

ISSN br. 0354-8651



List Saveza energetičara
Broj 3-4 / Godina XVII / Mart 2015.
UDC 627.9

energija

■ ekonomija ■ ekologija

ENERGETIKA 2015



ENERGETIKA 2015.

XXXI međunarodno savetovanje



energija



ekonomija



ekologija

ENERGETIKA 2015.

Pokrovitelji savetovanja

Ministarstvo rudarstva i energetike,
Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja,
Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine,
Ministarstvo privrede
PKS, JP EPS, NIS a. d., JP EMS, JP Srbijagas



SAVEZ ENERGETIČARA

Adresa: 11000 Beograd, Dečanska 5

Telefon: + 381 11 32 26 007

E-mail: savezenergeticara@eunet.rs

www.savezenergeticara.org.rs

ZBORNİK RADOVA

Zlatibor, 24.03. - 27.03.2015

energija

ekonomija ekologija

Energija/Ekonomija/Ekologija

Broj 3-4, mart 2015.

Osnivač i izdavač
Savez energetičara

Predsednik SE
Prof. dr Nikola Rajaković

Sekretar SE
Nada Negovanović

Glavni i odgovorni urednik
Prof. dr Nenad Đajić

Adresa redakcije
Savez energetičara
11000 Beograd
Dečanska 5
tel. 011/322-6007

E-mail: savezenergeticara@EUnet.rs
www.savezenergeticara.org.rs

Kompjuterski prelom EKOMARK
Dragoslav Ješić

Štampa
„Akademska izdanja“,
Beograd

Godišnja pretplata
- 10.000,00 dinara
- za inostranstvo 20.000,00
dinar

Tekući račun SE
broj 355-1006850-61

Radovi su recenzirani uz
tehničku obradu.

Nijedan deo ove publikacije
ne može biti reprodukovana,
presnimavan ili prenošen bez
prethodne saglasnosti Izdavača.

IZDAVAČKI SAVET

Alaksandar Antić,
ministar rudarstva i energetike
dr Srđan Verbić, ministar
prosvete, nauke i tehnološkog
razvoja

Željko Sertić, ministar privrede
Prof. dr Snežana

Bogosavljević - Bošković,
ministar poljoprivrede i zaštite
životne sredine

Prof. dr Branko Kovačević,
dekan ETF

Prof. dr Aleksandar Gajić,
Mašinski fakultet Beograd

Prof. dr Slobodan Stupar,
pomoćnik ministra

Prof. dr Zoran Rajić, državni
sekretar

Dušan Mrakić, ministarstvo
rudarstva i energetike

Ljubo Mačić, dir. Agencije za
energetiku Srbije

Dragan Jovanović, izv. dir.
EPS

dr Kiril Kravčenko, gen.dir.
NIS ad

Aleksandar Obradović,
direktor JP EPS

Aleksej Belov, dir. Bloka
„Energetika“ NIS

Čedomir Ponoćko, dir.
TENT, d.o.o.

Nikola Petrović, gen.dir.
JP EMS

dr Aca Marković, JP EPS
Dušan Bajatović, dir.
JP Srbijagas

Milorad Grčić, dir.
RB Kolubara d.o.o.

Goran Knežević, dir. HE
Đerdap, d.o.o.

Slobodanka Krčevinac,
dir. EDB

Goran Horvat, dir. TE-KO
Kolubara

mr Bogdan Laban, dir.
Elektrovojvodina, d.o.o.

Tomislav Basta, v.d. dir. JP
Transnafta

Srđan Đurović, dir.
Elektrosrbija, d.o.o.

Aleksandar Vlajić, dir.
Obnovljivi izvori EPS

dr Miroslav Malobabić, dir.
JP Srbijagas

Darko Bulatović, dir.
„Jugoistok“ d.o.o.

Sanja Tucaković, dir.
„Centar“, d.o.o.

Dobrosav Arsović, dir.
JKP Novosadska toplana

Zoran Ivančević, dir.
Panonske TE-TO

Vuk Hamović, EFT Group
dr Nenad Popović,
ABS Holding

dr Dragan Kovačević, dir.
Elektrotehnički institut
„Nikola Tesla“

Prof. dr Sanja Vraneš, dir.
Instituta „Mihajlo Pupin“

Borislav Grubor, Instituta za
nuklearne nauke „Vinča“

Prof. dr Milorad Milovančević,
dekan Mašinskog fakulteta
u Beogradu

Prof. dr Dejan Filipović, dekan
Geografskog fakulteta

Prof. dr Šćepan Miljanić, dekan
Fakulteta za fizičku hemiju

Prof. dr Rade Dobroslovački,
dekan Fakulteta tehničkih
nauka u NS

Prof. dr Ivan Obradović, dekan
Rudarsko-geološkog fakulteta
u Beogradu

Prof. dr Jeroslav Živanić,
dekan Tehnički fakultet u
Čačku

Prof. dr Milun Babić, Fakultet
inženjerskih nauka u
Kragujevcu

Dejan Popović, N.O. EPS
Slobodan Babić, Rudnap
Group

Dr Vladimir Živanović, SE

REDAKCIONI ODBOR

Prof. dr Ozren Očić

Slobodan Petrović, sekretar
Odbora za energetiku PKS

Radiša Kostić, dir.
Elektroistok-izgradnja

dr Tomislav Simović, dir.
Montinvest ad

Milorad Marković, predsednik
HK Minel

Milan Lončarević, NIS a. d.

Prof. dr Petar Đukić, TMF

Dragan Nedeljković, novinar

Dr Branislava Lepotić, dir.
JP Transnafta

Jelena Vujović, dir. za odnose
s javnošću EPS

Roman Mulić, SE

Simo Bobić, PK Beograda

Nikola Petrović, dir. Energetika
Kragujevac

Ružica Vranjković, novinar

Jelica Putniković, novinar

ees energija

■ ekonomija ■ ekologija

ORGANIZACIONO - PROGRAMSKI ODBOR

Predsednik: Prof.dr Milun Babić, Mašinski fakultet u Kragujevcu

Sekretar: Nada Negovanović, sekretar Saveza energetičara

Članovi:

Prof.dr Беляков Алексей Васильевич, Научно-исследовательский институт» ОАО «ВТИ») – Российская Федерация

Dr Matthias Jochem Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH, Nemačka

Dr Jean Rizzon, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH

Dr Patrick Weckes, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH

Prof. dr Miloš Nedeljković, Mašinski fakultet Beograd

Prof. dr Adriana Sida Manea, Politehnica-University of Timisoara, Romania

dr Ivan Souček, Ph. D., Prague Institute of Chemical Technology, Czech Republic

Prof.dr Zoran Rajić, državni sekretar

Prof.dr Slobodan Stupar, pomoćnik ministra

Prof. dr Miloš Banjac, pomoćnik ministra

Prof.dr Branko Kovačević, dekan ETF u Beograd

Prof.dr Aleksandar Gajić, Mašinski fakultet Beograd

Prof.dr Dečan Ivanović, Mašinski fakultet Podgorica

Prof.dr Zdravko N.Milovanović, Mašinski fakultet Banja Luka

Prof.dr Valentino Stojkovski, Mašinski fakultet Skopje

Prof.dr Predrag Popovski, Mašinski fakultet Skopje

Prof.dr Aleksandar Nospal, Mašinski fakultet Skopje

dr Igor Krčmar, Elektrotehnički fakultet Banja Luka

Prof.dr Rade Biočanin, Univerzitet Aperiion Banja Luka

dr Tatjana Luppova, Rusija

dr. D. Seibt, Vattenfall - Nemačka

Prof.dr Nikolaj Ostrovski, Ukrajina

Mihail Cvetkov, Silovije mašini, Rusija

Prof. Daniela Marasova, CSc. Technical university of Kosice Faculty of Mining, Ecology

Prof.dr Dejan Filipović, dekan Geografskog fakulteta

Prof.dr Jeroslav Živanić, dekan Tehničkog fakulteta u Čačku

Prof.dr Slobodan Vukosavić, Elektrotehnički fakultet Beograd

Prof.dr Milan Medarević, dekan Šumarskog fakulteta u Beogradu

Dr Radoslav Raković, Energoprojekt-Entel a.d.

Prof.dr Mirko Komatina, Mašinski fakultet u Beogradu

Ljubo Mačić, Predsednik Agencije za energetiku Srbije

Prof. dr Gordana Dražić, dekan Fakulteta za primenjenu ekologiju - Futura

Prof.dr Ozren Očić, Faculty of International Engineering Management

dr Tomislav Simović, član UO SE

Dr Miodrag Arsić, IMS Beograd

Prof.dr Željko Despotović, IMP

dr Miroslav N.Malobabić, izvršni direktor JP Srbijagas

Prof.dr Nenad Đajić, glavni i odgovorni urednik časopisa ENERGIJA

Prof.dr Vladimir Živanović, Savez energetičara

energija

■ ekonomija ■ ekologija

- [129] J. Krstivojević, M. Đurić
Primena digitalne fazne komparacije u diferencijalnoj zaštiti energetskog transformatora
- [136] S. Spremić
Određivanje sadržaja vode u papiru iz relativnog zasićenja – rezultati za transformatore 35/x Kv
- [142] D. Mojić, S. Vuković, D. Ilić
Specifičnost pojave ferorezonanse
- [147] S. Đurović, V. Ostraćanin
Načini i metode za praćenje stanja metaloksidnih odvodnika prenapona
- [152] V. Šušteršič, M. Babić, S. Savić, D. Gordić, J. Glišović
Podizanje energetske efikasnosti u postrojenjima za tretman otpadnih voda primenom kogeneracije
- [159] M. Jevtić N. Stojnić
Mogućnost primene impulsne elektrohidrodinamike u čišćenju drenova bunara za vodu
- [166] R. Biočanin, T. Milešević, M. Imamović, S. Ketin
Obnovljivi izvori energije u strategiji održivog razvoja
- [176] S. Ilić, M. Stevanović, B. Branković, N. Nešić
Obnovljivi izvori energije kao potencijalna oblast za ulaganje po modelu JPP u Republici Srbiji
- [180] J. Klinko
Neki ograničavajući faktori u široj primeni obnovljivih izvora energije
- [187] Z. Veličković, M. Divković, M. Vuruna, Z. Bajić, R. Karkalić, Lj. Gigović
Brza analiza rizika korišćenjem razvijenih softverskih paketa za simulaciju hemijskih akcidenata
- [192] N. Ivanković, V. Kujović, M. Vuruna, Z. Veličković, R. Karkalić
Utvrđivanje stanja zemljišta u funkciji zaštite ekološkog prostora vojnog poligona „Pasuljanske livade
- [197] N. Jurišević, V. Šušteršič, D. Gordić, M. Babić, N. Rakić, S. Savić, D. Canović
Analiza i monitoring kvaliteta vazduha merne zone Srbija u toku kalendarske 2013.
- [205] R. Stamatović, A. Car
Analiza performansi krovne fotonaponske elektrane
- [210] S. Ilić, M. Delić, D. Ćatić
Analiza uzroka pada performansi FN solarnog sistema korišćenjem FTA metode
- [218] T. Milanov
Prilog oblikovanju prenosnih mreža 400 kV, 220 kV i 110 kV u elektroenergetskom sistemu Srbije i mreža ultravisokog napona Jugoistočne Evrope
- [227] B. Nikolić
Javno – privatno partnerstvo u energetici SAD i aktuelni trenutak domaće elektroprivrede
- [237] L. Radoja
Smanjenje potrošnje energije u zemljoradnji
- [241] S. Ćurčić, S. Vučićević, D. Jović
Raspoloživi energetske potencijali od drvne i biljne biomase sa teritorije Opštine Bajina Bašta
- [248] Š. M. Bajmak
Analiza energetske efikasnosti kompleksnih i kombinovanih sistema snabdevanja toplotnom i rashladnom energijom
- [257] N. Petrović, Č. Mitrović, G. Vorotović
Karakterizacija primarnih otpora vetroturbine sa aspekta integracije empirijskih podataka u direktna analitička rešenja
- [262] S. Savić, M. Babić, V. Šušteršič, D. Gordić, D. Vojinović
Primena kogeneracije u industriji piva u cilju podizanja energetske efikasnosti

Др Слободан Савић, др Милун Бабић, др Вања Шуштершич,
др Душан Гордић, Душан Војиновић
Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац

UDC: 621.317.38 : 663.4

Примена когенерације у индустрији пива у циљу подизања енергетске ефикасности

РЕЗИМЕ

У новој стратегији развоја енергетике Републике Србије, поред коришћења обновљивих извора енергије, значајно место заузимају и нове, енергетски ефикасније и еколошки прихватљиве технологије. Имајући то у виду, у овом раду је, у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења трошкова електричне и топлотне енергије, разматрана могућност примене когенерације у индустрији пива. На почетку је објашњен појам когенерације, наведене су њене предности и недостаци и описано одговарајуће когенерационо постројење. Извршена анализа објекта централног дела фабрике АД "Јагодина пивара" Јагодина односила се на одређивање најоптималнијег когенерационог модела са најкраћим периодом отплате.

У раду је представљено и прорачунско решење које је добијено коришћењем програма RETScreen. Показано је под којим условима је могуће повећати енергетску ефикасност овог индустријског објекта и остварити уштеду у финансијском смислу.

Кључне речи: когенерација, енергетска ефикасност, утрошак енергије, програм RETScreen

APPLICATION OF COGENERATION IN BREWERY INDUSTRY IN ORDER TO INCREASE ENERGY EFFICIENCY

ABSTRACT

In addition to usage of renewable energy sources, the new energy development strategy of the Republic of Serbia includes innovative, energy more efficient and environment friendly technologies. This paper studies the possibility to use cogeneration in brewery industry in order to increase energy efficiency and decrease electric power and heating energy costs. The paper introduces cogeneration with all its advantages and disadvantages and describes the given cogeneration plant. The analysis of the central part of the plant AD Jagodina Brewery included determination of the most optimal cogeneration system with the shortest payment period.

The paper presents the calculations and analysis performed using RETScreen software. The paper has shown conditions under which it is possible to increase energy efficiency of this plant and achieve financial savings.

Keywords: cogeneration, energy efficiency, energy consumption, RETScreen software

1. УВОД

Дуги низ година се истражују методе које ће омогућити ефикасно снабдевање енергијом, као и њено рационало коришћење. Један од првих облика енергије које је човек почео да користи била је топлотна енергија. Открићем електричне енергије практично је настало ново

доба употребе енергије. Због могућности лаког трансформисања електричне енергије у друге облике, њена потрошња у Републици Србији веома брзо расте. Највећа количина електричне енергије добија се у термоелектранама, при чему се око 10-15% енергије садржане у гориву испусти у облику димних гасова а чак 45-60% у виду расхладне воде,

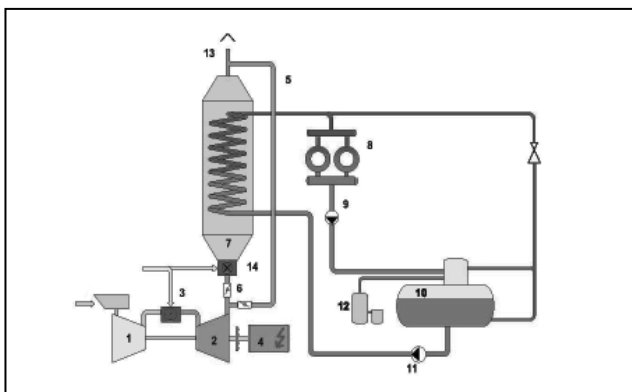
што доводи до закључка да се остварује ниска енергетска ефикасност. Перманентни пораст цене горива изазвао је потребу за тражењем и развијањем нових, напреднијих енергетских технологија и за повећањем ефикасности постројења за производњу електричне енергије. Спознајом да су извори енергије све сиромашнији, повећала се еколошка свест код људи за очувањем животне средине и преосталих неискоришћених ресурса [1].

2. КОГЕНЕРАЦИЈА

Когенерација представља процес при којем се, коришћењем примарне енергије горива, истовремено производе два битна облика енергије: користан рад и топлотна енергија. Добијени механички рад најчешће се користи за производњу електричне енергије, док се топлотна енергија може употребити у разним технолошким процесима, процесима грејања, односно хлађења. Као гориво се користе природни гас, биомаса, дрвна грађа или водоник, а избор технологије за когенерацију зависи од расположивог горива и његове цене [2]. Ефикасност когенерације зависи највише од избора технологије, а обично износи од 70-85%.

Когенерациона постројења су уређаји у којима се одвија процес когенерације. У њима се врши конверзија хемијске енергије у електричну и топлотну. При томе се за поступке конверзије користе: парне и гасне турбине, мотори са унутрашњим сагоревањем, као и разне врсте горивих ћелија. Постројења са гасним турбинама, постижу највиши степен ефикасности и имају највећистепен искоришћења. Начин функционисања оваквог постројења [4] представљен је на *слици 1*.

Ваздух струји у компресор 1 где му се повећава радни притисак а потом у комору 3 у којој гориво сагорева. Турбина 2 користи продукте сагоревања тако што кинетичку енергију претвара у механичку енергију вратила које покреће електрични генератор 4. Регулационим вентилима 6 одређује се однос произведене паре и топлоте. Издувни канал



Слика 1. - Шема когенерационог постројења на бази гасне турбине

5 и димњак 13 одводе издувне гасове. У котлу 7 за издувне гасове загрева се вода која долази из напојног резервоара 10. Вода се припрема у делу 12 а до котла, у којем се греје, долази помоћу напојне пумпе 11. Када вода иструји из котла, предаје топлоту потрошачима 8. За повратак воде у резервоар користи се још и пумпа 9. Уколико је потребно да температура у котлу буде већа, постоји горионик за додатно ложење 14.

Предношења одлуке о примени когенерационог постројења неопходно је да се спроведе анализа потрошње енергената током године, чиме се утврђује економска оправданост пројекта. Потребно је упоредити економичност производње енергије у когенерационог постројења са одвојеним снабдевањем топлотном и електричном енергијом. Након утврђивања потребе за когенерационог технологијом одређује се период исплативости, на основу више параметара. Најбитнији су цена и квалитет радне машине. Ту је најчешће укључена и цена пратеће опреме. Квалитетан гасни генератор може да се експлоатише више од 100 000 радних сати. У односу на тај период утврђено је да цена опреме представља само 15% укупних трошкова, одржавање и сервисирање самог система 25%, потрошња уља 5%, а да највећи део, 55 % одлази на гориво [2]. Трошкови за гориво зависе од врсте горива и од карактеристика самог погонског агрегата. У неизбежне трошкове убрајају се и цена електричне опреме, потребне за прикључак на мрежу, прилагођавање постојећег система и потрошача топлотне енергије, као и остали трошкови инсталације и монтаже, који подразумевају инжењеринг, правне и финансијске услуге. Након периода отплате когенерационог постројења, једини преостали трошкови су они који се односе на цену горива и одржавања постројења.

Когенерациона постројења су нашла широку примену [3], како у индустрији, тако и у различитим објектима (здравственим установама, јавно-образовним заводима, трговачким и спортским центрима и планинским домовима, пољопривредним газдинствима, пословним просторима и стамбеним објектима).

Најзначајније предности когенерационе производње [1], у односу на одвојену производњу електричне енергије у класичној електрани и топлотне у котларници, тј. топлани, огледају се кроз: уштеду примарне енергије, већу поузданост при снабдевању енергијом, смањење ефекта стаклене баште и значајно унапређење животне средине, релативно кратак рок изградње постројења и готово сигурну исплативост у релативном кратком периоду.

Поред евидентних предности које собом носи примена когенерације, ипак постоје и неки њени недостаци [1]: лоше дефинисан и компликован

поступак прикључења на мрежу, неповољан однос цена електричне енергије и примарне енергије која се користи као гориво, неадекватне мере подстицаја за производњу електричне енергије коришћењем комбиноване производње електричне и топлотне енергије, слабо информисање и недовољна едукација потенцијалних корисника и коначно, непостојање посебног законског акта за когенерацију којим би се ова проблематика системски дефинисала.

Избор технологије коришћене у процесу когенерације зависи, првенствено, од намене објекта (да ли се ради о стамбеном објекту, пословном простору сличних карактеристика као стамбеном или индустријском објекту) у којима се као захтев поставља већа проиводња топлотне енергије, неопходна у појединим технолошким процесима. На избор постројења битно утиче и цена топлотне машине. Цена одабраног мотора по киловату снаге расте са смањењем снаге, па се когенерација препоручује код већих и енергетски захтевнијих објеката. При избору когенерационог постројења тежи се да се са минимумом инсталиране снаге постигне максимална корист [1].

3. АНАЛИЗА ОПРАВДАНОСТИ ПРИМЕНЕ КОГЕНЕРАЦИЈЕ У ИНДУСТРИЈИ ПИВА

"Јагодинска пивара" је настала 1852. године, као један од првих индустријских објеката у тадашњој Србији. Простире се на 21000 m² а у раду су разматрани објекти управне зграде и дела производње, површине 10 000 m².

У раду је конкретно прорачунско решење добијено помоћу програма RETScreen. Овај софтвер омогућава корисницима да успешно изврше анализе пројеката везаних за "чисту" енергију и да на основу резултата донесу закључке о исплативости и одрживости тих пројеката [5]. Програм, осим испитивања погодности увођења когенерације, омогућава и приказ других пројектних модела: пројекте везане за енергетску ефикасност, употребу обновљивих извора енергије, грејање, хлађење и друго. Пре саме имплементације одређене технологије неопходно је извршити прединвестиционе студије, студије изводљивости и развоја. Основне предности које се постижу употребом овог програма су брзина, поузданост, једноставност и јефтина анализа одрживости неког енергетског пројекта. Коришћење софтвера заснива се на налажењу потребних

The screenshot shows the 'Project information' and 'Site reference conditions' sections of the RETScreen software. The 'Project information' section includes fields for Project name (Ad'Jagodinska pivara'), Project location (Jagodina), Prepared for (Fakultet inženjerskih nauka), Prepared by (Dusan Vojnovic), Project type (Combined heating & power), Grid type (Central-grid & internal load), Analysis type (Method 2), Heating value reference (Lower heating value (LHV)), Show settings (checked), Language - Langue (English - Anglais), User manual (English - Anglais), Currency (User-defined), Symbol (RSD), and Units (Metric units). The 'Site reference conditions' section includes Climate data location (Krusevac) and Show data (checked).

Слика 2. - Основни подаци у програму

података и попуњавању осам радних листова. На самом почетку потребно је унети основне податке о пројекту (слика 2).

Пројекат се односи на АД "Јагодинска пивара", чија је главна делатност производња алкохолних пића. Једна од ставки коју је потребно попунити везана је за топлотну моћ. Постоји опција избора доње или горње топлотне моћи. Изабрано је да програм у наредним калкулацијама рачуна доњу топлотну моћ горива (вода у продуктима сагоревања горива остаје у стању паре). За конкретан прорачун нужно је унети и локацију објекта. Будући да програм у себи не садржи град Јагодину у којем се налази пивара, изабран је град Крушевац као најближе место које софтвер RETScreen препознаје. Тиме је омогућено усвајање климатских података, измерених за тај град у претходној години по месецима (дневно топлотно зрачење, атмосферски притисак, брзина ветра, температуре ваздуха и земље).

У радном листу *Мрежа и оптерећење* уносе се подаци који се односе на услове и стање објекта,

Heating project	Unit	
Base case heating system	Single building - space heating	
Heated floor area for building	m ²	10,000
Fuel type		Natural gas - m ³
Seasonal efficiency	%	70%
Heating load calculation		
Heating load for building	W/m ²	90.0
Domestic hot water heating base demand	%	5%
Total heating	MWh	1,869
Total peak heating load	kW	900.0
Fuel consumption - annual	m ³	262,852
Fuel rate	RSD/m ³	39,950
Fuel cost	RSD	11,299,945
Proposed case energy efficiency measures		
End-use energy efficiency measures	%	5%
Net peak heating load	kW	855.0
Net heating	MWh	1,775

Слика 3. - Пројекат грејања

Base case load characteristics

Month	Power gross average load kW	Power net average load kW	Heating average load kW
January	186	186	550
February	211	211	425
March	223	223	308
April	197	197	160
May	205	205	42
June	183	183	8
July	232	232	8
August	219	219	8
September	187	187	36
October	196	196	145
November	232	232	272
December	221	221	471
System peak electricity load over max monthly average	10.0%		
Peak load - annual	255	255	900
Electricity	MWh 1.626	1.626	
Electricity rate - base case	RSD/kWh 6.550	6.550	
Total electricity cost	RSD 11,963,448		

Слика 4. - Обрачунска снага по месецима

а састоје се од дела у коме су подаци везани за грејање и дела где су информације везане за потрошњу електричне енергије.

Пројекат грејања (слика 3) подразумева уношење информација о томе колико зграда има, колика је површина објекта, које се гориво користи, колико је топлотно оптерећење зграде и сл.

Неопходно је попунити податке о површини објекта. Од енергената објекат троши гас чија је цена током израде овог рада износила 39,950 дин/

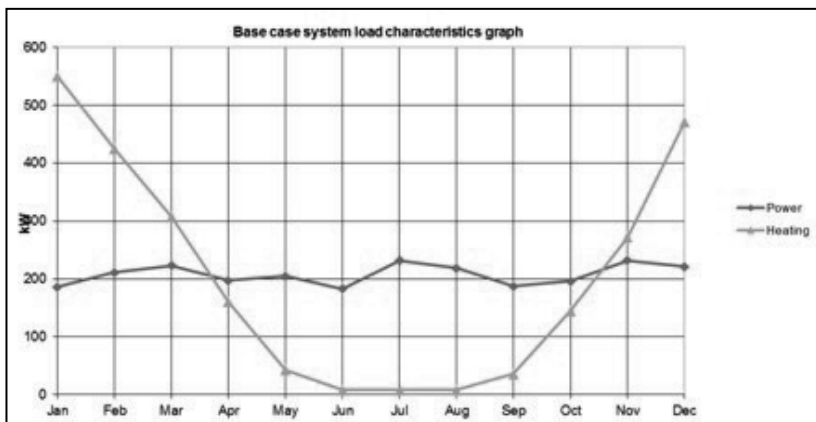
m³. Потребне грејања санитарне воде нису веће од 5%. Мере енергетске ефикасности износе око 5%. Најзахтевније је одредити топлотно оптерећење објекта. Оно знатно зависи од изолације, а будући да објекат пиваре спада у средње изоловане, усвојено је топлотно оптерећење од 90 W/m². На основу цене горива коју је програм израчунао, може се закључити да је изабрано топлотно оптерећење јако близу реалног.

У делу Електро-енергетски пројекат, уноси се снага средњег оптерећења електричне мреже у kW (слика 4), односно снага за обрачун (уколико се читају рачуни за електричну енергију). Потребно је унети и цену електричне енергије по kWh, која је при изради рада износила 6550 дин.

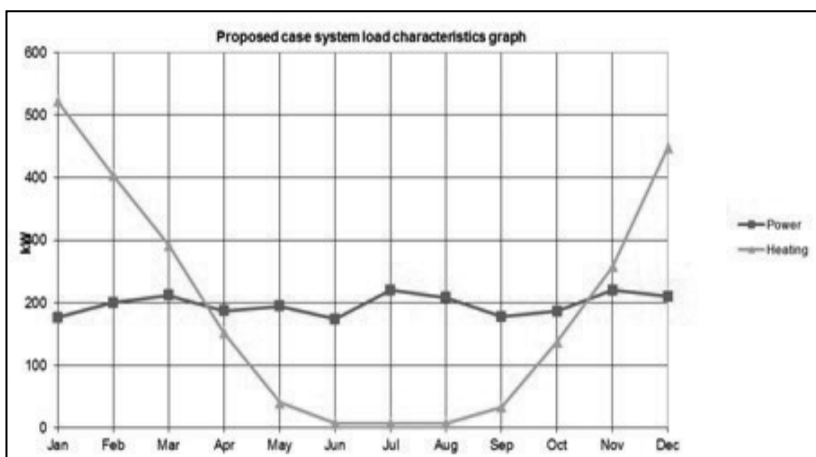
За прекорачени пик изнад максималне месечне вредности усваја се вредност од 10%, односно 255 (у kW снаге). На основу унетих података добијен је график потрошене топлотне и електричне енергије на годишњем нивоу (слика 5).

График има очекивани изглед, потрошња електричне енергије не осцилује много током године, док крива која представља потрошњу топлоте експоненцијално опада до месеца маја, где постаје приближно линеарна. Талинеарност се задржава до септембра, што је и логично, јер у овом периоду углавном нема потрошње топлотне енергије, а након тога расте. У раду је усвојена мера енергетске ефикасности од 5%, тако да предложен случај потрошње има изглед као на слици 6.

Између претходог графика и овог постоји значајна сличност. На



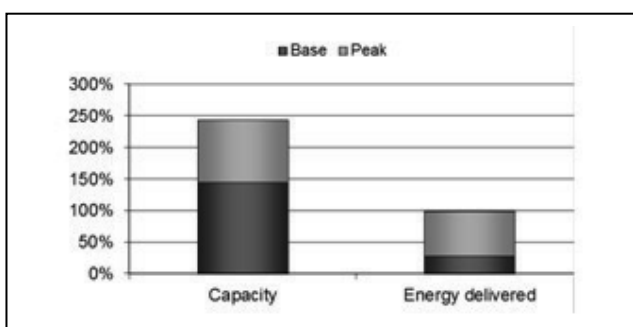
Слика 5. - Потрошња топлотне и електричне енергије



Слика 6. - Предложени случај потрошње

Proposed case power system			
System selection	Base load system		
Base load power system			
Technology	Reciprocating engine		
Availability	h	2,500	28.5%
Fuel selection method	Single fuel		
Fuel type	Natural gas - m ³		
Fuel rate	RSD/m ³	39,950	
Reciprocating engine			
Power capacity	kW	350	144.4%
Minimum capacity	%	50.0%	
Electricity delivered to load	MWh	495	28.5%
Electricity exported to grid	MWh	380	
Manufacturer			
Model			
Heat rate	kJ/kWh	12,000	
Heat recovery efficiency	%	47.0%	
Fuel required	GJ/h	4.2	
Heating capacity	kW	383.8	44.9%

Слика 7. - Енергетски модел



Слика 8. - Капацитет електричне енергије и испоручена енергија

слици 6 се види да је, на основу предложених мера енергетске ефикасности од 5%, потрошња топлоте и електричне енергије нешто смањена.

Избор технологије која се примењује, капацитет машине, број радних сати, као и врста горива и његова цена присутни су у радном листу *Енергетски модел* (слика 7). Овде постоји могућност избора и конкретног модела мотора из базе података коју поседује RETScreen.

За радну машину одабран је клипни мотор релативно велике снаге од 350 Kw/h који, као гориво, користи природан гас. Број радних сати је одређен на основу потреба производње, тако да је одабрано

да мотор ради 28,5% времена, односно 2500 h. Јако битно је одредити снагу мотора и оптерећење које мотор задовољава. Изабрано је базно оптерећење које задовољава 144,4% капацитета. Минимални капацитет којим мотор може да ради је 50%. На основу овога, количина електричне енергије која се доставља систему је свега 28,5%.

Капацитет који овакав систем задовољава и испорука енергије дати су на *слици 8*.

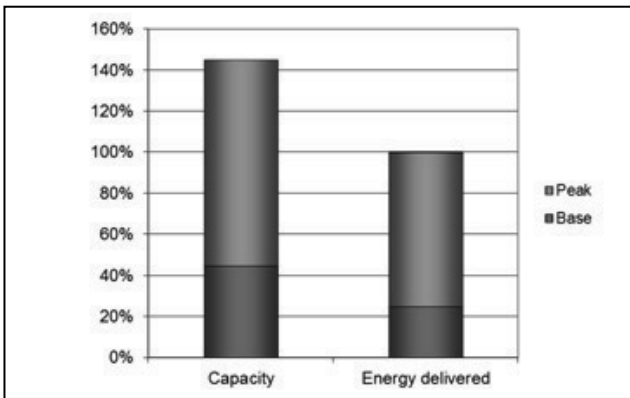
Максимални капацитет система износи 254% и може се прочитати са графика. Ту спада електрична енергија коју обезбеђује изабрани мотор, док осталих 100% потиче од електродистрибутивне мреже на коју је објекат прикључен. Наглашава се да је мотор изабран тако да испуњава базни модел оптерећења који износи око 30%. То значи да мотор ради са предложених 100% капацитета тј. целокупна енергија коју производи искористи се за потребе објекта.

Карактеристике препорученог грејног система су приказане на *слици 9*.

Укупан капацитет у погледу топлотне енергије који мотор задовољава износи 45%, а испоручена топлота је 25%. Ови подаци јасно су представљени *сликом 10*.

Heating			
Base load heating system			
Technology	Reciprocating engine		
Capacity	kW	383.8	44.9%
Heating delivered	MWh	441	24.9%
Intermediate load heating system			
Technology	Not required		
Peak load heating system			
Technology	Boiler		
Fuel type	Natural gas - m ³		
Fuel rate	RSD/m ³		
Suggested capacity	kW	855.0	
Capacity	kW	856	100.1%
Heating delivered	MWh	1,334.1	75.1%
Manufacturer			
Model			
Seasonal efficiency	%		See PDB
Back-up heating system (optional)			
Technology			
Capacity	kW		

Слика 9. - Карактеристике препорученог грејног система



Слика 10. - Дијаграм карактеристика грејног система

свега, од тога колико је студија озбиљна и прецизна, као и од вероватноће реализације пројекта. У случају да није у потпуности сигурна финансијска исплативост, наручилац пројекта највероватније није спреман да уложи већа финансијска средства. У раду је анализирана просечна пивара, па је усвојена сума од 350000 дин. као максимум коју је менаџмент фабрике спреман да уложи. Највећи део почетних улагања се односи на саму цену мотора, која се процењује на основу снаге и рачуна по kW. Смањењем снаге мотора повећава се његова цена по kW радне снаге. Пројекат увођења когенерације ће, дакле, бити исплативији уколико

Initial costs (credits)	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	Relative costs
Feasibility study					
Feasibility study	cost		RSD 200 000	RSD -	-
Sub-total:				RSD -	0.0%
Development					
Development	cost		RSD 150 000	RSD -	-
Sub-total:				RSD -	0.0%
Engineering					
Engineering	cost			RSD -	-
Sub-total:				RSD -	0.0%
Power system					
Base load - Reciprocating engine	kW	350.00	RSD 135 000	RSD 47 250 000	-
Peak load - Grid electricity	kW	243.00		RSD -	-
Road construction	km			RSD -	-
Transmission line	km			RSD -	-
Substation	project			RSD -	-
Energy efficiency measures	project			RSD -	-
User-defined	cost			RSD -	-
Sub-total:				RSD 47 250 000	100.0%
Heating system					
Base load - Reciprocating engine	kW	383.8		RSD -	-
Peak load - Boiler	kW	856.9		RSD -	-
Energy efficiency measures	project			RSD -	-
User-defined	cost			RSD -	-
Sub-total:				RSD -	0.0%
Balance of system & miscellaneous					
Spare parts	%			RSD -	-
Transportation	project			RSD -	-
Training & commissioning	p-d			RSD -	-
User-defined	cost			RSD -	-
Contingencies	%		RSD 47 250 000	RSD -	-
Interest during construction		Enter number of months		RSD 47 250 000	-
Sub-total:				RSD -	0.0%
Total initial costs				RSD 47 250 000	100.0%

Слика 11. - Почетни трошкови

Увођење когенерације или имплементација било ког пројекта не би имала смисла уколико трошкови реализације и одржавања тог пројекта превазилазе уштеду. Зато програм RETScreen у посебном радном листу омогућава уношење трошкова инсталације постројења, трошкове самог мотора, одржавања и замене делова. Најпре су представљени почетни трошкови пројекта (слика 11). У оквиру овог прозора понуђена је могућност уписивања трошкова који се тичу студије изводљивости, развоја пројекта, инжењеринга, као и трошкова радне машине по kW. За трошкове студије изводљивости и развоја пројекта изабрано је укупно 350000 дин. Ови трошкови зависе, пре

су захтеви објекта такви да је потребна уградња постројења веће снаге. Са слике 11 се види да су укупни почетни трошкови пројекта когенерације у конкретном случају 47 250 000 дин.

У наредном делу уносе се годишњи трошкови који укључују цену одржавања и цену горива. Након тога софтвер приказује израчунату годишњу уштеду коју корисник остварује (слика 12). За трошкове одржавања усвојено је да на годишњем нивоу износе око 10 000 дин. Ту је урачуната и евентуална замена делова, као и цена природног гаса и електричне енергије. Годишња уштеда износи 23 263 393 дин.

Увођењем когенерације знатно се смањује и емисија гасова стаклене баште. Зато програм RETScreen у себи садржи и део посвећен управо израчунавању смањења емисије штетних гасова (слика 13). На основу потрошње електричне и топлотне енергије процењено је да је емисија

Annual costs (credits)	Unit	Quantity	Unit cost	Amount
O&M				
Parts & labour	project	100	RSD 10,000	RSD 1,000,000
User-defined	cost			RSD -
Contingencies	%		RSD 1,000,000	RSD -
Sub-total:				RSD 1,000,000
Fuel cost - proposed case				
Natural gas	m³	309,026	RSD 39,950	RSD 12,345,575
Electricity	MWh	1,240	RSD 6,550	RSD 8,122
Sub-total:				RSD 12,353,697
Annual savings				
Fuel cost - base case				
Natural gas	m³	282,852	RSD 39,950	RSD 11,299,945
Electricity	MWh	1,826	RSD 6,550,000	RSD 11,963,448
Sub-total:				RSD 23,263,393

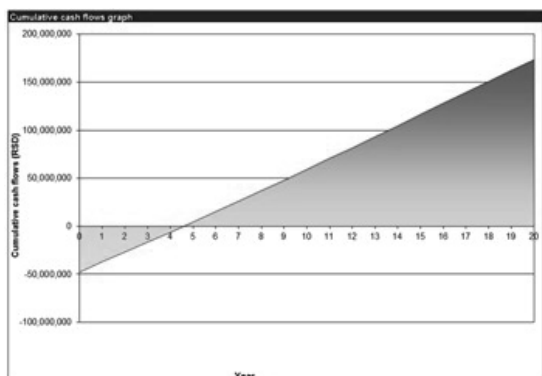
Слика 12. - Годишњи трошкови и уштеда

Combined heating & power project	Base case GHG emission tCO ₂	Proposed case GHG emission tCO ₂	Gross annual GHG emission reduction tCO ₂	GHG credits transaction fee %	Net annual GHG emission reduction tCO ₂
	2,388.2	1,621.9	766.3		766.3

Слика 13. - Смањење емисије угљен-диоксида

	#	RSD	RSD	RSD
Power system	100.0%	RSD	47,250,000	
Heating system	0.0%	RSD	0	
Balance of system & misc	0.0%	RSD	0	
Total initial costs	100.0%	RSD	47,250,000	
Annual costs and debt payments				
O&M		RSD	1,000,000	
Fuel cost - proposed case		RSD	12,353,697	
Total annual costs		RSD	13,353,697	
Periodic costs (credits)				
Annual savings and income				
Fuel cost - base case		RSD	23,263,393	
Electricity export income		RSD	2,488	
Total annual savings and income		RSD	23,265,881	

Слика 14. - Трошкови, уштеда и ток капитала



Слика 15. - График тока новца

гасова 2388,2 t. Коришћењем система когенерације та вредност се своди на 1 621,9 t, односно смањена је за 766,3 t.

Циљ сваке анализе пројекта је и да се покаже да ли он има економску оправданост, односно финансијску исплативост и одрживост. У конкретном случају пројекат когенерације се односи на период од 20 година, па треба имати у виду промене на тржишту електричне енергије као и стопу инфлације.

Емпиријски је одређено да пораст цене горива износи 2%, а стопа инфлације 8%. Ово су последњи финансијски параметри који се уносе пре приказа укупних трошкова и уштеде за одабрани период. Укупни почетни капитал потребан за уградњу когенерационог постројења, годишњи трошкови

горива и одржавања, као и ток новца за сваку годину појединачно, за интервал од 20 година, дати су на слици 14.

Као резултат анализа вршених у програму, добија се крајњи график тока новца који даје јаснију слику отплате пројекта. Из финансијског извештаја или са графика (слика 15) може се уочити да је за конкретан пројекат пиваре, разматран овом у раду, потребан значајан почетни капитал од 47 250 000 дин. Период отплате уложеног новца је нешто краћи од 5 година и након тога постиже се велика уштеда, која би за период од 20 година износила приближно 173 755

282 дин. То је готово три пута више од уложених средстава.

4. ЗАКЉУЧАК

Примена когенерације у индустрији пива разматрана је, пре свега, због многобројних и значајних предности које овакав процес поседује, у односу на уобичајене начине снабдевања енергијом. Степен ефикасности је знатно већи, а у зависности од услова може достићи и 85%, па је управо та чињеница била кључна за реализацију овог рада. Применом когенерације, производња топлотне енергије у Републици Србији, сасвим сигурно, могла би вишеструко да се увећа.

Иплетација ове технологије разматрана је за индустријски објекат, а добијени резултати показују да, уз правилан избор технологије и оптерећења, когенерација може да донесе, после одређеног периода, повраћај уложених средстава, након чега се остварује профит. Анализа је обављена коришћењем програма RETScreen [6]. У конкретном случају је највећи проблем био избор снаге мотора, тј. модела оптерећења, будући да је од њега највише зависила финансијска анализа. Одабран је мотор снаге 350 kW, која је већа од потребне за разматрани проблем, али треба имати на уму да је у раду узет у обзир само део простора "Јагодинске пиваре". Фабрика би и у остале објекте могла да уведе систем когенерације. У том случају би за комплетну пивару, увођење когенерације било веома исплативо.

ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад представља део истраживања реализованих на пројекту III 42013, финасираном од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Марковић, Д., Процесна и енергетска ефикасност, Универзитет Сингидунум, Београд, 2010.
- [2] Кочовић, В., Употреба когенерације у земљама из окружења кроз примењене технологије, остварене економске и еколошке добити, Завршни рад, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, Крагујевац, 2012.
- [3] <http://www.gorenje-indop.si/sr/43391> (приступљено 12.02.2015)
- [4] Савић, С., Буквић, Л., Бабић, М., Шуштершич, В., Вукашиновић, В., Увођење система когенерације у индустријски објекат у циљу уштеде енергије, Трактори и погонске машине, Vol. 19, No. 4, стр. 34-43, 2014.
- [5] <http://retscreen.net/ang/home.php> (приступљено 10.10.2014)
- [6] Војиновић, Д., Могућност увођења когенерације у индустрији пива помоћу софтверског пакета RETScreen, Завршни рад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.