KARAKTERISTIKE VLAKANACA JUVENILNOG DRVA BIJELE TOPOLE (Populus alba L.)

Antolković, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:899544

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

DRVNA TEHNOLOGIJA

JOSIP ANTOLKOVIĆ

KARAKTERISTIKE VLAKANACA JUVENILNOG DRVA BIJELE TOPOLE (*Populus alba* L.)

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2018.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

AUTOR:	Josip Antolković 30.03.1994., Zagreb 0068221392
NASLOV:	Karakteristike vlakanaca juvenilnog drva bijele topole(*Populus alba* L.)
PREDMET:	Anatomija drva
MENTOR:	prof. dr. sc. Jelena Trajković
IZRADU RADA JE POMOGAO:	dr. sc. Iva Ištok
RAD JE IZRAĐEN:	Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet Zavod za znanost o drvu
AKAD. GOD.:	2017/2018.
DATUM OBRANE:	21.09.2018.
RAD SADRŽI:	Stranica: III + 16 Slika: 1 Tablica: 2 Navoda literature:25

SAŽETAK:

Konzumacija papira u svijetu kontinuirano raste, a i velike potrebe za sirovinom u industriji pulpe. Iz tog je razloga potrebno istražiti pogodnost sirovine iz različitih izvora upravo za tu namjenu.
Cilj ovog rada bio je: odrediti Runkelov omjer juvenilnog drva pet stabala bijele topole s lokaliteta na području Osijeka; usporediti vrijednosti Runkelovog omjera juvenilnog drva bijele topole s onima drugih vrsta topola, brzorastućih i drugih vrsta drva iz literature; kao i procijeniti kvalitetu drva bijele topole uzimajući u obzir zahtjeve industrije papira i pulpe. Vrlo male razlike u Runkelovom omjeru utvrđene su između pet stabala bijele topole. Vrijednost Runkelovog omjera juvenilnog drva bijele topole znatno je manja u usporedbi s Runkelovim omjerom iz literature. Rezultati upućuju na pogodnost vlakanaca juvenilnog drva bijele topole za primjenu u industriji pulpe i papira.

	IZJAVA **O IZVORNOSTI RADA**	**OB ŠF 05 07**
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *završni rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

_____

Josip Antolković

U Zagrebu, *18.09.2018.*

SADRŽAJ

PODACI O ZAVRŠNOM RADU.....I

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA.....II

SADRŽAJ.....III

1. UVOD.....1

1.1. Juvenilno drvo.....2

1.2. Struktura drva topole.....2

2.CILJ RADA.....4

3.PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA.....5

4.MATERIJALI I METODE.....7

4.1.Materijli i istraživanja.....7

4.2.Izračun Runkelovog omjera.....8

5.REZULTATI I RASPRAVA.....9

6.ZAKLJUČAK.....12

7.LITERATURA.....13

1. UVOD

Topola dolazi iz porodice Salicaceae, a rod topola dijeli se u šest sekcija (Isebrands i Richardson, 2014, prema Eckenwalder, 1996): Abaso Ecken (meksičke topole)., Aigeiros Duby (crne topole), Leucoides Spach. (močvarne topole), Leuce Duby (jasike i bijele topole), Tacamahaca Spach. (balzamne topole) i Turanga Bunge (topole aridnih područja i tropske topole). Široko su rasprostranjene na sjevernoj polutki. Uglavnom rastu na vlažnim i svijetlim staništima. Topole su vrlo prilagodljive staništu te veoma izdržljive i otporne na klimatske uvjete pa tako mogu uspijevati na suhim staništima pa sve do hladnih i vjetrovitih staništa. Jedna od glavnih prednosti topola je brzi rast te široka mogućnost razmnožavanja. Razmnožavaju se sjemenom i vegetativno (Franjić i Škvorc, 2010). Plantažno se sade diljem svijeta, uključujući i južnu hemisferu. Procijenjeno je da se topole uzgajaju u 70 zemalja u svijetu, kako u mješovitim prirodnim sastojinama, tako i u plantažnim nasadima te kao pojedinačna stabla u krajobrazima (Ball i dr., 2005). Najveći udio topole iz uzgoja koristi se u ogrjevne svrhe i za dobivanje bioenergije. Topolu mnogi uspoređuju sa hrastovinom, zbog slične trajnosti, ali za razliku od hrastovine topola je lakša. Poznato je da su u srednjem vijeku ljudi izrađivali razne štitove i opremu od topole (Wikipedia, 2018). Uz gospodarsku vrijednost topole, koristi se za unutrašnje opremanje objekata, u proizvodnji namještaja i iverica, u proizvodnji celuloznih vlakanaca, izradu slikarskih platna. Topola ima i velik ekološki značaj, posebno je naglasak stavljen na sprečavanje porasta količine CO^2 u atmosferu te je dokazano da topola izlučuje tvari koje uništavaju štetne mikroorganizme, a koriste se i za obnavljanje krajolika, uključujući vodu i tlo, zbog čega se često sadi u parkovima.

U ovom radu obrađivat će se drvo bijele topole, kojoj se prirodni areal nalazi na području središnje i južne Europe te sjeverne Afrike, a uspješno je proširena u prirodnim uvjetima u Americi nakon njezinog dolaska u 18. stoljeću. U zemljama poput Kanade, Australije, Južne Afrike bijela topola ima status invazivne vrste (Hayson i Murphy, 2003). U Republici Hrvatskoj nalazi se uglavnom uz velike rijeke, Dunav, Savu, Dravu (Franjić i Škvorc, 2010). Rijetko dolazi u čistim sastojinama, tako da ju većinom nalazimo uz crnu topolu i vrbu.

Poznavanje strukture drva, kao i podaci o njegovim brojnim karakteristikama (poput onih drvnih vlakanaca), važni su za procjenu njegove kvalitete i pravilnu upotrebu u razne svrhe. Također, ti se podaci mogu koristiti i kao baza u programima oplemenjivanja drveća, odnosno u namjenskom uzgoju različitih vrsta klonova.

1.1. Juvenilno drvo

Juvenilno drvo topole najčešće obuhvaća prvih osam do dvadeset godova od srčike (Isebrands i Richardson, 2014). Juvenilno drvo u smjeru kambija postupno mijenja širinu godova, dimenzije stanica, građu i udio kemijskih komponenti i to sve utječe na tehnička svojstva drva i na njegovu upotrebljivost. Juvenilno drvo za razliku od zrelog ima veći kut uvijanja mikrofibrila, manju gustoću, tanje stijenke stanica drva, veće utezanje u longitudinalnom smjeru, manju čvrstoću i dr. Juvenilno drvo karakteriziraju nagle promjene u strukturi drva (Tsoumis, 1991; Kennedy, 1995). Glavne anatomske karakteristike koje se mijenjaju unutar te zone su duljina drvnih vlakanaca, promjer stanica, debljina stijenki stanica te volumni udio traheja i vlakanaca. Iz svega navedenog, zaključujemo da udio zone juvenilnog drva u usporedbi sa zrelim drvom ima jako veliki utjecaj na svojstva drva te ograničava upotrebljivost u industrijskoj namjeni.

1.2. Struktura drva topole

Drvo topole je rastresito porozno. Njegova tekstura je jednolična, godovi su slabo uočljivi, a svijetložute je boje. Slično je drvu vrbe po makroskopskim obilježjima. U volumetrijskom sastavu drva topole prevladavaju drvna vlakanca (50-65%) koja imaju mehaničku ulogu, zatim traheje (28-38%) s provodnom ulogom i parenhimske stanice (7-15%) koje pohranjuju i distribuiraju hranjive tvari (Isebrands i Richardson, 2014). Potporno tkivo topole sastavljeno je od vlakanaca koja daju krutost i fleksibilnost stabljici. Vlakanca su stanice koje imaju zadebljanu staničnu stijenku u normalnom drvu, dok ih u tenzijskom drvu karakterizira želatinasti sloj, po čemu se tenzijsko drvo i prepoznaje. Prosječna duljina vlakanaca u zrelom drvu topole je oko 1.3 mm, a promjer vlakanaca iznosi od 20

do 30 μm. U juvenilnom drvu duljina vlakanaca je kraća, prosječno iznosi od oko 0.4 do 0.6 mm tijekom prvih godina rasta i povećava se postupno kako drvo stari. Promjer traheja prosječno iznosi od 50-150 μm, a nevidljive su golim okom. Drvni traci su homocelularni, što razlikuje drvo topole od drva vrbe, iako su te dvije vrste drva makroskopski slične. Kao i traheje, ni drvni traci nisu vidljivi golim okom, a njihova gustoća je 8-13 trakova po milimetru tangentnog smjera poprečnoga presjeka.

2. CILJ RADA

Bijela topola (*Populus alba* L.) je brzorastuća vrsta listopadnog drveća i među najkarakterističnijim je vrstama topola. Drvo bijele topole dugo je vremena imalo malu tržišnu vrijednost, a i najmanje je istraživano. U današnje vrijeme njezin uzgoj dobiva sve više na značaju, a time raste i potreba za istraživanjem njezinih svojstava. Ištok (2016) je istražila anatomska svojstva juvenilnog drva bijele topole u Republici Hrvatskoj, što je i podloga ovom radu. Jedna od glavnih namjena drva topole je za proizvodnju papira i pulpe. Upravo dimenzije drvnih vlakanaca u velikoj mjeri utječu na svojstva drva važna za proizvodnju papira. Iz tih dimenzija mogu se odrediti i omjeri za procjenu kvalitete drvne sirovine, a jedan od njih je i Runkelov omjer.

Cilj ovog rada je:

- odrediti Runkelov omjer u juvenilnom drvu pet stabala bijele topole (*Populus alba* L.) s lokaliteta na području Osijeka,
- usporediti dobivene vrijednosti s vrijednostima Runkelovog omjera različitih vrsta topola i drugih vrsta drva iz literature i
- procijeniti kvalitetu drva bijele topole (*Populus alba* L.) obzirom na zahtjeve industrije papira i pulpe.

3. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

Kada govorimo o anatomskim svojstvima drva topole, naglasak je na karakteristikama drvnih vlakanaca jer se drvna vlakanca najviše istražuju. Drvna vlakanca imaju najveći volumni udio u strukturi drva topola (Tsoumis, 1968). Dimenzije drvnih vlakanaca utječu na svojstva drva za izradu papira, te su jedna od glavnih karakteristika pogodnosti neke vrste drva u proizvodnji i industriji pulpe. Karakteristike drvnih vlakanaca koje utječu na kvalitetu papira su duljina i promjer vlakanaca, promjer lumena vlakanaca, debljina stijenki vlakanaca, Runkelov omjer, koeficijent elastičnosti i dr. (Zobel i van Buijtenen, 1989). Drvna vlakanca za proizvodnju papira trebala bi biti duga, tankih stijenki i elastična (Lundqvist i Gardiner, 2011). Kvaliteta drvnih vlakanaca često se povezuje s čvrstoćom papira. Iz karakteristika drvnih vlakanaca utvrđeni su i određeni odnosi za procjenu drvne sirovine općenito (Clark, 1985).

Uz istraživanja karakteristika drvnih vlakanaca i parametara topole provedena su istraživanja i usporedbe s drugim brzorastućim vrstama drva. Tako se drvna vlakanca eukaliptusa koriste se u iste industrijske svrhe kao vlakanca drva topola. Istraživanje drva eukaliptusa (*Eucalyptus urophylla*) i kineske bijele topole iz prirodne populacije (*Populus tomentosa*) kojima su određeni Runkelovi omjeri u drvu obje vrste proveli su Yang i dr. (2006). I drugi su se autori bavili drvom eukaliptusa (Ohshima i dr., 2005; Pirralho i dr., 2014)

Xu i dr. (2006) određivali su Runkelov omjer u drvu *Populus bolleana* Lauche te ga uspoređivali s drvom topole i drvom bora iz literature. Runkelov omjer određen je i u drvu plantažno uzgojene *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit (Oluwadare i dr., 2007). Od drugih vrsta listača, primjer je drvo oraha (*Juglans regia* L.) čiji su Runkelov omjer određivali Wani i Khan (2013).

Drvna vlakanca s velikim Runkelovim omjerom daju grublji papir s manjom površinom za međusobno vezanje u usporedbi s vlakancima koja imaju mali Runkelov omjer (Ashori i Nourbakhsh, 2009). Manja vrijednost Runkelovog omjera također ukazuje na vjerojatnost da će se vlakanca lako preklapati stvarajući jake veze između njih, što dovodi do dobrih svojstava čvrstoće papira (Istikowati i dr., 2016). Iz toga proizlazi da, kada je srednja vrijednost Runkelovog omjera neke

ispitane vrste manji od 1,0, to bi sugeriralo da će vlakanca te vrste proizvoditi kvalitetan papir.

Tenzijsko drvo, koje se pojavljuje kod topola, jedan je od faktora koji utječe na promjene fizikalnih i mehaničkih svojstava te može utjecati na kvalitetu papira kao finalnog proizvoda. Također, kvaliteta papira napravljenog iz želatinoznih vlakanaca tenzijskog drva je loša (Fang i dr., 2008).

Drvna vlakanca prirodnih topola iz prirodne populacije smatraju se kvalitetnijima i boljim od plantažno uzgojenih brzorastujućih vrsta topola. Za bolju kvalitetu drva na temelju tih istraživanja drvnih vlakanaca, Runkelovog omjera i ostalih svojstava preporučuje se sječa stabla kada ono prelazi iz prve (juvenilne) faze rasta u stabilnu (zrelu) fazu rasta.

4. MATERIJALI I METODE

4.1.Materijal istraživanja

Materijal koji je korišten u ovom radu prikupljen je za prethodno istraživanje za potrebe izrade doktorske disertacije (Ištok, 2016). Lokalitet s kojeg su uzeti uzorci nalazi se na području grada Osijeka, u gospodarskoj jedinici ,,Osječke podravske šume“, koja je pod upravom Hrvatskih šuma, Šumarije Osijek. Područje tog lokaliteta je desna obala rijeke Drave. To je područje vrlo pogodno za rast topola jer je često poplavljeno kroz godinu.

Za prethodno istraživanje odabrano je pet zdravih i ravnih stabala bijele topole iz prirodne populacije (Slika 1.). Uzorci su prikupljeni u travnju 2013. godine. Iz svakog oborenog stabla na prsnoj visini uzet je kolut debljine 50mm. Na izrezanim radijalnim segmentima iz koluta odabran je 2., 4., 6., 8. i 10. god od srčike. Iz uzorka svakog goda izrađeni su histološki preparati poprečnog presjeka na kojima je izmjerena dvostruka debljina stijenke drvnih vlakanaca i promjera lumena drvnih vlakanaca. Dvostruka debljina stijenki izmjerena je na svjetlosnom mikroskopu, pod ukupnim povećanjem 960 x. Iz svakog goda izmjereno je 30 tangencijalnih dvostrukih debljina stijenki drvnih vlakanaca. Podaci o dvostrukoj debljini stijenki i promjeru lumena drvnih vlakanaca korišteni su u ovom radu za izračun Runkelovog omjera.



Slika 1. Stabla bijele topole s lokaliteta na području Osijeka. Izvor: Ištok, 2016.

4.2. Izračun Runkelovog omjera

Runkelov omjer je indeks kvalitete drvnih vlakanaca, a dobiva se omjerom dvostruke debljine stanične stijenke i promjera lumena vlakanaca (prema Ohshima i dr. ,2005) .

Vlakanca s Runkelovim omjerom manjim od 1,0 prikladna su za upotrebu pulpe (Runkel, 1949).

$$\textit{Runkelov omjer} = \frac{2w}{d}$$

Legenda:

2w - dvostruka debljina stijenki drvnih vlakanaca
d - promjer lumena vlakanaca

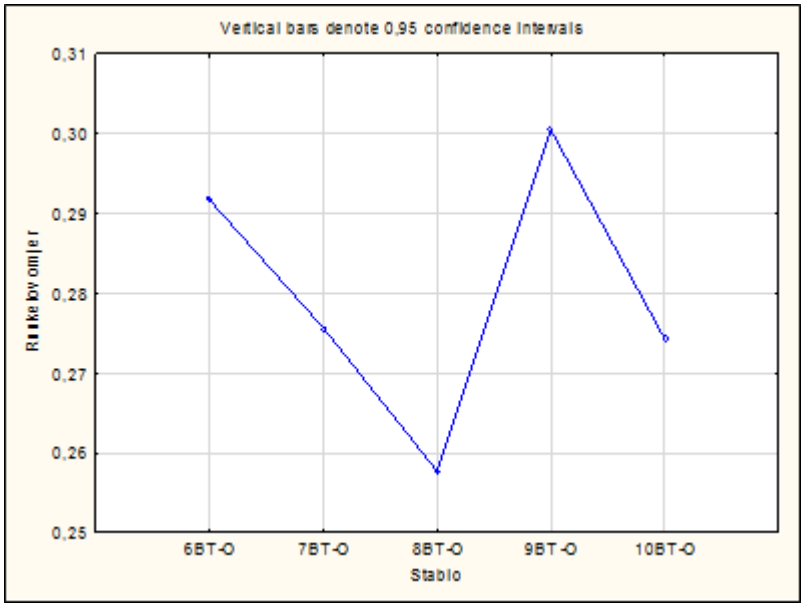
5. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati ovog rada prikazuju izračunate vrijednosti aritmetičke sredine Runkelovog omjera juvenilnog drva bijele topole iz prirodne populacije s lokaliteta na području Osijeka.

U Tablici 1. i na Slici 2. prikazane su aritmetičke sredine Runkelovog omjera za svako stablo.

Tablica 1. Aritmetičke sredine Runkelovog omjera

VRSTA	**OZNAKA STABLA**	**RUNKELOV OMJER**
Bijela topola (*Populus alba* L.)	6BT-O	0,292
	7BT-O	0,276
	8BT-O	0,258
	9BT-O	0,300
	10BT-O	0,274



Slika 2. Aritmetičke sredine Runkelovog omjera juvenilnog drva 5 stabala drva bijele topole.

Aritmetičke sredine Runkelovog omjera pojedinih stabala bijele topole u određenoj se mjeri razlikuju. Najmanji Runkelov omjer ima stablo 8BT-O i njegova aritmetička sredina iznosi 0,258, a najveći Runkelov omjer ima stablo 9BT-O s aritmetičkom sredinom 0,300.

Tablica 2. Prikaz statističkih vrijednosti Runkelovog omjera juvenilnog drva bijele topole.

Bijela topola (*Populus alba* L.)	**Runkelov omjer**
N (broj stabala)	5
MINIMALNA VRIJEDNOST	0,258
ARITMETIČKA VRIJEDNOST	0,280
MAKSIMALNA VRIJEDNOST	0,300
STANDARDNA DEVIJACIJA	0,015

Iz Tablice 2. vidljiva je mala razlika između minimalne i maksimalne vrijednosti Runkelovog omjera. Aritmetička sredina pet stabala iz kojih smo izračunali Runkelov omjer je 0,280 te standardna devijacija ili prosječno odstupanje od prosjeka u apsolutnom iznosu je 0,015.

Iz svega navedenog i prikazanog iz tablica možemo Runkelov omjer bijele topole usporediti s ostalim vrstama topola i sa sličnim vrstama drva. Vrijednost Runkelovg omjera drva *Populus bolleana* Lauche iznosi 0,66 (Xu i dr., 2006) te je dvostruko veća od Runkelovog omjera juvenilnog drva bijele topole. Još jedan primjer Runkelovog omjera drva topole je onaj istraživanja Qiua (2001) u kojem se navodi vrijednost Runkelovog omjera od 0,37, a ta je vrijednost približno jednaka onoj u juvenilnom drvu bijele topole iz ovog istraživanja. Kao primjer druge brzorastuće vrste što je *Eucalyptus camaldulensis* kojeg su istraživali Ohshima i dr. (2005) te Pirralho i dr. (2014). Prvi autori su u drvu eukaliptusa starosti 14 godina odredili nešto veći Runkelov omjer od 0,500. Drugi autori su u drvu iste vrste eukaliptusa starosti četri godine utvrdili znatno veći Runkelov omjer koji iznosi 0,790. Oshima i dr. (2005) su istraživali i *Eucalyptus globulus* te odredili

vrijednosti Runkelovog omjera od 0,540-0,670. Yahya i dr. (2010) istraživali su drvo *Acacia auriculiformis* i *Acacia mangium*starosti sedam godina. U drvu prve vrste vrijednost Runkelovog omjera iznosila je 0,550, a u drvu druge vrste 0,370.

U usporedbi s drvom oraha (*Juglans regia* L.) čije se vrijednosti Runkelovog omjera kreću od 0,60 do 1,00 (Wani i Khan, 2013) i dostižu graničnu vrijednost pogodnosti od 1,00, juvenilno drvo bijele topole ima značajno manji Runkelov omjer.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju istraživanja i dobivenih rezultata Runkelovog omjera zaključujemo da postoji mala razlika u vrijednostima između pojedinih stabala bijele topole.

Usporedbom rezultata Runkelovog omjera iz literature utvrđene su znatno manje vrijednosti u juvenilnom drvu bijele topole.

Literatura navodi da su drvna vlakanaca s Runkelovim omjerom manjim od 1,0 prikladna za izradu pulpe i u proizvodnji papira. Kao zaključak ovog rada procjenjuje se da je juvenilno drvo bijele topole pogodno za primjenu u industriji pulpe i papira, upravo zbog male vrijednosti Runkelovog omjera.

7. LITERATURA

1.Ashori A, Nourbakhsh A. (2009): Studies on Iranian cultivated paulownia: a potential source of fibrous raw material for paper industry. European Jurnal of Wood and Wood Products, 67, 323-327. Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. Tropics, 25(3), 107-115.

2.Ball, J., Carle, J., Del Lungo, A. (2005): Contribution of poplars and willows to sustainable forestry and rural development. *Unasylva* 221, 56, 3-9.

3.Clark, J. d'A. (1985): Pulp Technology and Treatment for Paper. Miller Freeman Publications, Inc., San Francisco.

4.Eckenwalder, J. E. (1996) Systematics and evolution of Populus. U: Stettler, R.F., Bradshaw, H.D., Heilman, P.E., Hinckley, T.M., eds. (1996): Biology of Populus and Its Implications for Management and Conservation. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada, 7-32. U Taylor, G. (2002): Populus: Arabidopsis for Forestry. Do We Need a Model Tree? Annals of Botany, 90, 681-689.

5.Fang, C.-H., Clair, B., Gril, J., Liu, S.-Q. (2008): Growth stresses are highly controlled by the amount of G-layer in poplar tension wood. *IAWA Journal*, 29, 237-246.

6.Franjić, J., Škvorc, Ž. (2010): Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Sveučilišni udžbenik, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 264.

7.Haysom, K. and Murphy, S. (2003): The results of invasivenes of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. FAO, Rome, Italy.

8.Isebrands, J.G., Richardson, J. (2014): Poplars and willows: trees for society and the environment, CAB International and FAO.

9.Istikowati WT, Asio H, Sunardi, Sutiya B, Ishiguri F, Ohshima J, Lizuka K, Yokota S. 2016. Wood, chemical, and pulp properties od woods from less-utilized fast-growing tree species found in naturally regenerated secondary forest in South Kalimantan, Indonesia*. Journal of Wood Chemistry and*

Technology 36: 250-258. U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. Tropics, 25(3), 107-115.

10. Ištok, I. (2016): Anatomska svojstva juvenilnog drva bijele topole (*Populus alba* L.) uz rijeku Dravu. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. Doktorska disertacija.
11. Lundqvist, S.-O., Gardiner, B. (2011): Key products of the forest-based industries and their demands on wood raw material properties. Izvor: http://www2.efi.int/files/attachments/publications/eforwood/efi_tr_71.pdf (15.09.2018)
12. Kennedy, R.W. 1995. Coniferous Wood Quality in the Future: Concerns and Strategies. *Wood Science and Technology*, 29, 321-338.
13. Oluwadare, A.O. i Sotannde, O.A. (2007): The Relationship Between Fibre Characteristics and Pulp-sheet Properties of *Leuceana leucocephala* (Lam.) De Wit. Middle-East Journal of Scientific Research, 2(2), 63-68.
14. Ohshima, J., Yokota, S., Yoshizawa, N., Ona, T. (2005): Examination of within-tree variations and heights representing whole-tree values of derived wood properties for quasi-non-destructive breeding of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus globulus* as quality pulpwood. Journal of Wood Science, 51, 102-111. U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. Tropics, 25(3), 107-115.
15. Pirralho, M., Flores, D., Sousa, V.B., Quilhó, T., Knapic, S., Pereira, H. (2014): Evaluation on paper making potential of nine *Eucalyptus* species based on wood anatomical features. Industrial Crops and Products, 54, 327-334.U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. Tropics, 25(3), 107-115.

16. Qiu, Y.G. (2001): Chemical composition and biological structure of plant fibre.U Xu, F., Zhong, X.-C., Sun, R.-C., Lu, Q., Jones, G.L. (2006): Chemical composition, fiber morphology and pulping of *P.Bolleana* Lauche. Wood and Fiber Science, 38(3), 512-519.
17. Runkel, von R. (1949): Über die Herstellung von Zellstoff aus Holz der Gattung *Eucalyptus* und Versuche mit zwei unterschiedlichen Eucalyptusarten (On the production of pulp from wood of the genus *Eucalyptus* and experiment with two different *Eucalyptus* types). Das Papier 3, 476-490. U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. Tropics, 25(3), 107-115.
18. Tsoumis, G. (1968): Wood as Raw Material: Source, Structure, Chemical composition, Growth, Degradation and Identification. Pergamon Press, Great Britain. U Gamal, H.M.S. (2007): Variation in Wood Fiber Characteristics Among Hardwood Species Growing in Low-Rainfall Woodland Savanna (Sudan). Master thesis, Faculty of Forestry, University of Khartoum.
19. Tsoumis, G. (1991): Science and technology of wood: structure, properties, utilization. Chapman & Hall, New York, 66-83.
20. Wani, B.A., Khan, A. (2013): Wood fiber variability in stems of *Juglans regia* L. from temperate climate of Kashmir Himalaya. J Indian Acad Wood Sci, 10(2), 95-102.
21. Xu, F., Zhong, X.-C., Sun, R.-C., Lu, Q., Jones, G.L. (2006): Chemical composition, fiber morphology and pulping of *P.Bolleana* Lauche. Wood and Fiber Science, 38(3), 512-519.
22. Yahya, R., Sugiyama, J., Silsia, D., Grill, J. (2010): Some anatomical features of an *Acacia* hybrid, *A. magnum and A. auriculiformis* grown in Indonesia with regard to pulp yield and paper strength. Journal of Tropical Forest Science, 22, 343-351. U Takeuchi, R., Wahyudi, I., Aiso, H., Ishiguri, F., Istikowati, W.T., Ohkubo, T., Ohshima, J., Iizuka, K., Yokota, S. (2016): Wood properties related to pulp and paper quality in two *Macaranga* species

naturally regenerated in secondary forests, Central Kalimantan, Indonesia. Tropics, 25(3), 107-115.

23. Yang, S., Lu, L. i Ni, Y. (2006): Cloned poplar as a new fibre resource for the Chinese pulp and paper industry. Pulp&Paper Canada. 107(2), 34-37.

24. Zobel, B.J., van Buijetenen, J.P. (1989): Wood variation. Its causes and control., Springer-Verlag, Berlin, Heildeberg.

25. ***** https://en.wikipedia.org/wiki/populus (14.09.2018.)