

# TOPOLA

# POPLAR

---

2014 (MMXIV)

NOVI SAD

N° 193/194

ISSN 0563-9034

**Izdavač**

INSTITUT ZA NIŽIJSKO ŠUMARSTVO I ŽIVOTNU SREDINU

**Redakcioni odbor**

Prof. dr Saša Orlović, Prof. dr Bojana Klašnja, Dr Savo Rončević, Dr Zoran Galić, Dr Branislav Kovačević, Dr Vladislava Galović, Dr Siniša Andrašev, Dr Saša Pekeč, Dr Verica Vasić, Dr Milan Drekić, Dr Predrag Pap, Dr Andrej Pilipović, Dr Miroslav Marković, Dr Bratislav Matović, Dr Mirjana Stevanov, Dr Srđan Stojnić, Dr Marina Katanić, Dr Dejan Stojanović, Dr Leopold Poljaković-Pajnik, Dr Marko Kebert

Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad

Dr Sc. Hojka Kraigher - Slovenian Forestry Institute, Ljubljana, Slovenia

Assoc. Prof. Dr. Iantcho Naidenov - Forest Protection Station, Sofia, Bulgaria

Dr. Károly Rédei - Forest Research Institute (ERTI), Budapest, Hungary

**Glavni i odgovorni urednik**

Prof. dr Saša Orlović

**Glavni urednik**

Dr Branislav Kovačević

**Tehnički urednik**

Dr Leopold Poljaković-Pajnik

**UDK klasifikacija**

Radmila Kevrešan

**Štampa**

Štamparija "Old commerce" – Novi Sad

**Uredništvo i administracija:** Novi Sad, Antona Čehova 13, telefon: +381 21 540 383,  
+381 21 540 384, Fax +381 21 540 385, Tekući račun: NLB banka a.d. 310-15276-72.

Časopis izlazi dva puta godišnje

**SADRŽAJ**  
**CONTENT**

---

Pekeč S., Novčić Z.

MOGUĆNOST KORIŠĆENJA ZEMLJIŠTA ZA POŠUMLJAVANJE NA PODRUČJU NEKADAŠnjEG RIBNJAKA

Pekeč S., Novčić Z.

POSSIBLE LAND USE FOR AFFORESTATION THE ONCE AREA

---

1

Rédei K., Keserű Z., Rásó J.

TENDING OPERATION MODELS FOR BLACK LOCUST (*ROBINIA PSEUDOACACIA L.*) STANDS GROWING ON SANDY SOILS IN HUNGARY

Rédei K., Keserű Z., Rásó J.

MODEL MERA NEGE U SASTOJINAMA BAGREMA (*ROBINIA PSEUDOACACIA L.*) NA PESKOVITIM ZEMLJIŠTIMA U MAĐARSKOJ

---

7

Pekeč S., Rončević S., Vučetić G., Crnojević V., Minić V., Brdar S.

TEHNIČKE MERE ZAŠTITE OD ŠUMSKIH POŽARA

Pekeč S., Rončević S., Vučetić G., Crnojević V., Minić V., Brdar S.

TECHNICAL MEASURES OF PROTECTION FROM FOREST FIRES

---

15

Drekić M., Poljaković – Pajnik L., Orlović S., Kovačević B., Vasić V., Pilipović A.

REZULTATI VIŠEGODIŠnjEG MONITORINGA STANJA KROŠNJI STABALA

Drekić M., Poljaković – Pajnik L., Orlović S., Kovačević B., Vasić V., Pilipović A.

RESULTS OF MULTIANNUAL MONITORING OF TREE CROWN CONDITION

---

23

Galić Z.

MONITORING MIKROKLIMATSkih USLOVA I VLAžNOSTI ZEMLJIŠTA U TIPU ŠUME *Quercetum frainetto-cerris* NA GAJNJAČI

Galić Z.

MONITORING OF MICROCLIMATIC CONDITIONS AND SOIL MOISTURE IN *Quercetum frainetto-cerris* STAND ON CAMBISOL

---

37

Stojnić S., Trudić B., Galović, V., Šimunovački, Đ, Đorđević B., Rađević V., Orlović S.

OČUVANJE GENETIČkih RESURSA HRASTA LUžNJAKA (*QUERCUS ROBUR L.*) NA PODRUČJU JAVNOG PREDUZEĆA „VOJVODINAŠUME“

Stojnić S., Trudić B., Galović, V., Šimunovački, Đ, Đorđević B., Rađević V., Orlović S.

CONSERVATION OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR L.*) GENETIC RESOURCES AT THE TERRITORY OF PUBLIC ENTERPRISE "VOJVODINAŠUME"

---

47

Pilipović A., Orlović S., Galić Z., Stojnić S., Borišev M., Župunski M.

DISANJE ZEMLJIŠTA U DVE RAZLIČITE SASTOJINE ČETINARA TOKOM VEGETACIJE U PERIODU 2011-2013

Pilipović A., Orlović S., Galić Z., Stojnić S., Borišev M., Župunski M.

SOIL RESPIRATION IN TWO DIFFERENT CONIFER STANDS DURING VEGETATION PERIOD 2011-2013

---

73

Rončević S., Kovačević B., Andrašev S., Pekeč S. PREŽIVLJAVANJE DRVENASTIH VRSTA U EKOLOŠKIM USLOVIMA SOLONJCEA <i>Rončević S., Kovačević B., Andrašev S., Pekeč S.</i> <i>SURVIVAL OF REPRODUCTION AND PLANTING MATERIAL OF SALT TOLERANT TREE SPECIES IN CONDITIONS OF SOLONJEC</i>	85
Katanić M., Pilipović A., Kovačević B., Pekeč S., Novčić Z. UTICAJ GENOTIPA I SREDINE NA KOLONIZACIJU KORENA TOPOLA MIKORIZNIM I ENDOFITSKIM GLJIVAMA <i>Katanić M., Pilipović A., Kovačević B., Pekeč S., Novčić Z.</i> <i>INFLUENCE OF GENOTYPE AND ENVIRONMENT ON POPLAR ROOTS COLONIZATION WITH MYCORRHIZAL AND ENDOPHYTIC FUNGI</i>	97
Stojanović D., Levanić T., Matović B., Plavšić J. TRENDOVI PRIRASTA I VITALNOSTI HRASTA LUŽNJAKA U SREMU SA ASPEKTA PROMENE VODOSTAJA SAVE <i>Stojanović D., Levanić T., Matović B., Plavšić J.</i> <i>TRENDS IN GROWTH AND VITALITY OF PEDUNCULATE OAK FORESTS IN SREM FROM THE ASPECT FUTURE SAVA RIVER WATER LEVEL CHANGE</i>	107
Kovačević B., Orlović S., Pap P., Katanić M., Dabić S. EFEKAT PRIMENE PRAŠKASTIH FORMULACIJA SA KOBALT HLORIDOM I INDOLBUTERNOM KISELINOM NA OŽILJAVANJE DRVENASTIH REZNICA BELE TOPOLE <i>Kovačević B., Orlović S., Pap P., Katanić M., Dabić S.</i> <i>THE EFFECT OF APPLICATION OF COBALT CHLORIDE AND INDOLBUTERIC ACID POWDER FORMULATIONS ON ROOTING OF WHITE POPLAR HARDWOOD CUTTINGS</i>	117
Andrašev S., Rončević S., Bobinac M. ELEMENTI RASTA I STRUKTURA KULTURA BAGREMA NA ČERNOZEMU NA PODRUČJU DELIBLATSKE PEŠČARE <i>Andrašev S., Rončević S., Bobinac M.</i> <i>ELEMENTS OF GROWTH AND STRUCTURE OF BLACK LOCUST CULTURES ON CHERNOZEM IN THE AREA OF DELIBLATO SANDS</i>	129
Prikaz publikacije: Dejan V. Stojanović, Srećko B. Ćurčić, Marko M. Tomić (2014): FAUNA LEPIDOPTERA NACIONALNOG PARKA "TARA" - Deo prvi - Microlepidoptera <i>Book review: Dejan V. Stojanović, Srećko B. Ćurčić, Marko M. Tomić (2014): FAUNA OF LEPIDOPTERA OF NATIONAL PARK "TARA"- Part one - Microlepidoptera</i>	147

## **MOGUĆNOST KORIŠĆENJA ZEMLJIŠTA ZA POŠUMLJAVANJE NA PODRUČJU NEKADAŠNJEG RIBNJAKA**

Pekeć Saša, Novčić Zoran<sup>1</sup>

**Izvod:** Na području priobalne zone Dunava, na površini od 50 ha koja je nekada korišćena kao ribnjak, ispitivane su osobine zemljišta, kako bi se odredila mogućnost njegovog korišćenja. Na osnovu morfoloških osobina determinisana su dva tipa zemljišta, močvarno glejno zemljište i fluvisol. Dobijeni rezultati ispitivanja ukazuju da zemljišta, zbog svojih nepovoljnih osobina, nisu pogodna ili su samo delimično pogodna za podizanje šumskog zasada.

**Ključne reči:** zemljište, šumski zasad, ribnjak, Dunav

### ***POSSIBLE LAND USE FOR AFFORESTATION IN FORMER POND AREA***

**Abstract:** In the area of the alluvial plane of the Danube, an area that was once used as a pond, conducted a study of soil properties on 50 hectares, in order to determine the possibility of its use. Based on morphological characteristics determined by two types of land, swampy gley soil and fluvisol. The data indicate that the tested soil due to its characteristics are not suitable or partially suitable for raising forest plantations.

**Keywords:** soil, forest plantation, pond, Danube

### **UVOD**

Poznata je činjenica da je Vojvodina područje pokriveno šumom sa oko 6,37 % prema Vlatković, (1986), što je veoma mali procenat pošumljenosti. Prema prostornom planu potrebno je do 2020. godine podići nivo pošumljenosti na oko 14 % kako bi se stvorili povoljniji ekološki uslovi i dobio niz pogodnosti sa povećanjem površina pod šumama. S obzirom da je Vojvodina izrazito poljoprivredno područje, neophodno je naći površine koje se ne koriste za poljoprivrednu proizvodnju, i na kojima je moguće planirati podizanje šumskih zasada.. U tom cilju je neophodno ispitati zemljišta na pomenutim površinama i na osnovu karakteristika zemljišta dati smernice za korišćenje takvih površina. U konkretnom slučaju izvršeno je rekognosciranje zemljišta na području koje se nije koristilo u poljoprivrednoj proizvodnji, već je u prethodnom periodu korišćeno kao ribnjak. Na pomenutoj površini su definisane dve sistematske jedinice prema važećoj klasifikaciji zemljišta Škorić et al., (1985), euglej-močvarno glejno

---

<sup>1</sup> Dr Saša Pekeć naučni saradnik, Dipl. ing. Zoran Novčić stručni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad.

zemljište i fluvisol-aluvijalno zemljište. Prema navodima Antića et al., (1968), u ovoj zoni zastupljena su hidromorfna zemljišta iz klase glejnih zemljišta te je potencijalna šumska vegetacija: *Populetum nigrae et albae*, *Salicetum albae*, *Cariceto-Salicetum* i barska vegetacija *Magnocaricion*, *Scirpo phragmitetum* i *Lemno salvinetum*, koja dobro podnosi oscilaciju podzemne vode prve izdani. Cilj ovog rada je da se na osnovu rezultata pedoloških i hidroloških analiza utvrdi mogućnost korišćenja ovog zemljišta za pošumljavanje.

## METOD RADA I OBJEKAT ISTRAŽIVANJA

Na području nekadašnjeg ribnjaka „Futog“ u Futogu, urađeno je ispitivanje zemljišta radi mogućnosti podizanja šumskog zasada na pomenutoj površini. Na području od oko 50 ha, otvorena su 4 pedološka profila. Urađen je opis spoljašnje i unutrašnje morfologije profila. Uzeto je 12 uzoraka zemljišta u narušenom stanju radi laboratorijskih analiza, kako bi se odredile potrebne fizičke i hemijske karakteristike, te odredila mogućnost korišćenja ovog zemljišta.

## REZULTATI

Analizirajući podatke iz tabele 1 za prva tri pedološka profila (P1/13, P2/13 i P3/13) koji predstavljaju močvarno glejno zemljište, može se konstatovati da je prosečan sadržaj frakcije krupnog peska iznosio od 7.83 do 20.43 %, dok je prosečan sadržaj sitnog peska bio od 65.03 do 77.93 %. Sadržaj frakcije praha je iznosio od 7.53 do 11.63 %, a prosečan sadržaj gline se kretao od 2.63 do 7.03 %. Bez obzira na variranje prosečnih vrednosti krupnog i sitnog peska te praha i gline za navedena 3 pedološka profila, sadržaj ukupnog peska i ukupne gline je bio ujednačen, te se prosečna vrednost ukupnog peska kretala od 85.42 do 86.03 %, dok je vrednost ukupne gline bila u rasponu od 13.96 do 14.56 %. Na osnovu zastupljenosti frakcija mehaničkih elemenata površinski horizonti zemljišta pripadaju klasi peskovitih, a dublji horizonti klasi ilovast pesak.

Prema podacima za profil P4/13, koji prema sistematskoj jedinici pripada zemljištu tipa fluvisol, prosečan sadržaj frakcije krupnog peska je 10,05%, sitnog peska 52,08%, dok je sadržaj praha 24,37%, te gline 16,13%. Prema navedenom sadržaj ukupnog peska je 59,53 % dok je sadržaj ukupne gline 40,46%. Teksturne klase ovog zemljišta su u površinskom i najnižem sloju pedološkog profila peskovita ilovača, dok je srednji sloj težeg mehaničkog sastava odnosno peskovito glinovita ilovača. Dosadašnja ispitivanja ukazuju na značajnost granulometrijskog sastava kao nosioca plodnosti zemljišta u položima naših reka Živanov i Ivanišević, (1990). Dakle, svi indikatori plodnosti zemljišta u položima su u uskoj korelacionoj vezi sa sadržajem praha+gline. Takođe treba imati u vidu da su vodno-vazdušne osobine a time i hidrološki režim funkcija fizičkih osobina datih zemljišta Vučić, (1987).

Posmatrajući tabelu 2 gde su prikazane hemijske osobine ispitanih zemljišta može se konstatovati da se pH vrednost kod močvarno glejnog zemljišta u profilima P1/13, P2/13 i P3/13 kretala od 7.32 do 7.49, odnosno da se ova zemljišta nalaze u



vrlo slabo humoznih do dosta humoznih zemljišta. Kod fluvisol zemljišta P4/13 prosečna vrednost sadržaja humusa je 0.37 % te je ovo zemljište vrlo slabo humozno.

Prema sadržaju karbonata močvarno glejna zemljišta (profil P1/13, P2/13 i P3/13) imaju raspon od 14.11 do 14.24 %, te ih svrstavamo u jako karbonatna zemljišta. Fluvisol zemljište sadrži u proseku 15.42 %, te i ono pripada klasi jako karbonatnog zemljišta.

## **DISKUSIJA**

S obzirom na prikazane morfološke osobine pedoloških profila kao i laboratorijske analize zemljišta, mogu se doneti preporuke za pošumljavanje ispitanih zemljišta. Kod profila P1/13, P2/13 i P3/13 determinisana sistematska jedinica zemljišta je močvarno glejno zemljište, prema ekološkoj klasifikaciji po Wilde-u, ovo zemljište svrstavamo u α-glej (Živanov i Ivanišević, 1986). Pomenuta zemljišta su izuzetno plitka odnosno glejni horizont je na samo 40 cm od površine. Podzemna voda kod ovog zemljišta je bila, u trenutku snimanja, na 50-60 cm dubine, a tokom prolećnjeg perioda podzemna voda se podiže i u više delove pedološkog profila a često izbija i na samu površinu. Zemljište se uglavnom prevlaže podzemnom vodom a u pojedinim periodima i poplavnom vodom iz Dunava kroz propust u nasipu, kada se čitavo ispitano područje nalazi pod vodom. Usled ovih pojava ispitano zemljište nema povoljne vodne i vazdušne osobine, a od prirode na njenu raste samo vegetacija adaptirana na tako nastale uslove, te na njemu nalazimo prvenstveno trsku, kojom je celo područje ispitivanja i obrasio. Logično je prepostaviti da su ovde dominantni procesi zamočvarivanja kao što navode i Antić i Jović, (1965), smanjuju se površine pod šumskom a povećavaju pod barskom vegetacije i to iz zajednica trske i šaševa prema Jovanoviću, (1965). Iz navedenih razloga, odnosno dubine glejnog horizonta, poremećenih vodno vazdušnih osobina usled prevlaživanja podzemnom i poplavnom vodom ovo zemljište nije pogodno za osnivanje šumskog zasada topola, te se na ovom tipu zemljišta ne preporučuje njegovo podizanje.

Kod profila P4/13, utvrđena sistematska jedinica zemljišta je fluvisol, forma peskovito ilovasta. Ovo zemljište je takođe zastupljeno na ovom lokalitetu pored močvarno glejnog zemljišta. U odnosu na močvarno glejno zemljište fluvisol se nalazi na našto većoj nadmorskoj visini, te je manje izložen prevlaživanju pedološkog profila pod uticajem podzemne vode. Imajući u vidu granulometrijski sastav ovog tipa zemljišta te ispitane hemijske osobine, ovo zemljište ima povoljne vodno vazdušne osobine, odnosno fizičke kao i hemijske osobine, te se može koristiti za sadnju određenih klonova topola, ali je neophodno odrediti koju površinu zauzima ovo zemljište, pošto se nalazi u određenim fragmentima na čitavoj istraženoj površini, i uglavnom zauzima područja bliže nasipu koja su na višim kotama terena. Organičavajući faktor za podizanje zasada na ovom zemljištu je izloženost prevlaživanju vodom koja prodire kroz oštećenja u nasipu, odnosno zbog loših hidroloških uslova čitavog istraženog područja, koji su u korelaciji sa nivoom vodostaja Dunava, a koji značajno utiču i umanjuju prijem i opstanak eventualno podignutog zasada topola.

## ZAKLJUČCI

U radu su prikazani rezultati ispitivanja dva tipa zemljišta, eugleja i fluvisola na području napuštenog ribnjaka u Futogu. Na osnovu rezultata ispitivanja može se zaključiti da euglej- močvarno glejno zemljište nije pogodno za podizanje šumskog zasada, odnosno za pošumljavanje. Fluvisol koji je determinisan u području bliže vodotoku Dunava, ima povoljnije fizičke i hemijske osobine za podizanje šumskog zasada, ali ovo zemljište se nalazi u fragmentima na povišenim delovima terena. Posmatrajući hidološki aspekt ovog područja, bez obzira na osobine zemljišta, može se zaključiti da ovo područje nije pogodno za pošumljavanje, usled delomično probijenog nasipa, te je veoma podložno plavljenju, i periodima visokih vodostaja, koja je u korelaciji za vodostajem Dunava. Dakle, iako pedološke osobine područja delomično i omogućavaju pošumljavanje područja, nepovoljne hidrološke osobine iz navedenih razloga onemogućavaju podizanje šumskih zasada na ovom terenu.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

## LITERATURA

- Antić, M., Jović, N. (1965): Geneza i osobine zemljišta Beljskog lovno šumskog područja. „Jelen“, biltan LŠG (Beograd), 3: 25-36
- Antić, M., Munkačević, V., Jović, N. (1968): Prilog klasifikaciji aluvijalnih zemljišta na primeru aluvijalne ravni reke Dunava i Drave u Baranji. „Jelen“, biltan LŠG (Beograd), 7
- Jovanović, B. (1965): Biljni svet-osnovne karakteristike autohtone flore i vegetacije Biljskog lovno-šumskog područja. „Jelen“, biltan LŠG (Beograd), 3
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije, Akademija nauka i umetnosti, Odeljenje prirodnih nauka, Knjiga 1., Novi Sad
- Vlatković, S. (1986): Funkcije šuma i optimalna šumovitost Vojvodine. Doktorska disertacija, Institut za topolarstvo, Novi Sad
- Vučić, N. (1987): Vodni, vazdušni i topotni režim zemljišta, Vojvođanska Akademija nauka i umetnosti, Radovi knjiga VII, Odeljenje prirodnih nauka, knjiga 1, Novi Sad: pp. 320
- Živanov, N., Ivanišević, P. (1986): Zemljišta za uzgoj topola i vrba. U: Topole i vrbe u Jugoslaviji. Institut za topolarstvo, Novi Sad: 103-119
- Živanov, N., Ivanišević, P. (1990): Značaj svojstava zemljišta za uzgoj topola, Zbornik radova sa savetovanja „Savremene metode pošumljivanja nege i zaštite u očuvanju i proširenju šumskog fonda Srbije“, Arandelovac: 272-285.

### **Summary**

#### **POSSIBLE LAND USE FOR AFFORESTATION IN FORMER POND AREA**

*by*

*Pekeč Saša, Novčić Zoran*

*In the area of the coastal zone of the Danube, an area that was once used as a pond, conducted a study of soil properties on 50 hectare, in order to determine the possibility of its use. Based on morphological characteristics determined by two types of land, swampy gley soil and fluvisol. Given the characteristics of the investigated wetland this land is not suitable for raising forest plantations, and reforestation. Fluvisol land which is determined in the coastal zone of the Danube, have adequate physical and chemical properties for raising forest plantations, but this land is located in the fragments of the elevated parts of the field. Looking hydrological aspect of this area, regardless of the characteristics of the soil, it can be concluded that this area is not suitable for afforestation, due partly pierced dykes, and is very susceptible to flooding, and periods of extremely high water, which is correlated to the water level of the Danube. Thus, although soil properties and areas partially allow reforestation areas, adverse hydrological characteristics of these reasons make it impossible to raise forest plantations in this area.*

**UDK: 582.736(439.2)**

Original scientific paper *Izvorni naučni rad*

**TENDING OPERATION MODELS FOR BLACK LOCUST (*ROBINIA PSEUDOACACIA L.*) STANDS GROWING ON SANDY SOILS IN HUNGARY**

Károly Rédei<sup>1</sup>, Zsolt Keserű<sup>1</sup>, János Rásó<sup>1</sup>

**Abstract:** A more intensive integrated research and development approach to the work carried out on the growth on sandy soils of stands of black locust (*Robinia pseudoacacia L.*) has been adopted in recent years, revealing several factors influencing stand growth. The fact that certain ecological factors influencing fundamentally the growth of trees have become unfavourable in Hungary in recent years has led to the more extensive use of black locust in the course of afforestation and forest regeneration schemes. The study presents a new, simplified tending operation model for black locust stands and age, growing space and target diameter models suitable for quality log production and for mass assortments. The simplicity of these practice-oriented models may foster the qualitative development of black locust management in Hungary and in some other countries where this tree species may gain greater acceptance by landowners and the forest industry.

**Key words:** *Robinia pseudoacacia*, tending, model

**MODEL MERA NEGE U SASTOJINAMA BAGREMA (ROBINIA PSEUDOACACIA L.) NA PESKOVITIM ZEMLJIŠTIMA U MAĐARSKOJ**

**Izvod:** Prihvaćen je intenzivniji integrisani pristup istraživanjima i razvoju rastu sastojina bagrema (*Robinia pseudoacacia L.*) na peskovitim zemljиштимa, pričemu je otkriveno nekoliko faktora koji utiču na rast sastojine. Činjenica da su pojedini ekološki faktori koji utiču fundamentalno na rast drvenastih vrsta postali nepovoljni poslednjih godina dovela je ekstenzivnjem korišćenju bagrema u vezi sa šemama pošumljavanja i obnavljanja šume. Studija predstavlja novi i pojednostavljen model mera nege za sastojine bagrema, kao i modele zasnovane na starosti, gustini zasada i ciljanom prečniku, koji su pogodni za proizvodnju kvalitetnih trupaca i sortimenata za biomasu. Jednostavnost ovih modela koji su namenjeni praksi bi mogla da podstakne kvalitativni razvoj uzgoja bagrema u Mađarskoj i u drugim zemljama gde bi ova drvenasta vrsta mogla da bude više prihvaćena od strane zemljoposednika i šumarskih preduzeća.

**Ključne reči:** *Robinia pseudoacacia*, nega, model

---

<sup>1</sup>NAIC-Forest Research Institute, Department of Plantation Forestry, Püspökladány, 4500-Hungary

## INTRODUCTION

Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) is one of the most important exotic stand-forming tree species in Hungary. Due to its favourable silvicultural and growth characteristics, as well as the possibilities for the utilisation of its wood, the area it occupies is increasing continuously (Keresztesi, 1988). The most important task facing Hungarian black locust growers is to improve the quality of its stands for wood production (Rédei et al., 2002). The area occupied by black locust in 2011 was 425 000 ha (23.8 % of the total forest area), with a standing volume of 48.1 million m<sup>3</sup> (13.4% of the total). Its importance will continue to increase across the large areas of marginal land not suitable for the native tree species but able to accommodate black locust. Other species that may be used for the purposes of plantation forestry in addition to black locust are poplar species, red oak and black walnut. Common walnut plantations may also play a role, but the silvicultural significance of this tree species is negligible.

Black locust plantations and stands can be successfully established in response to a range of ecological and economic opportunities. Plantation survival and productivity are maximized by matching the species' growth characteristics with silvicultural options and land management needs (Rédei, 1992, 2001). From among the above listed tree species, the models for tending operations and the tables for age-growth space-target diameter models are suitable for production of large, quality wood material as well as mass assortments produced in black locust stands.

## MATERIAL

The models developed are based on a yield table for black locust (Rédei, 1984, 2003). It was constructed from data gathered from 150 permanent and 50 temporary yield study sample plots (500-1000 m<sup>2</sup>). The stands sampled were located in the vicinity of N 45° 48' to 48° 35' and E 16° 5' to 22° 58'. The age of the stands varied between 5 and 45 years.

## METHODS

The following parameters were measured and calculated: number of stems, dbh (diameter at breast height), basal area, tree height, stem volume and stand volume. The stem volume was calculated using the volume function based on the volume table for black locust (Sopp and Kolozs, 2000):

$$v = 10^{-8} d^2 h^1 (h/[h - 1.3])^2 (-0.6326dh + 20.23d + 3034),$$

where  $v$  is stem volume (m<sup>3</sup>),  $d$  is diameter at breast height (cm) and  $h$  is tree height (m).

The collected data were analysed using STATISTICA 8.0 software (StatSoft Inc., 2008), i.e., correlation and regression analysis. The yield model was constructed using the following formulas and coefficients (Rédei, 2003; Rédei et al., 2011).

1. A = age of stand in years
2. H= mean height of the main crop weighted by the basal area (m).

$$H\% = 123.12 (1-e^{-0.070333A})^{1.111638},$$

with R= 0.995.

H at the age of 25 = 100% .The expected height values of the main stands at the reference age according to the six yield classes are: 23.8 m, 21.3 m, 18.8 m, 16.3 m,  
13.8 m and 11.3 m.

3. DBH = the diameter at breast height of the main crop (cm):

$$DHB = (69.9675 + 1.00625A) \frac{H}{100}$$

with R=0.809.

4. N = number of stems per hectare of the main crop:

$$N = e^{9.81801-1.15147 \times \ln DBH}$$

with R=0.942.

### SIMPLIFIED TENDING OPERATION MODEL FOR BLACK LOCUST STANDS

The black locust is a fast-growing tree species, which, up to the age of 10-15 years, is able to quickly close canopy openings caused by tending operations, but the closure is much slower in later years. Height growth peaks within the first five years, while diameter growth peaks in the first decade. The peak of current annual increment is at about age 20, whereas that of the mean annual increment is at about age 35-40. To find the right cleaning and thinning intensity, the so-called growing space index is a good method. This index expresses the mean distance between trees (in a triangular pattern) as a percentage of mean height after cleanings and thinnings. The mean value of the index for black locust stands should be 23-24%. Pruning of crop trees should also be carried out. After finishing selective thinnings, stems must be free of branches up to a height of 4-6 m (Rédei, 2003).

*Table 1* contains a simplified tending operation model for black locust stands. The table was compiled using data obtained from 80 long term yield and experimental tending operation plots. The choice of the most suitable spacing depends on the quality of the planting material and the particular site conditions. In the table, all of the data are presented by six yield classes. Yield (site) index curves are commonly used in forestry to quantify yield (site) quality differences. This method uses mean tree height of the main crop which is the most important model factor, because it determines the timing of the particular tending operation. Thinnings (to expand the available growing space) must be carried out when the stocking density approaches the stem number quoted in the table.

The objective of tending is to produce a high proportion of good quality sawlogs from stands of yield class I and II; some sawlogs and a high proportion of poles and props from stands of yield class III and IV; and poles, props and other smell-dimension industrial wood from other yield stands. Tending operations for stands of selected black locust varieties have not yet been elaborated. Based on investigation results gained up to now, on good sites the stoking at final felling could be 500 to 600 trees per hectare, where the initial tree density was 2000 to 2500 stems per hectare. The tree density for final felling (35 to 40 years) can be attained by two thinnings. On medium good sites the initial tree density may be 3500 to 4000 stem per hectare and at felling age it may be reduced to 900 to 1000 per hectare at the age of 25 to 30 (Rédei, 2003).

**Table 1.** Simplified tending operation model for black locust stands<sup>\*)</sup>**Tabela 1.** Pojednostavljeni model operacije nege za sastojine bagrema<sup>\*)</sup>

Tending operation <i>Operacija nege</i>	Number of tending operation <i>Broj operacije nege</i>	Tending operation <i>Operacija nege</i>		Stocking density (stems ha <sup>-1</sup> ) <i>Gustina zasada stabala ha<sup>-1</sup></i>	
		To be carried out in year... <i>Da se izvede u godini...</i>	To be carried out at H <sub>m</sub> (m) and yield class... <i>Da se izvede pri H<sub>m</sub> (m) i prinosnoj klas...</i>	Tending operation <i>Operacija nege</i>	
				before <i>pre</i>	after <i>posle</i>
Cleaning <i>Rana proreda</i>	1.	5-8	6-7	I-V (VI)	>3500 2500-2700
	2.	9-13	11-12	I-IV	2500-2700 1500-1600
Thinning <i>Kasnja proreda</i>	1.	14-19	15-16	I-IV (V)	1500-1600 700-800
	2.	22-24	21-22	I-III	700-800 450-550
Final cutting <i>Završni sek</i>		35-40 30		I-II III-IV	400-500 600-700
		25 (20)		V (VI)	(<1000) (<1300)

<sup>\*)</sup> Remarks for the use of the tending operation model: When planning the thinning operation, the better the estimated yield class, the lower the stem number value after thinning to be applied. Black locust stands in yield classes V-VI are not suitable for quality wood production. The thinning 2 is not to be carried out in these stands.

<sup>\*)</sup> Napomene za korišćenje modela operacije nege: Kada se planira operacija prorede važi da što je bolja procena klase prinosa, manja je vrednost broja stabala nakon prorede koja treba da se primeni. Sastoine bagrema klase V i VI nisu pogodne za proizvodnju kvalitetnih drvnih sortimenata. Kasna proreda 2 ne treba da se sprovodi u ovim sastojinama

## AGE, GROWING SPACE AND TARGET DIAMETER MODELS FOR BLACK LOCUST STANDS

In plantation forestry *the timing of the expansion of the available growing space* is significant with respect to reaching the target assortments by maintaining the near optimal stocking density per hectare (growth space). The site (ecological) factors essentially define the target assortments; for example, whether the opportunity for

the production of sizeable, quality wood material (panel log, sawlog) exists or merely thinner wood assortments (cutting, pallet and box basic material), pulp, fibre, chippings and basic wooden board materials.

**Table 2** Age-target diameter model for black locust stands targeted for quality sawlog production (DBH=18, 20 and 25 cm) and for mass assortments (DBH=10, 12, 14 and 16 cm)

*Tabela 2 Starost-ciljni prečnik model za bagremove sastojine namenjene proizvodnji trupaca za mehaničku obradu (DBH=18, 20 i 25 cm) i za sortimente za biomasu (DBH=10, 12, 14 i 16 cm)*

Planned target diameter (DBH) (cm) <i>Planirani ciljni prečnik (DBH) (cm)</i>	Factors <i>Faktori</i>		
	Yield class <i>Prinosne klase</i>	Years required to reach target diameter <i>Godine potrebne da se dostigne ciljni prečnik</i>	Stocking density (stems per ha) <i>Gustina zasada (stabala po ha)</i>
25	I	21	$450 \pm 5\%$
25	II	25	
20	I	16	$590 \pm 5\%$
20	II	18	
20	III	23	$660 \pm 5\%$
18	I	14	
18	II	17	
18	III	21	$1150 \pm 5\%$
16	IV	26	
16	V	-	
16	VI	-	$1310 \pm 5\%$
14	IV	22	
14	V	27	
14	VI	-	$1530 \pm 5\%$
12	IV	18	
12	V	22	
12	VI	32	
10	IV	10	$1840 \pm 5\%$
10	V	16	
10	VI	22	

The data in *Table 2* show that an opportunity for the production of quality, sizeable logs is possible in black locust stands classified yield class I to III. For black locust stands in yield class IV – assuming an average harvesting age of 30 years – a target diameter of 18 to 20 cm can be planned with great certainty. The sustainable stocking density per hectare depending on the yield class varies from 450 to 660 stems per hectare.

The table also shows that stands of yield classes IV and V are suitable for the production of mass assortments, and possibly even black locust stands of yield class

VI with a target diameter of 10 to 12 cm. However, the management of stands characterised by these two lowest yield classes are usually loss producing and so are unsuitable for plantation forestry.



**Figure 1.** Thinned black locust stand in the Nyírség region (East-Hungary)  
*Slika 1. Proređena sastojina bagrema u regionu Nyírség region (Istočna Mađarska)*



**Figure 2.** Stacked black locust wood (Mikebuda Sawmill, Central Hungary)  
*Slika 2. Skladište bagremovih trupaca (Pilana Mikebuda, Centralna Mađarska)*

Black locust stands growing under unfavourable ecological conditions also have an earlier harvesting age (generally between 25 and 30 years). The sustainable stocking density varies between 1100 and 1800 stems per hectare depending on the yield class. In these stands – based on our yield studies – the

reduction in stem number (thinning) carried out at age 15 to 17 does not lead to a significant increase in diameter growth.

## CONCLUSIONS (POSSIBLE UTILIZATION OF THE MODELS)

Silviculture has been defined as the art of producing and tending a forest. As scientific silvicultural principles are developed, and as the likelihood of success increases, hardwood plantation production will become more attractive.

Black locust plantation management for improved growth is becoming ever more significant in lowland forestry. This fact was partly taken into account in the conception of this study, and fed into the novel planning tools developed to help increase the value of the material produced in black locust stands. In recent decades, growth models based on stand level data have gradually been replaced by stand growth models predicated on stem number frequencies and individual tree growth models. Nevertheless, traditional tending operation models will remain very useful tools for forest management and forest inventory. The published models can be used in black locust management and forest inventory, such as:

- statistical appraisal of black locust stands (according to yield classes),
- harvest scheduling for black locust stands,
- further development of silvicultural (tending operation) models for black locust stands, and
- growth and economic analyses of black locust stands.

On global basis, the black locust has been extensively planted in some Asian countries (Turkey, China, Korea) for various purposes, such as fuel, forage, honey production, soil erosion control, windbreak and landscape. Recently, the usefulness of black locust in timber production and agriculture has been newly recognized by some European and South-American countries as well, which has promoted new introduction and research on black locust.

## Acknowledgements

This study was supported by the Environment conscious energy efficient building TAMOP-4.2.2.A11/1/KONV-2012-0068 project sponsored by the EU and the European Social Foundation.

## LITERATURE

- Keresztesi B. (1988): The Black Locust. Akadémiai Kiadó, Budapest.  
Rédei K. (1984): Yield of black locust stands in Hungary. Research Report. Forest Research Institute, Budapest.  
Rédei K. (1992): Management of Black Locust Stands in Hungary. Proceedings: International Conference on Black Locust. East Lansing (MI): 38-43.

- Rédei K. (2001): The main characteristics of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) management in Hungary. Third Balcan Scientific Conference. Proceedings, Sofia: 293–300.
- Rédei K, Osváth-Bujtás Z, Lee J. (2002): Selection and management of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary for timber and honey production and landscape. Journal of Korean Forestry Society, 91: 156-162.
- Rédei K. (2003): Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Growing in Hungary. Publications of the Hungarian Forest Research Institute, Budapest.
- Rédei K, Csiha I, Keserű Zs, Kamandiné Végh Á, Rásó J. (2011): Local volume table of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) stands growing in the Nyírség region (in Hungarian). Erdészettudományi Közlemények, 1: 115-124.
- Sopp L, Kolozs L. (2000): Volume tables. Budapest. Agricultural Publishing House.

### ***Rezime***

#### ***MODELI MERA NEGE U SASTOJINAMA BAGREMA (ROBINIA PSEUDOACACIA L.) NA PESKOVITIM ZEMLJIŠTIMA U MAĐARSKOJ***

Károly Rédei, Zsolt Keserű, János Rásó

Zahvjujući intenzivnjem pristupu putem integrisanih istraživanja i razvoja radu na rastu na peskovitim zemljjištima zasada bagrema, usvojenom prethodnih godina, otkriveno nekoliko faktora koji utiču na rast zasada. Činjenica da su pojedini ekološki faktori koji su od fundamentalnog značaja za rast i razvoj drvenastih vrsta u poslednje vreme postali nepovoljni u Mađarskoj je doveo do sve ekstenzivnijeg gajenja bagrema pošumljavanja i planovi regeneracije šuma. Studija predstavlja novi, pojednostavljeni model operacija nege za zasade bagrema i daje modele zasnovane na starosti, razmaku sadnje i ciljanom prečniku stabla, pogodnim za proizvodnju kvalitetnih trupaca i sortimenata za dobijanje biomase. Modeli obuhvataju preporuke za prinosne klase od I do VI, zatim operacije: rane i kasne prorede i završnog sekra, i ciljni prečnik od 10 do 25 cm. Jednostavnost ovih modela koji su namenjeni praksi bi mogla da podstakne kvalitativni razvoj uzgoja bagrema u Mađarskoj i u drugim zemljama gde bi ova drvenasta vrsta mogla da bude više prihvaćena od strane zemljoposrednika i šumarskih preduzeća.

**UDK: 630\*43(497.113 Deliblatska peščara)**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## TEHNIČKE MERE ZAŠTITE OD ŠUMSKIH POŽARA

Pekeč S<sup>1</sup>. Rončević S<sup>1</sup>. Vučetić G<sup>2</sup>. Crnojević V<sup>3</sup>. Minić V<sup>3</sup>. Brdar, S<sup>3</sup>.

**Izvod:** Šumski požari su jedan od uzroka velikih šteta nastalih na šumskim područjima. Štete od njih su veoma velikih razmara i često su nemerljive u materijalnim i nematerijalnim vrednostima. S obzirom na veličinu šteta koje uzrokuju šumski požari, neophodno je razvijati sisteme za ranu detekciju požara na šumskim površinama. Cilj rada jeste da se prikaže savremeni sistem za praćenje i detekciju nastanka požara koji se koristi na području Deliblatske peščare kao jednog od najugroženijih područja od šumskih požara.

**Ključne reči:** šumski požar, Deliblatska peščara, detekcija požara

### TECHNICAL MEASURES OF PROTECTION FROM FOREST FIRES

**Abstract:** Forest fires are one of the main causes of damage incurred in forest areas. Damages of them are very large scale and are often undetectable in tangible and intangible values. Given the size of the damage caused by forest fires, it is necessary to develop systems for the early detection of fires in forest areas. The aim of this paper is to present the modern system for monitoring and detection of fire, which is used in the area of Deliblato sand as one of the most vulnerable areas of forest fires. The aim of this paper is to present a modern system for monitoring and detection of fire used in the field Deliblatska peščara as the most disadvantaged areas of forest.

**Keywords:** forest fire, Deliblato sand, fire detection

## UVOD

Požari u šumskim područjima stvaraju velike štete, te je potrebno čitav niz godina kako bi se uništена površina pošumlila i ostvarila ekonomске i ekološke funkcije koje šuma pruža. Imajući u vidu nesagleđive posledice po šumu i čitav šumski ekosistem nastao usled požara, veoma je bitno primeniti preventivne mere da do požara uopšte ne dođe ili da se on detektuje na vreme kako bi se u što kraćem

---

<sup>1</sup> Dr Saša Pekeč naučni saradnik, Dr Savo Rončević viši naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antonia Čehova 13, 21000 Novi Sad

<sup>2</sup> Mr Goran Vučetić, šef stručne službe za planiranje i gazdovanje šumama, JP „Vojvodinašume“, Direkcija ŠG „Banat“ Pančevo, Maksima Gorkog 24, 26000 Pančevo

<sup>3</sup> Dr Vladimir Crnojević vanredni profesor, Dipl. ing. Vladan Minić istraživač saradnik, Dipl. ing. Sanja Brdar istraživač saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad

vremenu spričilo njegovo širenje na velike površine. Na području Srbije pridaje se veliki značaj zaštiti šuma od požara, posebno za šume na Deliblatskoj peščari. Planom zaštite za postojeće šume na ovom području izvršeno je sprovodenje odgovarajućih šumske-uzgojnih mera u cilju smanjivanja rizika od pojave i širenja požara. Prema klasifikaciji koju daje Dimitrov, u Srbiji samo Deliblatska i Subotičko-Horgoška peščara spadaju u ekstremno ugrožena područja. Po svim pokazateljima (broj požara, opožarena površina, ukupne štete) najugroženije područje u našoj zemlji je Deliblatska peščara prema Ducić i Milovanović, (2004). Istražujući problem šumskih požara u šumskoj upravi Deliblato za period od 1949-1979, Petru (1980) navodi registrovana 62 šumska požara, odnosno dva požara godišnje, od čega su 3 bila visoka i 59 požara su bili prizemni. Utvrđenja opožarena površina je 1871,58 ha, dnevna dinamika požara ukazuje na kritičan period od 10-16 časova, a sezonska dinamika ukazuje na dva kritična perioda: mart, april, maj 52,23% svih požara i septembar, oktobar sa 20,9% požara. Prema Milenković i Munćan, (2005) na Deliblatskoj peščari do sada su primenjivane sledeće mere protivpožarne zaštite: protivpožarne proseke, mere nege, propagandne mere, osmatranje, dojave i ostale mere. Na području peščare osim crnog i belog bora i borovca, kao vrsta kojima se može sigurno pošumljavati, od lišćarskih vrsta na boljim zemljиштимa i mestima koja nisu mrazišta mogu se koristiti: bagrem, lipa, crni orah i topola prema Šljivovački i Drakulić, (1969). Milenković i Munćan, (2005) navode proseke kao jednu od prvih tehničkih mera protivpožarne zaštite na Deliblatskoj peščari. Čitava površina peščare podeljena je mrežom proseka na odeljenja dimenzija 948 x 607 m (57,54 ha). Na mnogim mestima one se koriste i kao šumski putevi. Posebno je značajna otvorenost šume i plansko postavljanje mreže puteva, pa tako Stevanović, (2007) navodi model izgradnje šumskih puteva na području Deliblatske peščare kao veoma ugroženom području. Bez obzira na sve preventivne biološke mere zaštite od požara, vremenom usled raznih uzroka ipak dolazi do nastanka šumskog požara, koji na ovom području pravi ogromne štete jer su šume i rastinje osim ekonomskog velikim delom i zaštitnog karaktera. Ranija iskustva ukazuju da je neophodno praćenje ovog šumskog područja kako bi se na vreme utvrdio nastanak požara i njegova lokacija. Ovde dolaze do izražaja tehničke mere zaštite od požara, koje su osnovna preventivna mera da se požar brzo i precizno detektuje kako bi se pristupilo njegovom gašenju.

## OBJEKAT I METOD RADA

Istraživanje preventivnih mera zaštite od šumskih požara je rađeno na području Deliblatske peščare, tj. na području gazdinske jedinice SPR „Deliblatski pesak“ na području kojim gazduje JP „Vojvodinašume“. Ova gazdinska jedinica se rasprostire u smeru JI-SZ ima oblik izdužene elipse i obuhvata dužinu od 35 km i širinu od oko 11 km, te ima status Specijalnog rezervata prirode. Istraživanje je vršeno u pogledu tehničkih dostignuća koja su podignuta na visok nivo, odnosno praćen je rad kamere sa svom pratećom opremom za rano otkrivanje požara na ovom području. Urađen je obilazak pojedinih osmatračnica na koje su postavljene kamere kako bi se utvrdilo funkcionisanje sistema na terenu, te praćenje video nadzora, odnosno direktnih snimaka iz kontrolnog dela, gde se vrši promatranje čitavog područja.

Takođe je vršeno upoznavanje sa radom kamera, prenosom podataka, načinom tačnog određivanja lokacije nastanka šumskog požara, te kartama i pratećom literaturom za rad na ovom tehnološkom sistemu za detekciju požara.

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Na istraženom području preovladava šumska vegetacija, odnosno sastojine bora i ariša, i ostalih lišćara, mešovite sastojine četinara i lišćara, sastojine lišćara: bagrem, hrast, lipa i ostali lišćari, kao i žbunasta i travna vegetacija, te požarišta. Prema samoj strukturi šumskih vrsta ali i čistina može se konstatovati da je ovo područje veoma podložno izbijanju požara, posebno u sušnim periodima sa puno gorivog materijala i visokim temperaturama.



**Slika 1.** Pregledna karta ugroženosti šuma od požara  
**Figure 1.** Overview map of threat from forest fires

Imajući u vidu mogućnost izbijanja novih požara i katastrofalne šumske požare u ranijem periodu, na ovom području je u svrhu preventivnih mera postavljen video nadzor čitavog područja. Na osmatračnice visina od 16-20 m, postavljenje su video kamere kojima se posmatra i prati čitavo područje GJ „Deliblatski pesak“ (Plan zaštite šuma od požara, 2012). U sledećoj tabeli može se videti raspored kamera, odnosno njihova lokacija i visina na osmatračnicama.

Osmatranje područja video nadzorom je uvedeno od 2006. godine. Prema planu zaštite šuma od požara iz 2012. godine, svaka osmatračnica ima instaliranu kameru, te su sve povezane sa sistemom na osmatračnici "Čardak" gde se daljinski šalju podaci a nakon toga se dobija snimak u osmatračkom centru. Osposobljeno osoblje prati putem snimka na monitoru stanje na terenu i upisuje bitne podatke u evidenciju, te upravlja kamerama kako bi se pregledala čitava

površina. Primljeni signal se snima na digitalnom videorekorderu sa multiplekserom i hard disku sa kojeg se mogu naknadno pogledati snimci i utvrditi određene tačke izbijanja požara.

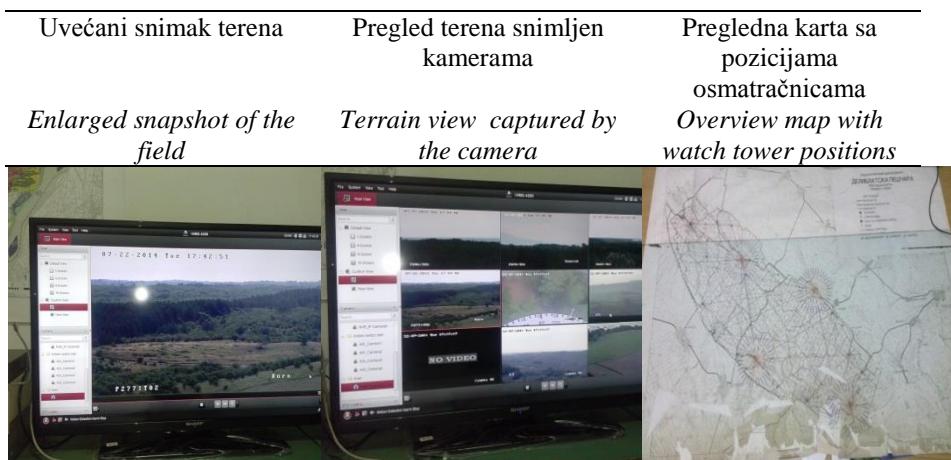
**Tabela 1.** Raspored i visina osmatračnica<sup>\*)</sup>*Table 1. Location and height of watchtowers*

Lokalitet <i>Site</i>	Odeljenje br. <i>Compartment N°</i>	Visina osmatračnice sa postoljem i kabinom (m) <i>Height of watchtower with platform and cabin (m)</i>
„Čardak“	99	18
„Korn“	301	18
„Devojački bunar“	230	14
„Šumarak“	444	20
„Durin bor“	363	16
„Dubovac“	9	18

<sup>\*)</sup> Izvor: Plan zaštite šuma od požara, ŠG „Banat“ Pančevo, 2012.

<sup>\*)</sup> Data source: Fire protection plan, Forest holding “Banat”, Pančevo, 2012.

Snimak na digitalnom videorekorderu se čuva do 200 dana zavisno od raznih parametara i kvaliteta snimka. Stručna lica u osmatračkom centru imaju preglednu kartu terena i busole, kako bi tačno odredili lokaciju izbijanja požara. Precizna lokacija požara se dobija očitavanjem azimuta sa dve ili tri kamere, koji se naknadno određuju na karti, ukrštanjem pravaca kamera sa terena na ucrtana mesta kamera na preglednoj karti, te određivanja azimuta na karti pomoću busole, a prema trenutnom ugлу kamera na terenu.

**Slika 2** Snimci kamera pregledna karta terena  
*Figure 2 Recordings camera overview map of the field*

Kamere imaju mogućnost horizontalne rotacije od  $360^0$ , a vertikalne od  $80^0$ . Na svakoj kameri odnosno pri njenom postolju je instaliran uglomer kako bi se moglo očitati u kom pravcu kamara snima područje.



**Slika 3** Osmatračnica i sistem kamera  
**Figure 3** Watchtower and camera system



**Slika 4** Pogled na šumu sa osmatračnice "Čardak"  
**Figure 4** View to forest from the watchtower "Čardak"

Kamere su opremljene motorizovanim optičkim zumom (22 x 30) i digitalnim zumom (220 x 300). Takođe postoji i opcija ugradnje infracrvenog

senzora na kamere kako bi se posmatranja mogla vršiti i noću sa boljim kvalitetom snimka. Osmatračnice "Đurin bor" i "Devojački bunar" su samostalne jedinice čije se kamere, za neometan rad, napajaju energijom korišćenjem solarnih panela dok su ostale povezane na mrežu sa električnim napajanjem. (prema Planu zaštite šuma od požara iz 2012. godine).

Takođe svaka osmatračnica ima na vrhu instaliranu metalnu kabinu, u kojoj se nalazi postolje sa orijentisanim preglednom kartom. U slučaju prestanka rada kamere usled kvara, na njoj osmatranje vrši stručno lice dok se ne osposobi kamera za dalje praćenje.

Osmatrač ima dvogled za posmatranje kao i busolu pomoću koje određuje azimut eventualnog požara, knjigu evidencije, i sistem radio veze, kako bi obavestio ostalo osoblje o pojavi nastanka požara.

## ZAKLJUČAK

S obzirom na ugroženost područja Deliblatske peščare od požara, te katastrofalne požare koji su se javljali u prethodnom periodu, na ovom području je velika pažnja posvećena preventivnim meraima kako bi se nastanak požara na vreme otkrio. U tu svrhu je razvijen video nadzor čitavog terena koji je unapređen, te se pravilnim rasporedom kamera pokriva čitavo ugroženo područje. Na ovaj način se na vreme i veoma precizno detektuje i locira nastanak požara, kako bi se šteta svela na minimum i požar u najkraćem mogućem roku ugasio. Razvojem ovih tehničkih mera, uveliko se povećao kvalitetet praćenja i nadzora područja te štete od potencijalnih požara su sada svedene na minimum, usled njihovog ranog otkrivanja.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Integralni interdisciplinarni istraživački projekat: Integrисани sistem za detekciju i estimaciju razvoja požara praćenjem kritičnih parametara u realnom vremenu“ (44003) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrисаниh i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

## LITERATURA

- Ducić, V., Milovanović, B. (2004). Termičke specifičnosti Deliblatske (Banatske) peščare. *Zbornik radova Geografskog fakulteta*, 51: 1-12
- Milenković, M., Munćan, S. (2005): Ugroženost šuma Deliblatske peščare od požara. Četvrti simpozijum „Deliblatska peščara“, Deliblatska peščara, 6-7. novembar 2003. *Zbornik radova VII*: 53-68
- Petru, D. (1980): Problem šumskih požara u šumskoj upravi Deliblato, Diplomski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, OOUR Institut za šumarstvo, Katedra za zaštitu šuma, Beograd: pp. 37

- (2012): Plan zaštite šuma od požara: GJ SPR „Deliblatski pesak“, JP Vojvodinašume Petrovaradin, ŠG „Banat“ Pančevo, 28. Jun 2012.
- Sekulić, D., Šljivovački, S. (1975): Najveći šumski požar u novijoj istoriji Deliblatskog peska. „Deliblatski pesak“ Zbornik radova III: 151-163
- Stevanović, B., (2007): Model putne infrasstrukture Deliblatske peščare sa aspekta zaštite šuma od požara, Šumarstvo 1-2: 81-91
- Šljivovački, S., Drakulić, J. (1969): Šumsko uzgojni radovi. U: Deliblatska peščara 1918-1968. ŠIK Pančevo: 31-43
- Živojinović, S. (1958): Abiotički štetni uticaji: Šumski požari. U: Zaštita šuma. Naučna knjiga-Beograd: 112-142

### ***Summary***

#### ***TECHNICAL MEASURES OF PROTECTION FROM FOREST FIRES***

*by*

*Pekeč Saša, Rončević Savo, Vučetić Goran, Crnojević Vladimir, Minić Vladan, Brdar Sanja*

*Forest fires are the main causes of damage caused to the forest areas. Fire damages can have large scale and often undetectable in tangible and intangible values. Given the size of the damage caused by forest fires, it is necessary to develop systems for the early detection of fires in forest areas. The aim of this paper is to present a modern system for monitoring and detection of fire used in the field Deliblato sand as the most disadvantaged areas of forest. Given the vulnerability of the area Deliblato sand of fire, and catastrophic fires that occurred in the past, this area is great attention paid to preventive measures to the occurrence of fire at the time of discovery. For this purpose was developed video surveillance of the entire field that is promoted, and the proper arrangement of cameras covering the entire affected area. In this way, on time and very accurately detect and locate the occurrence of fire, in order to minimize the damage and fire in the shortest time possible shutdown. The development of these technical measures, greatly increase the quality monitoring and surveillance areas, and the potential damage from the fire was now reduced to a minimum, due to their early detection.*

**UDK: 630\*53**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## **REZULTATI VIŠEGODIŠNJE MONITORINGA STANJA KROŠNJI STABALA**

Drekić Milan<sup>1</sup>, Poljaković – Pajnik Leopold<sup>1</sup>, Orlović Saša<sup>1</sup>, Kovačević Branislav<sup>1</sup>,  
Vasić Verica<sup>1</sup>, Pilipović Andrej<sup>1</sup>

**Izvod:** Šumske ekosisteme ugrožavaju brojni štetni faktori. Poslednjih godina sve veći negativni uticaj na šumske ekosisteme pripisuje se klimatskim promenama. Kontinuirano praćenje stanja šuma je od velikog značaja za pravovremeno registrovanje promena u šumskih ekosistemima i utvrđivanje uzročno posledičnih odnosa između nastalih promena i faktora koji na utiču na šume. Prvi simptom sušenja šuma je pojava defolijacije i obezbojavanja krošnji stabala i zato je njihovo praćenje od velikog značaja.

U radu su prikazani rezultati višegodišnjeg praćenja defolijacije i obezbojavanja krošnji stabala hrasta kitnjaka, hrasta lužnjaka, smrče, jеле i bukve. Osmatranje je vršeno na pet parcela. Pored toga procenjivan je i analiziran uticaj delovanja biotičkih i abiotičkih štetnih faktora na stanje krošnji stabala.

Najizraženija defolijacija krošnji utvrđena su kod stabala hrasta kitnjaka i hrasta lužnjaka. Kod ovih vrsta je konstatovan nizak procenat stabala bez defolijacije, a zabeleženo je i sušenje pojedinačnih stabala. Najpovoljnije stanje je utvrđeno za bukvu, kod koje je procenat stabala bez defolijacije i obezbojavanja bio vrlo visok. Istraživanja su pokazala vrlo izražen uticaj pojave insekata, bolesti i suše na rezultate ocene stanja krošnji stabala i njihovo variranje.

**Ključne reči:** monitoring, stanje krošnji, defolijacija, obezbojavanje

### **RESULTS OF MULTIANNUAL MONITORING OF TREE CROWN CONDITION**

**Abstract:** Forest ecosystems are threatened by numerous damaging factors. In recent years, an increasing negative impact on forest ecosystems is attributed to climate change. Continuous monitoring of forest conditions is of great importance for detecting changes in forest ecosystems and determines the cause and effect relationships between the resulting changes and factors that affect forests. The first symptom of forest dieback is the appearance of defoliation and discoloration of trees and therefore their monitoring is of great importance. This paper presents the results of several years of monitoring of trees defoliation and discoloration of sessile oak, English oak, spruce, fir and beech. Assessment was carried out

---

<sup>1</sup> Dr Milan Drekić, naučni saradnik, Dr Leopold Poljaković Pajnik, istraživač saradnik, Prof. Dr Saša Orlović, naučni savetnik, Dr Branislav Kovačević, viši naučni saradnik, Dr Verica Vasić, naučni saradnik, Dr Andrej Pilipović, naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad.

*on five plots. In addition, impact of biotic and abiotic factors harmful to the condition of the trees was evaluated and analyzed.*

*Most conspicuous defoliation of trees was found in trees of sessile oak and English oak. In these two species was noted a low percentage of trees without defoliation, and was recorded and drying of individual trees. The most favorable situation is found for the beech in which the percentage of trees without defoliation and discoloration was very high. Investigation showed a very strong insect, disease and drought influence on the results of assessments of the status of trees and their variation.*

**Key words:** monitoring, crown condition, defoliation, discolouration

## UVOD

Šume predstavljaju jedan od najznačajnijih prirodnih resursa koji ima veliki značaj kako sa ekonomskog aspekta, tako i u pogledu produkcije opštakorisnih funkcija šuma. Šumski ekosistemi su ugroženi delovanjem velikog broja štetnih faktora koji se mogu podeliti na abiotičke (suša, rani i kasni mraz, visoke temperature i dr.), biotičke (štetni insekti, biljne bolesti, divljač i dr.) i antropogene koji nastaju kao rezultat čovekove aktivnosti (aerozađenje, klimatske promene i dr.). Poslednjih godina sve veći značaj se pripisuje delovanju klimatskih promena na šumske ekosisteme. Monitoring stanja šuma je od velikog značaja za otkrivanje uzročno - posledničnih veza između štetnih faktora koji ugrožavaju šumske ekosisteme i stanja šuma. Intenzivnije praćenje oštećenja šumskog pokrivača započeto je na jeli 1970 godine (Nevenić et al., 2005). Početkom 80- tih godina prošlog veka u Evropi se zbog pojave intenzivnog propadanja šumskih ekosistema javila potreba za sagledavanjem uticaja aerozagađenja na stanje šumskih ekosistema da bi u decembru 1984. godine bio ustavljen međunarodni program saradnje na monitoringu i oceni efekata zagadenja vazduha na šume (Nevenić et al., 2005). Svrha monitoringa je praćenje stanja i promena stanja šuma vezano za delovanje štetnih faktora. Načeli parametri koji se koriste za kontinuirano praćenje zdravstvenog stanja šuma su intenzitet defolijacije, obezbojavanja asimilacionih organa i štete nastale delovanjem ugrožavajućih faktora. Praćenje navedenih parametara u dužem vremenskom periodu pruža uvid u stanje šumskih ekosistema i promene koje nastaju u određenom periodu, a što je od velikog značaja za adekvatno tumačenje uzročno posledničnih odnosa i nastalih promena stanja šuma. Navedeno nas je podstaklo na vršenje monitoringa stanja krošnji stabala u sastojinama nekih od najzastupljenijih drvenastih vrsta u Srbiji. Višegodišnji monitoring je sproveden sa ciljem utvrđivanja stanja krošnji stabala, uticaja štetnih biotičkih i abiotičkih faktora na njihovo stanje i sagledavanja promena nastalih u sastojinama gde je vršen monitoring.

## MATERIJAL I METODE

Praćeno je stanje krošnji stabala pet vrsta drveća na različitim lokacitetima i to: 41 stabla hrasta kitnjaka na Fruškoj Gori (N 45° 09' 26", E 19° 48' 39"), 48

stabala hrasta lužnjaka u šumi Branjevina kod Odžaka ( $N\ 45^{\circ}\ 27'\\17''$ ,  $E\ 19^{\circ}\ 10'\\28''$ ), 33 stabla jеле na Tari ( $N\ 43^{\circ}\ 55'\\07''$ ,  $E\ 19^{\circ}\ 25'\\34''$ ), 49 stabala smrče na Kopaoniku ( $N\ 43^{\circ}\ 18'\\17''$ ,  $E\ 20^{\circ}\\50'\\31''$ ) i 65 stabala bukve na Vidliču ( $N\ 43^{\circ}\\10'\\39''$ ,  $E\ 22^{\circ}\\42'\\57''$ ). U tabeli 1. dat je opis sastojina na lokalitetima gde je vršen monitoring.

**Tabela 1.** Opis sastojina u kojim je sproveden monitoring*Table 1. The description of stands where the monitoring was performed*

Lokalitet <i>Locality</i>	Vrsta <i>Species</i>	Sveza <i>Association</i>	Tip zemljišta <i>Soil type</i>	Nadmorska visina <i>Altitude</i>	Poreklo <i>Forest stand type</i>
Fruška Gora	Hrast kitnjak <i>Sessile oak</i>	<i>Quercetum montanum typicum</i>	Kiselo smeđe šumsko zemljište <i>Acid brown forest soil</i>	480 - 495	Izdanačka sastojina <i>Coppice stand</i>
Branjevina	Hrast lužnjak <i>English oak</i>	<i>Aceri tatarico - Quercion</i>	Ritska crnica <i>Humoglay</i>	81 - 82	Visoka sastojina <i>High stand</i>
Tara	Jela <i>Fir</i>	<i>Piceo - Abieti - Fagetum typicum</i>	Pseudoglej <i>Pseudoglay</i>	1080 - 1100	Visoka sastojina <i>High stand</i>
Kopaonik	Smrča <i>Spruce</i>	<i>Piceto - Fagetum drymetosum</i>	Kiselo smeđe zemljište i ranker <i>Distric ranker and acid brown forest soil</i>	1470 - 1490	Visoka sastojina <i>High stand</i>
Vidlič	Bukva <i>Beech</i>	<i>Fagenion moesiace montanum</i>	Smeđe šumsko zemljište <i>Brown forest soil</i>	1060- 1080	Izdanačka sastojina <i>Coppice stand</i>

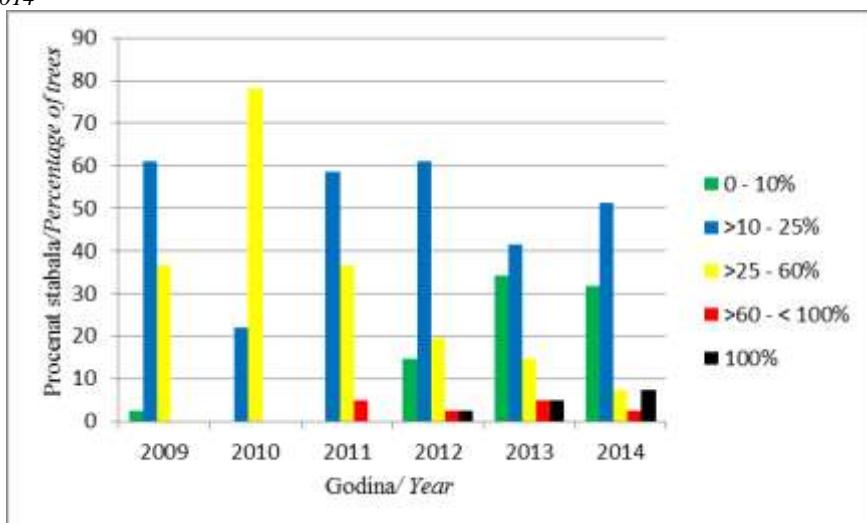
Parcele na kojima je vršen monitoring bile su dimenzija 50 x 50 metara, a stabla za ocenu su obročana. Za ocenu su izabrana dominantna i kodominantna stabla. Parcele u šumi Branjevina i na Fruškoj Gori pripadaju sistemu tačaka drugog nivoa monitoringa uticaja zagađenja vazduha na šume (*ICP Forests*). Procena stanja krošnji stabala hrasta kitnjaka je vršena od 2009. do 2014. godine, hrasta lužnjaka od 2010. do 2014, a jеле, smrče i bukve u periodu od 2011. do 2014. godine. Stanje krošnji je ocenjivano jednom godišnje u periodu od kraja jula do sredine septembra. Procena je vršena prema metodologiji propisanoj od strane *ICP Forests* (Anonymous, 2006; 2010). Osnovni elementi na osnovu kojih je praćeno stanje krošnji stabala su bili defolijacija i obezbojavanje (promena boje asimilacionih organa). Klase u koje su stabla razvrstavana prilikom ocene su: nema defolijacije (defolijacija 0 – 10%), slaba defolijacija (defolijacija >10 – 25%), umerena defolijacija (defolijacija >25 – 60%), jaka defolijacija (defolijacija >60 – <100%), suva stabla (defolijacija 100%), a kod procene obezbojavanja lišća: nema obezbojavanja (obezbojavanje 0 – 10% lišća ili četina), slabo obezbojavanje (obezbojavanje >10 – 25% lišća ili četina), srednje (obezbojavanje >25 – 60%), jako (obezbojavanje >60 – <100% lišća ili četina) i suva stabla. Pored toga praćen je uticaj biotičkih i abiotičkih štetnih faktora na stanje krošnji stabala u vidu procene procentualnog oštećenja lišća i četina usled delovanja određenog faktora.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Za hrast kitnjak je u periodu 2009. – 2011. godina konstatovano dominantno učeće stabala sa slabim i srednjim intenzitetom defolijacije, što je nastalo kao posledica napada insekata defolijatora u ovim godinama. U 2009. godini prosečna defolijacija uzrokova brstom insekata ranih defolijatora je bila 17,3%, u 2010. godini 25,95% i 16,2% u 2011. godini. Od insekata dominantno su bili zastupljeni mali mrazovac (*Operophtera brumata* L.) i hrastovi savijači (Fam. Tortricidae). U naredne tri godine zabeležen je slabiji napad insekata koji je u 2013. i 2014. godini bio ispod 5% obrštene lisne mase. Kao rezultat slabijeg napada insekata od 2012. godine se beleži povećanje učešća stabala bez defolijacije, ali i učešća stabala sa jakom defolijacijom i pojava sušenja stabala. Do pojave sušenja i jake defolijacije došlo je usled fiziološkog slabljenja izazvanog sušom u 2011. i 2012. godini. Do 2014. godine zabeležena je pojava sušenja ukupno tri stabla ove vrste.

**Grafikon 1.** Raspored stabala kitnjaka po klasama defolijacije u periodu 2009 – 2014. godine

*Graph 1. The distribution of sessile oak trees by classes of defoliation in the period 2009-2014*



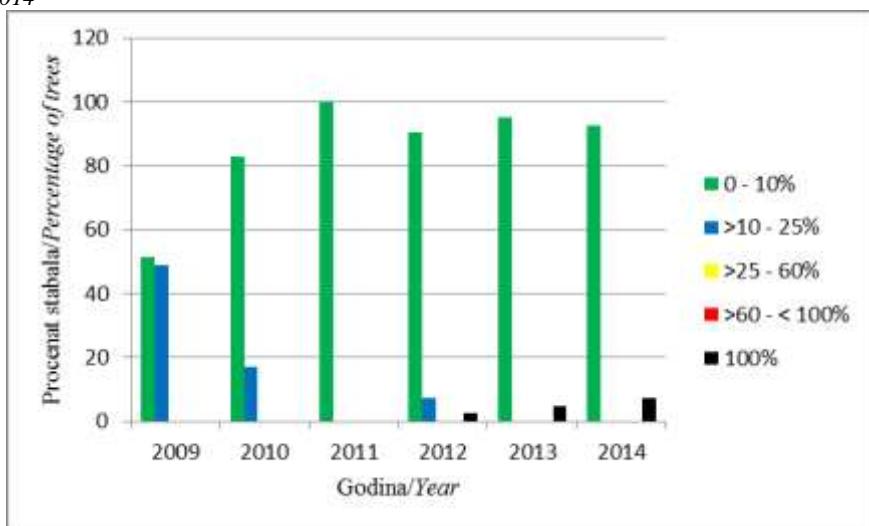
Kod ocenjivanih stabala hrasta kitnjaka je tokom monitoringa pretežno bilo dominantno odsustvo obezbojavanja lišća izuzev u 2009. i 2010. godini kada je ova pojava zabeležena u slabom intenzitetu kod nešto većeg broja stabala. Slabo obezbojavanje u 2012. godini kod manjeg dela stabala nastalo je kao posledica suše. (Grafikon 2).

U godinama monitoringa kod hrasta lužnjaka je konstatovano da je za najveći deo stabala bila karakteristična slaba i umerena defolijacija. Kao posledica napada insekata ranih defolijatora broj stabala sa slabom defolijacijom je bio visok u periodu od 2010. do 2012. godina. Defolijacija od insekata je tada procenjena na

prosečno oko 10% lisne mase. Nakon sušnih 2011. i 2012. godine je забележан раст учеšћа stabala са јаком дефолијацијом и појава шушења stabала (Графикон 3).

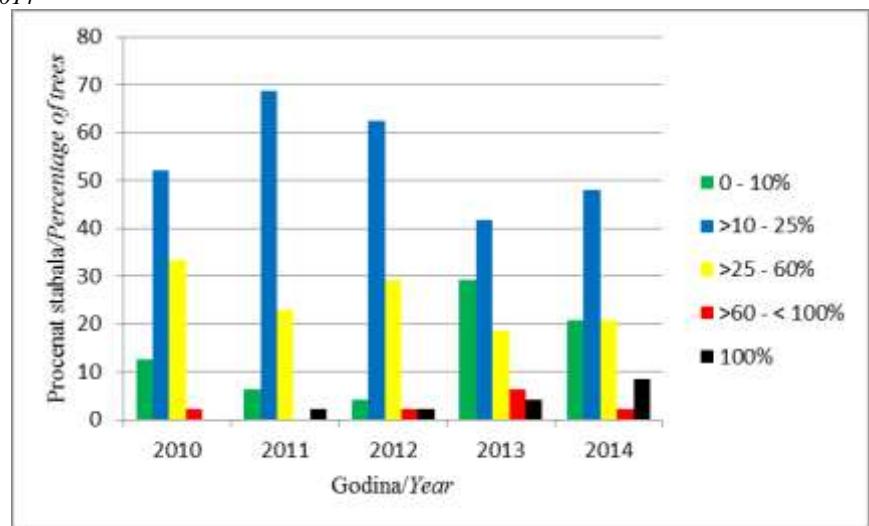
**Графикон 2.** Рапортер stabala kitnjaka по класама обезбојавања у периоду 2009 – 2014. године

*Graph 2. The distribution of sessile oak trees by classes of discoloration in the period 2009-2014*



**Графикон 3.** Рапортер stabala lužnjaka по класама дефолијације у периоду 2010 – 2014. године

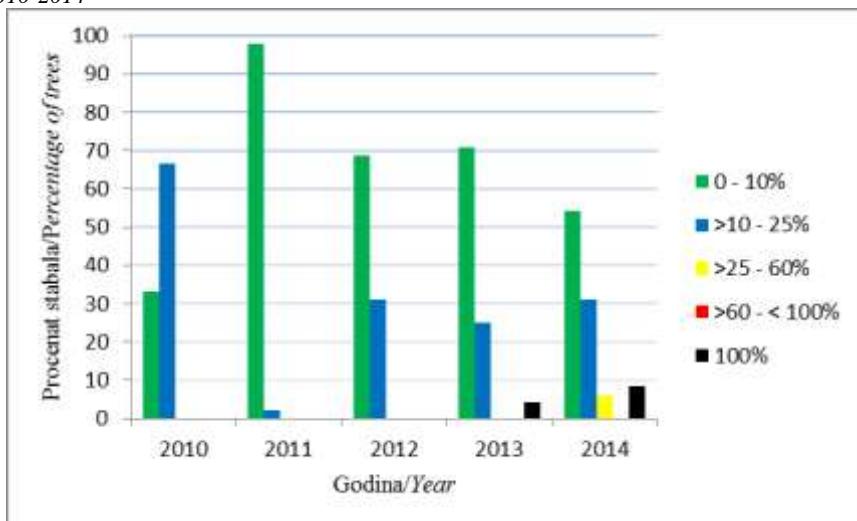
*Graph 3. The distribution of pedunculate oak trees by classes of defoliation in the period 2010-2014*



Najintenzivnije obezbojavajuća asimilacionih organa lužnjaka zabeleženo je u 2010. i 2014. godini (Grafikon 4.). Na stepen obezbojavanja lišća stabala lužnjaka u ove dve godine dominantno je uticala pojave pepelnice (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.).

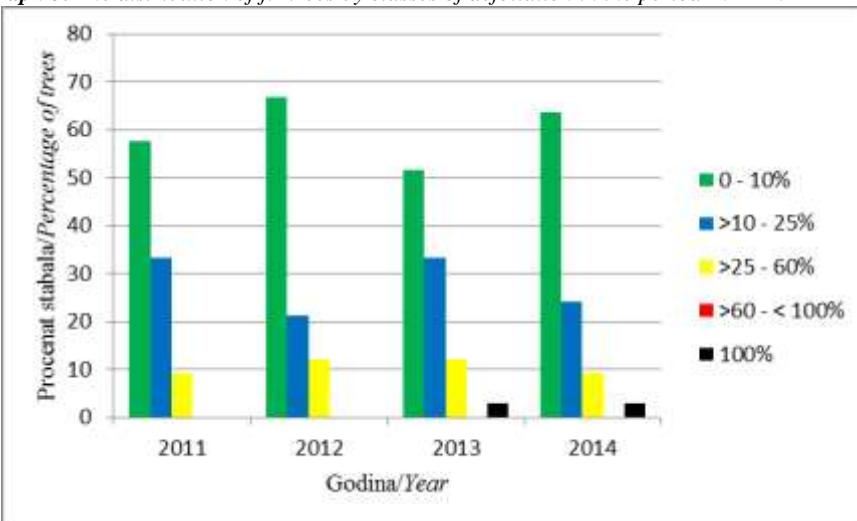
**Grafikon 4.** Raspored stabala lužnjaka po klasama obezbojavanja u periodu 2010 – 2014. godine

**Graph 4.** The distribution of peduculate oak trees by classes of discoloration in the period 2010-2014



**Grafikon 5.** Raspored stabala jеле po klasama defolijacije u periodu 2011 – 2014. godine

**Graph 5.** The distribution of fir trees by classes of defoliation in the period 2011-2014

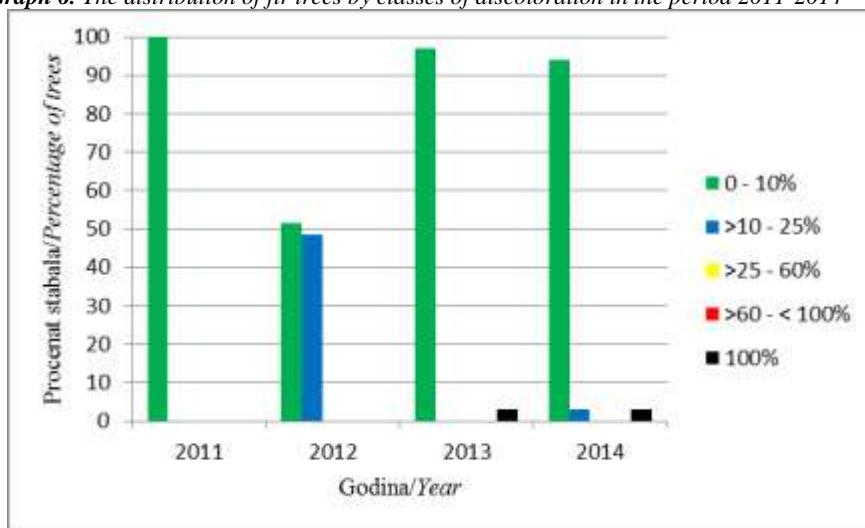


U 2014. godini, su kao posledica jakog napada pepelnice konstatovana stabla sa srednjim intenzitetom obezbojavanja što nije beleženo u prethodnim godinama. Najpovoljnije stanje zabeleženo je u 2011. i 2013. godini kada je napad pepelnice na ocenjivanim stablima bio veoma slab.

U posmatranom periodu za najveći broj stabala jеле bilo je karakteristično odsustvo defolijacije, dok se procenat stabala sa umerenim intenzitetom defolijacije kretao oko 10% ocenjivanih stabala (Grafikon 5). U 2013. konstatovano je sušenje jednog stabla jеле nastalo verovatno kao posledica prethodnog sušnog perioda i međusobne konkurenциje stabala. U posmatranom periodu (sem u 2012. godini) kod jеле su dominantno bila zastupljena stabla bez obezbojavanja (Grafikon 6). U 2012. godini, kao posledica suše, je gotovo identično bilo učešće stabala bez obezbojavanja i sa slabim obezbojavanjem četina, dok stabla sa jačim intenzitetom obezbojavanja nisu zabeležena.

**Grafikon 6.** Raspored stabala jеле po klasama obezbojavanja u periodu 2011 – 2014. godine

*Graph 6. The distribution of fir trees by classes of discoloration in the period 2011-2014*

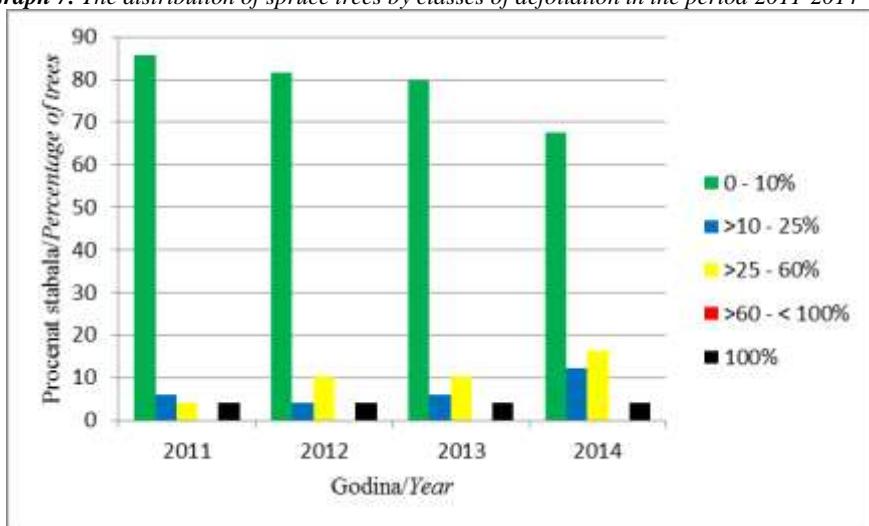


Kod smrče tokom čitavog posmatranog perioda dominantno su bila zastupljena stabla bez defolijacije. Takođe, u poslednje dve godine uočljiv je bio blagi trend rasta učešća stabala sa slabom i umerenom defolijacijom (Grafikon 7). Pojava suvovrhosti stabala je zabeležena kod 8 ocenjivanih stabala. Na dva suva stabla konstatovan je napad potkornjaka (fam. Scolytidae).

Obezbojavanje četina kod smrče u posmatranom periodu nije bilo izraženo i kod svih stabala, osim dva ranije osušena, obezbojavanje četina je bilo ispod 10% (Grafikon 8).

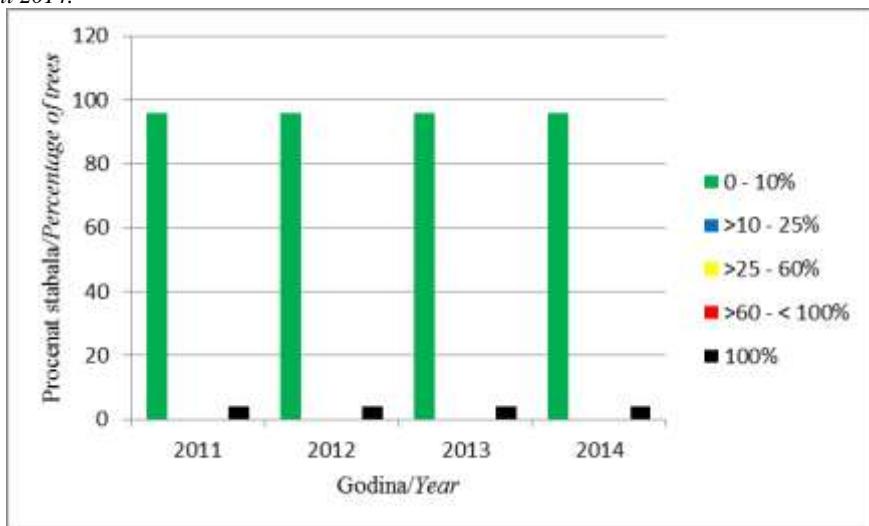
**Grafikon 7.** Raspored stabala smrče po klasama defolijacije u periodu 2011 – 2014. godine

*Graph 7. The distribution of spruce trees by classes of defoliation in the period 2011-2014.*



**Grafikon 8.** Raspored stabala smrče po klasama obezbojavanja u periodu 2011 – 2014. godine

*Graph 8. The distribution of spruce trees by classes of discoloration in the period from 2011 till 2014.*



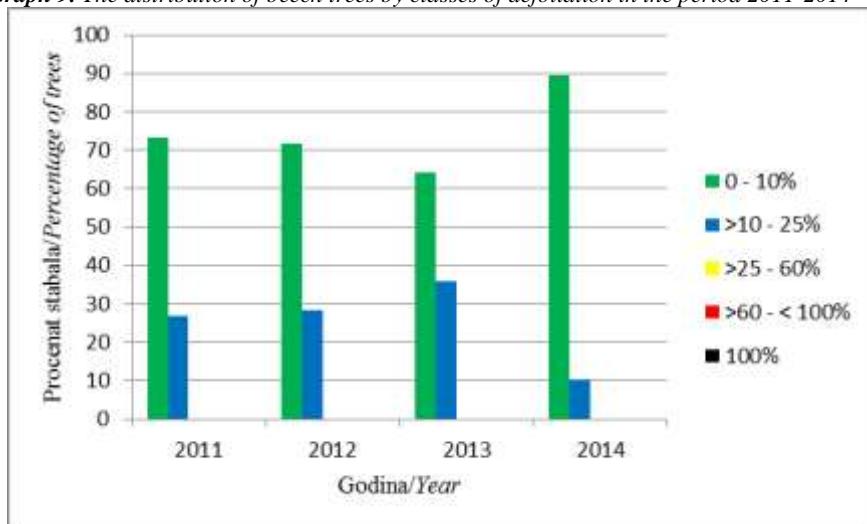
U posmatrane četiri godine stabla bukve su se, u pogledu intenziteta defolijacije, svrstavala u dve kategorije i to kategoriju bez oštećenja i sa slabom defolijacijom (Grafikon 9). Najveće učešće stabala sa slabom defolijacijom je bilo u 2013. godini da bi u 2014. godini, usled povoljnijih klimatskih uslova, došlo do

značajnog pada učešća stabala sa defolijacijom. Dominantan uzrok povećanja intenziteta defolijacije u 2013. godini je bila prethodna suša koja je dovela da fiziološkog slabljenja stabala, što se manifestovalo sušenjem tanjih grana u krošnjama.

Kod ocenjivanih stabala bukve u periodu od 2011. do 2014 godine zabeleženo je dominantno učešće stabala bez obezbojavanja lišća (Grafikon 10). U poslednje dve godine konstatovana su pojedinačna stabla sa slabim obezbojavanjem. Od štetnih insekata na bukvi tokom posmatranog perioda konstatovana su manja oštećenja lišća od *Phyllonorycter maestingella* Müller, *Rhynchaenus fagi* L. i *Mikiola fagi* Harting.

**Grafikon 9.** Raspored stabala bukve po klasama defolijacije u periodu 2011 – 2014. godine

**Graph 9.** The distribution of beech trees by classes of defoliation in the period 2011-2014

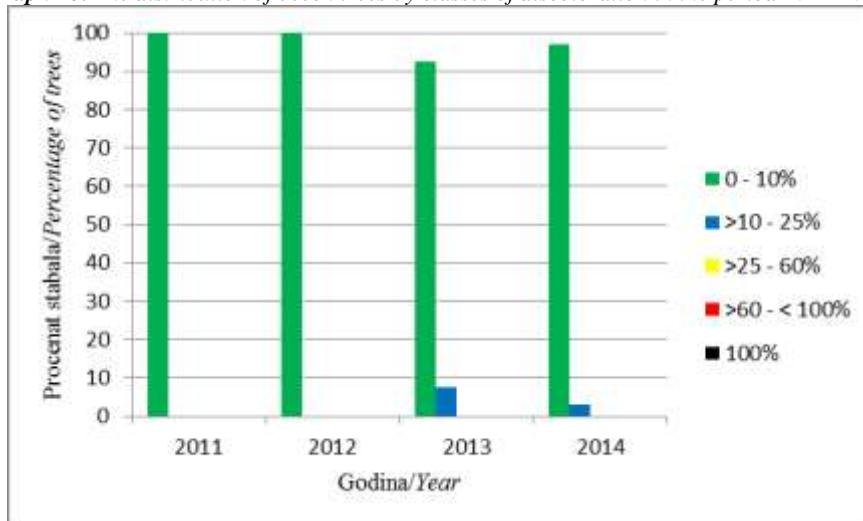


Praćenje pojave i procenjivanje uticaja pojedinačnih štetnih faktora na intenzitet defolijacije i obezbojavanja je od velikog značaja za pravilno tumačenje dobijenih rezultata, kao i promena u intenzitetu defolijacije i obezbojavanja tokom dužeg vremenskog perioda. Navedeni rezultati praćenja stanja krošnji stabala ukazali su na značajan uticaj biotičkih štetnih faktora (insekti, prouzrokovaci bolesti) na ocene defolijacije krošnji i suše na rezultate ocene obezbojavanja asimilacionih organa. Do sličnog zaključka došli su Jactel i Vodde, (2006) koji su, analizirajući ICP Forests podatke iz 21 evropske zemlje za period od 1994. do 2005. godine, zaključili da biotički štetni faktori uzrokuju 60% šteta, a abiotički i antropogeni po 20%, kao i da se štete mnogo češće javljaju na liščarskim vrstama. Lazarev i Marinković, (2001) ukazuju da u literaturi prevladava mišljenje da su za evropske prilike najznačajniji prirodni faktori stresa, suša i starost stabala za sve glavne vrste šumskog drveća. Moguće je da će problem suše u budućnosti biti još izraženiji jer postoji mišljenja da će očekivati da će globalne klimatske

promene progresivno uzrokovati učestalije suša i letnje žege na severnoj hemisferi (Meehl i Tebaldi, 2004).

**Grafikon 10.** Raspored stabala bukve po klasama obezbojavanja u periodu 2011 – 2014. godine

*Graph 10. The distribution of beech trees by classes of discoloration in the period 2011-2014*



Tokom našeg istraživanja najpovoljnije stanje u pogledu defolijacije je konstatovano kod bukve jer je procenat stabala bez oštećenja bio vrlo visok i uglavnom se kretao iznad 70% ocenjivanih krošnji, dok stabla sa umerenom i jakom defolijacijom nisu konstatovana. Od praćenih vrsta najnepovoljnije stanje u pogledu defolijacije je konstatovano kod hrasta kitnjaka i hrasta lužnjaka. Suša u 2011. i 2012. godini evidentno se odrazila na zdravstveno stanje dela ocenjivanih stabala hrasta kitnjaka i lužnjaka i u narednim godinama, te su kod ovih vrsta u periodu od 2012. do 2014. godine zabeležena i sušenja stabala. Ovo je u skladu sa navodima Dobbertin, (2005), da suša ne ispoljava svoje negativno delovanje u godini kada je bila izražena već u narednim godinama. Analiza rezultata praćenja stanja krošnji stabala na parcelama prvog nivoa monitroinga uticaja zagadenja vazduha na šume u Vojvodini je takođe za hrast lužnjak i hrast kitnjak pokazala visok stepen oštećenosti krošnji (Drekić et al., 2007; 2013). Sušenje hrastova široko je rasprostranjeno u Evropi, a pojava periodičnih sušenja traje tokom tri veka (Thomas et al., 2002). Pojava šušenja hrasta lužnjaka u Srbiji je problem koji je prisutan u dužem vremenskom periodu (Grbić et al., 1991; Medarević et al., 2009), dok je problem sušenja hrasta kitnjaka u Srbiji naročito izražen od 80- tih godina 20 veka i na njega ukazuje više autora (Milin et al., 1988; Karadžić i Milijašević, 2005). Naši podaci, iako se radi o samo dve posmatrane parcele, takođe ukazuju da je problem sušenja hrastova i sada izražen što ukazuje na potrebu istraživanja uzroka ove pojave i mera za poboljšanje sadašnjeg stanja.

Rezultati monitoringa stanja krošnji stabala predstavljaju samo osnovu za sagledavanje stanja šuma i uspostavljanje uzročno - posledičnih veza sa faktorima koji deluju na šume i koje je takođe potrebno kontinuirano pratiti. Monitoring šumskih ekosistema je potrebno sprovoditi u dužem vremenskom periodu i na većem broju stalnih parcela. Time bi se stvorila osnova za pouzdano registrovanje promena koje nastaju i određivanje njihovih uzroka.

## ZAKLJUČCI

Najizraženija oštećenja u vidu defolijacije stabala utvrđena su kod hrasta kitnjaka i hrasta lužnjaka. Kod ovih vrsta u posmatranom periodu je utvrđeno da je procenat stabala bez oštećenja u vidu defolijacije bio ispod 40% ukupnog broja ocenjivanih stabala ovih vrsta. Zabeleženo je i sušenje pojedinačnih stabala.

Najpovoljnije stanje u pogledu defolijacije stabala je utvrđeno za bukvu kod koje je procenat stabala bez oštećenja bio vrlo visok i uglavnom se kretao iznad 70% ocenjivanih krošnji. Obezbojavanje nije bilo izraženo kod više od 90% ocenjivanih stabala bukve.

Rezultati ukazuju na izražen uticaj pojave insekata, bolesti i suše na rezultate ocene stanja krošnji stabala i njihovo variranje.

U cilju prikupljanja reprezentativnijih podataka o stanju šuma, promenama stanja i njihovim uzrocima monitoring je potrebno sprovoditi kontinuirano i na reprezentativnom broju stalnih površina za pojedine vrste drveća.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta III 43002, "Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrисано upravljanje ekosistemima" - koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011. – 2014. godine i Projekata monitoringa uticaja zagađenja vazduha na stanje šuma u AP Vojvodini koje finansira Pokrajinski sekretarijat za poljoprivredu vodoprivredu i šumarstvo.

## LITERATURA

- Anonymus, (2006): Visual assessment of crown condition - Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Internaciona Co-operative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, Hamburg
- Anonymus, (2010): Visual assessment of crown condition and demaging agents - Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part IV,

- Internacional Co-operative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, Hamburg
- Dobbertin, M. (2005): Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review. European Journal of Forest Researches, 124: 319-333.
- Drekić, M., Lazarev, V., Poljaković- Pajnik, L., Vasić, V. (2007): Forest health condition on sample plots in Vojvodina, 9th International Symposium Interdisciplinary Regional Research Hungary – Romania – Yugoslavia, Novi Sad, Abstracts book: 34.
- Drekić, M., Vasić, V., Poljaković - Pajnik, L., Pap, P., Pilipović, A., Orlović, S. (2013): Impact of some harmful factors on results of tree crown condition assessment in Vojvodina. 2nd ICP Forests Scientific Conference, 28/29 May 2013, Belgrade, Serbia, Abstracts: 18.
- Jactel, H., Vodde, F. (2006): Prevalence of biotic and abiotic hazards in European forests, EFI Technical Report 66: 1-30.
- Grbić , P., Jović , D., Medarević , M. (1991): Pojava sušenja lužnjaka na području Bosutskog basena (Gornjeg Srema). Glasnik šumarskog fakulteta br. 73: 393 – 403.
- Karadžić D., Milijašević T. (2005): Najčešće parazitske i saprofitske gljive na hrastu kitnjaku u Srbiji i njihova uloga u sušenju stabala, Šumarstvo 3: 71 - 84.
- Lazarev, V., Marinković, P. (2001): Kondicija šuma i faktori stresa, Drvarska Glasnik 37 – 38: 65 - 68.
- Medarević, M., Banković, S., Cvetković, Đ., Abjanović, Z. (2009): Problem sušenja šuma u Gornjem Sremu, Šumarstvo, 3-4: 61 - 73.
- Meehl, G. A., Tebaldi, C. (2004): More intense, more frequent, and longer-lasting heat waves in the 21st century. Science 305: 994 - 997.
- Milin, Ž., Stojanović, LJ., Krstić, M. (1988): Sušenje kitnjakovih šuma u severoistočnoj Srbiji i predlog gazdinskih mera za otklanjanje posledica. Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Jugoslavije: 199 - 220.
- Nevenić, R., Miletić, Z., Lazarev, V., Tabaković – Tošić, M., Bilibajkić, S., Stefanović, T., Marković, M., Radulović, Z., Milanović, S., Marković, N., Poduška, Z., Kadović, R., Knežević, M., Mihajlović, LJ., Karadžić, D., Belanović, S., Košnin, O., Drekić, M., Zdravković, M., Jovanović, V. (2005): Praćenje stanja šuma u Republici Srbiji, Godišnji izveštaj ICP za šume 2004, 2005 Nivo I, Ministarstvo poljoprivrede šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije – Uprava za šume, Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije – Uprava za zaštitu životne sredine, Institut za šumarstvo – Beograd, Šumarski fakultet – Beograd, Beograd.
- Thomas, F.M., Blank, L., Hartmann, G. (2002): Abiotic and abiotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. Forest Pathology 32: 277 - 307. Berlin

### **Summary**

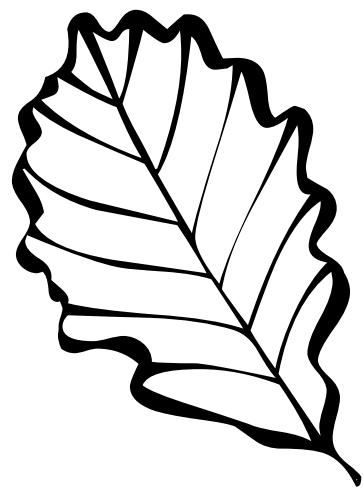
#### **RESULTS OF MULTIANNUAL MONITORING OF TREE CROWN CONDITION**

*by*

*Drekić, M., Poljaković – Pajnik, L., Orlović, S., Kovačević, B.,  
Vasić, V., Pilipović, A.*

*Considerably threatened by numerous damaging factors, forest ecosystems demand continuous monitoring of their condition. The aim of the continuous monitoring is to record the state and detect changes that occur in forests. The long term monitoring provides an insight in the condition of forest ecosystems and it is of great importance for appropriate explanation of causal relationship between conditions of forests and factors that affect forests. Results of multiannual assessment of tree crown condition for five tree species from five different sites are presented. Following species were examined: sessile oak (*Fruška gora*), pedunculate oak (*Branjevina-Odžaci*), fir (*Tara*), spruce (*Kopaonik*) and beech (*Vidlič*). The assessment of crown condition (defoliation, discoloration) was performed by the methodology of IPC Forests. Also, the influence of biotic and abiotic factors on crowns of trees was assessed. The plots where the monitoring was performed were 50 by 50 m in size, and all assessed trees were numerated. The crown condition assessment of sessile oak was performed from 2009 till 2014, of pedunculate oak from 2010 till 2014 and of fir, spruce and beech from 2011 till 2014. The condition of crown was assessed once a year, within the period from the end of July till the mid September.*

*The most conspicuous defoliation of crowns was found in sessile and pedunculate oak. The percentage of trees without damage by defoliation in these species was less than 40%, and the decay of some trees was notified as well. The best condition regarding the defoliation was found in beech, where the percentage of undamaged trees was relatively high, usually more than 70% of assessed crowns. Considerable influences of insects, diseases and drought on the results of assessment of crown condition was found. These influences varied between years. The monitoring is necessary to be performed in the longer period, on more permanent plots. That would create the basis for reliable record of changes that appear in forest ecosystems, as well as for research on their causes.*



**UDK: 630:551.584.7**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## **MONITORING MIKROKLIMATSKIH USLOVA I VLAŽNOSTI ZEMLJIŠTA U TIPU ŠUME *Quercetum frainetto-cerris* NA GAJNJAČI**

Zoran Galić<sup>1</sup>

**Izvod:** Istraživanja su sprovedena u tipu šume *Quercetum frainetto-cerris* na gajnjači. U istraživanom periodu najveća srednja mesečna temperatura vazduha tokom juna, jula i avgusta je zabeležena u 2012. godini. Najmanja srednja mesečna relativna vlažnost vazduha je zabeležena u avgustu 2012. godine i nije prelazila 50%.

Sadržaj pristupačne vode biljkama je zavisio od hidroloških uslova u kalendarskoj godini. Dugi sušni periodi dovode do slične dinamike opskrbljenosti zemljišta vodom. Najmanji sadržaj pristupačne vode je u istraživanom periodu zabeležen za mesec avgust.

**Ključne reči:** *Quercus frainetto*, *Quercus cerris*, monitoring, vlažnost zemljišta

### **MONITORING OF MICROCLIMATIC CONDITIONS AND SOIL MOISTURE IN *Quercetum frainetto-cerris* STAND ON CAMBISOL**

*The research is performed in forest type *Quercetum frainetto-cerris* on cambisol. In the period of investigation the highest average month temperature of air during the months June, July and August was recorded in 2012. The lowest average month relative air humidity was recorded in August 2012 and it did not exceed 50%.*

*The content of available water in plants depended on hydrological conditions in particular year. Long periods of drought leads to similar dynamics of water availability in soil. The lowest content of available water in the investigated period was recorded in August.*

**Key words:** *Quercus frainetto*, *Quercus cerris*, monitoring, soil moisture

## **UVOD**

Monitoring šumskih ekosistema je važan pravac istraživanja u današnjoj nauci. U navedenim istraživanjima posebno mesto pripada klimazonalnoj vegetaciji, koja je u Srbiji predstavljena asocijacijom cera i sladuna *Quercetum frainetto-cerris* (Jović et al., 1991, Tomić, 1992).

Dosadašnja istraživanja ukazuju na globalne klimatske promene (IPCC, 2001; 2007). Prema prethodno navedenim izveštajima ekstremni klimatski događaji

---

<sup>1</sup> Dr Zoran Galić, naučni savetnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad.

su sve češći i traju sve duže. Na negativne uticaje ukazuju razni autori (Schlyter et al., 2006, Fuhrer et al., 2006, Dorland et al., 1999).

Mikroklimatske istraživanja imaju značaja pri proučavanju malih oblasti vezanih za geografske veličine. Iz navedenog razloga su u radu prikazani podaci o mikroklimatskim uslovima i vlažnosti zemljišta u tipu šume *Quercetum frainetto-cerris* na gajnjači u 2009, 2010, 2011, 2012 i 2013 godini.

## MATERIJAL I METOD RADA

Istraživanja su sprovedena u tipu šume *Quercetum frainetto-cerris* na gajnjači (lokalitet Kragujevac, Topola) izdanačkog porekla. Podaci za mikroklimatska istraživanja prikupljana su tokom 2010, 2011, 2012 i 2013. godine (temperatura, relativna vlažnost zemljišta). Interval skupljanja podataka je bio na sat vremena.

Klimatološki podaci su analizirani na osnovu statističkih godišnjaka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije za 2009, 2010, 2011, 2012 i 2013. godinu. Poređenje je izvršeno u odnosu na referentni period 1961-1990. godine. Klimadijagram je urađen metodom Thorntwaite-a.

Laboratorijskim istraživanjima su hemijska svojstva zemljišta određena po sledećim metodama: humus (%) po Tjurinu u modifikaciji Simakova (Škorić et al., 1966), sadržaj ugljenika potpunim spaljivanjem na CHN analyzer-u (Elementar). Reakcija zemljišnog rastvora je određena u H<sub>2</sub>O i u KCl (ISO 10390, 1995). Sadržaj CaCO<sub>3</sub> je određen na Scheiblerovom kalcimetru (Hadžić, 2004).

Momentalna vlažnost zemljišta (% vol) je determinisana na 10, 30 i 50 cm dubine, granulometrijski sastav (%) po međunarodnoj B-pipet metodi.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

Teksturna klasa u humusno-akumulativnom horizontu se kretala od glinovite ilovače do gline, sa učešćem ukupne gline od 67,1 do 70,8% (tabela 1.).

**Tabela 1.** Granulometrijski sastav i teksturna klasa

*Table 1. Granulometric composition and texture class*

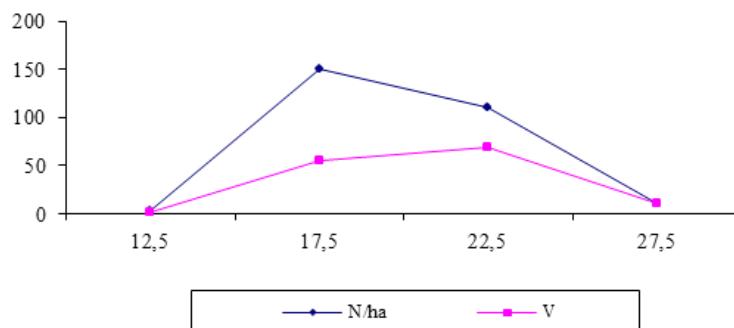
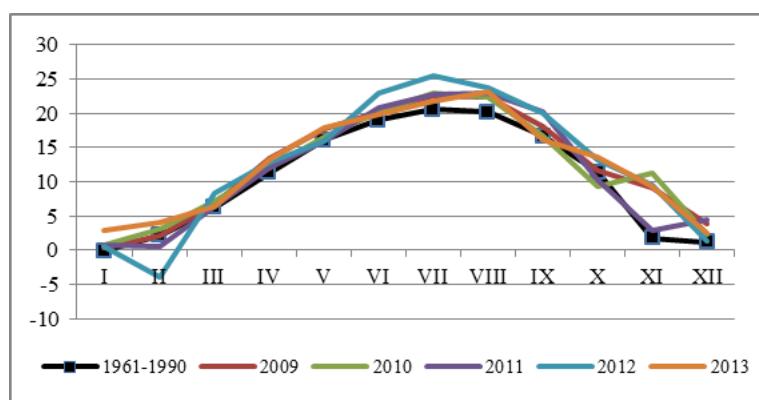
Horizont Horizon	Dubina Depth cm	Granulometrijski sastav % Granulometric composition %						Teksturna klasa Texture class
		> 0,2	0,2 - 0,02	0,02 - 0,002	< 0,002	Ukupno Total	Ukupno Total	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	
A	0-30	2.0	30.9	28.0	39.1	32.9	67.1	Glinovita ilovača <i>Clayey loam</i>
(B)	30-95	1.7	27.5	23.8	47.0	29.2	70.8	Gлина <i>Clay</i>

Humusno-akumulativni horizont je kisele reakcije zemljišnog rastvora, sa niskim sadržajem humusa i karbonata (tabela 2.).

**Tabela 2.** Hemiske osobine zemljišta*Table 2. Chemical properties*

Horizont <i>Horizon</i>	Dubina <i>Depth</i> (cm)	pH uin H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> (%)	Humus	C (%)	N	C/N
A	0-30	5.69	0.41	3,2	1.79	0.178	10.09
(B)	30-95	6.59	0.41	1,6			

Najveći broj stabala je zabeležen u debljinskom stepenu 17,5 cm, dok je najveća zapremina zabeležena u debljinskom stepenu 22,5 cm (grafikon 1).

**Grafikon 1.** Debljinska i zapreminska struktura*Grafikon 1. Debljinska i zapreminska struktura***Grafikon 2.** Srednja mesečna temperatura za period 1961-1990 i 2009, 2010, 2011, 2012 i 2013. godinu*Graph 2. Average month temperature for period 1961-1990 and years 2009, 2010, 2011, 2012 and 2013*

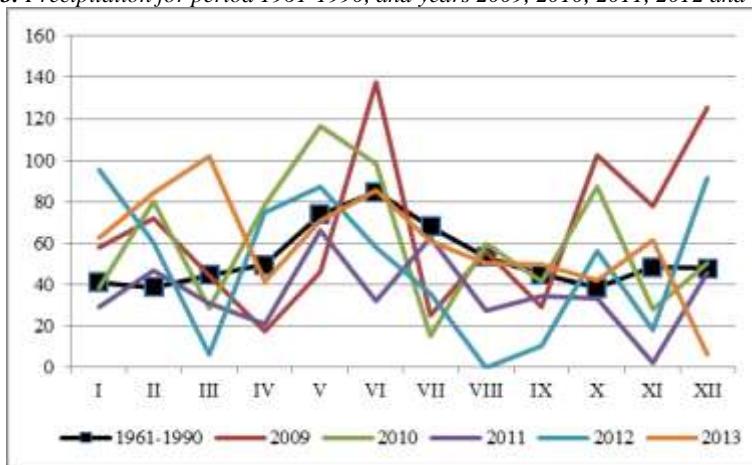
U poslednjim godinama se zapaža trend zagrevanja vazduha, a Lindner et al., (2010) ukazuju da je 12 najtopljih godina globalno zabeleženo između 1990 i 2005. Ukoliko uzmemo u obzir ovu činjenicu vrlo je važno uzeti u obzir istraživanja

u šumama cera i sladuna jer je poznata činjenica da je ovaj tip šume klimazonalna vegetacija u šumama Srbije.

Prema podacima RHMZ u odnosu na referentni period 1961-1990 (graph 2.) za Kragujevac u 2012 godini je u julu zabeležena veća srednja temperatura vazduha za  $5^{\circ}\text{C}$ , dok je u avgustu i junu ta razlika bila manja i iznosila je za avgust  $3,6^{\circ}\text{C}$  odnosno  $2,9^{\circ}\text{C}$ .

Najveće smanjenje količina padavina u odnosu na period 1960-91. je utvrđen za jul i avgust (grafikon 3.).

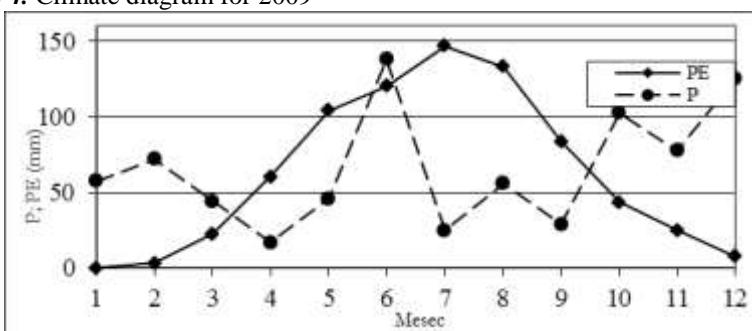
**Grafikon 3.** Padavine za period 1961-1990, 2009, 2010, 2011, 2012 i 2013. godinu  
**Graph 3.** Precipitation for period 1961-1990, and years 2009, 2010, 2011, 2012 and 2013



Na klimadijagramima za istraživane godine je utvrđeno da je najveći manjak zabeležen za 2012. godinu (grafikoni 4, 5, 6, 7, 8 i 9).

**Grafikon 4.** Klimadijagram za 2009. godinu\*

**Graph 4.** Climate diagram for 2009

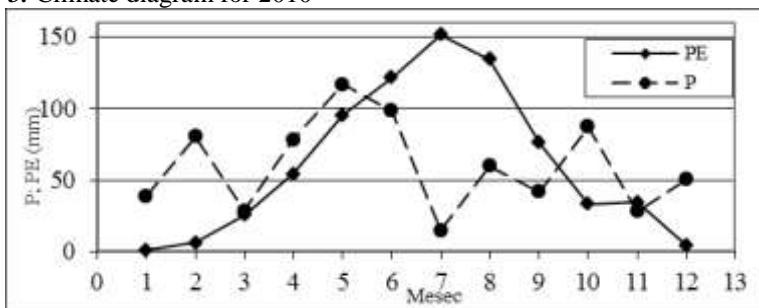


\* P - padavine, PE - potencijalna evapotranspiracija

\* P - precipitation, PE - potential evapotranspiration

**Grafikon 5.** Klimadijagram za 2010. godinu\*

**Graph 5.** Climate diagram for 2010

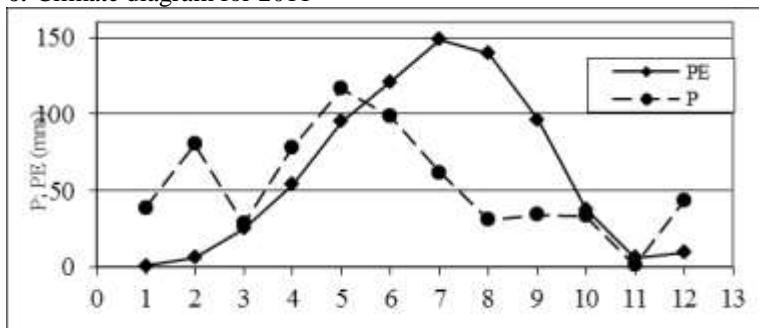


\* P - padavine, PE - potencijalna evapotranspiracija

\* P - precipitation, PE - potential evapotranspiration

**Grafikon 6.** Klimadijagram za 2011. godinu\*

**Graph 6.** Climate diagram for 2011

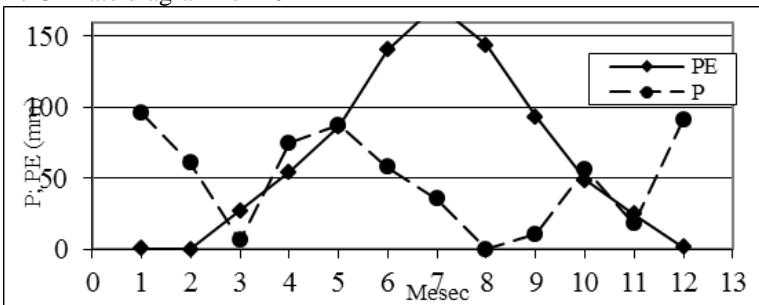


\* P - padavine, PE - potencijalna evapotranspiracija

\* P - precipitation, PE - potential evapotranspiration

**Grafikon 7.** Klimadijagram za 2012. godinu\*

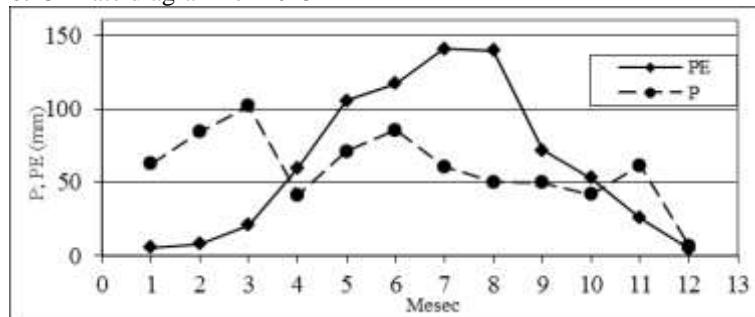
**Graph 7.** Climate diagram for 2012



\* P - padavine, PE - potencijalna evapotranspiracija

\* P - precipitation, PE - potential evapotranspiration

Grafikon 8. Klimadijagram za 2013. godinu\*

**Graph 8.** Climate diagram for 2013

\* P - padavine, PE - potencijalna evapotranspiracija

\* P - precipitation, PE - potential evapotranspiration

Srednje mesečne temperature vazduha u istraživanoj sastojini *Quercus frainetto-cerris* prikazani su u tabeli 3.

**Tabela 3.** Srednja mesečna temperatura vazduha u sastojini *Quercus frainetto-cerris**Table 3. Average month temperature of air in Quercus frainetto-cerris stand*

Godina Year	Mesec Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2009	0,5	2,3	7,1	13,6	17,2	20,4	22,2	22,3	18,8	12,2	9,6	3,3
2010	-0,2	3,1	7,6	12,4	15,8	19,0	21,2	21,7	16,0	12,3	8,8	0,5
2011	1,3	0,8	7,2	12,4	16,3	20,6	21,6	23,2	20,9	11,7	3,8	4,2
2012	0,7	-3,9	9,2	13,0	15,9	21,9	25,2	25,2	20,9	15,1	9,6	0,5
2013	1,4	1,4	3,6	9,7	13,7	18,1	22,8	23,7	16,9	18,1	9,0	2,1

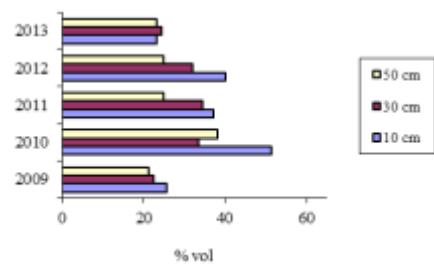
**Tabela 4.** Srednja mesečna relativna vlažnost vazduha u sastojini *Quercus frainetto-cerris**Table 4. Average month relative humidity of air in Quercus frainetto-cerris stand*

Godina Year	Mesec Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2009	90	85	70	72	79	80	70	69	68	83	81	93
2010	93	85	71	72	81	88	85	79	81	96	75	89
2011	89	88	87	83	71	76	73	63	66	85	88	88
2012	91	87	58	71	79	70	60	48	58	85	86	87
2013	76	78	72	66	70	79	57	55	67	71	84	86

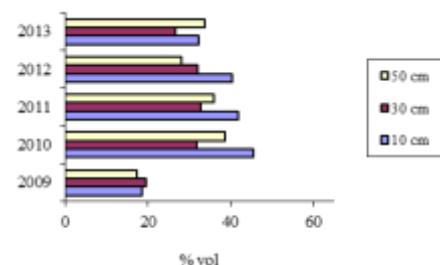
U istraživanom periodu najveća srednja mesečna temperatura vazduha tokom juna, jula i avgusta je zabeležena u 2012. godini (tabela 3). Međutim, najveća anomalija je zabeležena za mesec septembar 2011 i 2012. godine gde je srednja mesečna temperatura vazduha prelazila 20°C. Najmanja srednja mesečna relativna vlažnost vazduha je zabeležena u avgustu 2012. godine i nije prelazila 50%.

Sadržaj pristupačne vode biljkama je zavisio od hidroloških uslova u kalendarskoj godini, a sadržaj pristupačne vode je prikazan na grafikonima 9, 10, 11 i 12). Ukoliko su hidrološki uslovi bliži normali veća je i opskrbljenost zemljišta vodom (godina 2010). Dugi sušni periodi dovode do slične dinamike opskrbljenosti zemljišta vodom.

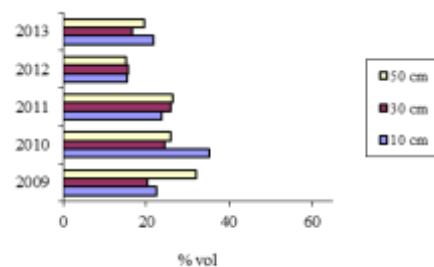
Grafikon 9. Mometalna vlažnost zemljišta (% vol) - April  
*Graph 9. Moisture content (%vol) - April*



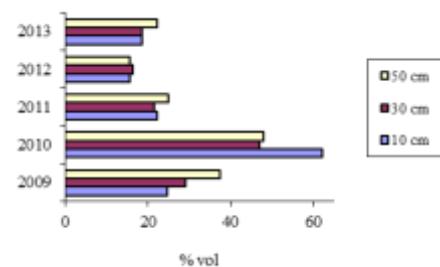
Grafikon 10. Mometalna vlažnost zemljišta (% vol) – Jun  
*Graph 10. Moisture content (%vol) - June*



Grafikon 11. Mometalna vlažnost zemljišta (% vol) – Avgust  
*Graph 11. Moisture content (%vol) - August*



Grafikon 12. Mometalna vlažnost zemljišta (% vol) – Novembar  
*Graph 12. Moisture content (%vol)-November*



Najmanji sadržaj pristupačne vode je u istraživanom periodu zabeležen za mesec avgust. Sadržaj pristupačne vode (%vol) u profilu do 50 cm nije prelazio 20%. Ukoliko se uzme u obzir teksturni sastav zemljišta uočljivo je da je istraživana sastojina na raspolaganju imala samo "teško pristupačnu" vodu.

## ZAKLJUČCI

U istraživanom periodu najtoplijia godina sa najviše izraženim ekstremom u odnosu na referentni period 1961-1990 je bila 2012. godina.

Najveća anomalija srednjih mesečnih temperatura vazduha je zabeležena u septembru 2011 i 2012. godine.

Srednja mesečna relativna vlažnost vazduha u avgustu 2012. godine nije prelazila 50%.

Dugi sušni period u 2012. godini je doveo do smanjenja pristupačne vode biljkama.

## Zahvalnica

Ovaj rad je rezultat projekta III 43002 finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- Dorland, C., Tol, R., Palutikof, J., (1999): Vulnerability of the Netherlands and northwest Europe to storm damage under climate change. A Model Approach Based on Storm Damage in the Netherlands. *Climate Change*, 43: 513-535
- Führer, J., Beniston, M., Fischlin, A., Frei, C., Goyette, S., Jasper, K., Pfister, C. (2006): Climate risks and their impact on agriculture and forests in Switzerland. *Climate Change*, 79: 79-102
- IPCC (2001): WGI Third Assessment Report: Summary for policymakers, Geneve.
- IPCC (2007): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Jović, N., Tomić, Z., Jović, D. (1991): Tipologija šuma, Šumarski fakultet, Beograd: pp 246
- Lindner, M., Maroscheck, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbuti, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M., Lexer, M., Marchetti, M. (2010): Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 698-709
- Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod (2010): Meteorološki godišnjak 1. – Klimatološki podaci 2009, Beograd: pp. 213
- Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod (2011): Meteorološki godišnjak 1. – Klimatološki podaci 2010, Beograd: pp. 212
- Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod (2012): Meteorološki godišnjak 1. – Klimatološki podaci 2011, Beograd: pp. 212
- Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod (2013): Meteorološki godišnjak 1. – Klimatološki podaci 2012, Beograd: pp. 212
- Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod (2014): Meteorološki godišnjak 1. – Klimatološki podaci 2013, Beograd: pp. 212
- Schlyter, P., Stjernquist, I., Bärring, L., Jönsson, A., Nilsson, C., (2006): Assessment of the impacts of climate change and weather extremes on boreal forests in northern Europe, focusing on Norway spruce. *Climate Research*, 31: 75–84
- Tomić, Z. (1992): Šumske fitocenoze Srbije, Šumarski fakultet, Beograd: pp. 132

### **Summary**

#### **MONITORING OF MICROCLIMATIC CONDITIONS AND SOIL MOISTURE IN *Quercetum frainetto-cerris* STAND ON CAMBISOL**

by

Zoran Galić

*University of Novi Sad - Institute of Lowland Forestry and Environment*

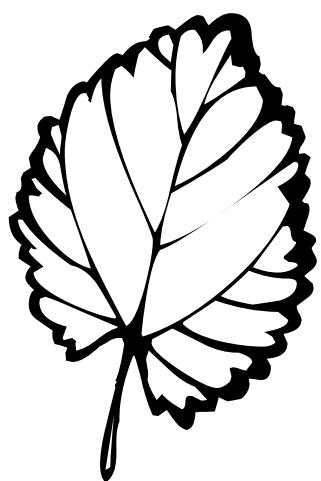
*Climate zones vegetation types in Serbia are represented by typical association of Quercetum frainetto-cerris. The paper shows data of microclimate conditions and soil moisture content monitoring for this vegetation type in 2009, 2010, 2011, 2012 and 2013 year.*

*The average monthly air temperature and relative air humidity are shown for July and August (the period in year with the most prominent extremes). Thus, the average monthly temperature in July was the lowest in 2010 (21.2°C), and the highest in 2012. year (25.2°C). Compared to the average air temperature in July, in August, the highest average monthly air temperatures recorded in 2012 (25.2°C), and the lowest in 2010. year (21.7°C).*

*In the period of research the greatest anomaly was recorded in September 2011 and 2012 year. The average mean monthly air temperature was 20.9°C. This temperature was in comparison to 2009 and 2010 higher by 2,1 and 4.9°C respectively.*

*The average relative humidity in this period was lowest in August. The lowest value was in august 2012 (48,6%), and the highest in 2010 (79,2%).*

*The quantity of available water depended on hydrological conditions throughout the year. If hydrological conditions were closer to normal, the water soil supply was higher (year 2010). Long periods of drought led to relatively uniform reductions in the quantities of available water in the soil, and thereby caused unfavorable conditions for plant growth.*



**UDK: 630\*18:582.632.2(497.113)**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## **OČUVANJE GENETIČKIH RESURSA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR L.*) NA PODRUČJU JAVNOG PREDUZEĆA „VOJVODINAŠUME“**

Srđan Stojnić<sup>1</sup>, Branislav Trudić<sup>1</sup>, Vladislava Galović<sup>1</sup>, Đorđe Šimunovački<sup>2</sup>, Božana Đorđević<sup>2</sup>, Vid Rađević<sup>2</sup>, Saša Orlović<sup>1</sup>

**Izvod:** Šume hrasta lužnjaka predstavljaju jedne od najvrednijih šuma u Republici Srbiji. Na žalost, gazdovanje ovim šumama je u poslednjih nekoliko decenija opterećeno problemima koji se ogledaju kroz sušenje pojedinačnih i grupa stabala na čitavom području na kojem se hrast lužnjak javlja. Očuvanje genetičkih resursa, odnosno genetičke varijabilnosti sadržane u prirodnim populacijama, predstavlja osnovu za unapređenje postojećeg stanja šuma lužnjaka, kao i preuslov za dalje poboljšanje zdravstvenog stanja i vitalnosti istih. U radu su prikazane dosadašnje aktivnosti u vezi sa konzervacijom genetičkih resursa hrasta lužnjaka, na području kojim gazduju JP „Vojvodinašume“. Tokom više decenija, primenom različitih metoda *in situ* i *ex situ* konzervacije, izdvojeno je na desetine objekata za konzervaciju genetičkih resursa, među kojima najznačajnije mesto, svakako, zauzimaju semenske sastojine i semenske plantaže. Osim sa aspekta očuvanja biodiverziteta, ovi objekti imaju i veliki značaj za šumarsku struku s obzirom da se koriste za proizvodnju genetski kvalitetnog semena. Takođe, u radu su date i kratke preporuke vezano za dalje aktivnosti na očuvanju genetičkih resursa i oplemenjivanja hrasta lužnjaka, u svetlu klimatskih promena. Pored navedenog, u radu je napravljen i kratak osvrt na nova neobjavljena istraživanja koja u centru pažnje imaju molekularne analize, a čiji cilj jeste da se daju preporuke za razvijanje novih strategija očuvanja genofonda hrasta lužnjaka pomoću SSR marker sistema.

**Ključne reči:** hrast lužnjak, genetički resursi, konzervacija, *in situ*, *ex situ*, molekularne analize.

### ***CONSERVATION OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR L.*) GENETIC RESOURCES AT THE TERRITORY OF PUBLIC ENTERPRISE "VOJVODINAŠUME"***

**Abstract:** Oak forests represent one of the most valuable forests in the Republic of Serbia. Unfortunately, the management of these forests in the past few decades is affected by a

---

<sup>1</sup> Dr Srđan Stojnić, naučni saradnik; prof. dr Saša Orlović, naučni savetnik; Branislav Trudić, MSc, istraživač saradnik, dr Vladislava Galović, viši naučni saradnik; Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad. e-mail: [stojnics@uns.ac.rs](mailto:stojnics@uns.ac.rs)

<sup>2</sup> Javno preduzeće „Vojvodinašume“, Preradovićeva 2, 21131 Petrovaradin.

number of problems that are reflected in the drying of individual and groups of trees throughout the area where the penduculate oak occurs. Conservation of genetic resources or genetic variability contained in natural populations is the basis for improving existing state of oak forests, as well as a prerequisite for further improvement of the health and vitality of the same. This paper describes the current activities related to the conservation of genetic resources of penduculate oak within the forest area managed by Public Enterprise "Vojvodinašume". Over decades, using different methods of in situ and ex situ conservation, aside numerous of objects (stands) aimed for conservation of genetic resources, among which the most important place, of course, take seed stands and seed orchards. Apart from the aspect of biodiversity conservation, these objects (stands) have a great importance for the forestry profession with regard of the production of genetically qualitative seed. Also, this paper provides the short list of recommendations at the end, needed in articulating future activities on conservation of genetic resources and breeding of oak, in the light of climate change. In addition, the paper made a brief review of the new research focus including the newest unpublished molecular analysis on penduculate oak, with the aim to provide recommendations for developing a new strategies for preservation of the gene pool of penduculate oak using SSR marker system.

**Keywords:** pedunculate oak, genetic resources, conservation, in situ, ex situ, molecular analysis.

## UVOD

Rod *Quercus* (hrast) pripada porodici *Fagaceae*, koja takođe obuhvata i robove *Castanea* (kesten), *Fagus* (bukva), *Lithocarpus* (hrastovi sa tvrdim žirom sa ostrva Jave i susednih ostrva, eng. stone oaks) i *Castanopsis* (zimzeleno drvo). Među taksonomima, rod *Quercus* se često označava kao *crux botanicorum*. Sistematika ovog roda je komplikovana i kontroverzna i to se ogleda u različitom broju vrsta koje priznaju različiti autori. Karl Line je predložio 12 vrsta i od tada, broj hrastovih taksona je povećan na nekoliko stotina; Schwarz (1964) je 320 taksona smatrao odvojenim vrstama, plus mnoge oblike, varijetete ili subspecije. Među evropskim belim hrastovima (subgenus *Lepidobalanus*), vrste sa najvećim ekonomskim značajem i koje su zbog toga najintenzivnije proučavane su svakako *Quercus robur* L. i *Q. petraea* (Matt.) Liebl. Nekoliko drugih taksona opisano je i otkriveno u prirodnim šumama po celoj Evropi (uglavnom istočnoj i zapadnoj): *Q. dalechampii* Ten., *Q. polycarpa* Schur., *Q. pedunculiflora* C. Koch. U mnogim florama (Grčka, Rumunija, Srbija, itd. čak i u flori Evrope, (Schwarz, 1964)) ovi taksoni su navedeni kao posebne vrste, ali ne postoji opšta saglasnost o njihovom taksonomskom statusu među botaničarima, pošto ih je zbog velike interspecijske morfološke varijabilnosti teško razlikovati. Zbog toga se oni često uključuju u *Q. robur* ili *Q. petraea*. Neki autori su čak zaključili da ih treba smatrati ekotipovima ili subspecijama unutar jedne kompozitne vrste *Q. robur* (Kleinschmit et al., 1995; Steinhoff, 1997; Gomory et al., 2001).

Vrste roda *Quercus* su diploidne ( $2n = 24$ ). Sadržaj haploidne DNK varira između vrsta i kreće se od 539 Mb kod *Q. velutina* do 921 Mb kod *Q. coccifera* i *Q.*

*ilex*, i 740 Mb kod *Q. robur*, odgovarajući petostrukoj veličini *Arabidopsis* genoma (koristeći procenu od 157 Mb iz Bennett et al., 2003) i približno dvostrukoj veličini genoma topole (koristeći procenu od 485 Mb iz Tuskan et al., 2006). Velike kolekcije hrastovih eksprimiranih sekvencnih tagova (ESTs) sakupljene su od različitih tkiva i iz različitih razvojnih etapa, uključujući 130,000 Sanger sekvenci i 2 M 454-ocitanja, kojima raspolažu javne baze podataka. Ovaj katalog predstavlja koristan izvor za otkrivanje kandidat gena koji kontrolišu osobine od interesa i za razvoj novih genetičkih markera za napredne genetičke pristupe (linkage mapiranje, detekcija QTL, asocijativno mapiranje) za disekciju genetičke arhitekture adaptivnih osobina. Međutim, malo se zna o ukupnoj strukturi genoma hrasta (Rampant et al., 2011).

Šume hrasta lužnjaka predstavljaju jedne od najvrednijih šuma u Republici Srbiji, posebno u kompleksu aluvijalno-higrofilnih tipova šuma (Banković et al., 2009). Međutim, gazdovanje ovim šumama opterećeno je pojmom propadanja i odumiranja stabala koje poprima sve veće razmere. Propadanje šuma hrasta lužnjaka u AP Vojvodini je problem koji je aktuelan duže od jednog veka. Prvo dokumentovano sušenje lužnjakovih šuma u Sremu vezuje se za razdoblje od 1910. do 1925. godine, da bi, zatim, opet bilo registrovano nakon 1950. godine, potom u periodu između 1983. i 1986. godine, a i danas je vrlo prisutno (Medarević et al., 2009). Na osnovu podataka iz Hrvatske, može se zaključiti da ovaj problem nije ograničen samo na područje AP Vojvodine, nego je prisutan u čitavom basenu hrasta lužnjaka. Na primer, prvo sušenje lužnjaka u Hrvatskoj pojavilo se početkom XX veka, tačnije 1902. godine, da bi nakon toga bilo dokumentovano nekoliko talasa sušenja (Kapeć, 2006), od kojeg najnoviji u periodu od 1996. – 2005. godine, kada je moralno biti posećeno 2,7 miliona m<sup>3</sup> slučajnog prihoda, što je činilo oko 34% ukupnog lužnjakovog etata (Dubravac et al., 2011). Iako još nedovoljno proučeno, suša i mraz se smatraju među najčešćim abiotičkim faktorima koji vode propadanju stabala hrasta lužnjaka. Oni zajedno s drugim nepovoljnim faktorima (promena vodnog režima zemljišta, aerozagadenja, mehanička oštećenja, itd.) smanjuju vitalnost stabala, te stvaraju predispoziciju za delovanje drugih nepovoljnih činilaca, kao što su insekti i brojni patogeni slabosti (Tikvić et al., 2009). Osim navedenog, kao problem se javlja i biološka obnova lužnjakovih sastojina, s obzirom da periodicitet plodonošenja u sastojinama nije pravilan, a vremenski period do punog uroda semena se sve više produžuje (Kajba et al., 2011).

S obzirom da hrast lužnjak spada među ugrožene vrste, do sada su se činili veliki naporci da se on očuva kroz različite oblike *in situ* i *ex situ* konzervacije (Orlović et al., 2008). Isajev et al., (2009) smatraju da genetički diverzitet igra ključnu ulogu u adaptacionim procesima, odnosno da bi bez odgovarajućeg genetičkog diverziteta adaptacioni procesi bili nezamislivi. Iz tog razloga, Milad et al., (2011) ističu da će upravo postizanje visokog nivoa diverziteta biti ključna mera u očuvanju prirode. U radu su prikazane dosadašnje aktivnosti na očuvanju genetičkih resursa lužnjaka, na području kojim gazduju JP „Vojvodinašume“. Tokom više decenija, izdvojeno je na desetine objekata za konzervaciju genetičkih

resursa, među kojima najznačajnije mesto, svakako, zauzimaju semenske sastojine i semenske plantaže. Dodatni značaj ovako izdvojenih konzervacionih područja, odnosno osnovanih objekata, predstavlja i činjenica da oni služe za proizvodnju genetski kvalitetnog reproduktivnog materijala, koji se koristi za potrebe komercijalnog šumarstva. Pored navedenog, u radu je napravljen i osvrt na nova istraživanja koja u centru pažnje imaju molekularne analize, a čiji cilj jeste da se daju preporuke za razvijanje novih strategija očuvanja genofonda hrasta lužnjaka pomoću SSR marker sistema koji na molekularnom nivou dezoksiribonukleinske kiseline, daje dublji uvid u genetički polimorfizam i genotipski profil jedinki koje ulaze u sastav populacija i sastojina.

## KONZERVACIJA ŠUMSKIH GENETIČKIH RESURSA

Šumski genetički resursi se mogu kratko definisati kao „genetička varijabilnost drveća, koja je od potencijalne ili trenutne koristi za ljudе“ (Mataruga et al., 2013). Generalno posmatrano, šumski genetički resursi su danas izloženi brojnim opasnostima koje se ogledaju kroz uništavanje staništa, njegovu fragmentaciju, zagadivanje, loše gazdovanje i upotrebu sadnog materijala slabog kvaliteta i adaptiranosti na postojeće uslove (Koskela et al., 2007). S toga se očuvanje šumskih genetičkih resursa nameće kao jedan od primarnih zadataka, ne samo za šumarsku struku, nego i društvo u celini. Imajući u vidu gore navedeno, počev od 1972. godine do danas, konzervacija šumskih genetičkih resursa je bila predmet brojnih međunarodnih inicijativa i usvojenih dokumenta, koji su, na direktni ili indirektni način, regulisali njihovo očuvanje, manipulaciju, korišćenje, modifikaciju i uključivanje u komercijalne tokove (Milovanović et al., 2012).

Kada se govori o konzervaciji šumskih genetičkih resursa, u osnovi se razlikuju dva osnovna metoda, u zavisnosti od toga da li proces konzervacije omogućava adaptaciju i promene frekvencije gena u skladu sa lokalnim selektivnim pritiscima ili je proces konzervacije planiran sa ciljem očuvanja trenutne frekvencije gena, pri čemu izostaju efekti genetičkih procesa (videti: Šijačić-Nikolić i Milovanović, 2007). U prvom slučaju govorimo o dinamično-evolutivnoj (*in situ*) konzervaciji, dok se u drugom slučaju radi o statičnoj (*ex situ*) konzervaciji. *In situ* konzervacija podrazumeva očuvanje genetičkih resursa u njihovom prirodnom okruženju. Tu spadaju: nacionalni parkovi, nacionalni rezervati, semenske sastojine, grupe stabala i pojedinačna stabla. *Ex situ* konzervacija označava očuvanje genetičkih resursa van originalnog staništa, osnivanjem za to specijalnih objekata, kao što su: semenske plantaže, testovi potomstva, arboretumi, žive arhive i provenijencijski testovi (Isajev et al., 2009).

### ***In situ* konzervacija genetičkih resursa hrasta lužnjaka**

Među pomenutim oblicima *in situ* konzervacije genetičkih resursa, najznačajnije mesto svakako zauzimaju semenske sastojine. Za svaku vrstu drveća,

broj semenskih sastojina treba da bude određen na bazi realnog stanja na terenu (ukoliko sastojine zaista ispunjavaju kriterijum da budu semenske) i stvarnih potreba, koje se zasnivaju na obimu pošumljavanja, melioracija i podizanja namenskih kultura za minimum pet godina, smeštajnih kapaciteta i uslova čuvanja u skladištima, kao i potrebama izvoza (Isajev et al., 2003).

Objekti ove vrste, pored značajnog ekonomskog efekta za biljnju proizvodnju u šumarstvu, od izuzetnog su značaja i kao oblik očuvanja biodiverziteta šumskih vrsta drveća (Isajev et al., 2008). Orlović et al., (2008) navode da semenske sastojine hrasta lužnjaka predstavljaju najbolje oblike očuvanja genetičkog diverziteta ove vrste, dok Kajba et al., (2011) iznose podatak da se kod potomstva proizvedenog u ovakvim objektima ostvaruje i genetska dobit u odnosu na matičnu sastojinu. Sve izdvojene semenske sastojine lužnjaka, kojima gazduju JP Vojvodinašume, nalaze se na područjima ŠG Sremska Mitrovica i ŠG Sombor. Na osnovu podataka iz „Registra selekcionisanih semenskih objekata“ Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine, Uprave za šume, na području kojim gazduju JP Vojvodinašume, postoji ukupno 12 objekata za proizvodnju selekcionisanog<sup>3</sup> (10 objekata) i kvalifikovanog reproduktivnog materijala (2 objekta). Ukupna površina ovih objekata iznosi 715,09 ha, od čega se najveći deo nalazi na teritoriji kojom gazduje ŠG Sremska Mitrovica (702,32 ha), dok se ostatak nalazi na području ŠG Sombor (12,77 ha)<sup>4</sup>. Pored pomenutih objekata, prema podacima iz „Registra semenskih objekata poznatog porekla“, na području JP Vojvodinašume su izdvojena i 32 objekta za proizvodnju reproduktivnog materijala poznatog porekla hrasta lužnjaka. Ukupna površina ovih objekata je 15.395,88 ha. Kao i u prethodnom slučaju, najveći deo se nalazi u ŠG Sremska Mitrovica (14.508,83 ha), dok se manji deo nalazi na teritoriji kojom gazduje ŠG Sombor (887,05 ha). U tabeli 1 je prikazana količina sakupljenog žira u semenskim sastojinama kojima gazduje ŠG Sremska Mitrovica, u periodu od 2006-2014. godine.

---

<sup>3</sup> Zakon o reproduktivnom materijalu šumskog drveća Republike Srbije definiše četiri kategorije reproduktivnog materijala (Član 6.). To su: 1) reproduktivni materijal poznatog porekla, 2) selekcionisan reproduktivni materijal, 3) kvalifikovan reproduktivni materijal, 4) testiran (sortni) reproduktivni materijal.

Reproduktivni materijal *poznatog porekla* je reproduktivni materijal koji potiče od stabla ili iz sastojine, čija su nadmorska visina i region provenijencije poznati.

*Selekcionisan* reproduktivni materijal je reproduktivni materijal koji je proizведен u semenskoj sastojini.

*Kvalifikovan* reproduktivni materijal je reproduktivni materijal koji je proizведен od roditeljskih stabala, klonova, klonskih smeša ili u semenskim plantažama, fenotipski odabranih na nivou individue.

*Testiran (sortni)* reproduktivni materijal je reproduktivni materijal koji je proizведен u semenskim sastojinama, semenskim plantažama, od roditeljskih stabala, klonova ili klonskih smeša, čija superiornost mora biti dokazana u uporednim testovima u skladu sa propisima iz oblasti priznavanja sorti šumskog bilja ili je procenjena na osnovu genetske ocene delova polaznog materijala („Službeni glasnik Republike Srbije“, broj 135/04, 8/2005-ispr. i 41/2009).

<sup>4</sup> Na području kojim gazduje ŠG Sombor izdvojene su jedna semenska sastojina, koja se nalazi u GJ Zaštićene šume, odeljenje 10b i grupa od 10 stabala koja se nalazi na području GJ Subotičke šume, odeljenje 38k.

**Tabela 1.** Količina sakupljenog semena (kg) u semenskim sastojinama hrasta lužnjaka na području ŠG Sremska Mitrovica u periodu od 1952-2014. godine.*Table 1. The amount of collected seed (kg) in seed orchards of Penduculate oak on the territory of Forest Estate Sremska Mitrovica, from 1952 to 2014.*

Godina sakupljanja <i>Year of collection</i>	Količina sakupljenog semena (kg) <i>The amount of collected acorns (kg)</i>	Godina sakupljanja <i>Year of collection</i>	Količina sakupljenog semena (kg) <i>The amount of collected acorns (kg)</i>
1952	552,206	1984	0
1953	18,370	1985	323,508
1954	5,454	1986	12,667
1955	9,532	1987	212,184
1956	0	1988	0
1957	11,884	1989	165,867
1958	0	1990	181,558
1959	1,231	1991	169,830
1960*	0	1992	12,968
1961*	0	1993	0
1962*	0	1994	2,350
1963*	0	1995	279,741
1964*	0	1996	53,688
1965*	0	1997	0
1966	164,576	1998	184,691
1967	157,018	1999	0
1968	138,339	2000	171,590
1969	149,177	2001	0
1970	182,010	2002	259,120
1971	3,869	2003	283,126
1972	1,500	2004	9,747
1973	327,076	2005	262,763
1974	245,669	2006	175,932
1975	261,973	2007	0
1976	144,441	2008	180,616
1977	154,744	2009	7,500
1978	610,074	2010	453,603
1979	3,000	2011	306,816
1980	0	2012	3,860
1981	464,771	2013	366,920
1982	0	2014	343,039
1983	354,329		

\* u periodu od 1960-1965. godine žir nije sakupljan

\* in the period from 1960-1965 the acorns were not collected.

Kako bi semenske sastojine očuvale svoju primarnu funkciju, u njima je neophodno sprovoditi uzgojne mere sa ciljem poboljšanja genetičkog kvaliteta sastojina. Tzv. "genetičke melioracije" predstavljaju radove u semenskim sastojinama koji za cilj imaju unapređenje proizvodnje genetički kvalitetnog semena (npr. prorede kojima se favorizuju odabrani genotipovi, a uklanjuju nepoželjni, uzimajući u obzir ne samo svojstva kao što su debljinski i visinski priраст, nego i sterilnost, odnosno stabla sa nedostacima u formiranju cvetova i plodova) (Mataruga et al., 2010). Kada se govori o semenskim sastojinama lužnjaka, na području JP "Vojvodinašume", u budućnosti je potrebno izvršiti kandidovanje novih sastojina za semenske sastojine, iz starosne grupe srednjedobnih i dozrevajućih.

Prema Orlović et al., (2008), osnovni problemi koji se javljaju u vezi sa gazdovanjem semenskim sastojinama mogli bi se sistematizovati u tri grupe: a) potrebu stalnih intervencija kroz uklanjanje suvih stabala, b) nemogućnost sprovođenja mera zaštite od bolesti i štetnih insekata i c) urod žira, koji je u semenskim sastojinama u nepravilnim intervalima. Kako bi se u što većoj meri redukovali pomenuti problemi, a pre svega problem sa periodicitetom uroda žira, pristupilo se izradi projekata za osnivanje namenskih zasada za proizvodnju žira.

### ***Ex situ konzervacija genetičkih resursa hrasta lužnjaka***

#### **Semenske plantaže**

Semenske plantaže, prema svom poreklu, mogu biti vegetativne (klonske) i generativne. Bez obzira o kom tipu se radi, zajedničko za obe jeste da se osnivaju od fenotipski i genetički najboljih individua unutar jedne vrste (Šijačić-Nikolić i Milovanović, 2010). Služe za potrebe dugoročnog očuvanja genetičkog diverziteta vrste, kao i za višegodišnju proizvodnju genetski kvalitetnog semena. Cilj proizvodnje semena u plantažama jeste da se ostvari veća genetska dobit u potomstvu, nego što je to slučaj sa potomstvom poreklom iz semenskih sastojina (Kajba et al., 2011). Naime, za razliku od semenskih sastojina gde ne postoji kontrola opršivanja i gde je poznata isključivo majčinska jedinka, u semenskim plantažama imamo određenu vrstu polukontrolisanog opršivanja, gde je seme poreklom od selekcionisanih roditelja. Pored navedenog, za proizvodnju genetski kvalitetnog semena neophodno je i da postoji visok nivo genetičke raznolikosti između roditeljskih stabala koja učestvuju u opršivanju, što se postiže uključivanjem većeg broja genotipova u plantažu (pojedini autori predlažu minimalno između 20-60 genotipova) (Franjić et al., 2011).

Danas, na području kojim gazduju JP „Vojvodinašume“, postoji dve semenske plantaže hrasta lužnjaka, od kojih je jedna osnovana vegetativnim putem (kalemljenjem), a druga generativnim (setvom žira). Obe plantaže se nalaze na području ŠG Sremska Mitrovica, s tim što je klonska semenska plantaža osnovana na teritoriji ŠU Višnjićevo, dok je generativna plantaža osnovana na teritoriji ŠU Klenak. U obe semenske plantaže su zastupljena sva četiri varijeteta lužnjaka, koji se javljaju i u prirodnim populacijama: rani (*Q. robur var. praecox*), tipičan (*Q.*

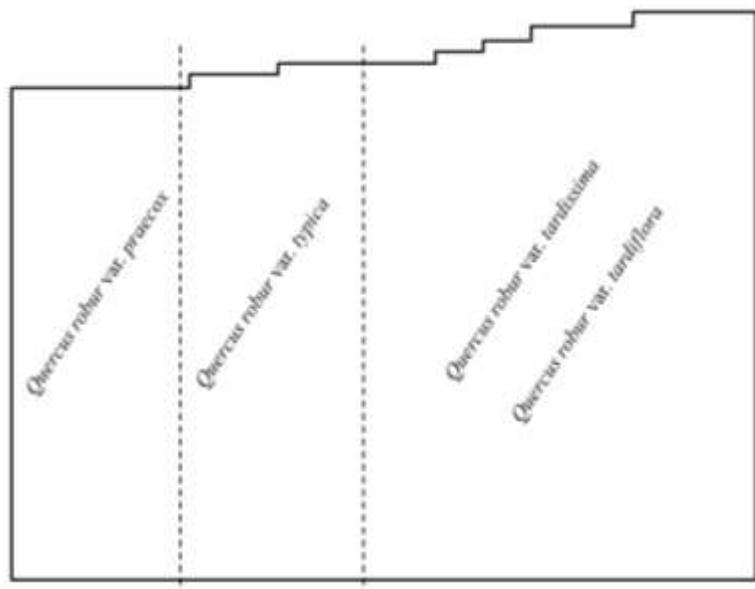
*robur var. typica*) i dva varijeteta kasnog lužnjaka (*Q. robur var. tardiflora* i *Q. robur var. tardissima*) (Orlović et al., 2002). Sinhronizovana biologija cvetanja između individua u plantaži je značajna sa aspekta međusobnog oprašivanja, kao garanta proizvodnje genetički kvalitetnog semena (Franjić et al., 2011). Takođe, Batos et al., (2014) navode da je poznavanje individualne fenološke varijabilnosti značajno u kontekstu otpornosti biljnih vrsta na patogene, o čemu će kasnije biti više reči.

Klonska semenska plantaža je osnovana u periodu od 1979 – 1983. godine (Erdeši, 1996). Radovi na odabiranju "plus" stabala su otpočeli 1968., a završeni 1978. godine, kada je sa površine od 42.000 ha odabran 86 "plus" stabala - genotipova, uglavnom starijih od 110 godina. Ovo izdvajanje je trajalo dosta dugo, prvenstveno iz razloga što je površina na kojoj su odabirani "plus" genotipovi velika, kao i zbog potrebe da se odrede fenofaze listanja i cvetanja odabranih genotipova. Osnovni kriterijumi za izdvajanje ovih stabala su bili: dimenzije (brzina rasta), pravost debla, grananje (monopodijalnost) i osetljivost prema pepelnici (*Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) U. Braun & S. Takam) (Orlović et al., 2008). Površina same plantaže iznosi 5,72 ha i sastoji se od 86 genotipova koji su umnoženi u 2520 remeta. Razmak između stabala u plantaži iznosi 5 x 5 m. Prilikom osnivanja plantaže, korišćeno je pet metoda kalemljenja: jednostavno spajanje, englesko spajanje, kalemljenje u mjesok (mešok-džakčić), klinasto cepljenje i kalemljenje "kozja nogu" (Orlović et al., 1999). Kako bi se dobio uvid u genetičku strukturu i diverzitet u klonskoj semenskoj plantaži, 2010. godine su počela molekularna istraživanja čiji je cilj bila karakterizacija genetičke strukture u vezi sa različitom fenologijom uzorkovanih genotipova hrasta, koristeći uspostavljen sistem mikrosatelitnih molekularnih markera. Za analize genetičke strukture i utvrđivanja genetičke varijabilnosti korišćeno je sedam dinukleotidnih kodominantnih markera dizajniranih po Kampfer-u i saradnicima 1998. godine. Uzorkovano je lisno tkivo sa 80 individua sa četiri različita varijeteta hrasta lužnjaka (*praecox*, *typica*, *tardiflora* i *tardissima*). Uzorkovane individue su pokazale visok nivo polimorfizma sugerijući da su ovi markeri odgovarajući za studije genetskog diverziteta u okviru populacija hrasta i između samih varijeteta. Uspešna amplifikacija svih posmatranih mikrosatelitnih lokusa je otkrila alelni polimorfizam između i u okviru svih varijeteta, uspostavivši varijabilnost genetičke strukture ukazujući na razlike u genetičkoj osnovi fenoloških varijeteta (Galović et al., 2014).

Generativna semenska plantaža je podignuta u periodu od 2000-2004. godine, na površini od 10 ha (Orlović et al., 2014). Osnovana je setvom žira, koji je sakupljen iz klonske semenske plantaže i fenotipski superiornih genotipova iz prirodnih populacija, koje se nalaze u GJ „Vinična-Žeravinac-Puk“, odeljenja 18, 30 i 31 i GJ „Blata-Malovanci“, odeljenja 19 i 32. Razmak između stabala u plantaži je 7 x 5 m. Plantaža se sastoji od ukupno 129 familija, koje su zastupljene u različitom broju ponavljanja (minimalno šest ponavljanja), tako da ukupan broj genotipova u plantaži iznosi 2585.

Prilikom osnivanja semenske plantaže, pažnja je posvećena i prostornom rasporedu različitih varijeteta u pogledu fenologije cvetanja, kako bi se omogućilo

nesmetano opršivanje između individua. Raspored genotipova u generativnoj plantaži je baziran na vremenskoj ujednačenosti receptivnosti ženskih cvetova i trušenja polena, tako da prvi deo površine (prvu trećinu) čini varijetet *praecox*, na njega se nastavlja deo površine sa varijetetom *typica* (druga trećina), dok se poslednji i najveći deo površine nalazi pod varijetetom *tardiflora/tardissima* (Slika 1). Kako navode Bobinac et al., (2012), kasni varijeteti hrasta lužnjaka se karakterišu boljim razvojnim potencijalom i većom otpornošću na napad patogena. U rano proleće, lišće stabala ranog hrasta ima manji sadržaj kondenzovanih tanina koju su nepoželjni u ishrani gusenica malog mrazovca (*Operophtera brumata* L.). Dakle, stabla koja ranije započinju fenološki ciklus više stradaju od defolijatora usled sinhronizovanosti između fenofaza i razvojnog ciklusa defolijatora (Batoš et al., 2014).



**Slika 1.** Prostorni raspored varijeteta hrasta lužnjaka u generativnoj semenskoj plantaži.

*Picture 1. Spatial distribution of different Pedunculate oak varieties in generative seed orchard.*

Tokom 2014. godine izrađen je projekat generativne semenske plantaže i krenulo se u proceduru njenog priznavanja, sa ciljem da semenska plantaža uđe u „Registrar regionala provenijencije i priznatog polaznog materijala za proizvodnju reproduktivnog materijala” kako bi seme sakupljeno unutar objekta imalo kategoriju *kvalifikovanog reproduktivnog materijala*.

### Testovi potomstva

Savremene koncepcije očuvanja genetičkih resursa hrasta lužnjaka se u velikoj meri oslanjaju na ranu selekciju, bilo da se radi o genetičkim melioracijama u prirodnim sastojinama ili testiranju potomstva u ogledima osnovanim u poljskim uslovima. Testovi potomstva predstavljaju mogućnost za upoznavanje genetskog potencijala određene vrste, kao i metod očuvanja genetičke varijabilnosti sadržane u prirodnim populacijama. Glavna prednost ovih testova se ogleda u mogućnosti prepoznavanja genotipova sa poželjnim svojstvima u ranoj ontogenetskoj fazi razvića. Takođe, osim što pružaju informacije o osobinama samog potomstva koje se testira, testovi potomstva pružaju i informacije o genetičkom potencijalu matičnih stabala (Orlović et al., 2014a).

Kod ranih testova potomstva polazi se od prepostavke da su proizvodne površine na kojima se obavlja testiranje ujednačene. U tom slučaju može se sa velikom verovatnoćom tvrditi da su razlike u ispitivanim osobinama (npr. visinski prirast, grananje, pravost, itd.) genetske prirode (Mikić, 2004). Radovi na osnivanju testova potomstva su započeti u 2012. godini, sakupljanjem žira sa stabala u generativnoj semenskoj plantaži. S obzirom da se radilo o godini kada je izostao obilan urod, sakupljanje žira je izvršeno sa svega 13 genotipova. Brojevi genotipova su bili sledeći: 1, 2, 4, 9, 35, 37, 43, 45, 72, 75, 94, 101 i 135. Navedeni genotipovi su pripadali sledećim varijetetima: rani (*praecox*) – 94; tipični (*typica*) – 1, 2, 32, 35, 43, 45 i 72 i kasni (*tardiflora* i *tardissima*) – 4, 9, 75, 101 i 135. Treba istaći da je prilikom sakupljanja žira zabeleženo da su genotiovii 72 i 94 imali odličan urod, kao i da oštećenja na žiru, od strane insekata, gotovo da nije bilo. Od sakupljenog žira je osnovan rani test potomstva u rasadničkim uslovima na Oglednom dobru Instituta za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu u Kaću.

U 2013. godini nastavljeno je sa aktivnostima na sakupljanju žira i osnivanju testova potomstva. Za razliku od 2012. godine, kada je žir sakupljen u semenskoj plantaži, u 2013. godini žir je sakupljan u prirodnim populacijama koje se nalaze na području ŠG Sombor i ŠG Sremska Mitrovica. U ŠG Sombor, žir je sakupljen na područjima ŠU Odžaci (GJ Branjevina, odeljenja 8e, 9h, 14j, 15c, 15g) i ŠU Bački Monoštor (GJ Karapandža, odeljenja 33i, 17b). Žir je sakupljen sa ukupno 28 plus stabala hrasta lužnjaka i razdvojen po familijama. U ŠG Sremska Mitrovica, žir je sakupljen na nivou populacije, sa 11 lokaliteta i uglavnom se radilo o žiru poreklom iz priznatih semenskih objekata. Osim navedenih semenskih objekata, žir je sakupljen i sa stabala u četiri gazdinske jedinice, koje se nalaze na području ŠU Višnjićevo: GJ Kućine-Naklo-Klještevica, GJ Varadin-Županja, GJ Vratična-Cer-Carevina i GJ Smogva-Grabova Greda. Kao i u slučaju testa potomstva osnovanog u 2012. godini, nakon trogodišnjih istraživanja u rasadničkim uslovima, najbolje familije i genotipovi biće preneti u tzv. „poljske uslove“, kako bi se nastavio rad sa njima.

Iako je oplemenjivanje šumskog drveća tradicionalno usmereno ka proizvodnji što kvalitetnijeg drveta, nova saznanja o potencijalnom uticaju klimatskih promena na drveće nameću potrebu za novim pristupom u

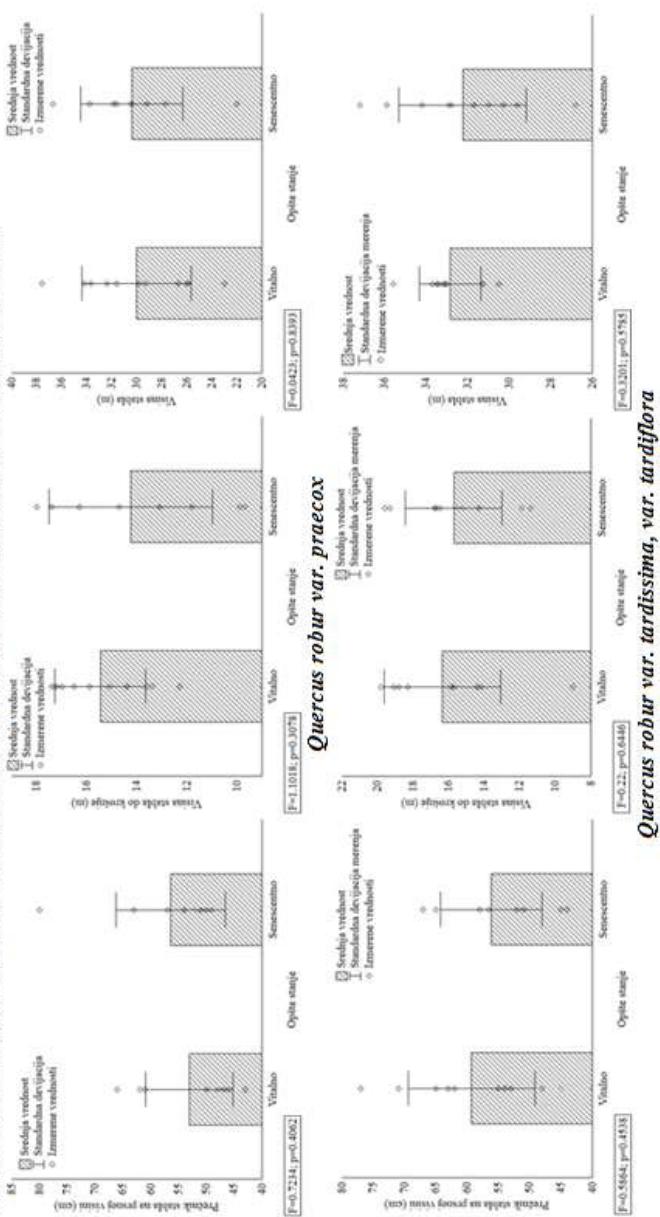
oplemenjivanju, koji neće imati za cilj isključivo selekciju na brzinu rasta i kvalitet drveta. Na primer, u izmenjenim klimatskim uslovima, varijabilnost biologije cvetanja omogućava proces adaptacije vrste i na taj način njeno preživljavanje (Aitken et al., 2008). Thompson, (2007) je diskutujući rezultate preživljavanja, visinskog prirasta i prolećne fenologije u provenijeničnom testu bukve, naglasio da prilikom izbora provenijencija za pošumljavanja, osim dobrog visinskog prirasta, treba voditi računa i o prolećnoj dinamici otvaranja pupoljaka i listanja, jer postoji opasnost od kasnih prolećnih mrazeva. Takođe, primenom sofisticiranih merenja moguće je proširiti saznanje o mehanizmima adaptacije i ispratiti fiziološke, biohemijske i molekularne procese koji tu adaptaciju prate. Na kraju, možda i najvažnije, održavanje široke genetičke baze smanjuje rizik od negativnog uticaja klimatskih promena i propadanja do tada optimalnih genotipova u izmenjenim uslovima (Kajba et al., 2012).

#### **MORFOMETRIJSKA DETERMINACIJA KANDIDAT STABALA ZA MOLEKULARNO GENETIČKE ANALIZE**

Početkom vegetacionog perioda 2013. godine, na području ŠG Sremska Mitrovica, ŠU Morović, GJ Blata-Malovanci, izvršeno je kandidovanje 40 stabala lužnjaka, koja su na osnovu fenotipa podeljena na vitalna i senescentna. Kao glavni kriterijum, u određivanju pripadnosti stabala jednoj od navedenih grupa, bio je stepen oštećenosti krošnji. Kako navode Dubravac et al., (2011), među brojnim činiocima koji utiču na odumiranje stabala hrasta lužnjaka, najznačajniju ulogu zauzima upravo oštećenost krošnji, koja predstavlja prvi vidljivi simptom slabljenja vitalnosti stabla. Za potrebe istraživanja, stabla sa oštećenošću krošnje iznad 25% smatrana su značajno oštećenim stablima, dok su stabla sa oštećenjem krošnje do 25% smatrana neoštećenim, odnosno vitalnim stablima (videti: Dubravac et al., 2011). Kao dopunski kriterijumi u izboru stabala korišćena su i oštećenja nastala delovanjem patogena.

Studija je obuhvatila 20 stabala ranog hrasta (var. *praecox*) i 20 stabala kasnog i kasnijeg hrasta lužnjaka (var. *tardissima* i *tardiflora*). Na svim stablima su izmereni prsni prečnik, visina stabla do krošnje i apsolutna visina. Visina stabala je izmerena uređajem "Vertex III" (Haglöf Sweden AB). Podaci merenja su obrađeni u statističkom programskom paketu "Statistica 12" (StatSoft, Inc.), primenom analize varijanse (ANOVA). Na grafikonu 1 prikazana je uporedna analiza između vitalnih i senescentnih individua, u odnosu na tri pomenuta morfometrijska parametra za kandidovanih 40 stabala hrasta lužnjaka. Ekspresiona analiza odabranih kandidat gena dobijeni iz kodirajućeg dela genoma hrasta lužnjaka, iz postojećih baza podataka, će dalje razviti/potvrditi hipotezu da stabla koja pokazuju klasične znake senescentnosti, usled suše i nedostatka vode u zemljištu, se upravo mogu i kandidovati kao takva. Sa genetičko-oplemenjivačkog aspekta, ta stabla mogu predstavljati nepoželjan genofond koja bi trebalo izbegavati prilikom selekcionisanja reproduktivnog materijala kod osnivanja semenskih plantaža i drugih sastojina.

**Grafikon 1.** Uporedna analiza vitalnih i senescentnih stabala u odnosu na tri morfometrijska parametra (prečnik stabla na prsnoj visini, visina stabla do krošnje i ukupna visina stabla) kod ranog (var. *praecox*) i kasnog (var. *tardissima* i var. *tardiflora*) hrasta lužnjaka.  
**Graph 1.** Comparative analysis between vital and senescent in relation to the three morphometric parameters (trunk diameter at breast height, tree height to crown and total tree height) early (var. *praecox*) and late (var. *tardissima* and var. *tardiflora*) Pedunculate oak trees.



Jedino objedinjene genetičke analize ekspresije kandidat gena, polimorfizma mikrosatelitnih lokusa i više morfometrijskih parametara mogu dati detaljnju procenu genotipova na individualnom nivou u okviru neke populacije i time osigurati tačnu procenu germplazme koja je poželjna za selekcionisanje.

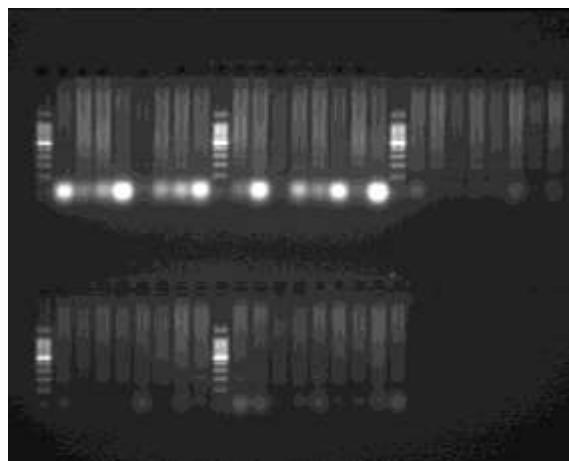
### **SAVREMENI PRISTUP OČUVANJU/OPLEMENJIVANJU GENOFONDA HRASTA LUŽNJAKA NA PODRUČJU JP „VOJVODINAŠUME“**

U protekle dve godine, na Institutu za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu iz Novog Sada, inicirana su nova istraživanja koja u centru pažnje imaju molekularne analize, a čiji cilj jeste da se daju preporuke za razvijanje novih strategija očuvanja genofonda hrasta lužnjaka korišćenjem adekvatnih molekularnih metoda, počev od istraživanja postojeće genetičke varijabilnosti korišćenjem kodominantnih marker sistema do ispitivanja odgovora različitih fenoloških grupa lužnjaka na abiotske stresove korišćenjem metoda genomike i funkcionalne genomike. Za tu svrhu četrdeset uzoraka lišća hrasta lužnjaka iz ŠG Sremska Mitrovica, ŠU Morović, GJ Blata-Malovanci je bilo podvrgnuto izolaciji ukupne DNK pomoću komercijalnog INVITEK izolacionog kita. Zatim je sprovedena kontrola kvaliteta i količina izolovane DNK pomoću NanoDrop spektrofotometra i provera stepena degradiranosti ukupne genomske DNK na 1% agaroznom gelu. Za tri odabrana SSR markera (Tabela 2).

**Tabela 2.** Tri SSR markera korišćeni u preliminarnom DNK profilisanju hrasta lužnjaka iz Morovića.

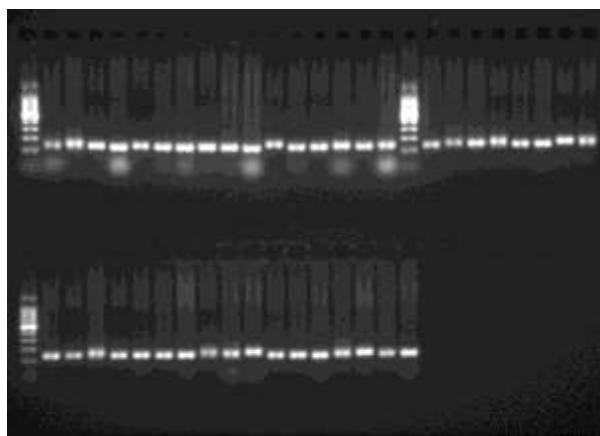
*Table 2. Three SSR makers used in preliminary DNA profiling of Penduculate oak from Morović*

Lokus <i>Loci</i>	ssrQpZAG96	ssrQpZAG104	ssrQpZAG46
<b>Ponavljamajući motiv</b> <i>Repetative motif</i>	(TC)20	(AG)16AT(GA)3	(AG)13
<b>Veličina [bp]</b> <i>Size in base pairs</i>	135-194	176 – 196	190 – 222
<b>Forward Primer sequence (5'-3')</b>	CCCAGTCACATCCACT ACTGTCC	ATAGGGAGTGAGGA CTGAATG	CCCCTATTGAAGTCC TAGCCG
<b>Reverse Primer sequence (5'-3')</b>	GGTTGGGAAAAGGAG ATCAGA	GATGGTACAGTAGCA ACATTG	TCTCCCATGTAAGTA GCTCTG
<b>Referenca</b> <i>Reference</i>	Kampfer et al. 1998	Steinkellner et al. 1997	Steinkellner et al. 1997
<b>PCR program</b> <i>PCR programme</i>	Micro 110-suber	Micro 110-suber	Micro 110-suber
<b>Pojedinačni/multi-plex PCR</b> <i>Single/multiplex PCR</i>	Pojedinačni <i>Single PCR</i>	Pojedinačni <i>Single PCR</i>	Pojedinačni <i>Single PCR</i>



**Slika 2.** Elektroforegram ZAG46 SSR markera (nakon svakih 8 uzoraka ide standardna laddera DNK rezolucije 100bp).

*Picture 2. Electrophoregram of ZAG46 SSR marker (after every 8 samples goes the standard DNA ladder of 100 bp resolution).*

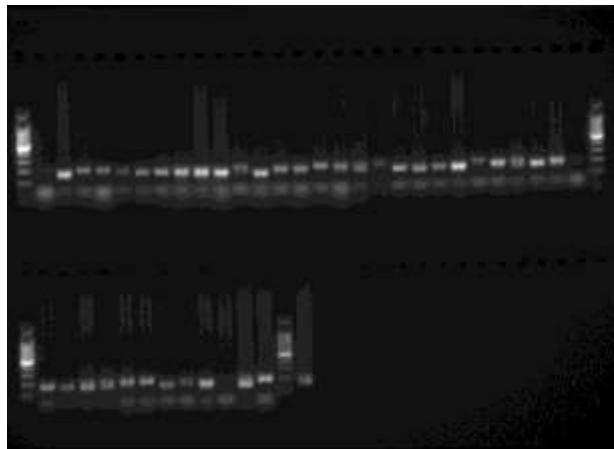


**Slika 3.** Elektroforegram ZAG96 SSR markera (nakon prvih 16 uzoraka, pa drugih 8, ide standardna laddera DNK rezolucije 100bp).

*Picture 3. Electrophoregram of ZAG96 SSR marker (after the first 16 samples, and then the other eight, goes standard DNA ladder of 100 bp resolution).*

PCR amplifikacija se pokazala uspešnom što je registrovano na 2% agaroznim gelovima. Uzorci su bili sakupljeni sa 20 jedinki varijeteta ranog hrasta lužnjaka *Q. robur var. praecox* (10 sa vitalnih i 10 sa onih na kojima su registrovani simptomi sušenja) i sa 20 jedinki varijeteta kasnog hrasta lužnjaka *Q. robur var.*

*tardissima* (10 sa vitalnih i 10 sa onih na kojima su registrovani simptomi sušenja). Uzorkovanje je obavljen u periodu 15.04.-15.05.2013. godine kada je bio zabeležen period listanja oba varijeteta hrasta lužnjaka.



**Slika 4.** Elektroforegram ZAG104 SSR markera (nakon svakih 28 uzoraka, pa 12, ide standardna ladder DNK rezolucije 100bp).

**Picture 4.** Electrophoregram of ZAG104 SSR marker (after every 28 samples, and afterward 12, goes standard DNA ladder of 100 bp resolution).

Prema Kampfer et al., (1998) razvijen je sistem od 32 SSR markera za *Q. robur* vrstu, kako bi se konstruisala genetska linkage mapa. Oni su dali detaljne informacije o mikrosatelitnim markerima, uključujući i bazni sastav sekvene. Za naše uzorce smo koristili prajmere za lokuse ZAG46 (290-222 bp), ZAG96 (135-194 bp) i ZAG104 (176-196 bp) (Slike 2, 3 i 4). Ovakav pristup određivanja mogućeg polimorfizma uzorkovanog hrasta će omogućiti tačniji pristup diskutovanju rezultata jer je neophodno konstruisati genetičku mapu i molekularnotaksonomski profil vrste. Sa slika sva tri elektroforegrama možemo zapaziti sigurnu uspešnu amplifikaciju ZAG96 i ZAG104 markera, dok je ZAG46 pokazao slabiji prinos iako se detaljnim posmatranjem mogu uočiti trake amplifikacije kod svih uzoraka hrasta. Za ovaj mikrosatelit je neophodno ponoviti PCR i prilagoditi protokol radi dobijanja jačeg signala i većeg prinosa reakcije. Na elektroforegramima se mogu primetiti suptilne razlike u visini amplikona. Ova preliminarna amplifikacija tri mikrosatelita mogu da ukažu na relativno srođno poreklo uzorkovanih individua, mada je neophodno proširiti analize na bar još sedam odabranih mikrosatelita i analizirati tačne dužine pojedinačnih fragmenata zajedno sa analizom određivanja sekvenčnog sastava amplikona. Tada bismo dobili detaljniji uvid u populacijsku genetiku uzorkovanih jedinki i generisali DNK fingerprint ličnu kartu hrasta lužnjaka iz Morovića.

Prva strategija za molekularno genetička ispitivanja su objavljena od strane Trudić i sar. (2013). Ova strategija je predstavila prvi korak ka održivom planiranju očuvanja genofonda hrasta lužnjaka sa područja Morovića, gde je istaknut metodološki korak neophodan za adekvatan početak marker-asistirane selekcije ove vrste na području Vojvodine. Za početak je odabранo 40 pomenutih stabala koji bi trebali da se podvrgnu PCR analizi 10 mikrosatelitnih markera koji će dati osnovu za razvoj svih ostalih populaciono-genetičkih analiza koje mogu usloviti dalji razvoj svih ostalih molekularno genetičkih analiza (QTL, heterozigotnost, polimorfizam, roditeljske linije, detaljne DNK lične karte vrste i prostorna genetika, hibridizacija itd.). Čini se da je hibridizacija unutar roda *Quercus* L. ekstenzivna, a izveštaji variraju od uočavanja pojedinih hibridnih stabala do malog broja pojedinačnih hibridnih stabala unutar populacije, do populacije sa karakteristikama sitnih razmara (npr. *Q. robur* i *Q. petraea* u Hurepoix, Francuska) i introgresije velikih srazmara (npr. *Q. robur* i *Q. petraea* u Škotskoj) i u nekim slučajevima pojave hibridnih sojeva (npr. *Q. douglasii* i *Q. turbinella* subsp. *californica* u Kaliforniji). Ovo je nateralo neke autore da preispitaju postojeći koncept formalnih vrsta u rodu i da predlože alternative. Dokazi koji podržavaju ove slučajeve hibridizacija su detaljno ispitani. Većina izveštaja o hibridima između *Quercus* vrsta bazira se samo na analizi morfoloških podataka koristeći razne univarijante, bivarijante i, još efektivnije, statistike multivarijanti, dok se drugi oblici dokaza, kao što su procena plodnosti kod tobožnjih hibrida, resinteze hibrida, karakteristika staništa tobožnjih hibrida i segregacije F2 roditeljskih tipova samo povremeno koriste. Podaci iz hemotaksonomske istraživanja sumnjivih hibrida *Quercus*-a (uglavnom izozimi i fenolna jedinjenja) u nekim slučajevima podržavaju morfološke dokaze, ali su u nekim drugim slučajevima kontradiktorni; hemijski podaci su takođe bili promenljivi i možda povezani sa varijacijama u okruženju, što ograničava njihovu korisnost. Zaključeno je da se, pre nego što se pristupi bilo kakvoj radikalnoj reviziji roda, u kojoj su specifična ograničenja redefinisana, primeni šira aplikacija mogućih tehniki za ispitivanje hibrida, u cilju razjašnjavanja pravog stepena protoka gena između *Quercus* vrsta (Rushton, 1993).

Buschbom et al., (2011) su analizirali protok gena prenošen polenom na veliku razdaljinu u izolovani prežивeli zasad koji se sastojao od 7 individua *Quercus robur* L. bazirano na ukupnom uzorku od 177 stabala i 9 mikrosatelitskih lokusa. Oni su pokazali da doprinos protoka gena posredstvom polena na razdaljinu veću od 80 km kod ove drvenaste vrste oprešene vjetrom, iznosi najmanje 35% svih uspešnih polinacija u ispitivanim izolovanim i malim zasadima hrasta na istočnoj granici distribucije vrste. Posmatrana imigracija polena oblikovala je genetičku divergentnost potomaka žira u zasadu i može da objasni uporedno visoki genetički diverzitet u postojanoj odrasloj populaciji. U zaključku, autori istraživanja su uočili da je efikasan protok gena na velike razdaljine ekstenzivan i da značajno doprinosi genetičkoj divergentnosti analiziranih grupa potomaka u intenzivno proučavanom, malom i izolovanom zasadu hrasta u St. Sibay-u istočno od Uralskih planina. Rezultati su pokazali da znatan uticaj imigracije polena na velike razdaljine sa

veoma različitih izvora polena, predstavlja značajan faktor za dugotrajni opstanak ovog preživelog zasada (Buschbom et al., 2011).

## ZAKLJUČAK

Aktivnosti na očuvanju genetičkih resursa hrasta lužnjaka, na području kojim gazduju JP „Vojvodinašuma“, imaju tradiciju dugu više od pola veka. Primenom dinamično-evolutivnih (*in situ*) i statičnih (*ex situ*) metoda konzervacije, izdvojen je veliki broj semenskih sastojina, odnosno, osnovane su dve semenske plantaže, vegetativnog i generativnog porekla. Semenske sastojine hrasta lužnjaka predstavljaju resurs od evropskog značaja, s obzirom da omogućavaju očuvanje prirodne genetičke varijabilnosti i široke genetičke baze, što će biti od primarnog značaja u ublažavanju negativnog uticaja klimatskih promena na ovu vrstu. Takođe, osnivanjem semenskih plantaža, sačuvan je veliki deo najvrednijeg genetičkog materijala koji je sadržan u prirodnim populacijama. Osim toga, značaj ovih objekata leži i u činjenici da se u njima proizvodi genetički kvalitetno seme, adaptirano na lokalne stanišne uslove. Testovi potomstva, iako su tek u začetku, potencijalno bi mogli da predstavljaju značajan resurs u daljoj selekciji lužnjaka. Tu se pre svega misli na implementaciju novih, sofisticiranijih merenja, koja bi omogućila prepoznavanje genotipova otpornijih na abiotičke uslove stresa (pre svega sušu) u ranoj ontogenetskoj fazi razvića. Nakon izvršenih molekularnih analiza za potvrđivanje taksonomske pripadnosti i DNK profilisanja, dobijene rezultate je moguće upotrebiti u razvoju novih sorti i selekciji genotipova iz prirodnih populacija koji pokazuju veći alelni polimorfizam.

Što se tiče daljih koraka u pravcu unapređenja očuvanja genetičkih resursa lužnjaka, kao i na celokupno oplemenjivanje vrste, u budućnosti bi trebalo nastaviti rad na selekciji genotipova sa željenim osobinama, kao i razvijanje metoda njihovog vegetativnog umnožavanja. Takođe, s obzirom na predviđanja vezano za klimatske promene, biće potrebno uraditi dodatnu selekciju stabala u postojećim plantažama, gde bi se akcenat stavio na praćenje onih grupa parametara koji upućuju na otpornost na sušu. Tu se pre svega misli na biohemijske i fiziološke parametre, funkcionalnu anatomsku gradu drveta, otpornost na kavitaciju, itd. Kada je reč o metodama molekularne genetike, predlažemo sledeće mere i ciljeve:

- Neophodno je izvršiti genotipizaciju svih postojećih jedinki hrasta lužnjaka na navedenim lokalitetima, koristeći postojeće marker sisteme (mahom SSR). Ovo je neophodno radi dobijanja slike o genetičkom profilu postojećih populacija na regionalnom ekosistemskom nivou. Ovo će omogućiti dobijanje duble genetičke slike na nivou polimorfizma, heterozigotnosti, protoka gena i populacijske genetike.
- Neophodno je izvršiti masovno (uključiti što veći broj individualnih stabala u postojećim genofondovima hrasta lužnjaka) sekvenciranje dobijenih mikrosatelitnih lokusa kako bi se utvrdio polimorfizam na nivou pojedinačnih baza unutar sekvenci. Ova dva parametra će omogućiti

dobijanje kompletne genetičke strukture nekodirajućeg dela genoma i lične karte hrasta lužnjaka sa područja kojim upravljaju JP „Vojvodinašume“. Ovo je jedan od preduslova unapređivanja sortnog i klonskog oplemenjivanja hrasta lužnjaka i tačnog determinisanja polaznog genetičkog materijala koji će ubrzati dalje priznavanje naših sorti i klonova hrasta lužnjaka na nacionalnom i međunarodnom nivou.

- Razvijati banke gena sa kodirajućeg dela genoma i njihove diferencijalne ekspresije određene pod uticajem stresa suše. Ovo je preporučljivo da se uradi za što veći broj gena za koje je ranije u međunarodnim istraživanjima utvrđeno da imaju jasnu ulogu u ekofiziologiji hrasta lužnjaka tokom uticaja stresa suše na ontogenezu biljke.
- Kreirati jasne morfometrijske, genetičke i hemotaksonomske kriterijume u oceni kvaliteta stabala hrasta lužnjaka na području kojom gazduju JP „Vojvodinašume“, kako bi se ubrzala taksonomska i oplemenjivačka praksa ove vrste.
- Kreirati eksperimente i projekte koji će raditi komparativnu genetičku, hemijsku i morfometrijsku analizu hrasta lužnjaka u prirodnim uslovima, staklenicima i u *in vitro* kulturi. Razviti protokole za unapređenje umnožavanja i proizvodnje hrasta lužnjaka u *in vitro* kulturi kako bi se dobio čisti klonski sadni materijal neophodan za testove ove vrste i buduće epigenetičke analize hrasta lužnjaka poreklom iz kulture *in vitro*. Isto tako, nakon kreiranja kolekcije hrasta lužnjaka u kulturi *in vitro*, ispitati morfometrijske i ekspresione promene na nivou individua u kulturi pod uticajem različitog intenziteta stresa suše u kulturi.
- Kreirati uslove za razvoj polazne, maping populacije hrasta lužnjaka na teritoriji Vojvodine kako bi se pratio razvoj i nasleđivanje kvantitativnih svojstava koja su pod regulacijom više gena. Ovo je projekat koji će obezbediti opstanak ove vrste i unaprediti njenu oplemenjivačku praksu za naredne generacije.
- Fokusirati se na ispitivanje genetičke osnove različitih fenoloških faza između gorespomenutih varijeteta hrasta lužnjaka. Ovo uključuje ekspresione analize kandidat gena odgovornih za fenologiju hrasta lužnjaka.
- Uključiti marker-assistirano determinaciju mogućih hibrida između različitih vrsta hrasta. Ovo će unaprediti konzervaciju i određivanje aktuelnog stanja botaničkog diverziteta roda *Quercus* na teritoriji Vojvodine.
- Razviti „on line“ bazu podataka dobijenih rezultata iz oplemenjivačke, rasadničke i genetičke prakse za hrast lužnjak.
- Revidirati postojeće klasične oplemenjivačke prakse hrasta lužnjaka u skladu sa dobijenim preporukama ekoloških ispitivanja ekosistema, molekularne i populacione genetike i napraviti master plan očuvanja vrsta roda *Quercus*.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Unapređenje gajenja nizijskih šuma“ koji finansira Javno preduzeće „Vojvodinašume“.

Mikrosatelitna analiza uzoraka hrasta lužnjaka je urađena u okviru kratke naučne misije u Institute of Biosciences and BioResources, Division of Florence, National Research Council, Firenca, Italija, u okviru COST Action FP1202: „Strengthening conservation: a key issue for adaptation of marginal/peripheral populations of forest trees to climate change in Europe (MaP-FGR)“.

## LITERATURA

- Aitken, S.N., Yeaman, S., Holliday, A.J., Wang, T., McLane, S. (2008): Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evolutionary Applications* 1: 95-111.
- Banković, S., Medarević, M., Pantić, D., Petrović, N. (2009): Nacionalna inventura šuma Republike Srbije – šumski fond Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, Uprava za šume, Beograd. str. 244.
- Batos, B., Ninić-Todorović, J., Miljković, D. (2014): Population and individual variability of the leafing phenophase of pedunculate oak in three successive years. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 109: 9-32.
- Bennett, M.D., Leitch, I.J., Price, H.J., Johnston, J.S. (2003): Comparisons with *Caenorhabditis* (~100 Mb) and *Drosophila* (~175 Mb) using flow cytometry show genome size in *Arabidopsis* to be ~157 Mb and thus ~25% larger than the *Arabidopsis* Genome Initiative estimate of ~125 Mb. *Annals of Botany* 91: 547-557.
- Bobinac, M., Batos, B., Miljković, D. (2012): Polycyclism and phenological variability in common oak (*Quercus robur* L.). *Archives of biological sciences* 64: 97-105.
- Buschbom, J., Yanbaev, Y., Degen, B. (2011): Efficient Long-Distance Gene Flow into an Isolated Relict Oak Stand. *Journal of Heredity* 102: 464–472.
- Dubravac, T., Dekanić, S., Roth, V. (2011): Dinamika oštećenosti i struktura krošnja stabala hrasta lužnjaka u šumskim zajednicama na gredi i u nizi – rezultati motrenja na trajnim pokusnim ploham. *Šumarski list – posebni broj:* 74-89.
- Erdeši, J. (1996): Vegetativna semenska plantaža hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) – izvođački projekt. JP „Srbijašume“ Beograd, Šumsko gazdinstvo Sremska Mitrovica. Sremska Mitrovica.
- Franjić, J., Sever, K., Bogdan, S., Škvorc, Ž., Krstonošić, D., Alešković, I. (2011): Fenološka neujednačenost kao ograničavajući čimbenik uspješnog opršavanja u klonskim sjemenskim plantažama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). *Croatian Journal of Forest Engineering* 32: 141-156.

- Galović V., Orlović S., Zorić M., Kovačević B., Vasić S. (2014): Different phenology induced genotype diversity of *Q. robur* L. in the seed orchard in Srem provenance, Republic of Serbia. International Conference „Natural resources, green technology, and sustainable development“, Zagreb, November 26-28 2014: 133.
- Gomory, D., Yakovlev, I., Zhelev, P., Jedináková, J., Paule, L. (2001): Genetic differentiation of oak populations within the *Quercus robur/Quercus petraea* complex in Central and Eastern Europe. Heredity 86: 557-563.
- Isajev, V., Ivetić, V., Vukin, M. (1998): Značaj semenskih objekata Zlatara za šumarstvo Srbije. Šumarstvo 3: 91-102.
- Isajev, V., Ivetić, V., Vukin, M. (2003): Prirodni semenski objekti bukve u Srbiji – osnova za unapređenje proizvodnje semena i sadnica. Šumarstvo 1-2: 85-96.
- Isajev, V., Ivetić, V., Lučić, A., Rakonjac, Lj. (2009): Gene pool conservation and tree improvement in Serbia. Genetika 41: 309-327.
- Kajba, D., Katičić, I., Šumanovac, I., Žgela M. (2011): Važnost klonskih sjemenskih plantaža u sjemenarstvu i očuvanju genofonda šumskih vrsta drveća u Hrvatskoj. Radovi Hrvatskog šumarskog instituta 44: 37-52.
- Kampfer, S., Lexer, C., Glossl, J., Steinkellner, H. (1998): Characterization of (GA)<sub>n</sub> microsatellite loci from *Quercus robur*. Hereditas 129: 183-186.
- Kapec, D. (2006): Utjecaj intenziteta sušenja, mikroreljefa i savske poplavne vode na stanje i strukturu sastojina hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici "Žutica". Šumarski list 9-10: 425-443.
- Kleinschmit, J.R.G., Kremer, A., Roloff, A. (1995): Sind Stieleiche und Traubeneiche zwei getrennte Arten? AFZ/Der Wald 26: 1453-1456.
- Koskela, J., Buck, A., Teissier du Cros, E. (2007): Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome, Italy. 111 pp.
- Mataruga, M., Isajev, V., Ilić, B., Cvjetković, B. (2010): Značaj genetičkih melioracija u sjemenskim sastojinama hrasta kitnjaka (*Quercus petraea*/Matt/Liebl) u svijetu klimatskih promena. Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo 2: 71-86.
- Mataruga, M., Isajev, V., Orlović, S. (2013): Šumski genetički resursi. Univerzitet u Banjoj Luci Šumarski fakultet, Banja Luka. str. 397.
- Medarević, M., Banković, S., Cvetković, Đ., Abjanović, Z. (2009): Problem sušenja šuma u Gornjem Sremu. Šumarstvo 3-4: 61-73.
- Mikić, T. (2004). Primena selekcije u rasadničkoj proizvodnji šumskih voćkarica. Topola 173/174: 45-60.
- Milad, M., Schaich, H., Bürgi, M., Konold, W. (2010): Climate change and nature conservation in Central European forests: A review of consequences, concepts and challenges. Forest Ecology and Management 261: 829–843.
- Milovanović, J., Šijačić-Nikolić, M., Nonić, M., Radojević, U. (2012): Šumski genetički resursi u međunarodnim procesima i zakonskoj regulativi. Šumarstvo 3-4: 111-132.

- Orlović S., Radivojević S., Erdeši J., Obućina Z., Janjatović, G. 1999 - Seed orchards of intra-species forms as a way for maintain and increasing genetic variability of Pedunculate oak in Yugoslavia. International Conference "Recent advances on oak health in Europe", Book of abstracts. Warsaw: 31.
- Orlović, S., Erdeši, J., Radivojević, S., Obućina, Z., Janjatović, G. (2001): Semenske plantaže hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) – osnov za dalje oplemenjivanje u ravnem Sremu. Šumarstvo 1: 1-9.
- Orlović S., Klašnja B., Galić Z., Pilipović A. 2002 - Conservation of Pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Yugoslavia. DYGEN Conference "Dynamics and conservation of genetic diversity in forest ecosystems". Proceedings: 210.
- Orlović, S., Šimunovački, Đ., Đorđević, Z., Pilipović, A., Radosavljević, N. (2008): Očuvanje genofonda i proizvodnja semena hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.). U: Tomović, Z., Orlović, S., Janjatović, G., Jezdić, D., Dobrojević, P., Ivanišević, P. (ed.). Monografija 250 godina šumarstva Ravnog Srema, JP Vojvodinašume: 161-168.
- Orlović, S., Stojnić, S., Pilipović, P., Pekeč, S., Mataruga, M., Cvjetković, B., Miljković, D. (2014a): Variation in leaf photosynthetic traits of wild cherry (*Prunus avium* L.) families in a nursery trial. Šumarski list 7-8: 381-386.
- Orlović, S., Drekić, M., Matović, B., Poljaković-Pajnik, L., Stevanov, M., Stojanović, D., Stojnić, S. (2014b): Šumarstvo Srbije – postizanje milenijumskih ciljeva u eri klimatskih promena i globalizacije. Glasnik Šumarskog fakulteta – Specijalno izdanje povodom naučnog skupa "Šume Srbije i održivi razvoj": 89-112.
- Rampant, P., Lesur, I., Boussardon, C., Bitton, F., Martin-Magniette, M-L., Bodenes, C., Le Provost, G., Berges, H., Fluch, S., Kremer, A., Plomion, C. (2011): Analysis of BAC end sequences in oak, a keystone forest tree species, providing insight into the composition of its genome. BMC Genomics 12: 292.
- Rushton, B.S. (1993): Natural hybridization within the genus *Quercus* L. Annals of Forest Science 50: 73-90.
- Schwarz, O. (1964): *Quercus* L. In: Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. (eds). Flora Europaea, vol. 1: *Lycopodiaceae to Platanaceae*, pp. 61-64. Cambridge University Press, Cambridge.
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- Steinhoff, S. (1997): Results of Quercus hybridization work from 1989 to 1996 at Escherode (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L.). In: Steiner, K. C. (ed.) Diversity and Adaptation in Oak Species. The Pennsylvania State University, Pennsylvania.: 156-164.
- Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J. (2007): Konzervacija i usmereno korišćenje šumskih genetičkih resursa. Glasnik Šumarskog fakulteta u Beogradu 95: 7-21.

- Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J. (2010): Konzervacija i usmereno korišćenje šumskih genetičkih resursa. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd. pp. 200.
- Steinkellner, H., Lexer, C., Turetschek, E., Glössl, J. (1997): Conservation of (GA) n microsatellite loci between *Quercus* species. Molecular Ecology 6: 1189-1194.
- Thompson, D. (2007): Provenances of beech best suited for Ireland. <http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/ccnbeechfinal.pdf>
- Tikvić, I., Zečić, Ž., Ugarković, D., Posarić, D. (2009): Oštećenost stabala i kakvoća drvnih sortimenata hrasta lužnjaka na spačvanskom području. Šumarski list 5-6: 237-248.
- Trudić, B., Galović, V., Orlović, S., Pap, P., Pekeč, S. (2013): A strategy for the identification of candidate gene for drought induced stress in penduculate oak (*Quercus robur* L. (*Q. Penduculata* EHRH.)), Fagaceae. Bulgarian Journal of Agricultural Sciences 19: 338-246.
- Tuskan, G.A., Difazio, S., Jansson, S., Bohlmann, J., Grigoriev, I., Hellsten, U., Henrissat, B. (2006): The genome of black cottonwood, *Populus trichocarpa* (Torr. & Gray). Science 313: 1596-1604.
- Vidaković, M. (1996): Podizanje klomske sjemenske plantaže hrasta lužnjaka. U: Oplemenjivanje hrasta lužnjaka u Hrvatskoj - proslov. Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj: pp. 95
- Vlada RS (2004): Zakon o reproduktivnom materijalu šumskog drveća. „Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 135/04, 8/05, 41/09. Vlada Republike Srbije, Beograd.

### Summary

#### **CONSERVATION OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR L.*) GENETIC RESOURCES AT THE TERRITORY OF PUBLIC ENTERPRISE "VOJVODINAŠUME"**

Srđan Stojnić, Branislav Trudić, Vladislava Galović, Đorđe Šimunovački, Božana Đorđević,  
Vid Rađević, Saša Orlović

Oak forests represent one of the most valuable forests in the Republic of Serbia, especially in complex of alluvial hygrophile forest types (Banković et al., 2009). However, the management of these forests is complicated by the appearance of collapse and death of trees which is getting wider and wider. The decline of oak forest in the AP Vojvodina is a problem that has been present for more than a century (Medarević et al., 2009).

This paper describes the current activities in the conservation of genetic resources of oak, on the forest area managed by PE "Vojvodinašume". Over decades, numerous stands are selected for the conservation of genetic resources, among which the most important place, of course, take seed stands and seed orchards. In addition, the paper put to the new research focus the molecular analysis which have a goal to provide recommendations for the development of new strategies to preserve gene pool of penduculate oak using SSR marker systems at the molecular level of deoxyribonucleic acid, giving a deeper insight into the genetic polymorphism and genetic profile of individuals that constitute the population and stands.

Table 1 shows the amount of collected acorns from the FE Sremska Mitrovica seed stands managed for conservation, in the period from 2006 to 2014. Data for FE Sombor is not shown at all, since these seed stands for years did not give any seeds, so there is even possibility of its removal from the Register.

During the establishment of generative seed orchards, attention is paid to the spatial distribution of different varieties in terms of phenology, to allow unhindered pollination between individuals. The schedule of genotypes in seed orchard is based on temporal uniformity of receptivity of female flowers and shedding of pollen, so the first part of the surface (first third) makes a variety *praecox*, then continuing to the surface with the variability *typica* (one third), while the last and largest part of area is under the type variety *tardiflora/tardissima* (Figure 1).

From the collected acorns, early progeny tests in nursery conditions, in the area of experimental Institute of Lowland Forestry and Environment in Kac, were established. The first progeny test was established in 2012, including acorn collected from the generative seed orchard. The experiment involved acorn originating from 13 genotypes. In 2013, within FE Sombor, acorns were collected in the area including MU Odžaci (GJ Branjevina, sections 8e, 9h, 14j, 15c, 15g) and MU Bački Monoštior (GJ Karapandža, sections 33i, 17b). The acorn was collected from a total of 28 plus penduculate oak trees and separated by families. In the FE Sremska Mitrovica the acorn was collected at populational level, on 11 locations and it was mainly about the acorn originating from seed stands. In addition to the above mentioned seed objects, acorns were collected from trees in four management units, which are located in FA Višnjićevo: GJ Kućine-Naklo-Klještevica, GJ Varadin-Županja, GJ Vratična-Cer-Carevina i GJ Smogva-Grabova Greda.

Morphometric study of candidate trees for molecular genetic analysis included 20 early oak trees (var. *praecox*) and 20 trees of late and the subsequent common oak (var.

*tardissima* and *tardiflora*). Pelvic diameter, tree height to crown and altitude were measured for all individual trees. Figure 4 shows the comparative analysis between the vital and senescent individuals, in relation to the three mentioned morphometric parameters of the nominated 40 penduculate oak trees.

According to Kampfer et al., (1998) they developed a system of 32 SSR markers for *Q. robur* species, in order to construct a genetic linkage map. They provided detailed information for microsatellite markers, including base composition and sequences. For our samples, we used primers for loci ZAG46 (290-222 bp), ZAG96 (135-194 bp) and ZAG104 (176-196 bp). Preliminary molecular genetic study included three selected SSR markers (Table 2), where PCR amplification proved successful, which is registered on 2% agarose gels. Samples were collected from 20 specimens of early varieties of oak *Q. robur* var. *praecox* (with 10 vital and 10 with registered symptoms of drying) and 20 individuals with late varieties of oak *Q. robur* var. *tardissima* (with 10 vital and 10 with registered symptoms of drying). Pictures from 2-4 represents electrophoreograms of those three SSR markers used in preliminary study of possible polymorphism within selected part of Morović penduculate oak population.

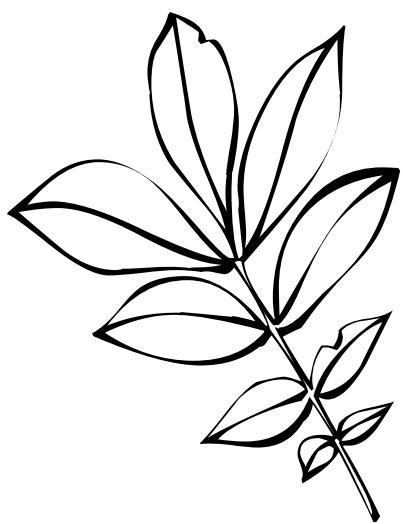
By using dynamically-evolving (*in situ*) and static (*ex situ*) conservation methods, specified number of seed stands, respectively, were established in two seed orchards, of vegetative and generative origin. Penduculate oak seed stands represents the resource of European importance, since it allows the preservation of the natural genetic variability and broad genetic base, which will be of primary importance in mitigating the negative impacts of climate change on this particular species. Also, with the establishment of seed orchards, a large portion of the most valuable genetic material contained in natural populations will be preserved.

Progeny tests, although they are still in the beginning of development, potentially could represent a significant resource in the further selection of oak. After molecular analysis aimed to confirm the taxonomic belonging and DNA profiling of oaks, the results can be used in the development of new varieties and selection of genotypes from natural populations that are showing higher allelic polymorphism.

When it comes to the methods of molecular genetics, we suggest the following measures and aims:

- It is necessary to perform genotyping of all existing penduculate oak individuals in these localities, using existing marker systems (mainly SSR). This is necessary in order to obtain entire picture of the genetic profile of the existing population in the regional ecosystem level. This will allow us to obtain deeper insight at the level of genetic polymorphism, heterozygosity, gene flow and population genetics.
- It is necessary to carry out mass (include as many individual trees as possible from existing gene pools of penduculate oak) sequencing of microsatellite loci in order to determine the polymorphism at the level of individual base pairs of DNA within the SSR sequences.
- To develop a bank of genes from the coding part of the genome and their differential expression under the influence of certain influence of drought stress. This is recommended to be done for a large number of genes for which the earlier international studies found to have a clear role in the ecophysiology of penduculate oak with the clear registered impact of drought stress on the ontogenesis of plants.
- Create clear morphometric, genetic and chemotaxonomic criteria in assessing the quality of oak trees in the area which is managed by PE "Vojvodinašume" to accelerate the taxonomic and breeding practices of this species.

- *Create experiments and projects that will work in comparative genetic, chemical and morphometric analysis of penduculate oak in natural conditions, greenhouses and in vitro culture. Develop protocols to improve the reproduction and production of penduculate oak in in vitro culture in order to obtain pure clonal planting material required for these types of tests and future epigenetic analysis of penduculate oak originating from cultures in vitro. Also, after creating a collection of penduculate oak in vitro, to examine the morphometric and expression changes at the level of individuals in culture under the influence of different intensities of drought stress in culture.*
- *Create the conditions for the development of new starting, mapping oak populations in Vojvodina in order to monitor the development and inheritance of quantitative traits that are regulated by multiple genes. This is a project that will ensure the survival of this species and improve its plant breeding practices for the next generation.*
- *Focus on examining the genetic basis of different phenological phases between the above mentioned varieties of common oak. This includes expression analysis of candidate genes responsible for the phenology of penduculate oak.*
- *Include marker-assisted determination of possible hybrids between different species of oak. This will promote conservation and exact determination of the current state of the botanical diversity of the genus *Quercus* in AP Vojvodina.*
- *Develop an "on line" database of the results obtained from the breeding, nursery and genetic practices for penduculate oak.*
- *Revise the existing classical breeding practices of penduculate oak in accordance with the recommendations made by environmental studies of ecosystems, molecular and population genetics, and create a master plan for the conservation of species of the genus *Quercus*.*



**UDK: 631.433.1(497.11)"2011-2013"**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## **DISANJE ZEMLJIŠTA U DVE RAZLIČITE SASTOJINE ČETINARA TOKOM VEGETACIJE U PERIODU 2011-2013.**

Pilipović Andrej<sup>1</sup>, Orlović Saša<sup>1</sup>, Galić Zoran<sup>1</sup>, Stojnić Srđan<sup>1</sup>, Borišev Milan<sup>2</sup>, Župunski Milan<sup>2</sup>

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati merenja disanja zemljišta u dve četinarske sastojine na Staroj planini i Kopaoniku. Merenja su izvršena u periodu maj-septembar u toku 2011., 2012. i 2013. godine na prethodno obeleženim tačkama u izabranim sastojinama. Pored disanja zemljišta, u isto vreme su izvršena i merenja vlažnosti zemljišta, temperature zemljišta i temperature vazduha. Dobijeni podaci su, zajedno sa podacima o količini padavina dobijenim od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije, obrađeni sa ciljem određivanja uticaja ostalih ispitivanih faktora na intenzitet disanja zemljišta. Rezultati su pokazali različite vrednosti disanja zemljišta zavisno od lokaliteta i termina kada su izvršena merenja. Jednostruka i višestruka regresiona analiza je pokazala različit uticaj ostalih ispitivanih parametara na intenzitet disanja zemljišta.

**Ključne reči:** disanje zemljišta, četinari, temperatura zemljišta, vlažnost

### **SOIL RESPIRATION IN TWO DIFFERENT CONIFER STANDS DURING VEGETATION PERIOD 2011-2013**

**Abstract:** This paper presents the results of measurements of soil respiration in two conifer stands on the mountains Stara Planina and Kopaonik. The measurements were carried out from May to September in 2011, 2012 and 2013 on previously marked points in selected stands. In addition to soil respiration, at the same time measurements of soil temperature, soil moisture and air temperature were performed. The results showed different values of soil respiration in relation to site and timing when measurements were made. Simple and multiple regression analysis showed different impact of other investigated parameters on soil respiration.

**Keywords:** soil respiration, conifers, soil temperature, soil moisture

---

<sup>1</sup> Dr Andrej Pilipović, naučni saradnik, prof. dr. Saša Orlović, naučni savetnik, Dr Zoran Galić, naučni savetnik, Dr Srđan Stojnić, naučni saradnik Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizjsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

<sup>2</sup> Dr Milan Borišev, docent, Milan Župunski, istraživač saradnik, Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju, Univerzitet u Novom Sadu

## UVOD

Disanje zemljišta predstavlja skup kompleksnih procesa koji doprinose odavanju ugljen-dioksida ( $\text{CO}_2$ ) sa površine zemljišta (Qi et al., 2002), odnosno oslobođanje  $\text{CO}_2$  usled njegove produkcije od strane korenovog sistema, zemljишnih organizama i u manjoj meri, hemijske oksidacije ugljenikovih jedinjenja (Lloyd i Taylor, 1994). Disanje zemljišta je jedna od glavnih komponenata kruženja ugljenika u biosferi i prema Law et al., (2001) može da iznosi i do tri četvrtine ukupnog disanja ekosistema. Neto produktivnost ekosistema (NEP) predstavlja osetljivu ravnotežu između fotosinteze (C gain) i disanja (C loss) koji su usko povezani sa kruženjem vode u ekosistemu (Ruehr et al., 2012). Informacija o disanju zemljišta se, pored ostalog, mogu koristi i za interpretaciju eddy kovarijanse koja pokazuje neto produktivnost ekosistema (NEP), a zbog činjenice da ona ne pruža pojedinačnu informaciju o fotosintezi, autotrofnom i heterotrofnom disanju kao i zbog toga što su i sami mehanizmi ovih procesa različiti, razdvajanje podataka eddy kovarijanse dobija sve veći značaj (Piovesan i Adams, 2000). Pored toga, merenje disanja zemljišta takođe predstavlja i široko rasprostranjeni metod pri istraživanju zagađenja zemljišta, a u šumskim ekosistemima se koristi za ispitivanje uticaja teških metala i kiselih kiša (Vanhaala, 2002).

Zemljište predstavlja glavno skladište ugljenika u kopnenim ekosistemima (Schlesinger i Andrews, 2000) i sadrži veće količine organskog ugljenika (1500 Pg C) od sve kopnene vegetacije (550 Pg C) i atmosfere (780 Pg C) (Houghton, 2003). Šume igraju značajnu ulogu kao skladište za 80% nadzemnog i 40% podzemnog ugljenika (Dixon, 1994), tako da mala promena u ponoru ugljenika u šumskom zemljištu može značajno uticati na globalno kruženje ugljenika (Ferrea et al., 2012). Nasuprot činjenici da predstavljaju glavni ponor ugljenika, prema Lindner, (2010) šume su posebno osetljive na klimatske promene jer dugovečnost stabala ne dozvoljava njihovo brzo prilagođavanje promenama uslova sredine.

Globalne promene i njihov uticaj na budućnost zahteva bolje razumevanje i kvantifikaciju procesa koji doprinose globalnim promenama (Fang i Moncrieff, 2001). Studije uloge procesa u zemljištu i bolje razumevanje udela pojedinih funkcija, stabilnosti i elastičnosti zemljишnih procesa su neophodni za kvantifikaciju sveukupnog površinskog fluksa vode, toplove i gasova staklene baštne i takođe za određivanje efekata korišćenja zemljišta i promena pokrivenosti zemljišta vegetacijom (IACGEC, 1996).

Imajući u vidu da različiti faktori utiču na disanje zemljišta poput temperature i vlažnosti zemljišta (Chen et al., 2011) cilj ovoga istraživanja je bio da se ispita uticaj klimatskih promena, odnosno klimatski različitih sezona na intenzitet disanja zemljišta u dve četinarske sastojine.

## MATERIJAL I METODE

Za potrebe ovog istraživanja izabrane su dve različite sastojine četinara koje pripadaju mreži šumskih ekosistema u kojima se vrši monitoring prema projektu „Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrisano upravljanje ekosistemima“ (43002) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine. Prva sastojina (Vidlič) se nalazi na Staroj Planini, kultura smrče, duglazije i belog bora na smeđem zemljištu. Sastojina se nalazi u GJ. Vidlič na 990 do 1080 m.n. visine, na strmom terenu. Geološka podloga je krečnjak a eksposicija je jug-jugoistok. Druga sastojina (Kopaonik) je prirodna šuma smrče sa bekicom (*Piceum excelsae serbicum luzuletosum*) na smeđem podzolastom zemljištu, na vrlo strmom terenu (21-25°), nadmorske visine 1450-1500 m, severoistočne eksposicije. Ova sastojina se nalazi na području Nacionalnog parka Kopaonik, GJ Metođe, 79/b. U svakoj sastojini je postavljena ogledna površina dimenzija 25x25m koja je podeljena na polja dimenzija 5x5m. U centru svakog polja su označene tačke na kojima je izvršeno merenje disanja zemljišta.

Merenje disanja zemljišta je urađeno pomoću prenosnog aparata za izmenu gasova ADC Bioscientific LCPro+ koji se najčešće koristi za određivanje intenziteta fotosinteze i transpiracije u biljkama. Na aparat je umesto komore za određivanje fotosinteze stavljena komora za merenje disanja zemljišta. Prilikom merenja, instrument beleži podatke o disanju zemljišta, evaporaciji H<sub>2</sub>O i temperaturi vazduha u komori. U periodu od 2011-2013.godine, u vegetacionom periodu su izvršena četiri jednodnevna merenja sa razmakom od 35-45 dana zavisno od vremenskih prilika. Merenja su vršena početkom juna (1), početkom jula (2), početkom avgusta (3) i početkom septembra (4). Pored merenja disanja zemljišta (Rs) istog dana je izvršeno određivanje sadržaja vlage u zemljištu na dubinama od 10 (SWC<sub>10</sub>) i 30 cm (SWC<sub>30</sub>), merenje temperature zemljišta (T<sub>s</sub>) i vazduha (T) za vreme rada sa aparatom. Pored merenih podataka za analizu dobijenih rezultata su korišćene i sume padavina za period od 4 i 8 nedelja pre merenja koji su dobijeni od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. Podaci merenja su obrađeni programom Statistica 12 (StatSoft Inc., 2013) u kome je rađena jednostruka i višestruka regresiona analiza dobijenih podataka.

## REZULTATI

Rezultati dobijenih ekoklimatoloških parametara su prikazani u tabeli 1. Sadržaj vlage u površinskom sloju (SWC<sub>10</sub>) na lokalitetu Vidlič u sve tri ispitivane godine je zabeležio pad u toku leta sa blagim porastom u septembru. Namanje vrednosti su zabeležene u 2012. godini u sva četiri termina merenja. U dubljem sloju zemljišta (SWC<sub>30</sub>) vrednosti su bile podjednajke na početku vegetacije sa najmanjim

vrednostima u avgustu 2013 (7,65%) i julu ( 13,27%), avgustu (12,39%) i septembru 2012. godine (7,38%).

**Tabela 1.** Vlažnost zemljišta na dubini od 10 cm (SWC<sub>10</sub>), 30 cm (SWC<sub>30</sub>), suma padavina 4 nedelje (Prec<sub>4W</sub>) i 8 nedelja (Prec<sub>8W</sub>) pre merenja i temperature vazduha (T) i zemljišta (T<sub>s</sub>) za vreme merenja disanja

**Table 1.** Soil moisture content at 10 (SWC<sub>10</sub>) and 30 cm (SWC<sub>30</sub>), sum of precipitations for 4 (Prec<sub>4W</sub>) and 8 weeks (Prec<sub>8W</sub>) before measurements, air (T) and soil temerature (T<sub>s</sub>) during measurement

Termin Data	Vidlič			Kopaonik		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
SWC <sub>10</sub> (%vol)	1	28.04	13.91	28.01	27.61	18.54
	2	21.69	11.29	13.28	15.65	15.29
	3	10.87	5.67	16.41	16.3	19.91
	4	16.93	12.93	13.45	8.08	9.69
SWC <sub>30</sub> (%vol)	1	19.48	24.62	21.64	21.67	14.97
	2	20.48	13.71	19.49	11.17	15.16
	3	19.15	12.39	7.65	16.51	22.69
	4	10.66	7.38	17.69	9.6	7.01
Prec <sub>4W</sub> (mm)	1	52.0	126.9	74.5	-	73.4
	2	20.1	17.0	93.2	136.0	35.0
	3	71.6	70.0	13.5	61.2	454.8
	4	0.0	0.0	5.0	0.0	4.0
Prec <sub>8W</sub> (mm)	1	113.0	232.4	130.0	-	169.7
	2	73.7	143.9	167.7	234.6	108.4
	3	118.0	89.5	106.7	205.0	918.5
	4	68.2	54.2	16.5	55.5	48.5
T (°C)	1	5.4	21.2	17.2	2.8	17.9
	2	10.4	26.4	20.0	8.6	23.2
	3	14.4	22.9	23.9	12.7	17.9
	4	16.1	17.6	22.1	12.3	14.9
T <sub>s</sub> (°C)	1	6.8	14.6	13.6	2.8	11.3
	2	12.6	18.9	17.2	8.6	13.3
	3	-	20.1	16.3	-	13.4
	4	16.6	15.6	-	12.0	11.2

- Nema podataka No data

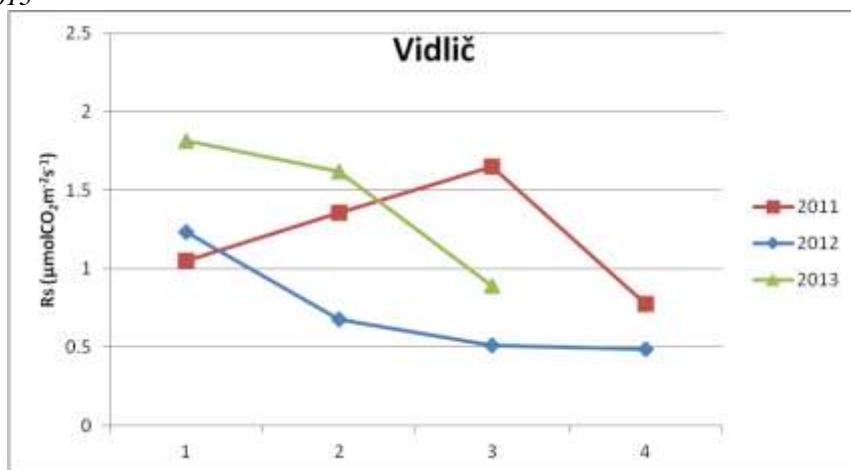
Na Kopaoniku je zabeleženo smanjenje SWC<sub>10</sub> u 2011. godini, kao i u 2012 godini, dok u septembru 2013 godine nije bilo smanjenja sadržaja vlage u površinskom sloju zemljišta. Sličan trend dinamike vlažnosti u sve tri godine na ovom lokalitetu je zabeležen i na dubini od 30 cm.

Rezultati merenja temperature zemljišta T<sub>s</sub> (Tabela 1.) za vreme merenja intenziteta disanja su pokazali povećanje u toku vegetacionog perioda u sve tri

ispitivane godine, dok je na Kopaoniku u 2013 godini zabeleženo smanjenje  $T_s$  u julu i avgustu, što je verovatno posledica padavina pre termina merenja. Izmerene  $T_s$  su bile veće na Vidliču i kretale su se u rasponu od 6,7 do 20,1°C, dok su na Kopaoniku i vrednosti i opseg bili manji i kretali se od 2,3 do 13,4°C. Količina padavina ( $Prec_{4W}$  i  $Prec_{8W}$ ) je na Kopaoniku bila veća u sve tri ispitivanje godine, dok su temperature vazduha ( $T$ ) u teminima merenja bile niže od onih na Vidliču.

**Grafikon1.** Intenzitet disanja ( $Rs$ ) zemljišta na lokalitetu Vidlič u vegetacionim periodu za 2011., 2012. i 2013. godinu

**Graph 1.** Soil respiration ( $Rs$ ) at Vidlič during vegetation period 2011, 2012 and 2013



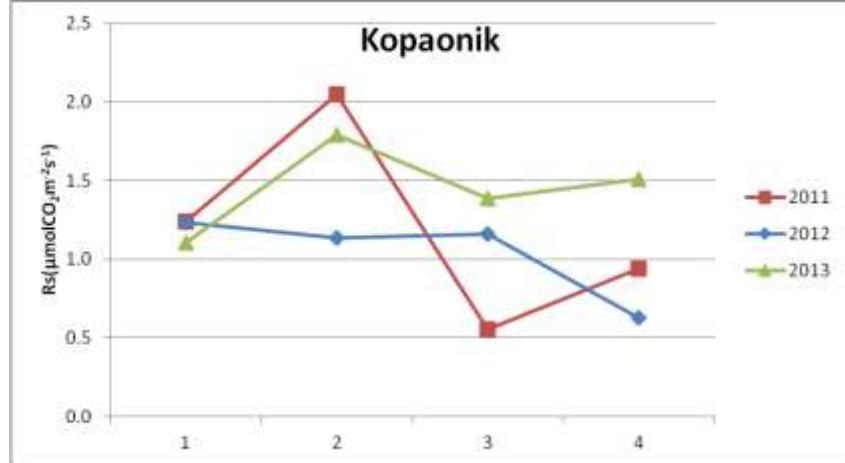
Rezultati merenja intenziteta disanja zemljišta ( $Rs$ ) na Vidliču (Grafikon 1.) su pokazali različit tok u sve tri ispitivane godine. U toku 2012 i 2013. godine je zabeleženo smanjenje intenziteta disanja u toku vegetacije, dok je u 2011. godini zabeleženo povećanje u toku vegetacije ( $1,651 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) sa smanjenjem u septembru ( $0,776 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Najveća vrednost  $Rs$  je izmerena početkom 2013. godine ( $1,81 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), dok je najniža vrednost izmerena u septembru 2012. godine ( $0,485 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). U 2012. godini je disanje bilo najslabije izraženo. Usled stvaranja pokorice u površinskom sloju zemljišta u septembru 2013. godine na Vidliču, nije bilo moguće pravilno postaviti komoru i izvršiti merenje, zbog čega nisu prikazane vrednosti merenja u spomenutom terminu.

Najveća izmerena vrednost intenziteta disanja ( $Rs$ ) na Kopaoniku (Grafikon 2.) je zabeležena u julu 2011. godine ( $2,045 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), dok je namanja vrednost zabeležena u avgustu iste godine ( $0,555 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Povećanje u julskom terminu merenja je zabeležen i u 2013. godini ( $1,791 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) kao i smanjenje u avgustu ( $1,387 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). U obe godine je zabeleženo povećanje u septembru ( $1,508 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  za 2013. i  $0,941 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  za 2011.).

$\text{CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  za 2011.) U 2012. godini je zabeleženo smanjenje u toku vegetacionog perioda sa najmanjim intenzitetom disanja u septembru ( $0,627 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ).

**Grafikon 2.** Intenzitet disanja (Rs) zemljišta na lokalitetu Kopaonik u vegetacionim periodu za 2011., 2012. i 2013. godinu

*Graph 2. Soil respiration (Rs) at Kopaonik during vegetation period 2011, 2012 and 2013*



**Tabela 3.** Koeficijenti korelacije između ispitivanih parametara disanja zemljišta za lokalitete Vidlič i Kopaonik

*Table 3. Coefficients of correlation between investigated soil respiration parameters on localities Vidlič and Kopaonik*

Vidlič						
	Rs	Tsoil	SWC <sub>10</sub>	SWC <sub>30</sub>	Prec <sub>4W</sub>	Prec <sub>8W</sub>
Rs		0.3831	0.4371	0.7724*	0.5617	0.4254
Tsoil	0.3831		0.8593*	0.4622	0.6568	0.0070
SWC <sub>10</sub>	0.4371	0.8593*		0.3764	0.0665	0.0627
SWC <sub>30</sub>	0.7724*	0.4622	0.3764		0.7651*	0.6522*
Prec <sub>4W</sub>	0.5617	0.6568	0.0665	0.7651*		0.8160*
Prec <sub>8W</sub>	0.4254	0.0070	0.0627	0.6522*	0.8160*	

#### Kopaonik

	Rs	Tsoil	SWC <sub>10</sub>	SWC <sub>30</sub>	Prec <sub>4W</sub>	Prec <sub>8W</sub>
Rs		0.3859	0.179	0.3209	0.0594	0.0454
Tsoil	0.3859		0.4769	0.1028	0.3443	0.4249
SWC <sub>10</sub>	0.1790	0.4769		0.8733*	0.6636*	0.6067*
SWC <sub>30</sub>	0.3209	0.1028	0.8733*		0.7259*	0.6933*
Prec <sub>4W</sub>	0.0594	0.3443	0.6636*	0.7259*		0.9711*
Prec <sub>8W</sub>	0.0454	0.4249	0.6067*	0.6933*	0.9711*	

\* vrednosti su bile signifikantne za  $p < 0.05$  the values are significant for  $p < 0.05$

Rezultati višestruke regresione analize (Tabela 4) su pokazali različit uticaj ispitivanih parametara na intenzitet disanja na odabranim lokalitetima. Na lokalitetu Vidlič, intenzitet Rs je pokazao zavisnost od Ts, SWC<sub>10</sub> i SWC<sub>30</sub> sadržaja vlage u zemljištu ( $R=0,9084$ ), s tim da je signifikantna vrednost beta koeficijenta zabeležena za sadržaje vlažnosti na obe dubine (0,9228 i 0,7112). Višestruka regresiona analiza ispitivanih parametara na Kopaoniku je pokazala da je zavisnost Rs uslovljena sa više faktora koji uključuju i sume padavina ( $R=0,9778$ ), gde su vrednosti beta koeficijenta za Ts (-1,1652), sadržaj vlage SWC<sub>30</sub> (1,8583) i sume padavina bile signifikantne.

**Tabela 4.** Višestruka regresiona analiza zavisnosti disanja zemljišta od temperarture i vlažnosti zemljišta kao i sume padavina pre merenja.

**Table 4.** Multiple regressions of soil respiration, soil temperature, soil moisture content and sum of precipitations

	Vidlič				Kopaonik			
	b*	p	b*	p	b*	p	b*	P
T soil	0.7387	0.0724	0.7445	0.1311	0.0600	0.9189	-1.1652*	0.0018
SWC <sub>10</sub>	0.9228*	0.0332	1.0483	0.0695	-0.8397	0.4953	-0.3319	0.2764
SWC <sub>30</sub>	0.7112*	0.0103	0.4522	0.3593	0.7247	0.5050	1.8583*	0.0046
Prec <sub>4W</sub>	-	-	0.2699	0.9933	-	-	-4.7014*	0.0014
Prec <sub>8W</sub>	-	-	0.0032	0.5706	-	-	4.0464*	0.0019
R	0.9084*		0.9193		0.4561		0.9778*	

\* vrednosti su bile signifikantne za  $p < 0.05$  the values are significant for  $p < 0.05$

## DISKUSIJA

Rezultati merenja disanja zemljišta su pokazali razlike između ispitivanih lokaliteta Stare Planine i Kopaonika, kao i različit uticaj ostalih ispitivanih parametara na sam intenzitet disanja. Vrednosti Rs u ovom straživanju su pokazale nižu vrednost ( $0,5\text{-}2,1 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) u poređenju sa vrednostima Rs u plantaži *Pinus ponderosa* gde su se kretale u opsegu od  $1,07\text{-}3,16 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Luan et al., 2011). Isti autor je ustanovio postojanje korelacije između Rs i Ts, dok SWC nije uticao na Rs. Sadržaj SWC je varirao u opsegu 23-38,9%, što su veće vrednosti od vrednosti dobijenih u ovom istraživanju. Nasuprot istraživanju navedenog autora, Ruehr et al. (2012) su ustanovili zavisnost Rs od SWC u plantaži iste vrste, gde su se vrednosti SWC kretale od 6-24% a RS od  $0,8\text{-}1,8 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , što je u skladu sa dobijenim rezultatima ovih istraživanja.

Iako većina modela i istraživanja zavisnosti Rs od drugih faktora, prvenstveno ističe linearan uticaj temperature zemljišta (Lloyd i Taylor, 1994) ili eksponencijalan (Qi et al., 2002), regresiona analiza u ovom istraživanju je pokazala značajan uticaj suše i njenog uticaja na vodni fluks zemljišta na dobijene vrednosti

Rs. Niske vrednosti sadržaja vlage u zemljištu značajno utiču na intenzitet disanja, tako da su Parker et al., (1983) ustanovili da se energija aktivacije disanja zemljišta smanjila sa 98,8 na  $39.5 \text{ KJmol}^{-1}$  prilikom kvašenja pustinjskog zemljišta, dok su Howard i Howard, (1993) ustanovili razlike u vrednosti  $Q_{10}$  (povećanje vrednosti disanja zemljišta pri povećanju temperature zemljišta za  $10^\circ\text{C}$ ) različitim nivoima vlažnosti zemljišta. Prema Fang i Moncrieff, (1999) uticaj sadržaja vlage na oslabadanje  $\text{CO}_2$  iz zemljišta je komplikovan zbog svoga uticaja na disanje korena, disanje mikroorganizama i transport gasa kroz zemljišta. Prema istim autorima (2001), smanjenje disanja usled promene vlažnosti zemljišta je izraženo samo pri ekstremnim situacijama niske i visoke vlažnosti, dok između tih vrednosti vlažnost zemljišta nema značajan efekat na intenzitet disanja. Istraživanja Nsabimana et al., (2009) su pokazala da je disanje zemljišta u nelinearnoj korelaciji sa sadržajem vlage u zemljištu i da je najveći intenzitet disanja zabeležen pri  $0,25 \text{ m}^3/\text{m}^3$  dok su vrednosti disanja zemljišta pri većem ili manjem sadržaju vlage u zemljištu bile manje. Smanjenje Rs usled suše su zabeležili i drugi autori (Lavigne et al., 2004; Irvine et al., 2008). Povećanje vlažnosti zemljišta utiče na pristupačnost ugljenika za degradaciju koji nije dostupan pri uslovima niže vlažnosti (Kelliher et al., 2004). Ovo potvrđuju i rezultati Noorments et al., (2010) koji su zabeležili veće heterotrofno disanje u godinama sa više padavina. Značaj suše na smanjenje heterotrofnog disanja u sastojinama smrče su zabeležili Nikolova et al., (2009) uprkos sličnoj godišnjoj temperaturi zemljišta. Vrednosti Rs koje su zabeležene u istraživanju navedenog autora su se kretale od  $0,2\text{-}0,7 \text{ gCO}_2/\text{m}^2\text{h}$  što predstavlja manje vrednosti od vrednosti dobijenih u ovom istraživanju. Autotrofno disanje korena stabala različitih vrsta drveća različito reaguje na pojavu suše. Tako prema Nikolova et al., (2007), vrste sa dubljim korenovim sistemom su u mogućnosti da pasivno premeštaju vodu u više slojeve zemljišta i time pospešuju autotrofno disanje, dok smrča kao vrsta sa izrazito plitkim korenom suberifikacijom korenovih dláčica sprečava odavanje vode u rizosferu u uslovima suše. Ovom pojmom se takođe mogu objasniti male vrednosti disanja u sušnim periodima ovoga istraživanja.

Rezultati ovih istraživanja su pokazala i povećanja vrednosti disanja u pojedinim terminima merenja uprkos sušnim godinama u kojima su izvršena merenja. Naglo povećanje RS na Vidliču prilikom merenja 3 u 2011. godini se može objasniti pojavom kratkih padavina pre merenja koje izazivalju „pulsno“ oslobođanje  $\text{CO}_2$  iz zemljišta što može biti posledica direktnog uticaja na mikroorganizme u zemljištu (Jarvis et al., 2007). Veće vrednosti disanja zemljišta koje su izmerene prilikom prvog merenja (Kopaonik 2012. i Vidlič 2012. i 2013.) se mogu objasniti zagrevanjem zemljišta nakon zime i ubrzanim raspadanjem organske materije mikroorganizama koji su izgubili vitalnost usled zamrzavanja zemljišta tokom zime, nakon čega dolazi do stabilizacije oslobođanja  $\text{CO}_2$  (Vanhala, 2002). Isti autor je ustanovio da je pri konstantnoj temperaturi zemljišta intenzitet disanja zemljišta uslovjen sadržajem vlage, dok je pri višim konstantnim vlažnostima (60%), oslobođanje  $\text{CO}_2$  zavisi od sadržaja organske materije u zemljištu. Smanjenje disanja zemljišta na Kopaoniku između merenja 2 i 3 2011. godine se može

obrazložiti dnevnim varijacijama u disanju koje su zabeležene prilikom konstantnog praćenja disanja zemljišta (Drewitt et al., 2002).

## ZAKLJUČAK

Rezultati merenja intenziteta disanja zemljišta su pokazali da postoji značajan uticaj suše na dobijene rezultate. Slabiji uticaj temperature zemljišta na intenzitet disanja, kao i nagla povećanja vrednosti disanja zemljišta mogu biti posledica različitih faktora kao što su suša, dnevne varijacije, raspodela padavina i sl. Zbog toga je potrebno povećati broj merenja u toku vegetacije da bi se dobila što jasnija slika i smanjio uticaj dnevnih varijacija. Još jasnija slika uticaja različitih faktora, poput temperature zemljišta, bi se dobila nastavkom merenja u narednim sezonomama, posebno zbog činjenice da je 2014. godina bila značajno različita u pogledu klimatskih uslova.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrisano upravljanje ekosistemima“ (43002) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine.

## LITERATURA

- Berger, T.W., Inselsbacher, E., Zechmeister-Boltenstern, S. (2010): Carbon dioxide emissions of soils under pure and mixed stands of beech and spruce, affected by decomposing foliage litter mixtures. *Soil Biology & Biochemistry*, 42: 986-997.
- Chen, G., Yang, Y., Guo, J., Xie, J., Yanf, Z. (2011): Relationships between carbon allocation and partitioning of soil respiration across world mature forests. *Plant Ecology*, 212: 195-206.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C., Wisnewski, J. (1994): Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263: 185-190.
- Drewitt, G.B., Black, T.A., Nesic, Z., Humphreys, E.R., Jork, E.M., Swanson, R., Ethier, G.J., Griffis, T., Morgenstern, K. (2002): Measuring forest floor CO<sub>2</sub> fluxes in a Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110: 299–317.
- Fang, C., Moncrieff, J.B. (1999): A model of soil CO<sub>2</sub> production and transport. *Agricultural and Forest Meteorology*, 95: 225-236.

- Fang, C., Moncrieff, J.B. (2001): The dependence of soil CO<sub>2</sub> efflux on temperature. *Soil Biology & Biochemistry*, 33: 155-165.
- Ferreia, C., Zenone, T., Comolli, R., Seufert, G.(2012): Estimating heterotrophic and autotrophic soil respiration in a semi-natural forest of Lombardy, Italy. *Pedobiologia*, 55(6): 285–294.
- Houghton, R.A. (2003): Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus B*, 55: 378-390.
- Howard, D.M., Howard, P.J.A. (1993): Relationship between CO<sub>2</sub> evolution, moisture content and temperature for a range of soil types. *Soil Biology & Biochemistry*, 25: 1537-1546.
- Inter-Agency Committee on Global Environmental Change (IACGC) (1966): UK National Strategy for GER. Report on Expert Panel.
- Irvine, J., Law, B.E., Martin, J.G., Vickers, D. (2008): Interannual variation in soil CO<sub>2</sub> efflux and the response of root respiration to climate and canopy gas exchange in mature ponderosa pine. *Global Change Biology*, 14(12): 2848-2859.
- Jarvis, P., Rey, A., Petsikos, C., Wingate, L., Rayment, M., Pereira, J., Banza, J., David, J., Migletta, F., Borghetti, M., Manca, G., Valentini, R. (2007): Drying and wetting of Mediterranean soils stimulates decomposition and carbon dioxide emissions: the “Birch effect”. *Tree Physiology*, 27: 929-940.
- Kelliher, F., Ross, D., Law, B., Baldocchi, D., Rodda, N. (2004): Limitations to carbon mineralization in litter and mineral soil of young and old ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 191(1-3): 201-213.
- Lavigne, M., Foster, R., Goodine, G. (2004): Seasonal and annual changes in soil respiration in relation to soil temperature, water potential and trenching. *Tree Physiology*, 24(4): 415.
- Law, B.E., Kelliher, F.M., Baldocchi, D.D., Anthoni, P.M., Irvine, J., Moore, D., Van Tuyl, S. (2001): Spatial and temporal variation in respiration in a young ponderosa pine forests during a summer drought. *Agric. For. Meteorol.*, 110: 27-43.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolstrom, M., Lexer, M., Machetti, M., (2010): Climate change impacts, adaptive capacity and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest ecology and management*, 259: 698-709.
- Lloyd, L., Taylor, J.A. (1994): On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*, 8: 315-329.
- Luan, J., Shirong, L., Xueling, Z., Wang, J., Liu, K. (2011): Roles of biotic and abiotic variables in determining spatial variation of soil respiration in secondary oak and planted pine forests. *Soil Biology & Biochemistry*, DOI. 10.1016/j.soilbio.2011.08.012

- Nikolova, P.S. (2007): Below-ground competitiveness of adult beech and spruce trees: resource investments versus returns. PhD thesis. Technische Universita Munchen, Freising.
- Nikolova, P.S., Raspe, S., Andersen, C.P., Mainiero, R., Blaschke, H., Matyssek, R., Haberle, K.-H. (2009): Effects of the extreme drought in 2003 on soil respiration in a mixed forest. European Journal of Forest Research, 128: 87-98.
- Noormets, A., Gavazzi, M.J., McNulty, S.G., Domec, J.C., Sun, D., King, J.S., Chen, J. (2010): Response of carbon fluxes to drought in a coastal plain loblolly pine forest. Global Change Biology, 16(1), 272-287.
- Nsabimana, D., Klemedtson, L., Kaplin, B.A., Wallin, G. (2009): Soil CO<sub>2</sub> flux in six monospecific forest plantations in Southern Rwanda. Soil Biology & Biochemistry, 41: 396-402.
- Parker, L.W., Miller, J., Steinberger, Y., Whitford, W.G. (1983): Soil respiration in Chihuahuan desert rangeland. Soil Biology & Biochemistry, 15: 303-309.
- Piovesan, G., Adams, J.M. (2000): Carbon balance gradient in European forests: interpreting EUROFLUX. J. Veg. Sci., 11: 923-926.
- Qi, Y., Xu, M., Wu, J. (2002): Temperature sensitivity of soil respiration and its effects on ecosystem carbon budget: nonlinearity begets surprises. Ecological Modelling, 153: 131-142.
- Ruehr, N.K., Martin, J.G., Law, B.E.(2012): Effects of water availability on carbon and water exchange in a young ponderosa pine forest: Above- and belowground responses. Agricultural and Forest Meteorology, 164: 136-148.
- Schlesinger, W.H., Andrews, J.A. (2000): Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry, 48: 7-20.
- Schmid, I. (2002): The influence of soil type and interspecific competition on the fine root system of Norway spruce and European beech. Basic and Applied Ecology, 3: 339-346.
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- Vanhala P. (2002): Seasonal variation in the soil respiration rate in coniferous forest soils. Soil Biology & Biochemistry, 34: 1375-1379.

### ***Summary***

#### ***SOIL RESPIRATION IN TWO DIFFERENT CONIFER STANDS DURING VEGETATION PERIOD 2011-2013***

*by*

*Andrej Pilipović, Saša Orlović, Zoran Galić, Srđan Stojnić, Milan Borišev, Milan Župunski*

*This paper presents the results of measurements of soil respiration in two conifer stands on the mountains Stara Planina and Kopaonik. The measurements were carried out from May to September in 2011, 2012 and 2013 on previously marked points in selected stands. In addition to soil respiration, at the same time measurements of soil temperature, soil moisture and air temperature were made. This paper presents the results of measurements of soil respiration in two conifer stands on the mountains Stara Planina and Kopaonik. The measurements were carried out from May to September in 2011, 2012 and 2013 on previously marked points in selected stands. In addition to soil respiration, at the same time measurements of soil, soil moisture and air temperature were made. The results showed different values of soil respiration in relation to site and timing when measurements were made. Simple and multiple regression analysis showed different impact of other investigated parameters on soil respiration. Soil respiration was decreased in 2012 for both investigated stands due to the drought. At Stara Planina, soil respiration and soil water content affected soil respiration, while at Kopaonik, precipitation was also correlated with CO<sub>2</sub> efflux. Obtained results indicate necessity of more intensive periodicity of measurement dates and continuing of measurement in following years.*

## **PREŽIVLJAVANJE DRVENASTIH VRSTA U EKOLOŠKIM USLOVIMA SOLONJECA**

Rončević Savo<sup>1</sup>, Kovačević Branislav<sup>1</sup>, Andrašev Siniša<sup>1</sup>, Pekeč Saša<sup>1</sup>

**Izvod:** U radu su prikazani rezultati testiranja preživljavanja izabranih drvenastih vrsta u ekološkim uslovima solonjeca. Ogled u poljskim uslovima je postavljen sredinom januara 2014., na dva lokaliteta, koji su odražavali razlike u mikroreljefu, u pet ponavljanja, sa sedam žbunastih i drvenastih vrsta: hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), cer (*Quercus cerris* L.), bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), dafina (*Eleagnus angustifolia* L.), beli dud (*Morus alba* L.) i domaća bela topola (*Populus alba* L.). Rezultati ukazuju na zadovoljavajući prijem većine ispitivanih vrsta, posebno poljskog jasena i domaće bele topole, kao i razliku u reakciji ispitivanih vrsta na lokalitet. Prijem sadnica bagrema bio je relativno loš (ispod 50%), posebno na nižem lokalitetu. Vrste roda *Quercus sp.*, zasnovane žirom, su pretrpele značajne štete od glodara, pri čemu je bolji rezultat postigao cer, te bi mogao da se preporuči za dalje istraživanje. Dobijeni rezultati preživljavanja reprodukcionog i sadnog materijala su uglavnom u skladu s ranijim istraživanjima. Ipak, konačna ocena pogodnosti izabranih vrsta za uzgoj na zemljištu tipa solonjec može da se doneše tek nakon kontinuiranog višegodišnjeg praćenja.

**Ključne reči:** Izbor vrsta, alkalizovano zemljište, preživljavanje

### **SURVIVAL OF TREE SPECIES IN ECOLOGICAL CONDITIONS OF SOLONJEC**

**Abstract:** The results of survival assessment of examined tree species in ecological conditions of solonjec are presented in this work. The experiment in field conditions is set in mid January 2014, on two sites, differing by position in microrelief, in five repetitions, with seven shrub and tree species: pedunculate oak (*Quercus robur* L.), Turkey oak (*Quercus cerris* L.), black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), Russian olive (*Eleagnus angustifolia* L.), white mulberry (*Morus alba* L.) and white poplar (*Populus alba* L.). The results indicate satisfactory survival of most of examined species within the first growing period, especially of narrow-leaved ash and white poplar, as well as differences in reaction of examined species on differences in sites. The survival of black locust

---

<sup>1</sup> Dr Savo Rončević viši naučni saradnik, dr Branislav Kovačević viši naučni saradnik, dr Siniša Andrašev viši naučni saradnik, dr Saša Pekeč naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

<sup>2</sup> Dipl. inž. Sladana Dabić, JP "Vojvodinašume", Preradovićeva 2, 21131 Petrovaradin

*plants was relatively poor (lower than 50%), especially on the lower site. The survival of acorns of Quercus species was low, presumably due to rodents, but Turkey oak made relatively better result and could be proposed for further research. Obtained results of the research are mostly in concordance with the earlier research. However, the final evaluation should be made after the continuous multiannual assessment.*

**Key words:** Selection of species, alkalinized soil, survival

## UVOD

Površina slatinastih primarnih poljoprivrednih zemljišta u Vojvodini iznosi oko 108.000 ha, od čega na zemljišta u zaslanjivanju otpada 78.205 ha ili 3,63 %, odnosno na površine zahvaćene alkalizacijom iznose 29.798 ha ili 1,3 %. Prema Ivanišević et al., (2011) alkalizacija, kao degradacioni proces ugrožava obodne delove primarnih poljoprivrednih zemljišta, od čega 17.474 ha černozema, ili 0,81%, zatim 957 ha livadskih crnica, ili 0,05%, odnosno 16.270 ha ritskih crnica, ili 0,75%, odnosno 34.701 ha, ili 1,61% ukupne površine Vojvodine. Ovo jasno ukazuje da su originalna poljoprivredna zemljišta značajno ugrožena zaslanjivanjem i alkalizacijom. Zastupljenost površina zahvaćenih salinizacijom, kao akutnim degradacionim procesom raste upravno sa povećanjem stepena hidromorfizma zemljišta i obrnuto, što se može objasniti položajem nivoa podzemne vode od 100 do 200 cm dubine i oblikom reljefa, pri čemu je omogućeno nesmetano ascedentno kretanje mobilnih soli (Putarić, 1994; Miljković, 1963).

Iz navedenih razloga u Institutu za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Univerziteta u Novom Sadu vrše se proučavanja sa aspekta podizanja odgovarajućih oblika zasada drveća, radi sprečavanja daljeg zaslanjivanja ovakvih zemljišta (Ivanišević et al., 2013). Podizanje odgovarajućih zasada drveća, bilo u obliku linijskih ili prstenastih površina, formirajući tampon zonu oko pravih slatinica, oranice bi se zaštitile od različitih degradacionih procesa, među kojima je i salinizacija. U ovom slučaju šume imaju semimeliorativnu funkciju, smanjujući evaporaciju, štetno dejstvo vetra, poboljšavajući mikroklimu, čime sprečavaju ugrožavajući efekat štetnih soli u zemljištu. Važan deo ovog procesa je i izbor drvenastih vrsta, koje će moći da podnesu značajan broj nepopoljnih fizičkih i hemijskih karakteristika navedenih zemljišta i pri tome doprineti ublažavanju degradacionih procesa (Kadović, 1983; Galić, 2003; Ivanišević et al., 2013).

Cilj ovog istraživanja je bio da se ispita preživljavanje repro i sadnog materijala izabranih žbunastih i drvenastih vrsta tolerantnih prema uslovima alkalizacije, a time i mogućnost zasnivanja zasada na zemljištu tipa solonjec. Istraživanje je pokrenuto radi procene mogućnosti korišćenja žbunastih i drvenastih vrsta i optimizacije tehnologije gajenja u pravcu ublažavanja degradacionih procesa alkalizacije, kao i melioracije slatinastih zemljišta.

## MATERIJAL I METOD

### Osobine zemljišta

Ogled je postavljen u blizini mesta Kovilj, na dva lokaliteta, u okviru depresije koja je u geološkoj prošlosti bila rukavac reke Dunav, a sada se nalazi u zaštićenoj zoni. Morfološke osobine zemljišta su prikazane u tabeli 1. Zemljište pripada sistematskoj jedinici Solonjec, sa stratigrafском грађом: **AE-B<sub>t,na</sub>-C<sub>ca</sub>-G<sub>r</sub>**. Horizont **AE** (0-15 cm) čini siva praškasta glina, beskarbonatan je, bestrukturan, slabo humozan, vertikalno puca, a korenje se poput finih niti pruža duž pukotina. Jasno prelazi u sloj **B<sub>t,na</sub>** (15-60 cm) koji čini sivo crna glina, beskarbonatna, stubaste stukture, vertikalno puca, a korenje dopire do 35 cm. Jasno prelazi u sloj **C<sub>ca</sub>** (60-130 cm) koji čini prljavo žuti les, praškasta glina, sa brojnim nakupinama  $\text{CaCO}_3$ , brojnim konkrecijama Fe i Mn. Oštro prelazi u sloj **G<sub>r</sub>** ( $> 130 \text{ cm}$ ) koji čini aluvijalni nanos, sivo rđasta peskovita ilovača, sa znacima intenzivnih oksidoredukcionalnih procesa. Na dan snimanja (10.09.2014.), na 200 cm dubine nije bilo vode. Uočeni su tipični predstavnici halofitne biljne zajednice (*Statica gmelini*, *Mentha* sp., *Festuca* sp., a na mikrouzvišenjima: *Crataegus* sp, *Prunus spinosa*, *Ulmus* sp, i *Rosa* sp.) (Slika 1).



a) Halofitne biljne zajednice  
a) Halophytic plant commutes



b) Profil zemljišta (Solonjec)  
b) Soil profile (Solonjec)

**Slika 1.** Zemljište na kome je postavljen ogled  
**Figure 1.** The soil on which the experiment was established

Lokaliteti su nedaleko jedan od drugog, a razlikuju se samo po visinskom hidrološkom polpožaju,, stim da je lokalitet 1 ima nešto viši položaj u odnosu na lokalitet 2 (visinska razlika od oko 0,5 - 1 m). Tokom proleća na lokalitetu 2 je bilo pojave ležanja vode. Prijem repromaterijala se odvijao u uslovima učestalih padavina, nadprosečne visine za ovaj period godine.

**Tabela 1.** Granulometrijski sastav zemljišta*Table 1. Granulometric soil compositon*

Horizont Horizon	Dubina (cm) Depth (cm)	Krupni pesak Coarse sand	Sitni pesak Fine sand	Prah Silt	Koloidna glina Colloidal clay	Ukupan pesak Total sand	Ukupna glina Total clay	Teksturna klasa Texture class
AE	0-15	3,8	47,2	32,3	16,6	51,1	48,9	Ilovača Loam
Bt,na	15-60	0,4	28,4	28,3	42,9	28,8	71,2	Gлина Clay
Cca	60-130	1,1	21,5	45,5	31,8	22,6	77,4	Glinovita ilovača Clayish loam
Gr	>130	1,1	48,9	35,0	15,1	50,0	50,0	Ilovača Loam
Prosek Average		1,6	36,5	35,3	26,6	38,2	61,8	

Prema granulometrijskom sastavu može se konstatovati da je u istraživanom zemljištu najmanji sadržaj frakcije krupnog peska, u proseku 1,6%, povećan je ideo frakcije sitnog peska 36,5%, te praha od 35,3%, dok je nešto niži sadržaj frakcije koloidne gline sa 26,6%. Takođe se jasno vidi vertikalna teksturna diferencijacija ove frakcije, odnosno pojava iluvijalnog B<sub>tna</sub> horizonta. Vidi se da u ovom zemljištu u proseku preovladava sadržaj ukupne gline 61,8%, u odnosu na sadržaj ukupnog peska 38,2%. Prema navedenom granulometrijskom sastavu za ovo zemljište prevladavaju sledeće teksturne klase: ilovača, gлина i glinovita ilovača.

**Tabela 2.** Hemijske osobine zemljišta*Table 2. Chemical soil properties*

Horizont Horizon	Dubina (cm) Depth (cm)	pH	Humus (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Ukupne soli (%) Total salts (%)
AE	0-15	7,42	0,90	15,91	0,08
Bt,na	15-60	9,76	0,47	17,66	0,30
Cca	60-130	9,73	0,13	18,24	0,16
Gr	>130	9,31	0,03	15,98	0,02
Prosek Average		<b>9,05</b>	<b>0,38</b>	<b>16,95</b>	<b>0,14</b>

Analizirajući hemijske osobine ovog zemljišta (tabela 2) konstataju se da je prosečna pH vrednost za zemljište profila 1 iznosila 9,05. Prema navedenim prosečnim vrednostima ova zemljišta svrstavamo u jako alkalna. Najveći sadržaj humusa je u površinskom horizontu, te sadržaj humusa opada sa dubinom profila. Prosečne vrednosti sadržaja humusa od 0,38% kod profila 1 svrstavaju ovo zemljište u vrlo slabo humozno. Sadržaj karbonata raste blago sa dubinom zemljišta, osim u najnižim Gr horizontima, gde je ta vrednost najmanja. Prosečne vrednosti karbonata su 16,95%, te ova zemljišta prema klasifikaciji svrstavamo u jako karbonatna zemljišta. Sadržaj ukupnih soli varira u ovim zemljištima te je najveći u iluvijalnim B<sub>t,na</sub> horizontu i C<sub>ca</sub>, sa vrednostima od 0,30% i 0,16%, što ukazuje na pojavu povećane alkalizacije u ovim horizontima.

Analizirano alkalizovano zemljište je iz klase solonci, tipa solonjec, morfološke građe AE-Bt,na-Cca-Gr. Kod ovih zemljišta je prisutna teksturna diferencijacija usled eluvijalno-iluvijalnih procesa iz površinskih horizonata u

horizont iluvijacije. Horizont determinacije ovih zemljišta je iluvijalni Bt, na horizont na dubini od 15-60 cm, koji se odlikuje visokim učešćem ukupne gline (preko 71%) i visokim sadržajem ukupnih soli (0,30%), debljine je od 45 cm, stubaste strukture, te nepovoljnih vodno-vazdušnih osobina. Karakteristike ovih alkalizovanih zemljišta ukazuju na mogućnost pošumljavanja ovakvih staništa odgovrajućim drvenastim vrstama, tolerantnim na alkalinaciju.

### Biljni materijal i zasnivanje ogleda

Ogled u poljskim uslovima je postavljen sredinom januara 2014., na dva lokaliteta u pet ponavljanja, sa sedam žbunastih i drvenastih vrsta. Izbor vrsta vršen je na osnovu saznanja o njihovoj tolerantnosti prema negativnim uticajima abiotičkih faktora koji su mogli da se očekuju, prvenstveno alkalna reakcija zemljišta, slab vazdušni kapacitet, visok sadržaj gline, značajno prisustvo vode u zemljištu tokom proleća i slaba pristupačnost vode tokom leta, kao i mogućim pozitivnim efektima vrste u smislu dobijanja sekundarnih proizvoda i popravke zemljišta.

**Tabela 3.** Ispitivane drvenaste vrste i njihove osobine značajne za uzgoj na slatinama

*Table 3. Examined tree species and their properties that are important for growing on salty soils*

Vrsta Species	Značajne osobine <i>Important properties</i>
<i>Quercus robur L.</i>	Dobro podnosi sušne uslove i širok raspon od peskovitog do glinovitog zemljišta, kao i širok raspon pH zemljišta. Umereno je tolerantan na zaslanjenosti i dobro podnosi plavljenje <i>Drought, flood, wide soil texture range, wide soil pH range tolerance. Moderately tolerant to salinity</i>
<i>Quercus cerris L.</i>	Dobro podnosi sušne uslove i širok raspon od peskovitog do glinovitog zemljišta. Tolerantan je na zaslanjenosti, ali traži ocedna zemljišta. <i>Drought, wide soil texture, salinity tolerance, but not for flooding</i>
<i>Robinia pseudoacacia L.</i>	Odljčna izdraživa moć, izuzetno medonosna, u simbiozi sa bakterijama azotofiksatorima, odljčno podnosi sušne uslove i peskovita zemljišta, ali traži ocedna zemljišta. <i>Good sprouting, high nectar production, symbioses with nitrogen fixing bacteria, tolerance for drought, sandy soil texture, but not for flooding.</i>
<i>Fraxinus angustifolia Vahl.</i>	Veoma dobro podnosi poplavljena, zabarena, teška zemljišta, i širok raspon pH. U izvesnoj meri je tolerantna prema zaslanjenom zemljištu i sušnim intervalima tokom vegetacionog perioda. <i>Flooding, clayish soil, wide soil pH tolerance. Moderate tolerance for salinity and drought during growing period.</i>
<i>Eleagnus angustifolia L.</i>	Medonosna, plodovi su jestivi, tolerantna prema sušnim uslovima, ali i plavljenju. Takođe pokazuje tolerantnost prema zaslanjenim i alkalizovanim, ali ne i prema zakišeljenim zemljištima. U simbiozi sa aktinobakterijama roda <i>Frankia</i> sp. koje vrše azotofiksaciju. <i>High nectar production, edible fruits, drought and flooding tolerance. Also, tolerant to salty and alkalized, but not to acidic soils. Symbiosis with nitrogen fixation <i>Frankia</i> sp. actionobacteria.</i>
<i>Morus alba L.</i>	Plod jestiv. Tolerantan je prema zaslanjenosti zemljišta i podnosi široki raspon pH. Umereno podnosi sušne i uslove plavljenja <i>Edible fruits. Tolerant to soil salinity and wide soil pH range. Moderately tolerant to drought and flooding.</i>
<i>Populus alba L.</i>	Dobro podnosi široki raspon uslova zemljišta kako po teksturi i po pH. Umereno tolerantna prema poplavama i zaslanjenosti zemljišta. <i>Tolerant to wide soil texture and soil pH range. Moderately tolerant to flooding and soil salinity.</i>

U tom smislu su testirane drvenaste vrste, uglavnom u skladu sa rezultatima i preporukama Kadović, (1983), Galić, (2003) i Ivanišević et al., (2013):

hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), cer (*Quercus cerris* L.), bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.), poljski jasen (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), dafina (*Eleagnus angustifolia* L.), beli dud (*Morus alba* L.) i domaća bela topola (*Populus alba* L.) (Tabela 3).

Pri zasnivanju ogleda korišćen je sledeći reprodukcioni i sadni materijal: za hrast lužnjak i cer korišćen je žir, posejan 4-5 komada u kućice na dubinu od oko 5 cm, bagrem, poljski jasen, dafinu i beli dud sadnice 1+0, visine 50-100 cm, a za belu topolu sadnice 2/2 visine 2-2,5 m. Sadnice su posadene normalnom sadnjom na dubinu od oko 20-50 cm u zavisnosti od veličine sadnice. Razmak između kućica, odnosno sadnica je bio 3 × 1,5 m.

Ocena preživljavanja vršena je u dva termina: 26.05.2014. i 15.08.2014., kako bi se dobili rezultati preživljavanja nakon prolećnog perioda, sa visokim prisustvom vode, i nakon sušnog perioda, sa smanjenom obezbeđenošću vode. Ipak, s obzirom na činjenicu da je tokom letnjih meseci pala visoka količina padavina, ove godine je izostao očekivani uticaj suše. Takođe ovu godinu je karakterisao i jak napad glodara, što je posebno negativno delovalo na preživljavanje kljanaca ispitivanih vrsta roda *Quercus* sp. Statistička obrada podataka izvršena je uz pomoć programskog paketa STATISTICA 12.0 (StatSoft, 2013).

## REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati analize varijanse ukazuju na značajan uticaj razlika između vrsta i slab uticaj lokacije na variranje preživljavanja. Prema F-vrednosti, najznačajniji je bio uticaj razlika među vrstama, a u manjoj meri i razlike u preživljavanju između rokova merenja. Uticaj razlika među lokacijama je bio slab, ali je značajna interakcija vrsta×lokacija što ukazuje na razlike u reakciji pojedinih vrsta na razlike među ispitivanim lokacijama. Takođe je značajan i uticaj interakcije vrsta×rok merenja, što ukazuje i na razlike među ispitivanim vrstama u preživljavanju između dva roka merenja, kao i interakcija lokacija×rok merenja, koja ukazuje na razlike u preživljavanju ispitivane grupe vrsta na pojedinim lokacijama između dva merenja (Tabela 4).

Prema rezultatima testa najmanjih značajnih razlika može se konstatovati da su se ispitivane vrste veoma razlikovale u prijemu reprodukcionog i sadnog materijala (Tabela 5). Najbolji prijem sadnog materijala ostvarili su *Fraxinus angustifolia* i *Populus alba* (preko 90%). Međutim, treba da se ima u vidu neuobičajeno velika količina padavina u toku letnjeg perioda, te za konačnu ocenu treba sačekati godinu sa karakteristično sušnim letom. Ipak, i u takvim uslovima uočen je značajan pad u preživljavanju ove dve vrste na nižoj lokaciji od oko 10%. Sa druge strane, ove dve vrste su odlično podnele visoke prolećne padavine, koje su sa visokim sadržajem gline i slabom strukturom zemljišta, koja može da se očekuje na zaslanjenom zemljištu, predstavlja pravi test tolerantnosti prema uslovima prezasićenost zemljišta vodom u relativno dugom periodu. U tom smislu obe vrste zaslужuju posebnu pažnju u daljim istraživanjima.

**Tabela 4.** Rezultati trofaktorijske analize varijanse za preživljavanje ispitivih vrsta  
**Table 4.** Results of three way ANOVA for survival of examined species

Izvori variranja <i>Sources of variation</i>	Suma kvadrata <i>Sum of squares</i>	Stepeni slobode <i>Degrees of freedom</i>	Sredina kvadrata <i>Mean of squares</i>	F-test
Vrsta Species (A)	123009,1	6	20501,5	241,816 **
Lokacija Site (B)	47,2	1	47,2	0,556
Rok merenja (C) <i>Time of measurement (C)</i>	492,6	1	492,6	5,81 *
Interakcija AxB <i>Interaction AxB</i>	2928,4	6	488,1	5,757 **
Interakcija AxC <i>Interaction AxC</i>	1815,7	6	302,6	3,569 **
Interakcija BxC <i>Interaction BxC</i>	431,2	1	431,2	5,087 *
Interakcija AxBxC <i>Interaction AxBxC</i>	312,5	6	52,1	0,614
Pogreška Error	9495,5	112	84,8	



**Slika 2.** Sadnica bele topole koja je dala novi izbojak na donjem delu starog osušenog izbojka

**Figure 2.** White poplar plant that gave new shoot at the basis of old decayed shoot

U ovom ogledu primetna je bila i pojava sušenja vrha izbojka, da bi novi izbojak krenuo iz bočnog pupa, najčešće iz donjeg dela izbojka (Slika 2). Ova pojava je bila izražena kod vrsta bela topola, bagrem, beli dud i dafina i odgovorna je za pojavu da su u nekim tretmanima vrednosti preživljavanja više u avgustu nego u maju. To ukazuje i da bi i jaka izdanačka moć mogla da bude poželjna osobina prilikom izbora vrste, kao i na potrebu da se ispita mogućnost korišćenja čepovanja prilikom zasnivanja zasada na zemljištu opisanih svojstava.

**Tabela 5.** Rezultati srednje vrednosti sa testom najmanje značajne na osnovu trofaktorijske analize varijanse**Table 5. Results of least significant difference test based on three-way ANOVA**

Vrsta <i>Species</i>	Lokacija <i>Site</i>	Rok merenja <i>Time of measurement</i>	Preživljavanje <i>Survival (%)</i>	Vrsta <i>Species</i>	Lokacija <i>Site</i>	Rok merenja <i>Time of measurement</i>	Preživljavanje <i>Survival (%)</i>				
<i>Vrsta</i> × <i>Lokacija</i> ×Rok merenja <i>Species</i> × <i>Site</i> × <i>Time of measurement</i>											
<i>Species</i> × <i>Time of measurement</i>											
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1 <sup>1)</sup>	5 <sup>2)</sup>	33,71 <sup>g</sup>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	5	44,78 <sup>f</sup>					
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1	8	39,83 <sup>fg</sup>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	8	35,73 <sup>f</sup>					
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2	5	56,11 <sup>ef</sup>	<i>Fraxinus angustifolia</i>	5	100,00 <sup>a</sup>					
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2	8	31,74 <sup>g</sup>	<i>Fraxinus angustifolia</i>	8	97,43 <sup>b</sup>					
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1	5	100,00 <sup>a</sup>	<i>Populus alba</i>	5	99,90 <sup>ab</sup>					
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1	8	99,59 <sup>ab</sup>	<i>Populus alba</i>	8	91,05 <sup>c</sup>					
<i>Fraxinus angustifolia</i>	2	5	100,00 <sup>a</sup>	<i>Quercus robur</i>	5	0,00 <sup>h</sup>					
<i>Fraxinus angustifolia</i>	2	8	93,52 <sup>bc</sup>	<i>Quercus robur</i>	8	0,00 <sup>h</sup>					
<i>Populus alba</i>	1	5	100,00 <sup>a</sup>	<i>Quercus cerris</i>	5	11,21 <sup>g</sup>					
<i>Populus alba</i>	1	8	93,52 <sup>bc</sup>	<i>Quercus cerris</i>	8	6,68 <sup>g</sup>					
<i>Populus alba</i>	2	5	99,59 <sup>ab</sup>	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	5	67,99 <sup>e</sup>					
<i>Populus alba</i>	2	8	88,23 <sup>cd</sup>	<i>Elaeagnus angustifolia</i>	8	81,81 <sup>cd</sup>					
<i>Quercus robur</i>	1	5	0,00 <sup>i</sup>	<i>Morus alba</i>	5	81,03 <sup>d</sup>					
<i>Quercus robur</i>	1	8	0,00 <sup>i</sup>	<i>Morus alba</i>	8	79,90 <sup>de</sup>					
<i>Quercus robur</i>	2	5	0,00 <sup>i</sup>	<i>Lokacija</i> ×Rok merenja <i>Site</i> × <i>Time of measurement</i>							
<i>Quercus robur</i>	2	8	0,00 <sup>i</sup>	1	5	58,98 <sup>a</sup>					
<i>Quercus cerris</i>	1	5	3,21 <sup>i</sup>	1	8	58,57 <sup>a</sup>					
<i>Quercus cerris</i>	1	8	1,65 <sup>i</sup>	2	5	62,98 <sup>a</sup>					
<i>Quercus cerris</i>	2	5	23,21 <sup>gh</sup>	2	8	50,46 <sup>b</sup>					
<i>Quercus cerris</i>	2	8	14,75 <sup>h</sup>	<i>Vrsta Species</i>							
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	1	5	66,66 <sup>e</sup>	<i>Robinia pseudoacacia</i>		40,21 <sup>c</sup>					
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	1	8	87,70 <sup>cd</sup>	<i>Fraxinus angustifolia</i>		99,35 <sup>a</sup>					
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	2	5	69,31 <sup>e</sup>	<i>Populus alba</i>		97,21 <sup>a</sup>					
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	2	8	75,07 <sup>de</sup>	<i>Quercus robur</i>		0,00 <sup>e</sup>					
<i>Morus alba</i>	1	5	89,04 <sup>cd</sup>	<i>Quercus cerris</i>		8,81 <sup>d</sup>					
<i>Morus alba</i>	1	8	90,45 <sup>c</sup>	<i>Elaeagnus angustifolia</i>		75,23 <sup>b</sup>					
<i>Morus alba</i>	2	5	71,43 <sup>e</sup>	<i>Morus alba</i>		80,47 <sup>b</sup>					
<i>Morus alba</i>	2	8	66,66 <sup>e</sup>	<i>Lokacija Site</i>							
<i>Vrsta</i> × <i>Lokacija Species</i> × <i>Site</i>								1	58,78 <sup>a</sup>		
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1		36,74 <sup>e</sup>		2	56,77 <sup>a</sup>					
<i>Robinia pseudoacacia</i>	2		43,73 <sup>e</sup>	<i>Rok merenja</i> Time of measurement							
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1		99,90 <sup>a</sup>	5	60,99 <sup>a</sup>						
<i>Fraxinus angustifolia</i>	2		98,35 <sup>ab</sup>	8	54,53 <sup>b</sup>						
<i>Populus alba</i>	1		98,35 <sup>ab</sup>								
<i>Populus alba</i>	2		95,77 <sup>bc</sup>								
<i>Quercus robur</i>	1		0,00 <sup>h</sup>								
<i>Quercus robur</i>	2		0,00 <sup>h</sup>								
<i>Quercus cerris</i>	1		2,37 <sup>g</sup>								
<i>Quercus cerris</i>	2		18,79 <sup>f</sup>								
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	1		78,10 <sup>d</sup>								
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	2		72,23 <sup>d</sup>								
<i>Morus alba</i>	1		89,76 <sup>c</sup>								
<i>Morus alba</i>	2		69,07 <sup>d</sup>								

<sup>1)</sup> Oznake za lokaciju: 1 - viši položaj, 2 - niži položaj *Tables for site: 1 - higher position, 2 - lower position*

<sup>2)</sup> Oznake za rok merenja: 5 - 26.05.2014., 8 - 15.08.2014. *Tables for time of measurement: 5 - 26.05.2014, 8 - 15.08.2014*

Vrste *Morus alba* i *Elaeagnus angustifolia* su pokazale zadovoljavajući nivo preživljavanja od blizu 70%, stim da je dud pokazao značajno lošiji prijem na nižoj lokaciju u odnosu na višu.

Relativno loši rezultati su dobijeni sa vrstom *Robinia pseudoacacia* (30-40% prijema), što je najverovatnije u vezi sa njegovom slabom tolerancijom prema zasićenosti zemljišta vodom u prolećnom delu vegetacionog perioda. Na to ukazuje i činjenica da je na lokaciji sa nižom pozicijom dobijen oštar pad preživljavanja tokom letnjih meseci u odnosu na lokaciju sa višom pozicijom.

Veoma loši rezultati dobijeni sa setvom žira vrsta roda *Quercus sp.* ukazuju na potrebu korišćenja sadnog materijala, ili tretiranja žira sredstvima protiv napada glodara.

Ohrabruje da je dobijen izvestan prijem žira cera, pri čemu je za preporuku setva veće količine žira u redove, uz intenzivnu zaštitu od korova.

Rezultati preživljavanja u prvoj vegetacionoj sezoni ukazuju na zadovoljavajući prijem, pogotovo u slučaju *Fraxinus angustifolia* i *Populus alba*. Ipak, naredne godine će nam dati dodatne informacije o pogodnosti njihovog uzgoja na zemljištu opisanih osobina. Naime, prema podacima Kadović, (1983) prijem sadnog materijala može da bude zadovoljavajući na početku ophodnje, ali kasnije procenat preživljavanja značajno opada. Njegovi rezultati ukazuju da su od sadnica koje su preživele početak ophodnje u najvećem procentu (oko 50%) nakon trideset godina opstale biljke *Fraxinus angustifolia*, *Acer platanoides* i *Elaeagnus angustifolia*. Biljke ostalih ispitivanih vrsta su u značajnoj meri propale tj. ukupan procenat preživljavanja je pao ispod 10%. Među ovim vrstama su bili i *Robinia pseudoacacia*, *Populus alba*, *Morus alba* i *Quercus pedunculata*. Rezultati ovog autora ukazuju na potrebu višegodišnjeg kontinuiranog praćenja ogleda na slatinama u cilju optimizacije izbor vrsta i tehnologije uzgoja.

## ZAKLJUČCI

I pored činjenice da su istraživanja sprovedena na zemljištu izuzetno nepovoljnih fizičkih i hemijskih osobina sistematske jedinice solonjec, rezultati ukazuju da u uslovima obezbeđenosti dovoljnim količinama vlage može da se ostvari zadovoljavajući prijem sadnica ispitivnih drvenastih vrsta. Posebno se ističu poljski jasen i domaća bela topola (preko 90%), i dafina i beli dud (blizu 70%). Vrste su različito regovale na položaj u odnosu na mikroreljef terena, pri čemu je niža pozicija značajno više odgovarala vrsti *Quercus cerris*, a štetila je vrstama *Robinia pseudoacacia* i *Morus alba*. Uspeh u formiraju novog izbojka nakon sušenja vrha sadnice je pomogla u preživljavanju pojedinih sadnica bele topole, bagrema, belog duda i dafine, što ukazuje da bi jaka izdanačka moć mogla da bude poželjna osobina prilikom izbora vrste za zasnivanje zasada na zemljištu opisanih svojstava. Ipak, treba istaći da uslovi koji su vladali tokom leta ove godine nisu bili uobičajeni za ovo podneblje, pa ni dovoljno kritični da bi se dobila relevantna ocena tolerantnosti navedenih vrsta prema uslovima suše tokom letnjih meseci na

opisanom zemljištu. Takođe, za valjanu ocenu neophodno je da se nastavi sa kontinuiranim višegodišnjim praćenjem zasada.

### Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Izbor tehnoloških postupaka za pošumljavanje površina ugroženih degradacionim procesima u Vojvodini“ koji finansira Pokrajinski sekretarijat za nauku i tehnološki razvoj AP Vojvodine i projekta III43007 „Istraživanje klimatskih promena i njihovog uticaja na životnu sredinu praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

### LITERATURA

- Galić, Z. (2003): Izbor vrsta drveća za pošumljavanje različitih staništa Vojvodine. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad: pp. 120.
- Ivanišević, P., Galić, Z., Pekeč, S., Rončević, S., Andrašev, S. (2011): Podizanje šuma u funkciji zaštite i očuvanja od zaslajivanja poljoprivrednih površina u Vojvodini. Topola 187/188: 183-193.
- Ivanišević, P., Galić, Z., Pekeč, S., Rončević, S., Andrašev, S., Kovačević, B. (2013): Značaj podizanja bafer šuma u funkciji zaštite od degradacionog procesa alkalizacije primarnih poljoprivrednih zemljišta u Vojvodini. Topola 191/192: 51-62.
- Kadović, R. (1983): Istraživanja tolerantnosti nekih šumskih vrsta prema solima u halomorfnim zemljištima. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd, pp. 201.
- Miljković, N. (1963): Karakteristike vojvođanskih slatina. Savez vodnih zajednica SR Srbije, Novi Sad: pp. 204.
- Putarić, V. (1994): Hidrološki uslovi Vojvodine. U: Uređenje, korišćenje i zaštita voda Vojvodine, Poljoprivredni fakultet, Institut za uređenje voda, Novi Sad: 3-15.
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)

### **Summary**

#### **SURVIVAL OF TREE SPECIES IN ECOLOGICAL CONDITIONS OF SOLONJEC**

by

Rončević, S., Kovačević, B., Andrašev, S., Pekeč, S.

The experiment in field conditions is set in mid January 2014 in order to examine the reaction of the following seven shrub and tree species: Pedunculate oak (*Quercus robur* L.), Turkey oak (*Quercus cerris* L.), Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), Narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), Russian olive (*Eleagnus angustifolia* L.), White mulberry (*Morus alba* L.) and White poplar (*Populus alba* L.). Most of the species were established by plants (3 × 1,5 m), while for *Quercus* species acorns were sown in drills. The trial was set on solonjec soil type, within the depression that is probably the old inlet of river Danube. Two sites that are close to each other were examined. Sites differed in position in microrelief where one site was on slightly lower position than the other. The trial was set in five repetitions. The selection of species is performed according to their tolerance on negative influence of abiotic factors that could be expected on solonjec soil type, as well as possible positive effect of species considering their secondary products and soil improvement. The results indicate satisfactory survival of most of examined species within the first growing period, especially of Narrow-leaved ash and White poplar, as well as differences in reaction of examined species on differences in sites. The survival of black locust plants was relatively poor (lower than 40%), especially on the lower site. Acorns of Pedunculate oak did not survive, presumably due to rodents, but Turkey oak made relatively better (around 10%) and this species could be proposed for further research. Obtained results of the research are mostly in concordance with the earlier research. However, the final evaluation should be made after the continuous multianual assessment.



**UDK: 630\*228.7:582.681.81**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## **UTICAJ GENOTIPA I SREDINE NA KOLONIZACIJU KORENA TOPOLA MIKORIZNIM I ENDOFITSKIM GLJIVAMA**

Katanić Marina<sup>1</sup>, Pilipović Andrej<sup>1</sup>, Kovačević Branislav<sup>1</sup>, Pekeč Saša<sup>1</sup>, Novčić Zoran<sup>1</sup>

**Izvod:** Cilj ovog rada je da se utvrdi uticaj klena i lokaliteta na kolonizaciju korena topola ektomikoriznim, arbuskularno mikoriznim i tamnim septiranim endofitskim gljivama. Istraživanja su sprovedena u zasadima klonskih topola različite starosti na lokalitetima Tomaševac, Banov Brod i Kupinovo. Stepen kolonizacije korena topole pomenutim gljivama je utvrđen na klonovima „Bora“, „Antonije“ i „PE16/99“. Utvrđen je značajan efekat lokaliteta na kolonizaciju ektomikoriznim gljivama i odnos između kolonizacije arbuskularno mikoriznim i ektomikoriznim gljivama. Klonovi su ispoljili značajne razlike u stepenu kolonizacije arbuskularno mikoriznim gljivama.

**Ključne reči:** *Populus*, klon, lokalitet, mikorize, endofite

### **INFLUENCE OF GENOTYPE AND ENVIRONMENT ON POPLAR ROOTS COLONIZATION WITH MYCORRHIZAL AND ENDOPHYTIC FUNGI**

**Abstract:** The aim of this study was to analyze the effect of clone and site on poplar root colonization with ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septated endophytic fungi. Studies were conducted in poplar clones' plantations of different age on sites Tomaševac, Banov Brod and Kupinovo. Poplar's root colonization rate of mentioned fungi was determined on clones „Bora“, „Antonije“ and „PE16/99“. Significant effect of site on colonization with ectomycorrhizal fungi was determined as well as on ratio between colonization with arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. Clones manifested significant differences in colonization rate with arbuscular mycorrhizal fungi.

**Key words:** *Populus*, clone, site, mycorrhizae, endophytes

---

<sup>1</sup> Dr Marina Katanić, naučni saradnik; Dr Andrej Pilipović, naučni saradnik, Dr Branislav Kovačević, viši naučni saradnik, Dr Saša Pekeč, naučni saradnik, Dipl. ing. Zoran Novčić, stručni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizjsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Srbija.

## UVOD

Topole su široko rasprostranjene brzorastuće drvenaste vrste sa visokim biotehnološkim potencijalom (Klopfenstein et al., 1997). Pored toga što se koriste u agrošumarskim sistemima (Eichhorn et al., 2006) i zasadima kratke ophodnje za dobijanje biomase (Klašnja et al., 2006) imaju i značajnu primenu u fitoremedijaciji (Newman et al., 1997). Rod *Populus* spada u retke rodove drveća koji obrazuje funkcionalnu mikoriznu asocijацију sa ektomikoriznim (ECM) i arbuskularno mikoriznim (AM) gljivama u isto vreme (Karlinski et al., 2010). Razlike u preferenciji staništa, koje se javljaju kod AM i ECM gljiva, mogu da doprinesu širokoj ekološkoj valenci i širokoj geografskoj distribuciji biljnih vrsta sa dvojnom kolonizacijom (Neville et al., 2002). Mikorizna kolonizacija olakšava rast i zasnivanje zasada topola u ekstremnim uslovima i čini ih pogodnim izborom za svrhe pošumljavanja i remedijacije (Khan et al., 2006).

Obrazovanje ECM kod topola je pod genetičkom kontrolom (Tagu et al., 2001, Tagu et al., 2005), kao i kolonizacija njihovih korena AM gljivama (Takács et al., 2005). Neville et al. (2002) su kod *Populus tremuloides* uočili negativnu korelaciju između naseljenosti ECM i AM gljivama i sugerisali da one preferiraju različite slojeve zemljišta, dok su Saravesi et al., (2011) opazili prisustvo AM spora u ECM plasti i zaključili da oba tipa mikorize mogu da koegzistiraju u istom segmentu korena. Kod velikog broja vrsta i hibrida topola opažen je varijabilan odnos između ECM i AM u dvojnoj mikoriznoj kolonizaciji (Vozzo i Hacska, 1974; Neville et al., 2002; Khasa et al., 2002; Gehring et al., 2006). Utvrđeno je da različiti faktori kao što su: starost biljke (Paul i Clark, 1996), potencijal inokuluma gljiva (van der Heijden i Vosatka, 1999), vlaga u zemljištu (Lodge, 1989; Gehring et al., 2006; Karlinski et al., 2010), đubrenje azotom (Kosola et al., 2004) kao i sama genetika biljke domaćina (Khasa et al., 2002) mogu da utiču na karakter ECM/AM kolonizacije. Tamne septirane endofitske (END) gljive su imale značajan efekat na ECM/AM kolonizaciju. Uticaj vlage na ovaj odnos se pokazao značajnijim od zagadenja (Karlinski et al., 2010) kao i od genetike biljaka (Gehring et al., 2006). Fertilizacija je takođe imala efekta na ECM/AM kolonizaciju tako što je dodatak azota uslovio povećanje naseljenosti ECM i smanjenje kolonizacije AM gljivama (Kosola et al., 2004).

Cilj rada je bio da se analizira efekat unutrašnjih (genetskih) i spoljašnjih (sredinskih) faktora na kolonizaciju korena tri genotipa crne topole (sekcija *Aigeiros* Dode) ektomikoriznim, arbuskularno mikoriznim i tamnim septiranim endofitskim gljivama.

## MATERIJAL I METOD

Uzorci zemljišta su uzeti u zasadima topola na tri lokaliteta Tomaševac, Banov Brod i Kupinovo koji su zasnovani klonovima Bora (*Populus deltoides*), Antonije (*Populus deltoides* × (*P. deltoides* × *P. nigra*)) i PE16/99 (*Populus*

*deltoides*) u vidu blok sistema sa tri ponavljanja. Sva tri lokaliteta su izložena povremenom plavljenju.

Na lokalitetu „Tomaševac“ u Potamišju istraživanja su urađena u zasadu starom 10 godina (koordinate: N 45° 16' 30,55", E 20° 36' 57,04"). Nadmorska visina lokaliteta je 75-78 m, prosečna godišnja količina padavina je 562,1 mm, dok je prosečna godišnja temperatura vazduha 10,9°C (prema podacima Republičkog hidrometerološkog zavoda Srbije za Zrenjanin).

Na lokalitetu „Banov Brod“ u Posavini u blizini sela Bosut istraživanja su obavljena u zasadu starom 14 godina (koordinate: N 44° 55'51,88", E 19° 23' 05,42"). Nadmorska visina lokaliteta je 78-81 m, prosečna godišnja količina padavina je 579,6 mm, dok je prosečna godišnja temperatura vazduha 10,8°C (prema podacima Republičkog hidrometerološkog zavoda Srbije za Sremsku Mitrovicu).

Na lokalitetu „Kupinovo“ u Posavini istraživanja su urađena u zasadu starom 13 godina (koordinate: N 44° 42' 21.21", E 20° 02' 06.14"). Nadmorska visina lokaliteta je 71-76 m, prosečna godišnja količina padavina je 579,6 mm, dok je prosečna godišnja temperatura vazduha 11,9°C °C (prema podacima Republičkog hidrometerološkog zavoda Srbije za Beograd).

U decembru 2013, sondom zapremine 274ml i dužine 18cm, su uzeti uzorci zemljišta na udaljenosti oko 1m od stabla. Za svaki klon je uzeto po 5 uzoraka zemljišta po bloku koji su zatim spojeni u jedan zajednički uzorak, U laboratoriji su koreni topole izdvajeni od zemljišta, kamenja i zeljastih korenova na osnovu vizuelne procene. Sitni koreni (prečnika do 2 mm) su skalpelom isećeni na fragmente od oko 1cm, a zatim su oprani. Prema protokolu koji su dali Kormanik i McGraw, (1982), a modifikovali Karlinski et al., (2010), koreni su prvo obezbojeni kuhanjem u 10% KOH na 90°C, a zatim su izbeljeni u alkalnom vodonik-peroksidu i ofarbani tripan plavom bojom (Tryphan blue) tako što su držani u 0,05% rastvoru boje od 7 do 10 minuta. Obojeni koreni su do mikroskopiranja držani u laktoglicerolu, u kome su pravljeni i mikroskopski preparati.

Kolonizacija korenova ECM, AM i END gljivama je procenjena korišćenjem metoda intersekcije (McGonigle et al., 1990) pod mikroskopom na uvećanju 100x. Izbrojano je minimum 100 preseka po mikroskopskom preparatu. Na preseku je vršeno brojanje prisutnih ECM, AM i END gljiva, kao i hifa "drugih gljiva", tj. gljiva koje nisu mogle biti svrstane ni u jednu od prethodnih kategorija. Presek korenova na kom nije bilo nikakvih struktura je računat kao "prazan koren". U slučaju AM gljiva brojane su njihove pojedinačne strukture, tj. arbuskule, vezikule, namotaji i hife, a zatim je računata njihova suma. Rezultati su prikazani kao procenat kolonizacije ECM, AM i END gljiva dužinom korenova (%KDK) tj. njihovim učešćem u ukupnom broju preseka. Analize su urađene u Institutu za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Univerziteta u Novom Sadu.

Pre statističke analize izvršena je transformacija podataka kako bi se postigla normalna distribucija. Procentualne vrednosti su transformisane prema arkus-sinus transformaciji korišćenjem Bliss-ove formule (Snedecor i Cochran, 1976). Varijabilnost i značajnost razlika među srednjim vrednostima je ispitana na osnovu analize varijanse i testa najmanje značajne razlike. U tabelama i grafikonima

su predstavljeni retransformisani podaci. Statističke analize su urađene u programu Statistica 12 (StatSoft Inc., 2013).

## REZULTATI

Kod analiziranih klonova sa sva tri lokaliteta je zabeležena dualna kolonizacija korena ECM i AM gljivama, kao i tamnim septiranim END gljivama (Tabela 1).

**Tabela 1.** Test najmanjih značajnih razlika za ispitivana svojstva

*Table 1. Least significant difference test for analyzed characters*

Klon <i>Clone</i>	Lokalitet <i>Site</i>	% KDK ECM* %RLC ECM	% KDK AM %RLC AM	% KDK END %RLC AM	Odnos AM/ECM AM/ECM <i>ratio</i>	% KDK AM+ECM % RLC AM+ECM
Bora	Tomaševac	29,28 a**	21,50 c	0,28 b	0,85 b	53,89 ab
Bora	Banov brod	8,79 c	43,55 ab	3,58 ab	2,56 a	50,50 ab
Bora	Kupinovo	8,30 c	48,84 a	0,87 ab	2,66 a	57,45 a
PE16/99	Tomaševac	14,47 bc	44,50 ab	3,34 ab	1,88 ab	59,03 a
PE16/99	Banov brod	8,64 c	44,54 ab	0,32 b	2,50 a	50,95 ab
PE16/99	Kupinovo	9,31 c	44,45 ab	0,30 b	2,38 a	53,44 ab
Antonije	Tomaševac	23,64 ab	25,23 bc	0,59 ab	1,01 b	52,79 ab
Antonije	Banov brod	8,34 c	30,79 abc	0,72 ab	2,40 a	41,38 ab
Antonije	Kupinovo	10,11 c	26,15 bc	4,84 a	1,77 ab	36,90 b
PE16/99		10,68 a	37,48 ab	0,97 a	2,25 a	55,46 a
Antonije		13,40 a	44,50 a	1,26 a	1,73 a	42,88 b
Bora		14,34 a	27,36 b	1,63 a	2,03 a	53,74 ab
	Tomaševac	22,14 a	29,99 a	1,09 b	1,25 b	53,51 a
	Banov brod	8,59 b	39,53 a	1,22 b	2,49 a	49,37 a
	Kupinovo	9,23 b	39,55 a	1,52 a	2,27 a	49,37 a

\*oznake ispitivanih parametara: kolonizacija dužinom korena ektomikoriznim (%KDK ECM), arbuskularno mikoriznim (%KDK AM), endofitskim gljivama (%KDK END), odnos kolonizacije arbuskularno mikoriznim i ektomikoriznim gljivama (AM/ECM) i ukupna kolonizacija ektomikoriznim i arbuskularno mikoriznim gljivama (%KDK AM+ECM)

\*\*Ista slova upućuju na pripadnost istoj homogenoj grupi na nivou  $\alpha=0,05$  tj. da prema testu najmanje značajne razlike među vrednostima nema statistički značajne razlike

\*labels for analyzed parameters: root lenght colonization with ectomycorrhizal (%RLC ECM), arbuscular mycorrhizal (%RLC AM), endophytic fungi (%RLC END), arbuscular mycorrhizal/ectomycorrhizal fungi colonization ratio (AM/ECM) and total colonization with ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi (%RLC AM+ECM)

\*\*The values with the same letter belong to the same homogenous group at the level  $\alpha=0,05$  i.e. there are no significant difference according to the least significance difference test.

Vrednost kolonizacije ECM gljiva dužinom korena se kretala od 8,3% kod klona Bora u Kupinovu do 29,3% kod istog ovog klona u Tomaševcu. Sa druge strane kolonizacija AM gljiva se kretala od 21,5% kod klona Bora u Tomaševcu do

48,8% kod istog klena u Kupinovu. Takođe, odnos AM/ECM je bio najniži kod klena Bora u Tomaševcu (0,8), a najviši kod istog klena u Kupinovu (2,7). Naseljenost END gljivama je bila najniža kod klena Bora u Tomaševcu, gde je njena vrednost iznosila 0,3%, dok je njena najviša vrednost zabeležena kod klena Antonije u Kupinovu gde je iznosila 4,8%. Ukupna naseljenost ECM i AM gljivama se kretala od 36,9% kod klena Antonije u Kupinovu do 59,0% kod klena PE16/99 u Tomaševcu (Tabela 1).

Iako se ukupna kolonizacija ECM i AM gljivama kod klena Bora nije razlikovala između lokaliteta, ovaj klen je u Tomaševcu imao značajno veću kolonizaciju ECM, manju kolonizaciju AM gljivama i manji AM/ECM odnos u odnosu na ostale lokalitete. Nasuprot klonu Bora, kod klena PE 16/99 nijedan analizirani parametar se nije značajno razlikovao između lokaliteta. Sa druge strane klen Antonije je u Tomaševcu imao značajno višu kolonizaciju ECM gljivama u odnosu na Banov Brod i Kupinovo, dok se kolonizacija AM i END gljivama, AM/ECM odnos i ukupna kolonizacija nije značajno razlikovala između lokaliteta (Tabela 1).

**Tabela 2.** Rezultati dvofaktorijalne analize varijanse za faktore lokalitet i klen za analizirane parametre

*Table 2. Results of two way ANOVA for factors locality and clone for analyzed parameters*

Izvor variranja <i>Source of variation</i>	%KDK ECM %RLC ECM*		%KDK AM %RLC AM		%KDK END %RLC END		Odnos AM/ECM Ratio AM/ECM		%KDK AM+ECM %RLC AM+ECM	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Lokalitet <i>Locality</i>	19,18	0,000	1,80	0,193	0,10	0,901	7,76	0,004	1,29	0,299
Klon <i>Clone</i>	1,37	0,279	4,39	0,028	0,24	0,787	1,21	0,322	2,92	0,080
Interakcija <i>Interaction</i>	1,70	0,192	1,35	0,289	3,12	0,041	0,93	0,468	0,38	0,820

\*oznake ispitivanih parametara: kolonizacija dužinom korena ektomikoriznim (%KDK ECM), arbuskularno mikoriznim (%KDK AM), endofitskim gljivama (%KDK END), odnos kolonizacije arbuskularno mikoriznim i ektomikoriznim gljivama (AM/ECM) i ukupna kolonizacija ektomikoriznim i arbuskularno mikoriznim gljivama (%KDK AM+ECM)

\*labels for analyzed parameters: root lenght colonization with ectomycorrhizal (%RLC ECM), arbuscular mycorrhizal (%RLC AM), endophytic fungi (%RLC END), arbuscular mycorrhizal/ectomycorrhizal fungi colonization ratio (AM/ECM) and total colonization with ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi (%RLC AM+ECM)

Klonovi su bili podjednako kolonizovani ECM i END gljivama, dok su se u pogledu naseljenosti AM gljivama Antonije i Bora značajno razlikovali. Kod klena Antonije je zabeležena najveća kolonizacija AM gljivama, ali u isto vreme i najmanja ukupna mikorizna kolonizacija. Ako se analizirani parametri posmatraju po lokalitetima može se videti da je u Tomaševcu kolonizacija ECM gljivama bila značajno veća, a AM/ECM odnos manji u odnosu na Banov brod i Kupinovo, dok je

naseljenost END bila viša u Kupinovu u odnosu na ostale lokalitete. Međutim, kolonizacija AM gljivama i ukupna mikorizna kolonizacija, nisu se razlikovale između lokaliteta (Tabela 1).

Dvofaktorijskom analizom varijanse je utvrđen značajan uticaj lokaliteta na kolonizaciju ECM gljivama i AM/ECM odnos, dok je kolonizacija AM gljivama bila pod značajnim uticaja klonu. Sa druge strane, ni jedan od analiziranih faktora nije imao uticaja na ukupnu kolonizaciju AM+ECM gljivama (Tabela 2).

## DISKUSIJA

Vrednosti kolonizacije korena ECM gljivama kod analiziranih klonova topola su se kretale od 8,3% do 29,3%. Slične vrednosti zabeležili su Karlinski et al., (2010) kod 12-15 godina starih topola (5,2-29,2%). Proučavajući naseljenost korena ECM gljivama kod topola raslin na lokalitetima sa različitim stepenom zagađenja, Katanić et al., (2013) i Katanić et al., (2014) su zabeležili ujednačene vrednosti koje su se kretale od 16,7% u „Koviljskom ritu” (prirodno, nezagadeno stanište bele topole) do 21,8% na lokalitetu „Antella” (u uslovima povišene koncentracije ozona). Sa druge strane, veći stepen prisustva ECM gljiva na korenima različitih vrsta i hibrida topola opazili su Khasa et al. (2002) na korenima 28 klonova topole (35–90%), Neville et al., (2002) na *P. tremuloides* (86%), Kaldorf et al., (2002) kod genetički modifikovanih hibrida topole (64–73%), Gehring et al., (2006) kod *P. angustifolia* (66–94%), Krpata et al., (2008) kod *P. tremula* (95%) i Danielsen et al., (2012) na divljem i transgenim genotipovima topole *Populus × canescens* (87%).

Kolonizacija korena analiziranih klonova topola AM gljivama bila je u rasponu od 21,5 do 48,8%. Sličan stepen naseljenosti korena topola ovom grupom gljiva je zabeležen u radu Karlinski et al., (2010): 18–54% i Khasa et al., (2002): 20–50%. Takođe, u jednogodišnjem zasadu topola koji je činilo 7 klonova topole, Takács et al., (2005) su zabeležili AM gljivnu kolonizaciju u rasponu od 0 do 63% na nezagadenom i od 46 do 60% na zagađenom tlu, ukazujući na varijabilan stepen kolonizacije AM gljivama i na različitu osetljivost analiziranih klonova za ovaj vid mikorize. Katanić et al., (2013) su u svom radu zabeležili najveću vrednost kolonizacije korena AM gljivama na lokalitetu „Antella” izloženom povišenoj koncentraciji ozona (24,8%). Sa druge strane, na lokalitetu Timok” (lokalitet kontaminiran piritnom jalovinom) isti autori nisu zabeležili AM gljivne strukture, što je u potpunosti u skladu sa rezultatima Krpata et al., (2008) dobijenim na staništu zagađenom teškim metalima u korenima vrste *Populus tremula*. Niže vrednosti kolonizacije AM gljivama od onih dobijenih u našem istraživanju navode Gehring et al., (2006): 4-25%, Neville et al. (2002): 6%, i Kaldorf et al., (2002): <5%.

Tamne septirane endofitske gljive su naseljavale korene topola na analiziranim lokalitetima u manjoj meri. Naseljenost END gljivama je na analiziranim lokalitetima i klonovima varirala od 0,3 do 4,8%. Kolonizacija ovim gljivama se kod Katanić et al., (2013) kretala od 1,4% u „Rasadniku” do 6,1% u

„Koviljskom ritu”. Kolonizacija korena topola gljivnim endofitama se kod Karlinskog et al., (2010) kretala u rasponu od 4,2 do 9,3%, dok Danielson et al., (2012) iznosila je oko 5%, dok je prema Beauchamp et al., (2005) kod *P. fremontii* vrednost ovog parametra bila nešto viša i kretala se od 7,4 do 23,4%.

Na osnovu rezultata dvofaktorijske analize varijanse je utvrđeno odsustvo uticaja analiziranih faktora klena i lokaliteta na ukupnu mikoriznu kolonizaciju korena topola. Međutim, Gehring et al., (2006) su otkrili značajan uticaj genotipa na totalnu mikoriznu kolonizaciju, dok su Karlinski et al., (2010) ustanovili značajan uticaj klena, lokaliteta i dubine zemljišta na ovaj parameter. Ipak, u radu ovih autora su analizirane grupe genotipova široke genetičke osnove, uključujući interspecijes hibride i vrste različitih sekcija topola (kod Gehring et al., (2006) *Populus angustifolia* i prirodni hibridi, a kod Karlinski et al., (2010) klonovi crne topole, balzamaste i hibrid između crne i balzamaste), a lokaliteti su se razlikovali po količini vlage u zemljištu. To ukazuje da bi u budućim istraživanjima trebalo da se proširi grupa ispitivanih genotipova, mada su i ispitivani genotipovi prikazali značajne razlike u pogledu uspostavljanja simbiontskih odnosa sa mikoriznim gljivama na ispitivanim lokalitetima.

Rezultati našeg istraživanja su pokazali značajan efekat lokaliteta na kolonizaciju ECM gljivama i AM/ECM odnos, dok je vrsta klena značajno uticala na kolonizaciju AM gljivama. U svom istraživanju Karlinski et al., (2010) su zabeležili značajan uticaj lokaliteta, klena i dubine zemljišta na kolonizaciju korena topola ECM, AM i END gljivama. Najznačajniji faktor koji je uticao na kolonizaciju mikoriznim i endofitskim gljivama je bio lokalitet. Na varijabilnost u AM i ECM kolonizaciji i na odnos AM/ECM najviše je uticala vlažnost zemljišta. Takođe, istraživanje Gehring et al., (2006) je ukazalo na značajno pomeranje u naseljenosti AM i ECM gljivama usled navodnjavanja (povećanje vlažnosti je uslovilo 33% veću kolonizaciju ECM i 45% manju kolonizaciju AM gljivama). Lokaliteti koji su analizirani u našem radu su bili izloženi povremenom plavljenju, pa bi se moglo pretpostaviti da je i vlažnost zemljišta na njima bila slična. Time bi se moglo objasniti odsustvo efekta lokaliteta na kolonizaciju AM gljivama. Sa druge strane značajan efekat lokaliteta na kolonizaciju ECM gljivama bi mogao biti uslovljen nekim drugim faktorom sredine.

U istraživanju smo ustanovili značajan efekat genotipova topola na kolonizaciju AM gljivama što je u skladu sa ranijim istraživanjima (Khase et al., 2002; Takács et al., 2005; Karlinski et al., 2010). Takođe, rezultati Khase et al., (2002) kao i Karlinskog et al., (2010) su pokazali i značajan efekat genotipova topola na kolonizaciju ECM gljivama. Međutim, u našem istraživanju ispitani genotipovi topola se nisu razlikovali u pogledu kolonizacije ECM gljivama. Dobijeni rezultati ukazuju na to da bi kolonizacija analiziranih klonova topola AM gljivama mogla biti genetički usvojena, dok bi naseljenost ECM gljivama bila više pod uticajem uslova staništa.

S obzirom da bi podložnost nekog genotipa kolonizaciji ektomikoriznim i arbuskularno mikoriznim gljivama mogla da bude njegova prednost, posebno u pravcu izbora genotipova za uzgoj na marginalnim i degradiranim zemljištima

postoji potreba da se istraživanja nastave na većem broju klonova kao i u različitim uslovima sredine.

### Zahvalnica

Istraživanje je urađeno u okviru projekta JP Vojvodinašume "Unapređenje gajenja nizijskih šuma" podprojekat "Stvaranje i uvodenje sorti topola i vrba u proizvodnju".

### LITERATURA

- Beauchamp, V.B., Stromberg, J.C., Stutz, J.C. (2006): Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Populus–Salix* stands in a semiarid riparian ecosystem. *New Phytol*, 170: 369-380
- Danielsen, L., Thürmer, A., Meinicke, P., Buée, M., Morin, E., Martin, F., Pilate, G., Daniel, R., Polle, A., Reich, M. (2012): Fungal soil communities in a young transgenic poplar plantation form a rich reservoir for fungal root communities. *Ecol Evol*, 2(8): 1935-1948.
- Eichhorn, M.P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L.D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, V.D.J., Pilbeam, D., Pisanelli, A., Dupraz, C. (2006): Silvoarable systems in Europe – past, present and future prospects. *Agroforestry systems*, 67(1): 29-50
- Gehring, C. A., Mueller, C., Whitham, T. G. (2006): Environmental and genetic effects on the formation of ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal associations in cottonwoods. *Oecol*, 149: 158–164
- <http://www.hidmet.gov.rs/> Republički hidrometeorološki zavod Srbije
- Karlinski, L., Rudawska, M., Kieliszewska-Rokicka, B., Leski, T., (2010): Relationship between genotype and soil environment during colonization of poplar roots by mycorrhizal and endophytic fungi. *Mycorrhiza*, 20: 315-324
- Katanić, M., Kovačević, B., Glowska, N., Paoletti, E., Vasić, S., Matavulj, M., Kraigher, H. (2013): Naseljenost korena topola ektomikoriznim, arbuskularno mikoriznim i tamnim septiranim endofitskim gljivama. *Topola*, 191/192: 17-29
- Katanić, M., Paoletti, E., Orlović, S., Grebenc, T., Kraigher, H. (2014): Mycorrhizal status of an ozone sensitive poplar clone treated with the anti-ozonant ethylenediurea. *European Journal of Forest Research*, 133(4): 735-743
- Khan, A. G. (2006): Mycorrhizoremediation—An enhanced form of phytoremediation. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*7, (7): 503-514
- Khasa, D. P., Chakarvarty, P., Robertson, B., Thomas, R., Danick, B. P. (2002): The mycorrhizal status of selected poplar clones introduced in Alberta. *Biomass Bioenerg*, 22: 99–104

- Klašnja, B., Orlović, S., Galić, Z., Pap, P., Katanić, M. (2006): Gusti zasadi topola kao sirovina za proizvodnju energije. Glasnik Šumarskog fakulteta, 94: 159-170
- Klopfenstein, N. B., Chun, Y. W., Kim, M. S., Ahuja, M. R., Dillon, M. C., Carman, R. C., Eskew, L. G. (1997): Micropropagation, genetic engineering, and molecular biology of *Populus*. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service. 326 pp.
- Kormanik, P. P., McGraw, A. C. (1982): Quantification of vesicular – arbuscular mycorrhizae in plant roots. In: Schenck NC (ed) Methods and principles of mycorrhizal research. Amer Phytopathol Soc, St. Paul, 37–45
- Kosola, K. R., Durall, D. M., Robertson, G. P., Dickmann, D. I., Parry, D., Russell, C. A., Paul, E. A. (2004): Resilience of mycorrhizal fungi on defoliated and fertilized hybrid poplars. Can J. Bot., 82: 671-680
- Krpata, D., Peintner, U., Langer, I., Walter, J. F., Schweiger, P. (2008): Ectomycorrhizal communities associated with *Populus tremula* growing on a heavy metal contaminated site. Mycological research, 112 (9): 1069-1079
- Lodge, D. J. (1989): The influence of soil moisture and flooding on formation of VA-endo- and ectomycorrhizae in *Populus* and *Salix*. Plant and Soil, 117: 243-253
- McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., Swan, J. A. (1990): A new method, which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol, 115: 495–501
- Neville, J., Tessier, J. L., Morrison, I., Scarratt, J., Canning, B., Klironomos, J. N. (2002): Soil depth distribution of ecto- and arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Populus tremuloides* within a 3-year-old boreal forest clear-cut. Appl Soil Ecol, 19: 209-216
- Newman, L. A., Strand, S. E., Choe, N., Duffy, J., Ekuan, G., Ruszaj, M., Shurleff, B. B., Wilmoth, J., Heilman, P., Gordon, M. P. (1997): Uptake and biotransformation of trichloroethylene by hybrid poplars. Environ. Sci. Technol., 31: 1062-1067
- Paul, E. A., Clark, F. E. (1996): Soil Microbiology and Biochemistry, 2nd Edition. Academic Press, San Diego
- Saravesi, K., Markkola, A., Rautio, P., Tuomi, J. (2011): Simulated mammal browsing and host gender effects on dual mycorrhizal *Salix repens*. Botany, 89(1): 35-42
- Snedecor, W., Cochran, W. G. (1976): Statistical methods, 6<sup>th</sup> edition. The Iowa State University Press, Ames, 327–329
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com
- Tagu, D., Faivre-Rampant, P., Lapeyrie, Frey-klett, P., Vion, P., Villar, M. (2001): Variation in the ability to form ectomycorrhizas in the F1 progeny of an interspecific poplar (*Populus* spp.) cross. Mycorrhiza, 10: 237–240
- Tagu, D., Bastien, C., Faivre-Rampant, P., Garbaye, J., Vion, P., Villar, M., Martin, F. (2005): Genetic analysis of phenotypic variation for ectomycorrhiza formation an interspecific F1 poplar full-sib family. Mycorrhiza, 15: 87–91

- Takács, T., Radimszky, L., Németh, T. (2005): The arbuscular mycorrhizal status of poplar clones selected for phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. Z. Naturforsch., 60c: 357-361
- van der Heijden, E. W., Vosatka, M. (1999): Mycorrhizal associations of *Salix repens* L. communities in succession of dune ecosystems. Part II. Mycorrhizal dynamics and interactions of ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi. Can J Bot, 77: 1833-1841
- Vozzo, J. A., Hacsikaylo, E. (1974): Endo- and ectomycorrhizal associations in five *Populus* species. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 101: 182-186

### **Summary**

#### **INFLUENCE OF GENOTYPE AND ENVIRONMENT ON POPLAR ROOTS COLONIZATION WITH MYCORRHIZAL AND ENDOPHYTIC FUNGI**

by

Katanić Marina, Pilipović Andrej, Kovačević Branislav, Pekeč Saša, Novčić Zoran

Poplars are one of rare tree genera gradually colonized with ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal fungi which ratio can be variable in different poplar species and hybrids. The aim of this study was to analyze the effect of internal and external factors on root colonization of tree black poplar's genotypes with ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septated endophytic fungi. Three different localities were studied: Tomaševac, Banov Brod and Kupinovo. On each of them same three poplar clones Bora, Antonije and PE16/99 were grown in the block system with three repetitions. In December 2013, soil samples were collected at a distance of approximately 1m from the tree trunk using soil corer of 274ml volume and reaching depth of 18cm. For every clone, five soil samples were collected per block and bulked together making one sample. Roots were extracted from soil, washed and after clearing in KOH were stained with trypan blue (0,05%). Root length colonization with ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septated endophytic fungi was estimated using the intersection method. Three subsamples were made from every root sample and a minimum of 100 line intersections per subsamples was scored for the presence of ectomycorrhizal, arbuscular mycorrhizal and dark septated endophytic fungi. Results were presented as a percentage of root length colonized (% RLC).

In this study ectomycorrhizal colonization was in the range 8,3-29,3 % RLC, depending on the poplar clone and the study site. The range of colonization of poplar roots by arbuscular mycorrhizal fungi was 21,5-48,8 % RLC and dark septated endophytic fungi from 0,3 to 4,8% RLC. ANOVA showed that ectomycorrhizal RLC significantly differed between investigated localities, while significant difference in arbuscular mycorrhizal fungal colonization was found among investigated clones.

Results indicate that colonization with ectomycorrhizal fungi could be under the influence of environmental factors, while arbuscular mycorrhizal colonization rate might be rather the trait of poplar genotype.

**UDK: 582.633.2(497.113 Srem)**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## **PRIRAST I VITALNOST HRASTA LUŽNJAKA U SREMU SA ASPEKTA PROMENE VODOSTAJA SAVE**

Dejan Stojanović<sup>1</sup>, Tom Levanič<sup>2</sup>, Bratislav Matović<sup>1</sup>, Jasna Plavšić<sup>3</sup>

**Izvod:** Opadanje vitalnosti i sušenje šuma je sve više prisutno u šumama hrasta lužnjaka u Vojvodini. Stari izazov za šumarstvo koji ponovo postaje aktuelan. U radu su korišćene dendrochronološke metode sa namerom da se prikažu trendovi prirasta hrasta lužnjaka u Sremu i trendovi vodostaja reke Save i temperature koji su definisani kao kritični za vitalnost ovih šuma. Izvršeno je predviđanje vodostaja Save u 21. veku i dat osvrt na njen uticaj na šume lužnjaka. Uzorci su uzeti iz tri sastojine u Sremu (Stara Vratična, Smogva i Blate). Razmatrano je pet klimatskih scenarija budućih protoka reke Save za period 2012-2040 i 2042-2070, koji su preračunati u vodostaje. Uočen je trend smanjenje prirasta u sve tri istraživane sastojine u proteklih 30 godina, kao i trend smanjenja vodostaja i porasta temperature. Projekcije budućih vodostaja reke Save su u većini slučajeva bile niže od onih u periodu 1951-1981, a više od onih u period 1982-2012. Razlike između različitih scenarija, kao i nemogućnost verodostojne simulacije ekstremnih voda, ostavlja prostora za dalja razmatranja.

**Ključne reči:** dendrochronologija, klimatske promene, scenarija, protok

### **TRENDS IN GROWTH AND VITALITY OF PEDUNCULATE OAK FORESTS IN SREM FROM THE ASPECT FUTURE SAVA RIVER WATER LEVEL CHANGE**

**Abstract:** The decline in vitality and dieback of oak forests is increasingly present Vojvodina. This is old challenge for forestry, which again became actual. The paper used dendrochronological methods with the intention to describe trends in growth of pedunculate oak forests in Srem and trends of the water level of the Sava River and air temperature, which are defined as critical to the vitality of these forests. Predicted were water levels of Sava River in the 21<sup>st</sup> century with overview of its implications on the oak forests growth. Samples were taken from three stands in Srem (Stara Vratična, Smogva and Blate). Flows of Sava river were taken according to five climate scenarios for the periods 2012-2040 and 2042-2070, and converted into the water levels. A trend of decrease in growth in all three stands in last 30 years was observed, together with decrease in water level and temperature rise. Predicted future water levels of the Sava River were in general lower than those in the period

<sup>1</sup> Dr Dejan Stojanović, istraživač saradnik ([dejan.stojanovic@uns.ac.rs](mailto:dejan.stojanovic@uns.ac.rs)), dr Bratislav Matović, naučni saradnik, Institut za nizjsko šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu, Antona Čehova 13d, Novi Sad

<sup>2</sup> Doc. dr Tom Levanič, naučni savetnik, Gazdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, Ljubljana

<sup>3</sup> Doc. dr Jasna Plavšić, docent, Građevinski fakultet, Unverzitet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73/I, 11000 Beograd

1951-1981, and higher than in the period 1982-2012. The differences between the various scenarios, as well as the impossibility of adequate simulations of extreme events, leaves space for further considerations.

**Key words:** dendrochronology, climate change, scenarios, water flow

## UVOD

Opadanje vitalnosti i sušenje šuma je odavno poznato u šumarstvo, ali se poslednjih godina sve više aktuelizuje. Po Ciesla i Donaubauer (1994) opadanje vitalnosti je događaj koji se karakteriše progresivnim gubitkom vigora i pogoršanjem zdravstvenog stanja u toku određenog perioda vremena bez jasno vidljivog uzroka kao što je napad bolesti i štetočina. U engleskom jeziku se koriste termini: *dieback*, *decline*, *forest dieback*, *stand level dieback*, *canopy level dieback*, dok se u nemačkom koriste *Waldsterben* i *Waldschäden*, vezujući se prvenstveno za smanjen prirast, skraćene internodije, nekrozu korena, promenu boje lišća pre vremena, gubitak lišća, sušenje grančica i grana u gorenjem delu krošnji, itd. (Ciesla i Donaubauer, 1994, na osnovu Manion, 1991).

Uzroke opadanja vitalnosti i sušenja je razmatralo više istraživanja na ovim prostorima (Manojlović, 1924; Vajda, 1948; Kapec, 2006; Medarević et al., 2009; Stojanović et al., 2013). U lužnjakovim šumama je zabeležen povećan broj santarnih seča poslednjih godina (statistike JP „Vojvodinašume“, Bauer et al., 2013). Imajući u vidu akutnost ovog problema definisani su sledeći ciljevi rada:

1. Da se prikažu trendovi u prirastu za tri sastojine hrasta lužnjaka u Sremu, zajedno sa trendom vodostaja reke Save i temperature.
2. Da se izvrši predviđanje vodostaja Save u budućnosti i kritički osvrne na njen uticaj na šume lužnjaka.

## MATERIJAL I METODE

Istraživane se u tri sastojine hrasta lužnjaka u Sremu (Slika 1.). Prva sastojina je bila deo strogog rezervata prirode „Stara Vratična“ (ŠG „Sremska Mitrovica“, ŠU „Višnjićevo“, g.š.  $44^{\circ} 57' 21''$  i g.d.  $19^{\circ} 12' 40''$ ), druga Smogvi (ista ŠU, g.š.  $44^{\circ} 54' 58''$  i g.d.  $19^{\circ} 14' 44''$ ) i treća Blate (ŠU „Morović“, g.š.  $44^{\circ} 59'$  i g.d.  $19^{\circ} 04.6'$ ).

Uzorci su uzeti Preslerovim svrdlom sa prsne visine 2013. godine. Uzorci su osušeni, fiksirani i izglačani. Skeniranje je obavljenko korišćenjen ATRICS sistema (Levanic, 2007). Merenje širine godova je obavljenno pomoću WinDENDRO softvera sa preciznošću od 0,01 mm. Vizuelno i statističko unakrsno datiranje je urađeno pomoću PAST-4™ softvera.



**Slika 1.** Šume sremsko-spačvanskog basena sa naznačenim istraživanim sastojinama  
**Figure 1.** Forests in Srem and Spačva with the indicated studied stands

Prikazane su vremenske serije prirasta, vodostaja Save i temperature za mesece april, maj, jun, jul i avgust za tri perioda 1920-1950, 1951-1981 i 1982-2012. sa naznačenim linearnim trendom.

Na osnovu osmotrenih protoka i vodostaja reke Save za mernu stanicu „Sremska Mitrovica“ za period 1961-1990, izvedena je formula:

$$\text{nivo Save} = (-38.0231 + 7.6087 \cdot \ln(\text{protok Save}))^2, R^2 = 0.996$$

Uzete su projekcija budućeg protoka reke Save iz pet klimatskih simulacija (Tabela 1., World Bank, 2014), dva buduća perioda (2012-2040 i 2042-2070) i izračunati budući prosečni vodostaji Save.

**Tabela 1.** Pregled klimatskih scenarijuma korišćenih u ovom istraživanju (na osnovu World Bank, 2014)

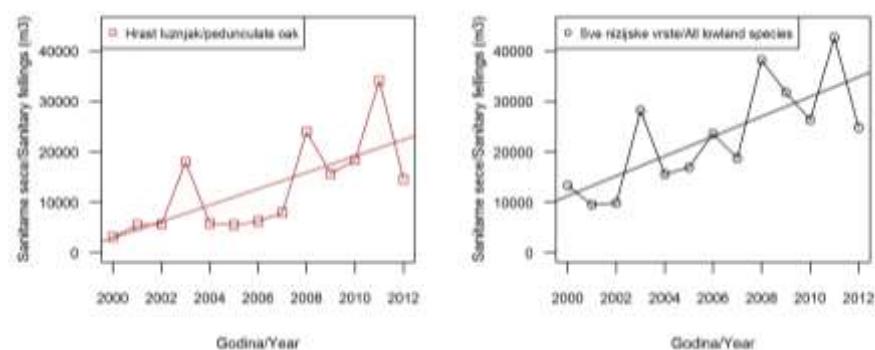
*Table 1. Summary of climate scenarios used in this study (based on World Bank, 2014)*

Klimatski scenarijumi <i>Climate scenarios</i>	Globalni klimatski model <i>Global climate model</i>	Regionalni klimatski model <i>Regional climate model</i>
CM1	ECHAM5r3	RACMO
CM2	ECHAM5r3	REMO
CM3	HadCM3Q0	CLM
CM4	HadCM3Q0	HadRM3Q0
CM5	ECHAM5r3	RegCM3

Kalkulacija budućih vodostaja iz protoka je urađena uz aproksimaciju da će Sava na profilu kod Sremske Mitrovice održati stalnost korita. Istraživanja su sprovedena uz podršku JP „Vojvodinašume“ i Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Podaci JP „Vojvodinašume“ pokazuju linerarni trend porasta inteziteta sanitarnih seča u periodu 2000-2012 (Slika 2.).



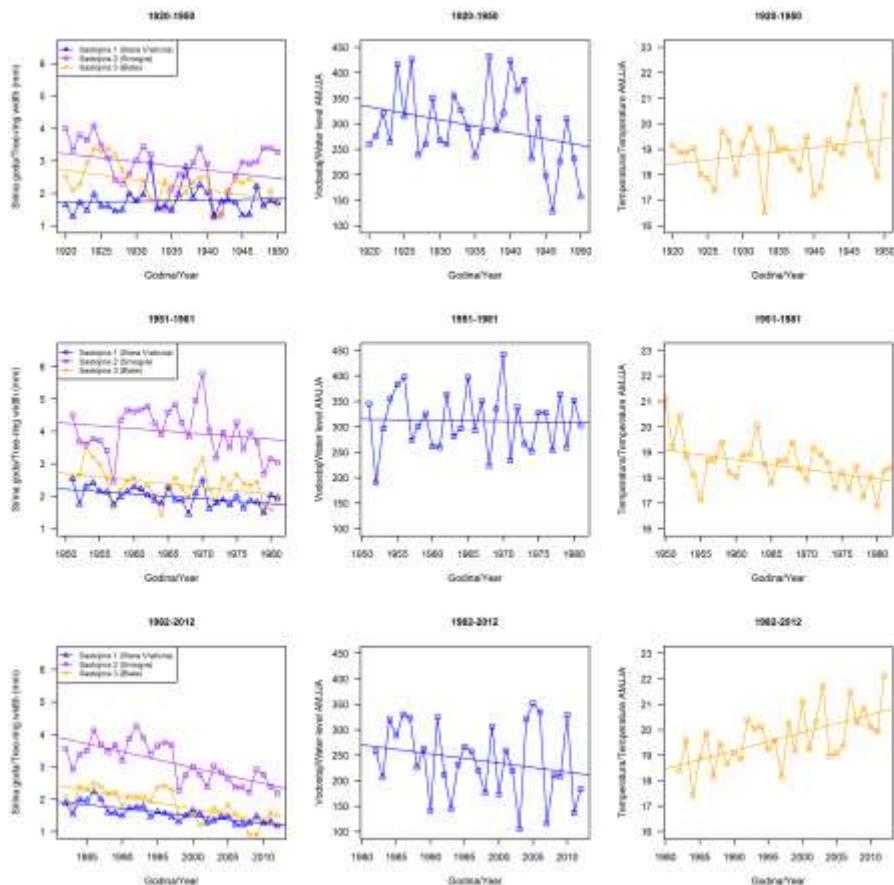
**Slika 2.** Intezitet sanitarnih seča u šumama hrasta lužnjaka i svih nizijskih šuma na području kojim gazduje JP „Vojvodinašume“ sa naznačenim linearnim trendom

*Figure 2. Sanitary fellings in pedunculate oak forests and all lowland forest species managed by the PE "Vojvodinašume" with indicated linear trends*

Porast inteziteta sanitarnih seča praćen je smanjenjem prirasta poslednjih decenija u tri istraživane sastojine (Slika 3.).

Prvi period 1920-1950 je karakterističan je po trendu smanjenja vodostaja i porastu temperaturu. U istom periodu u sastojinama Smogva i Blate, zabeleženo je opadanje prirasta. U periodu 1951-1981 beleže se najviši vodostaji, najniže

temperature i najveći prirasti. Period 1982-2012 se karakteriše najnižim vodostajima najvišim temperaturama i smanjenim prirastom (Slika 3. i Tabela 1.). U periodu 2000-2012, uočeni fenomen smanjenja vodostaja praćen povećanjem temperatura i istovremenog smanjenja prirasta lužnjaka je još više izražen.



**Slika 3.** Vremenske serije sa naznačenim linearnim trendovima prirastom za tri sastojine, vodostajem Save i temperaturama za Beograd u tri perioda (1920-1950, 1951-1981, 1982-2012)

**Figure 3.** Time series with indicated linear trends of growth for the three stands, the Sava water level and temperature in Belgrade in three periods (1920-1950, 1951-1981, 1982-2012)

Kada se sagleda vremenska serija prirasta i vodostaja u periodu 1920-2012 (Slika 4A i B), uočavaju se poklapanja dinamike dva promenljive. Minimum vodostaja '40-tih sa lokalnim minimumom prirasta, maksimum vodostaja '60-tih i '70-tih sa povećanim prirasom, kao i pad vodostaja u proteklih 30 godina sa smanjenim prirastom u istom periodu.

Na slici 4B su pored srednih vrednosti za četiri osmotrena intervala navedena u Tabeli 1., prikazane i projekcije nivoa Save za pet klimatskih simulacija

i periode 2012-2040 i 2042-2070. Većina predviđenih prosečnih vodostaja će biti niža od onog u periodu 1951-1981. na osnovu simulacija izvršenih u okviru projekta Svetske banke. Međutim, ni jedna od simulacija nije pokazala vrednosti niže od osmotrenih u periodu 1982-2012.

**Tabela 2.** Prosečna širina goda u tri sastojine, vodostaj Save (Sremske Mitrovica) i temperature (Beograd) za period mart-avgust

*Table 2. The average tree-ring widths in three stands, the water level of the Sava (Sremska Mitrovica) and temperature (Belgrade) for period March-August*

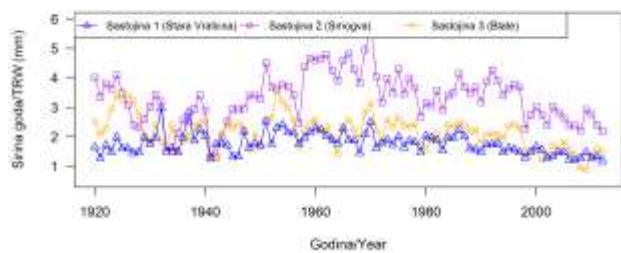
Period <i>Period</i>	Prosečna širina goda (mm) <i>Average tree ring width (mm)</i>			Vodostaj <i>Water level</i> (cm)	Temperatura <i>Temperature</i> (°C)
	Vratična	Smogva	Blate		
1920-2012	1,77	3,32	2,14	282	19,0
1920-1950	1,77	2,84	2,26	295	18,9
1951-1981	1,98	3,97	2,36	311	18,5
1982-2012	1,55	3,12	1,82	240	19,7
2000-2012	1,36	2,60	1,41	226	20,3

Predviđeni srednji vodostaji Save u budućnosti ukazuju da će prirast lužnjaka najverovatnije biti niži od onog u periodu 1951-1981, ali je teško reći u kojoj meri. Dodatna istraživanja koja su u toku ukazuju da bi mogla da postoji zavisnost između vodostaja, temperature i prirasta u istraživanim sastojinama, gde je visok vodostaj Save tokom vegetacione sezone prepoznat kao ključni faktor za povećanje prirasta, a visoke temperature kao negativni faktor. Treba imati u vidu da se u poslednjih 30 godina beleže niži vodostaji i više temperature koje su bile i uzročnici smanjenog prirasta. Smanjenje prirasta u dužem periodu vodi ka smanjenju vitalnosti, a u krajnjoj instanci može dovesti do sušenja (Vučković et al., 2005, Andersson et al., 2011)

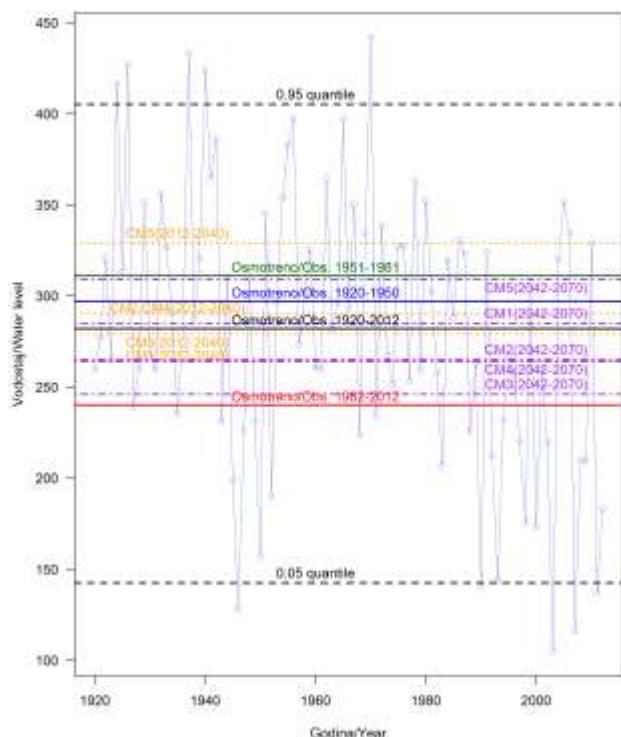
Kakavo je stanje lužnjakovih šuma u Sremu i Bačkoj? Godine 2012. „Vojvodinašume“ su zabeležile sušenje na 80% obnovljenih površina. U slučaju da se takve sušne godine ponove, možemo očekivati poteškoće prilikom obnova lužnjakovih šuma. Pored trenda povećanja inteziteta sanitarnih seča u periodu 2000-2012. u šumama kojim gazduju „Vojvodinašume“, preliminarni podaci iz 2013. ukazuju na pogoršanje stanja. U gazdinskoj jedinici „Kolut-Kozara“ (ŠG „Sombor“) zabeleženo je povećanje sanitarnih doznaka u šumama cera gde je u protekloj godini doznačeno 7% od ukupne zapremine na 400 ha (statistika JP „Vojvodinašume“). Preliminarni podaci o prirastu hrastova u Bačkoj govore da je primetno smanjenje prirasta i u tim šumama u poslednjih 30 godina.

Kakva je stanje hrastovih šuma u regionu? Dubravac i Dekanić (2009) beleže povećan broj sanitarnih seča i opadanje vitalnosti, kao i to da su današnje šume u spačvanskom basenu dominantno u starijim dobnim razredima, što implicira njihovu obnovu u narednih nekoliko desetina godina. Od uspešnosti obnova, zavisiće i njihov opstanak. Isti autori ukazuju na povećanje aridnosti kao mogući uzorok smanjenja vitalnosti i mataliteta.

A)



B)



**Slika 4.** Vremenska serija širine godova (A) i vodostaja (B) za period 1920-2010 sa naznačenim srednjim vrednostima za osmotrene periode (1920-1950, 1951-1981 i 1982-2012) i deset simulacija (klimatske simulacije CM1-CM5 u periodima 2012-2040 i 2042-2070) predstavljene horizontalnim linijama

**Figure 4.** Time series of tree-ring widths (A) and water levels (B) for the period 1920-2010 with the indicated mean values of observed periods (1920-1950, 1951-1981 and 1982-2012) and ten simulations (climatic simulations CM1-CM5 in the periods 2012-2040 and 2042-2070) presented with horizontal lines

Intezitet smanjenja vodostaja i posledično podzemnih voda zajedno sa ekstremnim amplitudama promene tih vrednosti bi mogli da budu od kritičnog značaja za prirast i vitalnost hrastovih šuma u Sremu. Koja je budućnosti sremskih šuma sa apekta vodostaja i nivoa podzmenih voda? Uz pretpostavku o pozitivnoj korelaciji između vodostaja i prirasta, na čega upućuju istraživanja koja su u toku, nastavak trenda opadanja vodostaja bi mogao da uzrokuje i nastavak trenda opadanja prirasta, te bi u krajnjem ishodu mogao da se očekuje i negativan tok događaja u vezi sa opstankom hrastovih šuma. Međutim, 2014. godine je došlo do ponovnog plavljenja tih šuma, što, osim u slučaju predugog zadržavanja vode, može imati pozitivan efekat.

## ZAKLJUČAK

Analiza trendova prirasta, vodostaja Save i temperatura su pokazale da u poslednjih 30 godina postoji jasan trend opadanja vodostaja i porasta temperature koji je praćen opadanjem prirasta.

Projekcije budućih srednjih tridesetogodišnjih vodostaja reke Save za periode 2012-2040 i 2042-2070 po različitim scenarijima govore da će oni uglavnom biti između onih u periodima 1951-1981 i 1982-2012.

S obzirom da klimatske promene sa sobom nose učestalije ekstremne događaje, kako suše, tako i poplave, koje je teško prognozirati modelima, veliki je izazov predvideti kako će klimatski uslovi uticati na hrastove šume.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata: „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrисаних и interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014 godine, i projekta „Unapređenje gajenja nizijskih šuma“ (2013-2017) finansiranog od strane Javnog preduzeća „Vojvodinašume“.

## LITERATURA

- Andersson M, Milberg P, Bergman KO (2011): Low pre-death growth rates of oak (*Quercus robur L.*)—Is oak death a long-term process induced by dry years? *Ann For Sci*, 68(1): 159-168
- Bauer, A., Bobinac, M., Andrašev, S., Rončević, S. (2013): Devitalizacija stabala i sanitарне сеће на trajnim oglednim površinama u sastojinama lužnjaka na području Morovića u periodu od 1994. do 2011. godine. *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 107: 7-26
- Ciesla, W. M., Donaubauer, E. (1994): Decline and dieback of trees and forests: a global overview (No. 120). Food & Agriculture Organization.

- Dubravac T., Dekanić S. (2009): Struktura i dinamika sječe suhih i odumirućih stabala hrasta lužnjaka u Spačvanskom bazenu od 1996. do 2006. godine, Šumarski list, 133(7-8): 391-405
- Kapec, D. (2006): Utjecaj intenziteta sušenja, mikroreljefa i savske poplavne vode na stanje i strukturu sastojina hrasta lužnjaka u gospodarskoj jedinici "Žutica". Šumarski list, 130(9-10): 425-433
- Levanić, T. (2007): ATRICS-A new system for image acquisition in dendrochronology. Tree-Ring Research, 63(2): 117-122
- Manion, PD. 1991. Tree Disease Concepts, 2nd edition. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. 402 pp.
- Manojlović, P. (1924): Sušenje hrastovih šuma (hrast lužnjak). Šumarski list, 10: 502
- Medarević M., Banković S., Cvetković Đ., Abjanović Z. (2009): Problem sušenja šuma u Gornjem Sremu. Šumarstvo, 61(3-4): 61-73.
- Stojanović, D., Levanić, T., Orlović, S., Matović, B. (2013): Upotreba najsavremenijih dendroekoloških metoda u cilju boljeg razumevanja uticaja izgradnje savskog nasipa na sušenje hrasta lužnjaka u Sremu. Topola, 191/192: 83-90.
- Vajda, Z. (1948): Koji su uzroci sušenju hrastovih posavskih i donjopodravskih šuma. Šumarski list, 4: 105-113
- Vučković, M., Stajić, B. B., Radaković, N. (2005): Značaj monitoringa prirasta sa aspekta bioindikacije vitalnosti stabala i sastojina. Šumarstvo, 57(1-2): 1-10
- World Bank (2014): Water Climate and Adaptation Plan for the Sava River Basin. Draft Final Report.

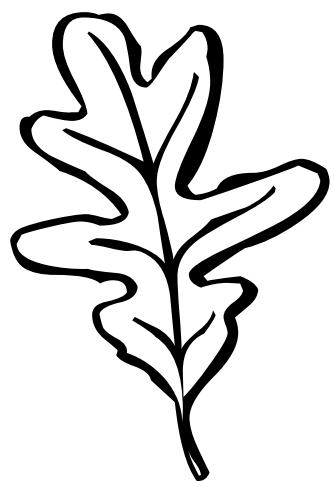
### ***Summary***

#### ***TRENDS IN GROWTH AND VITALITY OF PEDUNCULATE OAK FORESTS IN SREM FROM THE ASPECT FUTURE SAVA RIVER WATER LEVEL CHANGE***

*by*

*Dejan Stojanović, Tom Levanić, Bratislav Matović, Jasna Plavšić*

*The decline in vitality and dieback of oak forests is increasingly present Vojvodina. This is old challenge for forestry, which again became actual. The paper used dendrochronological methods with the intention to describe trends in growth of pedunculate oak forests in Srem, along with the trend of the water level of the Sava River and air temperature, which are defined as critical to the vitality of these forests. Predicted were water levels of Sava River in the 21<sup>st</sup> century with overview of its implications on the oak forests growth. Samples were taken from three stands in Srem (Stara Vratična, Smogva and Blate). Taken were flows of the Sava River according to five climate scenarios for the periods 2012-2040 and 2042-2070, and converted into the water levels. A trend of decrease in growth in all three stands in the period 1982-2012 was observed, together with decrease in water level and temperature rise. As it is concluded in other studies, prolonged decline of growth may lead to tree dieback. Predicted future water levels of the Sava River were in general lower than those in the period 1951-1981, and higher than in the period 1982-2012. The differences between the various scenarios, as well as the impossibility of adequate simulations of extreme events, leaves space for further considerations.*



**UDK: 630\*228.7:582.681.81**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**EFEKAT PRIMENE PRAŠKASTIH FORMULACIJA SA KOBALT HLORIDOM  
I INDOLBUTERNOM KISELINOM NA OŽILJAVANJE DRVENASTIH  
REZNICA BELE TOPOLE**

Branislav Kovačević<sup>1</sup>, Saša Orlović<sup>1</sup>, Predrag Pap<sup>1</sup>, Marina Katanić<sup>1</sup>, Slađana Dabić<sup>2</sup>

**Izvod:** Problemi u prijemu drvenastih reznica domaće bele topole su jedan od ključnih razloga usporenog pošumljavanja ovom vrstom. Jedan od načina stimulacije ožiljavanja reznica bele topole je i tretman regulatorima rasta biljaka, većinom onih sa auksinskim dejstvom. U ovom radu dati su rezultati eksperimentalne primene praškastih formulacija indolbuterne kiseline (auksin) i kobalt hlorida (inhibitor delovanja etilena) u uslovima rasadničke proizvodnje. Pored efekta ispitivanih praškastih formulacija, ispitani je i efekat razlike među genotipovima (*Populus alba* cl. Villafranca i cl. L-12), a za genotip Villafranca i uticaj lokaliteta tri ispitivana rasadnika. Dobijeni rezultati ukazuju na povoljan efekat uključivanja kobalt hlorida u formulacije namenjene stimulaciji ožiljavanja reznica belih topola, kao i razlike u reakciji genotipova na ispitivane formulacije. Nakon tretmana reznica sa kombinovanom formulacijom 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O i 0,6% indolbuterne kiseline kod genotipa Villafranca je pored pozitivnog efekta na preživljavane reznica ostvaren je i pozitivan efekat na visinu biljka na kraju vegetacionog perioda, pa je ostvaren značajno viši udeo biljka koje odgovaraju standardima za sadni materijal u odnosu na kontrolu (50-100% viši u zavisnosti od rasadnika). Navedeni rezultati ukazuju na značajan potencijal primene kobalt hlorida u rasadničkoj proizvodnji bele topole.

**Ključne reči:** *Populus alba*, genotip, auksin, etilen, ožiljenice

**THE EFFECT OF APPLICATION OF COBALT CHLORIDE AND INDOLBUTIRIC ACID  
POWDER FORMULATIONS ON ROOTING OF WHITE POPLAR HARDWOOD  
CUTTINGS**

**Abstract:** One of the main cause of relatively slow afforestation with white poplar are problems in rooting of its hardwood cuttings. One way of stimulation of white poplar cuttings' rooting is treatment with appropriate plant growth regulators, mainly those with auxin effect. In this work the results of the experimental application of powder formulations with indolbutiric acid (auxin) and cobalt chloride (ethylene action inhibitor) in nursery conditions are presented. Beside effect

---

<sup>1</sup> Dr Branislav Kovačević viši naučni saradnik, prof. dr Saša Orlović naučni savetnik, dr Predrag Pap naučni saradnik, dr Marina Katanić naučni saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

<sup>2</sup> Dipl. inž. Slađana Dabić, JP "Vojvodinašume", Preradovićeva 2, 21131 Petrovaradin

of examined powder formulations, the effect of differences between genotypes (*Populus alba* cl. *Villafranca* and cl. L-12) was examined, as well as, for genotype *Villafranca*, the effect of differences between three nurseries. Obtained results suggest the positive effect of implementation of cobalt chloride in formulations dedicated to the stimulation of white poplar cuttings' rooting, as well as on differences between genotypes in their reaction on examined formulations. After the treatment of cuttings of *Villafranca* with combined formulation with 100 µM  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  and 0,6% indolbutiric acid, beside pozitive effect on cuttings survival, the positive effect on the rooted cutting height was achieved as well, resulting in significantly higher partition of plants appropriate for planting than in control (50-100% higher, depending on nursery). Presented results suggest the significant potential in the implementation of cobalt chloride in white poplar nursery production.

**Key words:** *Populus alba*, genotype, auxin, ethylene, rooted cuttings

## UVOD

Bela topola (*Populus alba* L.) je drvenastana vrsta koja je interesantna za proizvodnju drveta, pogotovo na marginalnim zemljиштima (Redei et al., 2013). Značajna je u pejzažnoj arhitekturi i hortikulturi, pogotovo genotipovi uspravnog debla (Eggens et al., 1972; Kovacevic et al., 2010b), a ispituje se i mogućnost njihovog korišćenja u projektima fitoremedijacije (Kovacevic et al., 2013).

Važna osobina u oplemenjivanju drvenastih vrsta je mogućnosti vegetativne propagacije superiornih genotipova. Ožiljanje drvenastih reznica je omogućila izuzetno dobre rezultate u unapređenju gajenja crnih topola. Zahvaljujući postojanju prethodno fromiranih primordija u primarnoj kori drvenaste reznice crnih topola se ožiljavaju sa odličnim uspehom (Smit i Wareing, 1972). Kod belih topola sekcije *Leuce*, retki su genotipovi koje karakteriše uspešno formiranje korenova iz primordija primarne kore reznice. Zato je ovo jedan od značajnih zahteva prilikom oplemenjivanja bele topole, dok se tehnologija rasadničke proizvodnje intenzivira kako bi se dodatno postaklo formiranje i aktivacija ovakvih primordija (Kovacevic et al., 2010a). Aktivacija primordija je kompleksan proces koji zavisi od mnogih faktora rasadničke proizvodnje: razlike među genotipovima, vremena izrade i sadnje reznica, veličine reznice, načina skladištenja, pozicije reznice na izbojku, starosti izbojka i dr. (Fege, 1983; Pregitzer i Friend, 1996; Kovacevic, 2003; Kovacevic et al., 2008, 2009).

Jasna veza između ranih faza formiranja korenovog sistema i preživljavanja i rasta ožiljenice je potvrđena mnogim studijama. One ukazuju da poremećeni balans u razvoju korenovog sistema i izbojka ožiljenice može da negativno da utiče na vodni status, fotosintezu i rast lista i ožiljenice, pa i da dovede do delimičnog ili potpunog propadanja ožiljenice (Tschaplinski i Blake, 1989; Rhodenbaugh i Pallardy, 1993; Zalesny et al., 2005; Kovacevic et al., 2009). Prema Kovacevic et al., (2009) prvih 80 dana nakon sadnje reznica su ključini za njihovo preživljavanje.

Auksini su neophodni za uspešno ožiljanje reznica i na njima je zasnovana većina preparata za stimulaciju ožiljanja. Eggens et al., (1972) su kod reznica

*Populus alba var. bolleana* uočili pozitivan efekat indolbuterne kiseline na formiranje korenova, ali i pojavu nekroze donjeg dela renice, koja je bila naročito izražena u kasnim rokovima izrade reznica. Prema Wen-Quan i Bassuk, (1993), sinteza etilena je povećana u reznicama ruže u prisustvu povećane količine auksina. Mensuali-Sodi et al., (1995) ukazuju da etilen može da podstakne ožiljavanje, ali u uskom rasponu koncentracije. Ma et al., (1998) su dobili izvestan pozitivan efekat kobalt hlorida na ožiljavanje izbojaka jabuke u kulturi *in vitro* i zaključili da je ovaj efekat verovatno u vezi sa smanjenjem efekta etilena. Naime, poznato je da joni kobalta inhibiraju aktivnost 1-aminociklopropan 1-karboksilne oksidaze (ACC), jednog od ključnih enzima u sintezi etilena (Lau i Yang, 1976). U cilju ublažavanja efekta etilena Kovacevic et al., (2012) su primenili kobalt hlorid folijarnim putem kod ožiljenih reznica genotipova američke crne topole neposredno nakon pojave izbojaka i zaključili da je ovaj tretman u stanju da poveća broj korenova i unapredi ožiljavanje. Međutim, oni smatraju da značaj akumulacije etilena i efekat korišćenja inhibitora etilena na ožiljavanje reznica topola nije u dovoljnoj meri istražen.

Cilj ovog rad je da se u uslovima rasadničke proizvodnje tri rasadnika ispita efekat kobalt hlorida i indolbuterne kiseline, primenjenih u formulacijama u praškastoj formi, na prijem drvenastih reznica i rast ožiljenih reznica dva genotipa bele topole *Populus alba* cl. Villafranca i L-12 .

## MATERIJAL I METOD

Tokom meseca aprila 2014. postavljeni su rasadnički ogledi radi ispitivanja značaja uticaja kobalta i indolbuterne kiseline na ožiljavanje drvenastih reznica bele topole. Ogledi su postavljeni u rasadnicima JP „Vojvodinašume“: „Hrastovača“, kod Subotice, „Čelarevo“, kod Bačke Palanke i „Ratno ostrvo“ kod Novog Sada. Reznice su bile tretirane neposredno pre sadnje, sledećim praškastim formulacijama:

- o** - kontrola
- co** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O
- io** - 0,6% indolbuterna kiselina
- ci** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O i 0,6% indolbuterna kiselina.

Ogledi su postavljeni sa genotipom bele topole *Populus alba* cl. Villafranca, a u ogled u rasadniku Hrastovača je uključen i genotip *Populus alba* cl. L-12. Sve rasadnike karakteriše zemljишte peskovitog mehaničkog sastava. U rasadniku „Hrastovača“ je vršeno navodnjavane po potrebi.

U rasadniku „Hrastovača“ je postavljen i ogled u kome su navedeni tretmani ispitani i na genotipu *Populus alba* cv. L-12. U ovom ogledu su pored preživljavanja u mesecu julu (SURV(%)), početkom vegetacionog perioda ispitano i: ideo reznica koje su dale vitalan izbojaka u maju (VIT05(%)), ideo razlike u broju reznica sa vitalnim izbojkom od maja do jula u odnosu na broj vitalnih ožiljenica u julu (MORT<sub>r</sub>(%)); razlika u broju reznica sa vitalnim izbojkom od nicanja (maj) do merenja u julu (MORT(%)), procenat reznica koje su dale ožiljenice više od 100 cm (SURV100(%)).

Po isteku vegetacionog perioda (sredinom novembra 2014.) u svim ogledima su ispitana sledeća svojstva: visina biljaka (cm), preživljavanje (%) tj. udeo formiranih biljaka u broju posađenih reznica i udeo sadnica (biljaka viših od 220 cm) u broju posađenih reznica (%).

Ogledi su postavljeni po slučajnom rasporedu i sa nejednakim brojem ponavljanja (2-8). Za statističku obradu podataka korišćena je analiza varijanse za nejednake uzorke i odgovarajući test najmanje značajne razlike, korišćenjem programskog paketa STATISTICA 12 (StatSoft Inc., 2013).

## REZULTATI I DISKUSIJA

### **Prijem reznica u prolećnom delu vegetacionog perioda i razlike među genotipovima**

U rasadniku „Hrastovača“ postavljen je ogled u koji su bila uključena dva genotipa: L-12 i Villafranca, pri čemu je detaljnije ispitana prijem reznica u prvom delu vegetacionog perioda. Razlike među genotipovima nisu bile značane u udelu reznica koje su dale vitalan izbojak u mesecu maju (VIT05). Do meseca jula L-12 je ostvario nominalno, ali ne i statistički značajno slabiji prijem u odnosu na genotip Villafranca. Svojstva koja opisuju propadanje reznica između dva merenja (MORT<sub>r</sub> i MORT), međutim, ukazuju da je genotip L-12 pretrpeo statistički značajan gubitak reznica u ovom periodu tj. 20% od reznica koje su u maju imale vitalan izbojak je dodatno propalo do jula. Ovaj pokazatelj je u direktnoj vezi sa mogućnošću reznice da prevlada debalans u razvoju korenovog sistema i izbojka, što je karakteristika genotipova koji se slabije ožiljavaju (Kovacevic et al., 2009). Takođe je iz podataka jasno da razlika u preživljavanja reznica između dva ispitivana genotipa se formira baš u ovom periodu. Kod genotipa Villafranca je primećeno da je značajan uticaj na ublažavanje ovog efekta ostvaren nakon tretmana **io** (Tabela 1).

U istom ogledu ispitano je i svojstvo procenat reznica koje su dale izbojke više od 100 cm do dana merenja (08.07.2014.). Za razliku od klena L-12, klon Villafranca je dao skoro 18% ožiljenica viših od 100 cm. Kod oba genotipa tretman **co** (100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O) je dao jasno najviši procenat ovakvih ožiljenica, a kod genotipa Villafranca razlika u odnosu na kontrolu bila je statistički značajna. Ovaj rezultat ukazuje da tretman **co** pored pozitivnog efekta na ožiljavanje ostvaruje i pozitivan efekat na porast ožiljnica. I pored pozitivnog efekata na ožiljavanje, efekat **io** (0,6% indolbuterna kiselina) na ovo svojstvo ne samo da nije statistički značajno, već je i nominalno na nivou rezultata koji je ostvarila kontrola. Takođe, iako nije zabeležena razlika ispitivanih svojstava za **ci** u odnosu na kontrolu i tretmane koji su dali najbolje rezultate, kod oba genotipa je primetno da je propadanje reznica nakon nicanja bilo nominalno bliže kontroli, a udeo biljaka viših od 100 cm u julu bliže najboljem rezultatu, inače postignutom nakon tretmana **co**. Ova pojava je interesantna, ali bi morala da bude potvrđena novim ogledom.

Razlike u udelu preživelih ožiljenica do kraja vegetacionog perioda su odražavale odnose formirane tokom proletnjeg dela vegetacionog perioda, potvrđujući rezultate Kovacevic et al., (2009) da je prvih 80 dana ključno za preživljavanje rezница topola. Pored jasne nominalne razlike, razlike u preživljavanju se nisu pokazale statistički značajnim, ali su ožiljenice genotipa L-12 bile značajno niže od ožiljenica genotipa Villafranca. Ova pojava je direktno doprinela da je udeo sadnica (biljke više od 220 cm) bio značajno viši kod genotipa Villafranca (Tabela 2).

**Tabela 1.** Test najmanje značajne razlike za svojstva ispitana u prolećnom delu vegetacionog perioda u rasadniku "Hrastovača" kod klonova bele topole L-12 i Villafranca

**Table 1.** Least significant difference test for the characters examined in the spring part of growing season in nursery „Hrastovača“ in L-12 and Villafranca clones of white poplar

Genotip Genotype	Tretman Treatment	VIT05(%) <sup>1)</sup>	SURV(%)	MORT <sub>Tr</sub> (%)	MORT(%)	SURV100(%)
L-12	<b>ci</b>	73,19 <sup>a 3)</sup>	54,03 <sup>a</sup>	23,42 <sup>a</sup>	17,26 <sup>a</sup>	6,75 <sup>bcd</sup>
L-12	<b>co</b>	73,91 <sup>a</sup>	60,23 <sup>a</sup>	18,54 <sup>a</sup>	13,32 <sup>a</sup>	9,19 <sup>bcd</sup>
L-12	<b>io</b>	83,11 <sup>a</sup>	68,27 <sup>a</sup>	17,82 <sup>ab</sup>	14,64 <sup>a</sup>	0,30 <sup>cd</sup>
L-12	<b>o</b>	70,21 <sup>a</sup>	54,71 <sup>a</sup>	22,04 <sup>a</sup>	15,25 <sup>a</sup>	0,27 <sup>d</sup>
Villafranca	<b>ci</b>	75,06 <sup>a</sup>	71,13 <sup>a</sup>	5,06 <sup>abc</sup>	3,74 <sup>ab</sup>	24,75 <sup>ab</sup>
Villafranca	<b>co</b>	76,48 <sup>a</sup>	75,38 <sup>a</sup>	0,42 <sup>bc</sup>	2,04 <sup>b</sup>	34,44 <sup>a</sup>
Villafranca	<b>io</b>	70,50 <sup>a</sup>	71,94 <sup>a</sup>	-0,04 <sup>c</sup>	0,50 <sup>b</sup>	19,67 <sup>ab</sup>
Villafranca	<b>o</b>	77,70 <sup>a</sup>	69,06 <sup>a</sup>	9,33 <sup>ab</sup>	6,96 <sup>ab</sup>	10,52 <sup>bc</sup>
L-12		74,65 <sup>a</sup>	59,00 <sup>a</sup>	20,38 <sup>a</sup>	14,92 <sup>a</sup>	2,92 <sup>b</sup>
Villafranca		75,53 <sup>a</sup>	71,34 <sup>a</sup>	3,15 <sup>b</sup>	3,52 <sup>b</sup>	19,20 <sup>a</sup>
	<b>ci</b>	74,13 <sup>a</sup>	62,78 <sup>a</sup>	12,81 <sup>a</sup>	9,40 <sup>a</sup>	14,58 <sup>ab</sup>
	<b>co</b>	74,95 <sup>a</sup>	66,51 <sup>a</sup>	8,35 <sup>a</sup>	7,72 <sup>a</sup>	17,81 <sup>a</sup>
	<b>io</b>	77,11 <sup>a</sup>	70,12 <sup>a</sup>	4,24 <sup>a</sup>	5,28 <sup>a</sup>	6,47 <sup>ab</sup>
	<b>o</b>	74,58 <sup>a</sup>	63,04 <sup>a</sup>	14,23 <sup>a</sup>	10,17 <sup>a</sup>	4,39 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> - Oznake svojstava: VIT05 - udeo reznica koje su dale vitalan izbojaka u maju; SURV - preživljavanje do jula; MORT<sub>Tr</sub> - udeo razlike u broju reznica sa vitalnim izbojkom od maja do jula u odnosu na broj vitalnih ožiljenica u julu; MORT - razlika u broju reznica sa vitalnim izbojkom od nicanja (maj) do merenja u julu, SURV100 - procenat reznica koje su dale ožiljenice više od 100 cm u julu.

<sup>2)</sup> - Oznake tretmana: **o** - kontrola, **co** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, **io** - 0,6% indolbuterna kiselina, **ci** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O i 0,6% indolbuterna kiselina.

<sup>3)</sup> - Ista slova upućuju na pripadnost istoj homogenoj grupi na nivou  $\alpha=0,05$  tj. da prema testu najmanje značajne razlike među vrednostima nema statistički značajne razlike

<sup>1)</sup> - Character labels: VIT05 - partition of cuttings with vital shoot in May; SURV - cutting survival till July; MORT<sub>Tr</sub> - partition of difference between number of cuttings with vital shoot in May and July related to number of cuttings with vital shoot in July; MORT - difference between number of cuttings with vital shoot in May and July, SURV100 - percent of cuttings with shoot higher than 100 cm in July.

<sup>2)</sup> - Treatment labels: **o** - control, **co** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, **io** - 0,6% indolbuteric acid, **ci** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O and 0,6% indolbuteric acid.

<sup>3)</sup> - The values with the same letter belong to the same homogenous group at the level  $\alpha=0,05$  i.e. there are no significant difference according to the least significance difference test.

U totalu, značajan efekat primjenjenih tretmana je ostvaren samo u slučaju visine ožiljenice, gde su tretmani **ci** i **co** ostvarili značajno veće visine u odnosu na kontrolu, dok je unutar genotipova, značajno više sadnice u odnosu na kontrolu ostvren tretmanom **ci** kod genotipa Villafranca. Uprkos činjenici da razlike nisu bile statistički značajne, treba naglasiti da su nakon tretmana **co** kod genotipa L-12, kao i nakon tretmana **ci** kod genotipa Villafranca ostvaren skoro dvostruko viši udio sadnica u ukupnom broju posađenih reznica u odnosu na kontrolu. Ovo je interesantan rezultat, ali bi morao da bude proveren budućim istraživanjima. On ukazuje na mogućnost različite reakcije genotipova prema ispitivnim tretmanima, ali i značaj uvođenja kobalt hlorida kao aktivne materije u formulacijama namenjenim stimulaciji ožiljavanja reznica belih topola.

**Tabela 2.** Test najmanje značajne razlike za svojstva ispitana nakon vegetacionog perioda u rasadniku "Hrastovača" kod klonova bele topole L-12 i Villafranca

*Table 2. Least significant difference test for examined characters at the end of vegetation period in „Hrastovača“ nursery in L-12 and Villafranca clones of white poplar*

Genotip <i>Genotype</i>	Tretman <sup>1)</sup> <i>Treatment</i>	Visina (cm) <i>Height (cm)</i>	Preživljavanje (%) <i>Survival (%)</i>	Udeo sadnica (%) <i>Plants' partition (%)</i>
L-12	<b>ci</b>	214,07 <sup>bc 2)</sup>	55,03 <sup>a</sup>	28,95 <sup>ab</sup>
L-12	<b>co</b>	232,61 <sup>abc</sup>	61,49 <sup>a</sup>	40,37 <sup>ab</sup>
L-12	<b>io</b>	194,13 <sup>c</sup>	69,22 <sup>a</sup>	24,94 <sup>b</sup>
L-12	<b>o</b>	201,44 <sup>c</sup>	54,71 <sup>a</sup>	22,00 <sup>b</sup>
Villafranca	<b>ci</b>	262,31 <sup>a</sup>	70,08 <sup>a</sup>	61,19 <sup>a</sup>
Villafranca	<b>co</b>	239,20 <sup>abc</sup>	75,38 <sup>a</sup>	48,99 <sup>ab</sup>
Villafranca	<b>io</b>	249,69 <sup>ab</sup>	71,94 <sup>a</sup>	47,99 <sup>ab</sup>
Villafranca	<b>o</b>	211,37 <sup>bc</sup>	67,85 <sup>a</sup>	34,08 <sup>ab</sup>
L-12		211,86 <sup>b</sup>	59,78 <sup>a</sup>	29,23 <sup>b</sup>
Villafranca		234,79 <sup>a</sup>	70,66 <sup>a</sup>	45,18 <sup>a</sup>
	<b>ci</b>	238,19 <sup>a</sup>	62,71 <sup>a</sup>	44,79 <sup>a</sup>
	<b>co</b>	235,25 <sup>a</sup>	67,24 <sup>a</sup>	43,80 <sup>a</sup>
	<b>io</b>	221,91 <sup>ab</sup>	70,59 <sup>a</sup>	36,06 <sup>a</sup>
	<b>o</b>	207,11 <sup>b</sup>	62,32 <sup>a</sup>	28,71 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> - Oznake tretmana: **o** - kontrola, **co** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, **io** - 0,6% indolbuterna kiselina, **ci** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O i 0,6% indolbuterna kiselina.

<sup>2)</sup> - Ista slova upućuju na pripadnost istoj homogenoj grupi na nivou  $\alpha=0,05$  tj. da prema testu najmanje značajne razlike među vrednostima nema statistički značajne razlike

<sup>1)</sup> - Treatment labels: **o** - control, **co** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, **io** - 0,6% indolbutiric acid, **ci** - 100 µM CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O and 0,6% indolbutiric acid.

<sup>2)</sup> - The values with the same letter belong to the same homogenous group at the level  $\alpha=0,05$  i.e. there are no significant difference according to the least significance difference test.

### Uticaj razlike među rasadnicima

Rezultati preživljavanja rezница u novembru ukazuju na jasne razlike među ispitivanim rasadnicima. Naime, najniže preživljavanje rezница u kontroli je ostvareno u rasadniku „Ratno ostrvo“ (20,96%), i „Čelarevo“ (24,46%), a najviše u rasadniku „Hrastovača“ (67,85%) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Test najmanje značajne razlike za svojstva ispitana na kraju vegetacionog perioda kod genotipa *Populus alba* cv. Villafranca u ispitivanim rasadnicima

*Table 3. Least significant difference test for characters examined at the end of growing season in genotype *Populus alba* cv. Villafranca in examined nurseries*

Rasadnik Nursery	Tretman <sup>1)</sup> Treatment	Visina (cm) Height (cm)	Preživljavanje (%) Survival (%)	Udeo sadnica (%) Plants' partition (%)
Čelarevo	<b>co</b>	237,069 cd 2)	49,546 bcd	31,848 bc
Čelarevo	<b>ci</b>	289,365 a	65,016 ab	55,256 a
Čelarevo	<b>io</b>	273,446 ab	58,828 abc	47,424 ab
Čelarevo	<b>o</b>	238,302 cd	39,958 d	24,464 c
Hrastovača	<b>co</b>	239,197 bcd	75,377 a	48,990 abc
Hrastovača	<b>ci</b>	262,314 abc	70,077 abc	61,193 a
Hrastovača	<b>io</b>	249,692 abcd	71,938 ab	47,994 abc
Hrastovača	<b>o</b>	211,368 d	67,848 ab	34,083 abc
Ratno ostrvo	<b>co</b>	227,727 cd	38,033 d	23,832 c
Ratno ostrvo	<b>ci</b>	235,808 cd	43,268 cd	31,886 bc
Ratno ostrvo	<b>io</b>	239,428 cd	32,273 d	22,193 c
Ratno ostrvo	<b>o</b>	233,547 cd	29,231 d	20,964 c
Čelarevo		259,546 a	53,388 b	39,409 a
Hrastovača		234,788 b	70,660 a	45,182 a
Ratno ostrvo		234,211 b	36,549 c	25,143 b
	<b>co</b>	233,832 b	48,569 ab	30,767 b
	<b>ci</b>	265,900 a	57,646 a	47,094 a
	<b>io</b>	257,720 a	50,481 ab	37,536 ab
	<b>o</b>	230,169 b	45,198 b	26,196 b

<sup>1)</sup> - Oznake tretmana: **o** - kontrola, **co** - 100 µM  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , **io** - 0,6% indolbuterna kiselina, **ci** - 100 µM  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  i 0,6% indolbuterna kiselina.

<sup>2)</sup> - Ista slova upućuju na pripadnost istoj homogenoj grupi na nivou  $\alpha=0,05$  tj. da prema testu najmanje značajne razlike među vrednostima nema statistički značajne razlike

<sup>1)</sup> - Treatment labels: **o** - control, **co** - 100 µM  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , **io** - 0,6% indolbuteric acid, **ci** - 100 µM  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  and 0,6% indolbuteric acid.

<sup>2)</sup> - The values with the same letter belong to the same homogenous group at the level  $\alpha=0,05$  i.e. there are no significant difference according to the least significance difference test.

Ovaj rezultat ukazuje na značaj uvođenja navodnjavanja u rasadničku proizvodnju bele topole. U totalu, rasadnik „Čelarevo“ je ostvario značajno bolje

preživljavanje u odnosu na rasadnik „Ratno ostrvo“ (53,39 prema 36,55%), prvenstveno zahvaljujući boljoj reakciji na ispitivane tretmane hormonskim preparatima. Bolje preživljavanje je verovatno pomognuto i blizinom podzemne vode, s obzirom da se rasadnik nalazi u zaštićenoj zoni, u neposrednoj blizini nasipa. U ovom slučaju treba istaći i da se prilikom postavke ogleda u rasadniku „Čelarevo“ vodilo računa da on bude postavljen na ocednom mestu. Naime, ovaj rasadnik je već imao loše rezultate sa ožiljavanjem drvenastih reznica bele topole u depresijama. Iako ove depresije nisu bile značajno duboke, uzrokovale su zadržavanje vode što je veoma štetno delovalo na preživljavanje reznica.

U rasadniku „Čelarevo“ u totalu je ostvarena i najviša srednja visina biljka na kraju vegetacionog perioda, što je posebno bilo izraženo u tretmanima **ci** i **io**. Ova dva tretmana su u totalu imala značajno više sadnice od kontrole i **co** tretmana. I u ostala dva rasadnika su nakon tretmana **ci** i **io** dobijene najviše biljke, ali nije bilo statistički značajne razlike u odnosu na kontrolu i tretman **co**. Takođe, nije bilo značajnih razlika u visini biljaka između kontrola ispitivanih rasadnika. Variranja u visini biljaka među rasadnicima i tretmanima su u značajnoj meri doprinela variranju udela sadnica u broju posađenih reznica. Naime, zahvaljujući značajno većim ostvarenim visinama biljaka u rasadniku „Čelarevo“ je ostvaren ideo sadnica koji je bio skoro na nivou udela sadnica u rasadniku „Hrastovača“, dok je ideo sadnica u rasadniku „Ratno ostrvo“ bio značajno manji. Kod ovog svojstva značajno se izdvaja tretman **ci**, u okviru koga je u totalu ostvaren ideo sadnica od skoro 50%. Uz preživljavanje reznica od 65% može se reći da je nakon ovog tretmana ostvaren zadovoljavajući rezultat u proizvodnji ožiljenica bele topole. Tretman **ci** se isticao najvišim vrednostima u svim rasadnicima, a u rasadniku „Čelarevo“ ostvarena razlika u odnosu na kontrolu je bila i statistički značajna, pri čemu je ostvaren dvostruko viši ideo sadnica u odnosu na kontrolu. Iako razlika u odnosu na kontrolu nije bila statistički značajna, može se reći da je ostvaren izvanredan rezultat i u rasadnicima „Ratno ostrvo“ (50% viši ideo), a posebno „Hrastovača“ (skoro 100% viši ideo). Ovakav rezultat ukazuje na potrebu uvođenja tretmana reznica praškastom formulacijom sa  $100 \mu\text{M}$   $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  i 0,6% indolbuternom kiselinom prilikom formiranja ožilišta genotipa Villafranca.

Posebno je interesantno što su dobijeni rezultati ukazali na opravdanost uključivanja kobalt hlorida u praškaste formulacije za stimulaciju ožiljavanja zajedno sa preparatom auksinskog dejstva. Naime, uobičajena je praksa da se za stimulaciju ožiljavanja koriste preparati sa auksinskim dejstvom, ali se inhibitori efekta etilena, kakvi su i joni kobalta, jedino koriste u kulturi *in vitro*. Kobalt se kao mikroelement redovno uključuje u sastav hranljive podloge u kulturi *in vitro*, a primena jona srebra (takođe inhibitor efekta etilena) u kulturi *in vitro* bele topole je ređe (Kovacević et al., 2010b). Kao što pokazuju dobijeni rezultati, primena formulacije **co** nije u totalu značajno doprinela boljim rezultatima u odnosu na kontrolu kod genotipa Villafranca, ali jeste kod genotipa L-12. Dodatkom kobalt hlorida indolbuternoj kiselini u kombinovanoj formulaciji kod genotipa Villafranca je ostvareno sinergetsko dejstvo ove dve aktivne materije, u meri dovoljnoj da se ovaj tretman izdvoji kao superioran i značajno bolji u odnosu na kontrolu. Navedeni rezultati ukazuju na značaj daljih istraživanja u primeni kobalt hlorida u rasadničkoj proizvodnji bele topole.

## ZAKLJUČAK

Prezentovani rezultati ukazuju da postoje razlike u preživaljavanju drvenastih reznica ispitivanih klonova bele topole, kao i između ispitivanih rasadnika. Najjasnije razlike između dva klena su bile u razlici u broju reznica sa vitalnim izbojkom između majskog i julskog merenja. Praškaste formulacije sa kobalt hloridom (kod L-12 formulacija sa kobalt hloridom, a kod Villafranca formulacija sa kobalt hloridom i indolbuternom kiselinom) su ostvarile najbolje rezultate, pogotovo za svojstvo udela sadnica (reznice koje su do kraja vegetacionog perioda dale izbojke više od 220 cm). Navedeni rezultati ukazuju na značaj daljih istraživanja u primeni kobalt hlorida u rasadničkoj proizvodnji bele topole, ali i drugih drvenastih vrsta.

## Zahvalnica

Istraživanje je urađeno u okviru projekta JP Vojvodinašume "Unapređenje gajenja nizijskih šuma" podprojekat "Očuvanje diverziteta autohtonih topola i vrba" i projekta III43007 „Istraživanje klimatskih promena i njihovog uticaja na životnu sredinu praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje”, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- Eggens, J.L.; Lougheed, E.C; Hilton, R.J. (1972): Rooting of hardwood cuttings of boleana poplar. Can.J.Plant Sci., 52: 599-604
- Fege A. S. (1983): The practice and physiological basis of collecting, storing and planting *Populus* hardwood cuttings. USDA, General Technical Report NC-91, 11 pp.
- Kovacevic, B. (2003): Genetička divergentnost obrazovanja vegetativnih organa crnih topola (sekcija Aigeiros Duby). PhD Thesis. Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, 173 p.
- Kovacevic, B.; Guzina, V.; Kraljević-Balalic, M.; Ivanovic, M.; Nikolić-Đorić, E. (2008): Evaluation of early rooting traits of eastern cottonwood that are important for selection tests. Silvae genetica 57 (1): 13-21.
- Kovačević, B., Miladinović, D., Orlović, S., Katanić, M., Keber, M., Kovinčić, J. (2013): Lead tolerance and accumulation in white poplar cultivated in vitro. SEEFOR, 4(1): 3 – 12.
- Kovačević, B., Miladinović, D., Orlović S., Tomović, Z., Rončević, S., Poljaković-Pajnik, L. (2012): Effect of leaf treatment with cobalt chloride on adventitious rooting of Cottonwood (*Populus deltoides* Bartr . ex Marsh ) cuttings. Propagation of Ornamental Plants, 12(1): 52-57.
- Kovačević B, Orlović S, Katanić M, Miladinović D, Keber M (2008): Influence of kinetin, 6-benzylaminopurine, silver ion and myoinositol on growth and

- development of white poplar microshoots in vitro. Proceedings of International Scientific Conference „Forestry in Achieving Millennium Goals“, 13-15 November 2008, Novi Sad: 219-224.
- Kovačević, B., Orlović, S., Pekeč, M., Stojnić, S. (2010a): The effect of genotype and date of preparation on rooting of white poplar cuttings. Congress topics and papers of First Serbian forestry congress: - Future with forest - 11-13 November 2010 Belgrade, Serbia, 306-311.
- Kovacevic, B., Orlovic, S., Roncevic, S., Miladinovic, D. (2010b): The effect of silver ion, 1-naphthalene acetic acid and 6-benzylaminopurine on micropagation of „Fastglate“ tree shape variety *Populus alba* cl. LBM. *Acta Hort* 885: 197-202.
- Kovacevic B.; Roncevic, S.; Miladinovic D.; Ivanisevic, P.; Katanic, M. (2009): Early shoot and root growth dynamics as indicators for the survival of black poplar cuttings. *New Forests* 38: 177-185.
- Lau O. L., Yang S. F. (1976): Inhibition of ethylene production by cobaltous ion. *Plant Physiology*, 58: 114-117.
- Ma J.-H., Yao J.-L., Cohen D., Morris B. (1998): Ethylene inhibitors enhance *in vitro* root formation from apple shoot cultures. *Plant Cell Reports*, 17: 211-214.
- Mensuali-Sodi A., Panizza M., Tognoni F. (1995): Endogenous ethylene requirement for adventitious root induction and growth in tomato cotyledons and lavandin microcuttings *in vitro*. *Plant Growth Regulation*, 17: 205-212.
- Pregitzer K. S., Friend A. L. (1996): The structure and function of *Populus* root systems. In: Stettler R. F., Bradshaw H. D. Jr., Heilman P. E., Hinckley T. M. (Eds). *Biology of Populus and its implications for management and conservation*. NRC Research Press, Ottawa, Canada: 331-354.
- Rédei, K., Keserü, Z., Antal, B. (2013): Tending operation models for Leuce poplar stands growing on sandy soils in Hungry. *Topola/Poplar*, 191/192: 1-8.
- Rhodenbaugh E. J., Pallardy S. G. (1993): Water stress, photosynthesis and early growth patterns of cuttings of three *Populus* clones. *Tree Physiology*, 13: 213-226.
- Smith N. G., Wareing P. F. (1972): The distribution of latent root primordia in stems of *Populus × robusta* and factors affecting the emergence of preformed roots from cuttings. *Forestry*, 45: 197-209.
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA (data analysis software system), version 12. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- Tschaplinski T. J., Blake T. J. (1989): Correlation between early root production, carbohydrate metabolism and subsequent biomass production in hybrid poplar. *Canadian Journal of Botany*, 67: 2168-2174.
- Wen-Quan S., Bassuk N. L. (1993): Auxin-induced ethylene synthesis during rooting and inhibition of bud break of “Royalty” rose cuttings. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 118:638-643.
- Zalesny R. S., Riemschneider D. E., Hall R. B. (2005): Early rooting of dormant hardwood cuttings of *Populus*: analysis of quantitative genetics and genotype × environment interactions. *Canadian Journal of Forest Research*, 35: 918-929.

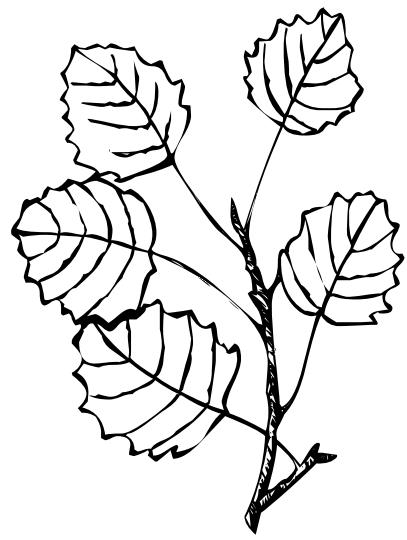
**Summary**

**THE EFFECT OF APPLICATION OF COBALT CHLORIDE AND INDOLBUTIRIC ACID POWDER FORMULATIONS ON ROOTING OF WHITE POPLAR HARDWOOD CUTTINGS**

by

Branislav Kovačević, Saša Orlović, Predrag Pap, Marina Katanić, Slađana Dabić

*One of the main cause of relativly slow afforestation with white poplar are problems in rooting of its hardwood cuttings. One way of stimulation of white poplar cuttings' rooting is treatment with appropriate plant growth regulators, mainly those with auxin effect. The aim of this work was to examine the effect of the application of powder formulations with indolbutiric acid (auxin) and cobalt chloride (ethylene action inhibitor) in nursery conditions. Beside effect of examined powder formulations, the effect of differences between genotypes (*Populus alba* cl. Villafranca and cl. L-12) was examined, as well as, for genotype Villafranca, the effect of differences between three nurseries. The differences in cutting survival of examined genotypes were the most obvious in the partition of rooted cutting lost between May and July, as a result of disbalance in the growth and development of root system and shoot. Obtained results suggest the positive effect of implementation of cobalt chloride in formulations dedicated to the stimulation of white poplar cuttings' rooting, as well as differences between genotypes in their reaction on examined formulations. After the treatment of cuttings of Villafranca with combined formulation with 100 µM  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  and 0,6% indolbutiric acid, beside pozitive effect on cuttings survival, the positive effect on the rooted cutting height was achieved as well, resulting in significantly higher partition of plants appropriate for planting than in control (50-100% higher, depending on nursery). Presented results suggest the significant potential in the implementation of cobalt chloride in white poplar nursery production.*



**UDK: 582.736(497.113 Deliblato)**

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## **ELEMENTI RASTA I STRUKTURA KULTURA BAGREMA NA ČERNOZEMU NA PODRUČJU DELIBLATSKE PEŠČARE**

Siniša Andrašev<sup>1</sup>, Savo Rončević<sup>1</sup>, Martin Bobinac<sup>2</sup>

**Izvod:** U radu se prikazuju elementi rasta i struktura dve sastojine bagrema generativnog porekla na zemljištu tipa černozem, podtip na karbonatnom eolskom pesku u starosti 17 (OP-1) i 39 godina (OP-2). Obe istraživane sastojine su osnovane sa razmakom sadnje  $3 \times 1$  m, odnosno sa 3333 stabala po hektaru. Po visinskim bonitetnim snopovima po Redeи *et al.* (2014) sastojina stara 17 godina pripada III, a sastojina stara 39 godina IV bonitetu. U sastojini staroj 17 godina utvrđeno je 1889 stabala po hektaru, što je za 54% više od broja stabala po Redeи *et al.* (2014) za odgovarajući visinski bonitet, a u sastojini staroj 39 godina utvrđeno je 1600 stabala po hektaru, odnosno 132% više od broja stabala po Redeи *et al.* (2014) za odgovarajući visinski bonitet. Veći broj stabala u odnosu na modelne sastojine uslovio je veću zapreminu po hektaru za 34% (OP-1), odnosno za 78% (OP-2), ali i veliku varijabilnost debljina i izraženo biološko diferenciranje stabala. Biološke klase, izdvojene na osnovu visina i međusobnog položaja krošnji, ukazuju da stabla zaostala u rastu (II i III biološki položaj) učestvuju sa 35,3% u sastojini staroj 17 godina i sa 58,3% u sastojni staroj 39 godina, što je posledica izostanka mera nege. U obe sastojine utvrđeno je 4,2-7% ukupnog broja stabala, sa prvim kvalitetom debla (67-133 stabla po hektaru). Nepovoljna debljinska struktura stabala I kvaliteta debla ukazuje na vrlo slabu tehničku iskoristivost stabala bagrema i ističe potrebu adekvatne nege sastojina bagrema na černozemu.

**Ključne reči:** bagrem, elementi rasta, visinska i debljinska struktura, biološke klase, Deliblatski pesak.

## ***ELEMENTS OF GROWTH AND STRUCTURE OF BLACK LOCUST CULTURES ON CHERNOZEM IN THE AREA OF DELIBLATO SANDS***

**Abstract:** The paper presents the elements of growth and structure of two generative origin stands of black locust on a chernozem soil type, subtype on carbonate aeolian sand at the age of 17 (OP-1) and 39 (OP-2). Both of the stand were established with planting space of  $3 \times 1$  m, or with 3333 trees per hectare. By height classes according to Redeи *et al.*, (2014) stands

---

<sup>1</sup> Dr Siniša Andrašev, viši naučni saradnik, dr Savo Rončević, viši naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad;

<sup>2</sup> Dr Martin Bobinac, vanredni profesor, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd.

17 years old belongs to III, and 39 year old stands belongs to IV classes. In the stand of 17 years old 1889 trees per hectare have been found, which is 54% more than the number of trees per Redeи et al (2014) for the corresponding height class, and in the 39 year old stand 1600 trees per hectare have been found, or 132% more than the number of trees per Redeи et al., (2014) for the corresponding height class. The larger number of trees in relation to model stands caused a greater volume per hectare by 34% (OP-1), or by 78% (OP-2), but also great variability of diameter at breast height and expressed biological differentiation of trees. Biological classes, allocated on the basis of height and mutual position of the crowns, indicating that trees fall behind in growth (II and III crown class) accounted for 35.3% in the stand 17 years old and 58.3% in stand 39 years old, which is consequence of the lack of tending measures. In both stands found 4.2 to 7% of the total number of trees, with the first quality of the trunk (67-133 trees per hectare). Unfavourable diameter structure of the trees with the first quality of trunk indicates a very low technical usability of black locust trees and highlights the need for adequate tending of black locust stands on chernozem.

**Keywords:** black locust, elements of growth, height and diameter structure, biological classes, the Deliblato sand.

## UVOD

Bagrem (*Robinia pseudoacacia* L.) je strana vrsta drveća (neofita), koja je u novijoj istoriji introdukovana iz Severne Amerike u Evropu početkom XVII veka (1601. godine). U početku je gajen kao parkovska vrsta, a kasnije i kao ekonomski značajna vrsta (Guzina, 2006), za razliku od Severne Amerike gde je, još donedavno, smatran za korovsku vrstu (Huntley, 1990). Posle eukaliptusa i hibridnih topola, bagrem je vrsta drveta koja je najviše korišćena u pošumljavanju u svetu zbog dobre adaptibilnosti na različitim staništima, brzog rasta i značajnih prinosa, povoljnih uzgojnih svojstava, sposobnošću obnavljanja izbojcima iz žila, veoma tvrdog i dugotrajnog drveta, fiksacije azota iz vazduha uz pomoć *Rhizobium* bakterija na korenju, tolerantnosti na sušu, a predstavlja i značajnu medonosnu i dekorativnu vrstu (Keresztesi, 1983; Barrett et al, 1990; Guzina et al., 1997; DeGomez i Wagner, 2001; Redeи et al., 2012).

U Evropi je najviše gajen u Mađarskoj, gde je zastupljen na 460.000 ha ili 24% šumom obrasle površine i predstavlja najznačajniju lišćarsku vrstu drveća (Redeи et al, 2014). Tokom 1960-tih godina Mađarska je imala više površina pod bagremom od ostatka Evrope (Redeи et al, 2012).

U okviru radova na vezivanju "živih peskova" na Deliblatskoj i Subotičkoj peščari prekretnicu u pošumljavanju je činilo unošenje bagrema, umesto borova, sredinom XIX veka, koji je pokazao izvanredna svojstva tako da ga Wessely, 1873 proglašava "prvom peščarskom biljkom" (Guzina, 2006).

Danas u strukturi šuma u Vojvodini bagrem zauzima površinu od 24.256 ha ili 17,3% od ukupne površine šuma i šumskog zemljišta (2009). Najveći deo tih površina, preko 14.000 ha, nalazi se u Južnobanatskom okrugu, odnosno Deliblatskoj preščari (preko 9.000 ha), zatim na Subotičkoj peščari (blizu 2.500 ha), dok su manje površine pod bagremom razastrte po čitavoj Vojvodini. U strukturi

šuma u Srbiji bagrem, sa brezom i jasikom kao pionirskim pratiocima, zauzima površinu od 223.200 ha ili 8,5% od ukupne površine šuma i šumskog zemljišta od 2.634.800 ha (Banković *et al.*, 2009).

Istraživanja i podaci o proizvodnosti sastojina i karakteristikama rasta bagrema u našim uslovima su skromni i nisu u saglasnosti sa zastupljenošću bagrema i njegovom značaju u šumskom fondu. Značajna istraživanja se pretežno odnose na područje Deliblatske peščare (Mirković, 1965; Panić, 1969; Gužina *et al.*, 1994; Vučetić, 2009), kao prostoru gde je on najviše zastupljen.

Novija istraživanja u sastojinama bagrema na Deliblatskom pesku (Vučetić, 2009) i širem području Vojvodine izvan Deliblatske i Subotičke peščare (Andrašev *et al.*, 2014) ukazuju na prisustvo većeg broja stabala po hektaru u poređenju sa modelnim sastojinama u regionu (Redei *et al.*, 2014) u sličnim klimatskim i edafskim uslovima. Prisustvo većeg broja stabala u istraživanim sastojinama bagrema, u odnosu na modelne sastojine sličnog porekla, ukazuje na izostanak adekvatne nege u sastojinama.

Zadatak istraživanja je da se prouče elementi rasta i strukture sastojina bagrema na černozemu na području Deliblatske peščare.

## OBJEKAT ISTRAŽIVANJA I METOD RADA

Istraživanja su obavljena u dve sastojine koje su osnovane sadnicama sa razmakom sadnje od  $3 \times 1$  m, odnosno 3333 stabla po hektaru na zemljištu tipa černozem, podtip na karbonatnom eolskom pesku na području GJ "Deliblatski pesak". Istraživanja su vršena u jednoj srednjedobnoj sastojini, starosti 17 godina (OP-1) i jednoj zreloj sastojini, starosti 39 godina (OP-2) (Tabela 1, Slika 1).

**Tabela 1.** Lokacija oglednih sastojina bagrema

*Table 1. Location of experimental stands of black locust*

Ogledna površina Experimental plot	Šumsko gazdinstvo Forest holding	Šumska uprava Forest administration	Gazdinska jedinica Management unit	Odeljenje Section	Odsek Subdivision	Starost Age
1	"Banat", Pančevo	Banatski Karlovac	Deliblatski pesak	306	c	17
2	"Banat", Pančevo	Banatski Karlovac	Deliblatski pesak	301	c	39

U svakoj sastojini je osnovana po jedna stalna ogledna površina u delu sa potpunim sklopom. Veličina oglednih površina je iznosila  $30 \times 15$  m, odnosno 4,5 ari. Na oglednim površinama premerena su dva unakrsna prečnika na prsnoj visini svim živim stablima, uz tačnost od 1 mm. Premer visina svih živih stabala je izvršen visinomerom tipa Vertex III, uz tačnost od 0,1 m.

Premereni prečnici i visine su poslužili za konstrukciju visinskih kriva (model:  $h=a \cdot (1-e^{-b \cdot dbh})^c$ ,  $h$  - visina,  $dbh$  - prsni prečnik,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - parametri modela) za svaku sastojinu i utvrđivanje zapremina sastojina.

Ocena boniteta staništa na svakom oglednom polju je izvršena na osnovu poređenja srednjih visina po Loraju ( $h_L$ ) sa modelima rasta srednjih visina po Redei *et al.* (2014) za negovane (modelne) sastojine bagrema u Mađarskoj. Pošto navedeni modeli rasta visina predstavljaju proporcionalne bonitetne razrede, odnosno visine pojedinih boniteta za istu starost imaju isti međusobni odnos, to je pripadnost određenom bonitetu utvrđena na osnovu odnosa srednje visine po Loraju i srednje visine prvog boniteta za odgovarajuću starost, u procentima.



**Slika 1.** Lokacija oglednih sastojina bagrema  
**Picture 1.** Location of experimental stands of black locust

Zapremina stabala je dobijena na osnovu zapreminske tablice Redei *et al.*, (2012), s obzirom da su Andrašev et al., (2014) utvrdili da one za iste prsne prečnike i visine, u poređenju sa tablicama Cestar i Kovačić, (1982), Fekete (prema Milošević, 1988), daju najmanje odstupanje od zapremina stabala dobijenih sekcionim metodom za oborena stabla na širem području Vojvodine. Zapremina po hektaru je dobijena kao suma zapremina stabala na ogledim poljima pomnožena odgovarajućim faktorom.

Pri premeru svakom stablu procjenjen je biološki položaj (BP) i kvalitet debla (KD) na osnovu klasifikacije Asman-a (Stamenković i Vučković, 1988):

- Biološki položaj: nadstojno (1), međustojeće (2), podstojno (3);

- Kvalitet debla (KD): deblo ravno, sa malim padom prečnika, bez grana i kvrga preko polovine visine stabla, nezasukano (1), deblo ravno, preko polovine visine sa granama ili kvrgama ili padom prečnika većim od 1 cm/m, ili malo zasukano (2), deblo krivo, ili zasukano, ili sabljasto, ili rašljasto, ili dvostruko, ili se račva iz panja, ili jako ranjeno, oštećeno ili prelomljeno, ili jako napadnuto od raka i truleži (3).

Na svakoj oglednoj površini otvoren je pedološki profil u cilju ustanavljanja sistematske jedinice zemljišta, po tipu i podtipu, u skladu sa klasifikacijom Škorić *et al.* (1985). Na osnovu stratigrafske građe profila zemljišta na istraživanim lokalitetima pripadaju tipu černozem, podtipu na karbonatnom eolskom pesku. Na oba profila humusno-akumulativni horizont (A) je crni ilovasti pesak dubine 80 cm (OP-2) i 90 cm (OP-1), ispod koga se nalazi sivi eolski pesak.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

### Elementi rasta

U srednjedobnoj sastojini na OP-1, starosti 17 godina, utvrđena je gornja visina od 15,9 m, dok je u zreloj sastojini na OP-2, starosti 39 godina, utvrđena gornja visina od 19 m (Tabela 2).

**Tabela 2.** Elementi rasta stabala i sastojina na oglednim površinama

*Table 2. Growth elements of trees and stands on experimental plots*

Zemljište Soil	OP	Starost <sup>*)</sup> <i>Age</i>	H <sub>g</sub>	h <sub>L</sub>	D <sub>g</sub>	d <sub>g</sub>	N	G	V	I <sub>vp</sub>	Bonitet <i>Bonity</i>				
		[god.] [year]	[m]	[m]	[cm]	[cm]	[trees ha <sup>-1</sup> ]	[m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup> ]	1	2	3	4	5
A	OP-1	17	15,91	14,61	17,5	12,4	1889	22,88	168,89	9,93	*				
B	OP-2	39	18,98	17,22	26,6	17,2	1600	37,24	322,89	8,28	*				

<sup>\*)</sup> Oznake svojstava: OP -ogledno polje, Starost – starost kultura od osnivanja; H<sub>g</sub> – gornja visina; h<sub>L</sub> – srednja visina po Loraju; D<sub>g</sub> - prsni prečnik dominantnog stabla; d<sub>g</sub> – srednji prsni prečnik po temeljnici; N – broj stabala po hektaru; G – temeljnica po hektaru; V – zapremina po hektaru; I<sub>vp</sub> – prosečan zapreminski prirast po hektaru; Bonitet – visinska bonitetna klasa po Redei et al. (2014).

<sup>\*)</sup> Characters' labels: OP -experimental field; Age –age of culture since establishment; H<sub>g</sub> – top height; h<sub>L</sub> – mean Loray's height; D<sub>g</sub> –diameter at breast height of dominant tree; d<sub>g</sub> –diameter at breast height of mean tree; N – number of trees per hectare; G – basal areas per hectare; V – Volumes per hectare; I<sub>vp</sub> – Mean volume increments per hectare; Bonity – height bonity class by Redei et al. (2014).

Srednja visina po Loraju na OP-1 od 14,6 m iznosi 76,9% od visine I boniteta i nalazi se u nivou III boniteta, a srednja visina po Loraju na OP-2 od 17,2 m iznosi 64,9% od visine I boniteta i odgovara IV bonitetu po Redei et al., (2014) (Tabela 3, Grafikon 1, levo).

**Tabela 3.** Odnosi srednjih visina i prečnika istraživanih sastojina sa podacima iz tablica Redeи et al., (2014).**Table 3.** Relationship between mean heights and mean diameters of the study stands and data from the table by Redeи et al., (2014).

Zemljiste Site	OP	Starost * Age	N	Visina Height		Prečnik Diameter		Razlika Difference	
				I bon._h 1 <sup>st</sup> y.c._h	Bon._h Y.cl._h	I bon._d 1 <sup>st</sup> y.c._d	Bon._d Y.cl._d	Δbon. Δy.c.	Δd <sub>h</sub>
				[god.] [year]	[stabala·ha <sup>-1</sup> ] [trees·ha <sup>-1</sup> ]	[%h]	[h <sub>t</sub> ]	[%d <sub>g</sub> ]	[cm]
A	OP-1	17	1889	76,9	III	73,5	III	0	-0,8
B	OP-2	39	1600	64,9	IV	57,7	V	-1	-3,2

\* Oznake svojstava: OP -ogledno polje, Starost – starost kultura od osnivanja; N – broj stabala po hektaru; I bon.\_h – visina srednjeg stabla po Loraju u odnosu na visinu I boniteta po Redeи et al., (2014) za odgovarajuću starost u procentima; Bon.\_h – odgovarajući model rasta visina srednjeg stabla po Redeи et al. (2014); I bon.\_d – prsni prečnik srednjeg stabla po temeljnici u odnosu na prečnik srednjeg stabla I visinskog boniteta po Redeи et al., (2014) za odgovarajuću starost u procentima; Bon.\_d – odgovarajući model rasta prečnika srednjeg stabla po Redeи et al. (2014); Δbon. – razlika u bonitetima na osnovu ostvarenih srednjih visina i srednjih prsnih prečnika po Redeи et al., (2014); Δd<sub>h</sub> – razlika u ostvarenim srednjim prsnim prečnicima i srednjim prečnicima po Redeи et al., (2014) za odgovarajući visinski bonitet.

<sup>a</sup> Characters' labels: OP -experimental field ; Age –age of culture since establishment; N – number of trees per hectare; I<sup>st</sup> y.c.\_h – mean tree height by Lorey's in relation to the height of the first bonity class by Redeи et al., (2014) for the corresponding age in percentages; Y.cl.\_h – corresponding height growth model of mean tree by Redeи et al. (2014); I<sup>st</sup> y.c.\_d – mean tree quadratic diameter in relation to the diameter of the first bonity class by Redeи et al., (2014) for the corresponding age in percentages; Y.cl.\_d – corresponding diameter growth model of mean tree by Redeи et al. (2014); Δy.c. – differences in bonity classes on the basis of achieved mean height and mean diameter at breast height by Redeи et al., (2014); Δd<sub>h</sub> – difference between achieved breast height diameters and breast height diameters by Redeи et al., (2014) for the corresponding height bonity class.

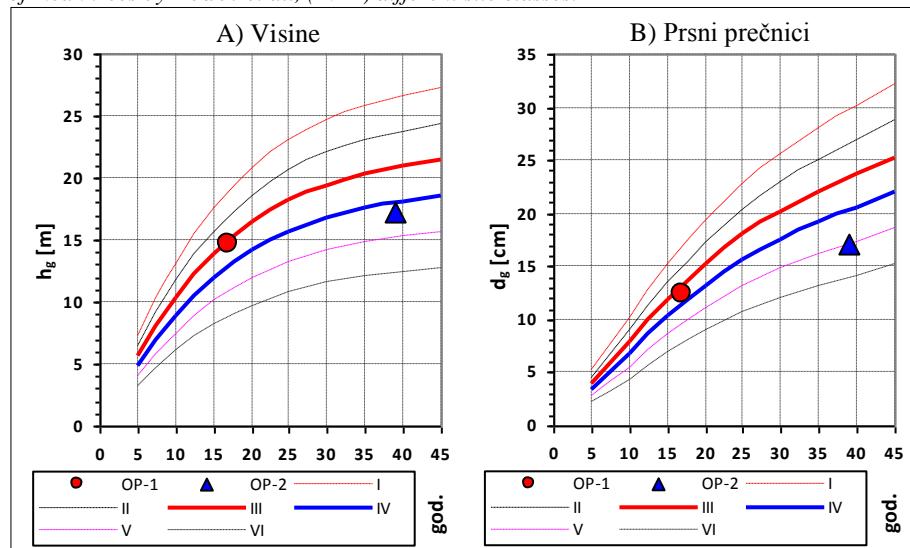
Prečnik 20% najdebljih stabala na OP-1 nakon 17 godina iznosio je 17,5 cm, a na OP-2 iznosio je 26,6 cm (Tabela 2).

Srednji prečnik po temeljnici na OP-1 je iznosio 12,4 cm što je 73,5% od srednjih prečnika I visinskog boniteta. Na OP-2 nakon 39 godina srednji prečnik je iznosio 17,2 cm ili 64,9% od prečnika I visinskog boniteta. Ostvareni srednji prsni prečnici odgovaraju modelu rasta prečnika za III, odnosno V visinski bonitet po Redeи et al., (2014) (Tabela 3, Grafikon 1, desno). Na OP-1 srednji prečnik je niži za 8 mm od prečnika srednjeg stabla III boniteta po Redeи et al., (2014) u starosti od 17 godina. Na OP-2 srednji prečnik je manji za 3,2 cm od srednjeg prečnika IV boniteta po Redeи et al., (2014).

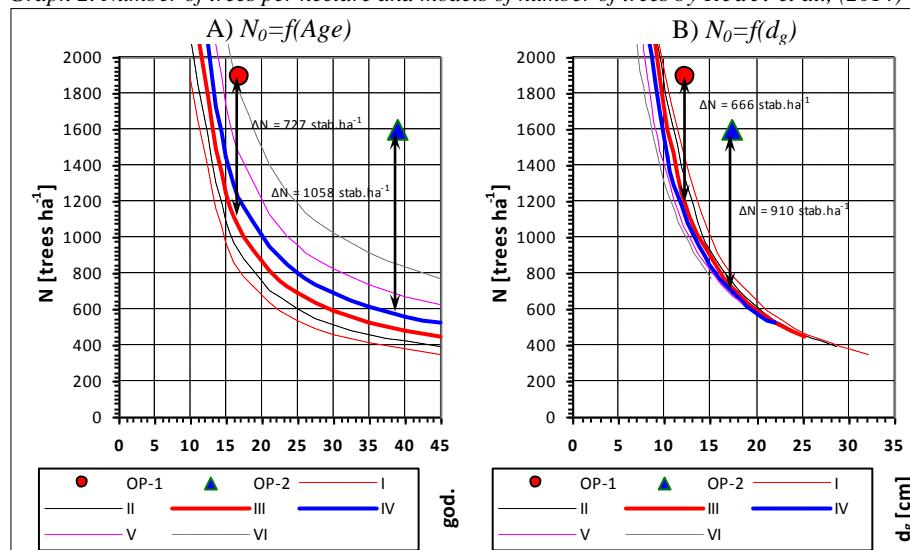
Broj stabala po hektaru je jedan od bitnih elemenata strukture sastojina jer od njega zavise ostali elementi strukture, kao što su: prsnii prečnik, temeljnica i zapremina po hektaru. Kod jednodobnih sastojina broj stabala po hektaru zavisi, kako od starosti, tako i od boniteta staništa. Sa povećanjem starosti broj stabala po hektaru opada nezavisno od boniteta staništa (Stamenković i Vučković, 1988). Na ovom osnovu za starost sastojina bagrema od 45 godina je definisan broj stabala po hektaru za VI različitih boniteta u Mađarskoj i (Redeи et al., 2014), što je prikazano na grafikonu 2, levo.

**Grafikon 1.** Položaj srednjih visina po Loraju (levo) i srednjih prečnika po temeljnici (desno) istraživanih sastojina bagrema u okviru modela rasta visina (levo) i prečnika (desno) srednjeg stabla različitih boniteta po Rede i et al., (2014).

**Graph 1.** Location of mean height by Lorey (left) and quadratic mean diameter (right) of studied black locust stands in the context of height (left) and diameter (right) growth models of mean trees by Rede i et al., (2014) different site classes.



**Grafikon 2.** Broj stabala po hektaru i modeli broja stabala po Rede i et al., (2014)  
**Graph 2.** Number of trees per hectare and models of number of trees by Rede i et al., (2014)



**Tabela 4.** Odnosi broja stabala i zapremina po hektaru istraživanih sastojina sa podacima iz tablica Redei et al., (2014).

**Table 4.** Relationship between numbers of trees and volumes per hectare of the study stands and data from the table by Redei et al., (2014).

Zemljište Site	OP	Star- rost Age	N <sup>*)</sup>	N <sub>0</sub> =f(Age)			N <sub>0</sub> =f(d <sub>g</sub> )			Zapremina po hektaru Volume per hectare				
				N <sub>0_Age</sub>	ΔN <sub>Age</sub>	(N-N <sub>0</sub> )/N <sub>0</sub>	N <sub>0_dg</sub>	ΔN <sub>dg</sub>	(N-N <sub>0</sub> )/N <sub>0</sub>	I bon.	Bon.	Δbon.	Y <sub>cl.</sub>	ΔV
				god. year	[trees· ha <sup>-1</sup> ]	[trees· ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[trees· ha <sup>-1</sup> ]	[trees· ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[%V]	[V]	[h <sub>1</sub> ·V]	[m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]
A	OP-1	17	1889	1162	727	62,5	1222	666	54,5	89,8	II	1	43,29	34,5
B	OP-2	39	1600	542	1058	195,2	689	910	132,0	93,1	I	3	141,04	77,6

<sup>\*)</sup> Oznake svojstava: OP - ogledno polje; Starost – starost kultura od osnivanja; N – broj stabala po hektaru; N<sub>0\_Age</sub> – broj stabala po hektaru dobijen po modelu: N<sub>0</sub>=f(Age); ΔN<sub>Age</sub> – razlika između utvrđenog broja stabala i broja stabala po modelu: (N-N<sub>0</sub>)/N<sub>0</sub> – procentualna razlika između utvrđenog broja stabala i broja stabala po modelu; N<sub>0\_dg</sub> – broj stabala po hektaru dobijen po modelu: N<sub>0</sub>=f(d<sub>g</sub>); I bon. – zapremina po hektaru u odnosu na zapreminu po hektaru I boniteta po Redei et al., (2014) za odgovarajuću starost u procentima; Bon. – odgovarajući model rasta zapremina po hektaru po Redei et al. (2014); Δbon. – razlika u bonitetima na osnovu ostvarenih srednjih visina i zapremina po hektaru po Redei et al., (2014); AV – razlika u ostvarenim zapreminama po hektaru i zapreminama po hektaru po Redei et al., (2014) za odgovarajući visinski bonitet.

<sup>\*)</sup> Characters' labels: OP - experimental field; Age – age of culture since establishment; N – number of trees per hectare; N<sub>0\_Age</sub> – number of trees per hectare obtained by model; N<sub>0</sub>=f(Age); ΔN<sub>Age</sub> – difference between achieved number of trees per hectare and number of trees obtained by model; (N-N<sub>0</sub>)/N<sub>0</sub> – the percentage difference between achieved number of trees per hectare and number of trees obtained by model; N<sub>0\_dg</sub> – number of trees per hectare obtained by model: N<sub>0</sub>=f(d<sub>g</sub>); I<sup>th</sup> y.c. – volume per hectare in relation to volume per hectare of the first bonity class by Redei et al., (2014) for the corresponding age in percentages; Y.cl. – corresponding growth model of volume per hectare by Redei et al. (2014); Δy.c. – differences in bonity classes on the basis of achieved volume per hectare and volume per hectare by Redei et al., (2014); ΔV – difference between achieved volume per hectare and volume per hectare by Redei et al., (2014) for the corresponding height bonity class.

Na OP-1 u starosti sastojine 17 godina utvrđeno je 1889 stabala po hektaru, a na OP-2 u starosti sastojine 39 godina utvrđeno je 1600 stabala po hektaru (Tabela 2).

Broj stabala po hektaru na OP-1 je veći za 727 stabala ili 62,5%, a na OP-2 za 1058 stabala po hektaru ili 195,2%, u odnosu na modele po Redei et al. (2014).

Broj stabala po hektaru snažno utiče na prsne prečnike stabala, te se često broj stabala po hektaru iskazuje i u zavisnosti od srednjeg prečnika (Vučković, 1989; Vučetić, 2009). Smanjenje broja stabala po hektaru u zavisnosti od srednjeg prečnika (N<sub>0</sub>=f(d<sub>g</sub>)) za različite bonitete po podacima Redei et al. (2014) prikazano je na grafikonu 2, desno, na osnovu modela i koeficijenata koji su dati u radu Andrašev i sar. (2014).

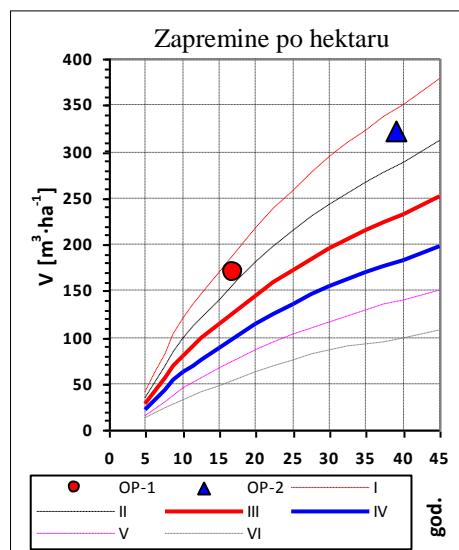
Utvrđeni broj stabala po hektaru veći je od broja stabala dobijenih po navedenim zavisnostima za 666 (OP-1) i za 910 (OP-2), odnosno 54,5%, i 132% (Tabela 4).

Znatno veći broj stabala po hektaru u sastojinama bagrema na Deliblatskom pesku, od onih po tablicama prinosa i prirasta za uslove Mađarske, navodi i Vučetić, (2009). Na širem području Vojvodine, izvan zone Deliblatske i Subotičke peščare, Andrašev et al., (2014), takođe navode znatno veći broj stabala po

hektaru, od onih po tablicama prinosa i prirasta za uslove Mađarske, što se može dovoditi u vezu sa negom sastojina.

**Grafikon 3.** Zapremina po hektaru i modeli rasta zapremine različitih boniteta po Redeи et al., (2014)

*Figure 3. Volume per hectare and models of volume growth for different yield classes by Redeи et al., (2014)*



Na OP-1 utvrđena je temeljnica  $23 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , a zapremina po hektaru  $169 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Na OP-2 temeljnica po hektaru iznosi  $37 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , a zapremina  $169 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (Tabela 2).

U poređenju sa tablicama prinosa i prirasta po Redeи et al. (2014) na OP-1 je utvrđena veća zapremina po hektaru za  $43 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  ili  $34,5\%$ , a na OP-2 zapremina je veća za  $141 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  ili  $77,6\%$ . Zapremina po hektaru na OP-1 nalazi se u nivou zapremine koju proizvodi II visinski bonitet, a na OP-2 zapremina po hektaru je u nivou koju proizvodi I visinski bonitet (Tabela 4, Grafikon 3).

### Struktura sastojina

#### Numeričke klase

Numerički pokazatelji visinske strukture ukazuju na izraženu varijabilnost visina na obe ogledne površine. Na OP-1 utvrđena je unimodalna distribucija, sa izraženom levom asimetrijom i mezokurtičnim rasporedom. Međutim, na OP-2 je utvrđena veća varijabilnost visina, manje izražena leva asimetrija i izrazita platikurtičnost, u odnosu na OP-1 (Tabela 5).

**Tabela 5.** Numerički pokazatelji visinske strukture.*Table 5. Numerical indicators of height distribution.*

OP	<b>n</b> <sup>*)</sup>	<b>h<sub>s</sub></b>	<b>s<sub>d</sub></b>	<b>c<sub>v</sub></b>	<b>h<sub>min</sub></b>	<b>h<sub>max</sub></b>	<b>v<sub>s</sub></b>	<b>α<sub>3</sub></b>	<b>α<sub>4</sub></b>
	[stabala] [trees]	[m]	[m]	[%]	[m]	[m]	[m]		
OP-1	85	13,00	3,174	24,4	5,0	17,0	12,0	-0,979	2,909
OP-2	72	13,15	5,495	41,8	4,0	21,5	17,5	-0,248	1,660

<sup>\*)</sup> Oznake svojstava: OP - ogledno polje; n – broj stabala na oglednom polju; h<sub>a</sub> – aritmetička sredina visina; s<sub>d</sub> – standardna devijacija; c<sub>v</sub> – koeficijent varijacije; h<sub>min</sub> – minimalna visina; h<sub>max</sub> – maksimalna visina; v<sub>s</sub> – varijaciona širina; α<sub>3</sub> – koeficijent asimetrije; α<sub>4</sub> – koeficijent spljoštenosti.

<sup>\*)</sup> Characters' labels: OP - experimental field; n – number of trees in the experimental field; h<sub>a</sub> – arithmetic mean height; s<sub>d</sub> – standard deviation; c<sub>v</sub> – coefficient of variation; h<sub>min</sub> – minimum height; h<sub>max</sub> – maximum height; v<sub>s</sub> – variation width; α<sub>3</sub> – coefficient of asymmetry; α<sub>4</sub> – coefficient of kurtosis.

**Slika 2.** Sastojina bagrema na OP-1 (levo) i OP-2 (desno).*Picture 2. Black locust stands at OP-1 (left) and OP-2 (right)*

Sumarne krive visinske strukture ukazuju da 1/3 stabala ima visine ispod 8 m (Grafikon 4), odnosno da je znatan broj stabala zaostalih u rastu što se može videti sa slike 2. Navedeno ukazuje na bimodalnu visinsku strukturu u sastojini na OP-2, starosti 39 godina.

Numerički pokazatelji debljinske strukture pokazuju izraženu varijabilnost debljina, nešto veću nego kod visinske strukture, što je u saglasnosti sa ranijim istraživanjima (Vučković, 1989; Andrašev, 2008; Vučetić, 2009). Varijabilnost debljinske strukture na OP-1 se nalazi u granicama koje se očekuju za jednodobne unimodalne sastojine. Za razliku od visinske strukture debljinska struktura ima slabo izraženu pozitivnu asimetriju i slabo izraženu platikurtičnost. Međutim, utvrđena

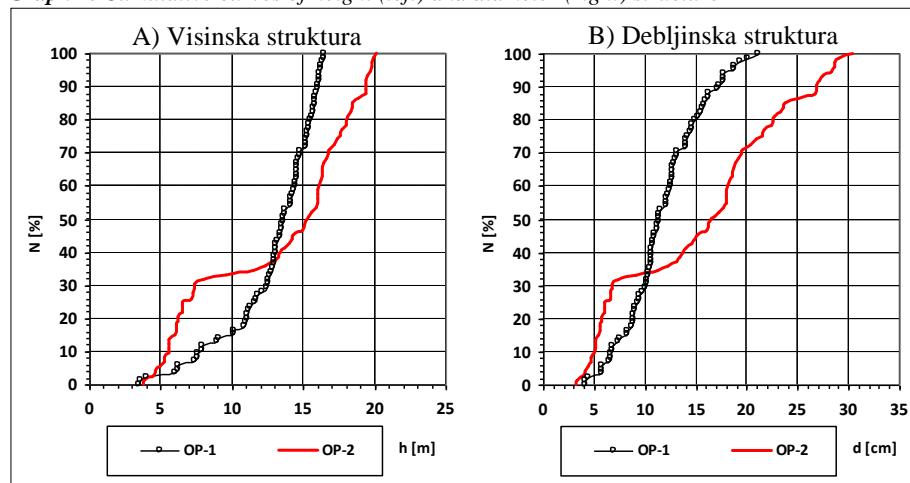
velika varijabilnost prsnih prečnika, od preko 50% na OP-2 i snažno izražena platikurtičnost debljinske strukture (Tabela 6), kao i veliko učešće stabala malih prečnika (Grafikon 4, desno) ukazuje na bimodalnu debljinsku strukturu (Grafikon 6, desno).

**Tabela 6.** Numerički pokazatelji debljinske strukture**Table 6.** Numerical indicators of diameter distribution

OP	<i>n</i> <sup>*)</sup>	<i>d<sub>s</sub></i>	<i>s<sub>d</sub></i>	<i>c<sub>v</sub></i>	<i>d<sub>min</sub></i>	<i>d<sub>max</sub></i>	<i>v<sub>s</sub></i>	<i>α<sub>3</sub></i>	<i>α<sub>4</sub></i>
	[stab.]	[cm]	[cm]	[%]	[cm]	[cm]	[cm]		
OP-1	85	11,9	3,72	31,4	4,2	21,1	16,9	0,263	2,678
OP-2	72	15,3	8,00	52,3	3,4	30,4	27,0	0,044	1,798

<sup>\*)</sup> Oznake svojstava: OP - ogledno polje; *n* - broj stabala na oglednom polju; *d<sub>a</sub>* - aritmetički srednji prečnik; *s<sub>d</sub>* - standardna devijacija; *c<sub>v</sub>* - koeficijent varijacije; *d<sub>min</sub>* - minimalni prečnik; *d<sub>max</sub>* - maksimalni prečnik; *v<sub>s</sub>* - varijaciona širina; *α<sub>3</sub>* - koeficijent asimetrije; *α<sub>4</sub>* - koeficijent spljoštenosti.

<sup>\*)</sup> Characters' labels: OP - experimental field; *n* - number of trees in the experimental field; *d<sub>a</sub>* - arithmetic mean diameter at breast height; *s<sub>d</sub>* - standard deviation; *c<sub>v</sub>* - coefficient of variation; *d<sub>min</sub>* - minimum diameter; *d<sub>max</sub>* - maximum diameter; *v<sub>s</sub>* - variation width; *α<sub>3</sub>* - coefficient of asymmetry; *α<sub>4</sub>* - coefficient of kurtosis.

**Grafikon 4.** Sumarne krive visinske (levo) i debljinske (desno) strukture**Graph 4.** Cumulative curves of height (left) and diameter (right) structure

Visinske krive, kao izraz zavisnosti visina stabala od njihovih prsnih prečnika, kod jednodobnih sastojina, kao što su istraživane sastojine bagrema, predstavljaju krive stanja. One ukazuju na ostvarive visine i prečnike stabala u određenoj starosti, ali ukazuju i na prisustvo stabala zaostalih u rastu što se manifestuje po naglom usponu visinske krive u tanjim i srednjim debljinama.

Za model visinske krive izabrana je funkcija sa tri parametra zbog postojanja stabala tanjih debljina i potrebe naglog uspona visinske krive u tanjim debljinama

(Grafikon 5). Elementi ocene modela pokazuju visok stepen slaganja sa empirijskim podacima (Tabela 7).

**Tabela 7.** Parametri modela visinskih krivih i njihova ocena  
**Table 7.** The model parameters of height curves and their evaluation.

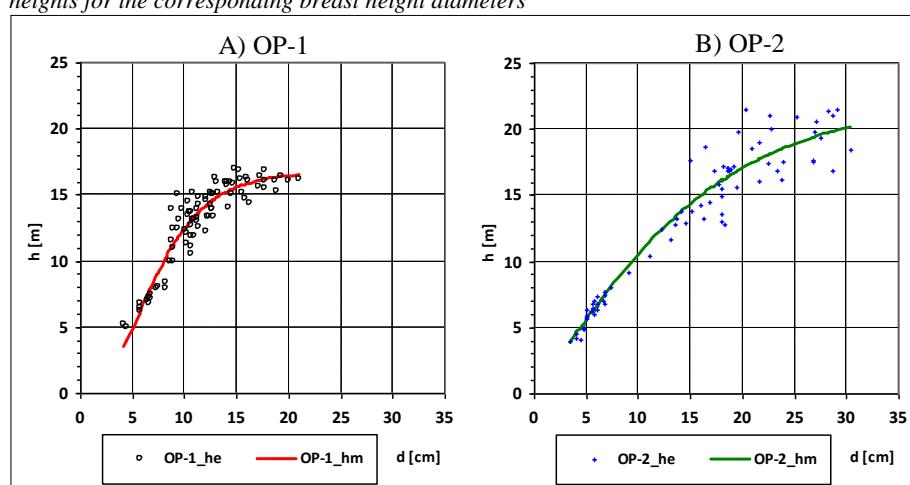
Redni broj Serial number	Zemljište Soil	OP <sup>*</sup>	Model: $h=a \cdot (1-e^{-bd})^c + 1,3$			$s_e$ [m]	$R^2$
			a	b	c		
1	A.1	OP-1	15,41346	0,27901	5,1847	1,113	0,880
2	A.2	OP-2	21,14297	0,08721	1,5451	1,495	0,929

<sup>\*)</sup>Oznake svojstava: OP - ogledno polje;  $s_e$  – standardna greška;  $R^2$  – koeficijent determinacije.

<sup>\*</sup>Characters' labels: OP - experimental field;  $s_e$  – standard error;  $R^2$  – coefficient of determination.

**Grafikon 5.** Visinske krive na OP-1 (levo) i na OP-2 (desno) sa empirijski merenim visinama za odgovarajuće prsne prečnike

*Graph 5. Height curves on the OP-1 (left) and OP-2 (right) with empirically measured heights for the corresponding breast height diameters*



#### Biološke klase

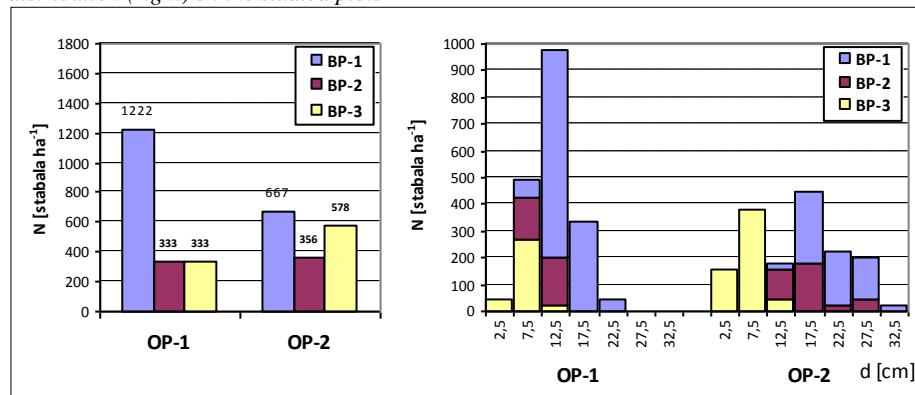
U obe istraživane sastojine bagrema utvrđeno je differenciranje stabala po biološkom položaju, odnosno po visini stabla, veličini i položaju njihovih krošnji. Najveći broj stabala se nalazi u dominantnoj etaži (I biološki položaj), 1222 stabla po hektaru (64,7%) na OP-1 i 667 stabala po hektaru (41,7%) na OP-2. To su stabla koja se nalaze u deblijinskim stepenima od 7,5 cm do 22,5 cm na OP-1 i od 12,5 cm do 32,5 cm na OP-2 (Grafikon 6).

U obe sastojine utvrđen je podjednak broj stabala po hektaru II biološkog položaja od 333-356 stabala po hektaru. Na OP-1 ova stabla se nalaze u debljinskim stepenima 7,5-12,5 cm, a na OP-2 u debljinskim stepenima 12,5-27,5 cm.

Na OP-2 je utvrđeno 578 stabala po hektaru (36,1%) III biološkog položaja što je dvostruko više u odnosu na sastojinu na OP-1 gde navedena stabla čine 17,6% ukupnog broja stabala. Na obe ogledne površine stabla III biološkog položaja imala su prsne prečnike u debljinskim stepenima 2,5-12,5 cm, sa najvećim brojem u debljinskoim stepenu 7,5 cm.

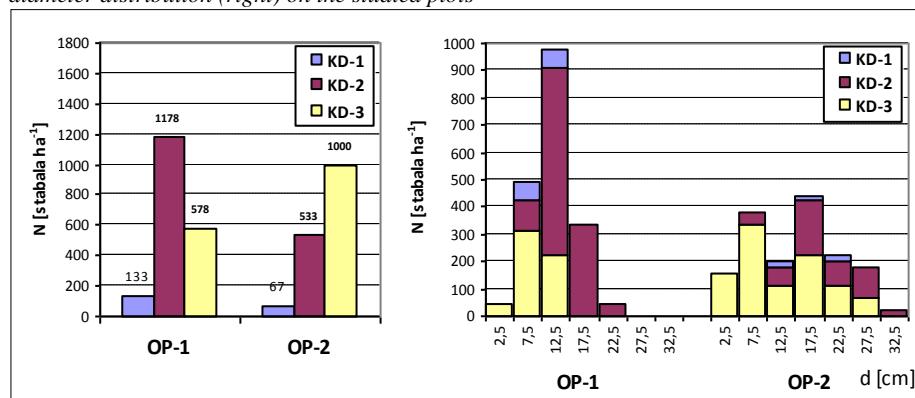
**Grafikon 6.** Broj stabala po hektaru različitih bioloških položaja (levo) i njihova distribucija po debljini (desno) na istraživanim oglednim površinama

*Graph 6. Number of trees per hectare of different crown classes (left) and their diameter distribution (right) on the studied plots*



**Grafikon 7.** Broj stabala po hektaru različitih stepena kvaliteta debla (levo) i njihova distribucija po debljini (desno) na istraživanim oglednim površinama

*Figure 7. Number of trees per hectare of different trunk quality classes (left) and their diameter distribution (right) on the studied plots*



Stabala I kvaliteta debla na OP-1 ima 133 po hektaru, što je 7% ukupnog broja stabala. Na OP-2 stabala I kvaliteta debla ima svega 67 po hektaru ili 4,2% ukupnog broja stabala. Na obe ogledne površine stabla I kvaliteta debla zastupljena su u srednjim debljinama, odnosno na OP-1 u debljinskim stepenima 7,5-12,5 cm, a na OP-2 u debljinskim stepenima 12,5-22,5 cm (Grafikon 7). Ovaj podatak ukazuje na slabu tehničku iskoristivost stabala bagrema u istraživanim sastojinama.

Na OP-1 najveći broj stabala, od 1178 po hektaru ili 62,4% ukupnog broja stabala, pripada II stepenu kvaliteta debla i nalazi se u debljinskim stepenima 7,5-22,5 cm. Međutim, na OP-2 najveći broj stabala od 1000 stabala po hektaru ili 62,5% ukupnog broja stabala pripada III stepenu kvaliteta debla i nalazi se u širokom rasponu prsnih prečnika, od 2,5-27,5 cm. Navedeno ukazuje na vrlo slabu tehničku iskoristivost i malu finansijsku dobit glavnom sečom ovakvih sastojina.

## ZAKLJUČCI

Elementi rasta i struktura izgrađenost srednjedobne (17 godina) i zrele (39 godina) sastojine bagrema generativnog porekla na Deliblatskom pesku, osnovane pri razmaku 3 x 1 m na zemljištu tipa černozem, podtip na karbonatnom eolskom pesku pokazuju sledeće rezultate:

- po visinskim bonitetnim snopovima po Redei et al (2014) srednjedobna sastojina (OP-1) pripada III, a zrela sastojina (OP-2) IV bonitetu;
- zatećeni broj od 1889 stabala po hektaru na OP-1 je veći za 666 (54,5%), odnosno 727 stabala po hektaru (62,5%) u odnosu na modelni broj stabala po Redei et al., (2014), zavisno da li se kao nezavisno promenljiva uzima starost ili srednji prečnik. Na OP-2 broj stabala je veći za 910 (132%), odnosno 1058 (195%) u zavisnosti šta se uzima kao nezavisno promenljiva u modelu;
- veći broj stabala po hektaru od onog po modelu je uslovio da je srednji prečnik manji od srednjeg prečnika po modelu (Redei et al., 2014) za 0,8 cm na OP-1 i za 3,2 cm na OP-2. Zapremina po hektaru je veća od one po modelu (Redei et al., 2014) za  $43 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (34,5%) na OP-1 i za  $141 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (77,6%) na OP-2.
- numeričke klase, odnosno visinska i debljinska struktura, kao i visinske krive, ukazuju na veliku varijabilnost i izraženo diferenciranje stabala što je posledica, pre svega velikog broja stabala po hektaru;
- na OP-1 je utvrđena unimodalna kriva visinke i debljinske strukture, dok je na OP-2 utvrđena bimodalna kriva visinske i debljinske strukture, kao posledica velikog broja prezivelih stabala do kraja proizvodnog ciklusa i nesprovodenja mera nege;
- biološke klase, izdvojene na osnovu visina, veličine i položaja krošnji, ukazuju da stabla zaostala u rastu (II i III biološki položaj) učestvuju sa 35,3% u srednjedobnoj sastojini i sa 58,3% u zreloj sastojni bagrema;
- u obe sastojine je utvrđen mali broj stabala, svega 67-133 stabla po hektaru ili 4,2-7% ukupnog broja stabala, sa prvim kvalitetom debla. Pored toga utvrđena

- je i nepovoljna debljinska struktura stabala I kvaliteta debla što ukazuje na vrlo slabu tehničku iskoristivost stabala bagrema;
- veći broj stabala po hektaru u odnosu na modelne sastojine i nepovoljna debljinska i kvalitetna struktura ukazuje na izostanak adekvatne nege u sastojinama, a mali broj stabala sa kvalitetnim deblom ukazuje na potrebu primene proreda u cilju očuvanja potencijalno malog broja stabala nosilaca produkcije i vrednosti sastojina bagrema na kraju proizvodnog ciklusa u istraživanim uslovima.

### Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata: „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (III43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine, i „Unapređenje gajenja nizijskih šuma“, podprojekat „Gajenje topola, vrba i ostalih nizijskih vrsta“ koji finansira JP „Vojvodinašume“, Petrovaradin za period 2013-2017. godine.

### LITERATURA

- Andrašev S. (2008): Razvojno proizvodne karakteristike selekcionisanih klonova crnih topola (sekcija *Aigerios Duby*) u gornjem i srednjem Podunavlju. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd, 427 str.
- Andrašev S., Rončević S., Ivanišević P., Pekeč S., Bobinac M. (2014): Proizvodnost sastojina bagrema (*Robinia pseudoacacia L.*) na černozemu u Vojvodini. Glasnik Šumarskog fakulteta, 110: 9-32.
- Banković S., Medarević M., Pantić D., Petrović N. (2009): Nacionalna inventura šuma Republike Srbije: šumski fond Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije – Uprava za šume. Beograd. 244 str.
- Barrett R.P., Mebrahtu T., Hanover J.W. (1990): Black locust: A multi-purpose tree species for temperate climates. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR. (278-283)
- Cestar D., Kovačić Đ. (1982): Tablice drvnih masa crne johe i bagrema. Radovi 49, Zagreb.
- DeGomez T., Wagner M.R. (2001): Culture and Use of Black Locust. HortTechnology, 11(2). (279-288)
- Guzina V., Tomović Z., Ivanišević P., Orlović S. (1994): Pokazatelji rasta bagrema raznih provenijencija na Deliblatskoj peščari. Deliblatski pesak – Zbornik radova VI. (383-390)

- Guzina V. (1997): Mogućnosti unapređenja bagremove paše u Srbiji. U Guzina V. (Ur.): Pčelarstvo – Gorani – Životna sredina. Izdanje povodom „Festivala meda – Novi Sad '97“. 19-21. septembar '97. Novi Sad. (15-23).
- Guzina V. (2006): Bagrem – „Drvo peščara“. U Lazić V. (Ur.): Bagrem beli. Drugo dopunjeno izdanje. Kulturno-istorijsko društvo „PČESA“ (49-55).
- Huntley J.C. (1990): *Robinia pseudoacacia* L. (Black Locust). In: Burns, R.M., Honkala, B.H. (Eds.), *Silvics of North America*, Vol. 2. Hardwoods Agricultural Handbook 654, Washington, DC (755-761)
- Kereszsesi B. (1983): Breeding and cultivation of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *Forest Ecol Manag* 6(3). (217-244)
- Milošević Č., (1988): Tablice za određivanje zapremine trupaca, oble građe, sitnog tehničkog drveta, letava i gredica, greda, dubećih stabala i dr. Strana 62.
- Mirković D. (1965): Jedinstvene visinske krive za bagremove sastojine na Deliblatskom pesku. Zbornik Instiruta za šumarstvo i drvnu industriju, knjiga V (147), Beograd.
- Panić D. (1969): Prilog proučavanju rastenja i prirasta bora i bagrema na Deliblatskom pesku. U Bura D. (Ur.) Deliblatski pesak. Zbornik radova I. (165-178)
- Rédei K., Csiha I., Keserű Z., Gál J. (2012): Influence of Regeneration Method on the Yield and Stem Quality of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Stands: a Case Study. *Acta Silv. Lign. Hung.*, Vol. 8. (103–111)
- Rédei K., Csiha I., Keserű Z., Rásó J., Kamandiné Végh Á., Antal B. (2014): Growth and Yield of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Stands in Nyírség Growing Region (North-East Hungary). *SEEFOR*, Vol. 5, No 1. (13-22)
- Škorić A., Filipovski G., Ćirić M., (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine; Posebna izdanja, knjiga LXXVIII; Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knjiga 13. Sarajevo (1-72)
- Stamenković, V., Vučković, M., (1988): Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina. Šumarski fakultet, Beograd. (1-368)
- Vučetić G. (2009): Razvojno-proizvodne karakteristike bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) na području „Visokog peska“ SRP „Deliblatska peščara“. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet. Magistarski rad, rukopis. 144 str.
- Vučković M., (1989): Razvojno-proizvodne karakteristike crnog bora u veštački podignutim sastojinama na Južnom Kučaju i Goču. Doktorska disertacija. Beograd. (1-239).
- Wessely J. (1873): Die europäische Flugsand und seine Kultur, Besprochen im Hinblick auf Ungarn und die Banater Wüste insbesondere, Wien. (Evropski leteći pesak i njegovo obrađivanje-prevod sa nemačkog J. Mešterović, Bela Crkva 1951/1952).
- (2009): Osnova za šume Vojvodine. Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad.

## **Summary**

### **ELEMENTS OF GROWTH AND STRUCTURE OF BLACK LOCUST CULTURES ON CHERNOZEM IN THE AREA OF DELIBLATO SANDS**

by

S. Andrašev, S. Rončević, M. Bobinac

*The paper presents the elements of growth and structure of the two generative origin stands of black locust on a chernozem soil type, subtype on carbonate aeolian sand at the age of 17 (OP-1) and 39 (OP-2). Both of the stand were established with planting space of 3 × 1 m, or with 3333 trees per hectare.*

*In each stand one permanent sample plots of 4.5 ares in size (30 × 15 m) was established in a part with complete canopy. On the sample plots the two perpendicular diameters at breast height of all living trees were measured, with an accuracy of 1 mm. The measurement of the height of all living trees was carried out by altimeter type Vertex III, with an accuracy of 0.1 m. Evaluation of site class on each experimental plot was performed by comparison of mean Lorey's height ( $h_L$ ) with models of mean height growth by Redei et al. (2014) for tended (model) black locust stands in Hungary. The volume of trees was obtained on the basis of volume tables by Redei et al., (2012). Volume per hectare is obtained as the sum of the volume of trees on experimental plots multiplied by the appropriate factor. Each tree was assessed by crown class (BP) and the quality of the trunk (KD) based on the classification of Assmann: (I) Crown class (BP): dominant (1), intermediate (2), suppressed (3); and (II) The quality of the trunk (KD): trunk straight, with slight decrease in diameter, without branches and knots over half the height of the tree, untwisted (1), trunk straight over half of the height with branches or knots or a decrease in diameter greater than 1 cm/m, or slightly twisted (2), the trunk bent, or twisted, or saber, or forked, or twofold, or forked from a tree stump, or very injured, damaged or broken, or severely attacked by rot and cancer (3).*

*Stand 17 years old belongs to III, and stand 39 year old belongs to IV height classes by Redei et al. (2014). In the stand of 17 years old 1889 trees per hectare have been found, which is for 666 (54.5%) and 727 trees per hectare (62.5%) more than in the model of number of trees by Redei et al (2014), depending on whether as an independent variable is taken age or average diameter. In the 39 year old stand 1600 trees per hectare have been found, which is for 910 (132%) and 1058 trees per hectare (195%) more than in the model depending on what is taken as an independent variable in model. The larger number of trees in relation to model stands caused a lower mean diameter at breast height by 0.8 cm on OP-1 and by 3.2 cm on OP-2. Volume per hectare were greater than that on the model by 43  $m^3 \cdot ha^{-1}$  (34.5%) on OP-1 and by 141  $m^3 \cdot ha^{-1}$  (77.6%) on OP-2.*

*Numerical class or height and diameter structure, and height curves, indicate the great variability and expressed differentiation of trees as a consequence, primarily, of a large number of trees per hectare. On OP-1 unimodal curve of height and diameter structure was determined, while on the OP-2 bimodal curve of height and diameter structure was observed, as a result of the large number of surviving trees by the end of the production cycle and the non-implementation of tending measures.*

*Biological classes, allocated on the basis of height and mutual position of the crowns, indicate that trees fall behind in growth (II and III crown class) accounted for 35.3% in the*

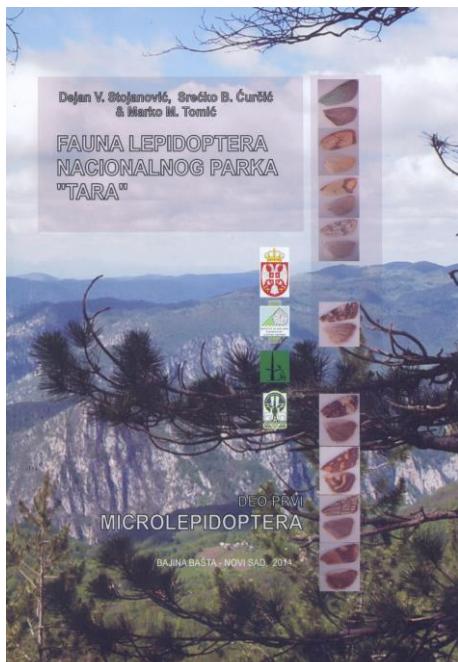
*stand 17 years old and 58.3% in stand 39 years old, which is consequence of the lack of tending measures. In both stands found 4.2 to 7% of the total number of trees, with the first quality of the trunk (67-133 trees per hectare). Furthermore, it has been found unfavourable diameter structure of the trees with the first quality of trunk which indicates very low technical usability of black locust trees.*

*A higher number of trees per hectare compared to model stands and unfavorable diameter and quality structure indicates the absence of adequate tending measures in the stands. A small number of trees with a quality trunk shows necessity of application of thinning in order to preserve potentially small number of trees which is bearers of production and value of black locust stands at the end of production cycle in the studied conditions.*

Prikaz publikacije *Book Review*

**FAUNA LEPIDOPTERA NACIONALNOG PARKA "TARA"**  
**Deo prvi - Microlepidoptera**  
**(2014)**

Dejan V. Stojanović, Srećko B. Ćurčić, Marko M. Tomić



Izdavači:

Univerzitet u Novom Sadu, Institut za  
nizijsko šumarstvo i životnu sredinu,  
Novi Sad  
JP Nacionalni park "Tara", Bajina Bašta  
JP Nacionalni park Fruška gora,  
Sremska Kamenica

U monografiji su predstavljeni rezultati višegodišnjih istraživanja Microlepidoptera Nacionalnog parka "Tara" (zapadna Srbija). Evidentirano je ukupno 138 vrsta iz 99 rodova, 17 podfamilija, 16 familija i 9 superfamilija. Prema zoogeografskoj pripadnosti, dominantne su evropske vrste (77), slede evroazijske vrste (26), dok je nešto manje palearktičkih vrsta (18).

Prezentovani podaci prvenstveno su proistekli iz faunističkih istraživanja sastavljenih iz terenskog rada na sakupljanju primeraka, ali i kabinetskog rada, prilikom analize opštih karakteristika, sistematike, taksonomije, uporedno-morfoloških svojstava i determinacije sakupljenih primeraka mikrolepidoptera.

Utvrđivanje diverziteta entomofaune, posebno faune leptira, predstavlja prvu fazu u celovitom pristupu očuvanja raznovrsnosti insekata i njihove zaštite. U okviru insekata, značajan procenat vrsta (kvalitativno i kvantitativno) čine leptiri (20%), a od ovog broja oko dve trećine čine mikrolepidoptere. Kvantitativno, pripadnici reda Lepidoptera (svi životni stadijumi), predstavljaju tri četvrtine ukupne mase životinjskog sveta i prve karike složenih lanaca ishrane u šumskim ekosistemima.

Pojedine vrste mikrolepidoptera mogu predstavljati opasne štetočine u šumarstvu i poljoprivredi, ali takođe i veoma korisne insekte, koji značajno mogu redukovati nepoželjne korovske biljke. Od 138 vrsta, Microlepidoptera nađenih u

Nacionalnom parku "Tara", 12 vrsta (8,69% od ukupnog broja zabeleženih vrsta) može biti potencijalno štetno. Štetni i potencijalno štetni moljci sakupljeni u Nacionalnom parku "Tara" navedeni su u katalogu, kao i njihove osnovne karakteristike.

Ovo delo će poslužiti kao polazna osnova naučnim radnicima koji će se baviti daljim istraživanjima faune leptira, ali i zaštite šuma, kao i doktorantima, studentima master studija i stručnjacima koji žele da unaprede svoje znanje iz ove oblasti, pa i svim ljubiteljima prirode i zaljubljenicima u nacionalni park "Tara".

Uredništvo

## UPUTSTVO AUTORIMA

Časopis TOPOLA objavljuje recenzirane, naučne i stručne rade, kao i priloge koji su sadržajno usmereni na probleme od značaja za šumarstvo, hortikulturu i zaštitu životne sredine. Rade se klasifikuju na:

- izvorne (originalne) naučne rade, koji sadrže prethodno nepublikovane rezultate izvornih eksperimentalnih istraživanja;
- pregledne rade, koji sadrže analizu i raspravu o skupu, odnosno većoj celini naučnih rezultata (koji mogu biti prethodno publikovani) iz okvira jedne teme;
- prethodna saopštenja o rezultatima novih naučnih istraživanja;
- stručne članke, koji sadrže nedovoljno naučno obradjene podatke, ali na osnovu kojih diskutuju konkretnu problematiku struke

Autor može predložiti kategoriju svoga rada, ali je redakcija časopisa TOPOLA na predlog reczenzora konačno određuje.

Časopis objavljuje i druge kraće priloge, kao što su: osvrt na naučne i stručne skupove i na pojedina naučna i stručna dostignuća, prikaze naučnih i stručnih publikacija, predloge i mišljenja o pojedinim stručnim i naučnim problemima topolarstva. Ovi prilozi ne podležu recenziji.

### Priprema rukopisa

Prethodno lektorisan tekst rukopisa na srpskom ili engleskom jeziku, do 10 strana, dostavlja se redakciji na formatu A-4 otkucan mašinom sa duplim proredom ili u elektronskoj formi na disketu, CD disku ili putem E-mail na adresu: [branek@uns.ac.rs](mailto:branek@uns.ac.rs). Rad u elektronskoj formi treba da je urađen u programu Word for Windows 5.0 i više verzije, formata A-4, font Times New Roman, 10 pt. Tekst treba da sadrži uobičajene delove: naslov rada (ne duži od dva reda); Prezime i prvo slovo imena autora, sažetak na srpskom i na engleskom jeziku (cca 15-20 redova) (Abstract); ključne reči; uvod; materijal i metod rada; rezultate sa diskusijom (zajedno ili odvojeno); referene i Summary na engleskom jeziku (na posebnom listu). U fusnoti na prvoj strani napisati puno ime i prezime svakog autora, titulu i instituciju u kojoj radi.

Tabele i grafikoni treba da su jasni i pregledni, numerisani arapskim brojevima i sa tekstualnim delovima na srpskom i engleskom jeziku. Obim rada sa prilozima ne treba da bude veći od 10 stranica. Latinske nazive treba pisati podvučeno ili Italic slovima.

Citiranjem rade u tekstu navodi se: prezime autora (spacionirano) i godina publikovanja rade. Ako se citira rad dva autora navode se prezimena oba autora, a ako se citira rad više autora navodi se samo prezime prvog autora i oznaka et al.

Na primer: Orlović, (1997), F A O, (2000) odnosno Orlović i Ivanišević, (1997) odnosno Orlović et al., (1997). Ako se citat navodi u zagradi oznaka godine je bez dodatne zagrade. Skraćenice u navođenju citata u tekstu, npr.

Vlada RS, (2006), moraju da budu napisane u punom nazivu u poglavlju Literatura: Vlada RS (2006): Strategija razvoja šumarstva Republike Srbije, Vlada Republike Srbije, Beograd. Navođenje web stranice u popisu referenci treba da ima sledeću formu: RHMZ (2012): <http://www.hidmet.gov.rs/>, Republički hidrometeorološki zavod, Beograd dok je forma u tekstu: RHMZ, (2012). Pri tome je godina koja se navodi godina pristupa. Popis referenci sadrži alfabetski poredak citiranih radova. Za svaki rad se navodi prezime i prvo slovo imena svih autora, godina publikovanja rada (u zagradi), pun naslov rada, naziv časopisa, a za citirane knjige i naziv i mesto izdavača. U popisu referenci svi navodi su na izvornom jeziku citiranog rada.

Rukopisi se dostavljaju na adresu redakcije:

Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu  
21000 Novi Sad, Antona Čehova 13  
"ZA TOPOLU"



CIP - Каталогизација у публикацији  
Библиотека Матице српске, Нови Сад

630

Topola = poplar / главни и одговорни  
редник Saša Orlović. - Год. 1, бр. 1  
(1957)- . - Novi Sad : Истраживаčko razvojni  
institut za nizijsko šumarstvo i životnu  
sredinu, 1975-. - 24 cm

Dva puta годишње. - Rezime на  
енглеском језику.  
ISSN 0563-9034

COBISS.SR-ID 4557314