashodi

Kao outputi (y_{ij}) u model su uključeni:

Output 1, O1, (y_{1j}) – obujam prevezenog drva, m³

Output 2, O2, (y_{2j}) – ostvareni prihod

Tablica 1. Podaci o prijevozu drva kamionskim skupovima prema odabranim varijablama⁴
Table 1 Data on wood transport by truck assemblies according to selected variables

RJM DMU	I1 Radna sredstva, n <i>Means of work, N</i>	I2 Poslovni rashod, kn <i>Operating expenses, HRK</i>	O1 Obujam, m ³ <i>Volume, m³</i>	O2 Ostvareni prihod, kn <i>Income, HRK</i>
A	22	9.928.457	110.193	7.283.453
B	10	5.451.999	74.711	5.452.199
C	19	7.321.550	129.134	8.595.737
D	3	1.192.411	22.174	1.745.611
E	14	7.090.602	98.324	6.315.366
F	14	7.920.956	114.125	8.460.826
G	6	3.416.000	37.885	3.542.000
H	6	2.712.078	30.392	2.087.154
I	13	5.590.439	115.856	6.886.434
J	11	5.973.862	73.844	4.748.335
K	6	4.021.018	63.936	3.782.653
L	5	3.031.015	50.298	2.706.107

³ Program je priložen uz knjigu Cooper WW, Seiford LM, Tone K.: *Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, 2003.

⁴ Analize obuhvaćaju podatke za 12 RJM, preostala jedna RJM nije uključena u analize zbog nedostupnih podataka.

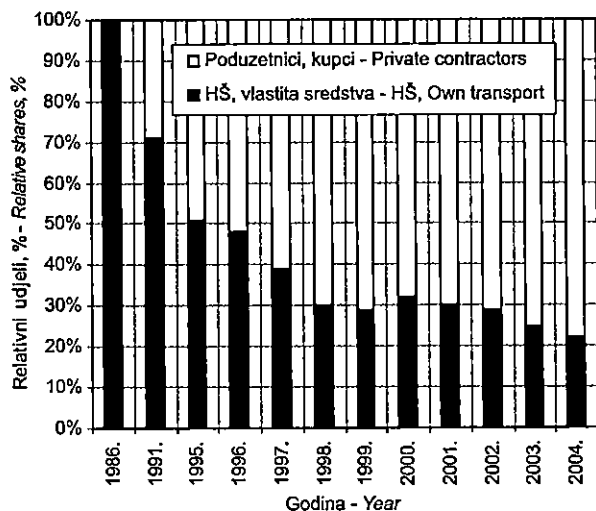
U tablici 2 dana je statistika inputa i outputa. Za svaku varijablu prikazane su srednje vrijednosti, standardna devijacija, maksimalne, minimalne te ukupne vrijednosti.

Tablica 2. Statistika inputa i outputa uključenih u AOMP model
 Table 2 Statistics of inputs and outputs involved in DEA model

	I1 Radna sredstva, n <i>Means of work, N</i>	I2 Poslovni rashodi, kn <i>Operating. expenses, HRK</i>	O1 Obujam, m ³ <i>Volume, m³</i>	O2 Ostvareni prihod, kn <i>Income, HRK</i>
srednja vrijednost <i>mean</i>	10,75	5.304.199	76.739,33	5.133.823
stand. devijacija <i>standard deviation</i>	5,64395	2.416.082	35.081,72	2.298.693
max. vrijednost <i>maximum</i>	22	9.928.457	129.134	8.595.737
min. vrijednost <i>minimum</i>	3	1.192.411	22.174	1.745.611
ukupna vrijednost <i>total</i>	129	63.650.387	920.872	61.605.875

U primjenama se najčešće koriste CCR i BCC modeli. Izbor modela ovisi o karakteristikama podataka i poslovanja koje se želi analizirati. Ako povećanje inputa rezultira proporcionalnim povećanjem outputa, tada poslovanje karakteriziraju konstantni prinosi s obzirom na opseg djelovanja i može se koristiti CCR model. Ako poslovanje karakteriziraju varijabilni prinosi tada se može koristiti BCC model. Ako a priori ne postoji saznanje o svojstvu prinosa, tada je preporučljivo napraviti analizu s oba modela i usporediti rezultate. Ako ne postoje velike razlike u rezultatima, tada efekt obujma nije izražen i može se koristiti CCR model. Ako postoje znatne razlike, moguće ih je pripisati efektu prinosa s obzirom na opseg djelovanja i tada BCC model bolje opisuje analizirano poslovanje.

U ovom se radu promatraju CCR i BCC modeli orijentirani outputima, odnosno modeli koji su usmjereni na određivanje maksimalnih outputa koje je moguće postići uz korištenje zadane količine inputa. Procjena je autora da ova orijentacija bolje odgovara procesu koji se promatra. Naime, nakon znatnog smanjivanja broja kamionskih prijevoznih jedinica u vlasništvu HŠ i zamjetnog porasta količine drva koje danas prevoze poduzetnici i/ili kupci (Tomašić i dr. 2005) stajališta smo da cilj poslovanja ne smije biti daljnje smanjivanje udjela HŠ u prijevozu drva, već jačanje poslovanja i zauzimanje prostora na tržištu uz zadržavanje postojeće razine inputa. Stručnjaci HŠ također potvrđuju da u budućem organizacijskom ustroju jedan određeni (strateški) dio daljinskog prijevoza treba i dalje zadržati u sustavu HŠ zbog posebnosti uvjeta rada i biološko-tehničkih svojstava drva koje se prevozi (visokovrijedno drvo, pokvarljivost, biološki rokovi), Tomašić i dr. (2005).



Slika 2. Udjeli u izvođenju daljinskog prijevoza drva (Tomašić i dr. 2005.)

Figure 2 Shares in carrying out long-distance transport of wood

REZULTATI RESULTS

Rezultati određivanja efikasnosti RJM/prijevoza drva osnovnim AOMP modelima prikazani su u tablici 3. Iz njih se može uočiti da prosječna CCR efikasnost ostvarena u 2004. godini iznosi 0,867. To znači da prosječna (pretpostavljena) RJM, ako želi poslovati na granici efikasnosti, treba koristiti samo 86,7 % količine inputa koju trenutno koristi i proizvoditi istu količinu outputa koju trenutno proizvodi. Odnosno, ta prosječna RJM, ako želi poslovati efikasno, trebala bi uz korištenu razinu inputa proizvoditi 15,3 % više outputa⁵.

Prema BCC modelu, efikasnost prosječno iznosi 0,911. To znači da prosječna RJM, ako želi biti efikasna treba koristiti samo 91,1 % postojećih inputa i proizvoditi istu količinu outputa. Odnosno, treba proizvoditi 9,8 % više outputa⁶ uz jednake inpute.

Vidljivo da se i pored relativno visoke srednje vrijednosti, oko 90 % bez obzira na korišteni model (CCR ili BCC), najmanja razina relativne efikasnosti kreće od 0,586 (CCR) do 0,615 (BCC). Nadalje, primjenom BCC modela znatno veći broj promatranih entiteta postaje efikasan što upućuje da model uz odabrane inpute i outpute ne razlikuje pravilno ne/efikasne jedinice. Problem proizlazi iz broja efikasnih entiteta, njih 6 (oni s rezultatom 1,000). Takvi rezultati također mogu biti korisni ako se primijene dodatni matematički modeli odlučivanja te služe kao filter neefikasnih entiteta.

⁵ Lako se dobije da je $15,3\% = (1 - 0,867)/0,867$

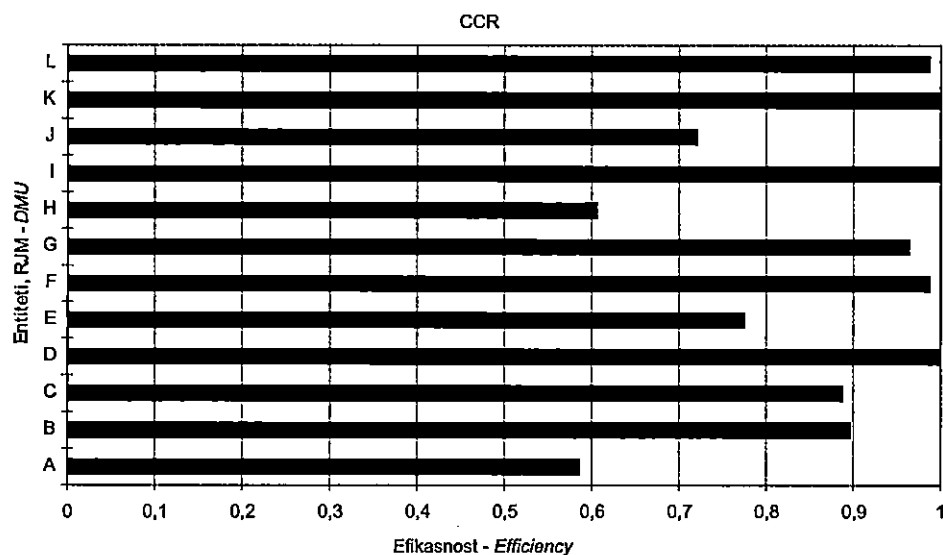
⁶ Lako se dobije da je $9,8\% = (1 - 0,911)/0,911$

Tablica 3. Rezultati CCR i BCC modela usmjerenih outputima
 Table 3 Results of CCR and BCC output oriented models

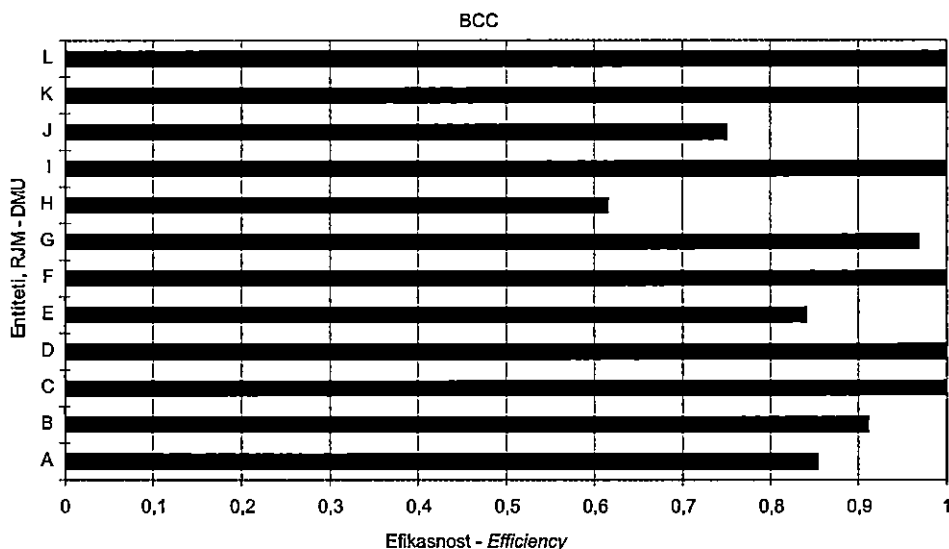
	CCR model	BCC model
broj RJM – number of DMUs	12	12
broj relativno efikasnih RJM – efficient DMUs, N	3	6
relativno efikasne RJM (u %) – efficient DMUs, %	25 %	50 %
prosječna relativna efikasnost E – relative efficiency, E	0,867	0,911
maksimalna vrijednost – maximum	1,000	1,000
minimalna vrijednost – minimum	0,586	0,615
broj RJM koja imaju rel. efik. manju od E DMUs with efficiency lower than mean efficiency, N	4	5

Ako efikasnost razdvojimo po entitetima omogućavamo izravnu usporedbu između pojedinih RJM, odnosno prijevoza drva kojega one obavljaju. Prema CCR modelu (slika 3) neefikasne su radne jedinice A, B, C, E, F, G, H, J i L, dok empirijsku granicu efikasnosti definiraju D, I i K jedinice. Uz značajnu grupu promatranih entiteta čija se efikasnost kreće oko prosječne vrijednosti ($E = 0,867$) ili je neznatno ispod granice efikasnosti, kao najizraženije neefikasne javljaju se jedinice A, H i J.

Rangiranje po BCC modelu nije toliko izraženo (slika 4). U ovom slučaju entiteti C, F, L također dobivaju ocjenu '1'. Time udio jedinica koje određuju granicu efikasnosti u ukupnom broju svih promatranih entiteta iznosi 50 %. Može se primijetiti da su entiteti koji su prema CCR modelu ocijenjeni efikasnim, također efikasni i po BCC modelu.



Slika 3. Efikasnost RJM/prijevoza drva prema CCR modelu
 Figure 3 Efficiency of DMUs according to CCR model



Slika 4. Efikasnost RJM/prijevoza drva prema BCC modelu
 Figure 4 Efficiency of DMUs according to BCC model

Izborom orijentacije outputima određena je i putanja projekcije neefikasnih entiteta na granicu efikasnosti. Usporedbom empirijskih i projiciranih vrijednosti, moguće je identificirati izvore neefikasnosti kao i njihovu veličinu. Što je manji postotak projiciranih vrijednosti inputa u empirijskim vrijednostima, to je taj input prosječno veći izvor neefikasnosti, a što je veći postotak projiciranih vrijednosti outputa u empirijskim vrijednostima outputa, to je taj output veći izvor neefikasnosti (tablica 4).

Tablica 4. Podaci o udjelu projiciranih u empirijskim vrijednostima inputa i outputa po RJM
 Table 4 Data on shares projected to empiric values of inputs and outputs

RJM	CCR model				BCC model			
	I1	I2	O1	O2	I1	I2	O1	O2
A	100,00	100,00	170,70	170,70	86,36	73,74	117,19	118,02
B	100,00	100,00	122,60	111,55	100,00	100,00	109,82	109,82
C	92,51	100,00	112,73	112,73	100,00	100,00	100,00	100,00
D	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
E	100,00	100,00	129,09	129,09	100,00	90,61	119,01	119,01
F	100,00	100,00	115,39	101,24	100,00	100,00	100,00	100,00
G	100,00	100,00	149,64	103,75	100,00	100,00	141,95	103,26
H	100,00	100,00	165,26	165,26	100,00	100,00	162,66	162,66
I	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
J	100,00	100,00	138,70	138,70	100,00	96,25	133,23	133,23
K	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
L	100,00	100,00	101,31	111,53	100,00	100,00	100,00	100,00

Iz tablice 4 može se zaključiti da nešto veći utjecaj na neefikasnost prijevoza RJM ima prvi output O1 (obujam prevezenog drva) od drugog outputa O2 (poslovni prihodi). RJM su prosječno u promatranom razdoblju trebale proizvesti 25,45 % više od proizvedene količine outputa O1 i 20,38 % više od proizvedene količine drugog outputa O2. Isto tako, trebale su koristiti 99,38 % korištene količine inputa I1. Tada bi poslovale CCR efikasno.

Za postizanje BCC efikasnosti potrebno je prosječno ostvariti 15,32 % više outputa O1 i 12,17 % više outputa O2. Prosječno je trebalo koristiti 98,86 % inputa I1 i 96,72 % inputa I2.

Važno je napomenuti da su projicirane vrijednosti ostvarive jer su ih neke RJM uključene u analizu uspjele ostvariti.

RASPRAVA I ZAKLJUČCI DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Poslovanje u šumarstvu naglašeno je kompleksno uslijed višestrukih ciljeva gospodarenja šumama. Načelo održivog razvoja pretpostavlja upravljanje i uporabu šuma i šumskog zemljišta na način da se održava njihova biološka raznolikost, produktivnost, sposobnost obnavljanja, vitalnost i potencijal da bi šume ispunile sada i u budućnosti bitne gospodarske, ekološke i socijalne funkcije. Sve nabrojeno svakodnevno zaoštava uvjete poslovanja u šumarstvu, a menadžmentu organizacijskih jedinica nalaže stalne analize svih relevantnih pokazatelja uspješnosti poslovanja. Pritom su redovito naglasci na ulaznim resursima, troškovima i rezultatima šumarske proizvodnje. U takvim su okolnostima od velike važnosti metode i tehnike koje mogu doprinijeti pouzdanijem planiranju i objektivnijem odlučivanju s jedne strane, te modeli objektivne analize i ocjenjivanja uspješnosti poslovanja s druge strane.

Ovim je istraživanjima metodologijom 'analize omeđivanja podataka' određena relativna efikasnost prijevoza drva kamionskim skupovima kojega obavljaju Radne jedinice HŠ. Na temelju dobivenih rezultata CCR i BCC modela, utvrđene su projekcije neefikasnih RJM na granicu efikasnosti kao i izvori i iznosi neefikasnosti. Utvrđeno je da prosječna efikasnost ostvarena u 2004. godini iznosi 0,867 (CCR) odnosno 0,911 (BCC). Kao izvor neefikasnosti značajniji se pokazao obujam prevezenog drva (output O1). Znači da bi RJM, osobito one s velikim odstupanjima projiciranih od empirijskih vrijednosti, trebale usmjeriti pažnju na taj segment poslovanja. Tomašić i dr. (2005) mogućnosti za povećanje svekolike učinkovitosti na prijevozu drva u prvom redu nalaze u povećanju korisne nosivosti kamionskih skupova, zatim u povećanju brzina u prijevozu, većem broju i kraćem vremenu trajanja ciklusa prijevoza, bržem utovaru i istovaru tereta i dr.

Izbor AOMP metode za ocjenu uspješnosti poslovanja, osim što predstavlja relativnu metodološku novinu u šumarstvu, opravdavamo njezinom pogodnošću za procjenu efikasnosti većeg broja entiteta. Pored određivanja najuspješnijih entiteta ovaj postupak menadžmentu pruža vrijedne spoznaje. Koristeći najbolje entitete

kao referentne vrijednosti (*engl. benchmark*), neefikasni vide koje su promjene u resursima potrebne da unaprijede svoje poslovanje. Nedostatak metode je u tome što je osjetljiva na ekstremna opažanja i slučajne pogreške. Osnovna pretpostavka je da slučajne pogreške ne postoje i da sva odstupanja od efikasne granice predstavljaju neefikasnost.

Prednosti primijenjene metode su sljedeće:

- karakterizacija svakog entiteta jednim rezultatom relativne efikasnosti
- može istovremeno obrađivati više outputa i inputa, pri čemu svaki input i output može biti izražen u različitim jedinicama mjere
- poboljšanja koja model predlaže neefikasnom entitetu bazirana su na ostvarenim rezultatima entiteta koji posluju efikasno
- za izabrane inpute i outpute pretpostavlja da postoji veza među njima ali ne zahtijeva pretpostavku o analitičkoj formi te veze

Na taj način AOMP postaje novo oruđe menadžmenta za analizu efikasnosti poslovanja i omogućava novi pristup organizaciji i analizi podataka, trošak-korisnost analizi, procjeni granice i teoriji učenja od najuspješnijih.

Jednako kao u mnogim poslovnim sustavima, tako i u šumarstvu analiza omeđivanja podataka te ostale metode operacijskih istraživanja i matematičkih modela (AHP, MAUT, ekspertni sistemi, simulacije i dr.)⁷ mogu biti vrlo snažna podrška planiranju i odlučivanju.

LITERATURA REFERENCES

- Č Camanho ASR, Dyson RG, 1999: Efficiency, size, benchmarks and targets for bank branches: an application of DEA. *Journal of Operational Research* 50 (9): 903–15.
- Č Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., 1978: Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational research* 2, 429–444.
- К Cooper WW, Seiford LM, Tone K, 2003: *Data Envelopment Analysis – A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, p. 1–318 + XXVIII.
- Д Davosir Pongrac, D., 2006: Efikasnost osiguravajućih društava u Republici Hrvatskoj. Magistarski rad, Ekonomski fakultet, Zagreb, str. 1–139 + III.
- Č Glass JC, McKillop DG, O'Rourke G., 1999: A cost indirect evaluation of productivity change in UK universities. *J Prod Anal* 10 (2): 153–75.
- Д Petrov, T., 2002: Modeli analize omeđivanja podataka s primjenom u trgovini. Magistarski rad, Ekonomski fakultet, Zagreb, str. 1–163 + III.
- К Rhodes, E., 1986: An explanatory analysis of variations in performance among U.S. national parks. In: Silkman, R. (Ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of DEA*, pp. 47–71.
- Č Sueyoshi T., 1997: Measuring efficiencies and returns to scale of Nippon Telegraph and Telephone in production and cost analysis. *Managmnt Sci* 43 (6): 779–96.

⁷ AHP – *Analytical Hierarchy Process*
MAUT – *Multittribute Utility Theory*

- MS
c
c
c
D * Tingley D, Pascoe S, Coglan L, 2005: Factors affecting technical efficiency in fisheries: stochastic production frontier versus DEA approaches. Fisheries Research 73: 363-376.
- c
c
c
D * Tomašić, Ž., Ž. Sučić, M. Slunjski, M. Polaček, 2005: Ovodobno stanje prijevoza drva kamionskim skupovima u hrvatskom šumarstvu. Nova mehanizacija šum. 26(1):65-71.
- D * Poslovna izvješća Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb, 2004.

EFFICIENCY OF WOOD TRANSPORT BY TRUCK ASSEMBLIES DETERMINED BY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

SUMMARY

This paper shows the possibilities of application of Data Envelopment Analysis (DEA) in forestry on the example of wood transport by truck assemblies. DEA is a non-parameter technique for determining business efficiency based on linear programming. The basic DEA models have been used for determining the efficiency of 12 mechanization work units, i.e. wood transport performed by these units within the enterprise Hrvatske šume d.o.o. Zagreb. The results of research based on the relationship between the obtained inputs and outputs define the most successful units and determine the level and source of inefficiency of other units. DEA method proved to be a very useful means for the assessment of business efficiency and it may be a very powerful support for planning and decision making in forestry.

Key words: data envelopment analysis (DEA), efficiency, forestry, wood transport

UDK: 630*304

JESU LI KVALITETA I SIGURNOST ŠUMSKOGA RADA ZABORAVLJENE DIMENZIJE ŠUMARSKOGA INŽENJERSTVA?

ARE THE QUALITY AND SAFETY OF FOREST WORK THE FORGOTTEN DIMENSIONS OF FORESTRY ENGINEERING?

IVAN MARTINIĆ, MARIO ŠPORČIĆ, VENCL VONDRA

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U članku se raspravlja o problemu kvalitete rada i sigurnosti pri šumskom radu u uvjetima transformacije i tranzicije hrvatskoga šumarstva. U analizi postojećega stanja izdvajaju se ključni nedostaci i negativni trendovi na državnoj razini te na razini državnih i privatnih šumarskih tvrtki. Navode se programi koji su pokrenuti radi unapređivanja stanja: poticanje integralnoga pristupa sigurnosti pri šumskom radu, ocjenjivanje radne tehnike šumskih radnika, licenciranje izvoditelja šumskih radova i drugi. Posebno se osvrće na osnovne pokazatelje i uzroke ozljeđivanja u državnom šumarskom poduzeću. Naglašava se potreba usvajanja strategije povećanja kvalitete, sigurnosti i ekonomičnosti šumskoga rada u čijem bi središtu bili obučavanje, uvježbavanje i potvrđivanje sposobnosti i radnika i voditelja poslova. Kao posebni prioritet navodi se nužnost izgradnje nedostajućih organizacijskih i kadrovskih pretpostavki za licenciranje izvoditelja šumskih radova, čime bi se jamčila njihova kvalificiranost i otklonili sadašnji opravdani prigovori vezani uz razinu stručnosti pri najzahtjevnijim šumskim radovima: sječi, izradi i privlačenju drva te izgradnji šumskih prometnica, gdje se posljedice nestručnoga rada teško mogu ispraviti.

Ključne riječi: šumarstvo, šumski rad, sigurnost i zdravlje radnika, licenciranje, radna tehnika

UVOD INTRODUCTION

Povećanje ukupnoga rezultata gospodarenja šumama svakako je najvažniji zadatak u tranziciji hrvatskoga šumarstva. Pritom je jedno od ključnih pitanja podizanje kvalitete u izvođenju šumskih radova uz istodobno smanjenje troškova i povećanje humanizacije šumskoga rada. I dok mnogi pokazatelji ekonomske dje-

lotvornosti upućuju na višegodišnje stagniranje organizacijsko-tehničke razine izvođenja šumskih radova, sigurnost na radu odavno nije isključivo etički imperativ, već ima i značajnu financijsku dimenziju. Uspkos tomu vrlo je malo spremnosti za djelovanje u smjeru nužnih poboljšanja. Dapače, sudeći prema interesu koji u Hrvatskoj veći dio šumarske javnosti (Vlada, obrazovne institucije, poslodavci i radničke organizacije) pokazuju prema problemima kvalitete rada te sigurnosti i zaštite zdravlja šumarskih radnika, moglo bi se zaključiti kako je taj problem, po svemu, marginalnoga značenja.

Više je dokaza kako hrvatsko šumarstvo nije prepoznalo kvalitetu rada i sigurnost pri šumskom radu kao dugoročno značajan i prioritetan interes. Samo su neki od njih:

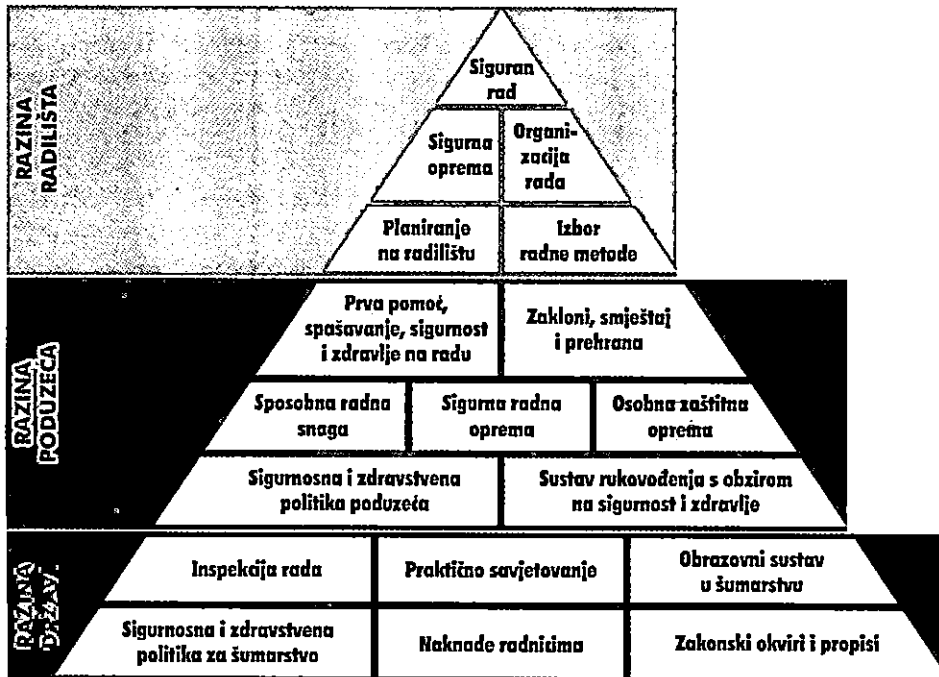
- Ni 10 godina nakon donošenja Zakona o zaštiti na radu (donesen 1996) šumarstvo nije donijelo svoj strukovni propis u ovom području; važeći *Pravilnik o zaštiti na radu u šumarstvu* datira iz davne 1986. godine!
- Stanje sigurnosti na radu osobito je dramatično u privatnim šumama u kojima dosad nije bilo nikakvih napora (npr. izobrazbe) u smislu sigurnoga rada privatnih šumovlasnika.
- Zakonodavni i strukovni kriteriji angažiranja privatnih poduzetnika u izvođenju šumskih radova nisu regulirani u uvjetima kada oni obavljaju više od polovice godišnjega obujma sječe, izrade i privlačenja drva, a njihova upitna kvalificiranost izaziva opravdane prigovore stručnih krugova i javnosti.
- Osnovni pokazatelji razine sigurnosti pri šumskom radu (godišnji broj ozljeda, broj invalida rada, broj izgubljenih radnih sati i dr.) imaju stagnirajući ili pogoršavajući trend (tablica 1).
- Preporuke iz *Kodeksa o šumskom radu* ILO-a u hrvatskoj šumarskoj praksi nisu dosad prepoznate, pa ni primijenjene, a ni sam tekst Kodeksa nije preveden na hrvatski jezik!
- U sustavu plaća kvalitetniji rad nije nagrađen ni stimuliran, tj. plaća za obavljen rad ovisi o količini, ali ne i o kvaliteti obavljenoga rada.
- Višegodišnje analize radne tehnike pri šumskom radu pokazuju stagnirajući ili pogoršavajući trend.

Ovakvim se nalazom samo potvrđuje kako se jaz koji je i prije postojao u odnosu na zaposlenike u šumarstvu razvijenih zemalja i dalje samo produbljuje. Dok se u razvijenim zemljama sustavno radi na unapređenju sigurnosti i zdravlja radnika, u nas su takve aktivnosti gotovo zamrle, odnosno većina je nastojanja za poboljšanjem usmjerena samo na tehničko-organizacijske mjere s vrlo ograničenim učinkom. Dapače, u hrvatskom šumarstvu sasvim je izostao integrirani pristup po kojem su sigurnost i zdravlje sastavni elementi cilja poduzeća i opće kvalitete poslovanja (slika 1).

Načelo integralnoga pristupa sigurnosti na radu promovirala je 1998. godine Međunarodna organizacija rada (ILO) u *Kodeksu sigurnost i zdravlja pri šumskom radu*¹.

Tablica 1. Izabrani pokazatelji razine sigurnosti na radu u Hrvatskim šumama d.o.o. Zagreb
 Table 1 Trend of basic data and indicators regarding work safety in "Hrvatske šume", ltd.

God. Year	Broj svih radnika Number of workers, No.	Broj ozljeda Number of injuries, No.	Smrtno stradali Number of dead persons, No.	Izgubljeni radni dani Lost working days, No.
1994.		625	4	17 883
1995.		613	1	19 898
1996.	10 078	736	1	20 649
1997.	9718	631	2	17 559
1998.	8745	546		14 932
1999.	8513	602	0	14 494
2000.	9779	676	7	22 687
2001.	9796	551	0	13 993
2002.	9244	584	2	20 629
2003.	9941	495	3	18 465
2004.	9628	463	1	15 403
2005.	9997	530	2	16 933



Slika 1. Razine i elementi integralnoga pristupa sigurnosti u šumarstvu
 Figure 1 Levels and elements of an integral approach to safety in forestry

Podsjećamo na ključne smjernice *Kodeksa*:

- Kodeks se ne usredotočuje toliko na tehničke mjere i sigurnu izvedbu koliko ističe važnost postavljanja sigurnosti na najvišu razinu odlučivanja, posebno u poduzećima i na radnim mjestima. Kodeks pokriva sve skupine zaposlenika u šumarstvu: zaposlene u šumarskim poduzećima, poduzetnike, samozaposlenike i privatne šumovlasnike.
- Kodeks zahtijeva uvođenje uvježbavanja i obveznoga potvrđivanja vještina kao ključnoga uvjeta za sigurnost u šumarstvu. To razumijeva stjecanje licencije kao dokaza o usvajanju minimalnih potrebnih vještina za siguran šumski rad. Dosad je u većini zemalja s razvijenim šumarstvom opće usvojeno potvrđivanje i testiranje vještina za ručno-motorne operatere te rukovatelje mehaniziranim sustavima.

Analizom statistike ozljeđivanja radnika Hrvatskih šuma d.o.o. Zagreb u razdoblju od 1996. do 2005. godine utvrdilo se da i 2005. jednako kao i prije deset godina 2/3 svih ozljeđa nastaje zbog padova pri kretanju, odnosno zbog nepravilnoga rada i nepridržavanja pravila sigurnoga rada (tablica 2).

Najčešći uzroci ozljeđa te njihova brojnost i s njima povezani troškovi upozoravaju na potrebu izmijenjenoga pristupa obučavanju i uvježbavanju šumskih radnika. S druge strane, pokazuje se da je nedvojbeno razina osposobljenosti šumskih radnika najkritičniji čimbenik unapređenja ekonomičnosti šumskoga rada.

Posebno je to važno u kontekstu sigurno značajnoga, ali i nepoznatoga obujma ozljeđivanja zaposlenika kod privatnih izvoditelja šumskih radova u Hrvatskoj koji, radi ekonomičnosti posla, ne poštuju ili izbjegavaju minimalne sigurnosne i socijalne standarde zaposlenika.

UNAPREĐIVANJE I POTVRĐIVANJE RADNE TEHNIKE ŠUMSKIH RADNIKA IMPROVEMENT AND CONFIRMATION OF WORKING TECHNIQUES USED BY FOREST WORKERS

Iz prakse zemalja razvijenoga šumarstva poznato je da su značajne rezerve za povećanje ekonomičnosti šumskoga rada upravo u poboljšanju organizacije rada i unapređenju radne tehnike izvoditelja šumskih radova. U većini se tih zemalja kao najvažnija sastavnica strategije povećanja kvalitete i ekonomičnosti šumskoga rada, ali i poboljšanja sigurnosti i zdravlja, provode programi obučavanja, uvježbavanja i potvrđivanja sposobnosti radnika.

Novi pristup unapređenja kvalitete i sigurnosti u hrvatskom šumarstvu pokrenuo je Zavod za istraživanja Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1999. godine. Te

¹ Kodeks je rezultat rada 30 eksperata vodećih svjetskih stručnjaka iz područja ergonomije i zaštite na radu. Te su stručnjake izabrali vlada, poslodavci i zaposlenici – šumarski radnici.

Tablica 2. Uzroci ozljeđivanja u Hrvatskim šumama za 2005. godinu
 Table 2 Causes of injuries in "Hrvatske šume", Inc. Zagreb (2005)

Opis uzroka ozljede – Cause of injury	N	%
Neispravnost sredstava rada – Faulty working means	1	0,19
Klizavost i zakrčenost prilaza i površina <i>Slipperiness and blockage of access roads and areas</i>	191	36,04
Pomanjkanje zaštite od buke, vibracija i prašine <i>Lack of protection against noise, vibrations and dust</i>	5	0,94
Poremećaji u tehnološkom procesu rada <i>Disturbances in the technological work process</i>	35	6,60
Ostala neprimijenjena osnovna pravila zaštite na radu <i>Other unapplied basic rules of protection at work</i>	22	4,15
Ukupno – osnovna pravila zaštite na radu <i>Total – basic rules of protection at work</i>	254	47,92
Pomanjkanje posebnoga uvjeta radnika u pogledu psihičkih i psihofizičkih sposobnosti – Absence of special prerequisites related to a worker's physical and psycho-physical abilities	1	0,19
Izvođenje radne operacije na način protivan pravilima zaštite na radu – Performing a working operation in a way contrary to work safety rules	190	35,85
Izvođenje radne operacije bez upotrebe odgovarajućega osobnoga zaštitnoga sredstva ili neispravnoga osobnoga zaštitnoga sredstva – Performing a working operation without a suitable personal protection kit or with a faulty personal protection kit	23	4,34
Zamor radnika – Worker fatigue	2	0,38
Rad radnika bez razradene tehnologije rada i posebnih uputa pri izvođenju složenih poslova i radnih zadataka – Workers' activities without elaborated work technology and special instructions for the performance of complex jobs and working tasks	1	0,19
Akutne i kronične bolesti – Acute and chronic diseases	1	0,19
Protupravno djelovanje treće osobe – Unlawful action of a third person	7	1,32
Viša sila – Force majeure	1	0,19
Ostala neprimijenjena posebna pravila zaštite na radu koja nisu posebno navedena <i>Other unapplied special protection rules which are not listed separately</i>	50	9,43
Ukupno – posebna pravila zaštite na radu <i>Total – special work protection rules</i>	276	52,08
UKUPNO – TOTAL	530	100,00

je godine započelo ocjenjivanje radne tehnike šumskih radnika kao dio sustavnoga unapređivanja šumskoga rada po cikličnom modelu 'ocijeni – analiziraj – korigiraj i poboljšaj – uvježbaj – provjeri i potvrdi'. Svrha je ocjenjivanja prepoznati i nagraditi kvalitetan rad, ali i utvrditi kritična mjesta u radnoj tehnici svakoga radnika te sugerirati odgovarajuće programe korekcije i poboljšanja radne tehnike ili organizacije rada. Model predviđa da svaki radnik, na osnovi ocjene vlastite radne tehnike, bude svrstan u jednu od triju kvalitetnih skupina, pri čemu je svaka skupina u izravnoj vezi s *bonus-malus* sustavom stimulacije na osnovicu plaće radnika (tablica 3).

Najnovija istraživanja radne tehnike odnose se na analizu trendova ocjena rada sjekača u razdoblju od 2000. do 2005. godine. Na temelju svih ocjena (za svakoga sjekača u uzorku ocjenjivano je 11 radnih elemenata) za UŠP Zagreb i UŠP Nova

Tablica 3. Kvalitetne skupine s prijedlogom stimulacije
 Table 3 Quality groups with a simulation proposal

Raspon prosječne ocjene – Average score range	Kvalitetna skupina Quality group	Prijedlog stimulacije Stimulation proposal	Primjer izračuna neto plaće Example of net salary calculation	
			osnovica – basic salary 3600 k	osnovica – basic salary 4500 kn
2,5 i više	I	+ 15 %	4140	5175
2,2 – 2,49	II	0	3600	4500
1,9 – 2,19	III	-10 %	3240	4050

Gradiška izračunati su relativni udjeli ocjena: 1 (najslabija razina izvedbe), 2 (srednja razina izvedbe) i 3 (najbolja razina izvedbe) po radnim elementima (tablica 4).

Dodatno je iskazan trend ukupne prosječne ocjene za svaki UŠP i za oba objedinjeno (tablica 5).

Tablica 4. Relativni udjeli ocjena za sve snimljene radnike u razdoblju 2000–2005. po radnim elementima
 Table 4 Relative proportions of scores for all the observed workers in the period 2000 – 2005 per work elements

Uprava šuma podružnica Forest administration, branch office	Zagreb			Nova Gradiška							
	N = 776						N = 654				
Broj ocjena – Number of scores	“1”			“2”			“3”				
Ocjena – Score	“1”			“2”			“3”				
Radni element – Evaluation procedures	%										
Utvrđivanje i provjera smjera rušenja Establishment and checking of felling direction	3,00	52,68	44,32	1,27	22,24	76,50					
Izrada zasjeka – Performing undercut	8,52	39,85	51,67	0,54	26,45	73,01					
Visina konačnoga reza – Final cut height	9,73	38,84	51,43	1,07	24,97	73,95					
Izgled sigurnosne zone (prijelomnice) Apperance of safety zone (crest)	19,09	42,96	37,95	2,51	35,17	62,32					
Pridržavanje smjera rušenja Adhering to felling direction	10,38	16,12	73,49	1,73	15,40	82,87					
Položaj tijela pri kresanju Body posture when limbing	4,42	51,28	44,30	1,49	46,93	51,58					
Kretanje motorne pile Chain saw movement	13,66	46,92	39,42	11,34	48,94	39,72					
Kvaliteta kresanja – Limbing quality	1,30	24,62	74,08	0,38	22,84	76,78					
Tehnika prepiljivanja Transverse cutting technique	3,11	36,64	60,25	0,73	41,44	57,83					
Uporaba ostaloga alata Use of other tools	7,44	49,92	42,64	1,14	28,74	70,13					
Uporaba osobnih zaštitnih sredstava Use of personal protection kit	21,50	55,20	23,30	3,12	38,01	58,87					
Ukupno, svi elementi Total, all evaluation procedures	9,46	41,37	49,35	2,26	32,65	65,09					

Tablica 5. Prosječna ocjena radne tehnike u razdoblju 2000 – 2005 za uzorke
 Table 5 Average score of working techniques in the period 2000 – 2005 for the samples

UŠ podružnica / godina FA Branch Office / Year	Prosječna ocjena za svih 11 radnih elemenata Average score for all 11 working elements					
	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.
Zagreb	2,41	2,40	2,13	2,59	2,42	-
Nova Gradiška	2,72	2,56	2,60	2,54	2,70	2,59
Zajedno / prosječno Overall / average	2,51	2,47	2,36	2,58	2,56	2,59

*nije provedeno ocjenjivanje - no scoring conducted

Ukupno relativna je struktura za svih 1430 ocjena sljedeća:

- ocjena 1: 6,16 %
- ocjena 2: 37,38 %
- ocjena 3: 56,55 %

Kritični su oni elementi gdje je najveći udio najslabijih ocjena (1): kod UŠP Zagreba to su *uporaba osobnih zaštitnih sredstava, izgled prijelomnice i kretanje motorne pile*, dok je to kod Nove Gradiške: *kretanje motorne pile*. Takvo se stanje može odraziti na povećan rizik od ozljeđivanja i nastajanja profesionalnih bolesti (npr. razvoj lumbosakralnih bolesti zbog trajno nepovoljnoga opterećenja pri radu), ali i na ekonomske štete (npr. smanjenje vrijednosti sortimentne strukture zbog grešaka pri obaranju ili veću težinu ozljeđa zbog neupotrebe zaštitinih mjera i sredstava).

LICENCIRANJE U ŠUMARSTVU LICENSING

Svjesni mnogobrojnih problema i teškoća vezanih uz izvođenje šumskih radova, potkraj devedesetih godina potiče se više programa unapređivanja stanja. Potrebu za promjenama dodatno je potaknuo razvoj tržišta usluga u izvođenju šumskih radova u koje se uključio i veći broj privatnih tvrtki i obrta (Vondra i dr. 1997). Pritom se kao ključno za unapređivanje kvalitete i sigurnosti šumskoga rada prepoznalo određivanje strukovnih standarda u različitim aspektima šumske proizvodnje te podizanje radne tehnike izvođitelja šumskih radova (Martinić 1998). Takva su nastojanja ugrađena i u dokument *Nacionalna šumarska politika i strategija*² u kojem se kao prioritet navodi nužnost licenciranja izvođitelja šumskih radova. Ubrzo zatim razrađene su stručne osnove te zakonodavni i institucionalni okvir sustava licenciranja

² O licenciranju se u dokumentu "Nacionalna šumarska politika i strategija (NN, 120/03) govori u okviru područja A: Gospodarenje šumskim ekološkim sustavima, dijelu A2: Uvođenje 4E (ekološke, ergonomske, ekonomske, energetske) tehnologije u šumarstvo, pod strateškom aktivnošću A2.4. navedeo je "Unapređenje radne tehnike i sigurnosti pri radu putem osposobljavanja, ocjenjivanja i potvrđivanja". Nadležnost za provedbu je na MPŠVG, a partneri su ŠF, ŠIJ, PŠ, MZT, MRSS, MPS, HŠD.

(Martinić 1999, Šporčić i Martinić 2004, 2005). Naime, uvrštenju obveze licenciranja u novi *Zakon o šumama* prethodio je projekt "Razvoj modela licenciranja izvoditelja šumskih radova" u okviru kojega su razrađeni kriteriji te izraden prijedlog zakonskoga teksta kao integralni dio *Zakona o šumama* te prijedlog *Pravilnika o licenciranju*.

Nažalost, sama provedba licenciranja odgođena je do donošenja novoga *Zakona o šumama* (donesen 2005) i *Zakona o komori inženjera šumarstva i drvne industrije* (donesen 2006) kojima su tek načelno određene legislativne osnove provedbe licenciranja.

Model licenciranja izvoditelja šumskih radova polazi od minimalnih kriterija kvalificiranosti u četiri osnovna područja:

- **tehničko-tehnološko područje** koje uključuje provjeru sljedećih aspekata:
 - vrsta, brojnost i tehnološka razina opreme
 - starost opreme
- **stručno-kadrovsko područje** pri čemu se ocjenjuju:
 - brojnost i stručna izobrazba voditelja posla
 - brojnost i stručna izobrazba radnika
 - osposobljenost za rad na siguran način
 - opskrbljenost zaštitnim sredstvima
 - skrb za radni standard
 - odnos prema ekološkim aspektima rada
- **ekonomsko-organizacijsko područje**
 - razina organiziranosti poduzeća
 - trajni nadzor kvalitete radova – sustav odgovornosti
 - tehnička sredstva za djelovanje u slučaju ozljeda/nesreća na radu
 - poslovna solidnost
- **ekološko područje**. To minimalno uključuje:
 - informiranje zaposlenika o praktičnim mjerama zaštite okoliša
 - mjere za sprečavanje onečišćenja okoliša uljima i dr.
 - mjere za sprečavanje oštećivanja tla i sastojine
 - sustav nagrađivanja (stimulacije) za žekološku obzirnostž.

Do prvih kvalificiranih izvoditelja šumskih radova u hrvatskom šumarstvu potrebno je ubrzano izgraditi organizacijske i kadrovske pretpostavke licenciranja. To znači određivanje ovlaštenih institucija za izobrazbu i atestiranje, imenovanje povjerenstava za svako područje potvrđivanja, definiranje dokaznih isprava i protokola i dr.

Sve dotad opravdan će biti svaki prigovor vezan uz razinu stručnosti i obzirnosti pri šumskim radovima – posebno kod projektno-tehnički najzahtjevnijih radova: sječe, izrade i privlačenja drva te izgradnje šumskih prometnica, gdje se posljedice nestručnoga rada teško mogu ispraviti.

DISKUSIJA DISCUSSION

U Hrvatskoj šumarstvo je još uvijek jedna od najopasnijih gospodarskih djelatnosti. Trendovi broja ozljeda na radu, učestalost pojave profesionalnih bolesti te preranoga odlaska u mirovinu šumarskih radnika ne pokazuju značajnija poboljšanja. Unatoč tomu, postoje jasni dokazi da su siguran rad i skrb za zdravlje šumarskih radnika potrebni i mogući te da sigurnost na radu odavno nije isključivo etički imperativ, već ima i značajnu financijsku dimenziju. Važno je da su vlade, tvrtke, poslodavci, osiguravajuća društva i radničke organizacije spremni na djelovanje u tom smjeru. Sigurno je da bi objedinjeni naponi značajno pridonijeli uštedama na troškovima i naknadama za nesreće te stvorili dodatne koristi kroz poboljšanja u proizvodnosti i kvaliteti rada.

U smislu gore navedenoga državnomu šumarskomu poduzeću (Hrvatske šume d.o.o. Zagreb) sugeriramo da kao nulti korak unapređivanja poslovanja pristupi uvođenju sustava kvalitete poslovanja

ISO 9001:2000. Podsjećamo da se predmetni sustav temelji na ispunjenju sljedećih skupina zahtjeva:

- zahtjevi sustava upravljanja
- odgovornost posloводства
- upravljanje resursima
- realizacija proizvoda i usluga
- mjerenje, analize, poboljšanje.

Uz eksterne razloge uvođenja normi poslovanja ISO 9001, za Hrvatske šume puno nam se važnijim čine interni razlozi koji se odnose na:

- unapređenje postojeće organizacije rada
- povećanje kvalitete usluga
- povećanje učinkovitosti i rad uz stalan napredak
- uspostavu konzistentnoga sustava odgovornosti
- povećanje zadovoljstva korisnika
- uspostavu preventivnoga sustava (žšto ako?)
- bolju dokumentiranost načina rada
- povećanje zadovoljstva uposlenika.

Sigurno je da bi se uvođenjem ISO 9001 napravio prvi i odlučujući korak prema postavljanju sigurnosti na najvišu razinu odlučivanja, odnosno usvajanju međunarodno priznatoga koncepta integralnoga pristupa sigurnosti i zdravlju zaposlenika u prevladavajućem dijelu hrvatskoga šumarstva.

LITERATURA REFERENCES

- 2 Čavlović, J., S. Posavec, M. Šporčić, 2005: Small-scale private Forest Management in Croatia. Proceedings of the International IUFRO Symposium – Small-scale Forestry in a Changing Environment, May 30 – June 4, 2005. Vilnius, Lithuania, 159–166.

- ✓ Lipoglavšek, M., 1998: Humanizacija dela v gozdarstvu. Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 214 str.
- MS ✓ Č Martinić, I., 1998: Stanje i razvoj izvođenja radova u Hrvatskoj neovisnim poduzetnicima. Meh. šumar., 23 (1): 7-13.
- SL ✓ Č Martinić, I., 1999: Sigurnost i zdravlje šumskih radnika – poticaj za njihovo unapređenje u Hrvatskoj. Šum. list, CXXIII (5-6): 201-210.
- MS ✓ Č Martinić, I., G. Matijević, 1999: Ocjena radne tehnike šumarskih radnika – metode i rezultati prethodnih istraživanja. Meh. šumar., 24 (1-2): 13-29.
- SL ✓ Č Martinić, I., M. Šporčić, 2005: Ekološko gledište održavanja mehanizacije u šumarstvu. Šum. list, 129 (1-2): 19 – 28.
- ✓ Č Medved, M., 1998: Nezgode in tveganje pri poklicnem in nepoklicnem delu v gozdu. GozdV, 56 (9): 379-389.
- D Šporčić, M., 2003: Uspostava modela potvrđivanja izvoditelja šumskih radova. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-100 + VII.
- ✓ Č Šporčić, M., 2005: Uvid u neka gledišta poduzetništva u šumarstvu Europe. Šum. list, 129 (5-6): 287-298.
- SL ✓ Č Šporčić, M., I. Martinić, 2004: Uslužni izvoditelji šumskih radova u Hrvatskoj. Šum. list, CXXVIII (11-12): 633-648.
- SL ✓ Č Šporčić, M., I. Martinić, 2005: Model licenciranja izvoditelja šumskih radova. Šum. list, 129 (7-8): 375-385.
- SL ✓ Č Šporčić, M., A. Sabo, 2002: Ozljeđivanje radnika u hrvatskom šumarstvu tijekom razdoblja 1991-2000. Šum. list, 126 (5-6): 261-271.
- O Vondra, V., I. Martinić, M. Zdjelar, 1997: Procjena uzroka nerazvijenosti privatnoga poduzetništva u šumskom gospodarstvu Hrvatske. Dijagnostička studija, Zavod za istraživanja u šumarstvu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 14 str.
- ✓ *** New forest code aims to protect loggers and the environment. World of Work, No. 21/1997, str. 8-11
- O *** Zakon o šumama (NN, 140/2006)
- O *** Zakon o zaštiti na radu (NN, 59/1996)
- O *** Zakon o inspekciji rada (NN, 59/1996)
- O *** Pravilnik o zaštiti na radu u šumarstvu Hrvatske (NN, 10/1986)
- O *** Pravilnik o zaštiti na radu, "Hrvatske šume", p. o. Zagreb
- O ** Safety and health in forestry work – An ILO Code of practice. ILO, Geneva 1998, str. 1-166.

ARE THE QUALITY AND SAFETY OF FOREST WORK THE FORGOTTEN DIMENSIONS OF FORESTRY ENGINEERING?

SUMMARY

The article discusses the problem of work quality and safe work practices in the period of transformation and transition of Croatian forestry. The analysis of the current state has revealed crucial deficiencies and negative trends both at the state level and at the level of state and private forestry companies. Programmes initiated to improve the condition focus on promoting an integral approach to safety

in forest work, evaluating working techniques of forest workers, licensing forest workers and other issues. Basic indicators and causes of injuries in the state forest enterprise are highlighted. It is necessary to adopt a strategy of increasing the quality, safety and efficiency of forest work, which would centre on training, drilling and assessing work capacity of forestry workers and work leaders alike. Special priority is given to the need of establishing organisational and personnel prerequisites needed to license forest workers, which would guarantee their competence and refute the justified objections related to the level of competence in the most demanding forestry activities: felling, harvesting and forwarding, as well as constructing forest roads – where the consequences of incompetent work are very hard to rectify.

Key words: forestry, forest work, safety and health of workers, licensing, work technique

UDK: 630*903

INOVACIJSKI PROCESI KAO KLJUČ PROVEDBE HRVATSKE ŠUMARSKE POLITIKE

INNOVATIVE PROCESSES AS A KEY TO EFFECTUATING THE CROATIAN FORESTRY POLICY

IVAN MARTINIĆ, MARIO ŠPORČIĆ, VENCL VONDRA

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U članku se raspravlja o ulozima i mogućim doprinosima inovacijskih procesa u oživotvorenju hrvatske šumarske politike. Naglasak je stavljen na mjere za dostizanje europskih načela i prakse u različitim aspektima šumarske proizvodnje. Ukazuje se na potrebu za mnogim prijelaznim rješenjima koja se posebno odnose na povećanje djelotvornosti i humanizacije rada, podizanje kakvoće rada i uvođenja u praksu strojeva i tehnologija podobnih i s ekološkoga i ekonomskoga i tehničkoga gledišta te poticanje istraživanja, obrazovanja i obuke na svim razinama. Definira se ključna uloga inovacijskih procesa koji se raščlanjuju na organizacijske i tehnološke inovacije te osmišljavanje novih proizvoda i usluga. Navode se glavni čimbenici u ubrzavanju, ali i osnovne prepreke u razvoju inovacijskih procesa. Nadalje se raspravlja o postojećem stanju sustava ekološke obzirnosti u šumarstvu. Posebno se osvrće na sustav zbrinjavanja opasnoga otpada u radnim jedinicama mehanizacije šumarstva. Naglašava se kako potreba za ekonomskom djelotvornošću proizvodnih sustava utječe na stalno iznalaženje inovativnih rješenja i poboljšanja u različitim aspektima šumarske djelatnosti. Kao glavni tekući zadaci spominje se potreba uvođenja sustava kvalitete i upravljanja okolišem ISO u šumarstvo Hrvatske.

Ključne riječi: šumarstvo, tehnika, inovacije, poduzetništvo, okoliš

UVOD INTRODUCTION

Od početka devedesetih godina europsko se šumarstvo razvija u okvirima šumarske politike definirane novim ciljevima, institucionalnom podrškom i novim financijskim instrumentima. Te su okvire odredile u prvom redu rezolucije ministarskih konferencija o očuvanju europskih šuma (Strasbourg 1990, Helsinki 1993, Lisabon 1998, Beč 2002), pri čemu se održivo gospodarenje šumama (engl.

Sustainable Forest Management) promovira kao osnovno načelo, a višenamjensko korištenje dobrobiti šumskih ekosustava za ekološke, ekonomske i socijalne potrebe društva kao trajni ciljevi takva gospodarenja.

U takvim uvjetima šumski radovi, kao najvažniji i najprepoznatljiviji dio šumarske djelatnosti, moraju zadovoljiti mnoge zahtjeve (posebno ekološke prihvatljivosti) jednako izborom tehnologija i uporabljenih radnih sredstava, te razinom izobrazbe planera i rukovatelja šumske mehanizacije. I dok su to zemlje razvijenoga šumarstva spremno dočekale i značajno poodmakle u prilagodbi svih aspekata šumskih radova novouspostavljenim kriterijima, većina je ostalih zemalja suočena s brojnim teškoćama transformacije šumarskoga sektora, pri čemu se brojne prepreke dostizanja načela i prakse razvijenih čine teško svladivim.

Posebno se to odnosi na kašnjenje u uvođenju visokih tehnologija (time i djelotvornijega i humanijega šumskoga rada) te u razvoju novih proizvoda i usluga od šuma, a time i smanjenom doprinosu nacionalnim privredama, ali i prosperitetu malih šumovlasnika i lokalnih zajednica [1].

Posebno značenje u europskom šumarstvu imaju zemlje srednje Europe, kako zbog značajnih šumskih resursa i njihove očuvanosti, tako i duge tradicije stručnoga gospodarenja šumama [2]. Istodobno najintenzivnije se promjene u šumarskom sektoru odvijaju upravo u krugu tzv. tranzicijskih zemalja srednje Europe (Slovačka, Češka, Mađarska, Rumunjska, Slovenija, Hrvatska), čije su nacionalne ekonomije u procesima prevođenja k modernim tržišnim modelima [3], [4], [5].

Temeljne su današnje značajke šumarskoga sektora u tranzicijskim zemljama: restrukturiranje državnih šumarskih poduzeća i početci privatizacije povrat šuma i šumskoga zemljišta bivšim vlasnicima napuštanje državnoga planiranja i decentralizacija upravljanja šumama slom tehničke infrastrukture (mehanizacija, šumske prometnice) nesigurnost financiranja javnih funkcija šuma poremećeno tržište drvnim proizvodima počeci razvoja poduzetništva i organiziranja privatnih šumovlasnika jačanje ekoloških zahtjeva prema šumarstvu (*Natura 2000*, certifikacija šuma).

U očekivanju ubrzanja tranzicijskih procesa i u Hrvatskoj valja upozoriti na razočaravajući širi društveni kontekst u kojem bi se ono trebalo događati. Tako se, na primjer u anketi [7] u kojoj su se ispitanici mogli opredijeliti za jedan od 10 ponuđenih odgovora na pitanje «Koji je najvažniji posao vezan za šume u Hrvatskoj?», dobio nimalo ohrabrujući nalaz (tablica 1).

Uzimajući u obzir da je na jednom od prethodnih pitanja više od polovice (54 %) istih ispitanika korektno definiralo pojam *održivoga razvoja*, očekivao se veći postotak točnih odgovora od utvrđenih 38 %. Velik broj onih (čak 28 %) koji smatraju da je najvažniji posao vezan uz šume upravo pošumljavanje samo pokazuje/dokazuje objektivnu dimenziju nerazumijevanja najšire javnosti prave prirode skrbi za šume i gospodarenja šumom. Riječ je svakako o tradicijskom poimanju šumarstva pri čemu su 'šumari oni koji sijeku šumu, pa iz toga proizlazi da je najvažniji posao vezan uz šume – trajno ih pošumljavati'.

Nesumnjivo je da osnovno obrazovanje i masovni mediji ne pružaju dovoljno informacija o značenju šuma i šumarstva za dobrobit ljudi i ukupan razvoj Hrvat-

Tablica 1. Rangirani odgovori na pitanje «Koji je najvažniji posao vezan za šume u Hrvatskoj?»
 Table 1 Ranked responses to the question: "Which is the most important forest-related activity in Croatia?"

	Ponudeni odgovori – Offered responses	N	%
1.	usklađeno koristiti šume u ekonomske, ekološke i socijalne svrhe <i>coordinated use of forests for economic, ecological and social purposes</i>	19	38,00
2.	trajno provoditi pošumljavanja – <i>permanent afforestation</i>	14	28,00
3.	racionalno provoditi sječe tako da se ne smanjuje površina i kvaliteta šuma – <i>rational felling to prevent a decrease in forested areas and forest quality</i>	6	12,00
4.	sačuvati šume od požara – <i>safe forests from fires</i>	5	10,00
5.	zaštititi šume u nacionalnim parkovima, parkovima prirode i park-šumama – <i>protection of forests in national parks, nature parks and park-forests</i>	4	8,00
6.	sprječiti prekomjerne sječe – <i>prevention of excessive felling</i>	1	2,00
7.	očuvati šume od štetnika, bolesti i dr. – <i>protection of forests from pests, diseases and other agents</i>	1	2,00
8.	razviti turizam i rekreaciju u šumama – <i>development of tourism and recreation in forests</i>	0	0,00
9.	organizirati lov i zaštitu divljači – <i>organization of hunting and wildlife protection</i>	0	0,00
10.	osigurati lakši život stanovništvu u selu i uz šume – <i>provision of easier life for the inhabitants in villages and along forests</i>	0	0,00
	Ukupno – <i>Total</i>	50	100,00

Izvor / Source: Šumarski fakultet u Zagrebu, 2004; stratificirani uzorak od 50 ispitanika

ske, pa se taj nedostatak uočava kroz nerazvijenu ekološku svijest naših građana koja se često očituje u nerazumijevanju i različitim negativnim stavovima u odnosu na aktivnosti u šumarstvu.

Nepostojanje odgovarajuće međusektorske, ali i unutarsektorske suradnje, usporava ostvarivanje zadataka postavljenih šumarskom politikom, ali i pojačava konflikte između različitih interesnih skupina. Stvaranje preduvjeta za informiranje ukupne javnosti o stanju šumskih resursa, te mjerama i aktivnostima za unapređivanje stanja u sektoru nisu samo globalni trend, nego i imperativ koji se postavlja pred sektor koji želi imati veću ulogu u ukupnom razvoju Hrvatske.

Isti su problemi kao ključni za tranzicijske procese u šumarstvu prepoznati i u temeljnom dokumentu hrvatskoga šumarstva – *Nacionalnoj strategiji i politici šumarstva* [6].

POVEĆANJE DJELOTVORNOSTI I HUMANIZACIJE RADA NA PRIJELAZU PREMA VISOKIM TEHNOLOGIJAMA

INCREASED EFFICIENCY AND HUMANIZATION OF WORK DURING THE TRANSITION TO HIGH TECHNOLOGIES

Jedno je od važnih obilježja šumarstva u tranzicijskim zemalja uočljivo kašnjenje s primjenom vrhunskih tehnologija mehaniziranja šumskih radova (automatizirana stovarišta, rad s harvesterima, iveračima i procesorima, izvoženje for-

varderima) – tamo gdje se to pokaže opravdanim i svrhovitim. U većem dijelu zemalja srednje Europe sve do danas takve vrhunske, vrlo djelotvorne, a i skupe tehnologije nisu našle širu primjenu. Razlozi su za to, uz teškoće zbog značajki srednjoeuropskih šuma, još i nizak životni standard (velika nezaposlenost te jeftina i slabo organizirana radna snaga), male i razdrobljene privatne šume, nesigurnost rada i organiziranosti šumarstva u državnim šumama te nedostatak sredstava za istraživanja različitih aspekata navedene problematike [8], [9]. S druge strane tek je primjenom visokih tehnologija moguća, uz veću djelotvornost, i veća humanizacija šumskoga rada, čime bi se prevladale sadašnja negativna statistika nesreća na radu i profesionalnih bolesti.

Uzimajući u obzir sve navedeno, jasna je potreba za mnogim tzv. prijelaznim rješenjima prema većoj primjeni visokih tehnologija. Prijelazna rješenja posebno se odnose na:

- poboljšanje radnih tehnologija i metoda rada te razvoj visoke kvalitete opreme s manjim negativnim utjecajem na šumske ekosustave, posebno na tlo
- unapređivanje konstrukcije strojeva i pravilan odabir strojeva što se tiče vrste, dimenzija, mase i snage, te način uporabe pri radu
- podizanje kakvoće rada s postojećim strojevima i opremom te uvođenja postupaka ovlašćivanja, licenciranja i potvrđivanja radnika, radnih sredstava, usluga i postupaka uključenih u šumsku proizvodnju
- poticanje istraživanja te uvođenja u praksu strojeva i tehnologija podobnih i s ekološkoga i s ekonomskoga i tehničkoga gledišta
- međudisciplinarni pristup istraživanjima i rješavanju problema te obrazovanje i obuka na svim razinama [8], [9].

Osim tih izravnih doprinosa vezanih uz tehničku sastavnicu šumskoga rada, od šumarske se politike očekuju strateške sugestije glede razvoja šumarstva. To se jednako odnosi na ponovnu uspostavu standarda šumske mehanizacije, utvrđivanje strategije ulaganja u tehničku infrastrukturu, te na definiranje i razvoj naprednijih tehnika šumskih radova koji će u prijelaznom razdoblju – što je god moguće bolje – pomiriti zatečeno stanje, raspoložive mogućnosti i željene dosege šumske proizvodnje, jednako u državnim i privatnim šumama.

PREVLADAVANJE TRANZICIJSKIH TEŠKOĆA KROZ INOVACIJSKE PROCESSE OVERCOMING TRANSITIONAL DIFFICULTIES THROUGH INNOVATIVE PROCESSES

Sve se tranzicijske zemlje srednje Europe odlikuju velikom šumovitošću (približno 50 % pokrivenosti), a šume su njihov važan (obnovljiv) resurs i velik potencijal za gospodarski razvoj i zaradu. No, za razliku od razvijenih europskih zemalja u tranzicijskim je zemljama drvo glavni, a ponegdje i jedini izvor prihoda iz šume. Tržište nedrvenih šumskih proizvoda i usluga praktično nije razvijeno. Istraživanja

koja je u programu INNOFORCE proveo European Forest Institute (EFI) pokazala su vrlo nisku razinu inovacijskih procesa u tranzicijskim zemljama [1], [10]. Pristom se inovacije raščlanjuju na: 1) organizacijske inovacije, 2) tehnološke inovacije, 3) osmišljavanje novih proizvoda i 4) osmišljavanje usluga. Nalaz strukture inovacijskih procesa po vrstama je sljedeći:

- organizacijske inovacije – 39 %
- inovacije usluga – 29 %
- novi proizvodi (drvni i nedrvni) – 18 %
- tehnološke inovacije – 14 %.

Kao glavni čimbenici ubrzanja inovacijskih procesa prepoznaju se:

- suradnja s dobavljačima i naručiteljima/kupcima
- suradnja sa šumovlasnicima
- raspoloživost informacija o inovacijama
- ciljane državne potpore i subvencije za razvoj inovacija
- logistička podrška za tehničke i organizacijske inovacije.

Najvažnije teškoće su:

- značajni troškovi razvoja inovacije
- visoki troškovi uvođenja inovacije
- nedostatak vlastitih sredstava
- nedostatak informacija o tržištu
- nesigurnost prodaje.

U pogledu tehnoloških inovacija težište je razvoja usredotočeno na nekoliko zadataka:

- rast udjela mehanizacije u iskorištavanju šuma te njezino osuvremenjivanje
- osuvremenjivanje rada u proredama i pri pošumljivanju neobraslih šumskih površina
- novi načini rada na strmim terenima
- osuvremenjivanje sustava transporta
- vrsnije izvođenje šumskih cesta.

Iako tehnološke inovacije čine glavno područje budućih zadataka, ozbiljna su prepreka njihovu očekivanomu većemu obujmu iznimno visoki troškovi i složeni postupci razvoja (istraživanje, normiranje, testiranje ...). Stoga bi jednako velik izazov trebao biti razvoj novih proizvoda i postupaka koji bi omogućili uključivanje mnogobrojnih malih šumovlasnika na tržište drvnih i nedrvnih šumskih proizvoda i usluga [11], [12], [13].

Važna kretanja u ovom području uključuju:

- upravljanje šumskim proizvodima
- promjenu vrijednosti proizvoda
- razdiobu i specijalizaciju proizvodnje i proizvoda
- uporabu sječke i piljevine
- uporabu bjelogoričnih vrsta u proizvodnji celuloze i papira.

Novi okvir i važan poticaj razvoju inovacija i poduzetništva za hrvatsko šumarstvo predstavljaju mogućnosti korištenja financijskih sredstava iz pretpristupnih fondova EU-a (SAPARD, ISPSA, PHARE). Na primjeru Slovenije može se vidjeti na koje

su aktivnosti i programe usmjerena takva sredstva kad su u pitanju zemlje članice. Tako članice EU-a mogu dobiti financijske potpore u šumarstvu ako se odluče za:

- pošumljavanje neobrasloga šumskog zemljišta
- ulaganje u šume radi značajnoga poboljšanja njihove gospodarske, ekološke ili socijalne vrijednosti
- ulaganje radi poboljšanja i racionalizacije dobivanja, prerade i prodaje šumskih proizvoda
- poticanje novih mogućnosti za korištenje i prodaju šumskih proizvoda, npr. biomasa
- osnivanje udruga šumovlasnika radi pomoći njihovim članovima pri unapređivanju održivoga i učinkovitoga gospodarenja njihovim šumama
- obnavljanje proizvodnoga potencijala šuma, oštećenih zbog prirodnih nepogoda i požara te uvođenje preventivnih instrumenata.

STRATEGIJE ZA JAČANJE EKOLOŠKOGA ASPEKTA ŠUMSKIH RADOVA

STRATEGIES AIMED AT STRENGTHENING THE ECOLOGICAL ASPECT OF FOREST ACTIVITIES

Pri primjeni strojeva na šumskim radovima stalno im se povećava broj. Usporedno s povećanjem broja strojeva razmjerno je veći štetni utjecaj na ekološku ravnotežu na područjima intenzivne primjene mehanizacije [14], [15], [16].

Štete su pri uporabi mehanizacije u šumi mehaničke i kemijske. Mehaničke su štete posljedica ponajprije mehanizirane izgradnje šumskih cesta i traktorskih vlaka pri čemu se koriste različiti strojevi za premještanje tla, sitnjenje stijena, oruđa za zbijanje, drobilice, bageri, bušilice i dr. Pritom se oštećuju debla, krošnje, pomladak, korijenski sustav ...[17]. Osim tih u mehanička se oštećenja ubrajaju i oštećenja koja nastaju pri sječi i izradi te privlačenju i uhrpavanje drva kada se alatom i mehanizacijom oštećuju debla, grane, korijenski sustav, tlo i dr.

Kemijske su štete uzrokovane emisijom otrovnih plinova u atmosferu te onečišćenjem šumskog tla i vode ispuštanjem maziva, ulja i goriva. Uzrok onečišćenja može biti i istjecanje uzrokovano nepažnjom pri rukovanju. Pritom štete u ekosustavu mogu biti, a često i jesu velike.

Okoliš se od štetnoga utjecaja maziva može zaštititi na dva načina: a) razvojem novih načina smanjenja potrošnje maziva i sprječavanjem njegova istjecanja iz hidrauličnoga sustava te b) zamjenom za okoliš štetnijih mineralnih maziva ekološki povoljnijim biouljima [18], [19], [20], [21]. Naime, već su više desetljeća na raspolaganju biorazgradiva ulja koja svode oštećenja okoliša, nakon slučajnoga prolijevanja, na najmanju moguću mjeru.

Sve su zemlje razvijenoga šumarstva usvojile strategije postupnoga povećanja udjela goriva, ulja i maziva biološkoga podrijetla (biodizel, bioulja i biomaziva) za šumsku mehanizaciju.

Učinkovitost i radna svojstva bioulja u odnosu na danas pretežito upotrebljavana mineralna ulja tek treba ocijeniti u najrazličitijim eksploatacijskim uvjetima. Njihova primjena najzanimljivija je tamo gdje postoji rizik ugrožavanja područja od posebne ekološke važnosti (npr. dijelovi nacionalne ekološke mreže). Očekuje se da će se sadašnja značajna razlika u cijeni prema mineralnom ulju u sljedećim godinama bitno smanjiti. Veća trajnost i jeftinije mogućnosti uklanjanja otpada dodatno će povisiti ekonomičnost.

Neke od zadaća vezanih uz buduću značajniju uporabu bioulja odnose se na daljnje povećanje biorazgradivosti, smanjenje otrovnosti (mjeri se utjecaj na vodene ekosustave), povećanje spojivosti s mineralnim uljima (što je u prijelaznoj fazi nužno radi višestruko veće cijene bioulja), bolju oksidaciju i dr.

Skopy [22] navodi najvažnije mjere koje se trenutno provode vezano uz uporabu biorazgradivih ulja:

- razvijanje metoda za mjerenje disperzije i koncentracije ulja u površinski sloj tla odmah nakon sječe
- razvijanje novih metoda za ocjenu svojstava ulja na niskim temperaturama i određivanje minimalne temperature u uporabi ulja, s točnošću od 1°C
- definiranje dijagnostičkih pokazatelja za servisni interval promjene ulja u hidrauličnim mehanizmima i mjenjačkim kutijama.

S ekološkoga se gledišta uporaba mehanizacije pri šumskim radovima drži jednim od najvažnijih pritisaka na šumske ekosustava. Ti se pritisci ogledaju kao izravne i neizravne štete i poremećaji svojstava glavnih sastavnica šuma: tla, vode, vegetacije, šumske faune i dr.

U vozilima (kamioni, traktori, forvarderi, buldožeri i dr.) te strojnim uređajima koji se koriste u šumarstvu nalazi se niz opasnih tvari: motorna i hidraulična ulja, antifiz, rashladne tekućine, akumulator, katalizator, plin iz klimatizacijskih uređaja, uljni filtri, teške kovine i dr., koje kod neodgovornoga odbacivanja u prirodi uzrokuju teška oštećenja okoliša i ugrožavaju zdravlje ljudi. I sami konstrukcijski dijelovi vozila (karoserije, nadogradnje, podvozja i dr.) opasan su otpad u slučajevima kada od njih nisu izdvojene neke od prije navedenih tzv. problematičnih tvari ili elektronički sklopovi [23].

S namjerom da se utvrde okvirne količine opasnoga otpada u RJM koje djeluju u okviru Hrvatskih šuma, definira razina informiranosti njihovih zaposlenika i utvrdi stanje započetih aktivnosti usklađivanja sa *Zakonom o otpadu* [24], tijekom 2004. godine proveden je Upitnik o zbrinjavanju opasnoga otpada u radnim jedinicama mehanizacije (RJM). Upitnikom je obuhvaćeno svih 13 radnih jedinica koje s 367 mehaniziranih sredstava obavljaju sječu, izradu i transport drva te grade šumske prometnice u državnim šumama Republike Hrvatske, u HŠ (tablica 2) [25].

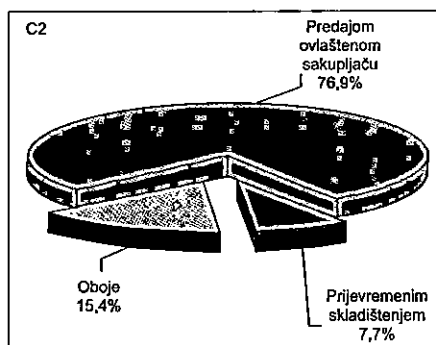
Na osnovi analize nalaza iz upitnika o zbrinjavanju opasnoga otpada utvrdilo se:

- u 4 od 13 RJM tijekom 2004. godine dogodili su se značajni ekološki incidenti, npr. nekontrolirano ispuštanje ulja, puknuće hidrauličnih cijevi i sl.
- inspekcija zaštite okoliša obavila je nadzor zbrinjavanja otpada u 10 od 13 RJM

Tablica 2. Osnovni podaci o RJM i pripadajućim količinama opasnoga otpada – po sjedištima RJM
 Table 2 Basic data of OU mechanisation and theirs amounts of hazardous waste

Radna jedinica Operating Unit	Zaposleni Employees	Broj mehaniziranih sredstava rada Number of mechani- sed means of work	Otpadne gume Waste tyres	Kruti ot- pad Solid waste	Otpadno ulje Waste oil
		N		Tona	
1	2	3	4	5	6
Delnice	106	58	120	3	0,5
Đudevac	95	48	50	15	4
Bjelovar	88	42	200	10	5
Karlovac	60	34	55	15	2,5
Ogulin	95	29	300	2	3
Senj	58	28	250	10	5
Gospić	42	22	80	2	2
Nova Gradiška	35	21	70	10	2
Našice	51	21	97	16,5	4,5
Vinkovci	62	20	170	2	3
Kutina	38	19	136	16	2
Požega	46	15	90	6	3,5
Osijek	27	10	80	30	3
Ukupno – Total	803	367	1.698	137,5	40,0

- utvrđene količine otpada na godišnjoj razini iznose manje od 500 tona, što je manje od 0,25 % udjela u ukupnoj godišnjoj količini opasnoga otpada u RH. Po jednom mehaniziranom sredstvu rada prosječno se godišnje odlaže 4,6 komada autoguma, 370 kg krutoga otpada i 109 litara motornih i hidrauličkih ulja.
- 12 od 13 RJM (92,3 %) trenutno nema nezbrinute veće količine opasnoga otpada (tablica 3)
- 8 od 13 RJM u servisnim radionicama odvojeno odlaže tzv. problematične tvari: istrošeno ulje, gume, akumulatori i dr.
- 10 RJM opasni otpad predaje ovlaštenom skupljaču, 1 RJM privremeno odlaže otpad u vlastitom prostoru, 2 RJM opasni otpad zbrinjavaju kombinacijom oba načina (slika 1)
- 9 RJM ima odgovarajuće uređen prostor za privremeno skladištenje
- 11 od 13 odgovornih osoba RJM izjavilo je da je dobro upoznato s obvezama iz Zakona o otpadu
- samo 5 od 11 RJM ima, sukladno zakonskoj obvezi, izrađen Plan gospodarenja otpadom
- 7 od 13 RJM provelo je ispitivanje fizikalnih i kemijskih svojstava otpada preko ovlaštenih laboratorija
- tek 7 od 13 (53,8 %) RJM vodi očevidnike s podacima o vrsti, količini, mjestu nastanka te načinu skladištenja, obrađivanja i odlaganja otpada



Slika 1. Relativni odnosi načina zbrinjavanja opasnoga otpada

Figure 1 Relative relation of the manner of hazardous waste disposal

- 5 RJM plaća, 4 RJM ne plaćaju, a njih 25 % nije sigurno plaćaju li kao proizvođači opasnoga otpada bilo kakvu posebnu naknadu
- tek se u 4 od 13 RJM mjere zaštite okoliša sustavno integriraju u pripremnu fazu svakodnevnih djelatnosti; djelomično su sadržane u 5 RJM, a nikako u 4 RJM
- u širem smislu ovi nalazi upućuju na nepostojanje strategije i politike sustavne brige za zaštitu okoliša na razini matične tvrtke (Hrvatske šume d.o.o. Zagreb) te uočljiv izostanak cjelovitoga koncepta gospodarenja otpadom u većem broju RJM

Tablica 3. Relativni udjeli odgovora na opća pitanja zbrinjavanja otpada

Table 3 Relative shares of answers to general questions related to waste disposal

	%		
	Da Yes	Ne No	
Imate li trenutno nezbrinute veće količine opasnoga otpada (veće = više od trećine godišnjih količina)? <i>Do you currently have higher quantities of undisposed hazardous waste (higher = more than 1/3 of annual quantities)?</i>	7,7	92,3	
Jeste li dosad proveli ispitivanje fizikalnih i kemijskih svojstava otpada? – <i>Have you ever carried out testing of physical and chemical characteristics of waste?</i>	53,8	46,2	
Je li vaš rad već kontrolirala inspekcija zaštite okoliša? <i>Have your activities been controlled by an Environmental Protection Inspectorate?</i>	76,9	23,1	
Plaćate li kao proizvođač opasnoga otpada bilo kakvu naknadu? * – <i>Do you pay any fees as the producer of hazardous waste? *</i>	Da Yes	Ne No	Nije mi poznato <i>I have no information</i>
	41,7	33,3	25,0
U kojoj ste mjeri upoznati s obvezama prema Zakonu o otpadu? – <i>To what extent are you acquainted with the obligations under the Waste Disposal Act?</i>	Dobro Well	Slabo Poorly	Nisam upoznat <i>Not acquainted</i>
	84,6	15,4	0,0

* RJM Ogulin: bez podataka – OU Ogulin: no data

- RJM su glede zbrinjavanja opasnoga otpada različito tretirane u pojedinim hrvatskim regijama u smislu svojih obveza glede plaćanja naknade zbog proizvodnje opasnoga otpada
- rezultati upitnika uzimaju se kao jedno od važnih polazišta u izradi akcijskoga plana za sustavno uređenje zbrinjavanja opasnoga otpada u šumarstvu.

I ovakvo pilot istraživanje pokazalo je da začeci ekološke odgovornosti u šumarstvu pouzdano postoje. S druge strane, i za šumarstvo vrijedi da područje gospodarenja otpadom nije suočeno samo s tehničkim, nego još i više s ljudskim problemom. Stvaranje učinkovitoga sustava i poboljšanje stanja vezani su primarno uz osobnu promjenu svakoga pojedinca.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Tranzijski i inovacijski procesi u šumarstvu zemalja srednje Europe odvijaju se u kontekstu velikoga gospodarskoga značenja njihovih šumskih resursa, njihove dobre očuvanosti, ali i duge tradicije stručnoga gospodarenja šumama. Među mnogim očekivanim promjenama posebno su značajne one koje se odnose na dostizanje standarda šumskoga rada u razvijenim zemljama. Pritom se osobito misli na:

- povećanje djelotvornosti i humanizacije rada
- podizanje kakvoće rada s postojećim strojevima i opremom
- uvođenje u praksu strojeva i tehnologija podobnih s tehničkoga, s ekonomskoga i s ekološkoga gledišta
- poticanje istraživanja, obrazovanja i obuku na svim razinama
- uspostavu postupaka licenciranja izvoditelja, opreme i radnih postupaka.

Značajan doprinos očekuje se i na području inovacijskih procesa u šumarstvu, posebno u pogledu tehnoloških inovacija, pri čemu je težište na nekoliko zadaća:

- rast udjela mehanizacije u iskorištavanju šuma, osuvremenjivanje rada u proredama sastojina i pri pošumljivanju
- novi načini rada na strmim terenima
- uvođenje načina rada s malim štetnim djelovanjem na tlo
- vrsnije izvođenje šumskih cesta i osuvremenjivanje sustava transporta
- razvoj novih konstrukcija i uporaba laganijih materijala
- razvoj simulatora izobrazbe i uvježbavanja
- široka uporaba globalnoga pozicijskoga sustava (GPS)
- uporaba goriva biološkoga porijekla (biodizel)
- primjena biorazgradivih ulja i maziva
- razvoj sustava veza i razmjene podataka.

Velik izazov struci trebao bi biti razvoj novih proizvoda i postupaka u šumarstvu. Važna kretanja u ovom području uključuju:

- upravljanje šumskim proizvodima
- promjenu vrijednosti proizvoda
- razdiobu i specijalizaciju proizvodnje i proizvoda

– uporabu biomase, sječke i piljevine.

Imperativ za ekonomskom djelotvornošću u uvjetima visokih ekoloških standarda proizvodnje u šumarstvu dovest će do ubrzanoga usvajanja sustava kvalitete ISO i sustava upravljanja okolišem ISO, pri čemu će se inovacije i poduzetništvo potvrditi kao glavna pokretačka sila tranzicijskih procesa u hrvatskom šumarstvu.

LITERATURA REFERENCES

- Č [1] Rametsteiner, E., L. Yadlapalli, 2004: Fostering Innovation and Entrepreneurship. *EFI*, 12 (2): 3–6.
- ž [2] Szedlak, T., 2000: Forestry in Transition. *Proceedings of Division 5, IUFRO Congress Kuala Lumpur*, 191.
- ž [3] Asparuchov, K., D. Mladenov, 1995: Mechanisierung der Schwachholzgewinnung in Bulgarien. *FORMEC ž95 Proceedings*, 34–39, Sopron.
- ž [4] Ionascu, G., 1995: Aspekte betreffend die Holzbringung in der Wäldern Romäniens. *FORMEC ž95 Proceedings*, 81–85, Sopron.
- ž [5] Werner, G., 1995: Forstliche Dienstleistung in marktwirtschaftlich gewandelten Strukturen – Erfahrungen aus der Entwicklung in Sashsen für die osteuropäischen Reformstaaten. *FORMEC ž95 Proceedings*, 116–125, Sopron.
- [6] * Nacionalna šumarska politika i strategija, NN, 120/03.
- [7] Martinić, I., A. Dolenc, M. Šporčić: Stajališta stanovništva Hrvatskog zagorja o općem značenju šume i šumarstva.
- MS Č [8] Rebula, E., 1999: Kašnjenje pri uvođenju vrhunske tehnologije pri dobivanju drvnih sortimenata u Sloveniji – uzroci kašnjenja te izgledi za njihovo otklanjanje (sažetak). *Meh. šumar.*, 24 (3–4): 112, Zagreb.
- MS Č [9] Martinić, I., 1998: Šumarstvo u uvjetima gospodarskoga preustroja – primjeri Bjelorusije, Rusije i Ukrajine. *Meh. šumar.*, 23 (2): 57–63, Zagreb.
- Č [10] Rametsteiner, E., G. Weiss, K. Kubeczko, 2004: Innovation and Entrepreneurship in Forestry in Central Europe. *EFI Report series*.
- MS Č [11] Sever, S., 1998: Ustroj šumske skupnosti. *Meh. šumar.*, 23 (2): 45–48, Zagreb.
- [12] Puwien, W., 1997: Impacts of the membership Union on timber prices and trends. *Inter. conf. Forest Policy in the Countries with Economies in Transition – Ready for the European Union?* Prag.
- [13] Eisma, D., 1997: Impacts of the membership on the sustainable forest management. *Inter. conf. Forest Policy in the Countries with Economies in Transition – Ready for the European Union?* Prag.
- # Č [14] Martinić, I., M. Jurišić, T. Hengl, 2001: Some ecological effects of machinery utilization in forestry, *Strojarstvo*, 41 (3–4): 123–129, Zagreb.
- # Č [15] Jurišić, M., T. Hengl, V. Duvnjak, I. Martinić, 1999: Agroekološki i zemljišni informacijski sustav. *Strojarstvo*, 41 (5–6): 223–231, Zagreb.
- SL Č [16] Martinić, I., M. Šporčić, 2005: Ekološko gledište održavanja mehanizacije u šumarstvu. *Šumarski list*, 129 (1–2): 19 – 28, Zagreb.
- SL Č [17] Martinić, I., 2000: Koliko smo blizu ekološki prihvatljivoj uporabi mehanizacije u šumarstvu? *Šumarski list*, 124 (1–2): 3–13, Zagreb.
- [18] Takalo, S., R. Lauhanen, 1994: Tall oil as a new lubricant in forestry – preliminary results and experiences. *Forsitrisk*, 1–4, Feldafing.

- MS
v
c
c
z
H
SL
c
- [19] Makkonen, I., 2000: Shut off system to reduce hydraulic oil leakage from forestry machines. FERC, 1 (14): 1–8, Vancouver.
- [20] Brown, M., D. T. MacGregor, 1999: Repair and maintenance costs for self-loading trucks in forestry haul operations in the maritimes. FERIC, TN 282, Vancouver.
- [21] Auguštin, H., S. Dekanić, I. Martinić, S. Sever, 2000: Okolišno neškodljive hidraulične tekućine za šumarske strojeve – stanje i izglednost. Meh. šumar., 25 (1–2): 41–57, Zagreb.
- [22] Skoupy, A., 2000: Biodegradable oils in the operation of forest machines. Proceedings of Division 3, IUFRO Congress Kuala Lumpur, 191.
- [23] Milanović, Z., S. Radović, V. Vučić, 2002: Otpad nije smeće. Gospodarstvo i okoliš, Zagreb : Top-graf, Velika Gorica.
- [24] * Zakon o otpadu, NN, 151/03, Zagreb.
- [25] Martinić, I., M. Šporčić, 2005: Ekološko gledište održavanja mehanizacije u šumarstvu. Šumarski list, 129 (1–2): 19 – 28, Zagreb.

INNOVATIVE PROCESSES AS A KEY TO EFFECTUATING THE CROATIAN FORESTRY POLICY

SUMMARY

The article discusses the role and the possible contributions of innovative processes in the realization of Croatian forestry policy. Focus is laid on the measures needed to attain European principles and practice in different aspects of forestry production. A number of transitional solutions are mentioned that relate in particular to increased efficiency and humanisation of work, improved quality of work and the implementation of ecologically, economically and technically suitable machines and technologies, as well as the enhancement of research, education and training at all levels. The key role of innovative processes is defined. The processes are divided into organisational and technological innovations and the creation of new products and services. The main factors of improvement are listed, as are the basic obstacles that hinder the development of innovative processes. The existing condition of ecological awareness in forestry is further debated. Special attention is paid to the system of hazardous waste disposal in working units of forest mechanization. It is stressed that the need for economic efficiency of production systems fosters a permanent search for innovative solutions and improvements in different aspects of forestry activity. The main current tasks involve the introduction of ISO quality management and environmental management systems in Croatian forestry.

Key words: forestry, technique, innovation, entrepreneurship, environment

UDK: 630*666

ANALIZA UPRAVLJANJA TROŠKOVIMA U ŠUMARSTVU

COSTS MANAGEMENT ANALYSIS IN FORESTRY

STJEPAN POSAVEC

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

U suradnji s Razvojnou službom i drugim stručnjacima tvrtke «Hrvatske šume» d.o.o. Zagreb, te Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu analizirana je problematika upravljanja troškovima u šumarstvu. Analizirani su troškovi po godinama i djelatnostima za područja uzgoja, iskorištavanja, zaštite šuma, lovstva, šumskoga transportnoga sustava, službe prodaje drvnih sortimenata. Rezultati istraživanja trebali bi, s gledišta ukupnoga gospodarenja šumama, pridonijeti kvalitetnijem odlučivanju prilikom izvođenja šumskih radova, a s ekonomskoga gledišta povećanju učinkovitosti i ekonomičnosti šumskih radova. Na osnovi utvrđenoga ovaj je rad prilog raspravi o poznatim klasičnim i novim modelima upravljanja troškovima obnovljivoga prirodnoga kapitala i stvaranja znanstvenih podloga za izradu i primjenu odgovarajuće metode u praksi.

Ključne riječi: prirodni resursi, šume, metode, modeli, troškovi

UVOD

INTRODUCTION

Informacije o troškovima služe za donošenje odluka prema kriterijima ekonomske isplativosti za kontrolu upravljanja i za procjenu određenih elemenata imovine. Troškovi centra ili proizvoda utvrđuju se pomoću različitih metodologija. Neka se poduzeća ograničavaju na izračunavanje stvarnih troškova, ostala koriste sustav standardnih troškova. Osim toga u određenim slučajevima utvrđuje se puna cijena koštanja (*full costing*) proizvoda, u drugim se računa s dijelom troškova, kao što su varijabilni troškovi (*direct costing*). Podaci o troškovima služe velikom broju operativnih ciljeva. Koriste se za omogućavanje izbora upravljanja prema kriterijima ekonomske isplativosti, za kontrolu upravljanja i za procjenu zaliha na skladištu i ostalih elemenata imovine.

Upravljačko računovodstvo mora postati realna osnova ne samo za donošenje operativnih odluka već i za donošenje strateških odluka kojima se gradi strategija budućega razvoja poduzeća. Menadžment poduzeća, koji je glavni subjekt u donošenju poslovnih odluka, zahtijeva velik broj informacija utemeljenih na računovodstvenim evidencijama (izvornim ili obrađenim podacima u obliku pokazatelja). Zato menadžment treba iskoristiti mogućnosti računovodstva za kreiranje odluka u funkciji upravljanja. Osim propisanoga računovodstva poduzeće ima velik prostor za vođenje internoga računovodstva, potpuno prilagođenoga specifičnostima poslovanja i potrebama upravljanja na svim razinama. Na taj način računovodstvo postaje zaista upravljačko računovodstvo i važan instrument uspješnijega upravljanja i privređivanja poduzeća. Diplomirani inženjer šumarstva mora poznavati teoriju troškova da bi mogao upravljati poduzećem, odnosno proizvodnjom. Upravljati poduzećem znači donositi poslovne odluke koje će dovesti poduzeće do cilja – ostvarenje dobitka. Dobitak se može povećati na dva načina: povećanjem prihoda i smanjenjem troškova.

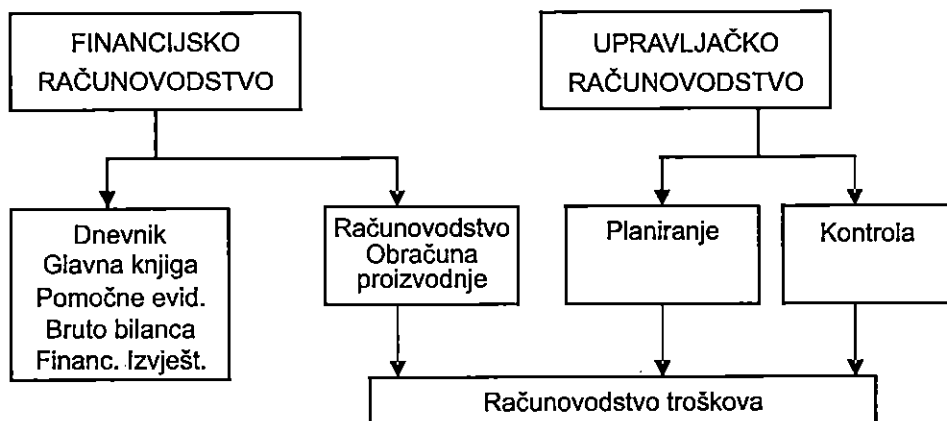
Glavni dio prihoda i troškova u šumarstvu ostvaruje se u djelatnostima iskorištavanja šuma i uzgajanja šuma. Uzrok je tomu što je još uvijek glavnina radova koncentrirana na proizvodnji i iskorištavanju drvne zalihe, čijom se prodajom ostvaruje najveći dio prihoda, podmiruju troškovi i ostvaruje dobit. Dio se dobiti vraća i ulaže natrag u šumu radi održavanja stabilnosti i bolje svekolike produktivnosti šumskih ekosustava. Kvalitetno gospodarena šuma daje osim kvalitetnih drvnih sortimenata i maksimalne općekorisne funkcije za kojima je potreba iz dana u dan sve uočljivija. Vrijednost je općekorisnih funkcija često višestruko veća od vrijednosti drva. U budućnosti će trebati uključiti i ove funkcije u značajnije prihode bilo putem izdvajanja iz državnoga proračuna ili izravnim ostvarenjem prihoda od ostalih djelatnosti.

PROBLEMATIKA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

PROBLEM AND AREA

Svako poduzeće nastoji poslovati s dobitkom te stvarati uvjete za stabilno poslovanje i budućí razvoj poduzeća. Poduzećem se upravlja i rukovodi tako da se donose strateške, taktičke i operativne poslovne odluke, kojima se poslovanje regulira i usmjerava ka zacrtanom cilju. Zadatak je analize poslovanja da se kontinuirano istražuje poslovanje kako bi se pronašli načini da se povećaju poslovni rezultati i uspješnost poslovanja. Financijska analiza poslovanja u prvom je redu orijentirana na vrijednosne ili novčane podatke i mjerila, a temelji se na financijskim izvješćima (Tintor 2000). Ona se može smatrati jednim segmentom ukupne ekonomske analize poslovanja poduzeća. Uobičajeno se smatra da postoje tri aktivnosti koje opredjeljuju postanak i razvoj financijske analize. To su financijsko upravljanje, upravljačko računovodstvo i financijsko računovodstvo.

Dva su pristupa tumačenju funkcionalne strukture računovodstva. Prvi polazi od toga da se računovodstvo dijeli na tri dijela: financijsko, upravljačko i računovodstvo troškova. Drugim pristupom dijeli se računovodstvo na financijsko i upravljačko. Kako je upravljački model zastupljeniji, na slici 1 prikazan je njihov odnos.



Slika 1. Funkcionalna struktura računovodstva (prema: Deželjin i dr. 1998)

Računovodstveni sustav, kao jedan od najznačajnijih dijelova informacijskoga sustava poduzeća, može se opisati kao proces prikupljanja financijskih podataka, njihova procesiranja i sastavljanja financijskih izvješća koji su usmjereni prema donositeljima odluka. Prema tomu, ciljevi moraju zadovoljiti potrebe korisnika informacija. Korisnici financijskih izvješća mogu se podijeliti na interne (unutarnje) i eksterne (vanjske) korisnike. Interni su korisnici uprava, odnosno menadžment poduzeća, a eksterni će uz vlasnika biti vjerovnici, kupci, dobavljači, investitori, državna uprava, porezna uprava i dr.

U užem smislu pod troškovima se smatra potrošnja resursa zbog izrade novih proizvoda (Santini 1999). Troškovi shvaćeni na taj način imaju karakter prenesene vrijednosti. Prema pojmovnomu određenju u najužem smislu troškovi su svjesno uništavanje korisnih resursa u procesu proizvodnje s namjerom da se u zamjenu za to dobiju još korisniji proizvodi, odnosno neki drugi učinci. Može se reći da troškovi predstavljaju vrijednosno izražene utroške rada, materijala, trajne i tekuće imovine te tuđih usluga zbog ostvarivanja određenih učinaka (proizvod, roba ili usluga). Iz toga pojmovnoga određenja vidljivo je da se naglasak stavlja na vrste troškova. Navedenim pojmovnim određenjima troška zajedničko je da u općem smislu troškovima smatraju smanjivanje i nestanak postojećih resursa, kako ljudskih potencijala i ljudskoga kapitala, tako materijalnih i financijskih resursa (Figurić 2003). Za određivanje troška karakteristično je navođenje mogućnosti mjerenja, izračunavanja i izražavanja troškova u novčanom iznosu. Ova mogućnost izražavanja vrlo je značajna s aspekta planiranja, razvrstavanja, evidentiranja, kontrole,

analize i upravljanja troškovima. Analiza obujma troškova radi se da bi se ocijenilo kreće li se ukupan iznos ostvarenih troškova u predviđenim, tj. planiranim granicama. Osnovna usporedna veličina za procjenu ostvarenih troškova najčešće je plan, tj. ukupno planirani troškovi poslovanja poduzeća. Metode koje se primjenjuju u toj analizi jesu metoda uspoređivanja (ili komparacije), metoda odstupanja, metoda usporedbe postupaka i razne statističke i matematičke metode. Analiza strukture troškova osniva se na računovodstvenoj evidenciji troškova po mjestima nastanka troškova, vrstama troškova, nositeljima troškova i drugim vrstama troškova. Cilj i zadaća te analize jest utvrditi razloge odstupanja ostvarenih troškova od potrebnih troškova (planiranih, standardnih, optimalnih) i nalaženje mogućnosti racionalizacije troškova. Osnovna metoda te analize jest metoda raščlanjivanja, uz brojne statističke metode i matematičke proračune.

U planu istraživanja na projektu Upravljanje troškovima u šumarstvu obuhvaćeni su svi relevantni podaci potrebni za analizu troškova. Evidentirani su troškovi po pojedinim djelatnostima. Predložen je način smanjenja troškova.

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Dosad su razvijene različite metode i modeli koji se bave upravljanjem i analizom troškova. Navedeni su neki osnovni modeli, čija je primjena u šumarstvu još upitna. Svaki od navedenih modela može se koristiti za upravljanje troškovima. Međutim, navedeni modeli nisu isključivi. Najčešće se u organizacijama nailazi na slučajeve kombinirane primjene više različitih modela upravljanja troškovima. Problem nastaje kada se razina troškova opasno počne približavati приходima.

a) "Kaizen" troškovi ("Kaizen" Costing – KC) oblikovani su u japanskim poduzećima, a ponajviše je njihova primjena i model obračuna došao do izražaja u automobilskoj industriji (*kai* 'promjena', *zen* 'žtežiti boljemu'). Bit je ovoga modela u neprekidnom poticanju i traženju novih rješenja kojima će se poboljšati proizvod ili usluga i racionalizirati poslovanje. Ovaj model polazi od pretpostavke da se sve uvijek može napraviti bolje.

b) Model tradicionalnoga upravljanja proizvodnim troškovima (*Traditional Product Costing* – TPC). Ovaj je model u sustavnoj primjeni više od jednoga stoljeća. Koristi se pri razgraničavanju troškova organizacije. Temelji se na razgraničenju troškova u nekoliko osnovnih skupina: troškovi osnovnoga materijala, troškovi izravnoga rada, troškovi proizvodne režije. Tradicionalni model upravljanja proizvodnim troškovima nastoji računovodstveno obuhvatiti troškove izravnoga materijala i izravnoga rada, dok se troškovi režije priključuju izravnim troškovima. Glavni su nedostaci ove metode ograničena upotrebljivost za odlučivanje, nedovoljno uvažavanje tržišta, vremenski pomak, manjkava dinamika.

c) Model upravljanja troškovima temeljenih na procesu (*Process Based Costing* – PBC) troškove proizvodnje prati i vrednuje slijedeći logične faze u proizvodnom

procesu (*procesne korake*). U okviru modela PBC izravni troškovi materijala i rada terete se i prate po fazama procesa proizvodnje, a troškovi proizvodne režije dodaju se izravnim troškovima na razini svake faze uz primjenu određenih “ključeva” rasporeda utemeljenih na troškovnim indikatorima. Modeli PBC trebali bi pokazati uzroke troškova proizvodne režije i stupanj njihova pridruživanja izravnim troškovima svake faze u procesu proizvodnje. Pretpostavka za primjenu i razvijanje ovoga modela izgrađeni su, dokumentirani i implementirani poslovni procesi, a time i procesno orijentirana organizacija.

d) Model upravljanja troškova temeljem aktivnosti (*Activity Based Costing – ABC*) razumijeva raspoređivanje troškova po aktivnostima. Umjesto da se troškovi prate po pojedinom proizvodu, ova metoda prati kretanje troškova po pojedinoj aktivnosti ili dijelu poslovnoga procesa. Time se omogućuje lakši nadzor nad troškovima u pojedinim ustrojstvenim dijelovima te se menadžeri lakše usredotočuju na uklanjanje suvišnih troškova i djelovanja. Sustavnim proučavanjem modela troškova utemeljenih na aktivnostima identificiralo se pet aktivnosti koje je potrebno provesti pri svakoj analizi troškova u organizaciji: analiza aktivnosti, analiza izravnih troškova, praćenje troškova po aktivnostima, uspostava mjerenja izlaznoga proizvoda, analiza troškova (Figurić 2003).

e) Model ciljnih troškova (*Target Costing – TC*). Predstavlja računovodstveni oblik obuhvaćanja i sustavnoga mjerenja troškova uključenih u proizvod ili uslugu, s kojima se ostvaruje planirani dobitak. Da bi se ciljni troškovi uopće mogli razmatrati, nužno je dobro poznavanje i razumijevanje postojeće strukture troškova. To zbog toga jer je primarni interes organizacije uspostavljanje ravnoteže između kakvoće i funkcionalnosti u kombinaciji s razinom cijene koju tržište prihvaća. Navedeni model stavlja potrošača u središte pozornosti, a visinu troška određuje tržište.

f) Budžetiranje temeljeno na aktivnostima (*Activity Based Budgeting – ABB*) model je koji polazi od utvrđivanja zahtjeva kupca/korisnika, a ne utvrđivanja troškova. Interes ove metode usmjeren je na kapacitet opreme i stupanj njegove dostatnosti za ispunjenje zahtjeva koje postavlja kupac/korisnik. Analizirajući kapacitete važno je utvrditi kapacitete opreme i broj zaposlenih. Po izradi početnih kalkulacija ova metoda analizira troškove koji izlaze iz korištenja materijalnih resursa i ljudskih potencijala. Stoga je ova metoda pogodna menadžmentu za donošenje odluka o razini raspoloživih kapaciteta organizacije i njihovoj dostatnosti za razvoj proizvoda ili usluge koje zahtijeva tržište.

g) Model bilance postignuća (*Balanced Score Card – BSC*) model je pažljivo odabranoga skupa pokazatelja i mjera izvedenih iz strategije tvrtke pomoću kojega se planiraju i usmjeravaju aktivnosti tvrtke te mjere postignuća iz različitih perspektiva na temelju povezivanja i uravnoteženja najvažnijih čimbenika uspješnosti. Ovaj je model relativno nov pristup kontrolingu u okviru strategijskoga menadžmenta, razvijen 90-ih godina 20. stoljeća. Temelji se na spoznaji o nedostacima postupaka obuhvaćanja troškova i četiri osnovne perspektive putem kojih menadžment ima mogućnost preoblikovanja vlastite vizije i strategije u poslovne aktivnosti.

h) Analiza vrijednosti (*Value Engineering – VE*) razvijena je 40-ih godina 20. stoljeća u kompaniji General Electric Company. Polazi od pretpostavke timskoga rješavanja konkretnoga problema primjenom funkcijske analize. Model analize vrijednosti postupak je kojim se nastoji djelovati na kontinuirano smanjivanje troškova.

i) Model upravljanja troškovima kvalitete (*Quality Cost Management – QCM*) svodi se na prepoznavanje, utvrđivanje i optimizaciju troškova kvalitete kao strukturnoga elementa ukupnih troškova organizacije. Troškovi kvalitete su troškovi koji nastaju pri osiguravanju zadovoljavajuće kvalitete i zadobivanju povjerenja u nju, kao i gubici koji se trpe kada ona nije postignuta. U osnovi se dijele na troškove za kvalitetu (s pojavnim oblicima troškova preventive i ispitivanja) i na troškove zbog (ne)kvalitete (s pojavnim oblicima unutarnjih i vanjskih troškova nedostataka).

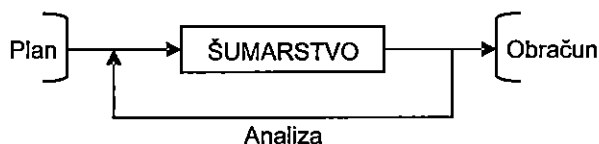
j) Model TQM

Ovaj se model razvija posljednjih godina. Zasniva se na posebnoj organizacijskoj disciplini koja je nazvana *Total Quality Management*. Temelji se na upravljanju ukupnim, a ne samo proizvodnim troškovima, i to u kontekstu ostvarivanja dobiti uključivši i dimenziju korištenja kapitalom. Obuhvaća i statističku kontrolu kvalitete, dobrobit kupca, održavanje ukupne proizvodnosti i sl.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA RESEARCH RESULTS

Troškovi su snimljeni po djelatnostima (uzgajanje šuma, iskorištavanje šuma, lovstvo, šumska mehanizacija, stručne službe) i po razredima (4, 5 i 7), te su analizirane i planirane i ostvarene vrijednosti i odnosi troškova, prihoda i poslovnoga rezultata (dobiti odnosno gubitaka) po djelatnostima i ukupno. Troškovi uzgajanja šuma obuhvaćaju troškove jednostavne i proširene biološke reprodukcije (troškovi osoblja, sirovina, materijala i energije). Troškovi lovstva obuhvaćaju troškove osoblja, troškove izrade lovnogospodarske osnove, podizanja lovnogospodarskih i lovnotehničkih objekata, utrošak materijala, prihrane za divljač i sl. Troškovi iskorištavanja šuma odnose se na troškove sječe i izrade drvnih sortimenata, utrošak goriva i maziva, prijevozne usluge, plaće i nadnice i sl. Troškovi šumske mehanizacije su troškovi izgradnje i održavanja šumskih cesta, troškovi amortizacije strojeva i opreme, utrošak goriva. Troškovi stručnih službi sadrže režijske troškove, kao što su utrošena energija, otpis sitnoga inventara, autogume, reprezentacija, premije osiguranja, plaće i doprinosi. Sustav planiranja i obračuna u šumarstvu povezan je analizom.

Izrada plana gospodarenja temelji se na planskom sustavu koji je rađen kao cjelina, koja se razvija prema detaljnijem planiranju na nižim ustrojnim jedinicama. Jedinstvo planiranja postignuto je normiranjem na sve tri ustrojne razine sastavljene po svim djelatnostima.



Slika 2. Sustav planiranja i obračuna
Picture 2 Planining and calculation system

Obračun se provodi na više razina. Model klasifikacije obračunskih jedinica za lociranje poslovnih događaja definiran je trima karakterističnim skupinama:

- I. obračunska mjesta (lokacije)
- II. tehnološke jedinice (radne operacije)
- III. poslovni događaji (aktivnosti).

ANALIZA POSLOVANJA BUSSINESS ANALYSES

Za potrebe analize poslovanja analizirani su pojedini šumski entiteti kao što su uprave šuma – podružnice i šumarije. Analiziran je račun dobiti i gubitka, a gdje je bilo moguće, metodom ABC analizirani su troškovi 4. razreda po vrstama, uz pregled prihoda i rashoda, te dobiti (gubitaka) po organizacijskim jedinicama. Uspoređeni su pokazatelji poslovanja za pojedine godine. Pojedine podružnice ostvarivale su gubitke, stoga je potrebno zaustaviti trend negativnoga poslovanja, posebice u djelatnosti transporta i mehanizacije. Uglavnom zbog nastalih troškova amortizacije, utrošenoga goriva, bruto plaća, nadnica i doprinosa (5. razred). Troškove 5. razreda (uglavnom režije) trebalo bi tretirati na drugi način pa ova djelatnost ne bi bila u gubitku. Iskorištavanje šuma u pojedinim podružnicama poslovalo je s dobitkom, što je i razumljivo, ali se smatra da bi troškove režije šumarije trebalo u cijelosti prikazati kao troškove u iskorištavanju šuma. Rezultati ukupnih aktivnosti pojedine šumarije posljedica su brige koja se posvećuje šumskouzgojnim radovima. Ako se nastavi modelom gospodarenja sa stalnim povećanjem troškova, s ekonomskoga aspekta, veličina sječivoga etata postat će limitirajući čimbenik nastavka ovoga trenda. Zbog ostvarenih gubitaka u pojedinim podružnicama predložene su mjere racionalizacije:

- Preispitati razloge trenda povećanja gubitka u djelatnosti transporta i mehanizacije
- Rasadničarska proizvodnja, koja uzastopno bilježi gubitak, treba usmjeriti svoje aktivnosti na izradu realne cijene koštanja svojih proizvoda te povećati prodajne cijene.
- Lovstva također pokazuje trend povećanja gubitaka. Nije uočljiva struktura troškova te se predlaže davanje djelatnosti u zakup ili znatno smanjenje troškova.

Jedan od osnovnih uzroka poslovanja s gubicima pojedinih podružnica s manje kvalitetnom drvnom zalihom jest iskorištavanje šuma. Prihod od iskorištavanja

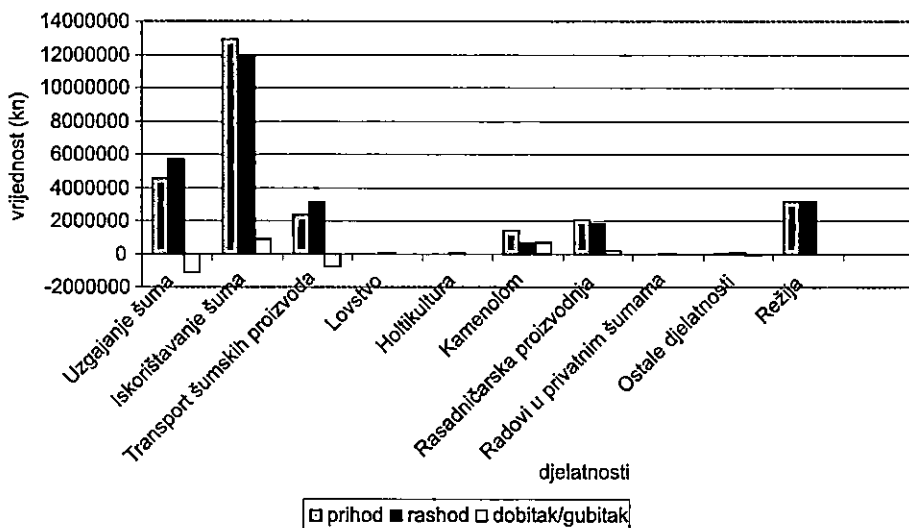
šuma uz sadašnju sortimentnu strukturu nedostatan je i ne postiže ni približno prosjek društva. Smanjenje troškova po djelatnostima i usmjeravanje na opće troškove (utrošak materijala, izbor tehnologija, način rada itd.), pazeći na njihov apsolutni iznos, možda je jedno od rješenja za uspješnije poslovanje. Pojedine podružnice prikazuju dobit u promatranom razdoblju tako da je ukupna dobit tri puta veća od planirane. To upućuje na loše postavljen plan proizvodnje ili stvarno povećanje prihoda od poslovanja. Pojedine šumarije posluju s gubitkom zbog nedostupnoga dijela površina pod minama, te ne ostvaruju glavninu prihoda. U tim uvjetima, većini se djelatnosti predviđa negativan poslovni rezultat. Tamo gdje su izraženi gubici u iskorištavanju, ostvarena dobit u uzgajanju šuma i planirana dobit u djelatnosti stručnih službi, pokazuju se nelogičnosti knjiženja troškova, prihoda, pa na kraju i poslovnoga rezultata po segmentima poduzeća. Dobit ostvarena u iskorištavanju šuma raspoređena je na ostale djelatnosti radi postizanja uravnoteženije slike sudjelovanja pojedinih djelatnosti u poslovnom rezultatu. Dublja analiza knjigovodstva poduzeća dala bi odgovore na uzroke prebacivanja i kompenzacija između dijelova poduzeća.

Pojedine šumarije, zbog razlogâ na koje nisu mogle izravno utjecati, podbacile su u ostvarenju planirane dobiti. Ostvareni dobitak, s obzirom na njihovu površinu, drvenu zalihu, prirast, odnosno sječivi godišnji etat i njegovu relativno povoljnu strukturu (odnos prethodnoga i glavnoga prihoda i udio pojedinih vrsta), ne zadovoljava u potpunosti, osobito ako su relativno povoljni uvjeti eksploatacije i brojnost stručnoga kadra. Sljedeći grafikon prikazuje tipičnu strukturu dobiti i gubitka pojedinih djelatnosti na primjeru jednoga šumskoga entiteta.

Neizbjegne su i neodgodive promjene ponajprije u djelatnostima koje neprekidno ostvaruju gubitak, ali stalnim praćenjem, analizom i snižavanjem troškova moguće je povećati i dobit u djelatnosti iskorištavanja šuma.

ANALIZA BIOLOŠKE REPRODUKCIJE BIOLOGICAL REPRODUCTION ANALYSIS

Zakonom o šumama definiran je način izdvajanja, trošenja i kontrole financijskih sredstava. Odlukama Upravnoga odbora "Hrvatskih šuma" utvrđena su dodatna izdvajanja. Na taj način normativno je utvrđeno osiguranje sredstava za biološku reprodukciju šuma. Bez obzira na normativno utvrđivanje financiranja postoji niz praktičnih problema. Budući da je veći dio sredstava centraliziran, postoje opravdane primjedbe na sustav raspodjele. Zabrinjava usporedba planiranja i realiziranja utroška sredstava, te prenošenje sredstava namijenjenih za biološku reprodukciju iz jedne fiskalne godine u drugu. Upravo se karakteristike šumarstva očituju u radovima na biološkoj reprodukciji. Tako, na primjer, šumarije na priobalnom dijelu krša, izrađuju malo drvnih sortimenata pa su im i prihodi od prodaje drva neznatni. Većinu prihoda čine sredstva iz članka 70. Zakona o šumama (prihodi s osnove općekorisnih funkcija – OKFŠ), prihodi od uslužnih djelatnosti i od ugostiteljstva. Prihodi od općekorisnih funkcija šuma svake se godine povećavaju, dok su



Grafikon 1. Prihodi, rashodi i dobit po djelatnostima
 Figure 1 Revenue, expenses and profit per services

izdvajanja “Hrvatskih šuma” za biološku reprodukciju približno ista. Radovi koji su bili planirani i ostvareni su, ali iznos troškova ostvarenih radova ponekad je veći od planiranoga. Razlog tomu je naknadno povećanje troškova rada motornom pilom ili neki drugi utjecaj. Povećanje se troškova uglavnom očituje kod uzgojnih radova na biološkoj reprodukciji. Ponegdje se mnogo više sredstava izdvaja za jednostavnu biološku reprodukciju, a proširena je zapostavljena i svodi se na sanaciju. Potrebno je izdvajati više sredstava za proširenu biološku reprodukciju. Mogućnosti povećanja radova na proširenoj reprodukciji je velika, osobito na primjeru Istre kao turističkoga središta koje traži lijepo uređen okoliš. Radovi se obično svode na sanaciju požarišta. Prema podacima o ulaganjima i obavljenim radovima na jednostavnoj biološkoj reprodukciji u 2003 godini najviše je obavljeno u UŠP Gospić, a zatim Split pa Bjelovar. Podaci za proširenu biološku reprodukciju ukazuju na vodeću ulogu UŠP Split, a slijede ga Koprivnica pa Zagreb. U kontinentalnim šumskim entitetima glavninu radova na jednostavnoj biološkoj reprodukciji obično čine uzgojni radovi (uređivanje donje etaže) i od uređajnih radova terenski rad i izrada osnova gospodarenja. Od radova na proširenoj reprodukciji prevladavaju ulaganja u šumske prometnice, uzgojni radovi (sadnja šumskih sadnica, podizanje), ili radovi na zaštiti šuma (podizanje ograde). Na uspješnost poslovanja uzgajanja šuma i iskorištavanja šuma izravan utjecaj mogu imati prihodi i pričuve (rezerviranja) s osnove biološke reprodukcije šuma, prihodi s osnove OKFŠ-a te trošak šumskoga doprinosa. Pri tome se prihodi knjiže na uzgajanje šuma, a rashodi na iskorištavanje šuma. Taj je utjecaj primjerice presudan za uspješnost poslovanja podružnica na

području krša zato što prihod s osnove OKFŠ-a većim postotkom sudjeluje u ukupnom prihodu.

ZAKLJUČAK CONCLUSION

U racionalizaciji troškova veliku ulogu ima knjigovodstvo troškova jer je ono izvor informacija o kretanju troškova, bez čega nije moguće planirati troškove ni analizirati učinke poslovnih odluka na buduće troškove, tj. na racionalizaciju troškova. Analiza troškova jedan je od osnovnih čimbenika poslovnoga uspjeha poduzeća. Područja mogućnosti snižavanja troškova jesu materijal, energija, opći troškovi, neposredni i posredni poslovi, oprema, veličina proizvodnih i poslovnih prostorija i dr.

Analizirani prihodi i rashodi, te rezultat poslovanja po djelatnostima pokazuju zabrinjavajuće gubitke u osnovnim djelatnostima šumarstva, u iskorištavanju šuma i uzgajanju šuma. Pozitivni su pak pomaci u ostalim djelatnostima koje bilježe rast dobiti u skladu s poslovnom politikom maksimiziranja prihoda od ostalih djelatnosti. Kao mjere racionalizacije potrebno je preispitati razloge trenda povećanja gubitka u djelatnosti transporta i mehanizacije. Rasadničarska proizvodnja koja bilježi gubitak treba usmjeriti svoje aktivnosti na izradu realne cijene koštanja svojih proizvoda, a prema tomu povećati prodajne cijene, pa makar one bile i internoga karaktera. Lovstvo također povećava gubitke. Nije uočljiva struktura troškova te se predlaže davanje djelatnosti u zakup ili znatno smanjenje troškova. Isti rezultati uočljivi su u ugostiteljstvu.

Pojam planiranoga gubitka nezamisliv je u suvremenom tržišnom gospodarstvu u kojem poduzeća svakodnevno propadaju i nastaju nova, u kojem se troškovi prate na svim razinama poduzeća i ukoliko se neki segment ocijeni krajnje neprofitabilnim, pokušava se unaprijediti ili se odustaje od njega. U šumarstvu zbog tradicije i zbog specifičnosti gospodarenja šumama takav pristup nije upotrebljiv u cjelini. Međutim, ako se žele ispuniti svi ciljevi uspješnoga gospodarenja šumama, onda je neophodno raditi na poboljšanju financijske slike poduzeća i njegovih dijelova. Troškove bi trebalo pratiti po mjestu nastanka i izraditi plan smanjenja troškova u neproizvodnim sektorima, s tendencijom smanjenja ukupnih troškova koliko dopuštaju objektivne okolnosti i radovi propisani osnovom gospodarenja. Djelatnosti kojima se šumarija bavi ne daju puno prostora za ostvarenje pozitivnijega poslovnoga rezultata, pa bi bilo potrebno izraditi studiju i plan proširenja na nove djelatnosti u kojim bi se mogao prerasporediti višak djelatnika iz stručnih službi te na razini UŠ i šumarije ostvariti dodatni prihod.

Velike su mogućnosti šumarstva kao djelatnosti koja će u razvoju paradigme održanja imati značajniju ulogu u budućnosti. Radi jačanja snage poduzeća potrebno je svakodnevno raditi na poboljšanju poslovanja i podupiranju inovacija i poduzetništva u sektoru.

LITERATURA REFERENCES

- ⋈ Deželjin, J., D. Gulin, i dr., 1998: Troškovno i upravljačko računovodstvo (Izabrane teme). Hrvatska udruga računovodstvenih eksperata, Zagreb.
- ⋈ Figurić, M., 1996: Uvod u ekonomiku šumskih resursa. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- ⋈ Figurić, M., 2003: Menadžment troškova u drvnotehnološkim procesima. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- ⋈ Musgrave, R. i P., 1993: Javne financije u teoriji i praksi. Institut za javne financije, Zagreb.
- ⋈ Russel, Clifford S., 2001: Applying economics to the environment. Vanderbilt University, Oxford University Press, New York, Oxford.
- ⋈ Tintor, J., 1992: Pojam, geneza i predmet ekonomske analize poslovanja poduzeća. Ekonomski analitičar, 11, 12, TEB, Zagreb.
- ⋈ Tintor, J., 2000: Poslovna analiza. Hibis d.o.o., Zagreb.
- ⋈ Sabadi, R., 1992: Ekonomika šumarstva. Školska knjiga, Zagreb.
- ⋈ Santini, I., 1999: Troškovi u poslovnom odlučivanju. Hibis d.o.o., Centar za ekonomski consulting, Zagreb.
- ⋈ Žager, K., L. Zager, 1999: Analiza financijskih izvještaja. Masmmedia, Zagreb.
- *** JP "Hrvatske šume" p.o. Zagreb, Godišnji obračuni 2000–2004. god. Računovodstvena služba, Zagreb.

COSTS MANAGEMENT ANALYSIS IN FORESTRY

SUMMARY

The issues of managing forestry costs were analysed in collaboration with the Developing Service and other experts of the firm "Hrvatske šume" d.o.o. Zagreb, and the Faculty of Forestry of Zagreb University. The analysed costs relate to the years and activities of silviculture, exploitation, forest protection, game management, transporting system, wood assortment sales. According to the total forest management, the results of the research should contribute to improved decision making during forest work operations. Economically, they should help to increase the efficiency of forest works. Based on the established results, this work is a contribution to the discussion on the known classical and new cost management models of sustainable natural resources and the creation of scientific base for creation and application of the corresponding method in practice.

Key words: natural resources, forestry, methods, models, costs

UDK: 630*939

OPSTANAK ŠUMA KROZ LATENTNU STRUKTURU MIŠLJENJA STUDENATA ŠUMARSTVA

FOREST'S SURVIVAL THROUGH THE LATENT STRUCTURE OF FORESTRY STUDENTS' OPINIONS

ANĐELKA ŠAJKOVIĆ

Received – *Prispjelo*: 15. 6. 2006.

Accepted – *Prihvaćeno*: 21. 9. 2006.

Istraživanje je provedeno 2003. godine metodom ankete na uzorku od 362 ispitanika svih godišta obaju odsjeka Šumarskoga fakulteta u Zagrebu. Anketni je upitnik bio zatvorenoga tipa i sadržavao je ponuđene tvrdnje odnosa prema šumama. Obavljena je univarijatna i faktorska analiza. Cilj je rada istražiti što misli buduća šumarska profesija na evidentnoj i latentnoj razini o šumama. Izdvojeno je devet faktora koji su predstavljali latentne orijentacije prema šumama: 1. Odumiranje šuma zbog industrijskoga razvoja i iskorištavanja, 2. Orijehtacija na maksimalno iskorištavanje šuma nauštrb narušavanja šumskoga ekosustava, 3. Orijehtacija prema većoj izgradnji turističkih objekata i prometnica u šumama, 4. Izuzeće šuma iz eksploatacije i preusmjeravanje na plantažni uzgoj uz negiranje državne zaštite, 5. Orijehtacija naplaćivanja naknade za korištenje općekorisne funkcije šume i budućnost u drvetu kao bioenergentu, 6. Orijehtacija prema šumi kao nepresušnomu i obnovljivomu izvoru prirodnoga materijala i energenata, 7. Orijehtacija prema ekološkoj funkciji šume, zakonodavnoj i državnoj zaštiti, 8. Orijehtacija prema što manjoj intervenciji u prirodni opstanak šuma i zamjeni drugim materijalima, 9. Brigu o šumama treba prepustiti stručnjacima specijaliziranim za to područje (inženjerima šumarstva). Na evidentnoj razini studenti smatraju, među ostalim, da šume trebaju ostati dio netaknute prirode i da nisu preuveličane tvrdnje o odumiranju šume.

Ključne riječi: šumarska profesija, opstanak šuma, ekologija, latentne orijentacije

UVOD INTRODUCTION

U proteklih nekoliko stoljeća, a osobito u prošleme, povećano je iskorištavanje prirodnih dobara i s druge strane povećano je onečišćivanje okoliša. Socijalni su čimbenici glavni akteri u narušavanju okoliša u smislu načina rada i života (Čižrić

2002). Zbog izrazitoga antropogenoga utjecaja iscrpljuju se i narušavaju obnovljivi i neobnovljivi resursi. Šume pripadaju u obnovljive resurse, no nerazumno ponašanje čovjeka prema šumskim površinama i njihovo drastično smanjenje izazvalo je negativne učinke: eroziju tla, jačanje vjetrova, povećanje temperature i oborina, nestanak pojedinih biljnih i životinjskih vrsta (Črnjar 1997). Šume nestaju bilo zbog onečišćenja zraka i kiselih kiša bilo zbog ekonomske eksploatacije. U svijetu je ukupno razoreno 42 % tropskih šuma do 90-ih godina (Cifrić 1994); one nestaju brzinom od jednoga i pol jutra u sekundi. Prema nekim predviđanjima tropska će prašuma nestati u toku ovoga stoljeća (Gore 1994). Stoga bi prema Dalyjevu pravilu prirodni kapital, odnosno šume, trebalo čuvati bez obzira na trošak dok se ne nađu zamjene za drvo (Goodstein 2003: 112). Prema nekim procjenama 27 % svjetskoga kopna nalazi se pod šumama (Črnjar 1997).

U ovom istraživanju zanimalo nas je što buduća profesija uistinu misli na evidentnoj i latentnoj razini o hrvatskim šumama koje pokrivaju oko 43 % ukupnoga teritorija.

METODOLOGIJA METHODOLOGY

Istraživanje je provedeno 2003. godine metodom ankete na uzorku od 362 ispitanika Šumarskoga fakulteta obaju odsjeka, što je iznosilo oko 45 % svih upisanih studenata ($N = 800$). Anketiranje je provedeno na svim godištim studija prisutnih studenata, što možemo smatrati da uzorak pripada prigodnomu tipu uzorka. Anketirano je 214 ispitanika Šumarskoga odsjeka i 148 ispitanika Drvnotehnološkoga odsjeka, i to 27 % ženskih ispitanika i 72,9 % muških ispitanika od ukupnoga broja ($N = 362$). Provedeno je ponovljeno ili logitudinalno istraživanje u odnosu na 1996. (Šajković 1999), a neke su razlike objavljene u Šumarskom listu (Šajković 2005). Prema sociodemografskim obilježjima sa sela je bilo 37,4 % ispitanika, iz grada 39,3 %, velikoga grada 6,6 %, iz Zagreba 16,6 % ispitanika. Anketni je upitnik sadržavao 27 ponuđenih tvrdnji odnosa prema šumama. Izvršena je faktorska analiza pri čemu je prije same faktorizacije utvrđena Bartlettovim testom značajnost korelacijske matrice (1724.235), dok je pogodnost korelacijske matrice za faktorizaciju utvrđena Kaiser–Meyer–Olkinovim testom adekvatnosti uzorkovanja, koji je iznosio 0,688. Zadržane komponente rotirane su u smjeru varimax pozicije. Faktorima je obuhvaćeno 58,173 ukupne varijance.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA SURVEY'S RESULTS

Prema evidentnim rezultatima iz tablice 1 vidi se da su se studenti složili u više od 50 % slučajeva s tvrdnjama da naše šume trebaju ostati dio netaknute prirode (br. 6: 71,9 %), da korištenje šuma u turističke svrhe i ulazak velikoga broja ljudi

Tablica 1. Odnos prema šumama – frekvencije
Table 1 Orientation toward the forests – frequencies

Odnos prema šumama tvrdnje	Uopće se ne slažem	Ne slažem se	Nemam mišljenje	Slažem se	Potpuno se slažem
	%	%	%	%	%
1. Preuveličane su tvrdnje o odumiranju šuma, one se uvijek mogu obnoviti.	20,5	60,1	5,5	13,3	0,6
2. Današnje šume potpuno će nestati zbog prevelikoga iskorištavanja (sječe), odnosno ekonomskih razloga.	5,0	42,4	11,1	33,2	8,3
3. Šume će potpuno odumrijeti zbog onečišćenja i industrijskoga razvoja (kisele kiše itd.).	1,7	36,2	18,1	34,3	9,7
4. Ekološko onečišćenje nikada neće biti toliko da bi posve uništilo šume.	10,4	45,4	17,9	23,2	3,1
5. Nije važno što će biti sa sadašnjim šumskim vrstama, znanost će pronaći nove vrste prilagođene na onečišćenje.	39,3	45,7	11,9	2,5	0,6
6. Naše šume trebaju ostati dio netaknute prirode ako je to još moguće.	2,5	15,3	10,3	36,8	35,1
7. Naše su šume previše "divlje", stručnjaci ih trebaju kultivirati i učiniti pristupačnijima za čovjeka.	26,6	52,1	13,0	6,6	1,7
8. U svim našim šumama treba izgraditi što više prometnica kako bi bile dostupnije u turističke svrhe.	36,8	48,5	7,8	5,8	1,1
9. Potrebno je izgraditi što više turističkih objekta u samim šumama.	26,2	42,9	14,8	14,8	1,4
10. Korištenje šuma u turističke svrhe i ulazak prevelikoga broja ljudi narušit će biljnu i životinjsku ravnotežu.	2,2	12,8	5,6	52,1	27,3
11. Treba što manje intervenirati u prirodnom opstanku šuma.	14,0	43,5	15,4	21,9	5,1
12. U skoroj budućnosti šume se neće sjeći za izradu predmeta, a drvo će zamijeniti drugi materijali, na primjer plastika, kovina itd.	14,2	42,1	24,0	17,8	1,9
13. Šuma je nepresušni izvor nezamjenljivoga prirodnoga materijala i to će i ostati.	10,2	33,2	12,5	30,2	13,9
14. Ne postoji mogućnost iscrpljivanja drva.	24,2	52,1	13,6	8,1	1,9
15. Zakonodavstvo dovoljno štiti šume od potpunoga iscrpljivanja drva.	16,5	41,7	21,8	16,0	3,9
16. Drvni ostaci (kora, grane i piljevina) mogu se koristiti za dobivanje bioenergije.	0	0,8	14,3	48,9	36,0
17. Budućnost je u drvu kao energentu i ono će služiti kao pogonsko gorivo jer ga je moguće uzgojiti i obnoviti.	5,0	23,2	30,7	30,7	10,3
18. Šuma dobiva sve više ekološku funkciju, a manje gospodarsku.	3,1	20,9	18,4	44,4	12,8
19. Nama nisu potrebne zaštićene šume, već je potrebno što više izvući drva i financijski koristiti.	37,4	47,8	9,5	4,2	1,1
20. Sadašnje naše šume treba izuzeti iz eksploatacije, a preusmjeriti se na plantažni uzgoj.	13,9	36,9	28,6	15,6	5,0
21. U skoroj budućnosti imat ćemo brzorastuće plantažne šume za ekonomsku eksploataciju.	10,9	29,6	36,0	20,9	2,5

22. Nije važno narušavanje biljne i životinjske ravnoteže u šumama ako se može izvući veća financijska korist od turizma.	51,0	35,7	7,8	3,6	1,9
23. Šume trebaju ostati u državnom vlasništvu jer jedino država može osigurati njihovu zaštitu i konačni opstanak.	8,6	20,8	21,4	31,4	17,8
24. Treba naplaćivati naknadu za korištenje šume u rekreativne svrhe i ostale općekorisne funkcije.	6,4	21,4	18,1	35,7	18,4
25. Izgradnjom autocesta i ostalih objekata nestalo je tisuće hektara hrvatskih šuma.	3,1	8,1	16,4	46,5	25,9
26. Brigu o zaštiti šuma treba prepustiti isključivo stručnjacima specijaliziranim za to područje (inž. šumarstva).	0,8	7,5	5,8	35,3	50,6
27. Bilo koja druga profesija mogla bi se bolje brinuti o zaštiti šuma (biolozi i dr.).	29,8	32,0	25,1	10,6	2,5

može narušiti biljnu i životinjsku ravnotežu (br. 10: 79,4 %), da se drveni ostaci mogu koristiti za dobivanje bioenergije (br. 16: 84,9 %), da šuma dobiva sve više ekološku funkciju a manje gospodarsku (br.18: 57,2 %), da treba naplaćivati naknadu za korištenje šume u rekreativne i ostale općekorisne funkcije (br. 24: 54,1 %), da je izgradnjom autocesta i ostalih objekata nestalo tisuće hektara šuma (br. 25: 72,4 %), te brigu o zaštiti šuma treba prepustiti stručnjacima specijaliziranim za to područje, odnosno inženjerima šumarstva (br. 26: 85,9 %). S ostalim tvrdnjama ispitanici se uglavnom nisu složili u više od 50 % slučajeva. Prema evidentnim odgovorima ispitanici su pokazali izrazitu senzibilnost prema šumama i njihovu opstanku.

Zanimalo nas je u ovom istraživanju što studenti misle na latentnoj razini o opstanku šuma. Stoga smo u sljedećem postupku izvršili faktorsku analizu, pri čemu smo izdvojili tvrdnje koje su imale 0,30 i veću korelaciju.

U prvom faktoru izdvojeno je pet tvrdnji, i to dvije negativno korelirane, dok su ostale visoko pozitivno korelirane. Ispitanici ne prihvaćaju na latentnoj razini da će šume potpuno odumrijeti zbog onečišćenja i industrijskoga razvoja, zatim da će potpuno nestati zbog prevelikoga iskorištavanja te da bi naše šume trebale ostati dio netaknute prirode, ako je to još moguće. Negativno korelirane tvrdnje shvatit ćemo kao odbacivanje te tvrdnje, odnosno da nisu preuveličane tvrdnje o odumiranju šuma i da se one ne mogu uvijek obnoviti, zatim ekološka bi onečišćenost mogla posve uništiti šume. Prvi faktor nazvali smo "odumiranje šuma zbog industrijskoga razvoja i iskorištavanja".

U drugom faktoru ispitanici na latentnoj razini prihvaćaju da nama nisu potrebne zaštićene šume, već je potrebno što više izvući drva i financijsku korist, zatim da nije važno narušavanje biljne i životinjske ravnoteže u šumama ako se može izvući korist od turizma, da su naše šume previše divlje i da bi ih stručnjaci trebali učiniti pristupačnijima za čovjeka te da nije važno što će biti sa sadašnjim šumskim vrstama jer će znanost pronaći nove vrste prilagođene na onečišćenost. S druge strane zakonodavstvo dovoljno štiti šume od potpunoga iscrpljivanja drva. Drugi faktor definirali smo kao "orijentacija maksimalnoga iskorištavanja šuma i nauštrb narušavanja šumskoga ekosustava".

Tablica 2. Rotirana faktorska matrica
 Table 2 Rotated factor matrix

	Faktori								
	F 1 r	F 2 r	F3 R	F4 r	F5 r	F6 r	F7 r	F8 r	F9 r
1	-.517	.286	-.022	.010	.043	-.026	-.243	-.050	.232
2	.726	.123	-.128	.147	.132	-.045	-.213	.132	-.141
3	.833	.123	-.058	.121	.067	-.056	-.130	.036	.028
4	-.686	.181	-.026	.009	.136	.195	-.003	.136	-.201
5	-.149	.411	.108	.228	-.082	.245	-.185	.327	.015
6	.324	-.242	-.124	.139	.312	-.035	-.001	.228	.310
7	.003	.493	.232	.244	-.077	.166	-.079	.095	.244
8	-.022	.306	.688	-.027	-.023	.061	.013	.137	.056
9	.060	.173	.818	.068	-.021	.036	.001	.098	-.046
10	.209	.054	-.650	-.010	.056	.136	.095	.160	.155
11	.025	.040	.014	-.080	.002	.089	.103	.700	-.137
12	.105	-.130	.072	.139	-.038	-.257	-.092	.653	.209
13	-.098	-.011	-.070	-.082	-.083	.787	-.016	-.144	.042
14	-.231	.295	.046	-.009	-.072	.613	-.019	.325	-.047
15	-.209	.368	-.083	-.075	-.255	.142	.616	-.074	.023
16	.011	-.383	.003	.099	.512	.210	.233	-.224	.026
17	.123	.062	.152	-.001	.476	.405	.153	-.251	-.115
18	-.013	-.091	-.007	.111	.261	-.066	.737	.066	.119
19	-.027	.752	.112	-.057	.136	-.007	.046	-.087	-.156
20	.088	.050	-.006	.786	-.047	-.118	.011	-.031	-.008
21	.064	.067	.026	.762	.089	.017	.053	.057	-.088
22	.019	.608	.201	.082	-.202	.085	.159	-.059	-.045
23	-.103	.208	-.131	-.400	.268	-.124	.391	.045	-.135
24	-.133	.085	.051	-.103	.690	-.162	-.059	-.056	.243
25	.113	-.109	-.217	.024	.521	-.098	.083	.129	-.035
26	.012	-.057	-.154	-.036	.196	.013	.071	.014	.757
27	.179	.291	-.029	.382	-.034	-.096	-.355	.059	-.425

Tablica 3. – Faktor 1: Odumiranje šuma zbog industrijskoga razvoja i iskorištavanja
 Table 3 – Factor 1 Forests extinction due to the industrial development and exploitation

Tvrđnje	r
1. Preveličane su tvrđnje o odumiranju šuma, one se uvijek mogu obnoviti (1)	-.516
2. Današnje šume potpuno će nestati zbog prevelikoga iskorištavanja (2)	.726
3. Šume će potpuno odumrijeti zbog onečišćenja i industrijskoga razvoja (3)	.833
4. Ekološko onečišćenje nikada neće biti toliko da bi posve uništilo šume (4)	-.686
5. Naše šume trebaju ostati dio netaknute prirode, ako je to još moguće (6)	.324

Treći se faktor sastoji od dviju visoko pozitivno koreliranih tvrđnji i jedne također visoko, ali negativne korelacije. Prema izdvojenim tvrđnjama možemo reći da dio studentske populacije smatra da je potrebno izgraditi što više turističkih ob-

Tablica 4. – Faktor 2: Orijentacija maksimalnoga iskorištavanja šuma i nauštrb narušavanja šumskoga ekosustava

Table 4 – Factor 2: Orientation to the maximum forests exploitation and endangering forests' ecosystem

Br. tvr.	Tvrdnje	r
1.	Nama nisu potrebne zaštićene šume, već je potrebno što više izvući drva i financij-sku korist (19)	.752
2.	Nije važno narušavanje biljne i životinjske ravnoteže u šumama ako se može izvući veća korist od turizma (22)	.608
3.	Naše su šume previše divlje, stručnjaci ih trebaju kultivirati i učiniti pristupačnijima za čovjeka (7)	.493
4.	Nije važno što će biti sa sadašnjim šumskim vrstama, znanost će iznaći nove vrste prilagođene na onečišćenje (5)	.411
5.	Drveni se ostaci mogu iskoristiti za dobivanje bioenergije (16)	-.383
6.	Zakonodavstvo dovoljno štiti šume od potpunoga iscrpljivanja drva (15)	.368
7.	U svim našim šumama treba izgraditi što više prometnica kako bi bile dostupnije u turističke svrhe (8)	.306

Tablica 5. – Faktor 3: Orijentacija prema većoj izgradnji turističkih objekata i prometnica u šumama
Table 5 – Factor 3: Orientation toward the increasment of the tourists' objects construction and roads in the forests

Br. tvr.	Tvrdnje	r
1.	Potrebno je izgraditi što više turističkih objekata u samim šumama (9)	.818
2.	U svim našim šumama treba izgraditi što više prometnica kako bi bile dostupnije u turističke svrhe (8)	.688
3.	Korištenje šuma u turističke svrhe i ulazak prevelikoga broja ljudi narušit će biljnu i životinjsku ravnotežu (10)	-.650

jekta u samim šumama, zatim da treba izgraditi što više prometnica u šumama kako bi bile dostupnije u turističke svrhe, dok ulazak prevelikoga broja ljudi neće narušiti biljnu i životinjsku ravnotežu prema negativnoj korelaciji treće tvrdnje. Treći je faktor definiran kao "orijentacija prema većoj izgradnji turističkih objekata i prometnica u šumama".

U četvrtom faktoru izdvojene su četiri tvrdnje, od čega su tri pozitivne i jedna negativne korelacije. Možemo reći da se studenti slažu na latentnoj razini da naše šume treba izuzeti iz eksploatacije i preusmjeriti se na plantažni uzgoj, zatim da ćemo u skoroj budućnosti imati brzorastuće plantažne šume, a bilo koja druga profesija mogla bi se bolje brinuti o zaštiti šuma. Prema negativnoj korelaciji treće tvrdnje možemo reći da dio studenata smatra da šume ne trebaju ostati u državnom vlasništvu. Četvrti faktor nazvali smo "izuzeće šuma iz eksploatacije i preusmjerenje na plantažni uzgoj uz negiranje državnoga vlasništva nad šumama".

U petom faktoru izdvojene su tvrdnje pozitivnih korelacija. Studenti smatraju na latentnoj razini da treba naplaćivati naknadu za korištenje šume u rekreativne svrhe i ostale općekorisne funkcije, zatim da je izgradnjom autocesta i ostalih obje-

Tablica 6. – Faktor 4: Izuzeće šuma iz eksploatacije i preusmjeravanje na plantažni uzgoj uz negiranje državne zaštite

Table 6 – Factor 4: Exemption of the forests from the exploitation and redirecting to the farm production without the protection of the government

Br. tvr.	Tvrdnje	r
1.	Sadašnje naše šume treba izuzeti iz eksploatacije, a preusmjeriti se na plantažni uzgoj (20)	.786
2.	U skoroj budućnosti imar ćemo brzorastuće plantažne šume za ekonomsku eksploataciju (21)	.762
3.	Šume trebaju ostati u državnom vlasništvu jer jedino država može osigurati njihovu zaštitu i konačni opstanak (23)	-.400
4.	Bilo koja druga profesija mogla bi se bolje brinuti o zaštiti šuma (27)	.382

Tablica 7. – Faktor 5: Orijentacija naplaćivanja naknade za korištenje općekorisnih funkcija šume i budućnost u drvu kao bioenergentu

Table 7 – Factor 5: Orientation toward charging the fees for the usage of the public forests and the future of a wood as an bioenergy source

Br. tvr.	Tvrdnje	R
1.	Treba naplaćivati naknadu za korištenje šume u rekreativne svrhe i općekorisne funkcije (24)	.690
2.	Izgradnjom autocesta i ostalih objekata nestalo je tisuće hektara hrvatskih šuma (25)	.521
3.	Drvni ostaci mogu se iskoristiti za dobivanje bioenergije (16)	.512
4.	Budućnost je u drvu kao energentu i ono će služiti kao pogonsko gorivo jer ga je moguće uzgojiti i obnoviti (17)	.476
5.	Naše šume trebaju ostati dio netaknute prirode, ako je to još moguće (7)	.312

kata nestalo tisuće hektara hrvatskih šuma, da je budućnost u drvu kao energentu jer ga je moguće obnoviti i da naše šume trebaju ostati dio netaknute prirode, ako je to još moguće. Peti smo faktor definirali kao "orijentacija naplaćivanja naknade za korištenje općekorisne funkcija šume i budućnost u drvu kao bioenergentu".

Šesti faktor sastoji se od triju tvrdnja pozitivnih korelacija. Prema interpretaciji navedenih tvrdnja možemo reći da dio studenata podržava da je šuma nepresušni izvor nezamjenljivoga prirodnoga materijala, da ne postoji mogućnost iscrpljivanja drva, te da je budućnost u drvu kao energentu jer ga je moguće obnoviti. Stoga smo šesti faktor nazvali "orijentacija prema šumi kao nepresušnomu i obnovljivomu izvoru prirodnoga materijala i energenta".

Sljedeći se faktor sastoji od četiriju tvrdnja, i to triju pozitivnih i jedne negativne korelacije. Na latentnoj razini studenti podržavaju da šuma dobiva sve više ekološku funkciju, a manje gospodarsku, da zakonodavstvo dovoljno štiti šume od potpunoga iscrpljivanja drva te da šume trebaju ostati u državnom vlasništvu jer jedino država može osigurati njihovu zaštitu. Studenti ne podržavaju da se bilo koja druga profesija može bolje brinuti o zaštiti šuma. Možemo reći na temelju izdvojenih tvrdnja da dio studentske populacije podržava orijentaciju prema ekološkoj funkciji šume i zakonodavnoj i državnoj zaštiti.

Tablica 8. – Faktor 6: Orijentacija prema šumi kao nepresušnomu i obnovljivomu izvoru prirodnoga materijala i energenata

Table 8 – Factor 6: Orientation toward forests as an everlasting and replenishable source of the natural material and energy

Br. tvr.	Tvrdnje	r
1.	Šuma je nepresušni izvor nezamjenljivoga prirodnoga materijala i to će i ostati (13)	.787
2.	Ne postoji mogućnost iscrpljivanja drva (14)	.613
3.	Budućnost je u drvu kao energentu i ono će služiti kao pogonsko gorivo jer ga je moguće uzgojiti i obnoviti (17)	.405

Tablica 9. – Faktor 7: Orijentacija prema ekološkoj funkciji šume i zakonodavnoj i državnoj zaštiti

Table 9 – Factor 7 Orientation toward ecological function of the forests and law and government protection

Br. tvr.	Tvrdnje	R
1.	Šuma dobiva sve više ekološku funkciju, a manje gospodarsku (18)	.737
2.	Zakonodavstvo dovoljno štiti šume od potpunoga iscrpljivanja drva (15)	.616
3.	Šume trebaju ostati u državnom vlasništvu jer jedino država može osigurati njihovu zaštitu i konačni opstanak (23)	.391
4.	Bilo koja druga profesija mogla bi se bolje brinuti o zaštiti šuma (27)	-.355

U osmom faktoru izdvojene su četiri pozitivno korelirane tvrdnje. Prema interpretaciji tih tvrdnja možemo reći da dio studentske populacije podržava da treba što manje intervenirati u prirodni opstanak šuma, zatim da se u budućnosti šume neće sjeći za izradu predmeta, a drvo će zamijeniti druge vrste materijala, kao što je plastika i kovina, a nije važno što će biti sa sadašnjim šumskim vrstama jer znanost će pronaći nove vrste prilagođene na onečišćenje te ne postoji mogućnost iscrpljivanja drva. Osmi smo faktor nazvali "orijentacija prema što manjoj intervenciji u prirodni opstanak šuma, a u budućnosti drvo će zamijeniti drugi materijali".

U devetom faktoru izdvojene su tri tvrdnje od kojih je samo jedna visoko pozitivno korelirana. Naime, dio studenata na latentnoj razini smatra da brigu o zaštiti treba

Tablica 10. – Faktor 8: Orijentacija prema što manjoj intervenciji prirodnomu opstanku šuma i zamjena drugim materijalom

Table 10 – Factor 8 Orientation toward minimization of the intervention to the natural survival of the forests and substitute with other materials

Br. tvr.	Tvrdnje	R
1.	Treba što manje intervenirati u prirodni opstanak šuma (11)	.700
2.	U skoroj budućnosti šume se neće sjeći za izradu predmeta, a drvo će zamijeniti materijali kao što su plastika, kovina itd. (12)	.653
3.	Nije važno što će biti sa sadašnjim šumskim vrstama, znanost će iznaći nove vrste prilagođene na zagađenja (5)	.327
4.	Ne postoji mogućnost iscrpljivanja drva (14)	.325

Tablica 11. – Faktor 9: Brigu o šumama treba prepustiti stručnjacima specijaliziranim za to područje (inženjerima šumarstva)

Table 11 – Factor 9: Surveillance of the forests should be under the jurisdiction of the experts (forests engineers)

Br. tvr.	Tvrdnje	R
1.	Brigu o zaštiti šuma treba prepustiti isključivo stručnjacima specijaliziranim za to područje (26)	.757
2.	Bilo koja druga profesija mogla bi se bolje brinuti o zaštiti šuma (27)	-.425
3.	Naše šume trebaju ostati dio netaknute prirode, ako je to još moguće (6)	-.310

prepustiti isključivo stručnjacima specijaliziranim za to područje ili inženjerima šumarstva, dok ne prihvaćaju da bi bilo koja druga profesija mogla bolje brinuti o zaštiti šuma i također ne prihvaćaju da naše šume trebaju ostati dio netaknute prirode.

Ovaj smo faktor definirali kao “brigu o šumama treba prepustiti stručnjacima specijaliziranim za to područje (inženjerima šumarstva)”.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA FINAL CONCLUSION

Na evidentnoj razini studenti su pokazali izrazitu senzibilnost prema opstanku šuma i možemo reći da smatraju da nisu preuveličane tvrdnje o odumiranju šuma, da ne treba izgraditi previše turističkih objekata u šumama, da bi ulazak prevelikoga broja ljudi mogao narušiti biljnu i životinjsku ravnotežu. Većina studenata slaže se da bi naše šume trebale ostati dio netaknute prirode.

Prema izdvojenim faktorima možemo reći da kod studenata Šumarskoga fakulteta na latentnoj razini postoje sljedeće orijentacije prema šumama: odumiranje šuma zbog industrijskoga razvoja i iskorištavanja, orijentacija na maksimalno iskorištavanje šuma nauštrb narušavanja šumskoga ekosustav, orijentacija prema većoj izgradnji turističkih objekata i prometnica u šumama, orijentacija prema izuzeću šuma iz eksploatacije i preusmjeravanje na plantažni uzgoj uz negiranje državnoga vlasništva, orijentacija naplaćivanja naknade za korištenje šume u općekorisne funkcije i budućnost u drvu kao bioenergentu, budućnost u šumi kao nepresušnom i obnovljivom izvoru prirodnoga materijala i energenta, orijentacija prema ekološkoj funkciji šume i zakonodavnoj i državnoj zaštiti, orijentacija prema što manjoj intervenciji u prirodnom opstanku šuma, dok će u budućnosti drvo zamijeniti drugi materijali, brigu o šumama treba prepustiti stručnjacima specijaliziranim za to područje (inženjerima šumarstva). Prema navedenim orijentacijama možemo reći da dio studenata na latentnoj razini smatra da će šume odumrijeti zbog industrijskoga razvoja i iskorištavanja. Međutim, dio studenta nije pretjerano zabrinut za opstanak šuma i smatra da će problemi biti riješeni plantažnim uzgojem, zatim zakonodavnom i državnom zaštitom i brigom struke.

LITERATURA LITERATURE

- ⋈ Cifrić, I., 1994: Napredak i opstanak: moderno mišljenje u postmodernom kontekstu. Hrvatsko sociološko društvo, Zagreb.
- ⋈ Cifrić, I., 2002: Okoliš i održivi razvoj. Hrvatsko sociološko društvo, Zavod za sociologiju Filozofskog fakulteta, Zagreb.
- ⋈ Črnjar, M., 1997: Ekonomija i zaštita okoliša. Školska knjiga – Glosa, Zagreb – Rijeka.
- ⋈ Goodstein, Eban S., 2003: Ekonomika i okoliš. Mate, Zagreb.
- ⋈ Gore, A., 1994: Zemlja u ravnoteži: ekologija i ljudski duh. Mladost, Zagreb.
- ⋈ Šajković, A., 1999: Socijalno-ekološke orijentacije u šumarskoj profesiji. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Zagreb.
- ⋈ Ⓛ ⋈ Šajković, A., 2005: Odnos studenata šumarstva prema prirodi i resursima. Šumarski list, 11–12, Zagreb.

FOREST'S SURVIVAL THROUGH THE LATENT STRUCTURE OF FORESTRY STUDENTS' OPINIONS

SUMMARY

The research was conducted in 2003. and it is based on the surveys of 362 students, all ages, of the both departments of the Faculty of Forestry in Zagreb. The survey contained closed ended statements regarding the attitudes towards the forests. Univariate and factor analysis were applied. The goal was to reveal the opinions of the future forestry occupation regarding the forests on the evident and the latent level.

Nine factors representing the latent structure towards the forests were extracted: 1. Forests extinction due to the industrial development and exploitation, 2. Orientation to the maximum forests exploitation and endangering forests' ecosystem, 3. Orientation toward the increasment of the tourists' objects construction and roads in the forests, 4. Exemption of the forests from the exploitation and redirecting to the farm production without the protection of the government, 5. Orientation toward charging the fees for the usage of the public forests and the future of a wood as an bioenergy source, 6. Orientation toward forests as an everlasting and replenishable source of the natural material and energy, 7. Orientation toward ecological function of the forests and law and government protection, 8. Orientation toward minimization of the intervention to the natural survival of the forests and substitute with other materials, 9. Surveillance of the forests should be under the jurisdiction of the experts (forests engineers).

On the evident level students, beside everything else, think that the forests should remain the untouched part of the nature and that the statements regarding the extinction of the forests aren't exaggerated.

Key words: forestry occupation, forest's survival, ecology, latent orientation

ISSN 0352-3861



9 770352 386008