

ANALIZA FIZIČKO-HEMIJSKIH PARAMETARA GEOTERMALNE VODE SIJARINSKE BANJE SA ASPEKTA ISKORIŠĆENJA TOPLOTNE ENERGIJE

*Dragan T. Stojiljković,¹ Staniša T. Stojiljković,¹ Nebojša Č. Mitić,¹
Dragan T. Pejić,¹ Maja Đurović-Petrović²*

SAŽETAK:

Toplotna snaga koja teorijski može da se dobije iz izvora u Sijarinskoj banji čija je temperatura viša od 50⁰ C kreće se iznad 5,5 MW. Međutim, sa izvora bušotine B-4, kod koga je temperature vode 75⁰ C može se dobiti preko 95 MW toplotne energije dnevno, pri protoku od 25 l/s iscrpljivanjem vode do 37⁰ C.

Ključne reči: *geotermalna voda, toplotna energija, analiza parametara.*

1. UVOD

Konvencionalni izvori energije (fosilna i nuklearna goriva) ograničeni su i neravnomerno raspoređeni u svetu, a njihova intenzivna eksploatacija dovodi do emisije zagađujućih materija koje ozbiljno ugrožavaju šume, vode i vazduh ne samo na lokalnom već i na globalnom nivou.

Obnovljivi izvori energije, koji obuhvataju geotermalnu energiju, sunčevu, energiju biomasa, drvo, energiju plime i oseke, morskih talasa, hidroenergiju i energiju vetra su skoro neiscrpn, a njihovo korišćenje ne remeti prirodnu ravnotežu. U svetu i Evropi postoji trend porasta korišćenja obnovljivih izvora energije.

Geotermalna energija je toplotna energija akumulirana u stenama i fluidima u Zemljinoj kori. Kod korišćenja geotermalnih potencijala najveći su troškovi izra-

¹ Tehnološki fakultet, Bulevar oslobođenja 124, 16000 Leskovac, Srbija

² Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine, Beograd

de bušotina ali su troškovi eksploatacije i održavanja niži nego kod konvencionalnih izvora energije.

Eksploatacijom geotermalne energije nema emisije štetnih gasova u atmosferi (kao kod upotrebe fosilnih goriva) a nema ni problema sa odlaganjem otpadaka nakon korišćenja (kao kod korišćenja nuklearnih goriva) pa treba potencirati korišćenje ove, obnovljive energije. Geotermalni potencijal je praktično neograničen.

2. PROBLEMI PRI EKSPLOATACIJI GEOTERMALNIH VODA

Pri eksploataciji geotermalnih voda, zbog njihove relativno velike mineralizacije, veliki problem predstavlja sklonost ovih voda ka zaprljanju cevovoda. Zavisno od hemijskog sastava voda, na zidovima cevni instalacija se stvaraju naslage različitih teško rastvornih soli.

Modeli za predviđanje sklonosti vode ka stvaranju taloga zasnivaju se na Langelierovom i Ryznerovom indeksu. Dejstvo vode ocenjuje se sa aspekta uticaja karbonata, bikarbonata i ugljene kiseline, kao najuticajnijih faktora pri stvaranju naslaga [1, 3].

Geotermalne vode, u najvećem broju slučajeva, zbog svoje visoke mineralizacije spadaju u termomineralne vode (imaju ukupnu mineralizaciju preko 1 gr/l i temperaturu preko 20° C). Najčešće su slabo kisele (pH 6,3-6,8), neutralne (pH 6,8-7,2) ili slabo alkalne (pH 7,2-8,5). Prema temperaturi možemo ih podeliti na hipoterme (20-34° C), homeoterme (34-38° C) i hiperterme (>38° C). Najčešće se radi o niskotemperaturskim izvorima, sa temperaturama vode po pravilu znatno nižim od 150° C [4].

3. GEOTERMALNE VODE SIJARINSKE BANJE

U Sijarinskoj banji ima petnaestak izvora geotermalnih voda. Sa stanovišta korišćenja termo potencijala ovih voda interesantni su izvori sa temperaturom vode od preko 50° C. U banji ima sedam takvih izvora čija se izdašnost kreće od 0,07 l/s do preko 30 l/s [5].

Bušotina B-4 koja je dubine 1232 m urađena je 1990. god. i njena izdašnost tada je bila 33 l/s, kasnije je prigušena da bi mogla da se koristi geotermalna energija za zagrevanje hotela "Gejzer". Njena izdašnost se, u zavisnosti od prigušenja, može regulisati u rasponu od par litara pa sve do 30 litara u sekundi sa temperaturom od 75 do 78° C i gasnim faktorom 1:4,4 (CO₂) [2]. Ona raspolaže velikim toplotnim potencijalom pa je interesantno pratiti je tokom vremena i ispitati njene fizičke i hemijske osobine radi daljeg iskorišćenja njenog toplotnog, gasnog i terapeutskeg potencijala.

Tabela 1: Izvori sa temperaturom iznad 500 C

Lokalitet	Izvor / bušotina	Temperatura [°C]	Izdašnost [l/s]	Toplotna snaga [kW]
Sijarinska banja	A- 1	65	1,5	175,8
	A-2	61	1	100,5
	Veliki gejzir	71	2,8	398,5
	Glavni izvor	63	0,07	7,6
	Inhalator	65	0,8	93,8
	Sn-2A	65,5	0,08	9,5
	B-4	75	30	4772
SUMA			36,25	5557,7

4. TOPLOTNA SNAGA

Proračun toplotne snage vršen je na osnovu sledećih parametara: iscrpljivanje toplote vode do 37°C, čime se izbegava biološko zaprljanje cevovoda, i srednji toplotni kapacitet vode 4,186 kJ/(kg K). Toplotna snaga koja teorijski može da se iskoristi iz ovih izvora kreće se preko 5,5 MW. Na osnovu geoloških istraživanja od pre 15 godina može se očekivati stabilnost protoka od 25 l/s u dužem periodu.

Tokom prošle, 2004. godine praćeni su fizičko-hemijski parametri geotermalne vode iz bušotine B-4. Nažalost, zbog postojećeg prigušenja, nije bilo moguće pratiti trenutnu izdašnost bušotine i stabilnost izdašnosti u dužem intervalu. Za pretpostavljenu stabilnu izdašnost od 25 litara u sekundi i temperaturu od 75° C, hlađenjem ove vode do temperature od 37° C moglo bi se dobiti preko 95 MW toplotne energije dnevno. Pri ovim vrednostima protoka prigušenje bušotine bilo bi reda 1,5 bar.

Ukoliko bi se geotermalna voda toplotno iscrpljivala do 20° C, teorijski bi to predstavljalo toplotni kapacitet od preko 165 MW na dan.

5. ANALIZA FIZIČKO-HEMIJSKIH PARAMETARA GEOTERMALNE VODE

Analize geotermalne vode Sijarinske banje su vršene u Zavodu za zaštitu zdravlja u Leskovcu i Gradskom zavodu za zaštitu zdravlja u Beogradu standardnim analitičkim metodama za ispitivanje voda.

Lanželijeov (Langelier) indeks zasićenja i Riznerov (Ryzner) indeks stabilnosti izračunavaju se prema jednačinama [1, 3, 4]:

$$L.I. = pH - pH_s \quad (1)$$

$$R.I. = 2pH_s - pH \quad (2)$$

U ovim jednačinama sa pH je označena izmjerena pH vrednost vode pri temperaturi $25 \pm 1^\circ \text{C}$, a sa pHs – pH vrednost vode kada je ravnotežno zasićena kalcijum-karbonatom i može se odrediti eksperimentalnim putem ili pomoću uprošćene formule [7]:

$$pHs = f(t) - f[Ca^{2+}] - f(A) + f(R) \quad (3)$$

gde su:

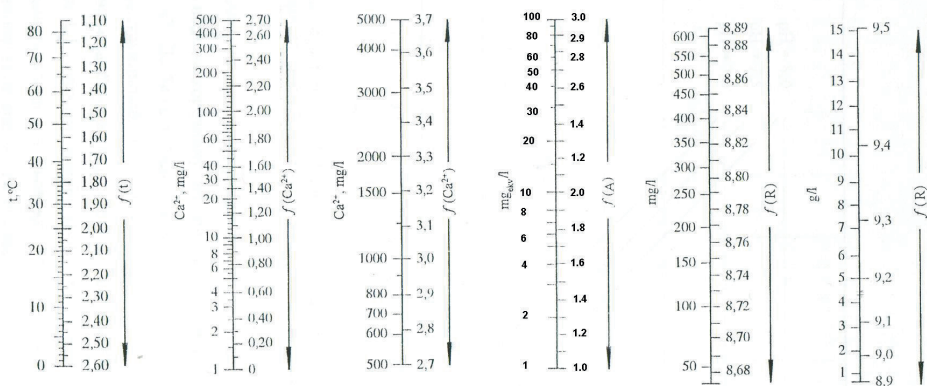
$f(t)$ – funkcija koja uzima u obzir sadržaj ugljene kiseline i rastvorenog kalcijuma u zavisnosti od temperature,

$f[Ca^{2+}]$ – funkcija koja uzima u obzir uticaj koncentracije kalcijum jona u mg/l,

$f(A)$ – funkcija uticaja ukupne alkalnosti vode u $\text{mg}_{\text{ekv}}/\text{l}$,

$f(R)$ – funkcija uticaja ukupnog sadržaja rastvorenih soli u mg/l.

Preporučene vrednosti ovih indeksa pri kojima geotermalna voda ima najmanja taložna (i korozivna) svojstva kreću se u intervalu 0 – 0,5 za L.I., odnosno 7 – 8 za R.I. [3, 4].



Slika 1. Nomogrami za određivanje L.I. i R.I. [1,7]

Tabela 2. Uporedni pregled Langelierovog i Ryznerovog indeksa geotermalne vode Sijarinske banje iz ranijeg i novijeg perioda [8]

Datum	25.4.1990.	13.11.1990.	7.4.2004.	17.9.2004.	13.10.2004.
Temperatura	75	75	75	75	78
pH	7,25	7,13	7,4	7,4	7,8
pHs	6	5,88	6,09	6,023	5,95
L.I.	1,25	1,25	1,31	1,377	1,85
R.I.	4,75	4,63	4,78	4,646	4,10

Karakteristike ispitane geotermalne vode mogu da se svedu na:

- Geotermalna voda Sijarinske banje (bušotina B-4) pokazuje pH-vrednosti 7,13 – 7,8 (slabo alkalna reakcija).

- Prema temperaturi (75–78° C) spada u hipertermne geotermalne vode.
- Električna provodljivost (3500 - 4420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na 20° C) i suma rastvorenih mineralnih supstanci (4400 - 4510 mg/l) svrstava je u mineralne vode sa visokom mineralizacijom.
- Ukupna tvrdoća 8,40-10,64°dH ovu vodu čini umereno tvrdom.
- Utrošak KMnO_4 od 4,08-1,90 mg/l ukazuje na mali sadržaj organskih supstanci u ispitivanoj vodi (uočava se tendencija smanjenja u poređenju sa analizama iz ranijeg perioda).
- Od katjona najzastupljeniji je natrijumov, Na^+ (88,32 – 93,64%), a od anjona bikarbonatni, HCO_3^- (90,53 – 93,93%).
- Izdašnost izvora zbog prigušenja nije mogla da se prati, jer se oko 6 l/s trenutno koristi za grejanje hotela. Prema pokazateljima iz 1990. godine ona se nakon smanjenja prigušenja kreće do 30 l/s.
- Prateći sadržaj ove geotermalne vode je i znatna količina slobodnog CO_2 (gasni faktor 1:4,4). Ovako velika količina ugljen-dioksida može da se koristi u industrijske i terapijske svrhe.

U pogledu sklonosti ka taloženju kamenca i korozionog dejstva vode za karakterizaciju se koriste Lanželijeov indeks zasićenja i Riznerov indeks stabilnosti (procena o sklonosti ka taloženju kalcijum-karbonata na metalnim materijalima). Dobijene su vrednosti Lanželijeovog indeksa (L.I.) 1,25 – 1,85, i Riznerovog indeksa (R.I.) 4,10 – 4,78. Pozitivna vrednost Lanželijeovog indeksa pokazuje da ispitivana voda nije agresivna, ne rastvara zaštitni sloj kalcijum-karbonata (koji je istaložen po zidovima cevi), nema sklonost ka koroziji. Riznerov indeks pokazuje da ispitivana voda ima veoma izraženu sklonost ka taloženju karbonata. Ovim metodama uzima se u obzir samo sadržaj karbonata, bikarbonata i ugljene kiseline u vodi, dok je uticaj ostalih faktora zanemaren.

Geotermalna voda sadrži čitavu paletu mikroelemenata i to: Li, Rb, Sr, Mn, Ni, Cu, Pb, Zn, Cr, Cd, Al, As, Hg, Be, Se. Litijum (Li) je prisutan sa 1.26 mg/l, Stroncijum (Sr) sa 2,08 mg/l, a Rubidijum (Rb) sa 0,35 mg/l [2].

6. ZAKLJUČAK

Geotermalna voda Sijarinske banje, bušotina B-4 ima temperaturu 75-78° C, pH vrednost 7,13 – 7,8, a ukupnu tvrdoću 8,40-10,64°dH. Sadrži i znatnu količinu slobodnog ugljen-dioksida (gasni faktor 1:4,4) koji se može koristiti u tehničke/terapijske svrhe. Analizom fizičko-hemijskih parametara dobijene su vrednosti Lanželijeovog indeksa L.I. (1,25 – 1,85), i Riznerovog indeksa R.I. (4,10 – 4,78). Pozitivna vrednost Lanželijeovog indeksa pokazuje da ispitivana voda ne rastvara zaštitni sloj kalcijum-karbonata, nema sklonost ka koroziji. Riznerov in-

deks pokazuje da ispitivana voda ima veoma izraženu sklonost ka taloženju karbonata. Ovim metodama uzima se u obzir samo sadržaj karbonata, bikarbonata i ugljene kiseline u vodi, dok je uticaj ostalih faktora zanemaren.

Toplotna snaga koja teorijski može da se dobije iz izvora u Sijarinskoj banji, čija je temperatura viša od 50⁰ C, kreće se iznad 5,5 MW. Sa bušotine B-4 može se dobiti preko 95 MW toplotne energije dnevno, pri protoku od 25 l/s iscrpljivanjem vode do 37⁰ C.

7. LITERATURA

- [1] Milanović, P.: “*Materijali i oprema za korišćenje geotermalne energije*”, Monografija, IHTM, Beograd 2002, 53-59.
- [2] “*Elaborat o eksploatacionim rezervama termomoneralnih voda izvora Sijarinske banje*”, Geozavod, Leskovac-Beograd januar 1993.
- [3] Robert & Roberta H.L.H.: “*Combining Indexes for Cooling Water Evaluation*”, C.E., USA, 1991.
- [4] Stojiljković, T. D., Pejić, D., Stojiljković, T. S., Stanković, S., Đurović-Petrović, M., “*Mogućnosti iskorišćenja geotermalnih potencijala Srbije sa osvrtom na Sijarinsku banju*”, ELECTRA III, H. Novi 2004, 135-139.
- [5] “*Sijarinska banja izvor zdravlja i života*”, priredio Vukadin Ristić, drugo dopunjeno izdanje, Leskovac 2002.
- [6] Rodier, J., “*Analysis of Waters*”, John Willey and Sons, New York 1975.
- [7] Кулийски, М.А., “*Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды*”, Наукова Думка, Киев 1980.
- [8] Mitić, Č. N., Stojiljković, T. D., Stojiljković, T. S., Đurović-Petrović, M., “*Geotermalna energija Sijarinske banje*”, ENERGETIKA 2005, Zlatibor 2005, 144-146.

ANALYSIS OF PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF GEOTHERMAL WATER IN SIJARINSKA BANJA THE IMPACT ON USE OF THE WATER THERMAL ENERGY

ABSTRACT:

A potentially exploitable heat power from water source in Sijarinska banja, which temperature exceeds 50⁰ C, overpasses 5.5 MW. However, drill-hole B-4 with temperature water over 75⁰ C can potentially produce 95 MW of the heat power daily, with the water flow of 25 l/s, based on the water exhaustion until reactione 37⁰ C.

Key words: *geothermal water, heat energy, analysis of parameters*