

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 Andrašev¹, Savo Rončević¹, Martin Bobinac²

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 3×1 m, odnosno sa 3333 stabala po hektaru. Po visinskim bonitetnim snopovima po Redei *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 Redei *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 Redei *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 sastojini 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 černozem.

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 3×1 m, or with 3333 trees per hectare. By height classes according to Redei *et al.*, (2014) stands*

¹ 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;

² 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 Redei 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 Redei 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 korenu, 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; Redei 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 (Redei et al, 2014). Tokom 1960-tih godina Mađarska je imala više površina pod bagremom od ostatka Evrope (Redei 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 peščari (preko 9.000 ha), zatim na Subotičkoj peščari (blizu 2.500 ha), dok su manje površine pod bagremom razastre 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; Guzina *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 černozeu na području Deliblatske peščare.

OBJEKAT ISTRAŽIVANJA I METOD RADA

Istraživanja su obavljena u dve sastojine koje su osnovane sadnicama sa razmakom sadnje od 3×1 m, odnosno 3333 stabla po hektaru na zemljištu tipa černozeu, 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 <i>Experimental plot</i>	Šumsko gazdinstvo <i>Forest holding</i>	Šumska uprava <i>Forest administration</i>	Gazdinska jedinica <i>Management unit</i>	Odeljenje <i>Section</i>	Odsek <i>Subdivision</i>	Starost <i>Age</i>
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 30×15 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 zapremine 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 zapreminskih tablica 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 procenjen 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 ustanovljavanja 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 ^{*)} Age	H _g	h _L	D _g	d _g	N	G	V	I _{vp}	Bonitet Bonity				
		[god.] [year]	[m]	[m]	[cm]	[cm]	[trees ha ⁻¹]	[m ² ha ⁻¹]	[m ³ ha ⁻¹]	[m ³ ha ⁻¹ year ⁻¹]	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	*				

^{*)} Oznake svojstava: OP -ogledno polje, *Starost* – starost kultura od osnivanja; *H_g* – gornja visina; *h_L* – srednja visina po Loraju; *D_g* - prsni prečnik dominantnog stabla; *d_g* – srednji prsni prečnik po temeljnici; *N* – broj stabala po hektaru; *G* – temeljnica po hektaru; *V* – zapremina po hektaru; *I_{vp}* – prosečan zapreminski prirast po hektaru; *Bonitet* – visinska bonitetna klasa po Redei *et al.* (2014).

^{*)} *Characters' labels:* OP -experimental field; *Age* –age of culture since establishment; *H_g* – top height; *h_L* – mean Loray's height; *D_g* –diameter at breast height of dominant tree; *d_g* – diameter at breast height of mean tree; *N* – number of trees per hectare; *G* – basal areas per hectare; *V* – Volumes per hectare; *I_{vp}* – 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 Redei et al., (2014).

Table 3. Relationship between mean heights and mean diameters of the study stands and data from the table by Redei et al., (2014).

Zemljište Site	OP	Starost ^{*)} Age	N	Visina Height		Prečnik Diameter		Razlika Difference	
				I bon. h <i>Ist y.c. h</i>	Bon. h <i>Y.cl. h</i>	I bon. d <i>Ist y.c. d</i>	Bon. d <i>Y.cl. d</i>	Δbon. <i>Δy.c.</i>	Δd _h
				[god.] [year]	[stabala·ha ⁻¹] [trees·ha ⁻¹]	[%h]	[h _h]	[%d _g]	[d _g]
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 Redei et al., (2014) za odgovarajuću starost u procentima; *Bon. h* – odgovarajući model rasta visina srednjeg stabla po Redei et al. (2014); *I bon. d* – prsni prečnik srednjeg stabla po temeljnici u odnosu na prečnik srednjeg stabla I visinskog boniteta po Redei et al., (2014) za odgovarajuću starost u procentima; *Bon. d* – odgovarajući model rasta prečnika srednjeg stabla po Redei et al. (2014); *Abon.* – razlika u bonitetima na osnovu ostvarenih srednjih visina i srednjih prsnih prečnika po Redei et al., (2014); *Δd_h* – razlika u ostvarenim srednjim prsnim prečnicima i srednjim prečnicima po Redei et al., (2014) za odgovarajući visinski bonitet.

^{*)} *Characters' labels:* OP -experimental field ; *Age* –age of culture since establishment; *N* – number of trees per hectare; *Ist y.c. h* – mean tree height by Lorey's in relation to the height of the first bonity class by Redei et al., (2014) for the corresponding age in percentages; *Y.cl. h* – corresponding height growth model of mean tree by Redei et al. (2014); *Ist y.c. d* – mean tree quadratic diameter in relation to the diameter of the first bonity class by Redei et al., (2014) for the corresponding age in percentages; *Y.cl. d* – corresponding diameter growth model of mean tree by Redei et al. (2014); *Δy.c.* – differences in bonity classes on the basis of achieved mean height and mean diameter at breast height by Redei et al., (2014); *Δd_h* – difference between achieved breast height diameters and breast height diameters by Redei et al., (2014) for the corresponding height bonity class.

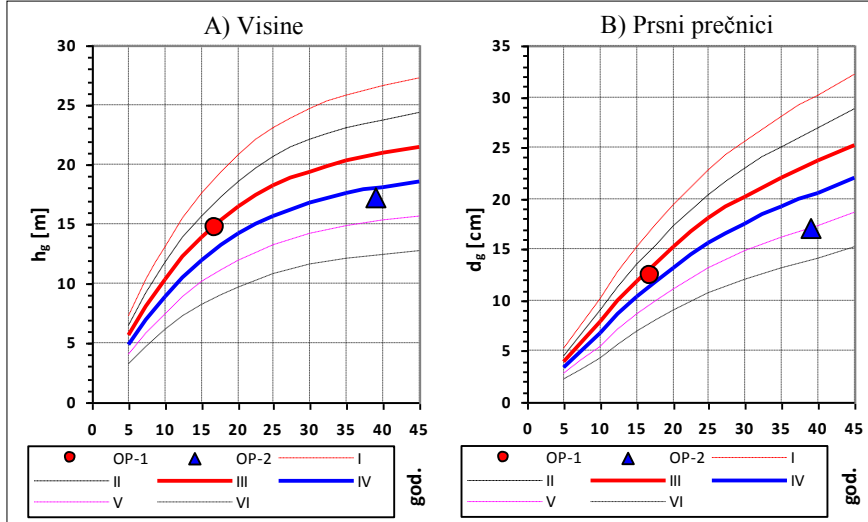
Prečnik 20% najdebljih stabala na OP-1 nakon 17 godina iznosio je 17,5 cm, a na OP-2 iznosio je 26,6 cm (Tabela 2).

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 Redei 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 Redei 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 Redei et al., (2014).

Broj stabala po hektaru je jedan od bitnih elemenata strukture sastojina jer od njega zavise ostali elementi strukture, kao što su: prsni 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 (Redei 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 Redei 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 Redei et al., (2014) different site classes.



Grafikon 2. Broj stabala po hektaru i modeli broja stabala po Redei et al., (2014)

Graph 2. Number of trees per hectare and models of number of trees by Redei et al., (2014)

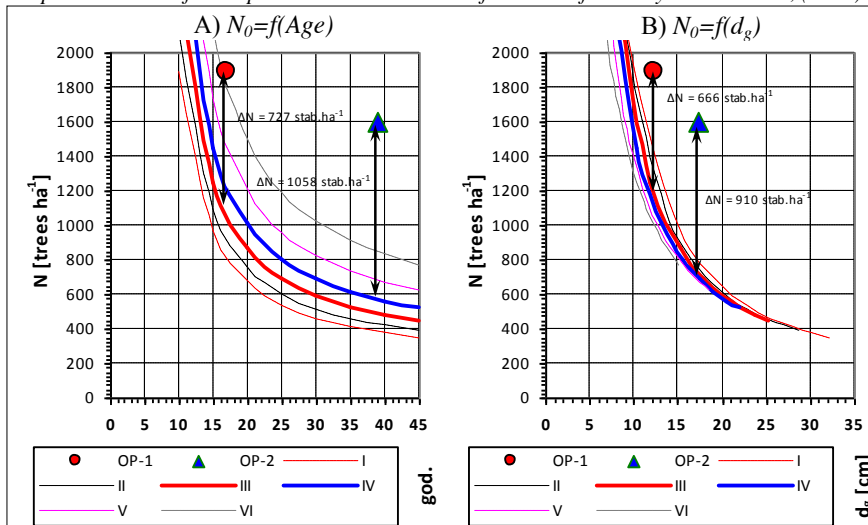


Tabela 4. Odnosi broja stabala i zapremina po hektaru istraživanih sastojina sa podacima iz tablica Redei et al., (2014).

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	Sta- rost Age	N [*] [trees- ha ⁻¹]	N ₀ =f(Age)			N ₀ =f(d _g)			Zapremina po hektaru Volume per hectare					
				N _{0, Age}	ΔN _{Age}	(N-N ₀) / N ₀	N _{0, dg}	ΔN _{dg}	(N-N ₀) / N ₀	I st y.c.	Bon.	Δbon.	Δy.c.	ΔV	
				[trees- ha ⁻¹]	[trees- ha ⁻¹]	[%]	[trees- ha ⁻¹]	[trees- ha ⁻¹]	[%]	[%V]	[V]	[ht-V]	[m ³ -ha ⁻¹]	[%]	
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	

^{a)} Oznake svojstava: OP - ogledno polje; Starost – starost kultura od osnivanja; N – broj stabala po hektaru; N_{0, Age} – broj stabala po hektaru dobijen po modelu: N₀=f(Age); ΔN_{Age} - razlika između utvrđenog broja stabala i broja stabala po modelu: (N-N₀) / N₀ - procentualna razlika između utvrđenog broja stabala i broja stabala po modelu; N_{0, Age} – broj stabala po hektaru dobijen po modelu: N₀=f(d_g); 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); ΔV – razlika u ostvarenim zapreminama po hektaru i zapreminama po hektaru po Redei et al., (2014) za odgovarajući visinski bonitet.

^{b)} Characters' labels: OP - experimental field; Age – age of culture since establishment; N – number of trees per hectare; N_{0, Age} – number of trees per hectare obtained by model: N₀=f(Age); ΔN_{Age} – difference between achieved number of trees per hectare and number of trees obtained by model; (N-N₀) / N₀ – the percentage difference between achieved number of trees per hectare and number of trees obtained by model; N_{0, dg} – number of trees per hectare obtained by model: N₀=f(d_g); Ist 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.c. – 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 (N₀=f(d_g)) za različite bonitete po podacima Redei et al (2014) prikazano je na grafikonu 2, desno, na osnovu modela i koeficijenta koji su dati u radu Andrašev i sar. (2014).

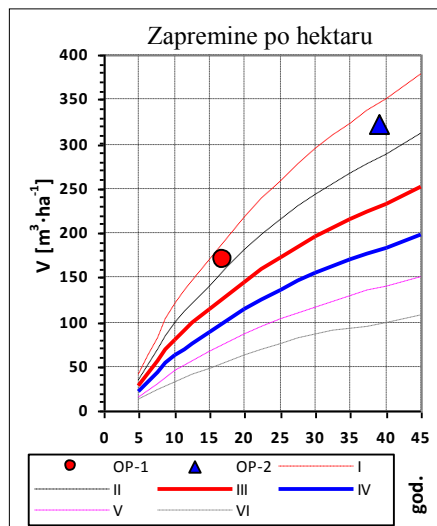
Utvrđeni broj stabala po hektaru veći je od broja stabala dobijenih po navedenim zavisnostima za 666 (OP-1) i za 910 (OP-2), odnosno 54,5%, i 132% (Tabela 4).

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 pešcare, 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 Redei et al., (2014)

Figure 3. Volume per hectare and models of volume growth for different yield classes by Redei 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 Redei 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	$n^{*)}$	h_s	s_d	c_v	h_{min}	h_{max}	v_s	α_3	α_4
	[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

^{*)} Oznake svojstava: OP - ogledno polje; n - broj stabala na oglednom polju; h_s - aritmetička sredina visina; s_d - standardna devijacija; c_v - koeficijent varijacije; h_{min} - minimalna visina; h_{max} - maksimalna visina; v_s - varijaciona širina; α_3 - koeficijent asimetrije; α_4 - koeficijent spljoštenosti.

^{*)} Characters' labels: OP - experimental field; n - number of trees in the experimental field; h_s - arithmetic mean height; s_d - standard deviation; c_v - coefficient of variation; h_{min} - minimum height; h_{max} - maximum height; v_s - variation width; α_3 - coefficient of asymmetry; α_4 - 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 platiškurtičnost 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

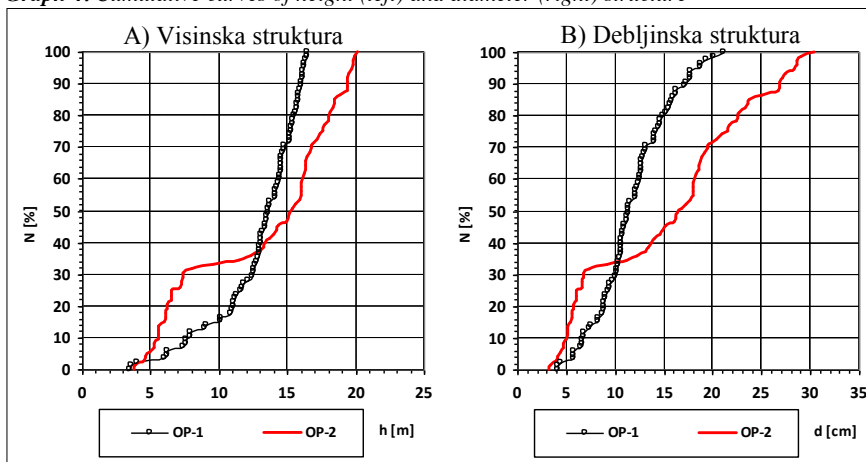
OP	$n^{*)}$ [stab.]	d_s [cm]	s_d [cm]	c_v [%]	d_{min} [cm]	d_{max} [cm]	v_{ξ} [cm]	α_3	α_4
OP-1	85	11,9	3,72	31,4	4,2	21,1	16,9	0,263	2,678
OP-2	72	15,3	8,00	52,3	3,4	30,4	27,0	0,044	1,798

^{*)} Oznake svojstava: OP - ogledno polje; n - broj stabala na oglednom polju; d_a - aritmetički srednji prečnik; s_d - standardna devijacija; c_v - koeficijent varijacije; d_{min} - minimalni prečnik; d_{max} - maksimalni prečnik; v_{ξ} - varijaciona širina; α_3 - koeficijent asimetrije; α_4 - koeficijent spljoštenosti.

^{*)} Characters' labels: OP - experimental field; n - number of trees in the experimental field; d_a - arithmetic mean diameter at breast height; s_d - standard deviation; c_v - coefficient of variation; d_{min} - minimum diameter; d_{max} - maximum diameter; v_{ξ} - variation width; α_3 - coefficient of asymmetry; α_4 - 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.

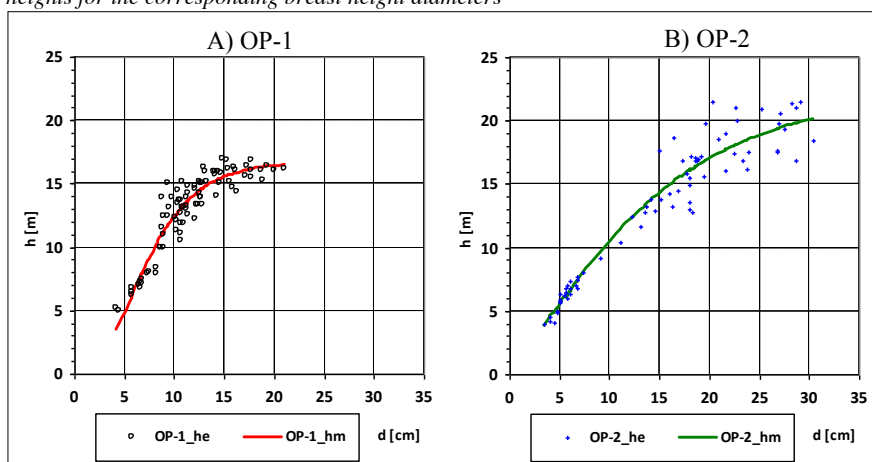
Redni broj Serial number	Zemljište Soil	OP ^{*)}	Model: $h=a \cdot (1-e^{-bd})^c + 1,3$			s_e [m]	R^2
			a	b	c		
1	A.1	OP-1	15,41346	0,27901	5,1847	1,113	0,880
2	A.2	OP-2	21,14297	0,08721	1,5451	1,495	0,929

^{*)} Oznake svojstava: OP - ogledno polje; s_e – standardna greška; R^2 – koeficijent determinacije.

^{*)} 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

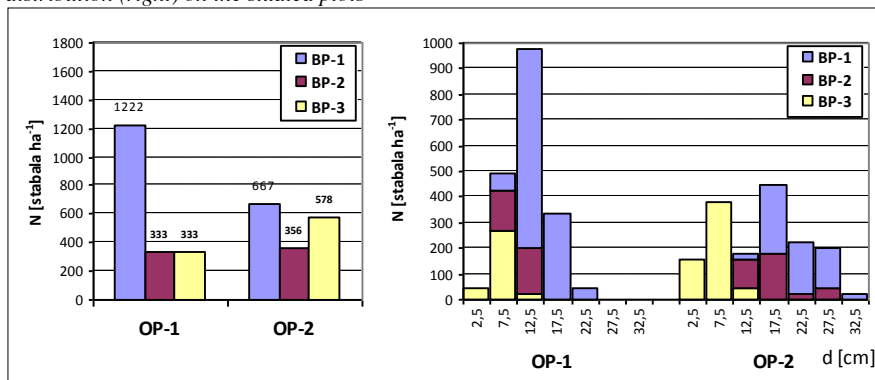
U obe istraživane sastojine bagrema utvrđeno je diferenciranje stabala po biološkom položaju, odnosno po visini stabla, veličini i položaju njihovih krošnji. Najveći broj stabala se nalazi u dominantnoj etaži (I biološki položaj), 1222 stabla po hektaru (64,7%) na OP-1 i 667 stabala po hektaru (41,7%) na OP-2. To su stabla koja se nalaze u debljinskim 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.

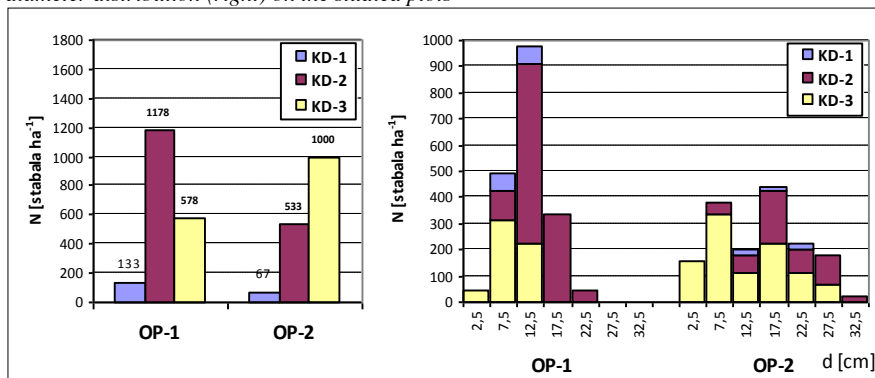
Grafikon 6. Broj stabala po hektaru različitih bioloških položaja (levo) i njihova distribucija po debljini (desno) na istraživanim oglednim površinama

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 sećom ovakvih sastojina.

ZAKLJUČCI

Elementi rasta i strukturalna 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 černoze, 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;
- zatečeni 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 promeljiva 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 m³·ha⁻¹ (34,5%) na OP-1 i za 141 m³·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 preživelih stabala do kraja proizvodnog ciklusa i nesprovođenja 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 sastojini 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 Integrisanih 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 černozeru 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)
- Kereszesi 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 grade, 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 Đ. (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 europaische Flugsand und seine Kultur, Besprochen im Hinblicke 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 $43 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (34.5%) on OP-1 and by $141 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (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.