

Korištenje resursa geotermalne energije u Republici Hrvatskoj

Geothermal energy resources use in the Republic of Croatia

Mladen Škrlec, dipl. ing.
Geotermalna energija d.o.o., Zagreb
mladen.skrlec@gmail.com

Slobodan Kolbah, dipl. ing.
Geotermalna energija d.o.o., Zagreb
skolbah@gmail.com



dr. sc. Sanja Živković
Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb
szivkovic@eihp.hr

Dražen Tumara, mag. ing. geol.
Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb
dtumara@eihp.hr

Ključne riječi – geotermalna energija, proizvodnja električne energije, direktno korištenje, Hrvatska

Keywords – geothermal energy, power production, direct use, Croatia

Sažetak

U posljednjih nekoliko godina je na području korištenja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj došlo do naznaka nešto svjetlije budućnosti. Dvadesetak godina od razrade geotermalnog polja Velika Ciglena s četiri bušotine, nakon ponovljenih proizvodnih testova i izgradnje površinskog sustava, investitor MB Holding je krajem 2018. godine u proizvodnju pustio prvu geotermalnu elektranu u Hrvatskoj čiji ukupni instalirani kapacitet iznosi >16,5 MW_e. Zbog ograničenja elektroenergetske mreže i ugovornih ograničenja, trenutno se distribuira 10 MW_e. Na sjeverozapadu Republike Hrvatske, u Draškovcu, razvija se inovativna geotermalna elektrana s internalizacijom ugljikovih spojeva AAT Geothermae. Na geotermalnom polju Zagreb koje je otkrila, razradila i pustila u proizvodnju INA davne 1988. godine, nedavno preuzetog od privatnog investitora GPC Instrumentation Process

d.o.o., u sklopu dodatnih istraživanja nabavljena je oprema i uključeni dodatni korisnici kako bi se povećalo korištenje geotermalne energije u svrhu toplinarstva. Tvrtka Geotermalna energija d.o.o. izradila je kompletno projektiranje, nadzor izrade i opremanja prve privatne investicije za izradu duboke geotermalne bušotine u Bošnjacima kraj Županje za potrebe visokotehnološke stakleničke proizvodnje. Detaljne studije za razvoj korištenja geotermalne energije napravljene su za niz lokacija uključujući Karlovac, Babinu Gredu, Viroviticu, općine Šandrovac, Cestica i dr. Također, interes za korištenjem geotermalne energije porastao je u nekoliko toplica poput Varaždinskih Toplica i Velike, a u Bjelovaru je u tijeku bušenje (do nekoliko stotina metara) u svrhu izgradnje novih.

Geotermalna voda se trenutno za kupanje i grijanje prostora te rehabilitacijske svrhe koristi u 18 toplica. Osim u toplicama, geotermalna energija se koristi u toplinarstvu u Topuskom, Zagrebu i Bizovcu te u stakleničkoj proizvodnji povrća (Sv. Nedelja, Bošnjaci i Krapinske Toplice).

Primjena plitke geotermalne energije je u porastu i najviše se koristi u industriji, trgovačkim centrima, hotelima, skladištima, ali i za individualno grijanje stambenih objekata.

Analizom samo utvrđenog potencijala za koje su izdane istraživačke i eksploatacijske dozvole za korištenje geotermalne energije u svrhu proizvodnje električne energije dolazi se do vrijednosti procijenjene moguće instalirane električne snage u iznosu višem od 100 MW_e, što je tek manji dio od očekivanih resursa sjeverne Hrvatske. Također, procjene moguće utvrđene instalirane toplinske snage za direktno korištenje, kreću se između 750 do 1300 MW_t/godišnje što je ekvivalent 1/4 godišnjeg korištenja prirodnog plina u Hrvatskoj. Preostali veći dio potencijala preostaje za utvrditi našim geolozima i naftašima.

Abstract

In the last few years, there has been an indication of a brighter future in the field of geothermal energy use in the Republic of Croatia. Twenty years after geothermal field development with four wells, and after repeated production tests and construction of the surface system the first geothermal power plant Velika 1 was put in operation by the investor MB Holding at the very end of 2018. The installed capacity is >16,5 MW_e, but distribution, for a moment, is limited to the capacity of the local power grid of 10 MW_e due to grid restrictions and contractual restrictions. The innovative advanced geothermal power plant with the internalization of carbon compounds AAT Geothermae is in development in Draškovec, to the NW of the country. At the geothermal field Zagreb, which was discovered, developed and put into production by INA in 1988, recently acquired by private investor GPC Instrumentation Process d.o.o., as part of additional research, equipment was purchased and additional users were included to increase the use of geothermal energy for heating purposes. Company Geotermalna energija d.o.o. has completed the design, supervised the construction and equipment of the first private investment of deep geothermal well in Bošnjaci near Županja for the needs of high-tech greenhouse production. Detailed studies for the development of the use of geothermal energy have been made for a number of locations including Karlovac, Babina Greda, Virovitica, the municipalities of Šandrovac, Cestica etc. Also, the interest for the geothermal energy use has increased in several Spas such as Varaždinske Toplice, Velika and others, and drilling is underway in Bjelovar (up to several hundred meters) for the purpose of building new ones.

Geothermal water is currently used in 18 Spas mostly for bathing and space heating and for rehabilitation purposes. In addition to Spas, geothermal energy is used for district heating in three locations: Topusko, Zagreb and Bizovac, and in three several hectares large hydrophone technology greenhouses (Sv. Nedelja, Bošnjaci and Krapinske Toplice).

Use of shallow geothermal energy, using ground source heat pumps (*engl. Ground Source Heat Pump, GSHP*) is on the rise and is mostly used in industry, shopping malls, hotels, warehouses, but also for individual heating of residential buildings.

Analysing only the identified potential for which exploration and exploitation licenses have been issued for the use of geothermal energy for the purpose of electricity production, it is estimated that the installed power could exceed 100 MW_e, which is only a small part of the expected resources in northern Croatia. Also, estimates of the possible installed direct heat installed thermal capacity range between 750 and 1300 MW_t/year, which is equivalent to 1/4 of the annual natural gas use in Croatia. The rest of the potential remains to be determined by our geologists and oil engineers.

1. Uvod

Geotermalni potencijal Republike Hrvatske prvotno je indiciran s više od 25 prirodnih termalnih izvora koji su poznati još od Rimskog doba, a većina ih je korištena uglavnom u rekreacijske i medicinske svrhe. Ponajviše se nalaze u sjeverozapadnom i središnjem dijelu Republike Hrvatske (hrvatski dio Panonskog bazenskog sustava, HPBS), a nekoliko njih se nalazi i uz obalu Jadranskog mora. Provođenjem naftogeoloških istraživanja i kasnijom proizvodnjom ugljikovodika, tijekom druge polovice dvadesetog stoljeća, otkrivene su brojne geotermalne lokacije što je dodatno pomoglo razumijevanju stvarnog geotermalnog potencijala Republike Hrvatske.

Puštanje u pogon prve hrvatske geotermalne elektrane u Velikoj Cigleni, zajedno s ne tako davnim osnivanjem Agencije za ugljikovodike te preuzimanjem podataka o nekoliko tisuća napuštenih istraživačkih i eksploatacijskih bušotina rezultirali su povećanim interesom za geotermalnu energiju te povoljnijom investicijskom klimom za geotermalne projekte. Uz podršku novog zakonodavnog okvira, odnosno novog Zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika i popratnih akata te Studije izvedivosti gospodarenja i poticanja korištenja geotermalne vode u energetske svrhe za potrebe toplinarstva i proizvodnje električne

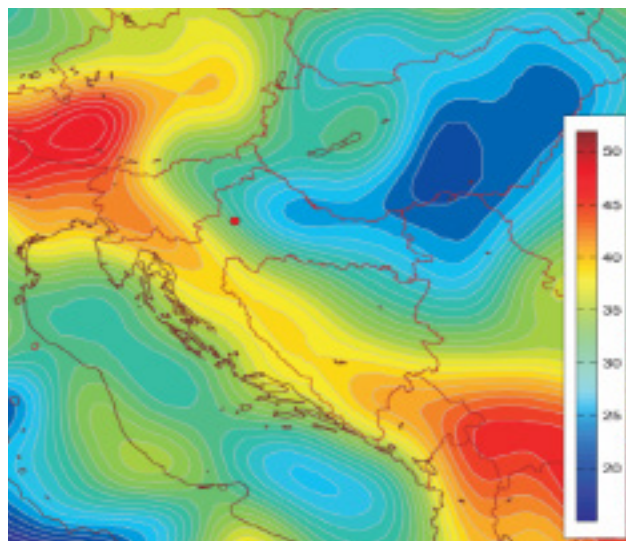
energije koja je u izradi, očekuje se stvaranje povoljnijeg okruženja za povećanje korištenja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj.

2. Geološke i geotermalne osnove geotermalnog potencijala RH

Potencijal geotermalne energije nekog područja temelji se na geološkoj građi područja. U Republici Hrvatskoj geotermalni potencijal je, među ostalim, u značajnoj mjeri povezan s debljinom kontinentalne kore, odnosno dubinom Mohorovičićevog diskontinuiteta koji predstavlja granicu između Zemljine kore i plašta. Na Panonskom području Mohorovičićev diskontinuitet se mjestimično nalazi i na dubinama manjim od 20 km (Slika 1).

Geotermalni potencijal se najčešće izražava pomoću vrijednosti geotermalnog gradijenta i/ili gustoće toplinskog toka (Hurtig et al., 1992.).

S obzirom na njihove vrijednosti (Slika 2), područje Republike Hrvatske se može podijeliti na dva osnovna područja: Panonsko, koje karakteriziraju visoke vrijednosti gustoće toplinskog toka i visoki geotermalni gradijent te područje Dinarida karakterizirano njihovim niskim vrijednostima (Slika 3). Na području HPBS

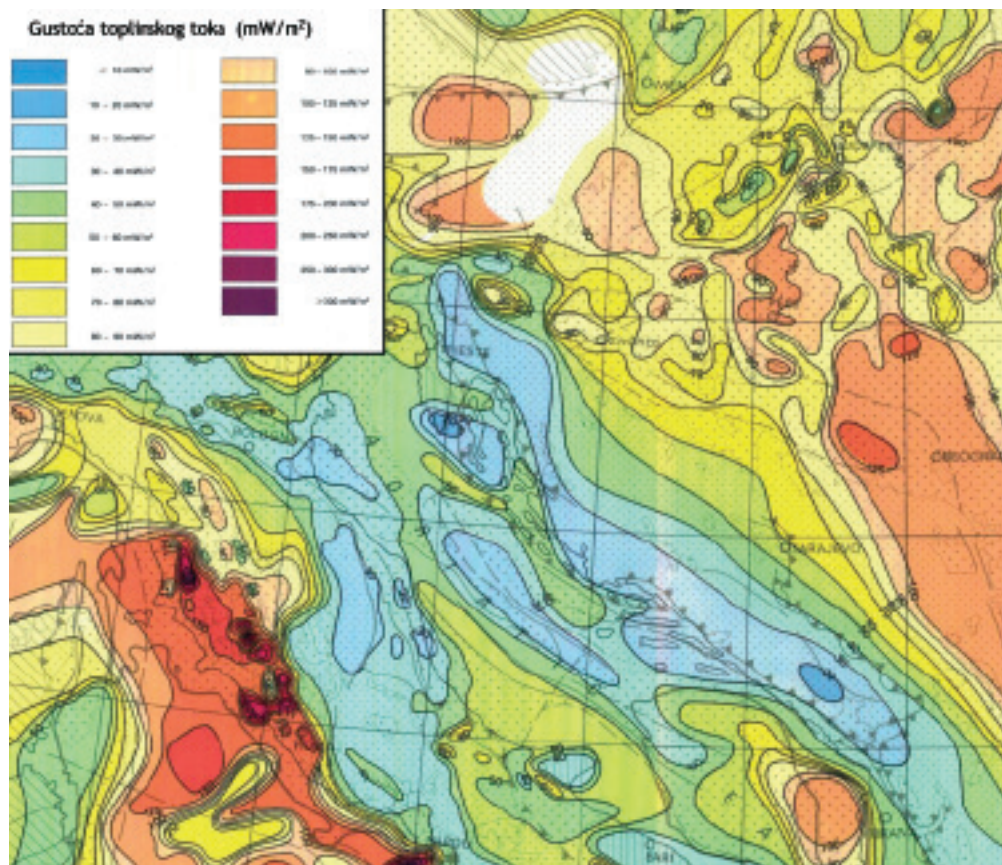


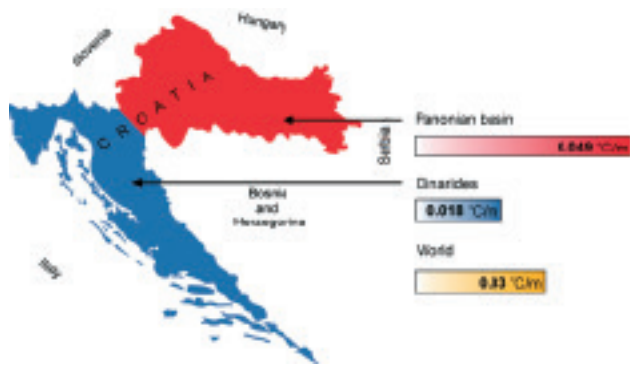
Slika 1. Karta dubine Mohorovičićeva diskontinuiteta na području jugoistočne Europe (Grad et al., 2009.)

geotermalni gradijent iznosi preko 4°C na 100 m, dok u Dinaridima doseže samo do 2°C/100 m.

U Republici Hrvatskoj postoje dvije glavne vrste geotermalnih vodonosnika. Prva vrsta se odnosi na vodonosnike s međuzrnskom poroznosti koji su prisutni

Slika 2. Karta gustoće toplinskog toka na području juga Europe (Hurtig i dr., 1992.)





Slika 3. Glavne geotermalne regije u Republici Hrvatskoj (Bošnjak et al., 1998.)

u klastičnim mezozojskim i tercijarnim naslagama, dok se druga vrsta odnosi na sekundarnu poroznost prisutnu u frakturiranim mezozojskim i miocenskim karbonatima. Pregledom dostupnih podataka može se zaključiti kako naslage mezozojskih masivnih karbonata s visoko razvijenom sekundarnom poroznošću mogu sadržavati geotermalni fluid puno većeg protoka i viših temperatura poput onih na lokacijama Velika Ciglena (175°C), Slatina (190°C), Lunjkovec-Kutnjak (140°C) i sl. Takvi vodonosnici mogu podržavati ekonomski vrlo isplativu proizvodnju električne energije.

Osim lokacija pogodnih za proizvodnju električne energije, značajan dio HPBS posjeduje povoljne karakteristike kao što su prihvatljiva izdašnost i temperature za direktno korištenje toplinske energije. U tu svrhu moguće je koristiti vodonosnike koji se nalaze na manjim dubinama poput lokacija Bošnjaci i Sv. Nedjelja gdje se geotermalna energija koristi u stakleničkoj proizvodnji povrća. Osim toga, nikako se ne smije zaboraviti potencijal iskorištavanja plitke geotermalne energije.

3. Trenutno stanje korištenja geotermalne energije

Geotermalna energija se u balneološke svrhe i za grijanje prostora trenutno koristi u 18 aktivnih toplica. Osim toga, na tri lokacije geotermalna se energija koristi za grijanje u stakleničkoj proizvodnji povrća (Sv. Nedjelja, Bošnjaci, Krapinske Toplice), na dvije lokacije za individualno grijanje (Bizovac i Zagreb) te u jednom manjem sustavu daljinskog grijanja (Topusko).

Njihova ukupna toplinska snaga iznosi oko 85 MW_t od čega se 42,3 MW_t odnosi na daljinsko grijanje, 24

MW_t na toplice, 6,5 MW_t na stakleničku proizvodnju i 12,6 MW_t na individualno grijanje (Živković i dr., 2019).

Zbog vrlo malog korištenja postojećih kapaciteta toplinske energije, tijekom 2018. godine iskorišteno je samo oko 360 TJ toplinske energije potekle iz geotermalne energije.

Krajem 2018. godine, s radom je započela prva hrvatska geotermalna elektrana Velika 1 u Velikoj Cigleni. S obzirom da je geotermalni potencijal na predmetnoj lokaciji poznat još od 80-ih godina prošlog stoljeća, radi se o vrlo značajnom uspjehu hrvatskog geotermalnog sektora. Ukupna instalirana snaga iznosi >16,5 MW_e, ali se zbog ograničenja elektroenergetske mreže, trenutno distribuira 10 MW_e. Toplinska snaga na lokaciji iznosi 75,5 MW_t.

Osim za proizvodnju električne energije u Velikoj Cigleni, eksploatacijska dozvola je izdana za hibridnu geotermalnu elektranu koja se razvija na sjeverozapadu Republike Hrvatske (AAT Geothermae) te su izdana rješenja za odobrena eksploatacijska polja geotermalne vode Bizovac, Bošnjaci-Sjever, Ivanić i Sveta Nedjelja za korištenje toplinske energije (Tablica 1). Za još sedam lokacija je izdana istraživačka dozvola, od čega se šest odnosi na proizvodnju električne energije (Ferdinandovac, Legrad 1, Lunjkovec-Kutnjak, Kotoriba, Slatina 1 i Slatina 2), a jedna za korištenje toplinske energije (GP Zagreb).

Na prostoru Republike Hrvatske postoji vrlo značajan potencijal za iskorištavanje plitke geotermalne energije. To se ponajviše očituje na panonskom prostoru te uz jadransku obalu gdje postoji velika mogućnost korištenja dizalica topline koje kao izvor topline koriste tlo (*engl. Ground Source Heat Pumps, GSHP*). Povoljni potencijal u panonskom području direktno je povezan s povoljnom geološkom građom i relativno visokim geotermalnim gradijentom. Iako je geotermalni gradijent uz jadransku obalu nižih do srednjih vrijednosti, povoljnost područja rezultat je geološke građe, odnosno povoljnih vrijednosti toplinske vodljivosti karbonata koji izgrađuju predmetno područje.

Količina instaliranih dizalica topline koje za izvor topline koriste tlo je u Republici Hrvatskoj raste iz dana u dan. To se odnosi na primjenu za grijanje i hlađenje u privatnim, ali i u javnim objektima. Iako još uvijek ne postoje objedinjeni podaci o korištenju plitke geotermalne energije, dosad prikupljeni podaci govore da o korištenju 32,6 TJ/god, od čega se 30 TJ/god koristi za grijanje te 2,6 TJ/god za hlađenje (Macenić et al., 2018.).

Tablica 1: Pregled istraživačkih i eksploatacijskih dozvola te odobrenih eksploatacijskih polja za korištenje geotermalne energije u energetske svrhe i ovlaštenika

| Istraživačke dozvole | Ovlaštenici | Eksploatacijsko polje/ Eksploatacijska dozvola | Ovlaštenici |
|----------------------|---------------------------------------|---|-----------------------|
| Ferdinandovac | MB Geothermal d.o.o. | Bizovac Eksploatacijska dozvola | INA d.d. |
| Legrad 1 | MB Geothermal d.o.o. | Bošnjaci–Sjever Eksploatacijsko polje | RURIS d.o.o. |
| Lunjkovec–Kutnjak | MB Geothermal d.o.o. | Draškovec Eksploatacijska dozvola | AAT GEOTHERMAE d.o.o. |
| Kotoriba | MB GEOTHERMAL d.o.o. | Ivanić Eksploatacijsko polje | INA d.d. |
| Slatina 2 | GEO POWER Zagocha d.o.o. | Velika Ciglena: Eksploatacijska dozvola | MB Geothermal d.o.o. |
| Slatina 3 | EES Dravacel Energetika d.o.o. | Sveta Nedelja Eksploatacijsko polje | Eko Plodovi d.o.o. |
| GP Zagreb | GPC Instrumentation process d.o.o. | | |

4. Prevladavajući trendovi u geotermalnom sektoru

Korištenje toplinske energije iz geotermalnih izvora posljednjih godina opada, čemu je razlog zatvaranje pojedinih zastarjelih ili nerentabilnih objekata, iako se otvaraju i novi. Interes za povećanjem efikasnosti korištenja geotermalne energije porastao je u nekoliko postojećih toplica poput Varaždinskih Toplica i Velike, a u Bjelovaru je u tijeku bušenje (do nekoliko stotina metara) u svrhu izgradnje novih. Većina toplica u Republici Hrvatskoj radi već desetljećima te se već pokazuje potreba za renovacijom i povećanjem energetske učinkovitosti za što su prijeko potrebna dodatna ulaganja.

Geotermalna energija, kao i drugi obnovljivi izvori energije, obuhvaćena je sustavom poticaja za povlaštene proizvođače energije iz obnovljivih izvora. Poticajna cijena za proizvedenu električnu energiju iz geotermalne energije iznosi 1,5669 HRK/kWh (0,21 EUR/kWh) i isplaćuje se od strane Hrvatskog operatera tržišta energije (HROTE d.o.o.) za svu proizvedenu električnu energiju distribuiranu u elektroenergetsku mrežu.

Troškovi proizvodnje toplinske energije iz geotermalnog izvora razlikuju se od projekta do projekta, ali prosječne uštede u odnosu na druge izvore energije, primjerice prirodni plin, iznose i do 30%.

Sredinom 2018. usvojen je Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika u kojem se jedno cijelo poglavlje odnosi na geotermalnu energiju. Proces

izdavanja dozvola za istraživanje i eksploataciju geotermalne energije je objedinjen u jedinstvenu proceduru pri čemu je omogućeno jednostavnije i brže stjecanje iste.

Postoji mnogo interesa za geotermalne projekte, kako za proizvodnju električne energije tako i za direktno korištenje toplinske energije. Preostaje vidjeti što će se i kako brzo odvijati s aspekta korištenja geotermalne energije u sljedećih nekoliko godina.

5. Što očekivati u bližoj budućnosti?

U Republici Hrvatskoj postoji relativno velik broj lokacija pogodnih za korištenje geotermalne energije. Za dvije perspektivne lokacije (Karlovac i Babina Greda) u tijeku je postupak nadmetanja radi odabira najpovoljnijeg ponuditelja za istraživanje geotermalnih voda.

Napredna geotermalna elektrana AAT Geothermae je projekt u razvoju u kojem se osim proizvodnje električne energije pomoću tehnologije Organskog Rankineovog ciklusa (*engl. Organic Rankine Cycle, ORC*), električna energija planira proizvoditi i iz metana izdvojenog iz geotermalnog fluida (AAT Geothermae, 2018.). Radi se o projektu koji je proglašen projektom od strateškog interesa za Republiku Hrvatsku.

Na području Geotermalnog polja Zagreb trenutno se odvijaju dodatna istraživanja s ciljem korištenja geotermalne energije za grijanje objekata na području Grada Zagreba čime bi se obnovljivim izvorom

supstituirao dio prirodnog plina koji se trenutno koristi kao gorivo (Jurilj i Cazin, 2019.).

Geotermalne karakteristike područja lokacije Rečica, sjeveroistočno od Karlovca, pogodne su za korištenje geotermalnog resursa u toplinarske svrhe Grada Karlovca (Kolbah i dr., 2017., 2018.)

Na području Slatine, koja predstavlja vrlo perspektivnu lokaciju za koju je nedavno izdana istraživačka dozvola, u tijeku su intenzivne pripreme za istraživačke aktivnosti.

Postojeća istraživanja, dosad provedeni projekti te dostupni podaci vezani uz potencijal plitke geotermalne energije predstavljaju dobru osnovu za daljnji razvoj projekata korištenja plitke geotermalne energije za grijanje i hlađenje privatnih i javnih objekata.

Analizom postojećih podataka o lokacijama za koje su izdane istraživačke i eksploatacijske dozvole za korištenje geotermalne energije u svrhu proizvodnje električne energije dolazi se do vrijednosti procijenjene moguće instalirane električne snage u iznosu višem od 100 MW_e. Također, procjene moguće instalirane toplinske snage kreću se između 750 i 1300 MW_t (Kolbah i dr., 2018.). Radi se o vrlo značajnim vrijednostima u odnosu na hrvatski elektroenergetski sektor, no teško je očekivati da će u bližoj budućnosti doći

do potpunog iskorištenja geotermalnog potencijala Republike Hrvatske. No, to nije razlog da se prema tome cilju u bližoj budućnosti ne stremi.

6. Pozitivna klima kao zalag za svjetliju budućnost

Osim projekta u Velikoj Cigleni koji je „probio led“ na hrvatskoj geotermalnoj sceni, na nekoliko lokacija u Republici Hrvatskoj odvijaju se aktivnosti koje bi u budućnosti mogle rezultirati značajnijim korištenjem geotermalne energije. Pod pritiskom privatnih, domaćih, ali i stranih inicijativa, u posljednje vrijeme je pokrenuto i napravljeno mnogo u kontekstu razumijevanja prirode i potencijala geotermalnog resursa s aspekta rezervi geotermalne energije te mogućih uloga u raznim granama gospodarstva Republike Hrvatske. Isto je popraćeno odgovarajućim aktivnostima sa zakonodavne strane. Preostaje vidjeti kako će napredovati implementacija postojećih projekata i daljnji razvoj novih projekata na trenutnom pozitivnom valu na kojem se nalazi geotermalna energija u Republici Hrvatskoj te nada da će isti rezultirati značajnijim povećanjem korištenja geotermalne energije u budućnosti.

Literatura

1. AAT Geothermae: Napredna geotermalna elektrana s internalizacijom ugljikovih spojeva, AAT Geothermae, Prelog, 2018.
2. Bošnjak, R. i suradnici: GEOEN – Program korištenja geotermalne energije-prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 1998.
3. Grad M., Tiira T., ESC Working Group: The Moho depth map of the European Plate. *Geophys. J. Int.*, 176, 279–292, 2009. doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03919.x
4. Hurtig, E., Čermak, V., Haenel, R. & Zui, V. (1992): Geothermal atlas of Europe, Working group „Geothermal atlas of Europe“ of the International Heat Flow Commission (Yugoslavia: Ravnik, D., Kolbah, S., Jelić, K., Milovanović, M., Miošić, N., Tomić, S., Rajver, D.; 102-105), Kartographischer Dienst Potsdam, Hermann Haack Verlagsgesellschaft mbH Gotha, Germany.
5. Jurilj, Ž., Cazin, V.: Eksploatacijsko polje geotermalne vode Zagreb i mogućnosti njezinog korištenja. *Stručni rad. Nafta i Plin*, 38 62-73, 2019.
6. Kolbah, S., Maljković, D., Salopek, M., Škrlec, M., Tumara, D., Vrbanac, B. i Živković, S.: Predinvesticijska studija Geotermalnog polja Karlovac. Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2017.
7. Kolbah, S., Škrlec, M., Gloub, M.: Kvantifikacija indiciranog geotermalnog potencijala RH za proizvodnju električne energije. *Pregledni rad. Inženjerstvo okoliša*; 5 1-2: 61-68. 2018.
8. Mecenić, M., Kurevija, T and Strpić, K.: Sustavni pregled istraživanja i iskorištavanja plitke geotermalne energije na području Hrvatske, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, Vol. 33 No. 5, 2018. doi: 10.17794/rgn.2018.5.4
9. Živković, S., Kolbah, S., Škrlec, M., Tumara D. Geothermal Energy Use, Country Update for Croatia. European Geothermal Congress 2019. Den Haag, The Netherlands, 2019.