

# Biomasa kao zamjena za fosilna goriva u sistemima daljinskog grijanja

Vinko Babić<sup>1</sup>, Zdravko Milovanović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, Republika Srpska  
vinko.babic@mf.unibl.org, zdravko.milovanovic@mf.unibl.org

**Sažetak** — Industrijski razvoj i porast broja stanovnika doveli su do značajnog povećanja potražnje primarne energije. Energetske transformacije dovode do zagađivanja okoline i utiču na klimu. Ovo je posebno naglašeno kod upotrebe fosilnih goriva (ugalj, nafta i gas). U cilju rješavanja ovog problema neophodno je smanjiti potrošnju primarne energije što se može postići povećanjem efikasnosti i korišćenjem obnovljivih izvora energije (OIE). Značajna količina energije se koristi u proizvodnji toplotne i rashladne energije, a realizuje se jednim dijelom sistemima daljinskog grijanja koji se sve više koriste. Zbog toga se nameće neophodnost zamjene fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije. Biomasa čini 80 % ukupne proizvodnje energije iz OIE. U ovom radu su analizirane karakteristike drvene biomase kao najčešće korišćenog goriva za supstituciju fosilnih goriva, njeno sagorijevanje i uticaj na okolinu. Posebna pažnja se posvećuje kriterijumu održivosti biomase i njenoj eksploataciji. Zamjena (djelimična) tečnog goriva drvnom biomasom prikazana je i analizirana na izvedenom postrojenju daljinskog grijanja Banjaluke. Ovo postrojenje je u funkciji nekoliko godina. U zaključku se ukazuje na pozitivne i negativne strane upotrebe drvene biomase, kao i određene rizike po okolinu.

**Ključne riječi** — biomasa; održivost; sagorijevanje; zagađivanje okoline.

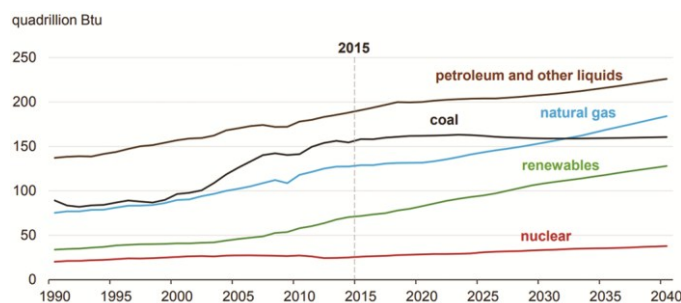
## I. UVOD

Jedan od bitnih faktora opstanka i razvoja savremenog društva, u obliku u kojem ono danas postoji, je raspoloživost energije. Intenzivan globalni razvoj, kakav do sada nije zabilježen, neminovno prati porast potrošnje energije i problemi cijena i sigurnosti snabdijevanja energijom.

Broj stanovnika na Zemlji se značajno povećava, tako npr. u XX vijeku broj stanovnika se povećao 3,6 puta (sa 1,6 na 6,0 milijardi stanovnika) [1], a taj trend se i dalje nastavlja. U razvijenim zemljama u ovom periodu je potražnja za finalnom energijom porasla više od 30 puta [2]. Ako se uzme u obzir i činjenica da su najveće stope ekonomskog razvoja u zemljama sa najvećim porastom broja stanovnika, onda je realno da će potražnja za energijom nastaviti da raste i u budućnosti. Prognoza Međunarodne agencije za energetiku, Sl. 1. pokazuje da će potrebe za primarnom energijom značajno porasti do 2040. godine [3]. Pored povećanog učešća fosilnih goriva (ugalj, nafta, gas) u primarnoj energiji, značajan je i porast učešća OIE.

Sagorijevanjem fosilnih goriva oslobađa se niz štetnih materija koje negativno utiču na okolinu, a posebno su

značajne čvrste čestice, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> i NO<sub>x</sub>. Sa povećanjem potrošnje fosilnih goriva povećava se i njihova količina, odnosno negativan uticaj na okolinu. Posebno se ističe uticaj troatomskih gasova kao uzročnika efekta staklene bašte (*Greenhouse gas* - GHG), koji za posljedicu ima porast temperature na Zemlji, što dovodi do klimatskih promjena. Zbog toga se normativnim mjerama ograničava njihova emisija, što dovodi do povećanja cijene energije iz fosilnih izvora.



Sl. 1. Potrošnja energije u svijetu po izvorima energije [3]

Na međunarodnom planu ulažu se značajni naponi kako bi se koncentracija GHG stabilizovala na nivou od 450 ppm i na taj način zagrijavanje svelo na +2 °C u odnosu na početak XX vijeka. Osnovni principi smanjenja definisani su Okvirnom konvencijom UN o klimatskim promjenama od 1992. god. [4].

Direktiva EU 2009/28/EC o korišćenju obnovljivih izvora energije [5], definiše obavezu korišćenja OIE između ostalog i u proizvodnji električne i toplotne energije. Značajne količine toplotne energije se koriste za grijanje prostorija i zagrijavanje tople sanitarne vode. Dio ove toplotne energije se realizuje kroz sisteme daljinskog grijanja, koji se sve više koriste u urbanim sredinama.

Učešće OIE u proizvodnji toplotne i rashladne energije u EU u 2020. godini je planirano na nivou od 21,30 % od ukupne proizvodnje energije za ove svrhe, a ostatak iz fosilnih goriva. Učešće u proizvedenoj energiji iz OIE najvećim dijelom otpada na biomasu sa učešćem od 80,80 %, a slijede toplotne pumpe sa 7,50 %, geotermalni izvori sa 6,10 % i solarna energija sa 5,60 % [6]. Iz ovog pregleda se jasno vidi, kada se govori o korišćenju OIE za sisteme daljinskog grijanja da to najčešće podrazumijeva korišćenje biomase, mada ne treba zanemariti ni ostale obnovljive izvore.

Biomasa kao obnovljivi oblik energije karakteriše pristupačnost, pouzdanost i ekološka prihvatljivost pod određenim uslovima. Uslovi ekološke prihvatljivosti se odnose kako na pribavljanje tako i na sagorijevanje [7].

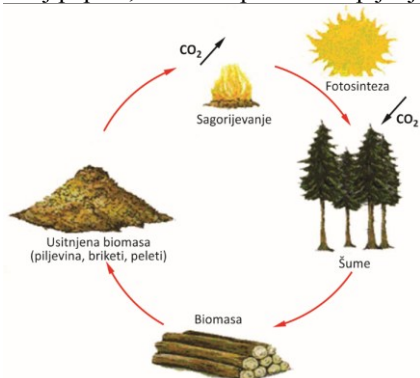
## II. KARAKTERISTIKE BIOMASE KAO GORIVA ZA SISTEME DALJINSKOG GRIJANJA

Biomasa predstavlja po ugljen-dioksidu neutralno gorivo. Njenim sagorijevanjem oslobađa se ugljen-dioksid koji se apsorbira u periodu rasta biljke, Sl. 2. Kriterijum održivosti u ovom slučaju podrazumijeva da korišćenje biomase mora biti uvijek manje ili jednako prirastu biomase, kako bi se održao negativan ili neutralan bilans ugljen-dioksida tokom životnog ciklusa biomase kao goriva [7]. Strogo pridržavanje kriterijuma održivosti pri korišćenju biomase je neophodno, jer svako značajnije odstupanje može imati katastrofalne posljedice po eko sistem. Kada se procjenjuje smanjenje emisije GHG korišćenjem biomase, potrebno je razmatrati cjelokupan proces eksploatacije od proizvodnje, prikupljanja do sagorijevanja.

Prema porijeklu biomasa se može klasifikovati na: drvenu masu, ostatke i otpad poljoprivredne i životinjske proizvodnje, te organske ostatke i otpad iz komunalne i industrijske djelatnosti [8].

Za korišćenje ostataka poljoprivredne proizvodnje u sistemima daljinskog grijanja postoji više ograničenja u eksploataciji: sezonski karakter, način prikupljanja, transport, skladištenje, način pripremanja za sagorijevanje, ponašanje mineralnih materija pri sagorijevanju, zbog očuvanja plodnosti zemljišta potrebno je trećinu ovog ostatka zaorati. Zbog ovako složene eksploatacije, korišćenje ove vrste biomase u sistemima daljinskog grijanja je sporadičnog karaktera. Upotreba biomase kao goriva u sistemima daljinskog grijanja, uglavnom se ograničava na korišćenje drvene biomase.

Drvena biomasa se razlikuje od ostalih vrsta goriva, jer je kvalitet značajno promjenljiv, a zavisi od vrste drveta i godišnjeg doba. Kao bitne karakteristike drvene biomase treba izdvojiti: vlažnost, toplotnu moć, nasipnu gustinu, granulaciju, sastav i sadržaj pepela, kao i temperaturu topljenja pepela.



Sl. 2. Neutralan bilans ugljen-dioksida u životnom ciklusu biljke

Toplotna moć drveta je nešto veća kod četinara nego lišćara, zbog većeg sadržaja lignina i smole, koje karakteriše manji sadržaj kiseonika. Donja toplotna moć zavisi od sadržaja vlage. U drvenoj biomasi sadržaj vlage zavisi od transporta, skladištenja i vrste drvene biomase (sječka, piljevina, kora, bruševina, cjepanice, briket, pelet). U sirovom drvetu sadržaj vlage iznosi oko 50% i varira naviše ili naniže za oko 10% zavisno od doba godine i vrste drveta. Ako se radi o otpadnom drvetu iz procesa proizvodnje, onda se može uzeti da vlažnost varira od 2% kod praha od brušenja u drvoprerađivačkoj industriji do oko 40% kod piljevine u pilanama. Visok sadržaj vlage izaziva pogonske probleme pri paljenju, a ako se radi o drvenoj sječci i pri transportu.

Drvena biomasa se uglavnom sastoji od celuloze (45-55 mass.%), hemiceluloza (12-20 mass.%) i lignina (20-30 mass.%), a sadrži još i smole, tanin, masti, proteine i mineralne materije. Sadržaj hlora u drvenoj biomasi je oko 0,01 dry mass.%, što je znatno manje od kukuruznih ostataka (0,63) ili pšenične slame (0,477). Hlor koji se nalazi u biomasi u kotlu pravi hlornu koroziju, pa je neophodan oprez pri sagorijevanju drvene biomase [9].

Sastav lignina i njegova količina su različiti u lišćarskom i četinarskom drvetu. Lignin daje drvetu potrebnu čvrstinu, a celulozi odrvenjen karakter. Pri termičkoj razgradnji lignina dobija za 50 % više koksnog ostatka i dva puta više smole nego kod celuloze. Lignin ima veću toplotnu moć od celuloze i hemiceluloze.

Od sastava zemljišta na kome raste drvo zavisi sastav mineralnih materija koje drvo uzima iz zemljišta zajedno sa vodom. Zbog toga se u dosta širokim granicama mijenjaju količina i sastav pepela, a zavise od dijela drveta od kojeg je uzet uzorak, starosti i godišnjeg doba sječe drveta. Glavni sastojci mineralnih materija su kalcijum, kalijum, magnezijum, natrijum i aluminijum, a vezani su u obliku karbonata, fosfata, silikata i sulfata. Mogu se naći u tragovima i neki drugi metali.

Rezultati istraživanja sadržaja i sastava pepela kod najčešće korišćenih vrsta drveta na našim prostorima [10] ukazuju na moguće dvije dosta različite grupe vrsta drveta. U prvu grupu možemo svrstati hrast i bukvu sa sadržajem pepela od 0,51-0,55 %, a u drugu grupu sa sadržajem pepela od oko 0,26 % brezu, bor i ariš. Pepeo navedenih vrsta drveta je najbogatiji kalcijumom, koji preračunat na CaO čini oko polovine do tri četvrtine od ukupne količine pepela ili tačnije kod prve grupe 55-70 %, a kod druge grupe 30-50 % ukupne količine pepela. Sadržaj kalijuma se kreće oko 10 – 15 %, natrijuma oko 3-5 %, a magnezijuma oko 10 %. Ostatak od ukupno 1-2% čine željezo, aluminijum, silicijum i još neki elementi u tragovima. Natrijumovi i kalijumovi oksidi su karakteristični po tome što pepeo čine topivim na nižoj temperaturi, što može predstavljati smetnje u eksploataciji (zašljakivanje ložišta). Ovaj problem je posebno izražen kod sagorijevanja ostataka poljoprivrednih kultura.

Sagorijevanje značajnijih količina drvene biomase može imati negativan uticaj na životnu okolinu, pa o ovome treba voditi računa, posebno kada se sagorijevanje vrši u urbanim sredinama.

### III. SAGORIJEVANJE DRVENE BIOMASE

U sistemima daljinskog grijanja drvena biomasa se skoro isključivo koristi u obliku drvene sječke, koja se kao gorivo dosta razlikuje od uglja. Sječka sadrži više isparljivih materija, manje ugljenika i više kiseonika u odnosu na ugalj. Proces izdvajanja volatila počinje na nižim temperaturama nego kod uglja, a njihov doprinos toplotnoj moći iznosi oko 70%, dok je kod uglja oko 36 % [11]. Ove karakteristike bitno utiču na sagorijevanje drvene sječke kao veoma reaktivnog goriva. Zbog navedenih razlika u odnosu na ugalj, kod izbora tehnologije sagorijevanja i konstrukcije uređaja za sagorijevanje drvene sječke, neophodan je studiozan pristup sa uzimanjem u obzir svih navedenih činjenica.

Sagorijevanje drvena biomasa za potrebe kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije, odnosno daljinskog grijanja se vrši u većim ložištima, a često i zajedno sa fosilnim gorivima, tzv. kosagorijevanje. Tehnologije koje se koriste za sagorijevanje biomase su: sagorijevanje u sloju na rešetci, sagorijevanje u letu, sagorijevanje u fluidizovanom sloju i kao gas poslije gasifikacije. Principijelno, sagorijevanje drvene biomase sastoji se uslovno iz četiri faze: (1) zagrijavanje goriva i isparavanje vlage; (2) devolatizacija/gasifikacija, zagrijavanjem na temperaturu od 300 °C drvena materija se razlaže na volatile (oko 85 % drvene materije) i čvrsti ostatak; (3) sagorijevanje volatila, od ukupnog energetskog potencijala drvene biomase na ovaj vid otpada 50-60 %; (4) sagorijevanje preostale čvrste mase goriva.

Na temperaturu paljenja drveta utiču: granulacija, vrsta drveta, brzina sagorijevanja i oslobađanje volatila. Zbog toga se temperatura paljenja kreće u dosta širokom intervalu, od vrlo niske koja iznosi 120-250 °C, niske 270-280 °C do vrlo visoke 475-575 °C.

Na proces sagorijevanja, osim karakteristika biomase utiče: temperatura sagorijevanja, vrijeme zadržavanja goriva u ložištu i vazduh za sagorijevanje (količina, raspodjela, temperatura i brzina strujanja).

Kod sagorijevanja drvene sječke sa visokim sadržajem vlage, sušenjem se postiže potrebna temperatura sagorijevanja i obezbjeđuje potrebno vrijeme boravka goriva u ložištu, kao preuslovi za potpuno sagorijevanje. Visok sadržaj vlage u gorivu izaziva i pogonske probleme sa paljenjem goriva.

Potreban vazduh za sagorijevanje drvene biomase kod savremenih ložišta se dovodi kao primarni i sekundarni, tj. dvostepeno. Primarni vazduh služi za gasifikaciju drvene biomase, a sekundarni za sagorijevanje volatila. Na ovaj način se obezbjeđuju preuslovi za potpuno sagorijevanje i smanjenje rizika od emisija koje su povezane sa nepotpunosti sagorijevanja.

Celuloza na temperaturi 120 °C postaje termički nestabilna, a termička destrukcija nastupa iznad 240 °C kada dolazi do izmjene njenog elementarnog sastava. Na temperaturi iznad 275 °C termička degradacija dovodi do intenzivnog i potpunog raspada. Pri tome se oslobađa toplota uz nastajanje gasova i tečnih produkata sagorijevanja. Piroliza celuloze se potpuno završava na temperaturi iznad 450 °C, uz nastanak produkata kao što su: drveni ugalj, destilat vode, smole, krezol, fenoli i drugi sastojci.

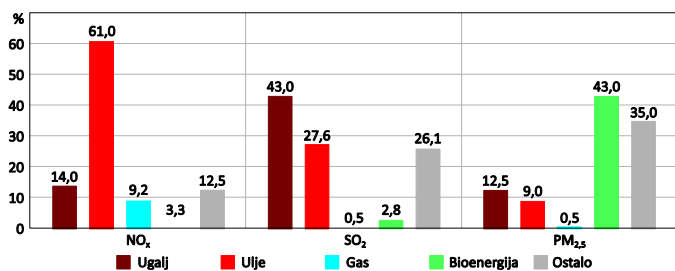
Potpunost sagorijevanja zavisi od toga koliko je proces sagorijevanja blizu stehiometrijskog. Na potpunost procesa sagorijevanja drvene biomase u ložištu direktan uticaj ima mehanizam prenosa toplote i gubici toplote koji neminovno nastaju. Treba istaći da toplotno opterećenje ložišta i ložišnih uređaja niže od nominalnog, utiče na potpunost sagorijevanja, odnosno na emisije zagađujućih materija u gasovitim produktima sagorijevanja.

Nepotpuno sagorijevanje drvene biomase može nastati iz više razloga, a glavni uzroci nepotpunog sagorijevanja su: slabo miješanje goriva i vazduha, lokalni nedostatak kiseonika na mjestu sagorijevanja, niska temperatura sagorijevanja u ložištu ili nedovoljno vrijeme boravka goriva u ložištu. Navedeni parametri imaju visok stepen međuzavisnosti, što ukazuje da se njihova optimizacija može izvršiti samo dobrom organizacijom procesa sagorijevanja i na taj način smanjiti emisije koje su rezultat nepotpunosti sagorijevanja. Glavni nosioci dobre organizacije sagorijevanja su projektanti ložišta i ložišnih uređaja, zatim montažeri i pogonsko osoblje u procesu eksploatacije. Od stručnosti i obučenosti osoblja koje rukuje i održava ove uređaje znatno zavisi potpunost sagorijevanja, odnosno emisije zagađujućih materija koje su rezultat nepotpunosti sagorijevanja.

### IV. EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJAMA

Pri sagorijevanju različitih goriva dolazi do zagađivanja vazduha emisijama različitih zagađujućih materija. Ove emisije zavise od vrste goriva, načina sagorijevanja i načina prečišćavanja gasovitih produkata sagorijevanja. Pri sagorijevanju pojedinih goriva (ugalj, tečna goriva, gas i biogoriva) intenzitet uticaja na okolinu: sumpornih oksida, azotnih oksida i čestica, je različit i prikazan je na Sl.3.

Može se zaključiti sa Sl. 3. da najveći uticaj na okolinu, pri sagorijevanju biomase u odnosu na druga goriva, imaju fine čestice manje od 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>). Ove čestice sadrže: leteći pepo, čađ, soli i kondenzovane teške ugljovodonike. Utiču na formiranje aerosola i doprinose povećanju koncentracije teških metala u istaloženim aerosolama. Ove fine čestice utiču na rad respiratornih organa kod ljudi, a često imaju i kancerogeni efekt. Pri sagorijevanju drvene biomase emisije zagađujućih materija zavise od tehnologije sagorijevanja, konstrukcije uređaja za sagorijevanje i organizacije procesa sagorijevanja u ložištu. Način generisanja aerosola i letećeg pepela pri sagorijevanju biomase u sloju prikazan je na Sl. 4.



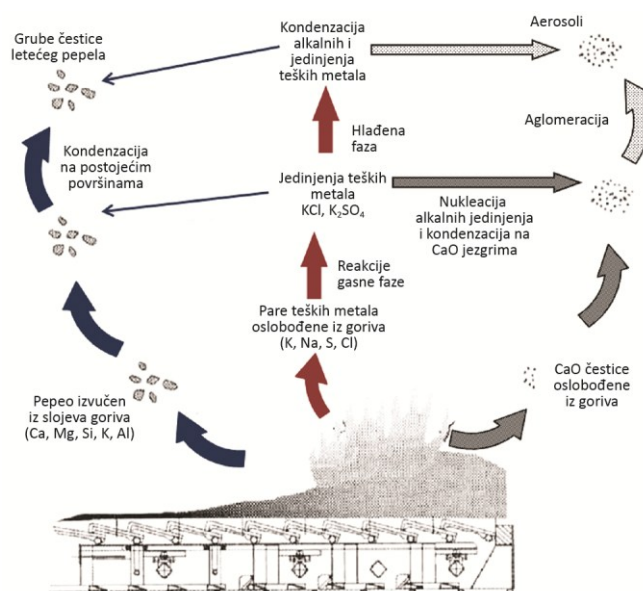
Sl. 3. Zavisnost emisije NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> i PM<sub>2,5</sub> od vrste goriva [12]

Emisije zagađujućih materija nastaju nepotpunim, ali i potpunim sagorijevanjem. Ako je sagorijevanje potpuno treba očekivati emisije: ugljen-dioksida, sumpornih oksida, azotnih oksida, azot suboksida, teških metala, dioksina, furana i čestica. Kod nepotpunog sagorijevanja nastaju još i emisije: ugljen monoksida, volatilskih organskih jedinjenja (VOCs), posebno opasnih policikličnih aromatskih ugljovodonika (PAHs) i čestica [9].

Do zaključka da pri sagorijevanju drvene biomase najveći problem predstavljaju emisije ugljen monoksida i finih čestica, se dolazi sagledavanjem svih navedenih emisija, načina njihovog nastanka i posljedica. Ugljen monoksid se uzima kao reprezentant nepotpunosti sagorijevanja i prisustva ostalih emisija zagađivača koji nastaju nepotpunim sagorijevanjem, a čije mjerenje u realnim pogonskim uslovima se može teško vršiti. Iz naprijed navedenog se može zaključiti da ove emisije nastaju zbog nedovoljno visoke temperature sagorijevanja u ložištu, lokalno niske koncentracije kiseonika na mjestu sagorijevanja ili kraćeg vremena boravka goriva u zoni sagorijevanja od potrebnog. Mjere za smanjenje ovih emisija mogu biti primarne i sekundarne.

Primarne mjere obuhvataju aktivnosti čiji je cilj da se izbjegn timeri navedeni uzroci nepotpunog sagorijevanja. One podrazumijevaju: smanjenje vlažnosti goriva sušenjem, pripremu goriva odgovarajuće granulacije, pravilno organizovanje procesa sagorijevanja, mjere kontrole i nadzora.

Sekundarne mjere se odnose na odstranjivanje čestica iz dimnih gasova prije dimnjaka, koje nastaju pri potpunom i nepotpunom sagorijevanju. Ove mjere obuhvataju ugradnju multiciklona za odstranjivanje najgrubljih čestica, a iza njih elektrostatičkog i/ili vrećastog filtera. Vrećasti filteri su efikasniji za odstranjivanje manjih čestica, mada se mogu odstraniti i elektrostatičkim filterom, ali uz enormno visoka ulaganja. Ove mjere su finansijski opravdane kod kotlova velikih i srednjih snaga, kao i mjere za regulisanje, kontrolu i nadzor procesa sagorijevanja koje su isto tako bitne za emisije zagađujućih materija. Zato su kotlovi manjih snaga i peći za domaćinstva poseban problem, koji se može donekle ublažiti prelaskom na sisteme daljinskog grijanja, gdje god za to postoje realni uslovi.



Sl. 4. Generisanje aerosola i letećeg pepela pri sagorijevanju biomase [13]

U cilju boljeg razumijevanja ovog problema, navešće se primjer grada Banja Luka, gdje je izvršena djelimična supstitucija mazuta drvenom sječkom. Ovaj proces se i dalje nastavlja. Do sada je izvršena supstitucija oko 4500 tona mazuta godišnje, od oko 22 hiljade tona koliko je bilo potrebno za prosječnu grejnu sezonu. Izgrađena su tri tropromajna vrelovodna kotla ukupne snage 16 MW (1 × 4 MW и 2 × 6 MW). U ložištima ovih kotlova sagorijeva drvena sječka granulacije 50-80 mm u sloju na stepenastoj mehaničkoj rešetci sa oscilatornim kretanjem svakog drugog reda rešetnica. Predviđena je vlažnost drvene sječke 20-50 %, a ostvaruje se 35-50 %. Vazduh potreban za sagorijevanje se dovodi kao primarni zonski ispod rešetke i kao sekundarni u ložište. Ostvaren je visok stepen automatizacije i nadzora procesa sagorijevanja, čime su postavljene pretpostavke visokog stepena potpunosti sagorijevanja. Odstranjivanje čestica je ostvareno ugradnjom multiciklona i elektrostatičkog otprašivača (filtera). Ovom supstitucijom postignut je značajan finansijski efekt, koji zavisi od cijena energenata na tržištu.

Kako se i očekivalo, emisije zagađujućih materija ovom supstitucijom su višestruko smanjene i nalaze se u dozvoljenim granicama za ovakva postrojenja. Izmjerene emisije CO su u granicama 12,9-98 mg/Nm<sup>3</sup> (dozvoljeno 150 mg/Nm<sup>3</sup>), što je pokazatelj visokog stepena potpunosti sagorijevanja. U Tabeli 1. su date izmjerene emisije ugljen monoksida, čestica, sumpornih i azotnih oksida. Posebno su interesantni podaci o izmjerenim česticama, koji su iznosili za tri različita kotla na drvenu sječku: 6,80; 9,60 i 12,0 mg/Nm<sup>3</sup> u odnosu na 20,0 mg/Nm<sup>3</sup> koliko je dozvoljeno. Prema očekivanju, izmjerena emisije sumpornih oksida je 1,3-2,3 mg/Nm<sup>3</sup> što je u odnosu na izmjerenu emisiju na kotlu snage 58 MW loženim mazutom od 1670 mg/Nm<sup>3</sup>, zanemarivo. Slična situacija je sa azotnim oksidima. Izmjerene su emisije na tri različita kotla na drvenu sječku od: 157; 167 i 176

mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> kao NO<sub>2</sub>, dok je na kotlu na mazut snage 58 MW loženom mazutom izmjereno 450 mg/Nm<sup>3</sup> NO<sub>x</sub>.

TABELA 1. IZMJERENE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA NA KOTLOVIMA SA LOŽENJEM DRVENE SJEČKE, mg/Nm<sup>3</sup> [14].

	Starčevica		Kosmos 6 MW
	4 MW	6 MW	
CO	12,9	98	20,5
čestice	6,8	12,0	9,6
SO <sub>2</sub>	1,3	2,3	2,1
NO <sub>x</sub>	157,1	166,6	176,1

## V. EKSPLOATACIJA DRVENE BIOMASE

Zbog kriterijuma održivosti neophodno je odrediti raspoložive količine drvene biomase za različite potrebe (daljinsko grijanje, industrija, ogrev u širokoj potrošnji, ...) na različitim lokacijama po prihvatljivim cijenama. Za to su potrebna opsežna istraživanja, koja bi obuhvatila i druge aktivnosti u šumarstvu RS, usko vezane sa ovim problemom.

Da bi se izvršila pravilna procjena smanjenja emisije GHG korišćenjem drvene biomase, neophodno je da razmatranje obuhvati cjelokupan proces eksploatacije uključujući i potrebnu logistiku. Logistika u ovom slučaju obuhvata operacije: sječe i prikupljanja u šumi, izvlačenja iz šume do određenog mjesta za proizvodnju sječke odgovarajućeg kvaliteta, transport do kotlovnice daljinskog grijanja, skladištenje, unutrašnji transport do ložišta kotlova uključujući i eventualno proces sušenja sječke prije uvođenja u ložište. Za izvršenje nabrojanih operacija potrebna je određena količina energije. Ako se ova energija ili jedan njen dio dobija iz fosilnih goriva, onda je potrebno pri obračunu bilansa ugljen-dioksida to uzeti u obzir. Ovo je posebno važno kod većih sistema za daljinsko grijanje ili sistema za druge namjene.

Iz naprijed navedenog proizilazi neophodnost optimizacije utroška energije pri funkcionisanju cjelokupne logistike. Cilj ove optimizacije je minimalan utrošak energije ukupne logistike i pri tome svodenje utroška energije iz fosilnih goriva na najmanje moguću mjeru, korišćenjem OIE. Ova optimizacija je dosta složena i zahtijeva postavljanje i analiziranje više mogućih varijantnih rješenja logistike. Pri ekonomskoj optimizaciji troškove logistike treba posmatrati zajedno sa ostalim pogonskim troškovima, zbog procesa sušenja goriva. Na ovaj način se može dobiti najniža cijena energije iz drvene biomase u konkretnom slučaju. Pri navedenim analizama i konkretnim rješenjima potrebno je posebnu pažnju posvetiti sigurnosti snabdijevanja. Pri tome sva rješenja moraju obezbjediti visoku sigurnost snabdijevanja pri ekstremnim vremenskim uslovima, vodeći računa o riziku od požara i opasnostima od alergijskih poremećaja disanja koje uzrokuju prašina i mikroorganizmi (gljivice, bakterije, ...) pri skladištenju sječke.

Kod ocjene trenutno raspoloživih i perspektivnih količina drvene biomase na području RS ne treba zanemariti činjenicu

da više od polovine površine RS zauzimaju šume i šumsko zemljište. Oko jedne petine šuma je u privatnom vlasništvu, a ostalo je državno vlasništvo. Godišnji obim sječe iznosi oko 3,0 miliona m<sup>3</sup>. Dio koji bi se primjenom savremenih tehnologija rada mogao iskoristiti na ekonomskim principima kao energetska sirovina je značajan [15].

Drvena biomasa koja se može ekonomski potencijalno koristiti kao energetska sirovina je: ogrijevno drvo, šumski ostatak, panjevina i ostatak pri preradi drveta. Procjena količine drvene biomase koja se može dobiti eksploatacijom na nekom području je veoma kompleksna, zbog niz tehničkih, ekonomskih i drugih ograničenja u eksploataciji.

Da bi se izbjegao rizik od osiromašenja šumskog zemljišta mineralnim materijama, odnosno da bi se očuvala plodnost zemljišta, neophodno je u šumi ostaviti dio šumskog ostatka. Prama dosadašnjim istraživanjima, najveća količina mineralnih materija se nalazi u listu, plodovima i žbunastoj vegetaciji. Ove činjenice su važne kod planiranja korišćenja šumske biomase za energetske potrebe [15].

Kod planiranja proizvodnje toplotne/električne energije iz drvene biomase bitno je što tačnije utvrditi: optimalnu snagu i lokaciju svakog postrojenja, količinu i način obezbjeđenja potrebne biomase, lokaciju za prikupljanje i proizvodnju drvene biomase. Na ovaj način se mogu dobiti realni podaci o količinama drvene biomase po kategorijama, što je od značaja za planiranje energetskih kapaciteta i proizvodnog procesa u šumarstvu.

Za plansku eksploataciju šumske biomase pored praćenja prirasta, neophodno je vršiti i plansko pošumljavanje u cilju održivosti. Pravilna planska eksploatacija i pošumljavanje, pored ekonomskih i ekoloških efekata, značajne su za smanjenje bolesti šuma i smanjenje rizika od šumskih požara. Nije teško zaključiti da održivo korišćenje drvene biomase za proizvodnju toplotne/električne energije može imati značajne društvene koristi [7], [15].

Jedan dio drvene biomase se koristi za proizvodnju toplotne i električne energije, najčešće za sisteme daljinskog grijanja i za potrebe industrije. Drugi dio se koristi za potrebe lokalnog stanovništva u ruralnim i dijelom u urbanim sredinama. Treba uzeti u obzir i činjenicu da je 22 % šuma u RS u privatnom vlasništvu i da su ove šume slabijeg kvaliteta i zato pogodnije za korišćenje u energetske svrhe [15]. Uzimajući u obzir ove činjenice može se zaključiti da bi razvoj upotrebe drvene biomase u energetske svrhe povećao zapošljavanje lokalne radne snage i doveo do dodatnog razvoja ruralnih sredina.

Za planiranje na makro nivou, dovoljna je gruba procjena koja se svodi na: definisanje raspoložive količine biomase u cijeloj RS, definisanje vrsta i lokacija postrojenja za proizvodnju toplotne/električne energije, ocjenu ekonomskih efekata i koristi od smanjenja emisije GHG [7], [15].



## VI. ZAKLJUČAK

Za supstituciju fosilnih goriva OIE zbog emisije GHG kod postrojenja za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije, odnosno kod sistema za daljinsko grijanje najčešće se koristi drvena biomasa. Na ovaj način se postiže smanjenje energetske zavisnosti i povećava zapošljavanje lokalne radne snage, odnosno doprinosi povećanju razvoja lokalnih zajednica.

Istraživanja pokazuju da nepotpunost sagorijevanja biomase može dovesti do vrlo opasnog zagađivanja okoline (gasovima i česticama), pa je neophodno ovom problemu posvetiti posebnu pažnju pri projektovanju, eksploataciji i nadzoru ovakvih postrojenja. Kako se radi o širem društvenom interesu, ozbiljan državni nadzor je neophodan.

Kod malih ložišta za sagorijevanje drvene biomase, zbog slabe regulacije procesa sagorijevanja često je prisutna velika nepotpunost sagorijevanja. Kako najčešće nisu ni opremljeni uređajima za kvalitetno odstranjivanje čestica, to se stanje sa njihovim korišćenjem u većem broju na jednoj lokaciji, znatno usložnjava. Jedno od rješenja je širenje sistema daljinskog grijanja na ekonomskim osnovama ili uz subvencije države.

Prikazani primjer supstitucije mazuta drvenom sječkom na konkretnom primjeru najbolje pokazuje njene efekte, kako ekološke tako i ekonomske.

Kriterij održivosti upotrebe biomase i rizici da dođe do njegovog narušavanja, ukazuju na širok društveni interes za ove aktivnosti. Neophodna su dosta složena i sveobuhvatna istraživanja eksploatacije šumske biomase za energetske potrebe. Koristi za društvo od korišćenja drvene biomase za potrebe daljinskog grijanja su: ekonomske, ekološke i razvojne prirode, pa treba očekivati adekvatne aktivnosti državnih organa i lokalne zajednice.

### LITERATURA

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, *World Population Prospects: The 2015 Revision*, Data Booklet. ST/ESA/SER.A/377; <http://esa.un.org/unpd/wpp/Publications>
- [2] International Energy Agency, *Key World Energy Statistics 2015*, [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld\\_Statisticss\\_2015.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statisticss_2015.pdf)
- [3] U.S. Energy Information Administration „International Energy Outlook 2017“, September 2017.
- [4] United Nations, *United Nations Framework Convention on Climate Change*, 1992, [http://unfccc.int/essential\\_background/convention/items/6036.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php)
- [5] European Union, Directive 2009/258/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable energy sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, Official Journal of the European Union, 2009
- [6] European Renewable Energy Council (EREC): „Mapping Renewable Energy Pathways towards 2020“, Renewable Energy Policy Action Paving the Way Toward 2020 (REPAP), 2011.

- [7] V. Babić, Z. Milovanović, J. Škundrić, V. Tintor, *Preserving Clean Air in the Urban Areas by Combusting Wooden Biomass Using Banja Luka as an Example*, VI Regional Conference „Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries“, 2017.
- [8] European Committee for Standardization, [www.cen.eu](http://www.cen.eu)
- [9] Hardy T. et al.: „Negative effects of biomass combustion and co-combustion in boilers“, Environment Protection Engineering, 2012, Volume 38; No.1; 25-33.
- [10] Antić M., Karamarković V.: „Korišćenje energije iz drvenih otpadaka“, Termotehnika, No. 1-2, Beograd 1984., Srbija
- [11] Yin C., Rosendahl L., Ker S. K.: „Grate-firing of biomass for heat and power production“, Progress in Energy and Combustion Science, 2008, Volume 34; No 6; 725-754
- [12] International Energy Agency: „World Energy Outlook“, 2016.
- [13] Thermal Net Workshop, *Ash related issues in Biomass Combustion*, 2006.
- [14] Garancijska ispitivanja vrelodvnih kotlova na drvenu biomasu u Toplani Banja Luka, Izvještaj br.Z-IE-056-B2/15, 2015
- [15] „Program korišćenja šumske biomase iz šuma Republike Srpske“, JPŠ „Šume RS“ a. d. Sokolac, Banja Luka, 2013.

### ABSTRACT

Industrial development and human population growth caused a substantial increase in primary energy demand. Energy transformation processes affect the environment and climate. This is particularly noticeable in the use of fossil fuel (coal, oil and gas). In order to deal with this issue, it is necessary to decrease the consumption of primary energy which can be achieved through the increase in efficiency and use of renewable energy sources. Substantial amount of energy is used in generating useful heating and cooling that is partly realized through district heating. That is the reason why we need to replace fossil fuel with renewable energy sources. Biomass accounts for 80 % of total consumption of renewable energy sources. This paper analysed the characteristics of the wooden biomass, most commonly used fuel as a replacement for fossil fuel, its combustion and its environmental impact. Particular attention is devoted to the sustainability and exploitation of wooden biomass. Partial replacement of a liquid fuel with wooden biomass is presented and analysed through the district heating plant installed in Banja Luka. The district heating plant has been in function for several years. In the conclusion, positive and negative effects of the use of wooden biomass are suggested, as well as environmental risks. Key words – biomass; sustainability; combustion; environmental pollution.

### BIOMASS AS A REPLACEMENT OF FOSSIL FUEL IN DISTRICT HEATING SYSTEMS

Vinko Babić, Zdravko Milovanović  
[vinko.babic@mf.unibl.org](mailto:vinko.babic@mf.unibl.org)  
[zdravko.milovanovic@mf.unibl.org](mailto:zdravko.milovanovic@mf.unibl.org)