

Mladen Josijević, Milan Milojević, Goran Bošković, Dušan Canović, Milun Babić
Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Sestre Janjić 6, Kragujevac

UDC: 662.6/9 (497.11)

Efikasnost uvođenja kogeneracijskih postrojenja u toplane Republike Srbije na primeru kotlarnice „Erdoglija-Kragujevac“

REZIME

U ovom radu prikazana je potrošnja energenata, značaj primene kogeneracije i učešće kogeneracije u ukupnoj proizvodnji električne energije u zemljama Evropske unije i Srbiji kao i potencijal kogeneracije u sistemima daljinskog grejanja Republike Srbije.

Na primeru kotlarnice „Erdoglija – Kragujevac“ dat je prikaz mogućnosti uvođenja gasne turbine sa proračunom turbinskog postrojenja i tehnoekonomskom analizom. Dobijeni period otplate od 8.2 godine za usvojenu garantovanu cenu struje dobijenu iz kogeneracionih postrojenja (0,074 €/kWh), je prihvatljiv, imajući u vidu da izabrana turbina ispunjava sve najstrožije zahteve u pogledu zaštite životne sredine propisane od strane Evropske unije, i da će uvođenje ovakvog sistema kombinovane proizvodnje toplote za grejanje i električne energije, dobiti opštem stepenu energetske i ekonomske efikasnosti.

Ključne reči: kogeneracija, tehno-ekonomska analiza, isplativost.

THE EFFICIENCY OF IMPLEMENTING COGENERATION PLANTS IN THE DISTRICT HEATING PLANTS IN REPUBLIC OF SERBIA IN CASE OF BOILER HOUSE ERDOGLIJA-KRAGUJEVAC

SUMMARY

This paper discusses the consumption of energy sources, the importance of cogeneration and the share of cogeneration in total electricity production in the EU countries and in Serbia putting an emphasis on cogeneration potentials in district heating systems in the Republic of Serbia.

In the case of the boiler house Erdoglija – Kragujevac, the paper discusses the possibilities for introducing a gas turbine based on the calculations and technoeconomical analysis. The payback period of 8.2 years, obtained through this analysis based on the guaranteed price of electricity produced through cogeneration (0,074 €/kWh), is acceptable, taking into consideration that the selected turbine fulfills all the rigorous requirements in terms of environment protection which are prescribed by the EU, and that the introduction of such system for combined production of heating and electrical energy would contribute to an overall energy and economic efficiency.

Key words: cogeneration, techno-economical analysis, profitability.

KOGENERACIJA U SVETU, EVROPI I SRBIJI

Energija je neophodan resurs za tehnički i ekonomski razvoj savremenog sveta i uključena je u sve aspekte društvenog života. Upravo zbog toga, racionalno gazdovanje energijom jedna je od ključnih pretpostavki održivog razvoja.

Sa saznanjem da su izvori energije sve siromašniji, povećala se ekološka svest kod ljudi o očuvanju životne sredine i preostalih resursa. Ovakva, nova situacija naterala je industrijske zemlje na stvaranje zakonske regulative koja uvodi konkurenciju na otvorenom tržištu električne energije. Nova regulativa je polazila od pretpostavke da će jaka konkurencija na otvorenom

tržištu dovesti do efikasnije proizvodnje energije, smanjenja potrošnje energenata, a time i smanjenja zagađenja okoline. Kogeneracijska postrojenja nameću se kao jedan od načina maksimalnog iskorišćenja primarne energije. Njihova prednost je pre svega u visokom stepenu iskorišćenja, pa samim time ekološkoj i ekonomskoj prihvatljivosti njihove upotrebe.

Evropski parlament i Veće doneli su dve direktive u kojima su državama članicama date mere i smernice za korišćenje kogeneracije i obnovljivih izvora energije, a to su: Direktiva 2004/8/ES od 11. februara 2004., i Direktiva 2009/28/ES od 23. aprila 2009. godine. Direktiva prepoznaje visoko efikasnu (ušteda goriva $\geq 10\%$), malu (električna snaga ≤ 1 MWe) i mikro (≤ 50 kW) kogeneraciju. Efikasnost kogeneracije predstavlja odnos ukupne godišnje bruto proizvodnje toplotne i električne energije i energije unete gorivom. Od kogeneracije Evropska Unija očekuje značajan doprinos u smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bašte [1].

Svrha ove Direktive je:

- promocija visokoefikasne kogeneracije zasnovane na efikasnoj toplotnoj potrošnji (ušteda primarne energije najmanje 10 % u odnosu na odvojenu proizvodnju toplotne i električne energije),
- smanjenje gubitaka u mreži i
- smanjenje efekta staklene bašte [2].

Kogenerativno postrojenje omogućava da se otpadna toplotna energija (para i topla voda) koja se oslobađa u primarnom procesu generisanja električne energije, hlađenjem motora, ulja za podmazivanje kao i izduvnih gasova, iskoristi za potrebe tehnoloških procesa ili za grejanje prostora, čime se postiže faktor iskorišćenja primarnog goriva preko 85%. Osnovu procesa kogeneracije (CHP) čini jedinstven termodinamički proces kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije uz korišćenje samo jednog pogonskog goriva. Izgradnja kogenerativnog postrojenja predstavlja tehničko tehnološko rešenje kojim se pored obezbeđenja kvalitetnog i kontinuiranog snabdevanja energentima, zbog veće efikasnosti korišćenja primarnog goriva ostvaruju i značajne uštede u operativnim i ukupnim troškovima industrijskog postrojenja. [3]

Učešće kogeneracije u postojećim termoelektranama-toplanama u ukupnoj proizvodnji električne energije u Srbiji (0,8%) je mnogo manje od proseka u Evropskoj Uniji (12,4%). Zemlje Evropske unije sa najvećim udelom kogeneracijskih postrojenja u energetskom sektoru su Danska, Finska, Holandija i Austrija. Tako je udeo kogeneracijske proizvodnje električne energije u Danskoj 48%, Finskoj 32%, Austriji 23% a u Holandiji 38%. Među zemljama Evropske unije sa slabo razvijenom kogeneracijom najčešće se ubrajaju Francuska, Grčka, Velika Britanija, Irska i Švedska. Francuska, sa izrazito razvijenom nuklearnom energetikom, gde samo 2 % proizvedene električne energije se dobija iz kogeneracijskih postrojenja. [4]

U Srbiji je evidentno postojanje značajnog potencijala kogeneracije toplotne i električne energije, za koje postoje tehničke mogućnosti da se u relativno velikoj meri iskoristi i time poveća današnje učešće kogeneracije. Adekvatnost primene kogeneracije prvenstveno se isplati u velikim termoelektranama na uglj, ili prirodni gas, lociranim u blizini velikih gradova, ili u okviru industrija kojima je neophodna tehnološka para, kao i velikih javnih i komercijalnih kompleksa, koji iskazuju značajne potrebe za toplotnom energijom (tržni centri, škole, zdravstvene ustanove, turističko-rekreativni kompleksi i drugi javni objekti). Pored postojećih postrojenja, u Srbiji je moguća izgradnja novih kapaciteta, imajući u vidu već raspoloživi kapacitet u stambenim, javnim i poslovnim objektima. U tabeli 1 dat je prikaz sistema većih od 100 MW instalisane toplotne snage kod potrošača, koji predstavljaju oko 85% ukupnog instalisanog kapaciteta potrošača u Srbiji i pružaju realnu mogućnost za efikasnu primenu kogeneracije. [1]

Tabela 1. - Centralizovani sistemi instalisane snage potrošača preko 100 MWt

Grad	Kapacitet toplotnom energijom [MWt]		
	Stambeni	Poslovni	Ukupno
Beograd	1832	650	2482
Bor	165	47	212
Kragujevac	112	255	367
Kruševac	54	47	101
Niš	168	67	235
Novi Sad	448	203	651
Obrenovac	74	26	100
Pancevo	136	30	166
Požarevac	65	36	101
Subotica	72	45	117
Trstenik	70	39	109
Zrenjanin	62	48	110
Ukupno	3358	1439	4851

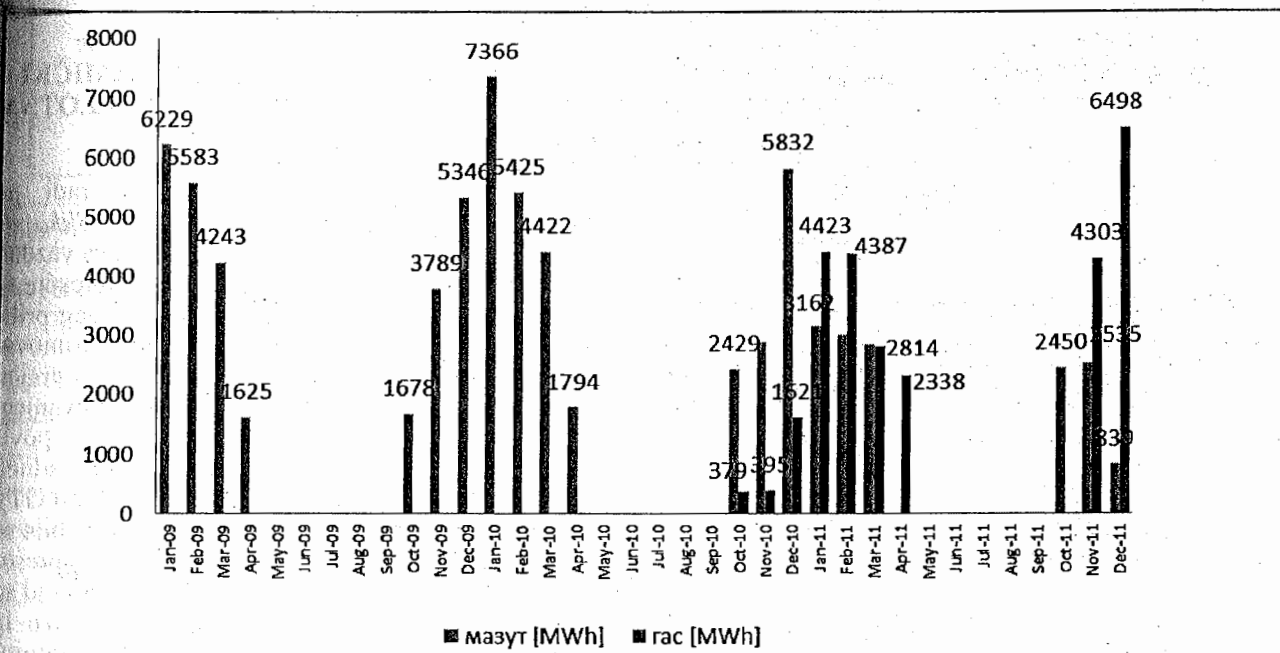
Postojeće stanje kotlarnice „Erdoglija - Kragujevac“

Kotlarnica je locirana u naselju Erdoglija u Kragujevcu i toplotnom energijom snabdeva ovo naselje pri čemu se nekada koristila kao pomoćna toplana toplani sa matične lokacije, a danas se ova kotlarnica koristi za grejanje kao nezavisan sistem. U tabeli 2, prikazani su osnovni podaci kotlarnice „Erdoglija - Kragujevac“.

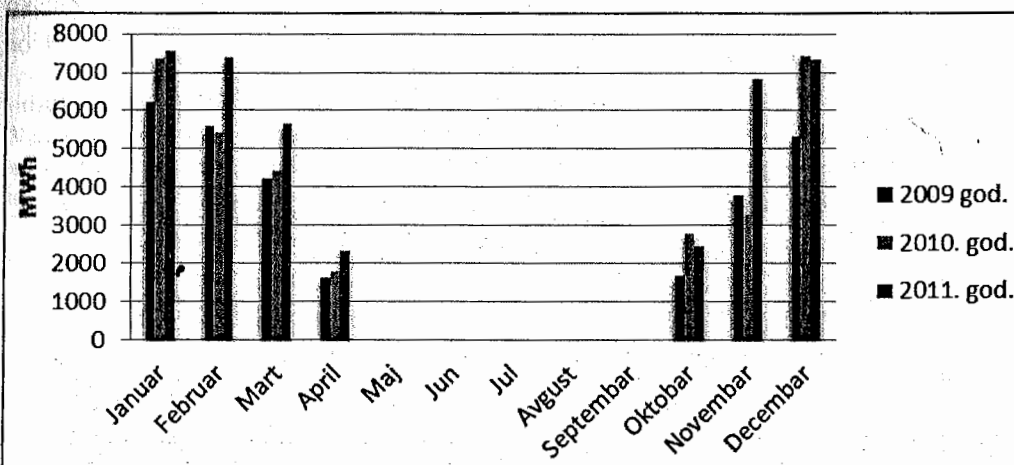
U kotlarnici „Erdoglija“ do 2010. godine kao energent koristio se samo mazut, a od oktobra 2010. godine počinje da se koristi i gas. Trenutno stanje u kotlarnici je takvo da se koristi kombinovano i gas i mazut što je strategija preduzeća da se zbog boljeg iskorišćenja pređe na gas. Podaci o potrošnji gasa i mazuta kao i o potrošnji toplotne energije za grejanje dobijene u kotlovima prikazani su na dijagramima 1 i 2, respektivno.

Tabela 2. - Osnovni podaci kotlarnice „Erdoglija - Kragujevac“

Pogonsko gorivo	Gas (mazut)	Gas (mazut)	Gas (mazut)
Kapacitet MW	7,7	16,2	16,25
Oznaka kotlovskog postrojenja	K1	K2	K3
Godina izgradnje	1973	2008	2010
Tip kotla	vrelvodni	vrelvodni	vrelvodni
Izlaz iz kotlova	vrela voda za grejanje t = 130/90 °C		



Slika 1. - Potrošnja energenata



Slika 2. - Potrošnja toplotne energije kotlova

IZBOR GASNE TURBINE

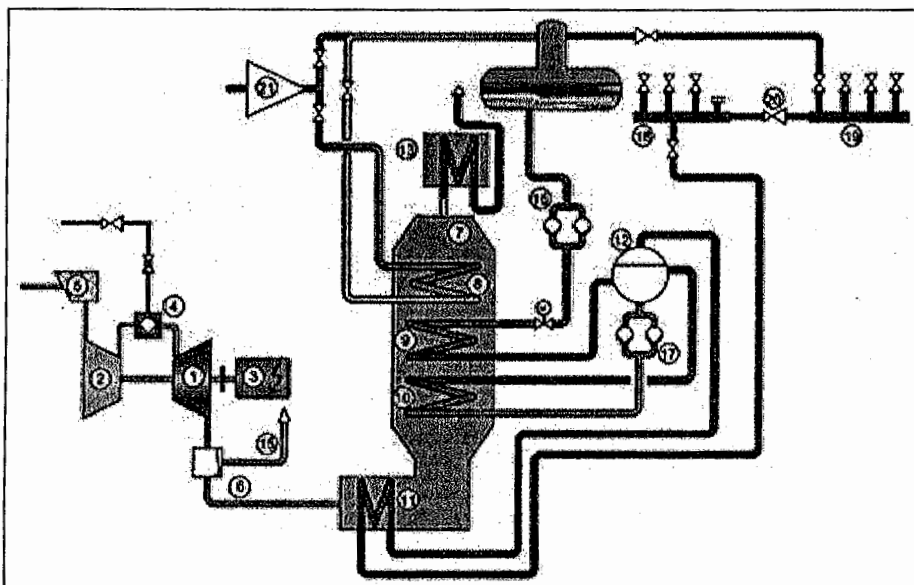
Odabir gasne turbine je složen postupak pri kojem treba uzeti u obzir da turbina treba da ostvari: 1) što je mogući veći broj radnih sati u toku godine, 2) što je moguće veći broj radnih sati na nominalnom režimu, pošto gasnim turbinama naglo opada stepen korisnosti na parcijalnim režimima rada 3) i što je moguće manji broj zastoja [5].

Prilikom koncipiranja idejnog rešenja usvojeno je da turbina toplotnu energiju izduvnih gasova preda-

je kotlu – utilizatoru, takođe je predviđeno da gasna turbina na nižim opterećenjima, kojih će, svakako biti u toku njene eksploatacije, radi sa parcijalnim opterećenjima, i to sa onim koja će obezbediti da njen stepen korisnosti ne padne ispod dopuštenog nivoa. Na slici 3, dat je šematski prikaz idejnog rešenja kogeneracionog po-

strojenja za koji je vršen proračun i tehno-ekonomski analiza.

Radi izbora gasne turbine sa optimalnim karakteristikama za kogeneraciono postrojenje u kotlarnici „Erdoglija“ prikupljeni su podaci o gasnim turbinama raznih svetskih proizvođača. Izabrana je gasna turbina „Solar Saturn 20“ čije su karakteristike prikazane u tabeli 3. Izabrana gasna turbina pokrivaće bazno opterećenje konzuma radeći oko 4300 sati godišnje pri nominalnom opterećenju [6].



Slika 3. - Šematski prikaz kogeneracionog postrojenja

1.gasna turbina, 2.kompresor, 3.generator, 4.komora za sagorevanje, 5.filter za vazduh, 6.dimna klapna, 7.grejač vode, 8.kotao utilizator, 9.ekonomajzer, 10.isparivač, 11.pregrejač pare, 12.kotlovski bubanj, 13.grejač vazduha, 14.odvod ka kotlu, 15.dimnjak, 16.napojne pumpe, 17.cirkulacione pumpe, 18.razdelnik pare, 19.razdelnik pare, 20.reducir ventil, 21.priprema vode

Važne činjenice za ovakav izbor bile su i to što:

- turbina „Solar Saturn 20“ je klasična i predstavlja industrijsku turbinu sa relativno niskom cenom,
- veoma je pogodna za primenu u kombinovanoj proizvodnji toplotne i električne energije i za rad u teškim uslovima (veliki broj startova i zaustavljanja),
- ne zahteva posebne uslove u pogledu održavanja
- dugovečna i pouzdana u toku eksploatacije.

Za odabrani tip gasne turbine sproveden je proračun koji treba da odredi osnovne parametre njenog termodinamičkog ciklusa.

Gasna turbina radi po Džulovom ciklusu (Slika 4). Kompresor K usisava vazduh iz okoline 1. U kompresoru K vazduh sabija do višeg pritiska (stanje 2). Komprimovani vazduh se odvodi u grejnu komoru GK. Sagorevanjem gasovitog goriva u KS povećava se temperatura radnog tela sa t_2 na t_3 (stanje 3 na ulazu u gasnu turbinu GT). U gasnoj turbini ekspanzijom radnog fluida dobija se mehanički rad koji se koristi za pokretanje kompresora K i generatora G. U generatoru G mehanički rad se pretvara u električnu energiju. Gasovi na izlazu iz turbine GT stanja 5 imaju veoma visoku temperaturu. Oni se potom uvode u kotao utilizator gde se hlade do temperature t_5 predajući toplotu vodi za daljinsko grejanje. Posle toga izduvni gasovi se preko dimnjaka ispustaju u okolinu [7] [8] [9].

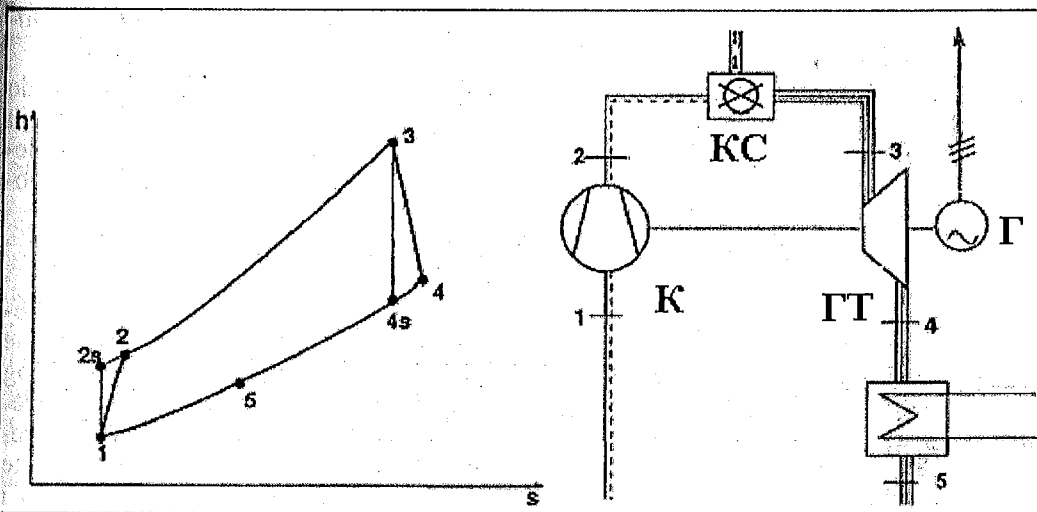
Proračunom termodinamičkog ciklusa gasne turbine, a na osnovu usvojenih polaznih podataka iz *tabele 4*, dobijeni su podaci o pritiscima i temperaturama predloženog kogeneracionog postrojenja *tabela 5*, kao i glavni termodinamički parametri gasnog bloka *tabela 6*.

Tabela 3. - Karakteristike gasne turbine „Solar Saturn 20“

Proizvođač	Tip	Snaga	Stepen kompresije	Stepen korisnosti	Temperatura na izlazu	Maseni protok
		kWe	-	%	°C	kg/s
Solar	Saturn 20	1200	6,8	24,3	505	6,5

Tabela 4. - Polazni podaci za proračun gasne turbine „Solar Saturn 20“

Snaga generatora	Temperatura okoline	Pritisak okoline	Temperatura na ulazu u turbinu	Stepen korisnosti			
				Turbine	Komore za sagorevanje	Generatora	Mehaničkih sistema
P_{GB} [kW]	t_0 [°C]	p_0 [bar]	t_3 [°C]	η_{ic} [-]	P_c [-]	η_G [-]	η_{mT} [-]
1200	0	1	995.6	0.81	6.8	0.97	0.99



Slika 4. - h-s dijagram ciklusa gasnih turbina usvojenog postrojenja

u smislu ekonomske isplativosti. Primenjene su tri metode tehnoekonomske analize:

- Metoda „pay back period“
- Metoda proračuna troškova proizvodnje električne energije i profita
- Metoda neto sadašnje vrednosti (NPV metod) [11] [12].

Tabela 5. - Veličine stanja ciklusa gasne turbine

Tačka	Pritisak p (bar)	Temperatura (°C)	Entalpija (KJ/ kg)
1	1	0	0
2s	6.8	284.5	289.66
2	6.8	349.3	357.605
3	6.12	995.6	1123
4s	1.02	411.9	463.5
4	1.02	505	566.935
5	1.02	105	129

Bilansom gasnog bloka po prvom zakonu termodinamike dobijena je vrednost korisnog rada i gubici energije, a posmatrajući slučaj hlađenja otpadnih gasova u kotlu utilizatoru uzimajući u obzir minimalnu izlaznu temperaturu dimnih gasova (100 °C) dobijena je vrednost količine toplote za grejanje ($Q_{gr}=2,6$ MW). Na slici 5 prikazani su glavni rezultati proračuna gasne turbine „Solar Saturn 20“ [10].

TEHNOEKONOMSKA ANALIZA PRIMENE GASNE TURBINE U KOTLARNICI „ERDOGLIJA - KRAGUJEVAC“

Tehnoekonomska analiza treba da pokaže opravdanost primene gasnih turbina u kotlarnici „Erdoglija“

Tabela 6. - Glavni termodinamički parametri gasnog bloka

Snaga generatora	P_{GB}	MW	1.2
Specifični tehnički rad generatora	L_{GB}	kJ/kg	196.952
Maseni protok vazduha	M_v	kg/s	6.093
Specifična potrošnja vazduha postrojenja	m_{TPB}	kg/kJ	5077
Specifična potrošnja toplote	q_{Bb}	kJ/kWs	4.033
		kJ/kWh	14400
Maseni protok goriva	M_G	kg/s	0.115
		kg/h	414
		m^3/h	882.76
Specifična potrošnja goriva	m_{GBb}	kg/kWh	0.346
		$m^3/KkWh$	0.44
Stepen korisnosti	η_{Bb}		0.24

Proračun je sproveden za slučaj primene gasne turbine tipa „Solar Saturn 20“ snage 1200 kW sa brojem radnih sati 4300 h/god., uzimajući u obzir cenu električne energije od 0.074 €/kWh i cenu goriva od 0.27 €/m³ (Tabela 7).

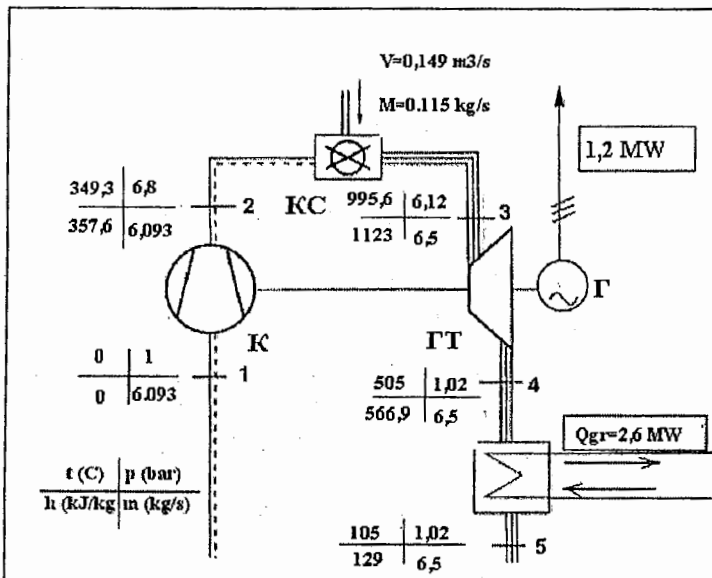
METOD „PAY BACK PERIOD“ (Tabela 8)

METODA PRORAČUNA TROŠKOVA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE I PROFITA

Takođe, moguće je odrediti dobit na godišnjem nivou pri čemu su investicioni troškovi već uzeti u obzir fiksnim troškovima (periodičnom otplatom). (Prikaz I)

METODA NETO SADAŠNJE VREDNOSTI (NPV METOD)

Prethodno razmatrane metode za analizu investicija spadaju u grupu takozvanih statičkih metoda tehnoekonomske analize. I ako su najlakši način za bržu opravdanost investicija neophodno je uraditi preciznije kalkulacije (dinamičkim metodama) [13].



Slika 5. - Rezultati proračuna gasne turbine „Solar Saturn 20“

Tabela 7. - Investiciona ulaganja i cena električne energije

Gasno-turbinski blok	720 000 €	Solar
Gas	0,27 €/m ³	Srbijagas
Električna energija	0,074 €/kWh	Energetika d.o.o
Održavanje i radna snaga	10 €/h	-

Tabela 8. - Proračun perioda otplate „pay back period“ metodom

Električna snaga turbine	P_{GB}	[kW]	1200
Stepen korisnosti bloka	η_{Bb}	[-]	0,24
Količina dobijene toplote	$Q_{GK} = P_{GB} / \eta_{Bb}$	[kW]	5000
Toplota potrebna za grejanje tople vode	Q_{Gr}	[kW]	2664
Stepen korisnosti kotla utilizatora	η_{KU}	[-]	0,92
Količina toplote koja se dovodi kotlu utilizatoru	$Q_{KU} = Q_{Gr} / \eta_{KU}$	[kW]	2896
Cena instalisanog kW (specifični troškovi)	IT_{spec}	[€/kW]	600
Ukupni investicioni troškovi za gasnu turbinu	$IT = P_{GB} \cdot IT_{spec}$	[€]	$720 \cdot 10^3$
Specifična cena energenta	C_{gspec}	[€/m ³]	0,27
Zapreminski protok gasa po satu	\dot{V}_g	[m ³ /h]	216,4
Troškovi energenta po satu	$T_g = \dot{V}_g \cdot C_{gspec}$	[€/h]	58,441
Troškovi održavanja i radne snage po satu	TO_{spec}	[€/h]	10
Ukupni promenljivi troškovi po satu	PT_{uk}	[€/h]	68,441
Proizvodnja električne energije po satu	E_e	[MW/h]	1,2
Ukupna cena proizvedene električne energije po satu	C_{EE}	[€/h]	88,8
Ostvarena dobit za 1 sat rada gasne turbine	D_h	[€/h]	20,359
Period otplate	P_o	[god.]	8,2

Prikaz 1. -

Ukupni fiksni troškovi proizvodnje na godišnjem nivou	FT	[€/god.]	$1,024 \cdot 10^5$
Ukupni promenljivi troškovi na godišnjem nivou	PT	[€/god.]	$2,513 \cdot 10^5$
Ukupni godišnji troškovi gasnog bloka	$TR_{god} = FT + PT$	[€/god.]	$3,537 \cdot 10^5$
Dobit ostvarena prodajom električne energije	D_{EErod}	[€/god.]	$2,817 \cdot 10^4$

Ako postoji stalan godišnji set priliva i odliva novca tokom N godina, tada neto sadašnja vrednost tog seta se može izračunati sledećom formulom umesto sumiranja svih N sadašnjih vrednosti novčanih tokova:

Rezultati tehnoekonomske analize, za odabranu gasnu turbinu „Solar Saturn 20“, kao i cena ugradnje

kotla utilizatora biće prikazani u narednoj tabeli 9.

Na osnovu navedene analize dolazi se do podatka da je potrebna investicija za izgradnju postrojenja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije u kotlarnici „Erdoglija“, tj. cena investicije oko 750 000 €.

ZAKLJUČAK

Potrošnja energije je u porastu, pa će uskoro biti potrebni novi izvori toplotne i električne energije. Trenutno stanje srpskog energetskog sektora predstavlja poželjni okvir za uvođenje kogeneracije. Primenjena kogeneracija prvenstveno se razmatra zbog visoke energetske efikasnosti, i sa time povezanim ekološkim i ekonomskim prednostima.

U ovom radu opisana je mogućnost uvođenja i zastupljenost kogeneracije u daljinskom sistemu grejanja u Evropskoj Uniji i Srbiji, pri čemu je istraženo:

- moguće tehničko-tehnološko rešenje u kotlarnici „Erdoglija“ koje će uvođenjem gasne turbine u proces obezbediti proizvodnju toplotne i električne energije po povlašćenju ceni,

- finansijski i ekonomski pokazatelji takvog tehničko-tehnološkog rešenja, kao i period povraćaja uloženi sredstava

Tehnoekonomska analiza je urađena korišćenjem tri različita metoda:

Prikaz 2. - Rezultata tehnokonomске анализе за турбину „Solar Saturn 20“

$NPV(i\%, 1 \dots N - godina) = PV(i\%, n - godina) = FV \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$		
Neto sadašnja vrednost	$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$	11,47
Sadašnja vrednost	PV	
Buduća vrednost	FV	
Kamatna stopa	i	6%
Godina rada (životni vek)	N,n	20 god.
Neto sadašnja vrednost uštede posle 20 godina	NPV ₂₀	1·10 ⁶ €
Ukupna neto sadašnja vrednost investicije	NPV	284·10 ⁶ €

Tabela 9. - Osnovne karakteristike i tehnokonomска анализа за турбину „Solar Saturn 20“

Karakteristike	
Proizvođač	Solar
Tip	Saturn 20
Električna snaga turbine	1 200 kW
Stepen korisnosti bloka bruto	0,24
Toplota potrebna za grejanje	2 664 kW
Vreme rada	4 300 h/god
Investicija	720 000 €
Metod „pay back period“	
Period otplate	8,2 godine
Metoda proračuna troškova proizvodnje električne energije i profita	
Ostvarena dobit na godišnjem nivou	28 170 €/god
Metoda neto sadašnje vrednosti (NPV metod)	
Neto sadašnja vrednost investicije	284 100 €
Kotao - utilizator	
Kotao - utilizator	27 500 €

- metoda „pay back period“
- metoda proračuna troškova proizvodnje električne energije i profita
- metoda neto sadašnje vrednosti (NPV metod).

Pri analizi je usvojena garantovana otkupna cena električne energije dobijena iz kogeneracije od 0,074 €/kWh i cena prirodnog gasa od 0,27 €/m³, i utvrđeno da je period otplate od 8,2 godina. Posebno se napominje da izabrano tehničko rešenje za uvođenje gasne turbine u kogenerativni proces ispunjava sve najstrožije zahteve u pogledu životne sredine i da će doprineti opštem stepenu energetske i ekonomske efikasnosti.

NAPOMENA

Rad nastao kao rezultat istraživanja na projektu III 42013 -ISTRAŽIVANJE KOGENERACIONIH POTENCIJALA U KOMUNALNIM I INDUSTRIJSKIM ENEREGANAMA REPUBLIKE SRBIJE I MOGUĆNOSTI ZA REVITALIZACIJU POSTOJEĆIH I GRADNJU NOVIH KOGENERACIONIH POSTROJENJA, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

LITERATURA

- [1] Месаровић, М, Таловић, М – „Потенцијал когенерације топлотне и електричне енергије у Србији“, Београд 2011
- [2] “Directive 2009/28/EC – On the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC”, The European Parliament and the Council of the European Union, Apr. 2009.
- [2] Крековић, Д, Петрић, Х – „Когенерацијски састави у Хрватској - рационално коришћење енергије“, Загреб 2005.
- [4] The Future of CHP in the European Market - The European Cogeneration Study, published on: http://tecs.energyprojects.net/links/final_publishable_report.pdf.
- [5] Доњерковић, П, Петрић, Х, – „Когенерација и тригенерација у системима грејања, климатизације и вентилације“, Загреб 2001
- [6] Васић, М – „Когенерација – ефикасније до енергије“ Грађевинско – архитектонски факултет, Ниш 2009
- [7] „A GUIDE TO COGENERATION“, The European Association for the Promotion of Cogeneration, March 2001.
- [8] Грковић, В – „Термоенергетска постројења I - Процеси и опрема“, Факултет техничких наука Нови Сад, Нови Сад, 2010
- [9] „Студија могућности комбиноване производње електричне и топлотне енергије“, Факултет техничких наука Нови Сад, Нови Сад 2008.
- [10] Рајковић, Д – „Производња и претварање енергије“, Рударско-геолошко-нафтни факултет, Загреб 2011.
- [11] Public Utility Regulatory Policy Act (PURPA), United States Congress 1978
- [12] Елчић, З – „Парне турбине“, Карловац 1995
- [13] Петровић, М – „Парне турбине“, Београд 2011