

ISSN br. 3554-8651



List Saveza energetičara
Broj 3-4 / Godina XV Mart 2013
UDC 620.9

energija

■ ekonomija ■ ekologija

ENERGETIKA 2013.

ENERGETIKA 2013.

XXIX međunarodno savetovanje u organizaciji



Saveza energetičara

Pokrovitelj savetovanja

Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine,
Ministarstvo prirodnih resursa, rudarstva i prostornog planiranja,
Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja,
Ministarstvo finansija i privrede,
Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede
PKS, JP EPS, NIS Gazprom neft, JP EMS, JP Srbijagas

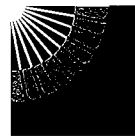
Generalni sponsor

HITACHI
Inspire the Next

HITACHI Power Europe GmbH

Zlatni sponsor

ПРИВРЕДНО ДРУШТВО
ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ И КОГОВИ
КОСТОЛАЦ д.о.о.



Srebrni sponsor



ATB SEVER

Technology in Motion

Sponsor

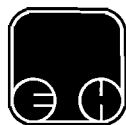


ПРИВРЕДНО ДРУШТВО
„ЕЛЕКТРОИСТОК ИЗГРАДЊА“ ДОО



FAAS DOO
KONSALTING
INŽENJERING
TRGOVINA

Savetovanje su pomogli



TERMOELEKTRANE
NIKOLA TESLA



СРБИЈАГАС



Sponsor koktela dobrodošlice



Savez energetičara

KONZORCIJUM
za konsalting i inženjering u
ENERGETICI

ENERGETIKA 2013.

XXIX Međunarodno savetovanje

 energija

 ekonomija

 ekologija

ENERGETIKA 2013.

Pokrovitelj savetovanja

Ministarstvo energetike,
razvoja i zaštite životne sredine,
Ministarstvo prirodnih resursa,
rudarstva i prostornog planiranja,
Ministarstvo prosvete,
nauke i tehnološkog razvoja,
Ministarstvo finansija i privrede,
Ministarstvo poljoprivrede,
šumarstva i vodoprivrede
PKS, JP EPS, NIS Gazprom neft,
JP EMS, JP Srbijagas



SAVEZ ENERGETIČARA

Adresa: 11000 BEOGRAD, Kneza Mihaila 33
Telefon: +381 11 2183 315, Faks: +381 11 2639 368
E-mail: savezenergeticara@eunet.rs
Web: www.savezenergeticara.org.rs

ZBORNIK RADOVA

Zlatibor, 26.03. - 29.03.2013.

energija

■ ekonomija ■ ekologija

Energija/Ekonomija/Ekologija

Broj 3-4 / Godina XV Mart 2013

Osnivač i izdavač
Savez energetičara

Predsednik Saveza energetičara
Prof. dr Nikola Rajaković

Sekretar Saveza energetičara
Nada Negovanović

Glavni i odgovorni urednik
Prof. dr Nenad Đajić

Adresa. Redakcije
Saveza energetičara
11000 BEOGRAD
Kneza Mihaila 33
Telefon: +381 11 2183 315
Faks: +381 11 2639 368

E-mail:
savezenergeticara@eunet.rs
Web: www.savezenergeticara.org.rs

Kompjuterski prelom
Željka Bašić-Stankov

Štampa
„BELPAK“ N. Beograd

Godišnja preplata
- 8.000,00 RSD
- za inostranstvo 80 €

Tekući račun SE
Br 355-1006850-61

Radovi su štampani po redosledu
dostavljanja.

IZDAVAČKI SAVET

Prof.dr Zorana Mihajlović, ministar za energetiku, informisanje i zaštitu životne sredine

dr Žarko Obradović, ministar prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
dr Milan Bačević, ministar prirodnih resursa, rudarstva i prostornog planiranja
Mladen Dinkić, ministar finansija i privrede

Goran Knežević, ministar poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede
Prof.dr Vladan Zdravković, državni sekretar

Dušan Mrakić, državni sekretar
Dejan Popović, državni sekretar
Srđan Belić, državni sekretar

Tomislav Šubaranović, državni sekretar
Prof.dr Mirko Komatina, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
dr Kiril Kravčenko, gen.dir. NIS ad
Aleksandar Obradović, v.d. gen.dir. JP EPS

Miloš Bugarin, predsednik PKS
dr Aca Marković, predsednik UO JP EPSP
Mitri Mališev, predsednik UO NIS
Ljubo Mačić, dir. Agencije za energetiku Srbije

Aleksej Belov, dir. Bloka „Energetika“ NIS

Dušan Bajatović, dir. JP Srbijagas
Nikola Petrović, gen.dir. JP EMS

Čedomir Ponoćko, dir. TENT, d.o.o.
Dragan Jovanović, dir. TE-KO Kostolac, d.o.o.

Bratislav Čeperković, predsednik UO JP Transnafta

Miloš Tomić, dir. JP Transnafta
Vladan Milošević, v.d. dir. JP PEU

Goran Stojilković, zam.gen.dir. za petrohemijske poslove NIS

Rišat Islamov, dir. Bloka „Istraživanje i proizvodnjaz“ NIS

Viktor Slavin, dir. Bloka „Prerada“ NIS
Goran Knežević, dir. HE Đerdap, d.o.o.

Zoran Rajović, dir. EDB, d.o.o.
Milorad Grčić, dir. RB Kolubara d.o.o.

Srđan Knežević, dir. Elektrovojvodina, d.o.o.

Srđan Đurović, dir. Elektrosrbija, d.o.o.
dr Miroslav Malobabić, dir. JP Srbijagas

Aleksandar Vlajčić, v.d. dir. Obnovljivi izvori EPS

Srđan Đurović, dir. „Elektrosrbija“ d.o.o.
Igor Novaković, v.d. dir. „Jugoistok“ d.o.o.

dr Gvozden Ilić, dir. „Centar“, d.o.o.
Aleksandar Pribić, dir. JKP Novosadska toplana

Zoran Ivančević, dir. Panonske TE-TO
dr Svetislav Bulatović, dir. EFT Group
dr Nenad Popović, ABS Holding
Milorad Marković, predsednik HK Minel
dr Dragan Kovačević, dir. Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“

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

dr Bojan Radak, v.d. dir. Instituta za nuklearne nauke „Vinča“

Prof.dr Branko Kovačević, dekan ETF Beograd

Prof.dr Milorad Milovančević, dekan Mašinski fakultet u Beogradu

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

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

Prof.dr Miroslav Babić, dekan Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu

Prof.dr Jeroslav Živanić, dekan Tehnički fakultet u Čačku

Prof.dr Milun Babić, Fakultet inženjerskih nauka u Kragujevcu

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

Mijodrag Čitaković, dir. Drinko-Limske HE

Prof.dr Petar Đukić, TMF

Dragan Nedeljković, novinar

Savo Mitrović, dir. Sever Subotica

Dr Branislava Lepotić, dir. JP Transnafta
Milan Miroslavljević, dir.za odose s javnošću EPS

Mile Danilović, dir. Termoelektro Enel

Ružica Vranjković, novinar

Roman Mulić, SE

Krstajić Sekula, novinar

Božica Sandić, JP EPS

Simo Bobić, PK Beograda

Jelica Putniković, novinar

Nikola Petrović, dir. Energetika Kragujevac

Rade Borojević, PK Beograda



 energija

 ekonomija

 ekologija

ORGANIZACIONO - PROGRAMSKI ODBOR

Predsednik: Prof.dr Milun Babić, Mašinski fakultet u Kragujevcu
Sekretar: Nada Negovanović, sekretar Saveza energetičara

Članovi:

Dr Matthias Jochem, Hitachi, Nemačka
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
mr Dušan Kalember, Brodarski Institut, Hrvatska
mr Milan Stojsavljević, Institut za elektroprivredu i energetiku, Hrvatska
Prof.dr Rade Biočanin, Univerzitet APERION Banja Luka
Prof.dr Dečan Ivanović, Mašinski fakultet Podgorica
Prof.dr Esad Jakupović, Univerzitet APERION Banja Luka
Dr Dragoljub Drašković, direktor Regulatorne agencije za energetiku Crne Gore
Prof.dr Zdravko N. Milovanović, Mašinski fakultet Banja Luka
Prof.dr Valentino Stojkovski, Mašinski fakultet Skopje
Dr Ognjen Kuljača, Brodarski institut, Hrvatska
Prof.dr Predrag Popovski, Mašinski fakultet Skopje
Prof.dr Mirko Komatina, predsednik Matičnog odbora Ministarstva prosvete i nauke
Prof.dr Aleksandar Nospal, Mašinski fakultet Skopje
dr Igor Krčmar, Elektrotehnički fakultet Banja Luka
dr Tatjana Luppova, Rusija
Prof.dr Nikolaj Ostrovski, Ukrajina
Prof.dr Ibrahim Jusufrić, Internacionalni univerzitet u Travniku
Prof.dr Neven Duić, Strojarsko-brodarski fakultet, Hrvatska
Prof.dr Jeroslav Živanić, dekan Tehničkog fakulteta u Čačku
Prof.dr Miroslav Babić, dekan Mašinskog fakulteta u Kragujevcu
Prof.dr Slobodan Vukosavić, Elektrotehnički fakultet Beograd
Prof.dr Branko Kovačević, dekan ETF u Beogradu
Prof.dr Radivoje Mitrović, državni sekretar
Prof.dr Milan Medarević, dekan Šumarskog fakulteta u Beogradu
Prof.dr Dejan Filipović, dekan Geografskog fakulteta u Beogradu
Dr Miodrag Arsić, Institut za ispitivanje materijala IMS Beograd
Ljubo Mačić, Predsednik Agencije za energetiku Srbije
Prof.dr Ozren Očić, Faculty of International Engineering Management
Dr Miloš Banjac, Mašinski fakultet Beograd
Prof.dr Slobodan Stupar, pom.ministra
Dr Tomislav Simović, direktor Montinvest AD
Radiša Kostić, direktor Elektroistok d.o.o. Beograd
Boško Buha, savetnik gen.dir. TENT
Milorad Marković, predsednik Minel Koncern
Dr Miroslav N. Malobabić, izvršni direktor JP Srbijagas
Prof.dr Nenad Đajić, glavni i odgovorni urednik časopisa ENERGIJA
Prof.dr Vladimir Živanović, Savez energetičara

<i>M. SAVIĆEVIĆ, Z. ZAKOŠEK, S. JOTOV, I. DIMITRIJEVIĆ, M. CVETKOVIĆ</i> ADAPTACIJA BLOKA B2 TE „KOSTOLAC B“ SA REKONSTRUKCIJOM ELEKTROFILTERA.....	5
<i>MIODRAG ARSIĆ, SRĐAN BOŠNJAK, MLADEN MLADENović,</i> <i>VENCISLAV GRABULOV, ZORAN SAVIĆ</i> UTICAJ MEHANIČKIH OSOBINA MATERIJALA NA ČVRSTOĆU I OTPORNOST NA LOM POKLOPCA RADNOG KOLA TURBINE NA HIDROELEKTRANI „ĐERDAP 1”	15
<i>B. POPOVSKI, Z. MARKOV, P. POPOVSKI</i> ANALYSIS OF THE TURBINE TYPE AND CAPACITY SELECTION ON THE ECONOMIC PARAMETERS OF MEDIUM HEAD SHPP	25
<i>KRISTIJAN RISTIĆ, ŽARKO RISTIĆ</i> EKOLOŠKI MENADŽMENT U EKONOMSKOJ TEORIJI I PRAKSI	33
<i>VEDRAN BAKARIĆ, IVAN MIŠKOVIĆ, KRUNOSLAV HORVAT, OGNJEN KULJAČA</i> ISPITIVANJA SISTEMA TURBINSKE REGULACIJE HIDROAGREGAT.....	39
<i>RADOSLAV RAKOVIĆ, JASNA GRUJIĆ, SANJA PETROVIĆ-BEĆIROVIĆ</i> NEKI ASPEKTI PRAKTIČNE PRIMENE SISTEMA ENERGETSKOG MENADŽMENTA.....	49
<i>BILJANA MIĆKOVIĆ</i> VJEŠTAČKA JEZERA KAO TURISTIČKI POTENCIJAL OPŠTINE NIKŠIĆ.....	57
<i>VELJKO ĐUKIĆ, ESAD JAKUPOVIĆ</i> ENERGETSKI POTENCIJALI BIOMASE U REPUBLICI SRPSKOJ.....	63
<i>OZREN OČIĆ, IVAN SOUČEK, SLOBODAN ADŽIĆ, IVAN NIKOLIĆ</i> THE MODERNIZATION OF OIL REFINERY IN SERBIA - WITH THE TECHNOLOGY AND ECOLOGICAL ASPECTS.....	71
<i>DR OZREN OČIĆ, STEVAN NEMODA, IVAN SOUČEK,</i> <i>SLOBODAN, ADŽIĆ IVAN NIKOLIĆ</i> ENERGY EFFICIENCY AND SAVING IN OIL REFINERY.....	77
<i>БОРБЕ ЧАНТРАК, НОВИЦА ЈАНКОВИЋ, СЛОБОДАН ТАШИИ</i> ЛАСЕРСКА АНЕМОМЕТРИЈА У ИСПИТИВАЊИМА ВЕНТИЛАТОРА.....	89
<i>JASMINA MANDIĆ-LUKIĆ, NENAD SIMIĆ,</i> <i>BOJAN MILINKOVIĆ, ŽELJKO VASILJEVIĆ</i> INTELLIGENTNO UPRAVLJANJE POTROŠNOM TOPLOTNE ENERGIJE U POSLOVNIM I REZIDENCIJALNIM OBJEKTIMA.....	97
<i>BOŽIDAR ŽIVANOVIĆ</i> PROBLEMI REGULACIJE NAPONA U MREŽAMA SA DISTRIBUIRANIM GENERATORIMA	105
<i>DUŠAN VUKOTIĆ, BRANKA TODOROVIĆ</i> ENERGETSKI POKAZATELJI KONZUMNOG PODRUČJA PD EDB U PERIODU 2008 – 2012.GODINA.....	111
<i>SAŠA R. PAVLOVIĆ VELIMIR P.STEFANOVIĆ, MIROSLAV MIJAJLOVIĆ,</i> <i>SUAD H. SULJKOVIĆ, MARKO N. ILIĆ</i> REVIEW OF SOFTWARE FOR SIMULATION AND OPTIMIZATION OF CONCENTRATING SOLAR COLLECTORS	121

energija

■ ekonomija ■ ekologija

<i>MARKO N. ILIĆ, VELIMIR P. STEFANOVIĆ, GRADIMIR S. ILIĆ, SAŠA R. PAVLOVIĆ, SUAD SULJKOVIĆ</i> CFD SIMULATION OF COMBUSTION, RADIATION OF NATURAL GAS AND ITS INFLUENCE ON ABOVE GROUND PIPING.....	133
<i>MIODRAG GRUJIĆ, DEJAN IVEZIĆ</i> RAZLIČITE PROJEKCIJE POTROŠNJE ENERGIJE U BEOGRADU DO 2030. GODINE	141
<i>VLADIMIR PAVLOVIĆ DRAGAN IGNJATOVIĆ DRAGOLJUB LAKOVIĆ</i> STRATEGIJA PROIZVODNJE UGLJA U FUNKCIJI OSTVARIVANJA STRATEGIJE ENERGETIKE REPUBLIKE SRBIJE ZA PERIOD DO 2025. GODINE	149
<i>BOGDANOVIĆ IGOR</i> UPOREDNA ANALIZA SVETSKIH I DOMAĆIH ISKUSTAVA U PRIMENI GEO-INFORMACIONIH SISTEMA U INŽENJERSTVU ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE	159
<i>VESNA KAROVIĆ MARIČIĆ, DUŠAN DANILOVIĆ, BRANKO LEKOVIĆ, MIROSLAV CRNOGORAC, SAŠA IGNJATIĆ</i> KRITERIJUMI PRIMENE DOPUNSKIH METODA POVEĆANJA ISKORIŠĆENJA NAFTNIH LEŽIŠTA.....	173
<i>GORAN ĐUKIĆ</i> POREMEĆAJI AMPLITUDE NAPONSKOG TALASA I NAPONSKE NEURAVNOTEŽENOSTI-UZROCI, POSLEDICE, STANDARDI KOJI IH DEFINIŠU I NAČINI ELIMINISANJA.....	181
<i>NIKOLA MUČALICA, MIROSLAV PRŠA, KAROLINA KAŠAŠ-LAŽETIĆ, VERA BAJOVIĆ</i> POJEDNOSTAVLJENI MODEL AL-ČE I AL-ALO PROVODNIKA.....	187
<i>MILOŠ GRUJIĆ, IVICA RISTOVIĆ, MIODRAG GRUJIĆ</i> OSNOVI METODOLOGIJE ZA ODREĐIVANJE PRIORITETA REŠAVANJA PROBLEMA ZAŠTITE RADNE I ŽIVOTNE SREDINE NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA LIGNITA.....	195
<i>PROF. DR MILAN RADUNOVIĆ, DAMIR HAMZIĆ, TIJANA KOSTIĆ, MILJAN RADUNOVIĆ</i> RAZVOJ ENERGETIKE KROZ JAVNO-PRIVATNO PARTNERSTVO	203
<i>DUŠAN VLAISAVLJEVIĆ, DR IVAN ŠKOKLJEV</i> MODEL VREDNOVANJA INVESTICIONOG PROJEKTA U PLANIRANJU NOVE TERMoeLEKTRANE U DEREGULISANOM, TRŽIŠNOM OKRUŽENJU.....	209
<i>PREDRAG RADOVANOVIĆ, MARINA JOVANOVIĆ, ALEKSANDAR ERIĆ</i> MOGUĆNOSTI ZA KOSAGOREVANJE SA UGLJEM ČVRSTIH OBNOVLJIVIH GORIVA U TERMoeLEKTRANAMA U SRBIJI	217
<i>BORIS ĆOSIĆ, GORAN KRAJAČIĆ, NATASA MARKOVSKA, ILIJA BATAS BJELIĆ, NIKOLA RAJAKOVIĆ, NEVEN DUIĆ</i> 100% RENEWABLE ENERGY SOLUTIONS FOR REGIONS: THE CASE OF SOUTH EAST EUROPE	227
<i>DEJAN FILIPOVIĆ, MARIJANA PETROVIĆ</i> POTENCIJALI KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE NA PODRUČJU ZLATIBORSKOG OKRUGA	237
<i>TIN ŠTULA-VUKUŠIĆ</i> JUŽNI TOK – GEOPOLITIČKO OKRUŽENJE.....	245



energija

■ ekonomija ■ ekologija

<i>IVA BABIĆ, ŽELJKO ĐURIŠIĆ</i> UTICAJ DNEVNE I SEZONSKE VARIJACIJE SOLARNOG ZRAČENJA NA EKONOMIČNOST FOTONAPONSKIH ELEKTRANA.....	253
<i>IVA BABIĆ, MILETA ŽARKOVIĆ</i> DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE SA PRIMEROM VETROAGREGATA.....	259
<i>VLADIMIR VUKAŠINOVIĆ, MILUN BABIĆ, DUŠAN GORDIĆ, DUBRAVKA JELIĆ, DAVOR KONČALOVIĆ</i> PREGLED DOSTUPNIH MODELA GASNIH TURBINA I MOTORA SA UNUTRAŠNJIM SAGOREVANJEM KOJI SE MOGU KORISTITI U KOGENERACIONIM SISTEMIMA.....	265
<i>DARKO KORLEVIĆ, DRAGAN KOSIĆ</i> PRISTUP MODERNIZACIJI HIDRAULIČNOG DIJELA SUSTAVA TURBINSKE REGULACIJE NA HIDROELEKTRANAMA	279
<i>NIKOLA Ž. RAKIĆ, DUŠAN R. CANOVIĆ, MILAN S. POPOVIĆ, DUŠAN R. GORDIĆ, MILUN J. BABIĆ</i> TEHNO - EKONOMSKI ASPEKTI I MOGUĆNOST IMPLEMENTACIJE PARNOG KOGENERACIONOG CIKLUSA NA POSTOJEĆA KOTLOVSKA POSTROJENJA U ENERGANI "ENERGETIKA" KRAGUJEVAC.....	289
<i>VLADIMIR STEVANOVIĆ, MILOŠ MILIĆ, ZORAN STOJANOVIĆ, MILORAD JOVANOVIĆ</i> ENERGETSKI I EKONOMSKI UTICAJI UGRADNJE DODATNOG EKONOMAJZERA NA BLOKU B1 TENT B.....	299
<i>ĐORĐE NOVKOVIĆ, NIKOLA MARIČIĆ, MIROLJUB JEVTIĆ, ZORAN GLAVČIĆ</i> POBOLJŠANJE PERFORMANSI MALE CEVNE TURBINE PRIMENOM RAČUNARSKE MEHANIKE FLUIDA.....	309
<i>ADRIAN BEJ, ADRIANA SIDA MANEA</i> WIND ENERGY - IMPORTANT ENERGY SOURCE IN ROMANIA.....	317
<i>KAROLINA KASAŠ-LAŽETIĆ, MIROSLAV PRŠA, NIKOLA MUČALICA, TOMISLAV PAPIĆ</i> FREKVENCIJSKI ZAVISNE PODUŽNE OTPORNOSTI ALUMINIJUMSKIH UŽADI	323
<i>SAVIĆ ALEKSANDAR, PREDRAG STEFANOV</i> PLANIRANJE RAZVOJA PRENOSNE MREŽE REPUBLIKE SRBIJE UGRADNJOM FACTS UREĐAJA	331
<i>NEBOJŠA BOJOVIĆ</i> POBOLJŠANJE FAKTORA SNAGE U MESTIMA PREUZIMANJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U MREŽI JP ELEKTRODISTRIBUCIJA BEOGRAD NA PRIMERU TS 110/10 KV BEOGRAD 13	341



Nikola Ž. Rakić, Dušan R. Canović, Milan S. Popović, Dušan R. Gordić, Milun J. Babić
Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet Kragujevac, Srbija

UDK: 621.18.003./004

Tehno - ekonomski aspekti i mogućnost implementacije parnog kogeneracionog ciklusa na postojeća kotlovska postrojenja u energani "Energetika" Kragujevac

REZIME

U ovom radu predstavljena je sažeta tehno-ekonomska analiza predložene kogeneracione proizvodnje i dat je osvrt na kapacitet rada kogenerativnog postrojenja tokom godine na matičnoj lokaciji preduzeća "Energetika d.o.o." Kragujevac. Izvođenje bi podrazumevalo instalaciju dva parna turboagregata na već postojeću infrastrukturu, odnosno implementaciju postrojenja na već postojeća parna kotlovska postrojenja. Istraživački tim je u okviru svog istraživanja koristio softverski paket "RETScreen", besplatni program za analizu projekata čiste energije. Analizi se pristupilo tako što su, na osnovu merenja koja su vršena u samom preduzeću, dobijeni polazni podaci prema kojima su kasnije dimenzionirane parne turbine kao i proizvodnja električne energije. Izlazni rezultati ovog softvera je period otplate čitavog postrojenja, a određuje ga tako što u obzir uzima troškove za energente osnovnog i predloženog slučaja, prihod od prodaje električne energije kao i samu kapitalnu investiciju za instaliranje turboagregata, odnosno izvođenje kogenerativnog postrojenja. Dat je i prikaz opterećenja turbina po mesecima, odnosno kada su, i u kojoj meri, parne turbine angažovane u proizvodnji. Proizvedena električna energija se delimično troši za potrebe preduzeća, a delimično prodaje nacionalnoj elektro korporaciji. Dobijeni period otplate je 4,2 godine, koji je oharbrujući i upućuje na detaljnija razmatranja o izgradnji ovakvog postrojenja.

Ključne reči: kogeneracija, parna turbina, kogenerativno postrojenje, energetska efikasnost, energana;

UVOD

Kogeneracija je postupak za istovremenu proizvodnju električne i korisne toplotne energije. Ona obuhvata čitav niz tehnologija, ali će uvek uključiti generator električne struje i toplotni sistem.

Kroz korišćenje toplotne energije, efikasnost postrojenja kogeneracije može dostići 90% ili više. Pored toga, električna struja proizvedena u kogeneracionom postrojenju obično se koristi lokalno, pa će samim tim gubici prenosa i distribucije biti zanemarljivi. Kogeneracija zato nudi uštede energije u rasponu između 15-40% kada se uporedi sa isporukom električne energije i toplotne energije iz konvencionalnih elektrana i kotlova [1].

Uprkos svim pozitivnim efektima koje kogenerativno postrojenje donosi, konačnu ocenu o tome da li je postrojenje adekvatno ili ne, moguće je dati tek nakon izvršene tehno-ekonomske analize. Iz tog razloga pristup analizi troškova, održivosti, isplativosti i drugih stavki koje nosi tehno-ekonomska analiza mora biti detaljan i precizan.

Prilikom vršenja analize od ključnog značaja su troškovi izgradnje postrojenja i ekonomski aspekti funkcionisanja postrojenja. Veliki uticaj na aspekte funkcionisanja postrojenja ima cena električne i toplotne energije i prognoze njenih kretanja u Srbiji, od čije bi prodaje direktno zavisila održivost i isplativost postrojenja. Sve tehničke i ekonomske aspekte kao i samo proračunavanje, istraživački tim je obradio u softverskom paketu „RETScreen“.

Karakteristike matične energane „ENERGETIKA“ Kragujevac

Glavna namena matične energane u preduzeću „Energetika“ d.o.o. Kragujevac je zadovoljavanje potreba grada za toplotnom energijom. Ako se svi potrošači uzmu u obzir (tabela 1.) dobija se da preduzeće greje površinu od oko 1,5 miliona m². Osnovni podaci o toplotnom konzumu i proizvodnji „Energetike d.o.o.“ prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Podaci o toplotnom konzumu i proizvodnji „Energetike d.o.o.“ (ulazni podaci za softverski paket „RETScreen“ za tzv. „osnovni slučaj“)

ULAZNI PODACI OSNOVNOG SLUČAJA		
Podaci	Vrednost	Jedinica
Površina koja se greje	1.523.131	m ²
Stepen efikasnosti postrojenja	61	%
Dostavljena toplotna energija	201.897	MWh
Proizvedena toplotna energija	331.546	MWh

Veoma je bitno znati da intezitet rada kotlova konstantno varira kao i da je, zavisno od vremenskih uslova, u pogonu određeni broj kotlova. Tako se javljaju situacije da je nekada u radu samo jedan kotao, nekada dva, dok u punom pogonu, pri najnižim spoljašnjim temperaturama, radi svih pet kotlova u postrojenju uz napomenu da kotao K5 ima ulogu da zadovolji vršna opterećenja. Osnovne tehničke karakteristike kotlova u matičnoj energani prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. Tehničke karakteristike kotlovskih postrojenja K1, K2, K3, K4 i K5 u matičnoj energani

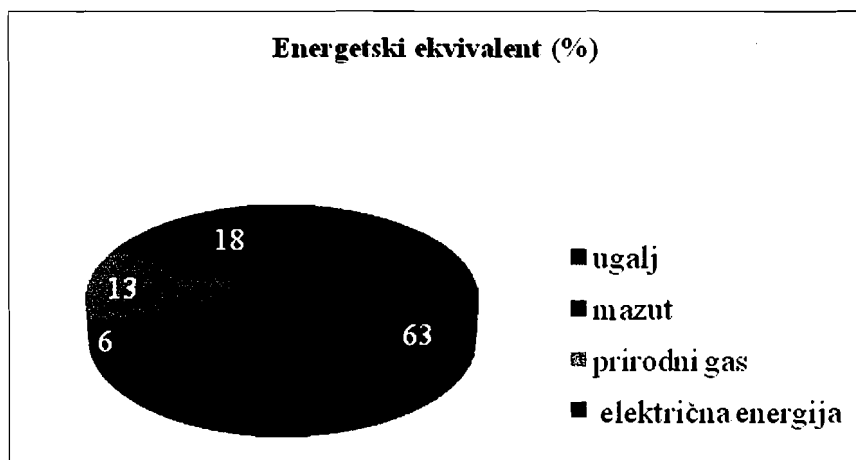
Oznaka Kotla	Pogonsko gorivo	Tip kotla	Godina proizvodnje	Toplotni kapacitet [MW]	produkcija pare min. - nom. - max. [t/h]
K1	gas	parni	1961.	31,5	8 - 32 - 40
K2	gas		1962.	31,5	8 - 32 - 40
K3	ugalj/mazut		1970.	63	20 - 64 - 80
K4	ugalj/mazut		1971.	63	20 - 64 - 80
K5	ugalj/mazut		1980.	115	50 - 128 - 150

Po predloženom idejnom projektu za realizaciju kogenerativnog postrojenja na matičnoj lokaciji, predpostavlja se da parne turbine pogoni para proizvedena u kotlovima K1, K2, K3 i K4, dok kotao K5 nije ni povezan sa parnom turbinom i, kao što je već navedeno, služi samo za potrebe vršnog opterećenja. Naime, po podacima iz grejne sezone 2011/2012 kotao K5 je radio ukupno 82 časa [2, 3], što je zanemarljiva produkcija sa aspekta kogenerativne proizvodnje, ali veoma značajna sa aspekta peglanja vršnih opterećenja. Potrošnja svih energenata u kotlovima matične lokacije data je u tabeli 3 [4,5].

Tabela 3. Pregled potrošnje energenata (ekvivalentna energija) u kotlovima matične lokacije za period 2011/2012. godina

Energent		ugalj	Mazut	prirodni gas	električna energija	UKUPNO
Potrošnja		99.000	2.850	7.453.002	99.000	
Jedinica mere		tona (t)	tona (t)	Nm ³	MWh	
Ekvivalentna energija	GJ	1.237.500	116.900	248.000	356.400	1.956.800
	%	63	6	13	18	100

Nakon analiziranja podataka datih u tabeli 3., uočava (slika 1) se da je ugalj energent koji dominira u potrošnji na matičnoj lokaciji.



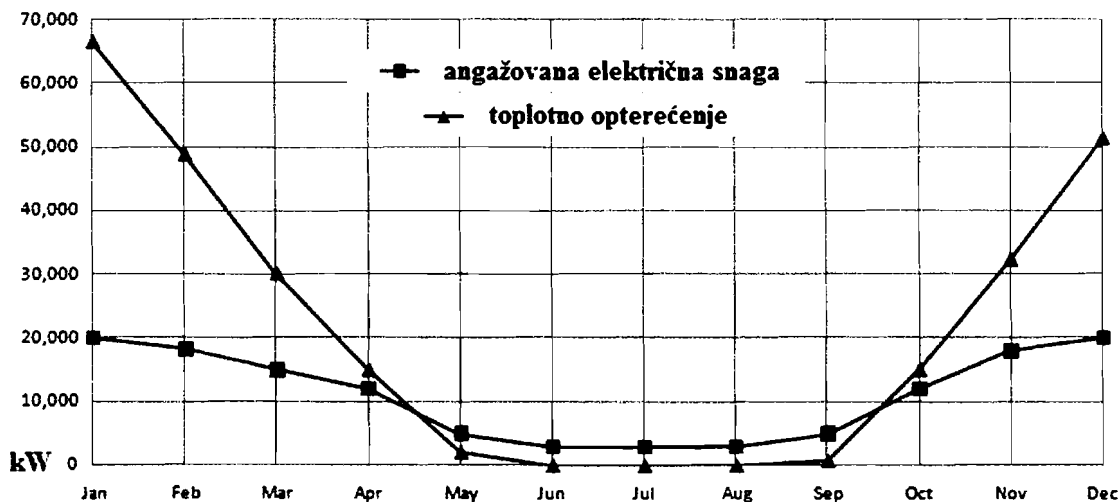
Slika 1. Potrošnja goriva i električne energije na matičnoj lokaciji - energetski ekvivalent

Kada je u pitanju emisija gasova staklene bašte koja nastaje sagorevanjem kotlovskog goriva na matičnoj lokaciji i usled proizvodnje električne energije u elektranama EPS-a koja se za potrebe matične lokacije preuzme iz elektrodistributivne mreže i potroši, može se izračunati (tabela 4.) da iznosi 205.522 t CO₂ (za bazni slučaj uzeta je grejna sezona 2011/2012) [6,7].

Tabela 4. Emisija ugljen-dioksida

Ukupna emisija CO ₂			
Energent	Emisioni faktor	Jedinica	Emisija (t)
Ugalj	100	kg CO ₂ /GJ	123.750
Mazut	69,235	kg CO ₂ /GJ	8.093
Prirodni gas	56,1	kg CO ₂ /GJ	13.912
Električna energija	575	kg CO ₂ /MWh	57.500
			205.522

Grafički prikaz sa slike 2. daje uvid u raspodelu toplotnog i električnog konzuma po mesecima tokom bazne godine. Sa slike se vidi da u letnjim mesecima potrebe za toplotnom energijom nema, i da potrebe za električnom energijom u znatnoj meri opadaju. Na grafiku trouglastim oznakama predstavljena kriva toplotnog opterećenja (toplotni konzum), koje zavisi od spoljašnjih klimatskih uslova (temperatura, vlažnost vazduha, osunčanost, brzina vetra itd.) i gubitaka u toplotno-distributivnoj mreži; dok je, kvadratnim oznakama označena kriva koja predstavlja angažovanu električnu snagu¹ na matičnoj lokaciji.



Slika 2. Dijagram angažovanih snaga na matičnoj lokaciji „Energetika“ d.o.o.

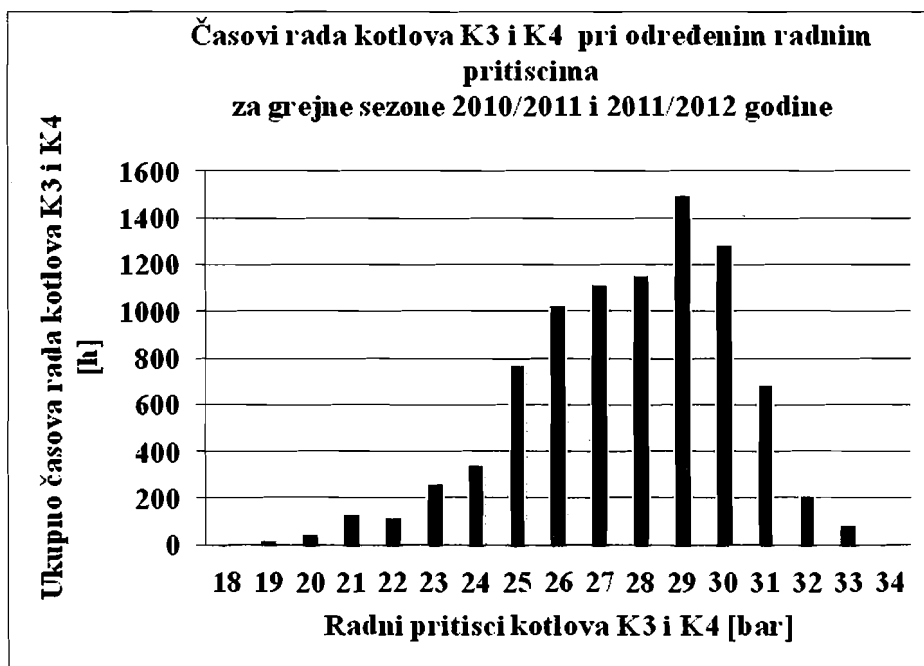
¹ -Angažovana električna snaga je suma snaga svih angažovanih elektro potrošača u datom trenutku

Tehno-ekonomska analiza

U ovom delu rada prikazani su analizirani radni režimi kotlova, da bi se utvrdili pritisci i temperature koje karakterišu te režime u toku reprezentativnih grejnih sezona.

Na slici 3. prikazana je korelacija pritisaka pare i časova rada kotlova K3 i K4 sa tim radnim pritiscima za grejne sezone 2010/2011 i 2011/2012 godina [8]. Razlog za isticanje korelacije izložene na slici 3. je u tome što je oko 66% od ukupnog broja časova rada svih kotlova matične lokacije u poslednjoj grejnoj sezoni pripadalo kotlovima K3 i K4, pri čemu su kotlovi K1 i K2 uzimali učešće od oko 32,7%. Važno je, takođe, istaći da su kotlovska postrojenja K3 i K4, kao i K1 i K2 po svojim karakteristikama ista, a uz to imaju i gotovo isti broj radnih sati. Po rečima stručnih konsultanata (inženjera „Energetike“) parametri proizvedene pare na izlazu iz kotlovskih postrojenja nisu se znatno menjali unazad 10-ak godina. Naime, sva kotlovska postrojenja (K1, K2, K3, K4 i K5) najčešće rade u radnom režimu pri kome se izlazni pritisci pare kreću u granicama 29-30 bara, a temperature oko 450 °C. Međutim, sa slike 3. se vidi da su se radni pritisci pare u kotlovima u periodu 2010/2011 i 2011/2012 kretali u rasponu od minimalnih 18 bara do maksimalnih 34 bara, a da je varijacija temperature pare bila u rasponu od minimalnih 200 °C do maksimalnih 450 °C, s tim što su kotlovi radili najveći broj sati sa pritiscima oko 29 bar [8].

Za analizu je usvojeno da će kogeneraciona parna turbina godišnje raditi 2.200 časova, odnosno ¼ godine, jer su parni kotlovi sa kojih bi se turbina napajala vodenom parom (K1, K2, K3 i K4) u grejnoj sezoni 2011/2012 radili u opsegu od 2.000 do 2.300 časova.



Slika 3. Korelacija pritisaka pare i časova rada kotlova K3 i K4 za grejne sezone 2010/2011 i 2011/2012 godina [8]

Na osnovu napred izloženog, utvrđene su vrednosti koje predstavljaju ulazne za tehno-ekonomsku analizu idejne varijante kogenerativnog postrojenja, i one su prikazane u tabeli 5.

Tabela 5. Ulazni podaci predložene varijante idejnog rešenja kogeneracijskog postrojenja na matičnoj lokaciji

ULAZNI PODACI PREDLOŽENE VARIJANTE		
Podaci	Vrednost	Jedinica
Časovi rada kotlova	2200	h
Protok pare	82,8	t/h
Pritisak pare	29	bar
Temperatura pare	350	°C
Pritisak oduzimanja	6,5	bar
Temperatura oduzimanja	250	°C
Kondezacijski pritisak	0,7	bar

Nakon analize ulaznih podataka, softver „RETScreen“ je „predložio“ parnu turbinu snage 25,3 MW, pa je imajući u vidu podsticajne cene proizvedene električne energije i druga važna tehno-ekonomski opravdanja usvojeno da je najpovoljnije da se na matičnoj lokaciji instaliraju 2 turbine nazivnih snaga 10 MW i 15 MW. Ovakvo rešenje omogućilo bi prodaju proizvedene električne energije po ceni od 7,6 c€/kWh [9]. Izabrane parne turbine neće zadovoljiti potrebe preduzeća za električnom energijom, tim pre što će deo energije biti prodat nacionalnoj elektro-korporaciji. Potrebe za dodatnom električnom energijom će biti zadovoljene kupovinom iz mreže, a dodatne potrebe za toplotnom energijom, tj. one potrebe koje kotlovi K1-K4 ne mogu da zadovolje, biće zadovoljavane radom kotla K5.

Nabavna cena po instaliranom kW izabranih parnih turbina kreće se oko 500 € [10]. Treba napomenuti da ova cena obuhvata sve prateće radove (instalaciju, prateću opremu, puštanje u rad), tako da se dodatni troškovi ne očekuju.

U tabeli 6. dat detaljan pregled svih troškova za nabavku i instaliranje kogeneracionih turbina, pri čemu se kapitalni deo investicije odnosi na samu turbinu.

Izdvajanja za energente u baznoj i predloženoj varijanti data su u tabeli 7.

Tabela 6. Početni investicioni troškovi

POČETNI INVESTICIONI TROŠKOVI			
Vrsta troškova		Iznos [€]	
Studija izvodljivosti		6.000	
Troškovi razvoja		2.000	
Tehnički troškovi (inženjering)		2.000	
Turboagragat	Parna turbine	12.650.125	12.750.125
	Podstanica	50.000	
	Troškovi mere energetske efikasnosti	50.000	
Troškovi obuke radnika		9.000	
UKUPNO		12.769.125	

Tabela 7. Troškovi energenata predložene i bazne varijante

TROŠKOVI ENERGENATA			
Vrsta troškova		Iznos [€]	
Troškovi energenata (predložena varijanta)	Prirodni gas (za K1 i K2)	1.398.079	11.593.137
	Električna energija	3.976.769	
	Lignit i mazut (za K3 i K4)	3.509.461	
	Ugalj (za K5)	2.708.801	
Troškovi energenata (bazna varijanta)	Prirodni gas (za K1 i K2)	2.712.892	14.681.807
	Električna energija	4.962.115	
	Lignit i mazut (za K3, K4 i K5)	7.006.800	

U tabelama 8 i 9. prikazani su godišnji izdaci, uštede i prihodi koji se ostvaruju na matičnoj lokaciji kada ona radi bez kogeneracije (*bazna varijanta*) i kada bi radila po predloženom *idejnom rešenju* koje podrazumeva kogeneraciju (*predložena varijanta*), iz kojih su evidentne uštede koje kogeneracija donosi.

Tabela 8. Godišnji troškovi i izdaci po osnovu primene predložene varijante kogeneracije na matičnoj lokaciji

GODIŠNJI TROŠKOVI I IZDACI	
Vrsta troškova	Iznos [€]
Održavanje i prateći radovi	50.000
Troškovi goriva – predloženi slučaj	11.593.137
UKUPNO	11.643.137

Tabela 9. Godišnje uštede i prihod po osnovu primene predložene varijante kogeneracije na matičnoj lokaciji

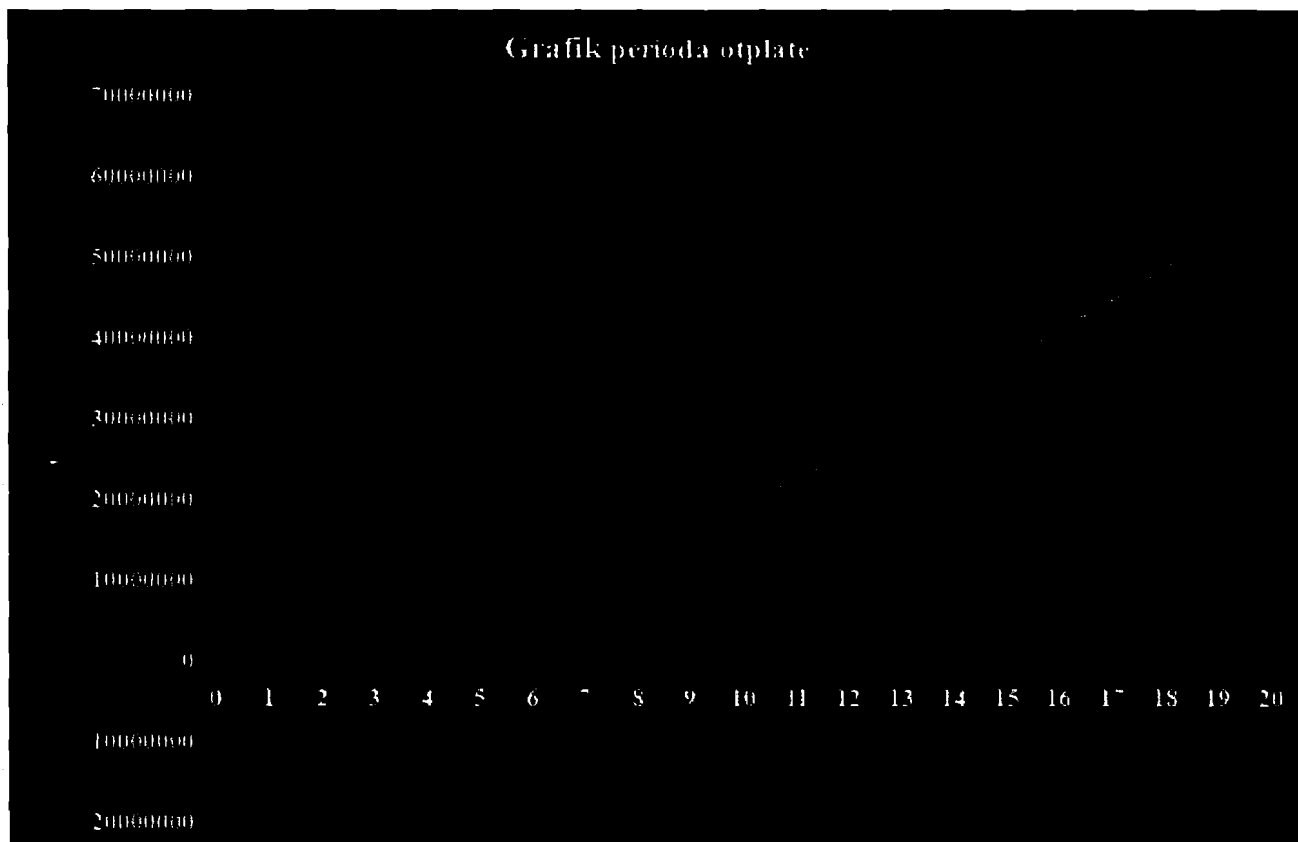
GODIŠNJE UŠTEDE I PRIHOD	
Vrsta troškova	Iznos [€]
Troškovi goriva – bazni slučaj	14.681.807
Prihod od prodaje električne energije	641.233
UKUPNO	15.323.040

U tabeli 10. Prikazan je priliv novca koji bi se ostvarivao primenom predložene varijante kogeneracije na matičnoj lokaciji.

Tabela 10. Godišnji priliv novca predloženog slučaja koji bi se ostvarivao primenom predložene varijante kogeneracije na matičnoj lokaciji

GODIŠNJI PRILIVA NOVCA			
Godine	Pre poreza [€]	Posle poreza [€]	UKUPNO [€]
0	-12.769.125	-12.769.125	-12.769.125
1	3.738.872	2.991.097	-9.778.028
2	3.797.585	3.038.068	-6.739.960
3	3.857.212	3.085.770	-3.654.190
4	3.917.753	3.134.202	-519.988
5	3.979.202	3.183.361	2.663.374
...			
20	4.999.528	3.999.622	56.774.914

Indikativno je da dijagram (slika 4.) koji nastaje kao posledica analize primene idejnog rešenja kogeneracije na matičnoj lokaciji, koji se dobija uz pomoć programskog paketa „RETSscreen“ pokazuje da bi perioda otplate iznosio 4,2 godine.

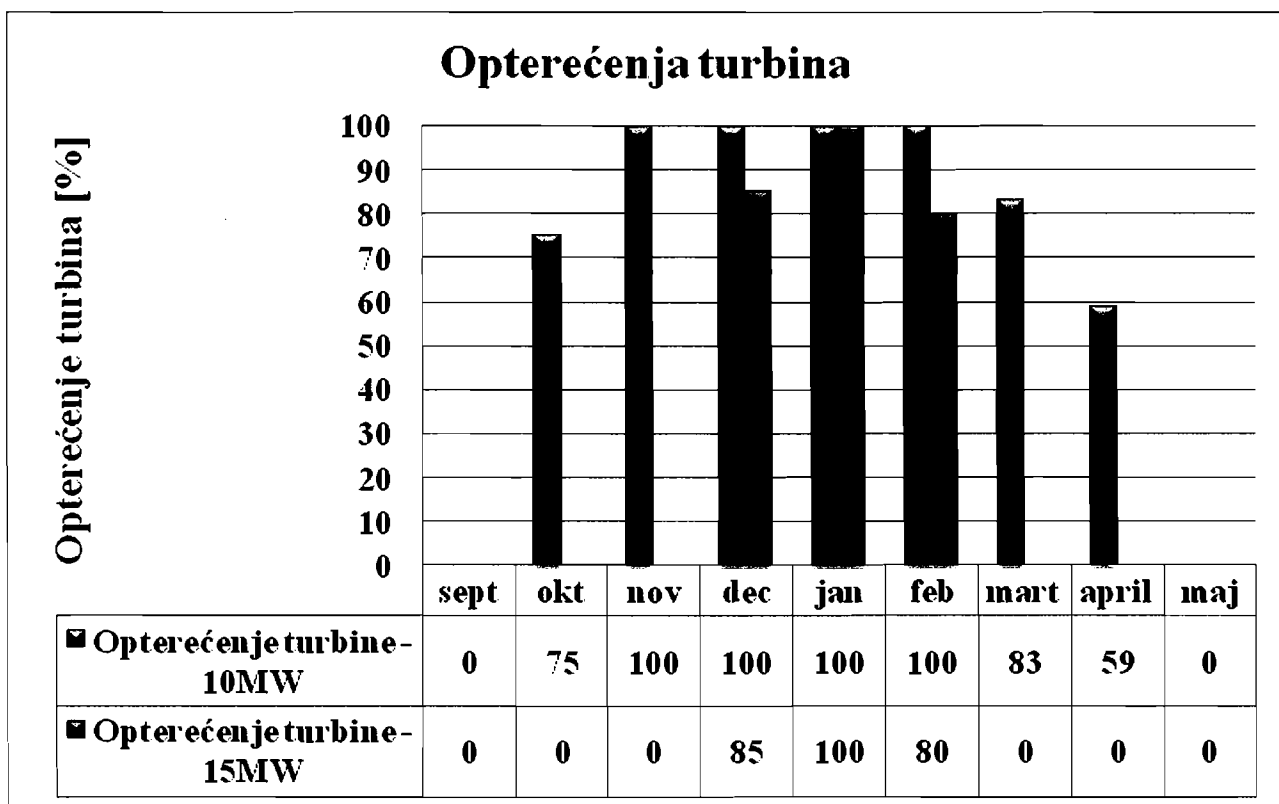
**Slika 4.** Finansijski efekti primene predloženog idejnog rešenja kogeneracije na matičnoj lokaciji

Analiza režima rada predloženih kogeneracionih turbina

Kako novo, predloženo, kogenerativno postrojenje na matičnoj lokaciji svoj rad zasniva na sprezi kotlovskih postrojenja i turbina, veoma je bitno da se poznaju režimi rada kotlova. Naime, „izlaz“ iz kotlova, tj. para, predstavlja „ulaz“ u turbine, pa samim tim rad turbina direktno zavisi od režima rada kotlovskih postrojenja. Kotlovska postrojenja, zavisno od vremenskih uslova proizvode paru određenih parametara koji variraju tokom grejnih sezona. Parametri pare koji se prate su pritisak i temperatura. Analizom pritisaka kojom su obuhvaćeni podaci polednjih 10-ak grejnih sezona zaključeno je da se vrednost pritiska kreće u rasponu od 18 do 34 bar. Takođe, temperatura pare znatno varira, u vrednostima od 200°C do 450°C.

Pored ovih parametara (p , T), bitno je napomenuti da još dva parametra imaju značajnu ulogu u radu turbina. Reč je o produkciji pare (Q) i broju časova rada. Na matičnoj lokaciji nema merenja te produkcije, iako je to od izuzetnog značaja. Stoga je u toku studijskog rada o primeni kogeneracije na matičnoj lokaciji, analiza režima rada predloženih turbina vršena na osnovu pretpostavljenih vrednosti parametara produkcije pare. Pretpostavka je vršena uz konsultovanje sa inženjerima „Energetika“ d.o.o.. –S druge strane, broj časova rada kotlova se konstantno prati i o njima postoje veodostoni podaci.

U nastavku su prikazani rezultati analize [11] režima rada kotlovskih postrojenja na matičnoj lokaciji, koji pokazuju kako će izabrani turboagregati i pod kojim opterećenjem raditi u toku eksploatacije. Napominje se da je analiza vršena na osnovu podataka iz poslednje dve grejene sezone (grejne sezone 2010/2011 i 2011/2012) i predstavljena u tabeli 11. i na slici 5.



Slika 5. Grafik opterećenja turbina u kogeneracionim režimima rada na matičnoj lokaciji

REŽIMI RADA TURBINA				
Mesec	Parametri i opterećenja	Entalpije, protoci i turbine	Vrednost	Jedinica
Oktobar	Parametri pare	Entalpija – ulaz / izlaz	3.010/2.475	KJ/kg
		Protok pare	50,5 (14)	t/h (kg/s)
	Opterećenje trubine	Turbina 10MW	7,5 (75%)	MW
		Turbina 15MW	0 (0%)	MW
Novembar	Parametri pare	Entalpija – ulaz / izlaz	3.010/2.475	KJ/kg
		Protok pare	84,8 (23,5)	t/h (kg/s)
	Opterećenje trubine	Turbina 10MW	10 (100%)	MW
		Turbina 15MW	0 (0%)	MW
Decembar	Parametri pare	Entalpija – ulaz / izlaz	3.310/2.410	KJ/kg
		Protok pare	117,3 (32,6)	t/h (kg/s)
	Opterećenje trubine	Turbina 10MW	10 (100%)	MW
		Turbina 15MW	12,8 (85%)	MW
Januar	Parametri pare	Entalpija – ulaz / izlaz	3.310/2.410	KJ/kg
		Protok pare	128,5 (35,7)	t/h (kg/s)
	Opterećenje trubine	Turbina 10MW	10 (100%)	MW
		Turbina 15MW	15 (100%)	MW
Februar	Parametri pare	Entalpija – ulaz / izlaz	3.310/2.410	KJ/kg
		Protok pare	113,1 (31,4)	t/h (kg/s)
	Opterećenje trubine	Turbina 10MW	10 (100%)	MW
		Turbina 15MW	12 (80%)	MW
Mart	Parametri pare	Entalpija – ulaz / izlaz	3.050/2.450	KJ/kg
		Protok pare	49,8 (13,8)	t/h (kg/s)
	Opterećenje trubine	Turbina 10MW	8,3 (83%)	MW
		Turbina 15MW	0 (0%)	MW
April	Parametri pare	Entalpija – ulaz / izlaz	3.050/2.450	KJ/kg
		Protok pare	35,4 (9,8)	t/h (kg/s)
	Opterećenje trubine	Turbina 10MW	5,9 (59%)	MW
		Turbina 15MW	0 (0%)	MW

Tabela 11. Analiza rada kotlovskih i turbinskih postrojenja u kogenerativnim režimima rada na matičnoj lokaciji

Zaključak

U ovom radu je ispitana mogućnost proizvodnje električne energije putem kogeneracije sa proizvodnjom toplotne energije na matičnoj lokaciji „Energetika“ d.o.o. u Kragujevcu sa postojećim parnim kotlovima u slučaju da se primeni idejno rešenje koje podrazumeva ugradnju 2 parna turboagregata snaga 10MW i 15 MW, koji su birani tako da manji od ova dva zadovolji kriterijume Uredbe o merama podsticaja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije, tj. da električnu energiju proizvedenu manjim turboagregatom prodajemo elektro-distributivnom preduzeću po beneficiranoj stopi.

Turbine bi pogonili kotlovi K1, K2, K3 i K4 dok bi kotao K5 služio za vršna opterećenja i dopunu toplotne energije. Mešavina pogonskih goriva odnosno energenata bi, u skladu sa politikom preduzeća, ostala ista.

Značajnu investiciju, tačnije oko 13 miliona evra, je potrebno uložiti u ovaj vid proizvodnje, međutim period otplate od 4,2 godine ohrabruje i navodi na isplativost ovog kapitalnog ulaganja. Istina, cena po kojoj bi se električna energija prodavala distributivnoj mreži ne bi bila za oba parna turboagregata beneficirana, ali bi se ostvarila značajna ušteda u električnoj energiji koju treba kupiti, kao i u troškovima za energente. Sve ovo govori da bi, uz pravilnu primenu mera za poboljšanje energetske efikasnosti postrojenja i racionalno gazdovanje energijom, kogenerativni vid proizvodnje bio isplativa opcija i da bi kogenerativna postrojenja sama sebe isplatila za relativno kratko vreme, posle čega bi počela da daju čistu dobit.

Zahvalnost

Autori veoma zahvaljuju inženjerima energane “Energetika” d.o.o. Kragujevac na svim savetima, instrukcijama kao i omogućavanju da se pristupi svim neophodnim podacima za izradu ovog rada.

Literatura

- 1 The European Association for the Promotion of Cogeneration, “*A guide to cogeneration*”
- 2 Babić M., Rakić N., Popović M., Canović D., „*Studija izvodljivosti za proizvodnju električne energije putem kogeneracije sa proizvodnjom toplotne energije na matičnoj lokaciji „Energetika“ d.o.o. sa postojećim parnim kotlovima*“, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2012
- 3 Babić M., Popović M., Canović D., Rakić N., „*Studija izvodljivosti za proizvodnju električne energije putem kogeneracije sa proizvodnjom toplotne energije na matičnoj lokaciji „Energetika“ d.o.o. sa izgradnjom potpuno novog kogenerativnog postrojenja*“, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2012
- 4 “Baze podataka o satnim i povremenim merenjima na postrojenjima - matična lokacija, u periodu 2010 – 5 Tehničko-tehnološke dokumentacione osnove energane „Energetika“ d.o.o. - matična lokacija, Arhiva „Energetika“ d.o.o., Kragujevac
- 6 V. Milisavljević, V. Čokorilo, D. Zlatanović, J. Milenković, “*Potrošnja uglja u Srbiji i emisija CO₂ nastala njegovim sagorevanjem*”, Rudarko – geološki fakultet, Beograd
- 7 “*Ekologija sagorevanja*”, Tehnološko – metalruški fakultet, Beograd
- 8 Babić M., Končalović D., Jelić D., Pavlović N., „*Studija izvodljivosti kogenerativne proizvodnje toplotne i električne energije na matičnoj lokaciji „Energetike“ d.o.o. Kragujevac*“, Mašinski fakultet Kragujevac, januar 2010
- 9 Vlada Republike Srbije, “*Uredba o merama podsticanja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije*”, Beograd, 2010
- 10 RETScreen® *Software Online User Manual*, RETScreen® International Clean Energy Decision Support Centre, Catalogue no.: M39-108/2004E-PDF
- 11 Prof. dr. sc. Z. Prelec, “*Energetska postrojenja (Parne turbine)*”, poglavlje 5