BIBLID 0350–1426 (2003) 32:4 p. 17–22
UDK 631.311.24(497.15)

KALININ CIKLUS U PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZEMLJAMA BALKANA SA OSVRTOM NA BUŠOTINU IB-10 U ILIDŽI KRAJ SARAJEVA

Emin Kulić, Alija Lekić i Haris Lulić,
Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

U ovom radu se analizira problem proizvodnje električne energije korišćenjem toplote niskotemperaturne geotermalne rasoline sa temperaturama ispod 200°C. Uz kratak opis i tehnološku funkcionalnu šemu Kalininog ciklusa, u radu je sumarni pregled rasta proizvodnje električne energije u svetu iz geotermelnih izvora u prošlom veku, sa prognozama razvoja do 2020. godine. Na osnovu dostupnih informacija o relevantnim parametrima geotermalnih izvora na Balkanu, određen je očekivani potencijal proizvodnje električne energije iz ovih izvora. Konačno, prezentirani su potencijali i mogućnosti kogeneracije električne i toplotne energije eksploatacijom istraživačko-eksploatacione bušotine IB-10 u Ilidži kraj Sarajeva.

Ključne reči:
Kalinin ciklus; električna energija; proizvodnja; bušotina; geotermalna energija

Key words:
Kalina's cycle; electric energy; production; hole; geothermal energy

Uvod

U ranim osamdesetim godinama prošlog veka, ruski naučnik i istraživač Aleksandar Kalina patentirao je i prezentirao inovirani i unapređeni termodinamički ciklus u kome se, kao radna supstancija, koristi binarna smesa amonijaka i vode. Prema nekim mišljenjima, ovaj ciklus se smatra jednim od najvećih doprinosa u oblasti termoenergetike još od vremena pojave Clausius–Rankineovog ciklusa (CRC) u 19. veku. Osnovna prednost Kalininog ciklusa leži u činjenici da se, pri izobarskom ključanju, temperatura radnog fluida kao i sastav parne i tečne faze kontinualno menjaju. Na taj način, moguće je održavati dovoljno malu razliku temperatura toplotnog izvora (kotao, razmenjivač toplote), odnosno ponora (okoline – kondenzatora) i radne supstancije i time načelno zadovoljiti jednu od osnovnih postavki Carnotovog ciklusa*). Ova činjenica daje veliku prednost Kalininom ciklusu u poređenju sa klasičnim CRC-om sa konstantnim temperaturama izobarskog ključanja i kondenzacije radnog fluida.

Neke od simulacionih studija su pokazale da je termodinamički stepen korisnosti Kalininog ciklusa veći za 20 do 30% u poređenju sa konvencionalnim CRC-om između istih temperatura izvora i ponora. U nekim slučajevima "bottoming" ciklusa u motorima SUS, ova razlika dostiže vrednosti od 50%, čime se nudi vrlo atraktivna mogućnost unapređenja efikasnosti proizvodnje električne energije (npr. "bottoming" ciklusi gasne trurbine i motora SUS, korišćenje industrijske otpadne toplote ili niskotemperaturne geotermalne energije, ciklusi trigeneracije sa binarnim smesama amonijaka i vode itd.).

U ovom radu se analizira problem proizvodnje električne energije korišćenjem toplote niskotemperaturne geotermalne rasoline sa temperatrama ispod 200°C. Uz kratak opis i tehnološku funkcionalnu šemu Kalininog ciklusa, u radu je i sumarni pregled rasta proizvodnje električne energije u svetu iz geotermalnih izvora u prošlom veku, sa prognozama razvoja do 2020. godine.

Na osnovu dostupnih informacija o relevantnim parametrima geotermalnih izvora na Balkanu, određen je očekivani potencijal proizvodnje električne energije iz ovih izvora.

Konačno, prezentirani su potencijali i mogućnosti kogeneracije električne i toplotne energije eksploatacijom istraživačko-eksploatacione bušotine IB-10 u Ilidži kraj Sarajeva.

*) *Teorijski, razmenu toplote u Carnotovom ciklusu karakterišu infinitezimalne razlike temperatura između toplotnog izvora i ponora.*

1. Geotermalna energija u svetu

Geotermalna energija se komercijalno koristi širom sveta već duže od jednog veka, tako da se danas dostižu veličine proizvodnih jedinica u desetinama MW i to za obe aplikacije (direktna proizvodnja toplotne energije i proizvodnja električne energije).

Tabela 1 daje zbirni pregled direktnog korišćenja geotermalne energije u 55 zemalja sveta [1]. Iz tabele se vidi da je ukupni instalisani kapacitet u ovim zemljama preko 16 000 MW_t.

Radi upoređenja, navodi se da instalisani kapaciteti direktnog korišćenja geotermalne energije za 28 zemalja Evrope iznose 6,281 MW_t (oko 40 % svetskih kapaciteta), a proizvedena energija 21 526 GWh_t godišnje.

Od interesa je znati distribuciju direktnog korišćenja geotermalne energije za razne namene.

U tabeli 2 može se videti da je najraširenije polje primene geotermalne energije kod toplotnih pumpi, koje je u 2000. godini iznosilo preko 6000 MW_t, nakon čega sledi grejanje prostora sa blizu 5 000 MW_t, [1].

U tabeli 3 je pregled instalisanih kapaciteta za direktno korišćenje i proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora, kao i odgovarajuće potencijale za neke zemlje Balkana, saglasno lit. [2, 3, 4, 5].

Tabela 1. Zbirni pregled podataka o direktnom korišćenju geotermalne energije za 55 zemalja sveta [1]

Kapacitet [MW_t]	Protok vode [kg/s]	Godišnje iskorišćenje		Faktor iskorišćenja kapacitet
		[TJ/god.]	[GWh/god.]	
16 210,7	54 418	162 009	45 005	0,32

Tabela 2. Direktno korišćenje geotermalne energije za različite namene [1]

Kategorija primene	Instalisani kapacitet [MW_t]		Korišćenje [TJ/god.]	
	2000.	1995.	2000.	1995.
Geotermalne toplotne pumpe	6 849	1 854	23 214	14 617
Grejanje prostora	4 954	2 579	59 696	38 230
Grejanje staklenika	1 371	1 085	19 035	15 742
Grejanje u akvakulturi	525	1 097	10 757	13 493
Sušenje u agrokulturi	69	67	954	1 124
Industrijska upotreba	494	544	10 536	10 120
Kupanje i plivanje	1 796	1 085	35 892	15 742
Hlađenje i topljenje snijega	108	115	968	1 124
Ostalo	43	238	957	2249
UKUPNO	16 209	8 664	162 009	112 441

Tabela 3. Poizvodnja i potencijali direktnog korišćenja geotermalne energije i za proizvodnju električne za neke zemlje Balkana [2, 3, 4, 5]

Zemlja	Direktno korišćenje		Električna energija		Napomene (osnovna primena)
	[MW_t]	[GWh_t/yr]	[MW_e]	[GWh_e/yr]	
Albanija	N/A		N/A		
Bosna i Hercegovina	33*		2*		
Bugarska	107	455			Grejanje/staklenici
Hrvatska	114 (815*)	154	28*		Grejanje/kupanje
Grčka	57	107			Staklenici/kupanje
Madarska	476	1,135	70*		Staklenici/daljinsko grejanje/kupanje
Makedonija	81 (2200*)	142	200*		Staklenici
Rumunija	152	797	<2	8?	Daljinsko grejanje/ staklenici/kupanje
Srbija i Crna Gora	80 (236*)	66	200*		Grejanje/staklenici/ kupanje
Slovenija	42 (102*)	196	11*		Grejanje/staklenici/ kupanje
Turska	820 (3500*)	4,377	20 (185*)	120	Daljinsko grejanje/ voda/kupanje
UKUPNO (postojeći zvori)	1929		22		
UKUPNO (sa potencijalima)	8815		718		

* *Potencijal.*

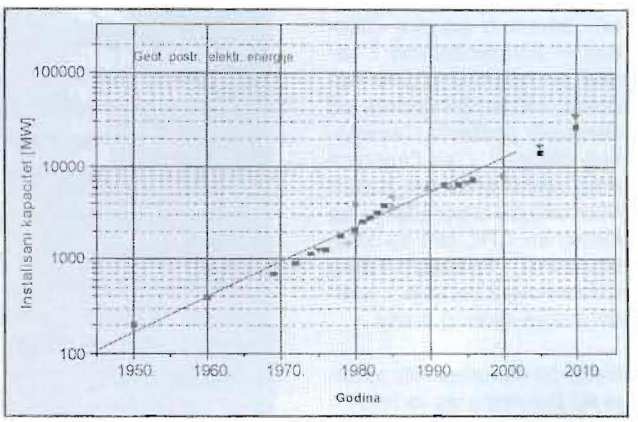
U tabeli 3 se može videti da je termički geotermalni potencijal ovih zemalja preko 8 hiljada MW_t ili preko 1/2 sadašnjih termičkih geotermalnih kapaciteta u svetu. Međutim, geotermalni "električni" potencijal ovih zemalja je relativno mali (718 MW_e) i iznosi oko 9% sadašnjih instalisanih električnih geotermalnih kapaciteta u svetu (videti tabelu 4).

Tabela 4 sadrži pregled proizvodnje električne energije iz četiri obnovljiva izvora energije. Iako su instalisani kapaciteti za korišćenje geotermalne energije drugi po veličini (nakon energije vetra) proizvodnja električne energije iz geotermalnih izvora je na prvom mestu sa oko 70% ukupno proizvedene energije. S druge strane, proizvodnja električne energije iz hidropotencijala je daleko najveći pojedinačni izvor obnovljive energije (nije uključen u tabelu 4) i učestvuje sa 6,6% u ukupnoj isporuci primarne energije ($425 \cdot 10^6$ TJ/a ≈ 118 000 TWh/a u 2001), odnosno sa oko 18% u proizvodnji električne energije (od ukupno 14 617 TWh električne energije proizvedene u 2001. u svetu).

Tabela 4. Električna energija iz četiri obnovljiva izvora energije u 1998. (podaci iz WEA, 2000), [6]

Vrsta energije	Kapacitet		Proizvodnja/a	
	[GW_e]	%	[TWh/y]	%
Geotermalna	8	41,7	46	69,6
Vetar	10	52,1	18	27,2
Solarna	0,9	4,7	1,5	2,3
Plima	0,3	1,5	0,6	0,9
UKUPNO	19,2	100	66,1	100

Na slici 1, koja prikazuje dinamiku rasta proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora u poslednjih 50 godina, vidi se karakterističan porast proizvodnje sa oko 1000 MW_e u 1950-tim do blizu 10 000 MW_e u 2000. To je povećanje za dva reda veličine ili blizu 9% godišnje, što nije premašeno primenom bilo kog drugog izvora.



Slika 1. Porast instalisanih kapaciteta postrojenja za proizvodnju električne energije iz geotermalne energije tokom poslednjih 50 godina [6], uključivši procene razvoja ovih kapaciteta do 2010. prema scenariju I i II [7]

U tabeli 5 je procenjeni porast instalisanih kapaciteta za proizvodnju električne energije iz geotermalne energije za scenario I (10% godišnje povećanje) i II (15% godišnje povećanje); dakle, u narednih deset godina očekuje se utrostručenje električnih i učetvorostručenje termičkih, danas instalisanih, kapaciteta.

Tabela 5. Očekivani razvoj korišćenja geotermalne energije za 2005. i 2010. [7]

Primena			Električni kapacitet i godišnja proizvodnja	Toplotni kapacitet i godišnja proizvodnja
Scenario I	2005	[MW]	12 850	24 370
		[TWh]	79	86
	2010.	[MW]	20 700	39 250
		[TWh]	128	138
Scenario II	2005	[MW]	16 050	30 440
		[TWh]	99	107
	2010.	[MW]	32 250	61 221
		[TWh]	199	215

* *11414 MW procene za 19 zemalja (Huttrer, 2000).*

2. Izvori geotermalne energije na Ilidži kraj Sarajeva

Ilidža je locirana zapadno od Sarajeva, između reka Bosne i Željeznice. Područje Ilidže je geološki intenzivno istraživano kroz celo prošlo stoleće. Osim geološkog, osnovni razlog ovih istraživanja je prikupljanje informacija o pitkoj vodi sadržanoj u intergranularnim slojevima kvartara, kao i geotermalnim vodama smeštenim u dubokim horizontima trijasa. To je dovelo do izgradnje više eksploatacionih bušotina (dubine do 100 m) te istraživačkih i eksploatacionih bušotina (IB-1, IB-2, Fs10a, IB-6 i IB-7) sa dubinama od 180 do preko 600 m.

Bazirano na istraživanjima [8, 9], u studiji [9] navedeno je: "Naše su procene da se na većim dubinama može očekivati nalaženje vode viših temperatura." To je bila osnova da se u studiji [10], anticipira pojava temperatura geotermalne vode preko 100°C na dubinama od oko 1500 m.

Slika 2 prikazuje geološki profil od izvora reke Bosne do Ilidže, na kojoj se mogu videti lokacije pojedinih bušotina pitke i geotermalne vode, uključujući i položaj urbanog dela Ilidže.

Na osnovu informacija u lit. [11 i 12], pripremljena je tabela 6, koja sadrži osnovne podatke o nekim geotermalnim bušotinama na Ilidži.

Tabela 6. Osnovne informacije o kapacitetima geotermalnih bušotina na Ilidži (uključujući i planiranu bušotinu IB-10)

Naziv bušotine	Dubina bušotine[1] [m]	Protok [l/sm']	Protok [l/s]	Temperatura [°C]	Pritisak [bar]	Primedba[3]
IB-1[2]	0 6 14	0 5,3 5,3	0 32 75	– 58 58	1,4 0,9 0	Eksploatacio-na bušotina
IB-2	0 2,5 14 preko 113,5 m, slobodan tok	0 5,5 5,5 5,5	0 13,7 78 100	– 58 58 58[4]	1,8 1,5 0,4 0	Eksploatacio-na bušotina
IB-10	1525 ± 20%[5]		100 < q < 120[6]	58 < t < (130)[7]		Planirana bušotina

[1] *Konačne dubine bušotina IB-1 i IB-2, nisu navedene u [8]. Iz informacija u [8] može se zaključiti da je dubina bušotine IB-2 veća od 113,5 m, odakle se vidi da se sa dubina do dna osigurava 42% vode, a 58% od dubina 94 do 109 m.*

[2] *Nužno je rekonstruisati bušotinu za eventualno korišćenje.*

[3] *Bušotine IB-1 i IB-2 su blizu jedna druge, tako da korišćenje vode iz jedne utiče na protok druge bušotine.*

[4] *Na dubinama od 50 do 109 m registrovana je temperatura od 58,8°C.*

[5] *Planirana dubina bušotine.*

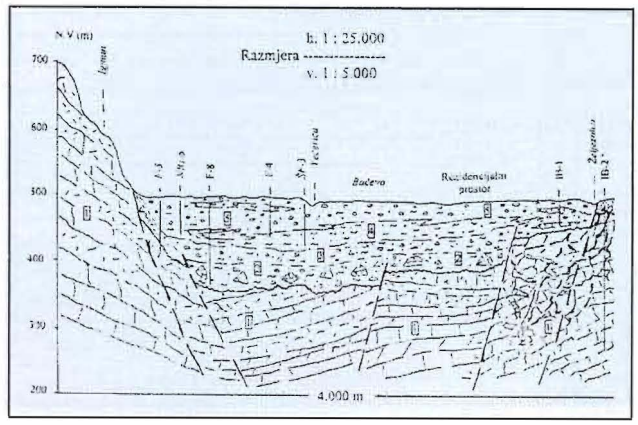
[6] *Očekivani protok.*

[7] *Očekivani nivo temperatura.*

3. Proizvodnja električne energije

U načelu, proizvodnja električne energije iz geotermalnih resursa sa temperaturom vode ispod 150°C postaje diskutabilna u ekonomskom smislu, što zahteva odgovarajuću tehno-ekonomsku analizu u svakom konkretnom slučaju posebno. Pokazalo se, međutim, da je uz pomoć postrojenja sa binarnim smesama kao radnim fluidima (u daljem tekstu "binarna postrojenja"), pri određenim okolnostima, moguće ekonomično proizvoditi električnu energiju pri temperaturama geotermalne rasoline od oko 100°C.

Prema raspoloživim podacima, početkom 1990-tih u svetu je bilo instalisano 86 binarnih postrojenja, ukupnog kapaciteta 1263 MW, ili u proseku 1,5 MW po postrojenju, za sada bez ijednog takvog postrojenja na Balkanu.

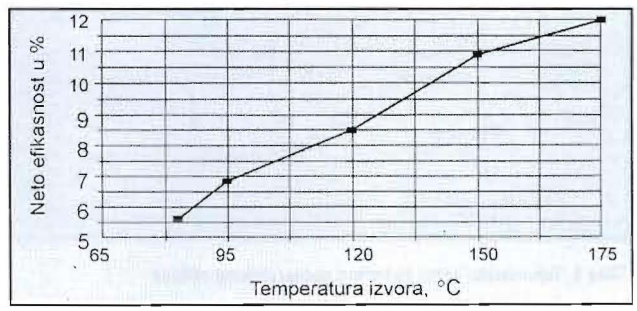


Slika 2. Geološki profil, reka Bosna – Ilidža [9]

3.1. Analiza proizvodnje električne struje iz geotermalnih voda bušotine IB-10 na Ilidži (temperatura vode 130°C, protok 100 l/s)

Pri analizi raspoloživih potencijala pošlo se od pretpostavke da će se geotermalna voda iz bušotine IB-10 na Ilidži hladiti sa 130°C na oko 90°C u razmjenjivaču toplote i proizvoditi paru, bilo u organskom (sa organskim supstancijama kao radnim fluidom) Rankineovom ciklusu (ORC) ili u Kalininom ciklusu sa mešavinom amonijak–voda. Nakon toga ova se rasolina može koristiti za druge namene (npr. u kaskadnoj sprezi sa drugim potrošačima uz smanjivanje temperature vode do nivoa okoline, što neće biti predmet ovog rada).

Na slici 3 je prikazana termička efikasnost binarnih postrojenja u zavisnosti od temperature geotermalnih fluida [13]. Na slici se vidi da je termička efikasnost ovih postrojenja veoma niska i da se kreće u rasponu od oko 5 do 12%.

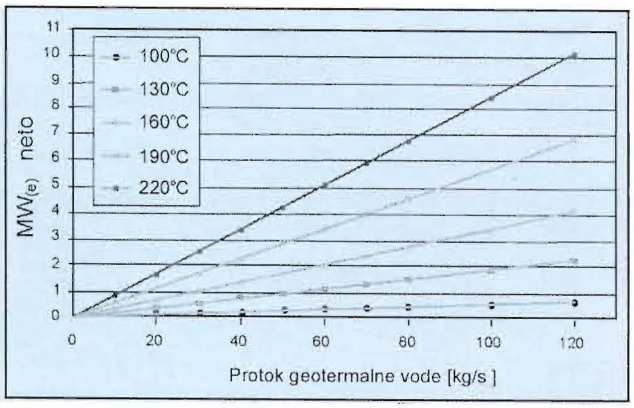


Slika 3. Neto efikasnost binarnog geotermalnog ciklusa u zavisnosti od temperature [13]

Na slici 4 prikazane su približne vrednosti električnih snaga binarnih postrojenja za matricu temperatura i protoka. Za geotermalne izvore na Ilidži, za protok od 100 l/s i temperaturu 130°C, očekivana snaga na bušotini IB-10 približno iznosi: $N_{IB\text{-}10(e)} \approx 2\ [MW]_{(e)}$.

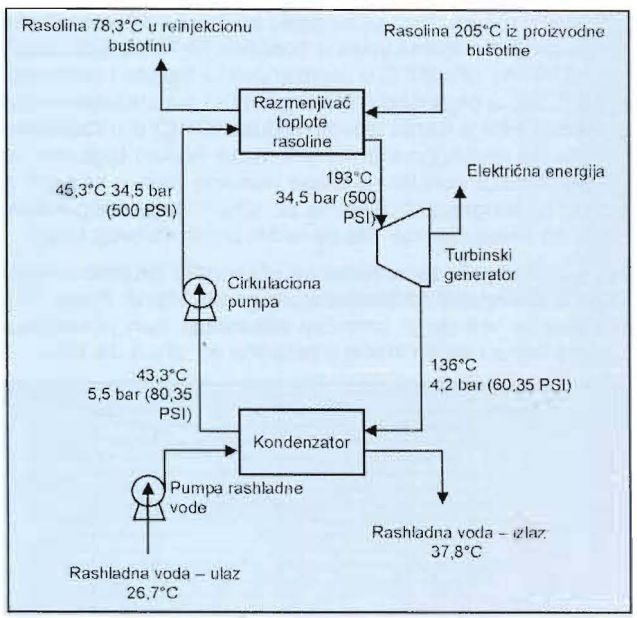
3.2. Generalni tip binarnog ciklusa

Bazirano na dostupnim informacijama, ozbiljno proučavanje binarnih ciklusa je započelo u SAD tokom 1970-tih, kada su kao radni medij korišćeni različiti egzotični, čisti ili pomešani fluidi. Za evaluaciju različitih parametara ciklusa razvijeni su posebni softverski paketi, kao što su npr. GEO 1 do GEO 3 [14, 15], ili ASPEN plus [16]. Ovi softveri su sekvencijalnog karaktera: (i) termodinamički ciklus, (ii) dimenzionisanje opreme, (iii) specifikacija investicionih troškova. Na osnovu [16, 17] dâ se zaključiti o aktuelnosti problema do danas.



Slika 4. Električna snaga niskotemperaturnih geotermalnih fluida

Na slici 5 je tehnološka šema geotermalnog postrojenja za proizvodnju električne energije, dok je na slici 6, u T-s dijagramu, prikazan konvencionalni ORC ciklus sa izobutanom kao radnim fluidom, kao i sa turbinskom ekspanzijom u području pregrejane pare i izobarsko-izotermskom kondenzacijom.



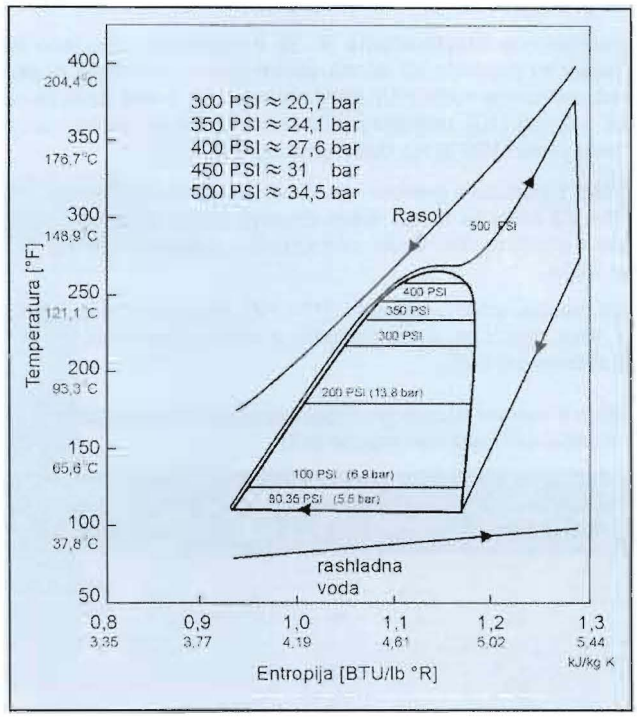
Slika 5. Tehnološka šema binarnog geotermalnog ciklusa

3.3. Kalinin ciklus

Kalinin ciklus je inovirani i patentirani kružni proces u kome se koristi binarna smesa amonijak–voda. Vlasnik patenta (Exergy Inc., [18]) ovog ciklusa ga opisuje kao "kvantni skok u proizvodnji električne energije", tvrdeći nadalje: "Korišćenje efikasnosti Kalininog ciklusa®', Exergy, Inc., osigurava da elektrane proizvode električnu energiju 10 do 60% efikasnije, u zavisnosti od izvora toplote, sa uštedama troškova i do 30%". Sudeći po tome, to bi mogao biti najveći korak napred u usavršavanju tehnologija proizvodnje električne energije od vremena pojave Clausius–Rankineovog ciklusa.

Autori nisu našli nijednu referencu o ovom ciklusu izuzetnih karakteristika u ovom delu sveta (u zemljama Balkana), pa su zato smatrali potrebnim da o tom ciklusu iznesu više detalja.

Kao što je rečeno, osnovna prednost ciklusa leži u činjenici da se temperatura pri izobarskom ključanju i kondenzaciji kontinualno menja (raste pri isparavanju i opada pri kondenzaciji). Tako je tehnički moguće održavati dovoljno malu razliku temperatura toplotnog izvora (kotao, razmenjivač toplote), odnosno ponora (okoline – kondenzatora) i radne supstancije i time načelno zadovoljiti bazni zahtev teorijskog Carnotovog ciklusa, kojim se zahteva infinitezimalna razlika između temperatura toplotnog izvora/ponora i radnog medija. Na slici 7(c) su uporedni T–s dijagrami promene stanja radnog fluida za organski Clausius–Rankineov i Kalinin ciklus, [20]. Šrafirana površina na slici 7(c) predstavlja povećanje specifičnog rada Kalininog ciklusa u odnosu na Clausius–Rankineov (CRC) ciklus.



Slika 6. T-s dijagram za organski Rankineov ciklus – ORC za izobutan

Polazeći od navedenog i imajući u vidu da je izvedeno, testirano i pušteno u rad prvo industrijsko postrojenje ove vrste tokom 2000. (Húsavikur, Iceland), biće prikazana i opisana njegova tehnološka šema, slika 8 [21, 22, 23].

Radni fluid u tečnom stanju (mešavina amonijaka i vode masenog sastava ξ = 0,82) izlazi iz kondenzatora HE-1 na pritisku od 5,4 bar i temperaturi od 12,4°C. Mešavina se pumpom sabija na visoki pritisak, a potom se zagreva, najpre u niskotemperturskom (LT), a zatim u viskotemperturskom (HE-3) zagrejaču na 68°C. U isparivaču HE-4, korišćenjem unutrašnje energije geotermalne rasoline temperature 124°C, mešavina se zagreva do 121°C, isparava do stepena suvoće pare od 75% i šalje u separator, gde se odvaja parna faza visokog sadržaja amonijaka od siromašnog tečnog rastvora.

Iz separatora, para visokog pritiska se vodi u turbinu gde adijabatski ekspandira na niski pritisak pri čemu temperatura pare opada. Siromašni tečni rastvor (sa oko 50% amonijaka) iz separatora hladi se u visokopritisnom rekuperatoru (HT) zagrevajući napojnu struju isparivača. U niskotemperaturskom rekuperatoru LT topla para iz turbine (temperature od 60°C) apsorbuje se u hladnoj tečnosti (temperature 48°C) koja nadolazi iz razmenjivača toplote HT, pri čemu nastaje 82% mešavina bazne radne tečnosti.

Dobijena mešavina se zatim hladi u niskotemperaturskom rekupertoru (LT), gdje se entalpija fluida koristi za zagrevanje napojne struje radnog fluida. Tečnost koja napušta ni-

[7] **Lund, J. W.**, *World Status of Geothermal Energy Use*, Overview 1995–1999, Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, OR, USA.
[8] **Čičić, S. i N. Miošić,** *Geotermalna energija Bosne i Hercegovine*, "Geoinženjering", Sarajevo, 1986.
[9] **Čičić, S., M. Bašagić i F. Skopljak,** *Studijska karta mineralnih resursa kantona Sarajevo,* Institut za geologiju, Građevinski fakultet, Sarajevo, 2002.
[10] **Bublin, M., S. Čičić, E. Kulić, N. Zjuzin, M. Jahić, i drugi,** *Studija opravdanosti, ulaganja u istraživanja i korištenje geotermalne vode bušotine IB-10 na Ilidži,* – podrška održivom razvoju Ilidže, Institut za geologiju, Građevinski fakultet, Sarajevo, juni 2003.
[11] ***: Projektni zadatak, *Studija o opravdanosti ulaganja u istraživanja i korištenje geotermalne vode bušotine IB-10 na Ilidži,* Geoinženjering, Ilidža, 2002.
[12] **Kulić, E., O. Fabris, M. Osmanagić,** *Mogućnosti korištenja geotermalne energije u banji Ilidži za plivački bazen i hotelski kompleks "Ehos"*, KGH, No 3, 1980.
[13] ***: *The Technology and the Development Process*, Geothermal Energy, World Bank Group, 2000.
[14] **Iqbal, K. Z., L. W. Fish, and K. E. Starling,** *Advantages of Using Mixtures As Working Fluids In Geothermal Binary Cycles,* Proc. Okla. Acad. Sci. 56: 110–113, 1976.
[15] **Iqbal, K. Z., L. W. Fish, and K. E. Starling,** *Development of a Geothermal Binary Cycle Simulator,* Proc. Okla. Acad. Sci. 57: 122–130, 1977.
[16] **Mines, G. L.,** *Evaluation of the Impact of Off-Design Operation on an Air-Cooled Binary Power Plant,* U. S. Department of Energy, Assistant Secretary, for Energy Efficiency and Renewable, Energy, under DOE Idaho Operations Office, Contract DE-AC07-99ID13727.
[17] **Bliem, C. J., V. Hassani,** *Model Development for Cycle Analysis in Advanced Heat Rejection Studies,* Research Summaries – Conversion Technology, U.S. Department of Energy Geothermal Energy Technical Site, 2002.
[18] ***: Exergy Inc., 22320 Foothill Blvd., Suite 540, Hayward, CA 94541.
[19] **Korobitsyn, M. A.,** *New and Advanced Conversion Technologies, Analyses of Cogeneration,* Combined and Integrated Cycles, Ph. D. Thesis, Febodruk BV, Enschede, Amsterdam 1998.
[20] **Köhler, S. und Saadat, A.,** *Möglichkeiten und Perspektiven der geothermischen Stromerzeugung,* Geo-Forschungs-Zentrum, Potsdam, http://www.geothermie.de/oberflaechennahe/geothermie_report_2k1/moeglichkeiten_und_perspektiven_d.htm.
[21] **Mlcak, H., M. Mirolli, H. Hjartarson, B. Lewis,** *Notes from the North: A Report on the Debut Year of the 2 MW Kalina Cycle® Geothermal Power Plant in Húsavík, Iceland,* GRC Húsavík Paper (04/26/02).
[22] **Starr, F.,** *What is a Kalina Cycle? Preface to the article entitled: "Testing and Operating Experience of the 2 MW,* Kalina Cycle Geothermal Power Plant in Húsavík, Iceland", OMMI (Vol. 1, Issue 2), August 2002.
[23] **Hjartarson, H., L. Gullev,** *Húsavík Iceland – A model of energy efficiency based on geothermal energy,* News from Danish Board of District Heating, No 1, 2003, pp. 10–13.

kgh

Emin Kulić, Alija Lekić & Hasan Lulić

KALINA CYCLE IN POWER GENERATION IN THE COUNTRIES OF THE BALKANS WITH VIEW OVER GEOTHERMAL WELL IB-10 ILIDŽA, SARAJEVO

Summary

This paper analyzes a problem of electric power generation using heat of the low-temperature geothermal brine with temperatures above 200°C. Along with a brief description and technological function diagram of the Kalina cycle, the paper provides a summarized review of the increase of electric power generation from geothermal sources in the previous century, with the development forecasts up to the year of 2020. Based on available information on relevant parameters of teothermal sources in the Balkans, the expected potentials of electric power generation from these sources were determined. Finally, the paper presents the potentials and possibilities of electric power and thermal power cogeneration by exploiting the research and exploitation geothermal well IB-10 in Ilidža, near Sarajevo.