Biblid: 0350-2953 (2015) 41(4): 205-212
UDK: 662.767.2

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**ANALIZA IZGRADNJE CHP POSTROJENJA
NA BIOMASU U HEMIJSKOJ INDUSTRIJI
ANALYSIS OF CONSTRUCTION CHP BIOMASS
PLANTS IN THE CHEMICAL INDUSTRY**

Đurović D¹, Dakić D², Paprika Milijana¹, Mladenović Milica¹, Repić Branislav¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča",
Laboratorija za termotehniku i energetiku, 11351 Beograd, Mihaila Petrovića Alasa 12-14

² Univerzitet u Beogradu, Inovacioni centar Mašinskog fakulteta
11000 Beograd, Kraljice Marije 16

E-mail: dejan2004@vinca.rs

SAŽETAK

U radu je izvršena analiza mogućnosti zamene energenta (gas/mazut) za proizvodnju tehnološke pare, u okviru fabrike Hipol iz Odžaka, uz istovremenu proizvodnju električne energije primenom CHP sistema, korišćenjem biomase kao primarnog goriva. Za potrebe tehnološkog procesa neophodna je produkcija suvozasićene pare 9 t/h i pritiska 3 bar, dok je predviđena instalisana snaga dela za proizvodnju električne energije 1,3 MW_e. U radu je prikazana analiza mogućih rešenja kotlovskog postrojenja, kao i dela za proizvodnju el. energije, sa prikazom budžetskih cena. Takođe, urađena je i detaljna ekonomska analiza, sa diskontovanim novčanim tokom, koja je pokazala opravdanost celog projekta. Urađena je i detaljna SWOT analiza celog projekta, koja će poslužiti da prikaže sve dobre i loše strane predloženog projekta kao i brojne mogućnosti koje se otvaraju njegovom realizacijom.

KLjučne reči: Biomasa, CHP postrojenje, SWOT analiza, ekonomska analiza

1. UVOD

U današnje vreme svesni smo činjenice da racionalno gazdovanje energijom predstavlja ključnu pretpostavku održivog razvoja. Društvo se usmerava na korišćenje efikasnijih tehnologija, koje će omogućiti maksimalno iskorišćenje primarne energije u svim energetskim procesima, i na taj način pored ekonomskih ostvariti i ekološke uštede, doprinoseći tako smanjenju zagađenja životne sredine. Takođe, korišćenje obnovljivih izvora energije sve više dobija na značaju, jer se time podstiče razvoj domaće industrije i smanjuje uvozna zavisnost od fosilnih goriva (Dakić i dr, 2012, Janić i dr, 2010).

Republika Srbija raspolaže sa 5,6 Mtoe obnovljivih vidova energije od čega su resursi u biomasi 3,3 Mtoe. Jedno od najpovoljnijih mesta za korišćenje biomase u energetske svrhe su sistemi koji imaju kontinualnu i približno konstantnu potrebu za nekim vidom toplotne energije (Martinov i dr, 2008). To su obično tehnološke linije u prehrambenoj, hemijskoj, papirnoj i sličnim industrijama koje su po pravilu i veliki potrošači el. energije, pa su takvi sistemi idealni i za primenu postrojenja za kombinovanu

proizvodnju toplotne i el.energije (CHP) (Đurović i dr, 2010, Kimming et al, 2011, Erić i dr, 2012).Prednosti CHP sistema, u odnosu na odvojene sisteme snabdevanja vidljive su pri poređenju gubitaka koji nastaju proizvodnjom električne i toplotne energije. Za istu količinu primarne energije CHP postrojenje može da isporuči u nekim slučajevima i do 40% više električne i toplotne energije.Prilikom izbora vrste, kao i instalisane snage CHP postrojenja u okvirimazadate toplotne potrošnje potrebno je analizirati niz tehničkih i finansijskih parametara kao što su: efikasnost (ukupna i električna), raspoloživost i pouzdanost snabdevanja biomasom, složenost održavanja, rad pogona na nižim opterećenjima, sopstvena potrošnja el. energije, nivo automatizacije, visina investicije, itd. Ukoliko se biomasa želi primeniti kao alternativa primeni fosilnih goriva onda se pretpostavlja da su ostvareni sledeći preduslovi: a) Izgrađena infrastruktura. b) Raspoloživ prostor za skladištenje biomase i za odlaganje pepela; c) Raspoloživ prostor za smeštaj CHP postrojenja; d) Mogućnost korišćenja postojećeg energetskog sistema u slučaju otežanog snabdevanja biomasom ili havarija; e) Postojanje stručnog kadra za rukovanje postrojenjima na biomasu; f) Iskustva u radu; g) Plasmanom proizvedene el. energije po garantovanim povlašćenim cenama.

Imajući ovo u vidu, fabrika HIPOL u Odžacima je idealno mesto za izgradnju CHP sistema sa biomasom kao gorivom, jer ispunjava sve preduslove (Đurović i dr, 2015). Pored ispunjenih prostornih zahteva, u fabrici postoji i iskustvo u radu sa biomasom, jer je nekoliko godina na primeni kotao na biomasu produkcije 9 t/h pare.

2. MATERIJAL I METOD

Fabrika "HIPOL" u Odžacima je prvi i jedini domaći proizvođač polipropilena, aktivan još od 1983. god. Proizvodi pun asortiman homopolimera, trgovačke markeHIPOLEN P. Kompanija je od samog početka rada orijentisana pretežno na proizvodnju polipropilena, koja se odvija kontinualno tokom 24 h i približno je ravnomerna tokom cele godine.

Za potrebe teholoških procesa neophodna je proizvodnja suvozasićene pare od oko 15 t/h,pritiska 12 bar i temperature 194 °C, tokom cele godine tj. oko 8.500 h godišnje. Trenutne potrebe za parom se ostvaruju korišćenjem jednog kotla na mazut i gas, kao i jednog kotla na biomasu. Postojeći kotao na mazut i gas je iz 1982. godine, sa maksimalnom produkcijom pare od 15 t/h i snagom od 11, 74 MW. Postoje tri takva kotla, od kojih su dva u funkciji, a treći je van upotrebe. Pored njih postoji i kotao na biomasu ruske proizvodnje, nominalne snage 6 MW sa proizvodnjom pare od 8 t/h. Kotao je sa vihornim gorionicima i ekranskim ložištem, u kome se kao gorivo koristi pelet, koštano brašno i drvna sečka. Svako od navedenih goriva se doprema do podzemnog skladišta odakle se transportuje do prihvatnog bunkera iz koga se posle mlevenja transportuje do međuskladišta uz kotao, nakon čega se pneumatski uduvava vihornim gorionicima u ložište. Sistem je dosta neefikasan i zastareo, naročito sa energetske strane, jer se mlevenjem peleta dodatno gubi energetski potencijal polaznog goriva (oko 30%). Pored toga ne postoji adekvatan sistem za otpeljeljavanje što uzrokuje česte zastoje u radu kotla.

Za fabriku je veoma važno obezbediti neprekidno napajanje el. energijom u tehnologiji proizvodnje. Zato postoji dizel agregat snage 2,3 MW koji se uključuje u slučaju nestanka el. energije. Imajući u vidu sve navedene činjenice nedvosmisleno se nameće zaključak da je potrebno razmotriti tehno-ekonomsku opravdanost izgradnje CHP

postrojenja na biomasu, koji bi zamenio postojeće kotlove na mazut i gas, a koji bi omogućio i proizvodnju električne energije, koja bi bila predata elektrodistributivnoj mreži, ili bi se koristila za sopstvene potrebe u slučaju prestanka napajanja sa javne mreže.

Na Slici 1 je prikazana ukupno proizvedena tehnološka para po mesecima u 2014. godini. Para se proizvodila korišćenjem gasno-mazutnih i kotla na biomasu. Sa prikazanog dijagrama se vidi da potrošnja pare po mesecima varira u granicama $\pm 15\%$ u odnosu na prosečnu potrošnju. Za takvu potrošnju može se reći da je relativno ravnomerna. U predlogu rešenja za planirano CHP postrojenje vodiče se računa da uočeni nedostaci u radu postojećeg kotla na biomasu budu izbegnuti i da kotao bude tako dimenzionisan da zadovolji rad fabrike u skladu sa potrebama za parom prikazanim u pomenutom dijagramu.

Sl.1. Ukupno proizvedena tehnološka para po mesecima za 2014. godinu

Fig. 1. Total steam production by months for 2014

Parne kogenerativne sisteme čini kombinacija kotlovskog postrojenja sa postrojenjem s parnom turbinom i generatorom. Izbor i kombinacija navedenih delova sistema, njihov broj i dimenzionisanje zavisi od konkretnog projektnog zadatka, tehnološkog procesa i odnosa proizvedene toplotne i el. energije koji treba ostvariti. Najčešće se za pogon generatora koriste parne ili gasne turbine, kombinovani proces gasne i parne turbine, te SUS motori. U ovom slučaju razmatra se kombinacija parnog kotla i parne turbine.

Parno-turbinski sistemi su u upotrebi više od 100 godina i najrašireniji je koncept kogeneracijskog postrojenja sa parnom turbinom. Vodena para proizvedena u parnom kotlu se nakon ekspanzije u parnoj turbini koristi za grejanje vode u sistemu daljinskog grejanja i/ili u industrijskom procesu. Načelno se razlikuju postrojenja sa protivpritisnom turbinom i postrojenja sa kondenzacionom turbinom sa kontrolisanim oduzimanjem.

Generalno posmatrano tehnologije sagorevanja biomase mogu se razvrstati na sledeće (Repić i dr, 2013): a) sagorevanje u sloju, na rešetki; b) sagorevanje u fluidizovanom sloju (u mehurastom ili cirkulacionom); c) sagorevanje u letu. U zavisnosti od tipa biomase postoje različite mogućnosti primene načina sagorevanja (Repić i dr, 2011). Prema brojnim svetskim iskustvima kao najpogodnija tehnologija za sagorevanje

drvene sečke (drveni čips) jeste tehnologija sagorevanja na pokretnoj rešetki. Kada je u pitanju turbinski deo CHP postrojenja i definisanim zahtevima za potrošnjom industrijske pare kotao koji bi zadovoljio oba zahteva mora imati sledeće osnovne radne parametre:

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Zaključak prethodnih analiza je da se preporučuje kotao sa:

- Kosom pokretnom rešetkom,
- Membranskim, delimično izolovanim, ložištem i
- Razmenjivačkim površinama koje se opstrujavaju vrelim dimnim gasovima. Razmenjivačke površine se nalaze u cevnim snopovima sa cevima raspoređenim u šahovskom ili koridornom rasporedu.

Šematski prikaz predloženog rešenja je dat na Slici 2. Na osnovu predloženog rešenja za turbinski deo CHP postrojenja i definisanim zahtevima za potrošnjom industrijske pare kotao koji bi zadovoljio oba zahteva mora imati sledeće osnovne radne parametre:

Pritisak pare:	35 bar
Temperatura izlazne pare:	350 °C
Produkcija pare:	11 t/h
Temperatura ulazne vode u kotao:	110 °C

Sa navedenim podacima je urađen termički proračun parnog kotla pomoću razvijenog softverskog paketa zasnovanog na normativnom metodu čija je primena uobičajena u fabrikama kotlova sa prostora bivše Jugoslavije i Srbije.

Sl. 2. Parni kotao sa kosom pokretnom rešetkom za sagorevanje biomase:

1-međubunker biomase, 2-dozator, 3-rešetka, 4-ložište, 5-pregrejač pare, 6-isparivači, 7-ekonomajzeri, 8-vazduh za sagorevanje, 9-vlažno otpeljavanje, 10-izlaz dimnih gasova

Fig. 2.Steam boiler with sloping travelling grate for biomass combustion:

1-biomass storage, 2-feeder, 3-grate, 4-furnace, 5-superheater, 6-evaporator, 7-economizer, 8-combustion air, 9-wet ash removal, 10-flue gas outlet

4. EKONOMSKA ANALIZA

U ovom delu će biti prikazana ekonomska analiza opravdanosti ulaganja u izgradnju CHP postrojenja na biomasu. Pregled investicionih troškova je dat u Tabeli 1.

U Tabeli 2 su prikazani svi ukupni godišnji troškovi vezani za rad predviđenog CHP postrojenja, kao što su troškovi održavanja, radne snage, goriva, režijskih toškova i slično.

Tab. 1. Investicioni troškovi CHP postrojenja

Tab. 1. Investment costs for CHP facility

Naziv Title	Ukupan iznos (€) Total amount
Investicija u kotlovsko postrojenje Investment in boiler facility	2.227.000
Investicija u turbo generatorski set Investment in turbo generator set	1.297.000
UKUPNO TOTAL	3.524.000

Tab. 2. Obračun ukupnih troškova

Tab. 2. Calculation of total expences

Trošak Expence	Ukupan iznos (€) Total amount (€)
Gorivo – biomasa Fuel – biomass	1.098.200
Režijski troškovi (struja, voda...) Overheads (electricity, water...)	20.000
Troškovi tekućeg održavanja Maintenance costs	15.000
Troškovi investicionog održavanja Investment costs	40.000
Troškovi za plate zaposlenih Salary costs	76.800
UKUPNO TOTAL	1.250.000

Budući da izgradnjom novog CHP postrojenja na biomasu prestaje potreba za korišćenjem mazutnih i gasnih kotlova (osim možda u nekim izuzetnim slučajevima, ali samo kratkoročno) dolazi do uštede u troškovima za nabavku tih energeneta. U prethodnoj godini (2014) je nabavljeno 4051 t mazuta po prosečnoj ceni od 500 €/t. Pored toga, sva proizvedena električna energija će biti isporučela elektrodistributivnoj mreži i pri tom će za svaki proizvedeni kWh biti dobijena sredstva prema važećoj uredbi (13,092 c€/kWh za instalisanu snagu od 1,3 MW_e). Pregled ukupnih ušteda i prihoda dat je u Tabeli 3.

Tab. 3. Pregled ukupnih prihoda/ušteda

Tab. 3. Overview of total income/savings

Prihod/ušteda Income/savings	Ukupan iznos (€) Total amount (€)
Ušteda u potrošnji mazuta Savings in heavy fuel oil consumption	2.025.500
Prihodi od „feed-in“ tarife „Feed-in“ tariff income	1.446.666
UKUPNO TOTAL	3.472.166

U ovom delu je prikazana analiza finansijske održivosti uzimajući u obzir ukupnu godišnju vrednost prihoda i rashoda. Neto novčani tok je prikazan u Tabeli 4.

Tab. 4. Analiza finansijske održivosti

Tab. 4. Analysis of financial viability

Stavke Items	1. god. 1.year	2. god. 2.year	3. god. 3.year	4. god. 4.year	5. god. 5.year
1. Prihodi Income	3.472.166	3.472.166	3.472.166	3.472.166	3.472.166
2. Rashodi Expenche	4.774.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000
Investicija Investment	3.524.000	0	0	0	0
Troškovi Costs	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000
Neto novčani tok (1-2) Net cash flow (1-2)	1.301.834	2.222.166	2.222.166	2.222.166	2.222.166

Prilikom određivanja vremena isplativosti, a u cilju dobijanja što realnije slike, ukupan neto novčani tok će biti diskontovan po važećoj diskontnoj stopi od 8 % (Tabela 5).

Tab. 5. Rok vraćanja investicije

Tab. 5. Payback period of investment

Godina Year	Prihodi Income	Rashodi Expences	Diskontovani prihodi Discounted income	Diskontovani rashodi Discounted expences	Neotplaćeni deo ulaganja Unpaid part of investment
1.	3.472.166	4.774.000	3.472.166	4.774.000	-1.301.834
2.	3.472.166	1.250.000	3.214.969	1.157.407	755.728

Rok vraćanja: 1,8 godina; Neto sadašnja vrednost: 1.991.819 €;

Interna stopa rentabilnosti: 71 %

Na kraju ekonomske analize je data SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analiza projekta, gde su prikazane njegove dobre i loše strane, kao i šta se može

očekivati od ovog projekta u budućnosti, odnosno koje nove šanse donosi, kao i koje opasnosti mogu da se pojave.

SWOT analiza

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> - Niži troškovi proizvodnje pare - Konkurentniji proizvodi na tržištu - Jeftino gorivo - Smanjeno zagađenje životne sredine - Kratak rok povraćaja investicije - Primer dobre prakse korišćenja OIE 	<ul style="list-style-type: none"> - Visoki investicioni troškovi - Niži stepen iskorišćenja kotlova na biomasu u odnosu na gas - Prekomerno povećanje vlažnosti biomase u slučaju neadekvatnog skladištenja
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> - Smanjenje zavisnosti od fosilnih goriva - Korišćenje obnovljivog goriva - Sigurnija proizvodnja pare - Plasman konkurentnijih proizvoda na tržištu - Lakši plasman na zapadno tržište ukoliko se koriste obnovljiva goriva u proizvodnji - U perspektivi prihodovanje iznamskih fondova EU od ustanovljenog smanjenja emisije CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - Neizvesnost po pitanju postojanja „feed-in“ tarife u budućnosti - Nepoverenje banaka u ovu vrstu projekata - Moguće poskupljenje biomase u budućnosti

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da je predloženi projekat izgradnje CHP postrojenja na biomasu u okviru fabrike HIPOL a.d. Odžaci u potpunosti opravdan. Realizacijom pomenutog projekta fabrikabi dobila ekonomski potpuno održiv sistem proizvodnje tehnološke pare i el. energije. Umesto dosadašnjeg korišćenja mazuta i gasa za tehnološke potrebe predviđa se korišćenje drvene biomase. Na taj način bi se značajno smanjili troškovi proizvodnje, a samim tim bili bi konkurentniji na tržištu, dok bi se, sa druge strane, značajno doprinelo smanjenju zagađenja životne sredine korišćenjem biomase umesto fosilnih goriva. Predviđena je ugradnja jednog parnog kotla sa turbo generatorskim setom za proizvodnju el. energije. Novi kotao bi obezbedio proizvodnju dovoljne količine tehnološke pare, a dozvoljava i delimično proširenje postojećih kapaciteta.

Pored direktnih treba navesti i indirektne koristi koje daju dodatnu težinu samom projektu kao što su upošljavanje dodane radne snage, smanjenje zagađenja životne sredine usled redukcije emisije CO₂ (oko 27.000 t/god), korišćenje obnovljivog goriva, prilika za usavršavanje mladih kadrova, angažovanje domaće industrije, primer dobre prakse supstitucije fosilnog goriva obnovljivim, otvaranje novih radnih mesta, poboljšanje imidža fabriki slično, čime bi se potvrdila i društvena odgovornost same fabrike.

6. LITERATURA

- [1] Dakić D, Paprika M, Repić B, Erić A, Đurović D. (2012). Isplativost korišćenja poljoprivrednih ostataka radi zadovoljenja energetske potrebe. *Savremena poljoprivredna tehnika* 38(2): 87-96.
- [2] Đurović D, Dakić D, Repić B, Nemoda S, Živković G, Erić A. (2010). Ekonomska opravdanost izgradnje postrojenja za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije korišćenjem poljoprivredne biomase. *Savremena poljoprivredna tehnika* 36(4): 373-381.

- [3] Đurović D, Dakić D, Repić B, Paprika M, Mladenović M. (2015). Studija opravdanosti izgradnje CHP postrojenja na biomasu u okviru fabrike HIPOL-Odžaci. Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd-Vinča.
- [4] Erić A, Repić B, Dakić D, Đurović D. (2012). Prednosti korišćenja ORC ciklusa u CHP postrojenjima koja koriste biomasu kao gorivo, In Proc: 25 međunarodni kongres o procesnoj industriji PROCESING, ref. 6.1. Beograd, 7-8 juna.
- [5] Janić T, Brkić M, Igić S, Dedović N. (2010). Biomasa – energetska resurs za budućnost. Savremena poljoprivredna tehnika 36(2): 167-177.
- [6] Kimming M, Sundberg C, Nordberg A, Baky A, Bernesson S, Nore O, Hansson P.A.. (2011). Biomass from agriculture in small-scale combined heat and power plants - A comparative life cycle assessment. Biomass and bioenergy 35(4): 1572-1581.
- [7] Martinov M, Đatkov Đ, Dragutinović G, Brkić M, Pešenjanski I. (2008). Mogućnosti kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije iz biomase u AP Vojvodini, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Novi Sad.
- [8] Repić B, Dakić D, Janić T, Đurović D, Erić A. (2011). Ekonomska opravdanost izgradnje postrojenja za proizvodnju toplotne energije u klaničnoj industriji korišćenjem biomase. Savremena poljoprivredna tehnika 37(2): 145-152.
- [9] Repić B, Dakić D, Erić A, Djurović D, Marinković A, Nemoda S. (2013). Investigation of the cigar burner combustion system for baled biomass, Biomass and Bioenergy, 58 (11):10-19.

ANALYSIS OF CONSTRUCTION CHP BIOMASS PLANTS IN THE CHEMICAL INDUSTRY

Đurović D¹, Dakić D², Paprika Milijana¹, Mladenović Milica¹, Repić Branislav¹

SUMMARY

In this paper has been analyzed possibility of replacing fuel (gas/heavy fuel oil) for steam production in the factory Hipol from Odžaci, with the simultaneous production of electricity using CHP systems using biomass as a primary fuel. For the purposes of technological process of production requires a saturated steam of 9 t/h and pressure of 3 bar, while the planned installed capacity of electrical part is 1,3 MW_e. The paper presents the analysis of possible solutions of boiler plant, as well as part for the production of electricity, with the presentation of the budget price. In the paper was also performed detailed economic analysis, with discounted cash flow, which showed the justification of the whole project. A comprehensive SWOT analysis of the project, which will serve to show the good and bad sides of the proposed project as well as numerous possibilities, opened up with its realization.

Keywords: Biomass, CHP facility, SWOT analysis, economic analysis

Napomena: Rad je realizovan u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije „Razvoj i unapređenje tehnologija za energetska efikasno korišćenje više formi poljoprivredne i šumske biomase na ekološki prihvatljiv način, uz mogućnost kogeneracije“, Ev. br. projekta III42011.

Primljeno: 17. 10. 2015. god.

Prihvaćeno: 08. 11. 2015. god.