

UDK: 582.681.81:630*232

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

KARAKTERISTIKE PROREDE U ZASADU TOPOLE KLONA I-214 SREDNJE GUSTINE 13 GODINA NAKON OSNIVANJA

Siniša Andrašev¹, Martin Bobinac², Saša Pekeč¹, Ranko Sarić³

Izvod: Istraživanja su obavljena u zasadu euroameričke topole klon I-214 osnovanom pri razmaku sadnje 5×5 m, odnosno 400 stabala po hektaru, na staništu I boniteta u Donjem Podunavlju. U starosti zasada 13 godina na tri ogledne površine, svaka od po 0,12 ha, je izvršena proreda kojom je broj stabala smanjen na 200 stabala po hektaru. Ogledne površine su sastavni deo dizajna šireg ogleda u kome se sprovode istraživanja proizvodnosti i regulisanja prostora za rast stabala u različitim starostima od osnivanja zasada. Proredom su prioritetsno uklonjeni konkurenti stablima sa povoljnim fenotipskim karakteristikama i stabla zaostala u rastu tako da je sa prosečno posećenih 45% stabala, 33% temeljnice i 32% zapremine proređa bila jaka, a po karakteru niska ($q_d = 0,79$). S obzirom da je proređa sprovedena u 13. godini od osnivanja zasada, odnosno pet godina nakon perioda intenzivnog rasta u visinu, može se smatrati da je zakasnela. Preostala stabla nakon prorede imala su dvostruko manju varijabilnost prečnika (c_v), odnosno zasad je homogenizovan za produkciju najvrednijih sortimenata do kraja ophodnje. Realizovani etat je, u proseku, iznosio $109 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, od čega se $90 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ nalazilo u kategoriji tehničkih sortimenata, sa ukupnom vrednosti od $3.090 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$. Trošak seče, izrade i privlačenja sortimenata, kao i razlika u osnivanju zasada sa 400 stabala po hektaru, u odnosu na 200 stabala po hektaru, iznosi $1.325 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$, što je manje od polovine vrednosti sortimenata dobijenih proredom ($3.090 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$) i pokazuje visoku ekonomsku isplativost ovakve mere.

Ključne reči: topola, klon I-214, razmak sadnje 5×5 m, proređa, etat, ekomska isplativost.

CHARACTERISTICS OF THINNING IN A PLANTATION OF POPLAR CLONE I-214 WITH MODERATE SPACING 13 YEARS AFTER ESTABLISHMENT

Abstract: The research was performed in the plantation of euramerican poplar clone I-214 with spacing 5×5 m, i.e. 400 trees per ha, on habitat of the first site class in Lower Danube

¹ Dr Siniša Andrašev, viši naučni saradnik, dr Saša Pekeč, viši naučni saradnik - Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad ² Dr Martin Bobinac, redovni profesor - Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, Beograd ³ Ranko Sarić, dipl.inž. - JP "Vojvodinašume", ŠG "Banat", Maksima Gorkog 24, 26000 Pančevo

¹ Dr Siniša Andrašev, senior research associate, dr Saša Pekeč, senior research associate - University of Novi Sad, Institute for lowland forestry and environment, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad ² Dr Martin Bobinac, full professor - University of Belgrade, Faculty of forestry, Kneza Višeslava 1, 11000 Beograd ³ Ranko Sarić, BSc - PE "Vojvodinašume", FH "Banat", Maksima Gorkog 24, 26000 Pančevo

Basin. In the 13 year old plantation, on three experimental plots, each with area of 0.12 ha, the thinning was performed, by which the number of trees was reduced to achieve density of 200 trees·ha⁻¹. Experimental plots are part of the design of broader experiment in which the research on production and space regulation for tree growth in different plantation ages is performed. Predominantly, by thinning, the competitors to the trees with favourable characteristics and the trees that stagnated in growth were removed. Thus, according to the fact that number of trees was reduced by 45%, the total basal area by 33% and volume by 32%, the thinning could be considered as heavy, and low by character ($q_d = 0.79$). As the thinning was performed in 13 years after the plantation establishment, i.e. five years after the ending of intensive height growth, it could be considered to be late. Trees that remained after the thinning had two-times smaller variability of diameter (c_v), i.e. the plantation is homogenised for the production of the most valuable assortments until the end of the rotation. Achieved allowable cut was 109 m³·ha⁻¹ in average, 90 m³·ha⁻¹ of which was in the category of technical assortments, worth 3.090 €·ha⁻¹ in total. The costs of cutting, creating and transporting of the assortments, as well as the difference between establishment costs for plantation with 400 trees·ha⁻¹ and plantation with 200 trees·ha⁻¹, are 1.325 €·ha⁻¹, which is less than a half of the worth of the assortments gained by thinning (3.090 €·ha⁻¹) and shows high economic profitability of such operation.

Keywords: poplar, clone I-214, spacing 5×5 m, thinning, annual income, economic profitability.

UVOD

Topole su brzorastuće i svetloljubive vrste drveća čiji rast značajno opredeljuje gustina zasada, odnosno prostor za rast stabala. To nameće potrebu osnivanja zasada topola optimalne gustine u zavisnosti od namene zasada, kao što su zasadi za proizvodnju trupaca, zasadi za proizvodnju celuloznog drveta i energetski zasadi (Marković et al., 1997). U Srbiji danas gotovo dominiraju zasadi za proizvodnju tehničkog drveta, što je posledica zahteva tržišta za vrednjim sortimentima.

Zasadi topola sa primarnom namenom proizvodnje trupaca se osnivaju pri razmacima sadnje 5 × 5 m, 6 × 6 m ili 7 × 7 m, dok se zasadi srednje gustine od 4 × 4 m ili 4,25 × 4,25 m ređe osnivaju zbog problema u plasmanu tanjih sortimenata, prvenstveno celuloznog drveta, koji se dobijaju proredama, kao redovnim uzgojnim merama u ovakvim zasadima. U zasadima sa 400 i manje stabala po hektaru, odnosno sa razmacima sadnje 5 × 5 m i većim nisu predviđene prorede, a tokom ophodnje od 23-30 godina proizvode se pretežno sortimenti iz kategorije tehničkog drveta (Marković et al., 1997).

Prorede u zasadima topola su uglavnom šematske i svode se na uklanjanje svakog drugog reda (Marković et al., 1994). Međutim, novija istraživanja ističu potrebu i značaj selektivnog pristupa u proredi, jer se na taj način homogenizuje kolektiv preostalih stabala nosilaca produkcije što je osnovni preduslov za planiranu projekciju vrednosti zasada na kraju proizvodnog ciklusa (Andrash et al., 2011; 2012; 2015).

Prorede, kao vrlo osjetljive mere u zasadima topola, opredeljuje poznavanje bioloških zakonomernosti rasta stabala i prema dosadašnjim rezultatima istraživanja

maksimalna reakcija stabala na proredu se može očekivati kada se stabla nalaze u fazi intenzivnog visinskog prirasta (Marković et al., 1994; Andrašev et al., 2011; 2012; 2015).

Klon euroameričke topole I-214 (*Populus × euramericana* (Dode) Guinier) je danas, i pored značajno ispoljene osetljivosti na patogene, prenstveno rak kore (*Dothichiza populea* Sacc. et Br.), široko gajan u praksi zbog svojih visokih potencijala u proizvodnji dendromase (Andrašev et al., 2010). U poređenju sa klonovima američke crne topole (618, 457, 55/65, S6-36) u starosti 30 godina klon I-214 ostvaruje sličnu produkciju uz povoljnije učešće vrednijih sortimenata (Andrašev et al., 2008).

Cilj rada je da u zasadu klona I-214 osnovanom na staništu I boniteta pri razmaku sadnje od 5×5 m, odnosno sa 400 stabala po hektaru, na bazi strukturnih karakteristika zasada i karakteristika rasta stabala do 13. godine starosti oceni svršishodnost prorede, sprovedene u pravcu uniformisanja zasada i regulisanja prostora za rast stablima sa povoljnijim fenotipskim karakteristikama.

OBJEKAT ISTRAŽIVANJA I METOD RADA

Istraživanja su obavljena u zasadu euroameričke topole klona I-214 osnovanom pri razmaku sadnje 5×5 m, odnosno 400 stabala po hektaru, na aluvijalnom zemljištu u Donjem Podunavlju (JP „Vojvodinašume, ŠG „Banat“, ŠU „Pančevo“, GJ „Donje Podunavlje“, odeljenje 42). Prema podacima ŠU Pančevo sadnja je obavljena sadnicama tipa 1/2 u jesen 2001. godine. U proleće 2002. godine konstatovan je jak napad patogena prouzrokovacha raka kore (*Dothichiza populea* Sacc. & Briard.) što je uslovilo da se na celoj površini zasada odseče nadzemni deo sadnica, izvrši tzv. „čepovanje“, i za regeneraciju iskoristi sposobnost vegetativnog obnavljanja topola iz očuvanog dela sadnice. Usled i dalje prisutnog mortaliteta u jesen 2002. godine izvršeno je popunjavanje sadnicama iz rasadnika, tipa 1/2, na 36% površine zasada. Na ovaj način su nadzemni delovi svih stabala u jesen 2002. godine bili stari jednu godinu. U cilju poređenja starosti istraživanog zasada sa drugim zasadima topola koji su uspešno osnovani sadnicama iz rasadnika, usvojeno je da je prva vegetacija nakon osnivanja zasada bila 2003. godina, odnosno ukupna starost zasada na kraju 2015. godine je bila 13 godina. Za potrebe ovog rada u starosti zasada 13 godina na tri ogledne površine, svaka od po 0,12 ha, je izvršena proreda kojom je broj stabala smanjen na 200 stabala po hektaru.

Ogledne površine su sastavni deo dizajna šireg ogleda u kome se sprovode istraživanja proizvodnosti i regulisanja prostora za rast stabala u različitim starostima (Andrašev i Bobinac, 2017).

Sva stabla na oglednim poljima su numerisana trajnom oznakom (masnom farbom) i premereni su im prsni prečnici iz dva unakrsna merenja sa tačnošću od 1 mm. Svim stablima oborenim u proredi pantljikom je premerena ukupna visina (dužina) i prjni prečnik, a zatim su stabla premerena sekcionim metodom sa dužinom sekcijskih od 1 m. Granjevinu deblja od 3 cm takođe je premerena sekcionim metodom sa dužinom sekcijskih od 1 m. Na 5 srednjih sastojinskim stabala po temeljnici i jednom stablu zaostalom u visinskem i debljinskom rastu, oborenih u

proredi, izvršena je visinska analiza merenjem visina (dužina) svakog pršljena grana koje označavaju visinu stabla u pojedinim godinama u starosnom periodu od druge do 13. godine. Iz svakog oborenog stabla, u uobičajenom postupku koji primenjuje praksa, izrađeni su sortimenti i premerena je debljina trupca bez kore na oba kraja u ciju određivanja njihove zapremine.

Obrada podataka sastojala se u iznalaženju srednjih veličina elemenata rasta stabala i ukupnih veličina elemenata rasta zasada na svakoj oglednoj površini, kao i njihovog proseka. Debljinska struktura je iskazana sumarno za tri oglede površine i opisana je numeričkim pokazateljima strukture, Gini koeficijentom (C o w e l l , 2011), kao i grafički grupisanjem stabala u debljinske stepene za različite kolektive stabala. Za numeričko definisanje karaktera prorede korišćen je odnos između srednjeg prečnika po temeljnici doznačenih stabala i srednjeg prečnika po temeljnici preostalih stabala posle prorede, koeficijent q_d (P r e t z s c h , 2005). Na osnovu premera ukupne visine (dužine) i prsnog prečnika stabala u oborenom stanju konstruisana je visinska kriva, pri čemu je korišćen model Richards-a (R i c h a r d s , 1959). Premerena stabla u oborenom stanju su poslužila i za konstrukciju lokalnih zapreminskih tablica po modelu Schumacher-Hall-a, odnosno za definisanje zavisnosti zapremina stabala sa korom i granjevinom od njihovih prsnih prečnika i visina. Regresiona analiza je urađena pomoću funkcije *nls* (nonlinear least squares) programskog paketa *MASS* u R okruženju (V e n a b l e s i R i p l e y , 2002).

Vrednost dobijenih sortimenata iskazana je po važećem cenovniku JP „Vojvodinašume“. Troškovi seče, izrade i privlačenja sortimenata su dobijeni na osnovu normativa koji primenjuju JP „Vojvodinašume“, dok su troškovi osnivanja i nege zasada dobijeni na osnovu radnih operacija koje su obavljene u istraživanom zasadu, takođe po normativima i cenovniku JP „Vojvodinašume“.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U istraživanom zasadu topole klona I-214 u starosti 13 godina utvrđena je srednja visina po Loraju (h_L) 28,6 m, a dominantna visina (H_{100}) 29,1 m. Srednji prečnik (d_g) je iznosio 30,1 cm, dok je dominantni prečnik 35,5 cm. Broj stabala po hektaru je iznosio 364, ukupna temeljnica $25,93 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, a ukupna zapremina $336,21 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ (Tabela 1).

Debljinska struktura je unimodalna sa najvećim brojem stabala u debljinskom stepenu 32,5 cm. Numerički pokazatelji debljinske strukture ukazuju na levu asimetriju, leptokurtičnu spljoštenost i koeficijent varijacije od 20,6% (Grafikon 1, Tabela 2).

Tabela 1. Elementi rasta u zasadu pre prorede, prorednog etata i posle prorede u starosti 13 godina.

Table 1. Growth elements in plantation before thinning, in allowable cut and in plantation after thinning, 13 years after establishment

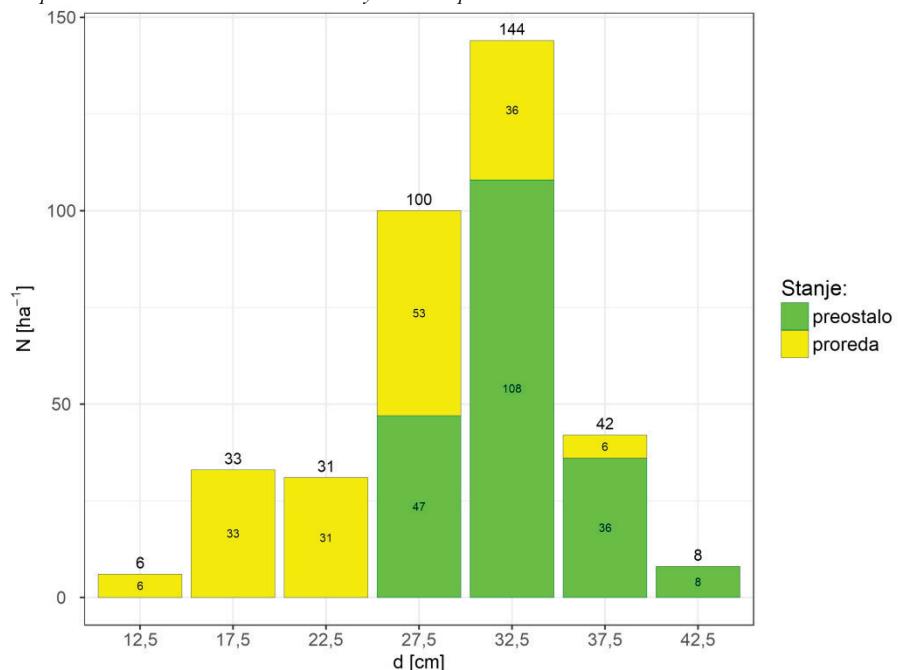
| Elemenat rasta <i>Growth element</i> | Pre prorede <i>Before thinning</i> | Proredni etat <i>Allowable cut</i> | Posle prorede <i>After thinning</i> |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| d_g [cm] | 30,1 (0,35)* | 26,0 (0,75) | 33,1 (0,64) |
| D_{100} [cm] | 35,5 (0,78) | | 35,3 (0,77) |
| h_L [m] | 28,6 (0,05) | 27,8 (0,20) | 29,0 (0,04) |
| H_{100} [m] | 29,1 (0,03) | | 29,1 (0,02) |
| N [stabala·ha ⁻¹] | 364 (3) | 164 (3) | 200 (0) |
| G [m ² ·ha ⁻¹] | 25,93 (0,80) | 8,68 (0,57) | 17,25 (0,66) |
| V [m ³ ·ha ⁻¹] | 336,21 (10,84) | 108,99 (8,07) | 227,23 (9,19) |

* aritmetička srednja vrednost za tri ogledna polja i njena standardna greška (u zagradi).

* Arithmetic mean for three experimental plots and its standard error (in brackets).

Grafikon 1. Debljinska struktura zasada u starosti 13 godina.

Graph 1. Diameter distribution in 13 years old plantation.



Visinska kriva ima nagli uspon u tanjim debljinama što ukazuje na prisustvo stabala zaostalih u visinskom i debljinskom rastu. Koeficijent determinacije (r^2) je visok i ukazuje da je izabrana funkcija Richards-a pogodna za

analitičko predstavljanje zavisnosti visina od prsnih prečnika stabala (Tabela 3, Grafikon 2).

Tabela 2. Numerički pokazatelji debljinske strukture zasada pre prorede, prorednog etata i nakon prorede u starosti 13 godina.

Tabel 2. Numerical parameters of diameter distribution in plantation before thinning, in allowable cut and in plantation after thinning, 13 years after establishment.

| Stanje State | n | Mean [cm] | Min [cm] | Max [cm] | d [cm] | v [%] | skew | kurt | G |
|--|-----|--------------|-------------|-------------|-----------|----------|--------|--------|--------|
| Pre prorede <i>Befor thinning</i> | 131 | 29,5 | 12,1 | 43,0 | 6,08 | 20,6 | -0,711 | 0,316 | 0,1125 |
| Proredni etat <i>Allowable cut</i> | 59 | 25,3 | 12,1 | 37,3 | 5,98 | 23,6 | -0,249 | -0,767 | 0,1339 |
| Posle prorede <i>After thinning</i> | 72 | 33,0 | 26,8 | 43,0 | 3,40 | 10,3 | 0,622 | 0,458 | 0,0569 |

Legenda: n – broj merenih stabala; Mean – aritmetička sredina; Min – minimum; Max – maksimum; s_d – standardna devijacija; c_v – koeficijent varijacije; skew – asimetrija; kurt – spljoštenost; G – Gini koeficijent.

Legend: n – number of measured trees; Mean – arithmetic mean; Min – minimum; Max – maximum; s_d – standard deviation; c_v – coefficient variation; skew – skewness; kurt – kurtosis; G – Gini coefficient

Grafikon 2. Visinska kriva zasada u starosti 13 godina.

Graph 2. Height curve of 13-year old plantation.

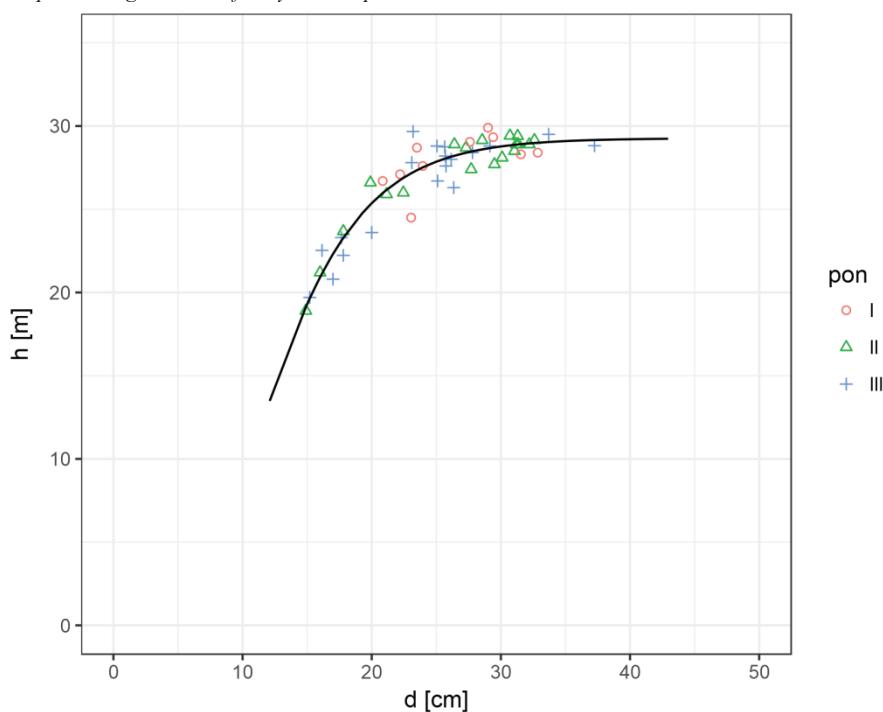


Tabela 3. Parametri i elementi ocene modela zavisnosti visine stabla od prsnih prečnika 13 godina od osnivanja zasada.

Table 3. Parameters and components of model assessment of the dependance between tree height and breast-height diameter 13 years after plantation establishment.

| Model: $h = 1,3 + a \cdot (1 - e^{-b \cdot d})^c$ | | | Elementi ocene modela Components of model assessment | | |
|---|-----------|----------|---|-----------|-----------|
| a | b | c | n | r^2 | s_e |
| 27.96855 | 0.2122903 | 10.42255 | 48 | 0.8900048 | 0.9406969 |

Legenda: a, b, c – parametri modela; n – broj merenih stabala; r^2 – koeficijent determinacije; s_e – standardna greška regresije.

Legenda: a, b, c – model parameters; n – number of measured trees; r^2 – coefficient of determination; s_e – standard error of regression.

Dijagrami rasturanja zapremina stabala u zavisnosti od njihovih prsnih prečnika, kao i u zavisnosti od visina pokazuju u oba slučaja krivolinjsku zavisnost, sa većim variranjem zapremina u zavisnosti od njihovih visina u odnosu na njihovo variranje u zavisnosti od prsnih prečnika. Zavisnost zapremine stabla od njihovih prsnih prečnika i visina, izravnata modelom Schumacher-Hall-a, je visoka. Koeficijent determinacije iznosi 0,99 i ukazuje na visoku pouzdanost modela pri izražavanju zapremine stabala (Tabela 4, Grafikon 3).

Tabela 4. Parametri i elementi ocene modela zavisnosti zapremine stabla od prsnih prečnika i visina u starosti 13 godina.

Table 4. Parameters and components of model assessment of the dependance between tree volume and breast-height diameter and tree height in 13-year old plantation.

| Model: $v_{st} = a \cdot d_{1,3}^b \cdot h^c$ | | | Elementi ocene modela Components of model assessment | | |
|---|----------|-----------|---|-----------|------------|
| a | b | c | n | r^2 | s_e |
| 0,00003045401 | 2,038855 | 1,0068217 | 9 | 0,9876240 | 0,03710214 |

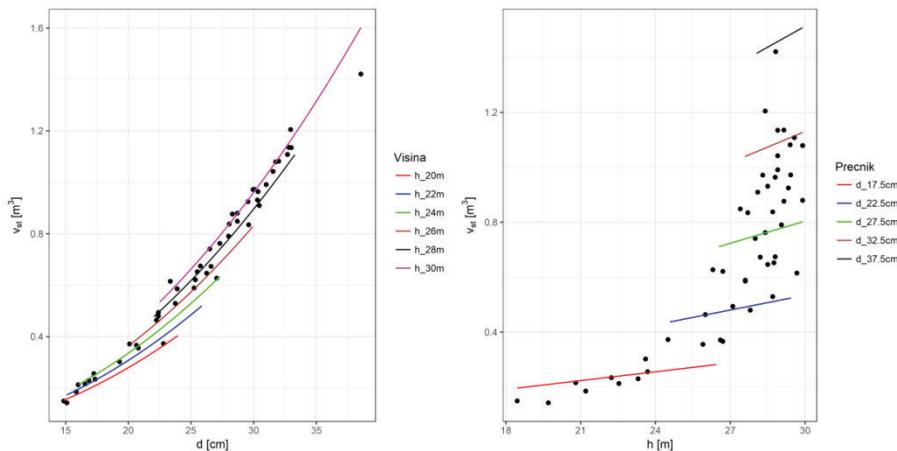
Legenda: a, b, c – parametri modela; n – broj merenih stabala; r^2 – koeficijent determinacije; s_e – standardna greška regresije.

Legenda: a, b, c – model parameters; n – number of measured trees; r^2 – coefficient of determination; s_e – standard error of regression.

Na osnovu rekonstrukcije visinskog rasta pet stabala iz kategorija srednjih stabala utvrđen je njihov sličan tok. Stablo značajno zaostalo u rastu u visinu u 13. godini počelo je da zaostaje u visinskom rastu već od treće godine (Grafikon 4). Tekući prirast visina srednjih stabala imao je visoke kulminacione veličine, preko 3 m u periodu od četvrte do sedme godine, i nagli pad u devetoj godini na oko polovinu prethodno ostvarenih veličina, verovatno uzrokovano nepovoljnim egzogenim uticajem. U periodu 10-11. godine dolazi do blagog povećanja visinskih prirasta na 2-2,5 m, a zatim se manifestuje pad tekućih prirasta koji u 13. godini iznosi 1,5-1,8 m. Analizirano stablo značajno zaostalo u rastu u visinu ima kulminaciju tekućeg prirasta u periodu 5-6. godine, a zatim nagli pad, koji se naročito manifestuje u 13. godini (Grafikon 5).

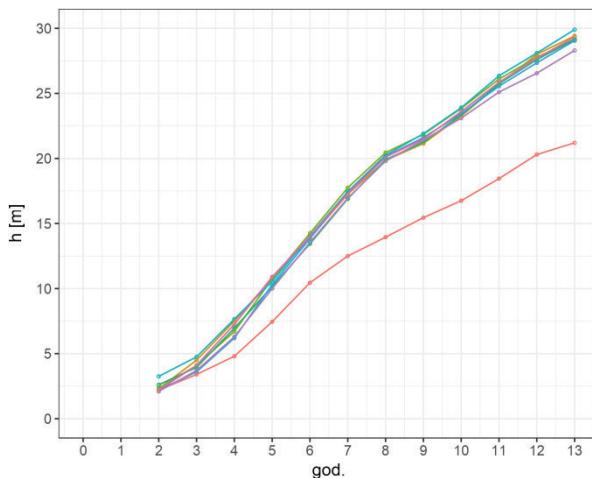
Grafikon 3. Dijagrami rasturanja i modeli zavisnosti zapremine stabla od njihovih prsnih prečnika za određene konstantne visine (levo) i zavisnosti zapremine stabla od visina za određene konstantne prečnike (desno) u starosti 13 godina.

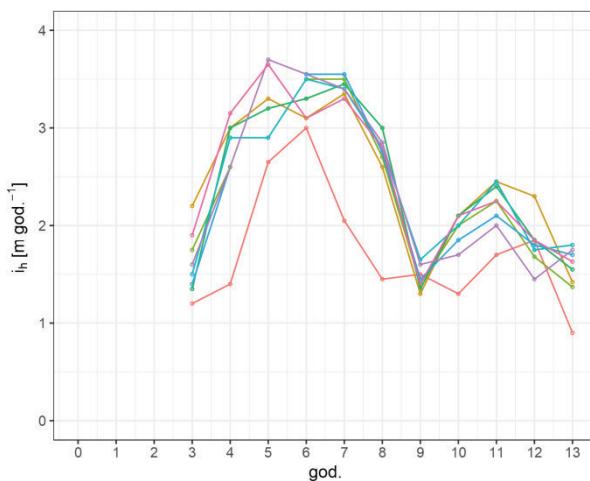
Graph 3. Scatterplots and models of dependance of tree volume by their diameter at breast height for particular constant heights (left) and dependance of tree volume by heights for particular constant diameters (right) in the age of 13.



Grafikon 4. Rast visina stabala u prethodnom periodu.

Graph 4. The height growth of sample trees in previous period.



Grafikon 5. Tekući prirast visina stabala u prethodnom periodu.*Graph 5. Current height increment of sample trees in previous period.*

Proredu u 13 godini nakon osnivanja zasada, sa uklonjenih 164 stabala po hektaru, $8,68 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ temeljnice i zapremine $109 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, sa srednjim prsnim prečnikom 26 cm i srednjom visinom 27,8 m, karakteriše koeficijent prorede (q_d) 0,79, koji ukazuje da je proreda bila niska. Jačina zahvata je iznosila 45% po broju stabala, 33% po ukupnoj temeljnici i 32% po zapremini u odnosu na stanje pre prorede, što predstavlja jak zahvat (Tabela 1). Numerički pokazatelji debljinske strukture prorednog etata pokazuju veću varijabilnost u poređenju sa stanjem pre prorede, levu asimetriju i platikurtičnu spljoštenost (Tabela 2). Proredom su uklonjena sva stabla u debljinskim stepenima 12,5-22,5 cm, polovina stabala u debljinskom stepenu 27,5 cm i četvrtina stabala u debljinskom stepenu 32,5 cm (Grafikon 1).

Izrađeni sortimenti su bili u kategoriji L trupca $2,74 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, trupca I klase za rezanje $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, trupca II klase $27 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, višemetarske tehničke oblice (v.t.o.) od $21 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i celuloznog drveta $9,07 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, odnosno ukupno $89,85 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ili 82,4% ukupne zapremine. Kada se uključe trenutne cene sortimenata topole na tržištu (JP „Vojvodinašume“) vrednost prorednog etata iznosi oko $3090 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Tabela 5), trošak seče, izrade i privlačenja sortimenata prorednog etata iznosi oko $700 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Tabela 6), a razlika troška osnivanja zasada pri razmaku $5 \times 5 \text{ m}$ u odnosu na razmak $7 \times 7 \text{ m}$ iznosi oko $625 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Tabela 7). Navedeno ukazuje da realizovana proreda ostvaruje pozitivan bilans od preko $1600 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tabela 5. Sortimenti dobijeni iz prorede u starosti zasada 13 godina i njihova vrednost.**Table 5. Assortments from thinning in 13 year old plantation and their value.**

| d [cm] | N [tree·ha ⁻¹] | Sortimenti Assortments | | | | |
|---|-------------------------------|--|---|---|---|---|
| | | L [*] L log [m ³ ·ha ⁻¹] | I I class log [m ³ ·ha ⁻¹] | II II class log [m ³ ·ha ⁻¹] | v.t.o. l.p. [m ³ ·ha ⁻¹] | celuloza pulpwood [m ³ ·ha ⁻¹] |
| 17,5 | 33 | | | | 4,45 | 1,93 |
| 22,5 | 31 | | | 5,48 | 4,17 | 1,96 |
| 27,5 | 53 | | 16,47 | 12,55 | 7,48 | 2,77 |
| 32,5 | 36 | | 11,82 | 7,8 | 4,93 | 2,09 |
| 37,5 | 6 | 2,74 | 1,73 | 1,16 | | 0,32 |
| Ukupno Total | | 2,74 | 30,02 | 26,99 | 21,03 | 9,07 |
| Cena Price [€·m ⁻³] ^{**} | 55,63 | 41,42 | 32,55 | 28,63 | 23,56 | |
| Vrednost Value [€·ha ⁻¹] | 152,43 | 1243,43 | 878,52 | 602,09 | 213,69 | 3090,16 |

*L – trupac za ljuštenje (prečnik na sredini trupca bez kore 30-35 cm i dužine preko 2 m); I – trupac za rezanje I klase (prečnik na sredini trupca bez kore 25-30 cm i dužine preko 2 m); II – trupac za rezanje II klase (prečnik na sredini trupca bez kore 20-25 cm i dužine preko 2 m); v.t.o. – višematarska tehnička oblica (prečnik na sredini trupca bez kore 15-20 cm i dužine preko 2 m); celuloza – metarsko celulozno drvo prečnika 7-20 cm sa korom.

*L log – peeling log (diameter in the middle of the log without bark is 30-35 cm with length at least 2 m); I – sawlog class I (diameter in the middle of the log without bark is 25-30 cm with length at least 2 m); II – sawlog class II (diameter in the middle of the log without bark is 20-25 cm with length at least 2 m); l.p. – long pulpwood (diameter in the middle of the log without bark is 15-20 cm with length at least 2 m); pulpwood (diameter in the middle of the log with bark is 7-20 cm with length 1 m).

**Cene su iskazane po važećem cenovniku JP „Vojvodinašume“ iskazane u EUR bez PDV.

**The prices are presented according to current price list of PE "Vojvodinašume" in EUR without VAT.

Tabela 6. Direktni troškovi seče, izrade, primanja i privlačenja sortimenata.**Table 6. Direct costs of felling, creating, accepting and transporting of assortments.**

| Radna operacija Work operation | Tehničko drvo Technical wood | Prostorno drvo Firewood | Ukupno Total | €·ha ⁻¹ |
|--|---------------------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| | | | | |
| 1. Seča i izrada sortimenata 1. Cutting and creation of assortments | 228,61 | 25,67 | 254,28 | |
| 2. Primanje drvih sortimenata 2. Acceptance of wood assortments | 59,78 | 4,81 | 64,59 | |
| 3. Privlačenje drvih sortimenata 3. Transport of the wood assortments | 339,28 | 41,54 | 380,82 | |
| UKUPNO TOTAL | | | | 699,69 |

Tabela 7. Direktni troškovi osnivanja i nege zasada osnovanih pri razmacima 5×5 m i 7×7 m.

Table 7. Direct costs of establishment and tending measures of the plantations established at a planting distance of 5×5 m and 7×7 m.

| Radna operacija <i>Work operation</i> | 5×5 m | 7×7 m | Razlika <i>Difference</i> |
|---|---------------------------------|----------------|------------------------------|
| | $\text{€} \cdot \text{ha}^{-1}$ | | |
| 1. Priprema terena <i>1. Terrain preparation</i> | 182,53 | 182,53 | 0 |
| 2. Pošumljavanje <i>2. Afforestation</i> | 487,78 | 248,77 | 239,01 |
| 3. Popunjavanje <i>3. Gap filling</i> | 175,60 | 89,56 | 86,04 |
| 4. Nega zasada <i>4. Tending of plantation</i> | 1148,85 | 847,64 | 301,21 |
| UKUPNO <i>TOTAL</i> | 1994,76 | 1368,50 | 626,26 |

Nakon prorede srednji prečnik preostalih stabala je veći za 3 cm, a srednja visina za 0,4 m (Tabela 1). Debljinska struktura je pozitivna i leptokurtična sa dvostruko manjim koeficijentom varijabilnosti prečnika u odnosu na stanje pre prorede (Tabela 2).

DISKUSIJA

Ostvareni elementi rasta stabala u zasadu u 13. godini od osnivanja, prvenstveno srednje visine od 28,6 m, pokazuju visok proizvodni potencijal staništa, koji se može označiti sa I bonitetom (Marković et al., 1987). Prosečno ostvarena zapremina zasada od $336 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ u 13. godini, odnosno prosečan zapreminski prirast od $25,86 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, su u saglasnosti sa procenjenim I visinskim bonitetom.

U zasadu je u 13. godini od osnivanja utvrđena varijabilnost prsnih prečnika od 20,6%, sa standardnom devijacijom od 6,08 cm, što je velika varijabilnost za srednjedobne zasade topola. U sličnoj starosti u zasadima drugih klonova, odnosno kultivara topola, osnovanim pri istom razmaku sadnje (5×5 m) su utvrđene dvostruko manje veličine standardne devijacije i koeficijenta varijacije prečnika (Mirković, 1968; Andrašev, 2003). U zasadima različitih klonova euroameričkih topola u starostima koje su bliske dužini proizvodnog ciklusa za proizvodnju trupaca (23-25 godina) utvrđene su veličine standardne devijacije prsnih prečnika koje su bliske veličini utvrđenoj u istraživanom zasadu uz manje veličine koeficijenta varijacije (Andrašev et al., 2004; Andrašev, 2008; Andrašev et al., 2009; 2010). Navedeno, kao i snažan uspon visinske krive kod tanjih prečnika, pokazuje da je zasad nehomogen i da se u njemu u 13. godini nakon osnivanja manifestuje intenzivno diferenciranje stabala. Može se prepostaviti da će

proces diferenciranja stabala u narednom periodu biti i izraženiji, i da će rezultirati odumiranjem stabala zaostalih u rastu, odnosno gubicima u proizvodnji.

Prirodni mortalitet stabala, kao krajnji izraz diferenciranja stabala, je nepoželjan u zasadima topola i predstavlja gubitak u proizvodnji. Proreda predstavlja jedan od načina da se eliminiše prirodni mortalitet. Proreda na oglednim površinama nakon 13 godina od osnivanja zasada usmerena je i na homogenizaciju preostalih 200 stabala po hektaru posle seče, sa povoljnim fenotipskim karakteristikama i sa približno ravnomernim rasporedom po površini, kojima su prioritetsko uklonjeni konkurenti od kojih se ne očekuje proizvodni efekat na kraju ophodnje kao kod preostalih stabala. Uklonjena su i stabla zaostala u rastu tako da je ukupno posećeno 45% od početnog broja stabala, 33% temeljnica i 32% zapremine. Na osnovu navedenog proreda je bila jaka, a po karakteru je niska proreda ($q_d = 0,79$). Proredom su iz zasada uklonjena najtanja stabla iz debljinskih stepeni 12,5-22,5 cm i varijabilnost prsnih prečnika je smanjena na polovinu od varijabilnosti pre seće. Ostvaren etat se nalazi u rangu sa etatom pri šematskoj proredi istog klena u 8. u godini od osnivanja zasada na povoljnem staništu, osnovanog pri razmaku sadnje $4,25 \times 4,25$ m, a veći je za 60-65% u odnosu na šematsku proredu istog klena na srednje i slabije povoljnem staništu pri razmaku $4,25 \times 4,25$ m (Pudar, 1986). Ostvareni etat u istraživanom zasadu veći je za 64% od etata dobijenog primenom selektivnog pristupa u proređivanju u zasadu topole klena I-214 u 11. godini od osnivanja zasada na srednje povoljnem staništu, onovanom pri razmaku 6×6 m (Andrašev et al., 2012).

Struktura prorednog etata u istraživanom zasadu povoljnija je od strukture etata pri šematskoj proredi klena I-214 u 8. godini na povoljnem staništu (Pudar, 1986), ali je nešto nepovoljnija od šematske prorede klena I-214 u 9. godini od osnivanja zasada na povoljnem staništu (Novaković, 1981). Znatno je povoljnija od strukture etata pri selektivnoj proredi klena B-229 u 8. godini od osnivanja zasada na srednje povoljnem staništu pri razmaku sadnje 5×5 m (Andrašev et al., 2011).

Vrednost realizovanog etata od $3.090 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ je dvostruko veća od vrednosti etata klena I-214 u 11. godini od osnivanja zasada na srednje povoljnem staništu pri razmaku sadnje 6×6 m (Andrašev et al., 2012) i trostruko je veća od vrednosti sortimenata pri proredi klena B-229 u 8. godini na srednje povoljnem staništu pri razmaku 5×5 m (Andrašev et al., 2011). Ako se vrednost sortimenata dobijenih šematskim proredama u ranijim istraživanjima iskaže aktuelnim cenama (JP „Vojvodinašume“) proredni etat klena I-214 u starosti 8 godina na povoljnem staništu osnovanog pri razmaku sadnje $4,25 \times 4,25$ m (Pudar, 1986) je sličan ostvarenim efektima u istraživanom zasadu. Proredni etat pri šematskoj proredi sa jačinom zahvata 26% po zapremini klena I-214 u 9. godini na povoljnem staništu (Novaković, 1981) daje za $650 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ manju vrednost sortimenata, a proredni etat klena I-214 klena u 8. godini na srednje i slabije povoljnem staništu, pri razmaku sadnje $4,25 \times 4,25$ m (Pudar, 1986) ostvaruje manje od polovine vrednosti sortimanata dobijenih u istraživanom zasadu.

Poređenjem vrednosti sortimenata dobijenih u proredi u istraživanom zasadu klena I-214 sa troškovima seće, izrade i privlačenja sortimenata, kao i sa razlikom troškova osnivanja i nege zasada sa razmakom sadnje 5×5 m u odnosu na

razmak 7×7 m, dobija se pozitivan bilans od preko $1600 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$, što ukazuje na visoku ekonomsku isplativost ovakve mere.

Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja proreda u zasadima topola proistiće da stabla topola imaju povoljnu prirastnu reakciju na povećanje prostora za rast ako se nalaze u fazi intenzivnog visinskog i debljinskog prirasta (Stanturf et al., 2001; Kriňárd i Johnson, 1980). U istraživanom zasadu topole klon I-214, s obzirom da je sprovedena u 13. godini od osnivanja zasada, odnosno pet godina posle perioda intenzivnog rasta stabala u visinu, proistiće da je sprovedena proreda zakasnela.

Dalja istraživanja na trajnim oglednim površinama u istraživanom zasadu, odnosno sagledavanja efekata proreda u različitim starostima zasada, jer je proreda na istraživanim oglednim površinama sastavni deo dizajna šireg ogleda, omogućice zaključke o efektima proreda na preostalim stablima, te konačan sud o svrshodnosti primene proreda u zasadima srednje gustine (5×5 m) koji se za klon I-214 na povoljnim staništima pokazuju manje povoljnijim za proizvodnju tehničkih sortimenata.

ZAKLJUČCI

U zasadu topole klon I-214 osnovanom na I bonitetu pri razmaku sadnje 5×5 m u 13. godini od osnivanja zasada na tri trajne ogledne površine utvrđena je znatno veća varijabilnost prsnih prečnika od očekivanih, odnosno ranije publikovanih vrednosti. Konstruisana visinska kriva na osnovu posećenih stabala u proredi je potvrdila i izraženu varijabilnost visina stabala, što ukazuje na proces njihovog intenzivnog diferenciranja. Ocenjeno je da će proces diferenciranja stabala u narednom periodu biti i izraženiji, što će dovesti do odumiranja stabala zaostalih u rastu i time do gubitaka u proizvodnji.

Proreda u 13. godini od osnivanja zasada usmerena je na homogenizaciju preostalih 200 stabala po hektaru posle seče, sa povoljnim fenotipskim karakteristikama i približno ravnomernim rasporedom po površini, kojima su prioritetsno uklonjeni konkurenti od kojih se ne očekuje potpun proizvodni efekat na kraju ophodnje. Uklonjena su i stabla zaostala u rastu tako da je realizovana proreda od 45% po broju stabala, 33% po temeljnicama i 32% po zapremini bila jaka, a po karakteru niska ($q_d = 0,79$). S obzirom da je proreda sprovedena u 13. godini od osnivanja zasada, odnosno pet godina nakon perioda intenzivnog rasta u visinu, može se smatrati da je zakasnela. Preostala stabla nakon prorede imala su dvostruko manju varijabilnost prečnika, odnosno stabla su homogenizovana za produkciju najvrednijih sortimenata do kraja ophodnje.

Proredom je uklonjeno $109 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, od čega se $90 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ nalazilo u kategoriji različitih tehničkih sortimenata, sa ukupnom vrednosti od $3.090 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$. Trošak seče, izrade i privlačenja sortimenata, kao i veći trošak osnivanja zasada sa 400 stabala po hektaru, u odnosu na zasad sa 200 stabala po hektaru, iznosi $1.325 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$ što je manje od polovine vrednosti sortimenata dobijenih proredom ($3.090 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1}$) i pokazuje visoku ekonomsku isplativost ovakve mere.

Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata:

„Istraživanje klimatskih promena i njihovog uticaja 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, i

“Proučavanje kompetičkih odnosa stabala u zasadima različitih klonova topola na aluvijalnim staništima u Vojvodini, kao osnov za regulisanje prostora za rast u skladu sa klimatskim promenama” koji finansira Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost u 2017. godini.

LITERATURA

- Andrašev, S. (2003): Karakteristike rasta tri klonske sorte crnih topola (sekcija *Aigeiros* Duby.) u Srednjem Podunavlju. Magistarski rad, Šumarski fakultet, Beograd, str. 154. COBISS.SR-ID: 512002972; UDK: 630*56:582.623(043.5)
- Andrašev, S., Rončević, S., Ivanišević, P., Kovačević, B., (2004): Strukturne karakteristike zasada selezionisanih klonova crnih topola (sekcija *Aigeiros* Duby). Topola br. 173/174: 27-44.
- Andrašev, S. (2008): Razvojno proizvodne karakteristike selezionisanih klonova crnih topola (sekcija *Aigeiros* Duby) u gornjem i srednjem Podunavlju. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd, str. 427. COBISS.SR-ID: 512095900; UDK: 630*52/*56:582.681.81(497.113)(043.3)
- Andrašev, S., Rončević, S., Ivanišević, P., Pekeč, S., Radosavljević, N. (2009): Production characteristics of black poplar clones on the river Sava inundation. Proceeding of International Scientific Conference „Forestry in Achieving Millennium Goals“ Held of the 50th Anniversary of Foundation of Institute of Lowland Forestry and Environment Novi Sad, Serbia, November 13 - 15, 2008. (339-348); ISBN: 978-86-912323-0-6; COBISS.SR-ID 238704135; UDK: 630(082)
- Andrašev, S., Rončević, S., Vučković, M., Bobinac, M., Danilović, M., Janjatović, G. (2010): Elementi strukture i proizvodnost zasada klon I-214 (*Populus × euramericana* (Dode) Guinier) na aluvijumu reke Save. Glasnik Šumarskog fakulteta 101: 7-24; ISSN: 0353-4537
- Andrašev, S., Bobinac, M., Rončević, S., Stajić, B., Janjatović, G., (2011): Karakteristike prorede u zasadu topole klon B-229 (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh.) u Donjem Sremu. Topola, 187/188: 99-121, Novi Sad. UDK: 582.681.21 (497.113 Donji Srem); ISSN: 0563-9034
- Andrašev, S., Bobinac, M., Rončević, S., Vučković, M., Stajić, B., Janjatović, G., Obućina, Z. (2012): Effects of thinning in a plantation of poplar clone I-214 with wide spacing. Šumarski list, 1-2: 37-56. Zagreb; UDK: 630* 232.5 + 242 (001); ISSN: 0373-1332

- Andrašev, S., Rončević, S., Bobinac, M. (2015): Early effects of thinning in plantation of Eastern Cottonwood (*Populus deltoides* Bartr. ex Marsh.), clone Bora on the Sava river alluvium. In: Ivetić V., Stanković D. (eds.): Proceedings: International conference Reforestation Challenges. 03-06 June 2015, Belgrade, Serbia. Reforesta: 149-158.
- Andrašev, S., Bobinac, M. (2017): Characteristics of the area potentially available in the field trial with thinning of poplar clone I-214 defined by "Voronoi" polygons. "Forest Science for Sustainable Development of Forests". 25 Years of Forestry of the Republic of Srpska. December 7 - 9, 2017. Banja Luka, Bosnia and Herzegovina (u štampi).
- Cowell, F. (2011): Measuring Inequality. Oxford University Press, London School of Economics Perspectives in Economic Analysis Series. ISBN 9780199594047.
- Krinard, R.M., Johnson, R.L. (1980): Fifteen years of cottonwood plantation growth and yield. South. J. Appl. For. 4 (4): 180–185.
- Marković, J., Živanov, N., Herpk, I., (1987): Proizvodne mogućnosti staništa za uzgoj topola i vrba na području ŠG 'Josip Kozarac' Nova Gradiška. Radovi Instituta za topolarstvo, Novi Sad 18: 85-132.
- Mirković, D. (1968): Strukturne osobine ogledne plantaže *Populus marilandica*. Jelen, br. 7. Beograd. (39-54).
- Novaković, M., (1981): Utjecaj smanjenja broja stabala na proizvodnju u plantaži topola „Pampas“, Magistarski rad. Složena šumska gospodarska organizacija „Slavonska šuma“, Osijek: 61 str.
- Pretzsch, H. (2005): Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots., Eur J Forest Res 124: 193–205.
- Pudar, Z. (1986): Ekonomski aspekti proizvodnje drveta topole, *Populus × euramericana* (Dode) Guinier, cl. I-214 u zasadima različite gustine. Radovi Instituta za topolarstvo, Novi Sad 17: 1-121.
- Richards, F.J. (1959): A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Bot. 10: 290-300.
- Stanturf, J. A., van Oosten, C., Netzer, D.A., Coleman, M.D., Portwood, C.J. (2001): Ecology and silviculture of poplar plantations. In: D. I. Dickmann, J. G. Isebrands, J. E. Eckenwalder and J. Richardson (Ed.), Poplar Culture in North America. Part A, Chapter 5, NRC Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa, ON K1A OR6, Canada: 153–206.
- Venables, W. N., Ripley, B. D. (2002): Modern Applied Statistics with S. Springer, New York, fourth edition. ISBN 0-387-95457-0.

Summary

CHARACTERISTICS OF THINNING IN A PLANTATION OF POPLAR CLONE I-214 WITH MODERATE SPACING 13 YEARS AFTER ESTABLISHMENT

by

Siniša Andrašev, Martin Bobinac, Saša Pekeč, Ranko Sarić

The research was performed in plantation of euramerican poplar clone I-214, established at spacing 5×5 m, i.e. 400 trees per ha, on alluvial soil in Lower Danube Basin (Public Enterprise „Vojvodinašume“, Forest Holding „Banat“, Forest Administration „Pančevo“, Management Unit „Donje Podunavlje“, compartment 42). The thinning was performed in 13 years old plantation, on three experimental plots, each on an area of 0,12 ha, by which the number of trees was reduced to 200 trees per ha. Experimental plots are a component of the design of broader experiment in which the research on production and space regulation for tree growth in different plantation ages is performed.

All trees on experimental plots were numbered by permanent mark (greasy paint) and their diameters at breast height from two cross measurements were made with 1 mm precision. For all trees cut in thinning, the total height (length) was measured by tape, and after that the trunks were measured by section method, with section length of 1 m. Branches thicker than 3 cm were also measured by section method with section length of 1m. On 5 average trees and on one tree that stagnated by height and diameter, cut in thinning, the height analysis was performed by measuring heights (lengths) of every node of a trunk that marks the height of tree in particular years in the period from the second to the age of 13 years. From every cut tree, in procedure regularly used in practice, the assortments were created and the thickness of log without bark was measured on both ends in order to calculate its volume.

The obtained components of the tree growth in the plantation, 13 years after the establishment, particularly top and mean heights from 29,1 m and 28,9 m, show the high potential of the habitat, that could be marked as the first site class. The obtained average volume of a plantation, which is $336 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ after 13 years, as well as average volume increment, which is $25,86 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$, are in concordance with the first height class.

In the plantation, the variability of diameters on breast height was 20,6% and standard deviation 6,08 cm was found, which is great variability for middle-aged poplar plantations. The constructed height curve confirmed also the considerable variability of tree heights, which points out on the process of their intensive differentiation. It is estimated that the process of trees differentiation in next period will be more pronounced, which will cause the decay of stagnating trees and by that losses in production.

The performed thinning at 13 years after the plantation establishment was focused on homogenisation of remaining 200 trees per hectare after the cut, with favourable phenotypic characteristics and approximately uniform distribution on the area. Competitors of the selected trees are primarily eliminated of that the full production effect at the end of the rotation was not expected. The stagnating trees were also removed, so by achieved reduction of 45% for number of trees, 33% for total basal area and 32% for total volume, the thinning was heavy, and by character it was low ($q_d = 0,79$). Considering that the thinning was performed at 13 years after the plantation establishment, i.e. five years after the period of intensive height growth, it could be considered as late. Trees that remained after the thinning had two times smaller diameter variability, i.e. trees were homogenized for the production of the most valuable assortments until the end of a rotation.

Total wood volume of 109 m³·ha⁻¹ was removed by thinning, where 90 m³·ha⁻¹ of that was categorized as various technical assortments, with total value of 3.090 €·ha⁻¹. The cost of cutting, creation and transport of assortments, as well as greater cost of the establishment of plantation with 400 trees per hectare, comparing to the establishment of plantation with 400 trees per hectare is 1.325 €·ha⁻¹, which is less than half of the value of assortments gained by thinning (3.090 €·ha⁻¹) and shows high economic profitability of such measure.