

GEOTERMALNI IZVORI U BANJAMA SRBIJE – TERITORIJALNA RASPROSTRANJENOST I MOGUĆNOSTI PRIMENE

Marina Nenković¹, Mila Pucar²

SAŽETAK:

U skladu sa principima održivosti, mnoge zemlje Evropske unije su intenzivirale upotrebu geotermalne energije, koja se koristi ne samo u okviru domaćinstava već i u industriji.

Teritorija Republike Srbije u ovom smislu raspolaže velikim potencijalima. Procene koje su rađene u povoljnim termalnim zonama u Srbiji, od strane različitih institucija u poslednjih deset godina ukazuju na mogućnosti njene direktne i indirektno primene u toplifikaciji objekata (stambenih i industrijskih), u sportsko-rekreativne svrhe ili u poljoprivredi.

Tema ovog rada biće prostorni raspored termalnih i geotermalnih izvora u Srbiji i mogućnosti i prednosti koje pruža korišćenje ovog obnovljivog resursa.

Ključne reči: *geotermalna energija, održivi razvoj, obnovljivi izvori energije*

1. UVOD

Poslednjih decenija 20. veka u svetu je izražena tendencija rasta u korišćenju obnovljivih energetske izvora, a poseban akcenat stavljen je na korišćenje geotermalne energije, jer je ovaj energetski resurs, pored hidroenergetskih izvora, najznačajniji proizvođač električne energije u svetu. U komercijalne svrhe, geoter-

¹ Marina Nenković, stipendista Ministarstva nauke i zaštite životne sredine RS, Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, recycled@ptt.yu

² dr Mila Pucar, Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 73/II, milap@iaus.org.yu

malna energija se u svetu koristi poslednjih 70 godina. Narastajući problem nedostatka energije u svetu i niz negativnih implikacija nastalih kao rezultat neracionalnog korišćenja obnovljivih energetske resursa, nužno su uslovlili intenziviranje korišćenja obnovljivih izvora, koji mogu obezbediti energetske nezavisnost pojedinih područja.

U skladu sa konvencijama o zaštiti životne sredine³, zemlje članice Evropske unije su se obavezale da će redukovati emisiju gasova koji izazivaju pojavu "efekta staklene bašte"⁴ putem korišćenja obnovljivih energetske resursa [13] radi obezbeđivanja energetske samostalnosti lokalnim potrošačima od nacionalnog i regionalnog snabdevanja energijom putem velikih distributivnih sistema [1]. Takođe, biznis planovi koji tretiraju ovu problematiku navode privatni kapital kao *spiritus movens* za sporovođenje projekata. Teritorija Republike Srbije, u tom smislu, raspolaže sa izuzetno velikim potencijalom u pogledu geotermalnih izvora, s obzirom da je njena specifična geotektonska i geološka struktura determinisala nastanak značajnog broja geotermalnih i hidrotermalnih izvora.

2. TIPOVI KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

Geotermalna energija se u literaturi označava kao toplota dobijena iz Zemljine unutrašnjosti, odnosno energija akumulirana u fluidima i stenskim masama u Zemljinoj kori [2]. Ona se nalazi ispod površine Zemlje na različitim dubinama, a u retkim slučajevima izbija i na samu površinu. Potencijali ovakve energije su izuzetno veliki, posebno ako se uzme u obzir da je akumulirana toplota u Zemljinom omotaču tolika da bi se smanjenjem temperature Zemljine kore za samo 0.1 °C obezbedilo dovoljno energije da se sa sadašnjim nivoom potrošnje svet snabde električnom energijom za narednih 15.000 godina [9]. Postoji pet osnovnih tipova direktnog korišćenja geotermalnih izvora. To su: 1) primena u gajenju akvakultura, 2) staklene bašte, 3) industrijska i primena u poljoprivredi, 4) banjsko-lečilišni turizam i 5) zagrevanje objekata.

3. OPŠTE GEOLOŠKE, GEOTERMALNE I HIDROTERMALNE KARAKTERISTIKE PODRUČJA SRBIJE

Srbija se nalazi u tektonskom centru Balkanskog poluostrva, na mestu razvika tri glavna tektonska sistema: Dinarida na zapadu, Rodopa u centralnom delu i Karpatsko-balkanskog masiva na krajnjem istoku i jugoistoku zemlje. Panonski

³ 1992. godine u Rio de Žaneiru (AGENDA 21) i Kjotou 1997. godine

⁴ Za najmanje 8 % u odnosu na nivo iz 1990. godine, i to u periodu od 2008. do 2012. godine

basen na severu ima najveći toplotni potencijal geotermalnih izvora i lokacije svih nalazišta termalnih izvora u njemu se nalaze u neposrednoj blizini zona istraživanja i korišćenja nafte i gasa. Postoje bušotine koje imaju geotermni gradijent veći od $5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

Geotermalne karakteristike u Srbiji su vrlo specifične. Naime, debljina Zemljine kore se na ovoj teritoriji povećava u pravcu juga, dok je na teritoriji Panonskog basena ona ujednačena i iznosi između 25 i 29 kilometara [10]. Toplotni potencijal tektonskih sistema vrlo varira i za područje Dinarida iznosi oko 78°C (odnosi se na maksimalnu izlaznu temperaturu termalnih voda), u srpsko-makedonskom masivu (Rodopima) 96°C (Vranjska banja), u Karpatobalkanidima 43°C i u Panonskom basenu između 40 i 50°C . Najtopliji izvori nalaze se u Vranjskoj banji (96°C), Jošaničkoj banji (78°C), Sijarinskoj banji (72°C), Kuršumlijskoj banji (68°C) i Novopazarskoj banji (54°C) [11]. Na teritoriji Srbije, van Panonskog basena nalazi se čak 160 prirodnih izvora termalnih voda sa temperaturom većom od 15°C . Ukupna izdašnost svih prirodnih izvora je oko 4000 kg/s , a najveću izdašnost imaju izvori karstifikovanih krečnjaka u granitoidnim i vulkanskim stenama tercijarne starosti [4].

4. UKUPAN POTENCIJAL GEOTERMALNIH IZVORA U SRBIJI

Prema istraživanjima koja su UN objavile 1994. godine, ukupna instalisana snaga u Srbiji je 7430 MWe , a uključujući i Kosovo i Vojvodinu ova vrednost iznosi 9560 MWe . Oko 70% ukupne električne energije republike dobija se iz uglja, dok je hidroenergetski potencijal takođe izuzetno velik (7000 GWh). Srbija ima 55 hidrogeotermalnih sistema – 25 u Dinaridima, 20 u Karpatobalkanidima, i po 5 u Srpsko-makedonskom masivu i u Panonskom basenu. Provodni hidrogeotermalni sistemi se uglavnom razvijaju u paleogenim i neogenim sedimentima u Panonskom basenu [10], [4]. Merenjem temperature u Panonskoj niziji na dubini od 5 kilometara pronađeni su izvori temperature oko 240°C , dok je na dubini od oko 3 kilometra prosečna temperatura izvora oko 150°C . U planinskom delu centralne Srbije nalazi se izuzetno veliki broj lokaliteta mineralnih i termalnih voda – čak 241⁵. Ukupan broj prirodnih termalnih izvora na ovim lokacijama je 1080. Od ukupnog broja lokaliteta, istraživanja su rađena na 129, a završena su na 89 lokaliteta.

U periodu od 1965. godine do 1992, u 40 naftnih bušotina, kao prateća pojava pronađeni su termalni izvori, dok je 37 izvora namenski tretirano. Kao potencijalni lokaliteti na kojima su rađena preliminarna istraživanja pojavljuju se Mačva, Posavina, Tamnava, Pomoravlje i Podunavlje, kao i teritorije oko Vranja i Toplica [7].

⁵ Od toga 90% su prirodni izvori, a $8,8\%$ su izvori nastali bušenjem

Tabela 1. Geotermalni potencijal Republike Srbije

Region	Produktivnost/izdašnost (l/s)	Toplotna snaga MW	Toplotna energija (TJ/god)
Centralna Srbija	688	90	840-1680
Vojvodina	741	85	756-1512
Kosovo i Metohija	229	14	126-252
Ukupno	1658	189	1722-3444

Srbija raspolaže sa oko 59 termalnih banja, i 9 kompanija za flaširanje mineralne vode koje koriste geotermalne izvore. Geotermalni potencijal u Srbiji se procenjuje na 250×10^{21} J. (Milivojević, 1990). Podaci Lund&Freestona govore da Srbija u pogledu geotermalne energije ima instalisan kapacitet od oko 80 MWt, a da je ukupna proizvodnja oko 2375 TJ/godišnje.⁶ ili 660 GWh/ godišnje. Neiskorišćenim se smatra čak oko 156 MWt, uglavnom iz nedovoljno istraženih izvora. Od ukupnog geotermalnog potencijala Srbije, čak 48% se koristi u sportsko-rekreativne svrhe (plivanje), 12% za zagrevanje objekata a tek 11% za zagrevanje staklenika i plastenika (u poljoprivrednoj proizvodnji) [6]. Procene govore da je u najvećem delu teritorije moguće očekivati rezultate koji su znatno viši od prosečnih rezultata za Evropu i iznose oko 60 MW/m² [3].

5. LOKALNA LEGISLATIVA I MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA GEOTERMALNIH IZVORA

Republika Srbija ne tretira pitanje geotermalnih izvora i njihovog korišćenja niti jednim zakonskom ili podzakonskim aktom. Postoji veliki broj studija mogućnosti korišćenja lokalnih energetskih izvora i studija opravdanosti, koje su finansirale Ujedinjene nacije ili inostrane i lokalne nevladine organizacije. Međutim, do sada nije formulisana nacionalna strategija koja bi tretirala isključivo ovu problematiku⁷.

Modusi i mogućnosti korišćenja hidrogeotermalne energije u Srbiji su izuzetno veliki. Tradicija eksploatacije geotermalnih resursa potiče još iz doba Rimljana, koji su na ovim prostorima stvorili čitav lanac balneoloških lokaliteta, od kojih su najznačajnije Gamzigradska banja (Felix Romuliana), Niška banja, Vrnjačka banja i druge. Prema preliminarnim istraživanjima INEEL-a, najbolje mogućnosti eksploatacije ovog izvora su na području zapadno od Beograda, odnosno na

⁶ Podaci koje navode Lund & Freeston su iz 2000. godine

⁷ Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine tretira uopšteno problematiku obnovljivih energetskih izvora, i u jednom manjem segmentu pitanje korišćenja geotermalnih izvora

teritoriji Posavine, Mačve i Srema. Studije istraživanja u Mačvi [12] dale su neočekivane rezultate i to da je geotermalnom energijom izvora sa ove teritorije moguća toplifikacija gradova Loznica, Šabac, Bogatić i Sremska Mitrovica, sa ukupno 150.000 stanovnika.

6. PREGLED GEOTERMALNIH I HIDROTERMALNIH IZVORA SRBIJE I NJIHOV PROSTORNI RASPORED

Prosečna temperatura svih geotermalnih izvora u Srbiji je 47,9°C. Čak 14 lokaliteta ima prosečnu temperaturu veću od 100°C. Najveći toplotni potencijal u Srbiji poseduju geotermalni izvori u Vranjskoj banji (150°C). U tabeli broj 2 daćemo pregled lokacija geotermalnih izvora koji imaju direktnu primenu, njihov status, temperaturu i iskorišćenu energiju u TJ/god.

Tabela 2. Pregled lokacija geotermalnih izvora sa direktnom primenom na teritoriji Republike Srbije

Lokalitet	Status	Vrsta korišćenja	Temperatura (u °C)	Izdašnost (u kg/s)	Iskorišćena energija (u TJ/god.)
Brestovačka banja	direktno korišćenje	balneologija-rekreacija	30-100	3.0	3.96
Bujanovačka banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija-rekreacija	24-70	7.0	17.54
Bukovička banja	direktno korišćenje	balneologija-rekreacija	28-34	15.0	11.87
Gamzigradska banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija-rekreacija	24-80	10.0	23.74
Jošanička banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija-rekreacija	40-130	17.0	85.21
Klokot banja	direktno korišćenje	balneologija-rekreacija	25-80	15.0	17.80
Koviljača	direktno korišćenje	balneologija-rekreacija	24-40	130.0	102.88
Kuršumlijska banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija-rekreacija	25-140	20.0	113.43
Lukovska banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija-rekreacija	35-90	12.0	50.65
Mataruge	direktno korišćenje	balneologija-rekreacija	24-110	47.0	117.79
Mladenovac	direktno korišćenje	balneologija-rekreacija	25-90	19.0	70.17

Lokalitet	Status	Vrsta korišćenja	Temperatura (u °C)	Izdašnost (u kg/s)	Iskorišćena energija (u TJ/god.)
Niška banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija- rekreacija	25-60	60.0	94.97
Pribojska banja	direktno korišćenje	balneologija- rekreacija	30-60	70.0	55.40
Prolom banja	direktno korišćenje	balneologija- rekreacija	24-60	15.0	13.84
Rajčinovića banja	direktno korišćenje	balneologija- rekreacija	28-100	8.0	8.44
Ribarska banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija- rekreacija	25-110	37.0	92.73
Sijarinska banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija- rekreacija	72-130	7.4	49.78
Vranjska banja	direktno korišćenje	grejanje stanova balneologija- rekreacija industrija, poljopr	50-150	77.0	467.20

Izvori [3], [4]

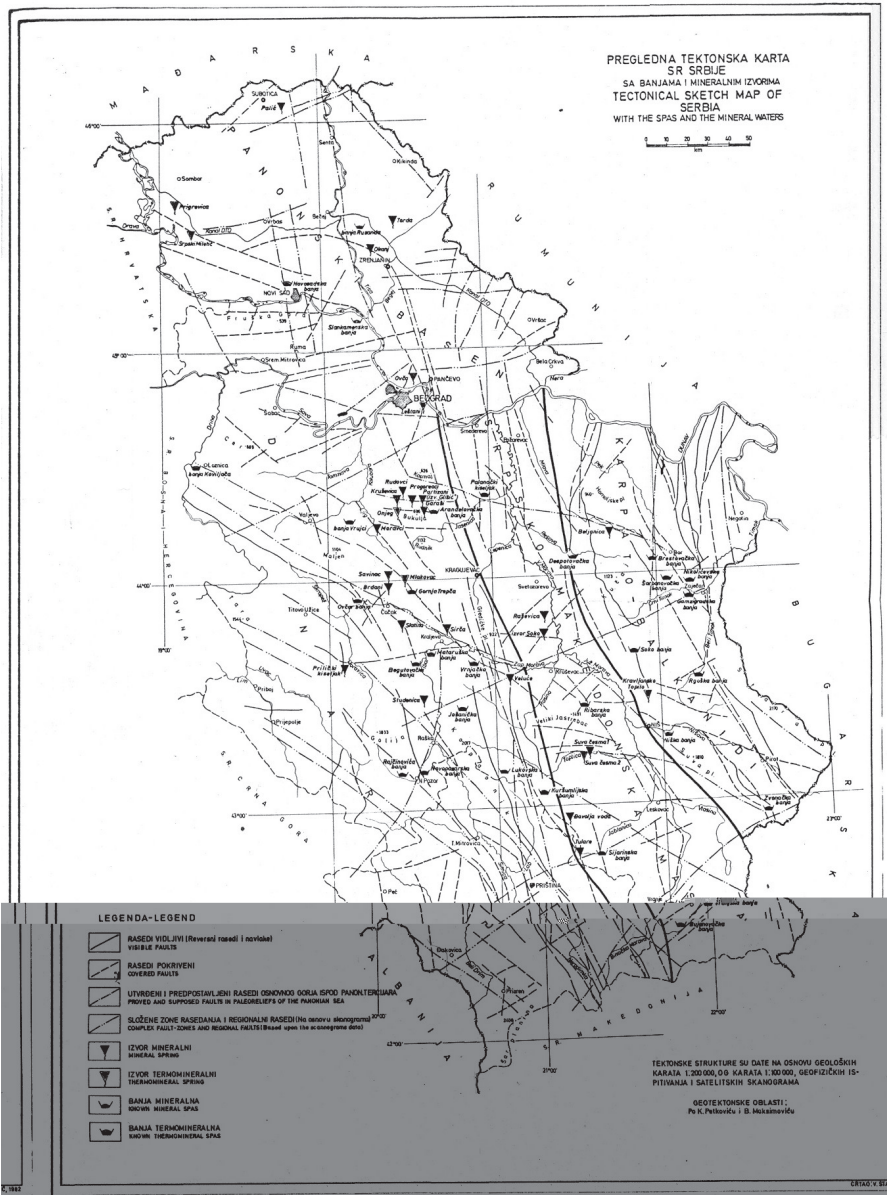
Pored navedenih geotermalnih izvora koji su u direktnoj upotrebi poslednjih godina, postoji i veći broj geotermalnih izvora na kojima su vršena preliminar- na istraživanja i to: Avala, Bogatić (urađena je predinvesticiona studija), Despotovac, Grocka, Indija, Jugovo, Kravlje, Mačva (fizibiliti studija), Požarevac, Radalj, Vrnjci i druge [4]. Na karti 1. (u prilogu) dat je prostorni raspored mineralnih i termomineralnih izvora, mineralnih i termo-mineralnih banja, ali i pregled tektonskih struktura i raseda na teritoriji republike Srbije.

7. BUDUĆNOST KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE U SRBIJI

Dosadašnja šira primena geotermalnih izvora u Srbiji je izostala zbog nepovoljne ekonomske situacije koja je onemogućavala veća ulaganja u ovu granu energetike. Iako je eksploatacija geotermalnih izvora u našoj zemlji uglavnom bazirana na balneološkoj i sportsko-rekreativnoj upotrebi, proces razvijanja sistema primene bi trebalo da bude baziran na izgradnji elektrana koje bi koristile snagu Zemljinog jezgra. Početne investicije za projekte ovog tipa su izuzetno visoke, međutim, nakon nekoliko godina postižu izuzetno pozitivne rezultate u ukupnom energetskom bilansu zemlje, jer proizvode struju po istoj ceni kao i konvencionalne elektrane. Međutim, najveći problem u Srbiji predstavljaju neregulisani odnosi vlasništva i nemogućnost eksploatacije geotermalnih resursa od strane privatnih

preduzeća, ili drugih država (putem koncesije), zbog čega dolazi do krajnje neracionalnog korišćenja geotermalnih resursa.

Karta 1: Pregledna tektonska karta Srbije sa banjama i mineralnim izvorima



8. ZAKLJUČAK

Dalji i intenzivniji razvoj obnovljivih energetske izvora na teritoriji Republike Srbije mogao bi da omogući poboljšavanje energetske slike i smanjenje troškova uvoza fosilnih goriva, kao i troškove distribucije energije na veće udaljenosti. Zahtevi za energentima su u Srbiji u potpunoj disproporciji sa stvarnim zalihama, što uslovljava izuzetno veliki uvoz, a ovaj problem je moguće premostiti upravo korišćenjem geotermalnih izvora na lokalnom nivou.

Geotermalna energija smatra se najvrednijim prirodnim potencijalom, za koji nije potreban nikakav vid konverzije, niti dodatnih ulaganja u njeno korišćenje. Nema negativne ekološke implikacije, ne zagađuje okolinu i u perspektivi bi morala biti uvrštena u primarne energetske resurse Srbije.

9. LITERATURA

- [1] Pugliese, M., Cameron, J., Wilder, M.: "From Kyoto to Bonn, Implication and opportunities for renewable energy", REW, p.p. 43-57, Sept-Oct.01.
- [2] Battocletti, L., Lawrence, B.: "Geothermal Small Business Workbook", p.p 4-48, 2003. U.S. Department of Geothermal energy program, "Direct use of Geothermal Resources", www.eere.energy.gov/geothermal/geodirectuse.html
- [3] Milivojević, M.: "Geotermalni resursi Jugoslavije", u Naučno-stručno-informativnom časopisu Društva inženjera i tehničara, broj 7, Društvo inženjera i tehničara "Zrenjanin", Zrenjanin, str 7-25, 1997.
- [4] Battocletti L., Lawrence, B.: "Geothermal resources in th Balkans", p.p. 41-57, 2001.
- [5] Pucar, M.: Metodološki pristup za korišćenje lokalnih izvora energije u planinskim područjima Srbije, Zbornik radova "Selo u novim razvojnim uslovima"; Udruženje urbanista Srbije, 2001
- [6] Direct uses of Geothermal energy 1995 - Geoheat bulletin Vol 17 No 1. Article, www.geoheat.oit.edu/bulletin/bull/17-1/art7.html
- [7] Todorovic, M., Gburcik, V., Đajic, N, Gburcik, P. Stevanovic-Janezic, M, Kosi, F.: Yugoslav national information & technology transfer network on renewable energy resources, Agricultural Faculty, Belgrade, 2003. www.cub.bg.ac.yu/~todorom/tutorials/rad19.html
- [8] Stanojevski, N.: Elektrane na bazi geotermalne energije, EKONOMIST ONLINE, broj 149 od 14.02. 2003 www.ekonomist.co.yu/magazin/em143/nit/nit2.htm
- [9] Brzak, A.: Obnovljivi izvori energije-geotermalne vode, Dnevnik ONLINE 26.03.2003., www.dnevnik.co.yu/arhiva/26-03-2003/Strane/akcija.htm
- [10] Milivojevic, M., Martinovic M.: GEOTHERMAL ENERGY POSSIBILITIES, EXPLORATION AND FUTURE PROSPECTS IN SERBIA, Proceedings World Geothermal, Kyushu - Tohoku, Japan, 2000, www.ga.igg.cnr.it/pdf/0679.PDF

- [11] Vujanović, V. i Tefilović, M. *Banjske i mineralne vode Srbije*, RJ Privredna knjiga, Gornji Milanovac, 1983.
- [12] Martinović, M. and Milivojević, M. HYDROGEO THERMAL MODEL OF MACVA, Faculty of mining and geology, Beograd, 1993, www.bogatic.co.yu/geotermen.html www.bogatic.co.yu/geotermen.html
- [13] Stefánsson, V. Fridleifsson, I.: "Geothermal Energy European and worldwide perspective", Reykjavik, 1998., www.geothermie.de/europaundweltweit/ge-eawp.htm
- [14] Pucar, M, Nenković, M. *Aktivnosti lokalnog stanovništva ruralnih zajednica usmerene ka zelenoj energiji - svetska iskustva*, Zbornik radova SELO U NOVIM RAZVOJNIM USLOVIMA- BAČ 2003, Udruženje urbanista Srbije, Beograd 2003.
- [15] Nenković, M. *Prostorni raspored geotermalnih izvora i mogućnosti njihove primene u banjskim područjima Srbije*, ZBORNIK RADOVA "STRATEŠKI OKVIR ZA ODRŽIVI RAZVOJ SRBIJE", Institut za arhitekturu i urbanizam, Beograd 2004.

GEO THERMAL RESOURCES IN SERBIAN SPAS – SPATIAL DISTRIBUTION AND APPLICATION POSSIBILITIES

ABSTRACT:

The territory of the Republic of Serbia has extremely large geothermal potentials. The estimates that have been given by the different institutions, in the favourable thermal zones in Serbia, in the last ten years, show the possibilities of its direct and indirect use for heating of the object/facilities (houses and industrial objects), for purpose of sport and recreation and in the agriculture. The topic of this paper will be the spatial distribution of thermal and geothermal sources in our country and the possibilities and advantages that can be achieved by the use of these renewable resources.

