

**Vladimir Vukašinović, Dušan Gordić, Milun Babić  
 Mladen Josijević, Dubravka Živković, Davor Končalović**  
 Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac

UDC: 662.756.3.001/.004

# Procena i mapiranje potencijala čvrste biomase

## REZIME

*Biomasa kao obnovljivi izvor energije obuhvata nekoliko vrsta, kao što su drvna biomasa, ostaci ratarke proizvodnje, biorazgradivi delovi industrijskog i komunalnog otpada. Korišćenje biomase u energetske svrhe doprinosi smanjenju emisije gasova staklene baštne, smanjenju energetske zavisnosti i podsticanju ekonomskog razvoja ruralnih područja. Količine i dostupnosti biomase su različite na različitim lokacijama. Geografska rasutost lokacija na kojima je dostupna biomasa predstavlja jednu od najvećih prepreka značajnjem korišćenju biomase u energetske svrhe, pa je važno izvršiti mapiranje dostupnih količina i njihovih lokacija. Takođe, procena i mapiranje potencijala biomase predstavljaju jedan od ključnih koraka u procesu unapređenja korišćenja biomase.*

*Predloženi pristup obuhvata mapiranje potencijala čvrste biomase korišćenjem GIS tehnologija. Korišćenjem GIS-a izvršena je vizuelizacija parcela na kojima je dostupna biomasa i određivanje lokacija primarnih skladišta na kojima se dostupna biomasa može skladištiti. Na osnovu sprovedenog mapiranja, izvršeno je određivanje tehničkog potencijala čvrste biomase za korišćenje u kogeneracionim postrojenjima.*

*Predloženi pristup je primenjen na studiji slučaja u Opštini Ivanjica koja se nalazi u jugozapadnoj Srbiji i koja se karakteriše značajnom površinom koja je pod šumom i značajnim potencijalom šumske biomase. Primenom GIS tehnologija određeno je 30 lokacija primarnih skladišta na kojima se može skladištiti dostupna šumska biomasa. Ukupan godišnji energetski potencijal šumske biomase, na regionu obuhvaćenom studijom slučaja, iznosi više od 143.000,00 MWh.*

**Ključne reči:** biomasa, mapiranje, geografski informacioni sistem

## ABSTRACT

*Biomass as a renewable energy source includes several types, such as forest biomass, agricultural residues, and biodegradable parts of industrial and municipal waste. The use of biomass for energy purposes contributes to reducing greenhouse gas emissions as well as reducing energy dependence on fossil fuels and stimulating economic development of rural areas. Quantity and availability of biomass resource are different at individual locations. The geographic dispersion of biomass resources is one of the greatest obstacles to significant biomass deployment for energy purposes. Therefore, mapping the available resources and their locations is important. Also, assessment and mapping of biomass potential is one of the key steps in the process of improving the use of biomass.*

*Proposed approach includes mapping solid biomass by using GIS. Visualization of biomass harvesting areas and potential primary storage location (where the available biomass can be stored) has been determined by using GIS. Based on conducted mapping, technical potential of solid biomass for utilization in cogeneration has been also determined.*

*The proposed approach has been applied on Municipality of Ivanjica located in South-West region of Serbia. Ivanjica is characterised by both significant forest area and significant forest biomass potential. There are 30 potential primary storages locations that have been determined by GIS. Total annual energy potential of forest biomass is estimated on about 143,000.00 MWh on the region covered by the case study.*

## 1. UVOD

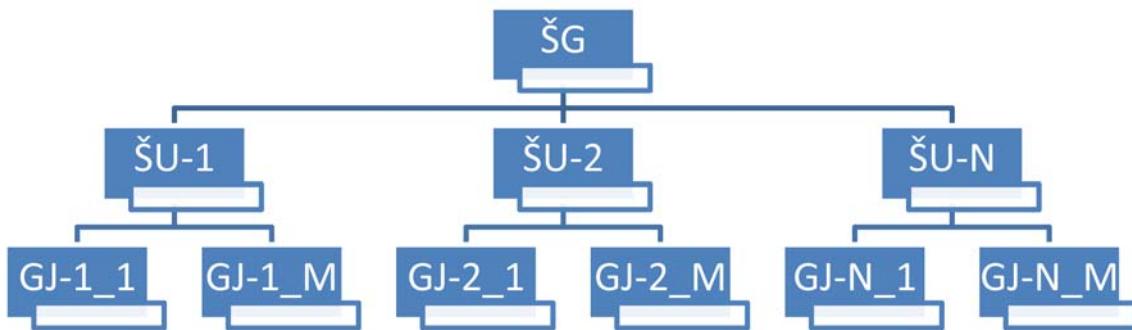
**B**iomasa je lokalni i održivi izvor energije čijom se upotrebom mogu generisati toplota i električna energija i podstićati otvaranje novih radnih mesta na nivou lokalne zajednice [1]. Biomasa predstavlja obnovljivi izvor energije (OIE) koji se najčešće koristi na isti način kao i fosilna goriva, sagorevanjem u kotlovima za zagrevanje vode ili generisanje pare. Biomasa je po svojim karakteristikama najsličnija uglju, ali za razliku od njega, pri sagorevanju emituje oko 90% manje sumpornih oksida ( $\text{SO}_x$ ). Ukoliko se koristi na održiv način ne povećava količinu  $\text{CO}_2$ , jer predstavlja  $\text{CO}_2$  neutralan energet [2]. Korišćenje biomase u energetske svrhe nosi niz prednosti (smanjenje emisije gasova staklene baštne, smanjenje energetske zavisnosti i podsticanje ekonomskog razvoja ruralnih područja) i predstavlja jedan od značajnih koraka ka postizanju održivog razvoja zajednice [3, 4]. Takođe, korišćenje biomase otvara mnoga socijalna pitanja (promene u navikama stanovništva, ekonomski razvoj zajednice, mogućnost otvaranja novih radnih mesta, itd...) [5]. U zemljama u razvoju biomasa, u najvećoj meri drvna, koristi se tradicionalno za zagravanje objekata i pripremanje hrane, ali često na neefikasan i neorganizovan način. Nepotpuno sagorevanje drvne biomase produkuje organske čestice i  $\text{CO}$ , dok sagorevanje na visokim temperaturama produkuje azotne okside ( $\text{NO}_x$ ). Producovanje polutanata pri nepotpunom i sagorevanju na visokim temperaturama predstavlja značajan problem u zemljama u razvoju [6]. Šumarstvo, u zemljama u razvoju, predstavlja jedan od glavnih izvora drvne biomase. Šumska proizvodnja najčešće je orijentisana ka proizvodnji šumskih sortimenata (trupci, oblice, cepanice) iz stabla što čini oko 65-70% ukupne drvne zapremine. Preostalih 30-35% predstavljaju šumske ostaci koji potencijalno mogu biti iskorišćeni kao biomasa [7, 8].

Srbija, kao zemlja u razvoju, poseduje značajan potencijal biomase koji se nedovoljno koristi. Potencijal biomase u Srbiji, prema procenama, iznosi oko 3,3 Mtoe (miliona tona naftnog ekvivalenta) godišnje što predstavlja oko 60% od ukupnog godišnjeg potencijala obnovljivih izvora energije. Najveće izvore biomase u Srbiji predstavljaju ostaci od poljoprivredne proizvodnje i drvna biomasa. Poljoprivredna biomasa je najzastupljenija u severnom, ravnicaškom delu Srbije, dok je drvna biomasa karakteristična za brdsko-planinske predele [9-11]. Šumovitost Republike Srbije je oko 29% i prema dostupnim zvaničnim statističkim podacima prosečno se poseće oko 1,45 miliona  $\text{m}^3$  ogrevnog drveta godišnje, pri čemu se ukupno poseće oko 2,72 miliona  $\text{m}^3$  drveta [9]. Analize koje je sproveo Vasiljević A. [13] pokazale su da Srbija poseduje neiskorišćen potencijal šumskih ostataka, koji se mogu, pored ogrevnog drveta koristiti u energetske svrhe. Oko 0,795 miliona  $\text{m}^3$  drvnih ostatata je dostupno i boljom organizacijom može se iskoristiti u energetske svrhe. Intenzivnije korišćenje drvnih ostataka zahteva-

va uspostavljanje sistema kontrole u lancu korišćenja kao i prilagođavanje sistema planiranja i upravljanja šumama.

Odnos posećene drvne zapremine i prirasta šume na godišnjem nivou u Srbiji iznosi oko 50%, što je znatno niže od zemalja sa razvijenom šumskom infrastrukturom i dobrom upravljanjem šumskim resursima, kod kojih je ovaj odnos 75%. Odavde se izvodi zaključak da bi se unapređenjem šumske infrastrukture i upravljanja šumskim resursima potencijal održivog korišćenja drveta mogao značajno uvećati [13]. Glavonjić B. [14] izvršio je analizu potrošnje ogrevnog drveta u domaćinstvima. Rezultati analize pokazuju da je 23,2% domaćinstava povezano na sistem daljinskog grejanja, 25,3% koristi električnu energiju za zagrevanje prostora, 10,6% prirodni gas i najveći deo domaćinstava (40,9%) se greje upotrebom čvrstih goriva, (37,1% domaćinstava koristi ogrevno drvo, kao samostali energet ili u kombinaciji sa nekim drugim čvrstim gorivom). Poredenjem prosečne potrošnje ogrevnog drveta sa potrošnjom u Sloveniji kao zemljom sa hladnjim zimama, prosečna potrošnja u Srbiji je 12,5% veća, što prema autoru, predstavlja jasan signal za Vladu i ostale zainteresovane strane da se preuzmu mere usmerene ka povećanju energetske efikasnosti.

U cilju unapređenja korišćenja svih formi drvne biomase, posebno one koja se tretira kao otpad, neophodno je preći na moderne tehnologije proizvodnje i korišćenja drvne biomase. Odnosno, u cilju kreiranja inicijalnih uslova za značajnije korišćenje potencijala biomase, neophodno je koristiti biomasu na energetski, ekonomski i ekološki optimalan način. Ovo zahteva detaljno planiranje i upravljanje šumskim resursima i postrojenjima za konverziju biomase [3]. Međutim korišćenje biomase često nije jednostavno i isplativo jer su izvori biomase najčešće rasuti na više lokacija, što zahteva prikupljanje i transportovanje do lokacije iskorišćenja. Upravo, troškovi snabdevanja biomasom predstavljaju jednu od najvećih prepreka [6] i stoga, geografski aspekt predstavlja jedan od glavnih faktora koji utiče na izvodljivost projekta. Zbog toga, upotreba GIS (geografski informacioni sistem) tehnologija je od velike važnosti u određivanju potencijalnih lokacija resursa, skladišta i postrojenja, kao i u definisanju trasportnih maršuta [15]. Sultana i Kumar [16] razvili su metodologiju za određivanje odgovarajuće lokacije, optimalne veličine i broja postrojenja za konverziju biomase. Predložena metodologija je bazirana na GIS radnom okruženju (uzimajući u obzir ekološka u ekonomski ograničenja) sa ciljem određivanja lokacije postrojenja za generisanje energije iz biomase. Metodologija zasnovana na GIS-u za određivanje potencijala biomase i lokacija postrojenja za proizvodnju biogasa, definisana je u [17]. Metodologija je razvijena sa ciljem da proceni potencijal za proizvodnju biomase na regionalnom nivou kao i da analizira potencijalne lokacije za proizvodnju biogasa i određivanje kapa-

**Slika 1.- Organizaciona podela JP Srbijašume****Tabela 1.- Primer prikupljenih podataka**

ŠU	GJ	Odeljenje	Odsek	Vrsta	Bruto [m <sup>3</sup> ]	Neto [m <sup>3</sup> ]	Ostaci [m <sup>3</sup> ]	Koordinate centra
Golijska reka	2201	20	A	Bukva	1071,00	910,00	161,00	20.27749 E, 43.35186 N
			A	Jela	256,00	212,00	44,00	
			A	Smrča	915,00	760,00	155,00	

citeta postrojenja, mesta sakupljanja biomase i transportna rastojanja.

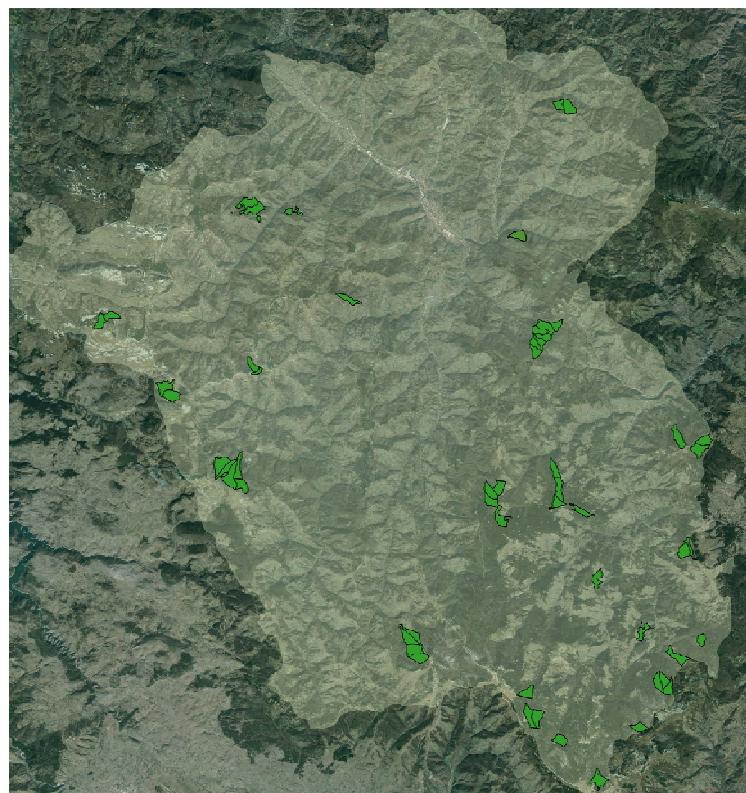
U radu će biti prikazan pristup za procenu i mapiranje potencijala šumske biomase, koji se zasniva na GIS tehnologiji i dostupnim podacima. Prikazani pristup ima za cilj da proceni količinu šumske biomase koja se može koristiti u energetske svrhe i da odredi mesta primarnih skladišta sa kojih će se biomasa u odgovarajućem obliku transportovati do postrojenja. Predloženi pristup je implementiran i testiran na studiji slučaja.

## 2. MATERIJAL I METOD

Geografska rasutost lokacija na kojima je dostupna biomasa predstavlja jednu od najvećih prepreka značajnjem korišćenju biomase u energetske svrhe, pa je važno u cilju određivanja optimalnih količina koje se mogu koristiti, izvršiti mapiranje dostupnih količina i njihovih lokacija. Podaci o korišćenju i potencijalu drvene biomase mogu se dobiti iz više izvora [18, 19], međutim za potrebe mapiranja potencijala neophodno je prikupiti i analizirati podatke koji se odnose na realizovane seče na određenoj lokaciji. U Srbiji, Javno preduzeće „Srbijašume“ upravlja šumama i kroz nadležno Šumsko gazdinstvo (ŠG), koje je prema količini resursa i teritorijalnoj raspodeli podeljeno na više Šumsih uprava (ŠU), od kojih je svaka podeljena na više Gazdinskih jedinica (GJ) odobrava, planira i evidentira svaku vrstu eksplotacije šuma, *slika 1* [18]. Podaci koji se evidentiraju odnose se na plan i realizaciju eksplotacije šumskih resursa (seča šuma). Plan i realiza-

cija plana seče obuhvataju podatke o planiranoj i realizovanoj seći (bruto i neto posećena zapremina, vrsta drveta, vrsta drvnih sortimenata) razvrstanih prema više kriterijuma koji definišu sve neophodne podatke za identifikaciju potencijala.

Svaka Gazdinska jedinica, podeljena je na veći broj odeljenja, koja predstavljaju skup sektora na kojima se vrši seča. Sektori predstavljaju parcele koje se karakterišu prema dostupnim vrstama drveta i na jednom sektoru se može nalaziti više vrsta. Primer po-

**Slika 2.- Način prikaza odeljenja na kojima se vrši seča**

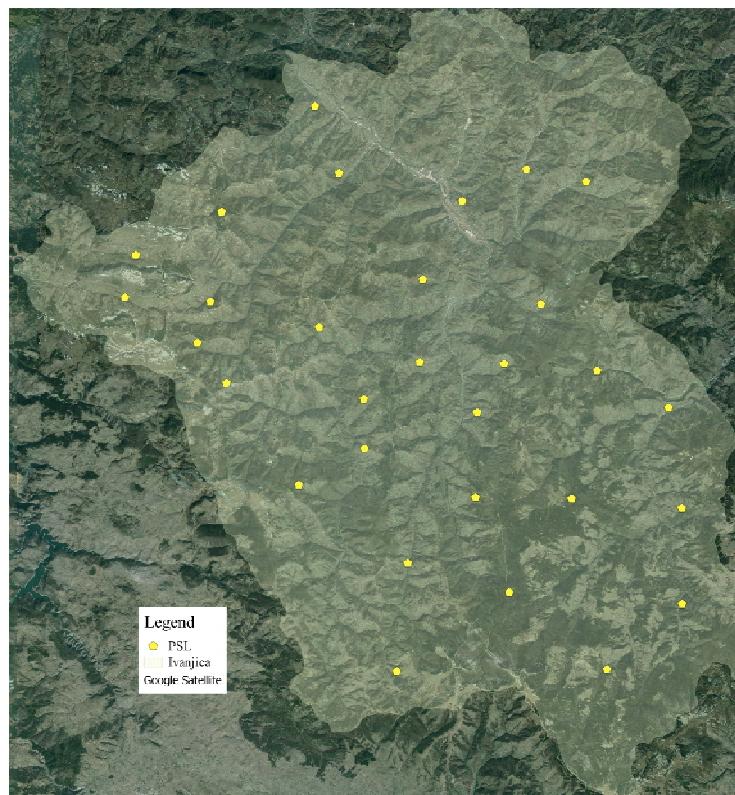
dataka koji se mogu dobiti od strane JP Srbijašume prikazan je u *tabeli 1*.

Sva Šumska gazdinstva sa pripadajućim odeljenjima i sektorima i odgovarajućim atributima mogu se prikazati pomoću GIS softvera, *slika 2*. Korišćenje GIS-a omogućava vizuelizaciju svake parcele (sektora) na kome je dostupna biomasa, zatim omogućava postavljanje potencijalnih postrojenja i primarnih skladišta i izračunavanje rastojanja između njih [20, 21].

Broj parcela na kojima se vrši eksploracija šuma može biti veliki i iz tog razloga se za lokacije resursa, odnosno lokacije primarnih skladišta sa kojih se biomason snabdevaju postrojenja, usvajaju geografski centri određenih administrativnih jedinica (grad, opština, katastarska opština, naselje...). Skladišta su često neophodna kako bi balansirala sezonske fluktuacije između zahteva postrojenja i prikupljanja, odnosno dostupnosti biomase iz šume. Na skladištima se mogu čuvati neustinja i usitnjena biomasa, kao i sprovoditi proces usitnjavanja [22]. Količina dostupnih resursa na primarnim skladištima jednaka je količinama sa gravitirajućih sektora. U cilju lakše analize, obrade i korišćenja dostupnih podataka formirana je prateća baze podataka koja se može menjati i dopunjavati novim podacima.

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Predloženi pristup primjenjen je na studiji slučaja na primeru Opštine Ivanjica koja je smeštena u jugozapadnoj Srbiji i zauzima površinu od 1090 km<sup>2</sup>. Površina pod šumom na području opštine Ivanjica je oko 55,31 km<sup>2</sup>, odnosno šumovitost područja je oko 50,74% što je više od prosečne šumovitosti Srbije, [19]. U skladu sa aktuelnim podacima Javnog preduzeća „Srbijašume“ (ŠG „Golija“) ukupna posećena drvna masa (četvorogodišnji prosek) iznosi oko 94.110 m<sup>3</sup> drvene mase od čega oko 13.460 m<sup>3</sup> predstavljaju šumske ostaci [18]. Ukupan energetski potencijal ogrevnog drveta i



**Slika 3.- Potencijalne lokacije primarnih skladišta**

šumskih ostataka koji se generišu na području opštine Ivanjice iznosi oko 143.000,00 MWh dok potencijal samo šumskih ostataka iznosi oko 33.900,00 MWh, *tabela 2*.

Na *slici 3*, prikazane se potencijalne lokacije primarnih skladišta. U skladu sa predloženom metodologijom, centri katastarskih opština usvojeni su kao potencijalne lokacije primarnih skladišta. Opština Ivanjica podeljena je na 42 katastarske opštine od kojih je 30, na osnovu teritorijalne raspodele resursa, usvojeno za potencijalne lokacije primarnih skladišta.

Količina biomase koja može biti sakupljena na određenom sektoru i skladištena na primarnom skladištu zavisi od pokrivenosti šumom i od planirane eksploracije šumskih resursa. Količina šumske biomase koja može biti prikupljena i sladištena na 30 potencijalnih lokacija primarnih skladišta, prikazana je u *tabeli 3*.

**Tabela 2.- Prosečna količina šumske biomase na godišnjem nivou (2011-2014)**

	Bruto posećeno [m <sup>3</sup> ]	Šumske ostaci [m <sup>3</sup> ]	Ogrevno drvo neto [m <sup>3</sup> ]	Ukupno biomase [t]	Donja toplotna moć [MWh/t]	Ukupan energetski potencijal [MWh]	Energetski potencijal ostataka [MWh]
Tvrdi lišćari	55.600,00	7.950,00	32.180,00	29.295,00	3,86	113.078,70	22.407,30
Meki lišćari	12.180,00	1.740,00	8.730,00	6.230,00	3,50	21.805,00	3.657,50
Četinari	26.330,00	3.765,00	0,00	1.920,00	4,09	7.852,80	7.852,80
UKUPNO	94.110,00	13.460,00	40.905,00	37.445,00		142.736,50	33.917,60

**Tabela 3.- Dostupne količine biomase na primarnim skladištima**

	[t]		[t]		[t]
lok1	380,34	lok11	168,86	lok21	910,82
lok2	240,80	lok12	436,14	lok22	1.006,05
lok3	2.512,15	lok13	3.654,07	lok23	305,90
lok4	2.838,6	lok14	287,49	lok24	3.145,63
lok5	717,78	lok15	905,20	lok25	351,47
lok6	1.050,59	lok16	2.529,11	lok26	420,68
lok7	1.621,32	lok17	1.336,29	lok27	1.771,10
lok8	1.409,61	lok18	94,41	lok28	2701,31
lok9	3.819,41	lok19	786,9	lok29	209,38
lok10	521,93	lok20	463,13	lok30	850,95

Energija iz dostupne količina biomase se može konvertovati na više načina. Proizvodnja tečnih i gasovitih biogoriva je još uvek u fazi razvoja i glavna prepreka za komercijalizaciju ovih tehnologija su visoki energetski zahtevi [23, 24]. Analizom ciljeva lokalne samouprave, trenutnih uslova i tržišno dostupnih tehnologija na području koje je obuhvaćeno studijom slučaja, kao prihvatljive tehnologije za valorizaciju biomase, odabrane su tehnologije koje se odnose na proizvodnju peleta, termoelektrane sa parnom turbinom i kogeneraciona postrojenja zasnovana na Organskom Rankinovom ciklusu. Subvencije koje daje Vlada Republike Srbije, odnose se samo na proizvodnju električne energije i trenutno iznose 0,1326 /€/kWh [25]. Cena peleta na tržištu iznosi oko 150 /€/t bez PDV-a.

Pomenute tehnologije, odnose se pre svega na konverziju energije iz šumskih ostataka. Prikazane količine ogrevnog drveta koriste se od strane lokalnog stanovništva za zagrevanje stambenog prostora i prepremu hrane. Prelazak na centralizovani sistem grijanja zahteva značajne promene u infrastrukturi, ali i navikama krajnjih korisnika.

Lokacije postrojenja za proizvodnju peleta i termoelektrana uslovljene su postojanjem neophodne saobraćajne i elektro-distributivne infrastrukture i ovde se, kao potencijalne lokacije, mogu usvojiti centri katatarskih opština, dok su kogeneraciona postrojenja uslovljena postojenjem toplotnog konzuma i usvajaju se na osnovu energetskih bilansa. Dostupna količina šumskih ostataka, na području obuhvaćenom studijom slučaja, dovoljna je za izgradnju jednog postrojenja za proizvodnju peleta kapaciteta 1 t/h. Ukoliko bi se dostupna količina šumskih ostataka koristila za generisanje električne energije u termoelektrani, na godišnjem nivou bi se moglo dobiti oko 11.850 MWh električne energije.

## 4. ZAKLJUČAK

Biomasa je lokalni i održivi izvor energije čijom se upotrebom može postići održivi ekonomski razvoj lokalnih zajednica. Kako bi upotreba biomase u energetske svrhe bila pre svega ekonomski opravданa potrebno je angažovanje tehnologija i alata koji će omogućiti da se biomasa koristi na optimalan način. Kako bi se odredila optimalna količina biomase koja se može opravdano koristiti u energetske svrhe razvijen je pristup koji omogućava mapiranje potencijala, odnosno vizuelizaciju lokacija sa kojih se može prikupiti određena količina biomase. Pristup omogućava određivanje lokacija primarnih skladišta na kojima se može skladištiti biomasa sa gravitirajućih sektora.

Mapiranje lokacija na kojima je dostupna biomasa korišćenjem GIS tehnologija omogućava detaljno planiranje iskorišćenja dostupnih resursa, odnosno omogućava optimizaciju lanca snabdevanja i time minimizaciju troškova transporta koji mogu činiti i do 50% ukupnih troškova.

Planiranje i donošenje ispravnih odluka vezanih za svabdevanje biomasom može poboljšati ekonomske parametre jer su izvori biomase najčešće rasuti na više lokacija. Upravo, troškovi snabdevanja biomasom predstavljaju jednu od najvećih prepreka i mogu u nekim slučajevima dostizati i do 50% od ukupnih troškova snabdevanja biomasom i stoga, geografski aspekt predstavlja jedan od glavnih faktora koji utiče na izvodljivost projekta. Zbog toga, upotreba GIS tehnologija je od velike važnosti u određivanju potencijalnih lokacija resursa, skladišta i postrojenja, kao i u planiranju lanca snabdevanja.

## 5. Napomena

Rad je nastao kao rezultat istraživanja na projektu III42013 finasiranom od strane Ministarstva nauke, prosvete i tehnološkog razvoja.

## 6. LITERATURA

- [1] Shabani N, Sowlati T, Ouhimmou, Rönnqvist M. Tactical supply chain planning for a forest biomass power plant under supply uncertainty. Energy. 2014; 78: 346-355.
- [2] Gavrilescu M. Biomass power for energy and sustainable development. Environmental Engineering and Management Journal. 2008. 7(5), 27-42.
- [3] Shabani N, Sowlati T. A mixed integer non-linear programming model for tactical value chain optimization of a wood biomass power plant. Applied Energy. 2013; 104: 353-361
- [4] Sartor K, Quoilin S, Dewallef. Simulation and optimization of a CHP biomass plant an district heating network. Applied Energy. 2014; 130: 474-483

- [5] Ba HB, Prins C, Prodhon C. Models for optimization and performance evaluation of biomass supply chains: An Operations Research perspective. *Renewable Energy*. 2016; 87: 977-989
- [6] Demirbaş A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion & Management*. 2001; 42: 1357-1378
- [7] Ghaffariyan M.R., Acuna M, Brown M. Analysing the effect of five operational factors on forest residual supply chain costs: A case study in Western Australia. *Biomass & Bioenergy*. 2013; 59: 486-493
- [8] Karjalainen T, Asikainen A, Ilasky J, Zamboni R, Hotari KE, Röser D. Estimation of energy woood potential in Europe. Helsinki, Finland: Working Papers of Finnish Forest Research Institute; 2004. p 43. no 6.
- [9] Vukašinović V, Gordić D, Despotović M, Babić M. Stanje i potencijal biomase kao obnovljivog izvora energije u zemljama Zapadnog Balkana. *Energija, ekonomija, ekologija*. 2012; 14(5): 46-55.
- [10] Mihajlov A. Opportunities and challenges for a sustainable energy policy in SE Evropa: SE Evroapaan Energy Community Treaty. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010; 14: 872-75.
- [11] Ilić M., Grubor B., Tešić M., (2004), The state of biomass energy in Serbia, *Thermal Science* 8(2), 5-19.
- [12] Vasiljević A, Potentials for forest woody biomass production in Serbia. *Thermal Science*. 2015; 19(2): 397-410.
- [13] Đerčan B, Lukić T, Bubalo-Živković M, Đurđev B, Stojasavljević R, Pantelić M. Possibility of efficient utilization of wood waste as a renewable energy resource in Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012; 16: 1516-1527.
- [14] Glavonić DB. Consumption of wood fuels in households in Serbia - Present state and possible contribution to the climate change mitigation. *Thermal Science*. 2011; 15(3): 571-585.
- [15] Calvert K. Geomatic and bioenergy feasibility assessment: taking stock and looking forward. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011; 15(2): 1117-1124
- [16] Sultana A, Kumar A. Optimal siting and size of bioenergy facilities using geographic information system. *Applied Energy*. 2012; 94(0): 192-201
- [17] Höhn J, Lehtonen E, Rasi S, Rintala J. A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland. *Applied Energy*. 2014; 113: 1-10
- [18] Javno preduzeće za upravljanje šumama Republike Srbije "Srbijašume". <http://www.srbijasume.rs/indexe.html> [pristupljeno 17.01.2016.]
- [19] Republički geodetski zavod Republike Srbije. Nacionalna infrastruktura geoprostornih podataka (NIGP], <http://www.geosrbija.rs/rga/default.aspx?gui=1&lang=1> [pristupljeno 18.01.2016.]
- [20] Frombo F, Miniciardi R, Robba M, Rosso F, Sacile R. Planning woody biomass logistics for energy production: A strategic decision model. *Biomass & Bioenergy*. 2009; 33: 372-383
- [21] Bojić S, Đatkov Đ, Brceanov D, Georgijević M, Martinov M. Location allocation of solid biomass power plants: Case study of Vojvodina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013; 26: 769-775
- [22] Gronalt M, Rauch P. Designing a regional forest fuel supply network. *Biomass & Bioenergy*. 2009; 33: 393-402
- [23] Alfonso D, Perpiñá C, Pérez-Navarro A, Peñalvo E, Vargas C, Cárdenas R. Methodology for optimization of distributed biomass resources evaluation, management and final energy use. *Biomass and Bioenergy* 2009; 33(8):1070–9
- [24] Zhu JY, Pan XJ. Woody biomass pretreatment for cellulosic ethanol production: technology and energy consumption evaluation. *Bioresource Technology* 2010;101(13):4992–5002.
- [25] Vlada Republike Srbije, Uredba o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije ("Službeni glasnik RS", br. 8/2013)