

ANALIZA UTICAJA GEOTERMALNE ENERGIJE NA ŽIVOTNU SREDINU

Predrag Milanović¹, Vojislav Tomić², Maja Đurović-Petrović³

SAŽETAK:

Dugi niz godina je geotermalna energija tretirana kao izvor energije pri čijoj se eksploataciji okolina praktično ne zagađuje. Ovo mišljenje može da bude prihvatljivo ukoliko se uporedi sa zagađenjem koje nastaje pri eksploataciji geotermalne energije i klasičnih goriva kao što su nafta, ugalj, gas ili nuklearna energija. Međutim, u zavisnosti od fizičko-hemijskih svojstava geotermalnog fluida zagađenja koja nastaju pri njegovoj eksploataciji mogu da budu značajna.

U radu je prikazana analiza uticaja geotermalne energije na životnu sredinu u zavisnosti od sastava geotermalnog fluida i intenziteta eksploatacije. Analiziran je uticaj na zagađenje vode, vazduha i tla, kao i mere koje treba preduzeti kako bi zagađenje bilo umanjeno.

Ključne reči: *geotermalna energija, životna sredina, geotermalna bušotina*

1. UVOD

Uticaj geotermalne energije na okolinu zavisi pre svega od fizičko-hemijskih svojstava geotermalnog fluida, odnosno njegove temperature, izdašnosti izvora i hemijskog sastava. Geotermalne vode u odnosu na izvorske i pijaće imaju u svom

¹ Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Ul. Njegoševa 12, Beograd, naučni saradnik

² Rudarsko-geološki fakultet Beograd, Đušina 4, redovni profesor

³ Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine, Ul. Njegoševa 12, Beograd, naučni saradnik

sastavu znatno više soli, gasova i povišenu temperature što ubrzava procese taloženja naslaga od čvrstih materija, korozije i zaprljanja površina u kontaktu sa vodom. Osnovni hemijski sastojci geotermalnih fluida su Na, Ca, K, Mg, Cl, HCO_3 , SO_4 , kao i rastvoreni gasovi uglavnom CO_2 , NH_3 , H_2 , N_2 , CH_4 , H_2S , radon i vrlo male količine isparljivog bora, arsena i žive [1]. Pri eksploataciji geotermalnih fluida, čija je temperatura ispod 100°C uticaj na okolinu se ogleda najčešće u vidu hemijskih zagađenja vazduha, podzemnih i nadzemnih voda i tla. Pri eksploataciji geotermalnih fluida temperature iznad 100°C mogu pored hemijskih da nastanu i fizički uticaji na okolinu u vidu buke, potresa, pojave klizišta, odrona ili sličnih pojava.

Naša zemlja je karakteristična po geotermalnim izvorima temperature $40\text{--}80^\circ\text{C}$, čija je izdašnost od 10-40 l/s [2]. Geotermalni fluidi sa temperaturom iznad 100°C su retki kod nas i nisu dovoljno iskorišćeni [3, 4].

Pri korišćenju geotermalne energije štetni uticaji na okolinu mogu da nastanu u fazama izrade geotermalnog pogona, eksploataciji geotermalne energije i depovanju geotermalnog otpada. Ovi uticaji su specifični za svaku lokaciju i mogu da imaju značajan uticaj na okolinu.

2. UTICAJI PRI IZGRADNJI GEOTERMALNOG POGONA

Pre početka radova na izgradnji geotermalnog pogona potrebno je izvršiti pripremne radove koji obuhvataju čišćenje terena i pripreme za izradu bušotine. Prilikom čišćenja terena potrebno je sečenje i uklanjanje vegetacije i drugih objekata, što može da ima uticaja na okolinu, zbog čega ovoj fazi rada treba pristupiti planski. Izgradnja geotermalnih pogona zahteva manju površinu u odnosu na površinu koja je potrebna za izradu elektrane sa klasičnim gorivom. Za izgradnju geotermalne elektrane za proizvodnju električne energije potrebno je 1-8 hektara po MW u poređenju sa 5-10 hektara po MW za nuklearne elektrane i 19 hektara po MW za termoelektrane [5].

Pri izradi geotermalne bušotine najveći uticaj na okolinu imaju izvađeni materijal i ispirni fluid. Tokom izrade bušotine koristi se ispirni fluid - isplaka za uklanjanje stenovitog materijala iz bušotine, kao i za hlađenje bušilice. Za regulisanje fizičko-hemijskih karakteristika isplake koriste se aditivi koji su toksični. S obzirom da se u procesu bušenja troše značajne količine ispirnog fluida on može, ukoliko se ne uklanja na odgovarajući način, značajno da ugrozi okolinu a pre svega nadzemne i podzemne vode. Pored toga, usled upotrebe većih količina ispirnog fluida pri bušenju može doći do erozije zemljišta ili pojave jezera. Kad je teren strm, pojačana erozija kao posledica bušenja može postati ozbiljan problem. Dobro planiranje i postupno građenje će sprečiti eroziju terena u većem obimu.

Direktna povezanost izdani i bušotine može takođe da utiče na kvalitet i kvantitet podzemnih voda jer može doći do mešanja voda iz različitih vodonosnih sredina koji imaju različite hemijske karakteristike. Zagađenje vode se može izbeći adekvatnom bunarskom konstrukcijom, odnosno sa cementacijom bunarske konstrukcije kako bi se sprečilo prodiranje vode.

3. UTICAJI PRI EKSPLOATACIJI GEOTERMALNE ENERGIJE

Pri eksploataciji geotermalne energije najveći uticaj na oklinu imaju otpadne geotermalne vode koje izlaze iz grejnog sistema. Otpadne geotermalne vode uglavnom sadrže soli natrijuma, magnezijuma, kalijuma i kalcijum-hlorid, kao i rastvorene gasove CO_2 , H_2S , SO_2 i NH_3 [6]. Nekontrolisano ispuštanje ovih voda može značajno da ugrozi okolinu.

Za rešavanje problema otpadnih geotermalnih voda koriste se metode direktnog ispuštanja u reke ili jezera, hemijski tretman otpadnih voda i reinjekcija. Svaka od ovih metoda ima prednosti i nedostatake a rešenje zavisi od specifičnih uslova za svaki konkretan slučaj.

Ukoliko geotermalna voda ima povoljan fizičko-hemijski sastav može direktno da se ispušta u vodotok. Ovaj metod je najjednostavniji i najjeftiniji, ali su geotermalne vode sa ovako povoljnim fizičko-hemijskim sastavom i najređe u prirodi. Ako je temperatura otpadne vode visoka može doći do tzv. termičkog zagađenja, odnosno povećanja temperature vodotoka, što može da ima štetne posledice po biljni i životinjski svet u vodi. Da bi se sprečilo termičko zagađenje, otpadna geotermalna voda se pre ispuštanja u vodotok hladi.

Metod hemijskog tretmana otpadnih geotermalnih voda se retko koristi zbog visokih troškova koje ovaj tretman zahteva, kao i zbog tehničkih ograničenja.

Najefikasniji način za rešavanje problema otpadnih geotermalnih voda je metod reinjekcije koji podrazumeva vraćanje otpadnog geotermalnog fluida u podzemni izdan iz koga se geotermalna voda crpi ili u neku drugu izdan. U slučaju kada se otpadni geotermalni fluid vraća u drugu izdan treba voditi računa da ne dođe do kontaminacije zbog razlika u kvalitetu geotermalnih fluida.

Problemi koji mogu da nastanu pri reinjekciji uglavnom se ogledaju u stvaranju čvrstih naslaga - depozita na zidovima cevovoda i drugim delovima geotermalnih instalacija. Ove naslage se stvaraju usled povećanog sadržaja kalcijumovih ili silicijumovih jedinjenja u geotermalnoj vodi kao i zbog pada temperature i pritiska.

3. 1. Uticaj proizvodnje geoelektrične energije na okolinu

Proizvodnja električne energije u geoelektričnim centralama je karakteristična po emisiji velikih količina gasova. Glavni zagađivači kod geotermalnih centra-

la su oksidi sumpora i ugljenika, kao i manje količine organskih elementa, radionukleidi, ugljovodonici i druge materije [5].

Pri proizvodnji geotermalne energije sumpor se javlja u obliku sulfida (H_2S) ili oksida (SO_2). Obim emisije H_2S iz geotermalnih elektrana je 0.03-6.4 g/kWh. Emisija SO_2 kod savremenih geotermalnih elektrana praktično je nula. Emisija CO_2 iz geotermalnih elektrana varira u zavisnosti od tipa postrojenja i karakteristika geotermalnog fluida. Binarne elektrane nemaju emisiju CO_2 dok elektrane sa suvom i vlažnom parom imaju emisiju CO_2 reda 0.09 kg/kWh, što je za oko deset puta manje nego kod termoelektrana. Emisija CO_2 kod elektrana koje koriste uglj, naftu ili prirodni gas je: 1; 0,95; 0,9 kg/kWh respektivno [5].

4. REŠAVANJE PROBLEMA OTPADNE GEOTERMALNE VODE

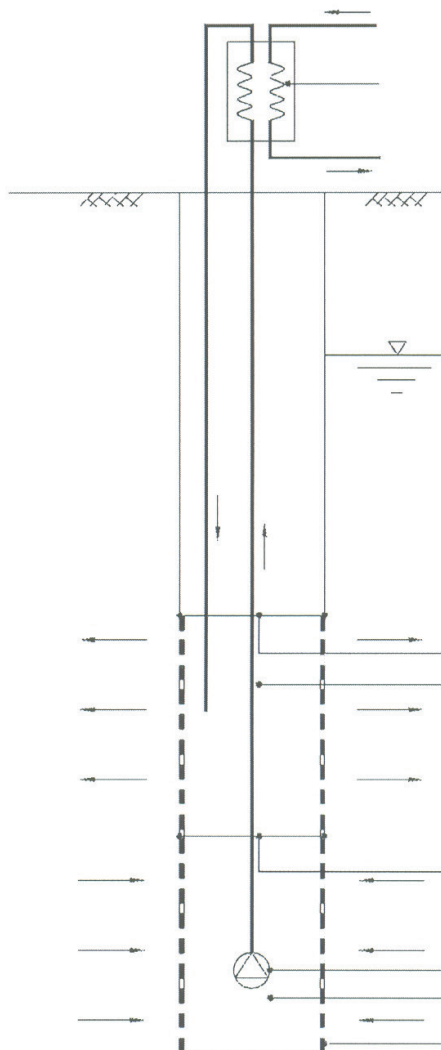
U daljem tekstu je dat primer korišćenja niskotemperaturne geotermalne vode i rešavanja problema otpadne geotermalne vode pomoću sistema za reinjekciju.

Na slici 1 je prikazan reciklažni geotermalni grejni sistem sa jednom bušotinom koji se veoma uspešno koristi u Kini (Beijing) [7]. Do kraja 2003. godine realizovano je oko 160 sistema ovog tipa pomoću kojih se greje oko 2.000.000 m² stambenog i poslovnog prostora. Sistem je konstruisan i radi na sledeći način. Bušotina je podeljena u dva dela pomoću klapne: deo sa nižim pritiskom (usisni, produkioni) i drugi deo sa višim pritiskom (povratni deo). Pomoću pogonske pumpe voda se transportuje do izmenjivača toplote, koji se nalazi na glavi bušotine, gde predaje toplotu sekundarnom fluidu koji cirkuliše kroz grejni sistem. Ukoliko je temperatura geotermalnog fluida niska, vrši se dogrevanje sekundarnog fluida pomoću dopunskog izvora toplote ili toplotnom pumpom. Ohlađena geotermalna voda iz izmenjivača toplote cevovodom se vraća u povratni deo bušotine. Kako bi se omogućio nesmetan transport vode u povratni deo bušotine i što efikasniji rad izmenjivača toplote, postavljena je druga klapna kako bi se ostvarila razlika u pritiscima između usisnog i povratnog dela bušotina koja iznosi oko 0,1 MPa.

Sistem radi kao zatvoren kružni sistem, bez emisije gasova ili drugih zagađivača tako da se okolina ne zagađuje. Poređenja radi, za grejanje iste površine od 2.000.000 m² stambenog i poslovnog prostora sa klasičnim sistemom grejanja pomoću čvrstog goriva emitovalo bi se u okruženje oko 200.000 tona CO_2 , oko 2 00 tona SO_2 , i 1422 tona NO_x .

5. ZAKLJUČAK

Eksploatacija geotermalne energije podrazumeva direktnu proizvodnju i korišćenje toplih podzemnih fluida. Pored tople vode i pare u eksploataciji su prisut-



Slika 1 Eksploatacija geotermalne vode pomoću sistema sa reinjeksijom [7]

ni i hemijski i fizički zagađivači koji u određenim slučajevima mogu da ugroze okruženje. Tehnologije za ublažavanje uticaja eksploatacije geotermalne energije na životnu okolinu postoje i sva pitanja zaštite životne sredine se sada mogu rešiti na zadovoljavajući način.

Geotermalna energija je sigurno povoljniji izvor energije u odnosu na klasične izvore kada je u pitanju njen uticaj na okruženje. Ako uporedimo proizvod-

nju električne energije na bazi geotermalne energije i nafte, proizilazi da se pri proizvodnji geotermalne energije emituje oko deset puta manje štetnih materija u okruženje. Pri proizvodnji toplotne energije ovaj odnos je još povoljniji u korist geotermalne energije. Stoga će veće korišćenje geotermalne energije kod nas i u svetu doprineti smanjenju zagađenja i tako dovesti do slobodnijeg korišćenja energije, smanjenja efekta staklene baste i emisije štetnih gasova.

6. LITERATURA

- [1] Geothermal Handbook, U.S. Fish and Wildlife Services (1976).(FWS/OBS-7636).
- [2] M. Soleša, N. Đajić, N. Parađanin: *Proizvodnja i korišćenje geotermalne energije*, Monografija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd 1995.
- [3] P. Milanović: *Materijali i oprema za korišćenje geotermalne energije*, Monografija, ISNB 86-81405-14-4, Beograd 2002.
- [4] V. Tomić: *Vodonosnost ispućalih stena u zoni Vrnjačke Banje*, Geološki anali Balkanskog poluostrva, Beograd (1993)
- [5] Masashi Shibaki (2003), Geothermal Energy for Electric Power, A REPP Issue Brief. http://solstice.crest.org/geothermal/geothermal_brief_environmental_impacts.html,
- [6] P. W. Magoha: *Environmental Impact of Geothermal Energy Development*, World Energy Congress VIII (WREC 2004), Elsevier Ltd.
- [7] X.Sheng and L.Rybach: *An Innovative, renewable energy system for space heating and cooling-using ubiquitous shallow geothermal resources*, world Energy Congress VIII (WREC 2004), Elsevier Ltd.

ANALYSES OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF GEOTHERMAL ENERGY

ABSTRACT:

For a long period geothermal energy is treated as clean energy source without environmental impact during exploitation. This opinion is true compared to other conventional sources of energy such as petroleum, coal, gas or nuclear. Regarding physics and chemical characteristics of geothermal fluids the environmental impact during exploitation could be significant. The paper presents analyses of environmental impact of geothermal energy application regarding geothermal fluid composition and exploitation conditions. The impact to waters, air and land is analyzed as well as the measures to be conducted in order to minimize environment pollution.