

UDK: 620.9:582.623.2

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

MOGUĆNOSTI PRIMENE BIOMASE SEDMOGODIŠNJEG ZASADA TOPOLA ZA DOBIJANJE ENERGIJE

Klašnja Bojana¹, Orlović Saša¹, Redei Karoly², Galić Zoran¹, Stevanov Mirjana³

¹Univerzitet Novi Sad, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Novi Sad

²ERTI Budapest, Mađarska

Izvod: U radu su prikazani rezultati koji se odnose na prinos biomase pet klonova topole koji su u fazi testiranja: *P. deltoides* cl. B-229, *P. deltoides* cl. B-81, *P. deltoides* cl. 182/81, *P. deltoides* cl. PE 19/66, i euramerička topola *P. x euramericana* cl. Pannonia, iz zasada starosti sedam godina, gustina sadnje 6x6m (278 biljaka/ha), na dva tipa zemljišta. Energija koja bi se mogla dobiti sagorevanjem biomase je procenjena na bazi kalorične vrednosti drveta ispitanih klonova. Ustanovljeno je da je maksimalni godišnji prinos (težinu) biomase, a samim tim i energije u zasadima ostvario klon PE19/66.

Ključne reči: topole, gustina sadnje, prinos biomase, energija

THE POSSIBILITIES OF UTILIZATION OF BIOMASS FROM SEVEN-YEAR POPLAR PLANTATION FOR ENERGY PRODUCTION

Abstract: *The paper presents the results which are related to the biomass yield of five poplar clones in the testing phase: P. deltoides cl. B-229, P. deltoides cl. B-81, P. deltoides cl. 182/81, P. deltoides cl. PE 19/66, and Euramerican poplar P. x euramericana cl. Pannonia, in plantations of seven years, with planting space of 6x6 m (278 plants / ha) on two soil types. The energy that could be obtained by biomass combustion, on base of calorific values for the examined tree clones has been estimated. It was found that the maximum weight of biomass (annual), and thus also the energy in SRF plantations, are obtained by the clone PE19/66.*

Key words: *poplars, planting density, biomass yield, energy,*

1. UVOD

¹ Dr Bojana Klašnja - naučni savetnik, Dr Saša Orlović – naučni savetnik, Dr Zoran Galić - viši naučni saradnik, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu u Novom Sadu Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Srbija

² Dr Karoly Redei – ERTI Budimpešta, Mađarska

³ Dr Mirjana Stevanov, naučni saradnik, Fakultet za šumarstvo i ekologiju šuma, Getingen, Nemačka

Biomasa danas zahvata približno 14% od ukupne svetske potrošnje energije (Parrika, 2004). Oko 25% od toga koriste razvijene zemlje, gde je visok udeo investicija u zaštitu životne sredine, pogotovo u zaštitu vazduha od nepoželjnih emisija. Preostali udeo od 75% primarne energije je direktna primena biomase u nerazvijenim zemljama za potrebe zagrevanja i korišćenje u domaćinstvu, kao i primena otpadaka i ostataka u industriji prerade drveta za proizvodnju energije u pogonu (Parrika, 2004).

Da bi se umanjili efekti uticaja "staklene bašte" na klimatske promene, u razvijenim zemljama se uveliko radi na supstituciji fosilnih goriva sa obnovljivim izvorima energije. Osnivanje zasada brzorastućih vrsta sa ophodnjom kraćom od 15 godina ima niz ekoloških prednosti, u smislu pozitivnog uticaja na biodiverzitet, kao i na kruženje ugljenika u sistemu zemljište, biljka, atmosfera. Takodje, veoma je značajan pozitivan uticaj ovakvih zasada u delu zaštite zemljišta od erozije vode i vetra. Ova specifična grana šumarstva je zasnovana sa ciljem postizanja maksimalnih prinosa biomase po jedinici površine sa ciljem proizvodnje toplotne energije. Visoko produktivne, pionirske šumske vrste koje se koriste za osnivanje gustih zasada krtake ophodnje su topole i vrbe. Postoje dva tipa zasada u kratkim turnusima u zavisnosti od dužine trajanja ophodnje, kao i perioda seče u njima:

Zasadi u kratkim turnusima u kojima se prva seča obavlja nakon 5 godina i zatim sukcesivno na svakih tri godine do starosti od 20-25 godina za vrbe, i 7-10 godina za topole, uz primenu mera djubrenja, zaštite od korova i bolesti. Gustina takvih zasada je 9000 – 10000 biljaka/ha (Laureysens et al., 2005).

Zasadi u kratkim turnusima u kojima se seča obavlja svake, svake druge ili treće godine. Ovi zasadi se osnivaju od genetički unapredjenog klonskog materijala, uglavnom topola i vrba, sa gustom sadnje od ~15000 biljaka/ha. (Tharakan et al., 2003).

Biomasa proizvedena u ovakvim zasadaima ima višestruku primenu: kao gorivo za proizvodnju električne energije u specijalnim generatorima, za proizvodnju drvnog uglja, za direktno spaljivanje zbog niskog sadržaja pepela i vlage, kao i alkalnih metala, ili jednostavno kao izvor ugljenika u atmosferskom CO₂ (Nixon et al., 2001).

Topole, koje su predmet ispitivanja u ovom radu, imaju nekoliko značajnih osobina koje ih čine idealnom vrstom za osnivanje zasada kratke ophodnje, a to su, pre svega, visoki prinosi biomase, mogućnost vegetativne propagacije, veliki izbor klonova, kratak period oplemenjivanja, mogućnost obnavljanja iz panja nakon višestrukih seča, kao i ujednačen kvalitet sadnog materijala. Mogućnost proizvodnje biomase u zasadima brzorastućih vrsta, sa različitim dužinama proizvodnog ciklusa je u Institutu istraživana u dužem periodu, o čemu svedoče literaturni navodi (Klasnja et al., 2002; 2002a; 2002b, 2003,2003a; 2006; 2008; 2008a, 2008b, Orlovic et al., 2003, 2004).

2. MATERIJAL I METODE

Ispitivanja su izvršena u dva ogledna zasada osnovana od 5 klonova topola, kojima gazduje JP "Vojvodinašume" na području Srema, na dva različita tipa zemljišta. Četiri klona taksonomski pripadaju američkoj crnoj topoli *Populus*

deltoides (B-229, B-81, 182/81, PE 19/66), a jedan eurameričkoj topoli *Populus x euramericana* ("Pannonia").

Ogledni zasad 1: Ogledni zasad se nalazi u ŠG "Kupinovo", Odeljenje 43 (44 42 23.34N i 20 01 59.63E), osnovan je sadnjom jednogodišnjih sadnica (1/1) na livadskoj crnici na lesoaluvijumu sa 278 biljaka/ha. Ogled je osnovan u 4 ponavljanja u razmaku od 6 m između redova i između biljaka. Prečnici i visine su izmereni na svim biljkama.

Ogledni zasad 2: Ogledni zasad se nalazi u ŠG "Visnjicevo", GJ Banov Brod 18a (44 55 49.67 N i 19 22 57.61E) na površini od 5.2 ha, a osnovan je sadnjom jednogodišnjih sadnica (1/1) na humofluvisolu, sa 278 biljaka/ha. Ogled je osnovan u 4 ponavljanja u razmaku od 6 m između redova i između biljaka. Prečnici i visine su izmereni na svim biljkama.

Prečnik i visine biljaka su izmerene nakon sedme godine rasta. Zapremina biomase je izračunata na osnovu zapreminskog prirasta, a težina biomase (nadzemna biomasa bez lišća) je određena na osnovu zapreminske mase drveta ispitanih klonova. Toplota koja bi se dobila potpunim sagorevanjem nadzemne biomase biljaka po hektaru je procenjena na osnovu toplotne moći (kalorične vrednosti) koje su određene za svaki klon.

Zapreminska masa drveta je određena na osnovu odnosa apsolutno suve mase i zapremine uzoraka drveta potpuno zasićenih vodom. Vlažnost drveta je određena klasičnim putem, sušenjem do apsolutno suvog stanja na 104°C do konstantne mase.

Za određivanje toplotne moći - kalorične vrednosti drveta ispitanih klonova je korišćena piljevina drveta dobijena usitnjavanjem koluta – diska sa prsne visine, koji su prethodno sušeni do sobne temperature. Od vazdušno suvih uzoraka su u specijalnom uređaju presovane tablete mase između 0.60g i 0.85g. Toplotna moć je određena u kalorimetru C200 IKA Werke, u tri ponavljanja.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1 Elementi rasta biljaka

Elementi rasta biljaka su prikazani kao srednje vrednosti prečnika i visina nakon sedme godine, za oba zasada u tabelama 1 i 2. U tabelama su prikazane vrednosti standardne devijacije merenja, nakon uradjene statističke analize vrednosti merenja visine i prečnika stabala.

Tabela 1: Srednje vrednosti prečnika (Ds) i visina (Hs) u oglednom zasadu 1

Table 1: Average diameters (Ds) and heights (Hs) in Experimental field 1

Klon Clone	Ds, cm	Stand. dev.	Hs, m	Stand. dev.	Zapremina Wood volume m ³ ha ⁻¹
PE19/66	24.3	0.5382	20.5	0.5609	116.7
B229	22.9	0.6841	19.4	0.5750	101.4
B81	23.1	0.6210	19.7	0.7574	102.8
182/81	20.8	1.0334	18.7	0.7120	80.6
Pannonia	19.5	0.6178	20.1	1.0296	79.2

Rezultati statističke analize (ANOVA) pokazali su da nema značajnih razlika između ponavljanja, ali da su razlike između klonova visoko značajne ($P=0.001$).

Rezultati merenja oglednog zasada 1 (Tabela 1) pokazuju da srednji prečnik varira između 19.5cm i 24.3cm, srednja visina od 18.7m i 20.5m. To je u skladu podacima Fang et al. (1999), za biljke starosti 6 godina (iz zasada gustine 500 do 1111 biljaka/ha), za srednji prečnik od 17cm do 18cm, a srednja visina u intervalu od 16.60m do 18.08m. Najmanju zapreminu drveta ima klon Pannonia ($79.2 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$), a najveću klon PE 19/66 ($116.7 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$).

U oglednom zasadu 2 srednje vrednosti prečnika su bile u intervalu od 23cm do 25.9cm, a visine od 17.8m do 22.1m (Tabela 2).

Tabela 2: Srednje vrednosti prečnika (Ds) i visina (Hs) u oglednom zasadu 2

Table 2: Average diameters (Ds) and heights (Hs) in Experimental field 2

Klon Clone	Ds, cm	Stand. dev.	Hs, m	Stand. dev.	Zapremina Wood volume m^3ha^{-1}
PE19/66	25.9	0.1789	20.8	0.7176	130.6
B229	24.6	0.2881	18.3	0.6470	108.3
B81	24.8	0.4708	21.1	0.7757	127.8
182/81	23.5	0.2714	17.8	0.4167	97.2
Pannonia	23	0.4021	22.1	0.7359	113.9

Maksimalna vrednost zapremine drveta od $130.6 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ je izmerena za klon PE19/66, dok minimalnu vrednost ($97.2 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$) ima klon 182/81. Može se konstatovati da je u oba zasada maksimalna vrednost zapremine drveta zabeležena za isti klon PE19/66, uz napomenu da je povećanje zapremine od oko 12% u drugom zasadu, možda posledica uticaja zemljišta. Minimalne prinose je imao klon 182/81, u prvom zasadu klon Pannonia ($79.2 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$), a razlika između njih je oko 20%.

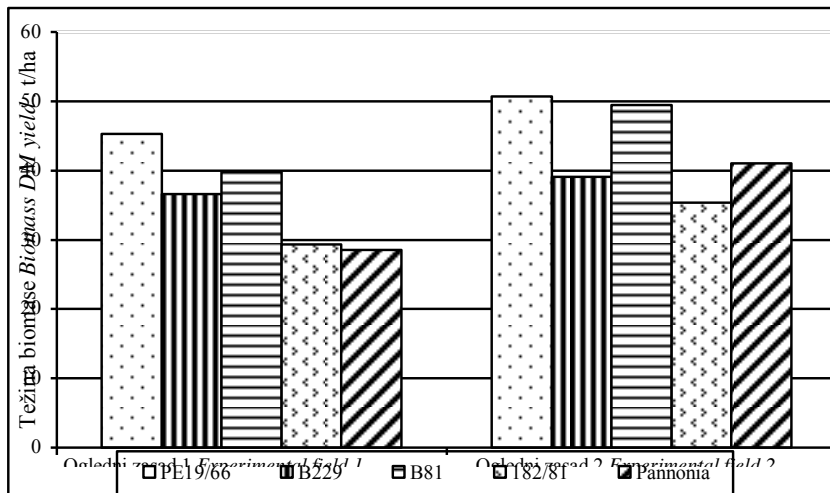
Vrednosti nominalne zapreminske mase drveta ispitanih klonova su između 320 kgm^{-3} (min) i 387 kgm^{-3} (max), a apsolutno suve od 361 kgm^{-3} (min) do 452 kgm^{-3} (max). To je u skladu sa vrednostima specifične mase drveta od 0.30 do 0.36 za nekoliko klonova topola koje daje Goyal et al. (1999), kao i sa vrednostima od 0.343 do 0.371 za *P. balsamifera* L. starosti 7 godina (Ivkovich, 1996). Naša prethodna ispitivanja takođe, daju slične rezultate za drvo starosti 4 godine *P. deltoides* - 456 kgm^{-3} , kao i za klon 457, starosti 10 godina od 368 kgm^{-3} (Klasnja et al., 2003).

3.2 Procenjena težina biomase

Na osnovu vrednosti izmerenih prečnika srednjih stabala može se konstatovati da stabla u ispitivanim zasadima nisu dostigla dimenzije koje se zahtevaju u mehaničkoj preradi drveta, jer je prečnik uglavnom ispod 25cm (koliko iznosi minimalni prečnik za trupce u mehaničkoj preradi). Odstupa jedino klon

PE19/66 koji u drugom zasadu ima nešto veći srednji prečnik – 25.9cm. To određuje namenu proizvedene biomase, koja se u konkretnim zasadima može koristiti ili kao sirovina hemijsku preradu (proizvodnja vlakana), ili za dobijanje toplotne energije.

U tom smislu je obračunata težina biomase na osnovu vrednosti zapreminske mase drveta i prikazana na slici 1.



Slika 1: Procenjena težina biomase u oglednim zasadima
Figure 1: Estimated biomass DM yield in experimental fields

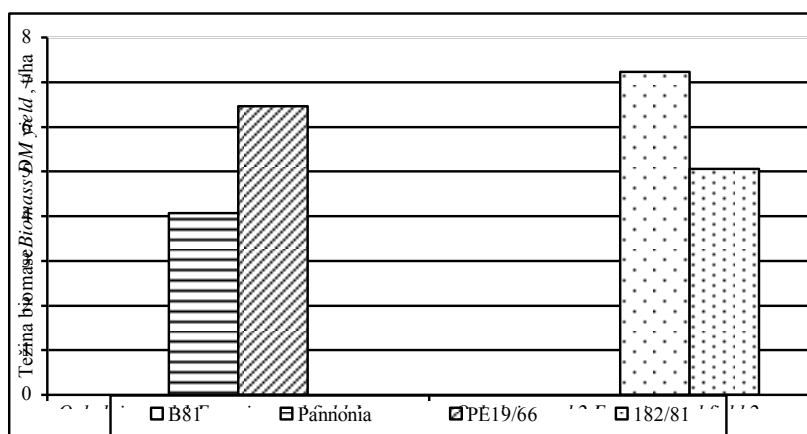
Najniži prinos biomase u Oglednom zasadu 1 su imali klonovi Pannonia (28.500 t ha^{-1}) i klon 182/81 (29.322 t ha^{-1}), a maksimalni prinos je procenjen za klon PE 19/66 (45.267 t ha^{-1}). U oglednom zasadu 2 najniži prinosi su zabeleženi za klon 182/81 (35.389 t ha^{-1}) i klon B229 (39.108 t ha^{-1}), dok je maksimalni prinos i u ovom zasadu ostvario klon PE 19/66 od 50.655 t ha^{-1} . Poređenjem ovih vrednosti uočena je razlika za sve testirane klonove, a razlika prosečnih vrednosti prinosa biomase svakog ogleada je u granicama do 20%. Ako se izvrši proračun godišnjeg prinosa biomase, vrednosti u oglednom zasadu 1 se kreću u intervalu od 4.071 t ha^{-1} za klon Pannonia (min), do 6.467 t ha^{-1} za klon PE 19/66. U oglednom zasadu 2 godišnji prinosi biomase su u intervalu od 5.055 t ha^{-1} za klon 182/81 (min), do 7.236 t ha^{-1} za klon PE 19/66.

Dobijeni rezultati su u skladu sa literaturnim navodima, koji se veoma razlikuju međusobno. Naime, podaci govore o tome da prinos apsolutno suve biomase leži u intervalu od 20 t ha^{-1} do 35 t ha^{-1} (Ciria et al., 1995; Scarascia-Mugnozza et al., 1997), dok drugi autori navode podatke o težini biomase od svega 2 t ha^{-1} do 3 t ha^{-1} (Schneider, 1995). U regionu Centralne Evrope i Severne Amerike srednji godišnji prinos se prema literaturnim podacima kreće od 10 t ha^{-1} do 12 t ha^{-1} (Kauter et al., 2003). U zasadu sa 18,000 biljaka/ha posečena biomasa nakon prve godine iznosi od 2.2 t ha^{-1} do 3.6 t ha^{-1} za različite klonove topola, i od 2 t ha^{-1} do 2.5 t ha^{-1} za klonove vrba (Hanson, 1991). Ridde1-Black

et al. (1998) navode da je prinos za šest klonova topole (16 500 biljaka/ha) nakon prve sezone rasta u intervalu od 4.88 t ha⁻¹ do 9.54 t ha⁻¹.

Razlike izmedju maksimalnih vrednosti prinosa biomase koje daje klon PE 19/66 se kreću oko 12%, i veće su u oglednom zasadu 2, koji je osnovan na zemljištu tipa livadska crnica na lesosuluvijumu. Razlike su verovatno posledica uticaja tipa zemljišta, konkretno načina vlaženja zemljišta i sadržaja frakcije praha+gline na istraživanim sistematskim jedinicama zemljišta (Živanov, 1977; Živanov i Ivanisevic, 1986; Galić, 2000, 2008).

Podaci u literaturi daju podatke o prosečnom godišnjem prinosu biomase od 1.6–9.7 tha⁻¹ (4) na kraju druge godine ophodnje u zasadu sa 10000 biljaka po hektaru. Godišnji prinos u zasadu sa 4 godine ophodnje je u intervalu od 1.2–13.6 t ha⁻¹ u zavisnosti od klona topole, tipa zemljišta, klimatskih uslova i načina gazdovanja. Prema podacima Fang et al. (1999), maksimalni prinosi za eurameričke topole su 78.4 tha⁻¹ i 71.8 tha⁻¹ respektivno, u zasadu sa 1111 biljaka ha⁻¹ nakon 6 godina. Za klonove *P.deltoides* iste starosti, u zasadu sa 833 biljaka ha⁻¹ prinos iznosi 75.8 tha⁻¹. Na kraju šeste sezone, u zasadima različite gustine sadnje (četiri gustine sadnje) srednji godišnji prinos se kreće od 10.5 tha⁻¹ to 11.4 tha⁻¹.



Slika 2: Maksimalne i minimalne vrednosti težine biomase u oglednim zasadima
Figure 2: Maximum and minimum biomass DM yield in experimental fields

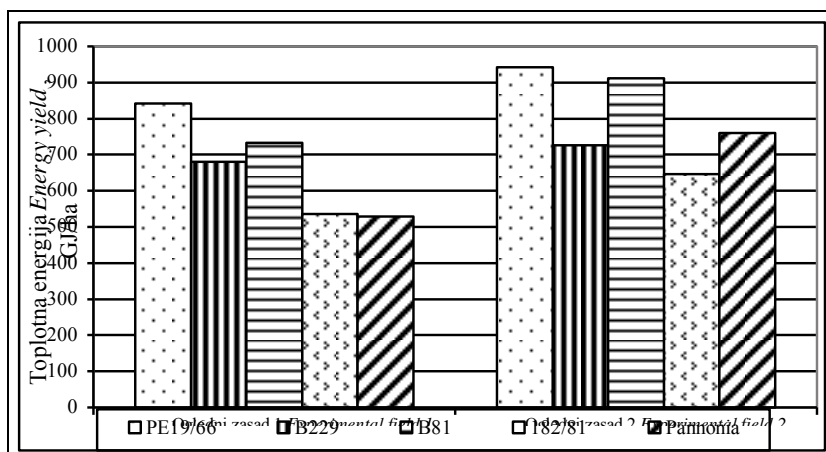
Kada se analiziraju vrednosti maksimalnih i minimalnih godišnjih prinosa u oglednim zasadima (slika 2) uočavaju se razlike od oko 10%, mada su pomenute vrednosti zabeležene za različite klonove.

3.3 Energetska vrednost biomase

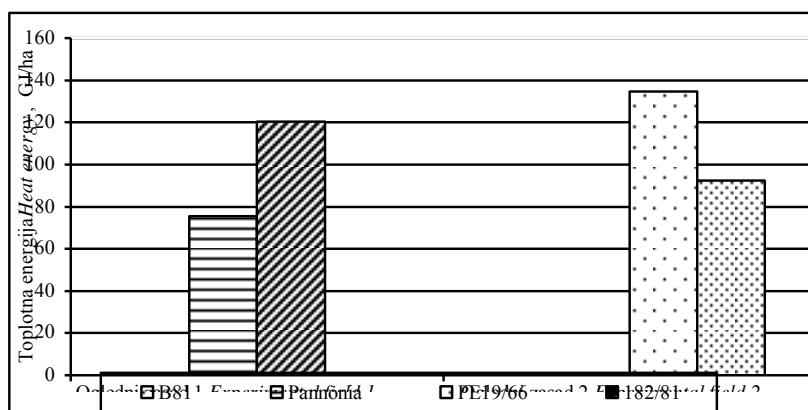
Energetska vrednost biomase je neposredno povezana sa kaloričnom vrednošću - topoltnom moći drveta, ali i ostalim činiocima koji utiču na količinu i kvalitet proizvedene biomase. gornje topoltno moći drveta ispitanih klonova se kreću u relativno uskom intervalu od 18,261 MJkg⁻¹ (klon 182/81) do 18,656 MJkg⁻¹ (klon 129/81). To se u potpunosti slaže sa vrednostima naših prethodnih istraživanja (12,

13,14), i vrednostima koje daje Ciria et al. (1995), za topolovo drvo starosti 3–5 godina od $18,1 \text{ MJkg}^{-1}$ do $18,3 \text{ MJkg}^{-1}$. Benetka et al. (2002) za drvo stabala klonova topola starosti 1-3 godine, daje podatke za topolotnu moć od $18,60 \text{ MJkg}^{-1}$ do $19,27 \text{ MJkg}^{-1}$.

Vrednosti procenjene količine topolotne energije koja bi se dobila potpunim sagorevanjem nadzemne biomase iz oglednih zasada su prikazane na slici 3. U oglednom zasadu 1 procene se kreću u intervalu od $528,162 \text{ GJha}^{-1}$ za klon Pannonia i $535,453 \text{ GJha}^{-1}$ za klon 182/81, do $841,688 \text{ GJha}^{-1}$ za klon PE19/66 kod kojeg se dostiže maksimum (Slika 3).



Slika 3: Procenjene vrednosti topolotne energije u oglednim zasadima
 Figure 3: Estimated energy yield in experimental fields



Slika 4: Maksimalne i minimalne godišnje količine topolote
 Figure 4: Maximum and minimum annual energy yields

U oglednom zasadu 2 maksimalna količina toplotne energije se dobija sagorevanjem biomase takodje klona PE19/66, u iznosu od 941,889 GJha⁻¹, dok minimalnu vrednost daje klon 182/81 i to 646,236 GJha⁻¹ (Slika 3).

Ako se procenjena toplotna energija sedmogodišnjeg zasada preračuna na godišnji nivo, onda se dobiju maksimalne vrednosti za klon PE 19/66 od 120.241 GJha⁻¹ u oglednom zasadu 1, odnosno 134.556 GJha⁻¹ u oglednom zasadu 2 (slika 4). Minimalne vrednosti daju klonovi Pannonia u oglednom zasadu 1, i klon 182/81 u oglednom zasadu 2

4. ZAKLJUČCI

U radu su dati rezultati ispitivanja prinosa biomase u dva ogledna zasada starosti sedam godina sa pet klonova topola u fazi testiranja: *P. deltoides* cl. B-229, *P. deltoides* cl. B-81, *P. deltoides* cl. 182/81, *P. deltoides* cl. PE 19/66, i *P. x euramericana* cl. Pannonia, sa razmakom sadnje 6x6 m (287 biljaka ha⁻¹) na dva tipa zemljišta. Procenjena je količina toplotne energije koja bi se dobila potpunim sagorevanjem nadzemne biomase biljaka, na osnovu gornje toplotne moći drveta ispitanih klonova.

U oglednom zasadu 2 je ostvaren najveći prinos biomase i energije, koji se kreće u intervalu od 646.236 GJha⁻¹ (min za klon 182/81), do 941.889 GJha⁻¹ (max za klon PE19/66). Ovaj klon pokazuje najbolje rezultate i u drugom oglednom zasadu. Rezultati rada ukazuju na uspešnu mogućnost primene biomase zasada za dobijanje toplotne energije u uslovima kada se drvo još ne može koristiti kao sirovina u mehaničkoj preradi drveta.

5. LITERATURA

- Benetka, V., Bartakova, I., Mottl, J. (2002): Productivity of *Populus nigra* L., ssp. *nigra* under short-rotation culture in marginal areas. *Biomass and Bioenergy* 23 (5):327-336
- Ciria MP, Mazón P, Carrasco J, Fernandez J., (1995): Effect of rotation age on the productivity of poplar grown at high plantation density. *Biomass for energy, environment, agriculture and industry*, Vienna, Austria Proceedings of the Eighth European Biomass Conference: 489–494.
- Fang, S. Xu, X., Lu, S., Tang, L. (1999): Growth dynamics and biomass production in short-rotation poplar plantations: 6-year results for three clones at four spacings. *Biomass and Bioenergy* 17 : 415-425
- Galic, Z. (2000): The research of habitat conditions for poplar growing in the Middle Podunavlje (Serbian). MSc Thesis, Forestry Faculty, Belgrade.
- Galic, Z. (2008). The influence of meliorative events on the changes of soil characteristics in the basin of Tamiš river (Serbian with English Summary). *Topola-Poplar* 181-182: 5-11.

- Goyal, G.C., Fisher, J.J., Krohn, M.J., Packood, R.E., Olson, J.R. (1999): TAPPI 82 (5) 141-147.
- Hanson, E.A. (1991): Poplar woody biomass yields; a look to the future. *Biomass and Bioenergy*: 1-7.
- Ivkovich, M. (1996): Genetic variation of wood properties in balsam poplar (*P. Balsamifera* L.). *Silvae Genetica* 45 (2-3) 119-124.
- Kauter, D., Lewandowski I., Claupein, W. (2003): Quantity and quality of harvestable biomass from *Populus* short rotation coppice for solid fuel use - a review of the physiological basis and management influences. *Biomass and Bioenergy* 24 (6): 411-427.
- Klasnja, B., Orlovic, S., Galic, Z., Pilipovic, A., Markovic, M., (2002): Short rotation and high plant density poplar plantations for energy production. *Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, Amsterdam, The Netherlands, Conference Proceedings: 223-226.
- Klasnja, B., Roncevic, S., Andrasev, S., Galic, Z., (2002a): Short rotation plantations of fast growing broadleaf tree species as the source of renewable energy raw material. 6th International Symposium on Interdisciplinary Regional Research – Hungary, Romania, Yugoslavia, Novi Sad, Yugoslavia, CD.
- Klasnja, B., Kopitovic, S., Orlovic, S., (2002b): Wood and bark of some poplar and willow clones as fuelwood. *Biomass and Bioenergy* 23: 427-432.
- Klašnja, B., Kopitović, Š., Orlović, S., (2003): Variability of some wood properties of Eastern Cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) clones. *Wood Science and Technology* 37 (3-4): 331-337.
- Klasnja, B., Orlovic, S., Drekić, M., Markovic, M., (2003a): Energy production from short rotation poplar plantations. 7th International Symposium on Interdisciplinary Regional Research – Hungary, Serbia & Montenegro, Romania, Hunedoara, Romania, CD: 353-358.
- Klašnja, B., Orlović, S., Galić, Z., Drekić, M. (2006): Poplar biomass of short rotation plantations as renewable energy raw material, in "Biomass and Bioenergy New Research", (ed. F. Columbus), Pp. 35-66, Nova Science Publishers, INC. New York, USA
- Klašnja, B., Orlović, S., Galić, Z., Drekić, M., Vasić, V., Pilipović, A. (2008): Poplar biomass of high density short rotation plantations as raw material for energy production. *Wood Research (Drevarsky Vyskum)* 53(2): 27-38.
- Klasnja B., Orlovic S., Galic Z., Katanic M., Pap P. (2008a) An advantages of new (experimental) poplar clones intended for energy production. *Proceedings of 16th European Biomass Conference & Exhibition*, 2-6 June 2008, Valencia, Spain: 475-479.
- Klašnja, B., Orlović, S., Galić, Z., Kebert, M. (2008b): Estimate of energy potential of poplar biomass from short rotation plantations. *Proceedings of International Scientific Conference «Forestry in Achieving Millennium Goals»*, Novi Sad, Serbia, November 13-15, 2008: 179-184.

- Laureysens, I., Pellis, A., Willems, J., Ceulemans, R. (2005): Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar. III. Second rotation results. *Biomass and Bioenergy* 29: 10–21
- Nixon, D.J., Stephens, W., Tyrrel, S.F., Brierley E.D.R. (2001): The potential for short rotation energy forestry on restored landfill caps. *Bioresource Technology* 77: 237-245
- Orlović, S., Klačnja B., Pilipović A., Radosavljević, N., Marković, M. (2003): A possibility of early selection of black poplars (*Section Aigeiros* DUBY) for biomass production on the basis of anatomical and physiological properties (Serbian with English Summary). *Topola-Poplar* 171-172: 35-44.
- Orlović, S., Klačnja, B., Ivanisević, P., Galic, Z., Radosavljević, N., (2004): Selection of black poplar clones for biomass production. Second World Biomass Conference, Rome, Italy. Conference Proceedings, vol. I: 434-437.
- Parrika, M. (2004): Global biomass fuel resources. *Biomass and Bioenergy* vol. 27, 6: 613-620.
- Riddel-Black, D.M., Rowlands, C., Snelson, A. (1996): Short rotation forest productivity using sewage sludge as a nutrient. *Biomass for Energy and the Environment*, Copenhagen, Denmark. Conference Proceedings, vol. 1: 103-108.
- Scarascia-Mugnozza, G.E., Ceulemans, R., Heilman, P.H., Isebrands, J.G., Stettler, R.F., Hinckley, T.M., (1997): Production physiology and morphology of *Populus* species and their hybrids grown under short rotation. II. Biomass components and harvest index of hybrid and parental species clones. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 285–294.
- Schneider, I. (1995): Statusbericht, Praxisversuch, Energieproduktion und -verwertung. Bewirtschaftung, Ernte und Verwertung von Pappel- und Weiden-Niederwäldern in Kurzumtrieb. Freiburg: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden- Württemberg, Abteilung Arbeitswirtschaft und Forstbenutzung, 35.
- Tharakan, P.J., Volk, T.A., Abrahamson, L.P., White, E.H. (2003): Energy feedstock characteristics of willow and hybrid poplar clones at harvest age. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 25, 6: 571-580
- Zivanov, N. (1977): The characteristics of alluvial soils and their importance for growth elements of *Populus x euramericana* (Dode) Guinier. cl. I-214. Dissertation, Forestry Faculty, Belgrade.
- Zivanov, N., Ivanisevic, P. (1986): Soils for poplar and willow growing. In Monograph «Poplars and willows in Yugoslavia». p.p 103 - 120. Novi Sad

Summary

THE POSSIBILITIES OF UTILIZATION OF BIOMASS FROM SEVEN-YEAR POPLAR PLANTATION FOR ENERGY PRODUCTION

by

Klašnja Bojana, Orlović Saša, Redei Karoly, Galić Zoran, Stevanov Mirjana

The paper presents the results which are related to the biomass yield of five poplar clones in the testing phase: P. deltoides cl. B-229, P. deltoides cl. B-81, P. deltoides cl. 182/81, P. deltoides cl. PE 19/66, and Euramerican poplar P. x euramericana cl. Pannonia, in plantations of seven years, with planting space of 6x6 m (278 plants / ha) on two soil types. The energy that could be obtained by biomass combustion, on base of calorific values for the examined tree clones has been estimated. It was found that the maximum weight of biomass (annual), and thus also the energy in seven-year old SRF plantations, are obtained by the clone PE19/66 (almost 950000 GJha⁻¹ on humofluvisol). The results suggest the possibility of utilization of biomass from the plantation dedicated to the energy production in the phases when wood still can not be used as a raw material in mechanical wood processing.