

Geotermalna energija i njezin potencijal u vremenu energetske diversifikacije i tranzicije Republike Hrvatske

Geothermal energy and its potential in the time of energy diversification and transition of the Republic of Croatia

doc.dr.sc. Darko Pavlović
Plinacro d.o.o., Zagreb
darko.pavlovic@plinacro.hr

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



Ključne riječi – geotermalni resursi, geotermalni potencijal, energetska tranzicija, Hrvatska

Key words – geothermal resources, geothermal potential, energy transition, Croatia

Sažetak

U današnje vrijeme karakterizirano rastom potrošnje energije, za svaku državu, pa tako i Republiku Hrvatsku, zadaća je osigurati dovoljnu količinu energije te pri tom u što većoj mjeri ostati energetska neovisan. Kada se u promišljanje o energetske neovisnosti uključe i klimatske promjene te energetska tranzicija s ciljem dekarbonizacije, stvari postaju značajno složenije. U tom kontekstu, važno je naglasiti da upravo obnovljivi izvori energije (OIE) uz energetska efikasnost (EE) i dekarbonizaciju plina, a u širem kontekstu energetske tranzicije i očekivanih klimatskih promjena predstavljaju danas vrlo važan element energetske sigurnosti, održive energetike i ublažavanja klimatskih promjena.

Prvi korak predstavlja analiza mogućih izvora energije na vlastitom tlu. S obzirom na relativno skromne rezerve fosilnih goriva, te već spomenutu dekarbonizaciju, na području Republike Hrvatske nužno je razmotriti i korištenje obnovljivih izvora energije pri čemu se to ne misli samo deklarativno. Zadnjih nekoliko desetljeća velika pozornost je usmjerena prvo na hidroenergiju i biomasu te zatim na energiju vjetra i Sunca što se može smatrati logičnim s obzirom na potencijal, kao i zrelost te cijenu tehnologije. No, ako se uspoređi potencijal i dosadašnje korištenje, tada je pri analizi neophodno u obzir uzeti i geotermalnu energiju. U tom kontekstu, panonski dio Republike Hrvatske posjeduje značajan geotermalni potencijal koji je prilično zapostavljen. Najveći broj geotermalnih lokacija otkriven je u okviru naftno-geoloških istraživanja tijekom prošlog stoljeća. Osim konvencionalnih ležišta geotermalnih fluida, važni resursi geotermalne energije predstavljaju ležišta bez fluida, ali s povišenim temperaturama te nekonvencionalna ležišta prirodnog plina otopljenog u geotermalnoj vodi.

Indicirani geotermalni potencijal svih lokacija u Republici Hrvatskoj mogao bi rezultirati s kapacitetom proizvodnje većim od 500 MW_e, između 750 i 1.300 MW_t te značajnim zalihama prirodnog plina.

Korištenje geotermalne energije ima brojne prednosti u kontekstu održivog energetskeg razvoja pri čemu se može ostvariti multiplikacijski učinak na gospodarstvo Republike Hrvatske.



Abstract

The current energy status is characterized by an increase in energy consumption and for each country, including the Republic of Croatia, the main task is to provide sufficient energy while remaining as independent as possible. When climate change and energy transition with a view to decarbonisation are included in the reflection on energy independence, the situation becomes significantly more complex. In this context, it is important to emphasize that renewable energy sources (RES) with energy efficiency (EE) and gas decarbonisation, and in the wider context of energy transition and expected climate change, are a very important element of energy security, sustainable energetics and climate change mitigation.

The first step is to analyse the possible own energy sources. Given the relatively modest reserves of fossil fuels and the already mentioned decarbonisation, it is necessary to consider the use of renewable energy sources, not only in a declarative sense. Over the last few decades, a great deal of attention has been focused first on hydro and biomass and then on wind and solar, which can be considered logical given the potential as well as the maturity and cost of the technology. However, when comparing the potential and the current use, then it is necessary to take geothermal energy into account. In this context, the Pannonian part of the Republic of Croatia has significant geothermal potential which is quite neglected. The largest number of geothermal sites has been discovered in the course of petroleum geological exploration over the last century. In addition to conventional geothermal fluid reservoirs, important resources of geothermal energy are unsaturated reservoirs with high-temperature and unconventional geothermal water-dissolved-gas reservoirs.

The indicated geothermal potential of all locations in the Republic of Croatia could result in production capacities exceeding 500 MW_e, between 750 and 1,300 MW_t and significant natural gas reserves.

The use of geothermal energy has numerous advantages in the context of sustainable energy development, which can have a multiplying effect on the economy of the Republic of Croatia.

1. Uvod

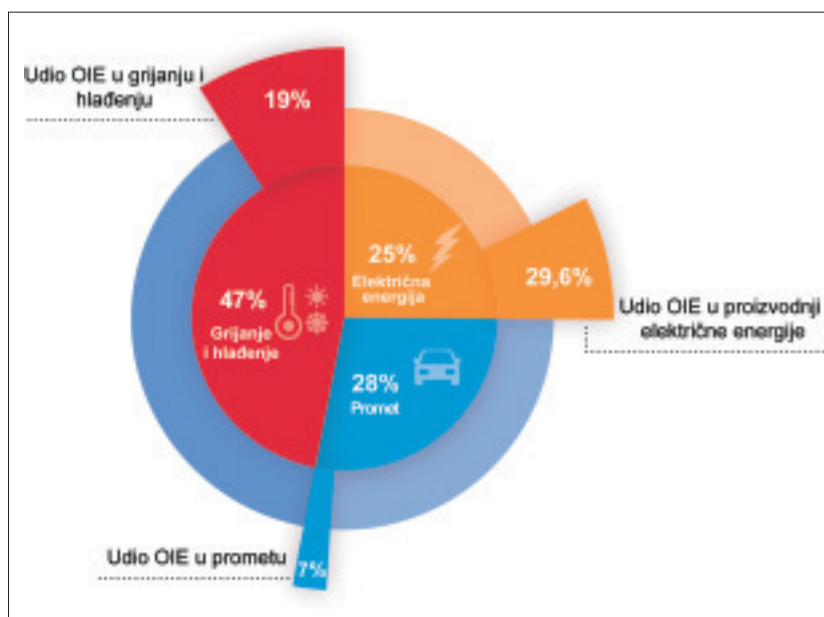
Europska komisija je (*analizirajući podatke prema kojima je politika globalnog zatopljenja mijenjala globalnu potrošnju energije u posljednjih tridesetak godina*) tijekom 2014. godine, a s ciljem djelovanja u pogledu rješavanja klimatskih promjena i smanjenja emisija stakleničkih plinova, donijela klimatski i energetski okvir politika za razdoblje od 2020. do 2030. godine. Usporedno navedenom cilju, očekuje se pretvaranje Europske unije u energetski visokoučinkovito gospodarstvo s niskom stopom emisija stakleničkih plinova. Kako bi se to postiglo, donesen je niz mjera koje bi trebali rezultirati ispunjavanjem postavljenih ambicioznih ciljeva od kojih su najznačajniji:

- Obvezujuće smanjenje emisija stakleničkih plinova do 2030. u minimalnom iznosu od 40% u odnosu na razinu 1990.;
- Obvezujuće povećanje udjela obnovljivih izvora energije potrošnji energije u minimalnom iznosu od 27%;
- Okvirno povećanje energetske učinkovitosti od najmanje 27%.

Nastavno na Pariški sporazum, krajem 2018. obvezujuće povećanje udjela obnovljivih izvora energije u potrošnji energije povećan je na 32%, a povećanje energetske učinkovitosti na 32,5%. Krajnji ciljevi do 2050. su smanjenje emisija stakleničkih plinova za više od 80% u odnosu na 1990. te što veća dekarbonizacija.

U tom kontekstu, u 2018. EU je objavila svoju viziju budućnosti energije u Europi „Čisti planet za sve“ (*engl. A Clean Planet for All*) koja ima za cilj stvaranje prosperitetnog, modernog, konkurentnog i klimatskog neutralnog gospodarstva do 2050., a što uključuju snažnu primjenu obnovljive energije i energetske učinkovitost, kao i na važnu ulogu prirodnog plina i vodika (EC, 2018). Prema mišljenju autora, put ka niskougljičnom energetskom sustavu moguć je samo ako ide „ruku pod ruku“ s dekarbonizacijom energetskog sektora pri čemu je elektrifikacija bez dekarbonizacija od male koristi.

S obzirom da je udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji EU još uvijek relativno nizak (Slika 1), razvoj projekata obnovljivih izvora energije predstavlja vrlo važan cilj, za države EU, pa tako i za Republiku Hrvatsku.



Slika 1. Udio finalne potrošnje energije i OIE po sektorima u EU28 za 2016. godinu (prema Nador, 2018.)

Zadnjih nekoliko desetljeća velika pozornost je usmjerena prvo na hidroenergiju i biomasu te zatim na energiju vjetra i Sunca što se može smatrati logičnim s obzirom na potencijal, kao i zrelost te cijenu tehnologije. No, ako se uspoređi potencijal i dosadašnje korištenje, tada je neophodno u obzir uzeti i druge obnovljive izvore energije poput geotermalne energije.

Korištenje geotermalne energije u balneološke svrhe i grijanje prostora poznato je već tisućama godina, a početak proizvodnje električne energije iz iste, veže se uz 1913. godinu i malo talijansko naselje Larderello. Danas se geotermalna energija koristi diljem svijeta, ali još uvijek u prilično ograničenom obujmu s obzirom na njen potencijal i u odnosu na druge obnovljive izvore energije (Slika 2).

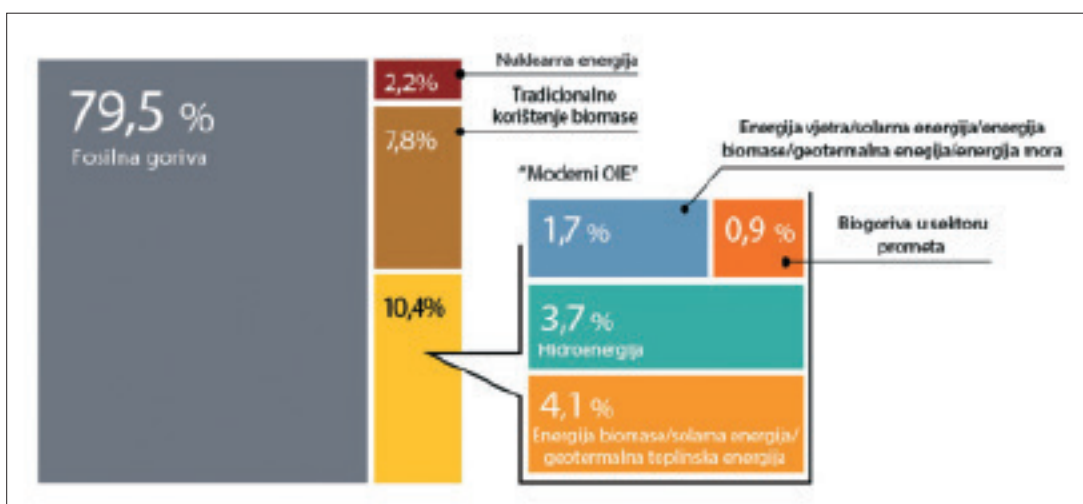
Prema podacima International Renewable Energy Agency (IRENA), obnovljivi izvori energije čine oko

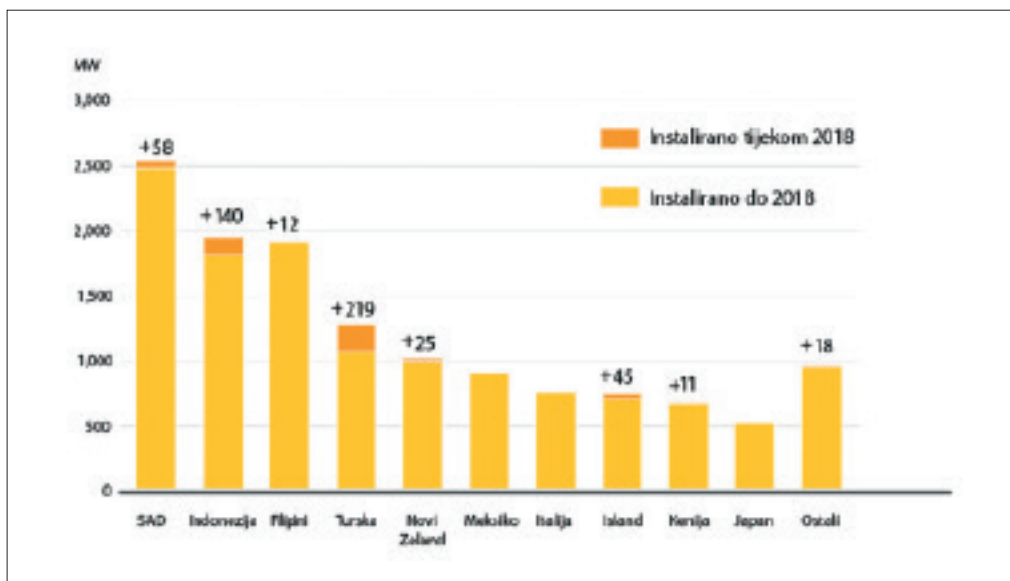
18,2% u ukupnoj svjetskoj potrošnji energije, pritom na „moderne“ obnovljive izvore energije otpada 10,4%, od čega geotermalna energija čini samo 0,15% (IRENA, 2018).

Iako se ovaj udio u svjetskoj potrošnji čini gotovo zanemariv, interes za razvoj geotermalnih projekata raste, a svake godine raste i instalirani kapacitet geotermalnih postrojenja kao i proizvodnja električne i toplinske energije iz geotermalnih izvora.

Najveće kapacitete geotermalne energije imaju SAD (oko 2,54 GW), Indonezija (oko 1,94 GW), Filipini (oko 1,93 GW) te Turska (1,28 GW) koja je između 2013. i 2018. godine instalirala više od 1 GW kapaciteta. Tijekom 2018. godine u svijetu je instalirano 527 MW novog geotermalnog kapaciteta za proizvodnju električne energije, a ukupno instalirani kapacitet proizvodnje iznosi oko 13,3 GW (Slika 3).

Slika 2. Procjena udjela OIE u ukupnoj finalnoj potrošnji energije za 2016. godinu (IRENA, 2018)





Slika 3. Postojeći i novoizgrađeni kapaciteti geotermalnih elektrana tijekom 2018. godine (IRENA, 2019)

Što se Europe tiče, ukupno instalirani kapacitet iznosi 2,8 GW_e (1 GW_e se odnosi na EU) pri čemu je samo 2017. instalirano novih 330 MW_e. Naravno, najviše novoinstaliranog kapaciteta odnosi se na već spomenutu Tursku. Ukupno se tijekom 2017. godine u Europi nalazilo 117 geotermalnih elektrana, 30 je bilo u fazi izgradnje dok je 276 projekata bilo u fazi istraživanja (IRENA, 2018).

Općenito, može se reći da je proizvodnja električne energije iz geotermalne energije u Europi prilično koncentrirana na nekoliko glavnih lokacija. Najveći proizvođači električne energije iz geotermalnih izvora su Italija, Island i Turska. U Italiji i Islandu se geotermalna energija iskorištava na „tradicionalni način“, koristeći visokotemperaturne geotermalne izvore. U Turskoj, državi s gotovo najvećim rastom geotermalnih kapaciteta i relativno novim snažnim sudionikom na geotermalnom tržištu, veliku ulogu imaju nove tehnologije iskorištavanja geotermalnih izvora, napredni geotermalni sustavi (engl. *Enhanced Geothermal Systems, EGS*) te binarni sustav iskorištavanja geotermalne energije (Dumas i Garabetian, 2017).

Direktno korištenje geotermalne energije u svrhu toplinarstva je tijekom 2018. procijenjeno na oko 26 GW_t uz povećanje od 1,4 GW_t (IRENA, 2019).

U Europi je geotermalni kapacitet u svrhu toplinarstva iznosio 4,9 GW_t (1,7 GW_t u EU) s novoinstaliranim kapacitetom od 75 MW_t i ukupno 294 postrojenja. U korištenju geotermalne energije u svrhu grijanja najviše prednjače Island, Turska, Francuska, Njemačka, Mađarska i Nizozemska (EGEC, 2018). Može se reći kako je korištenje geotermalne energije u svrhu grijanja, u odnosu na korištenje geotermalne energije za proizvodnju električne energije, znatno

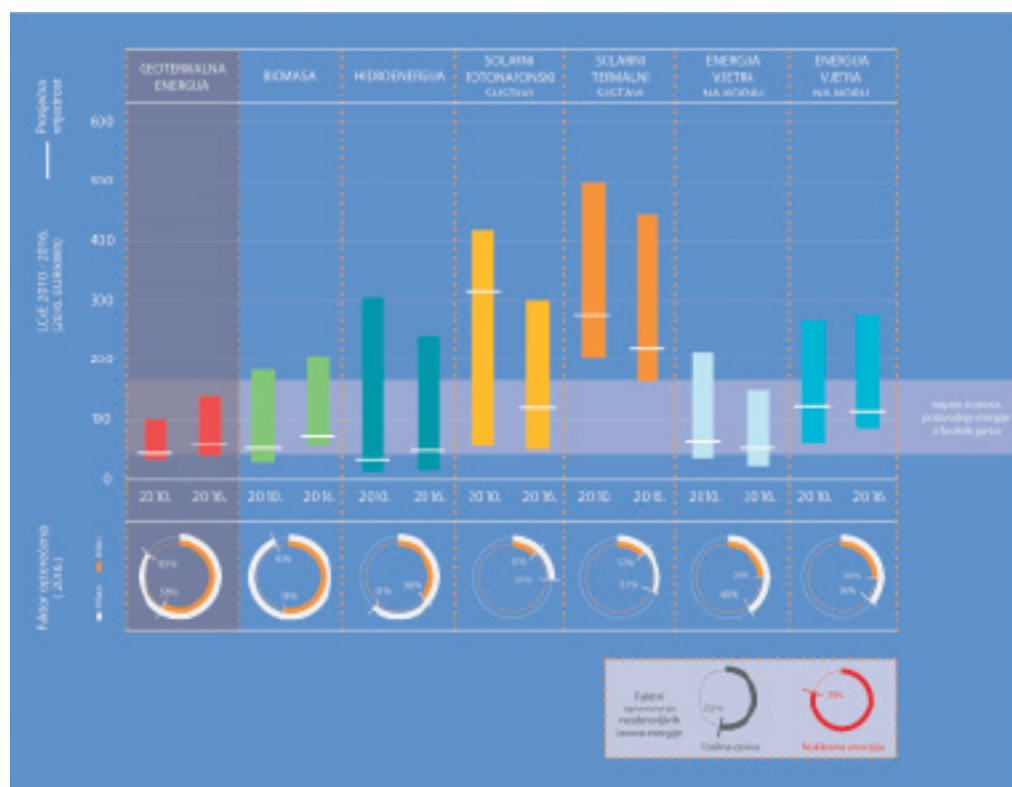
raširenije što je u najvećoj mjeri uvjetovano time što se za grijanje mogu koristiti nižetemperaturni geotermalni izvori, koji su i mnogo rašireniji.

Do 2023. godine, očekuje se rast geotermalnih kapaciteta za 28%, odnosno na preko 17 GW ukupnog kapaciteta proizvodnje električne energije u svijetu te porast broja država koji koriste geotermalnu energiju (IEA i OECD, 2018).

U tom kontekstu, a uvažavajući određene specifičnosti, značajke geotermalne energije, a koje Republici Hrvatskoj (prema mišljenju autora) mogu donijeti brojne prednosti su sljedeće:

- Geotermalna energija je obnovljivi izvor energije;
- Značajan i u velikoj mjeri neiskorišten potencijal;
- Korištenje postojećeg potencijala može imati multiplikacijski efekt na razvoj;
- Prilična disperziranost potencijala (*osobito na hrvatskom dijelu Panonskog bazenskog sustava, HPBS*);
- Korištenje nedvosmisleno omogućuje povećanje sigurnosti opskrbe;
- Osim proizvodnje električne energije, geotermalna energija može se kaskadno koristiti u cijelom nizu drugih aktivnosti i pritom koristiti izvore različitih temperatura i izdašnosti;
- Stalno dostupan izvor energije (*nije uvjetovan dobom dana, vremenskim uvjetima, sezonalnošću, dostupnošću sirovine...*);
- Dugogodišnja predvidljivost proizvodnje;
- Viši faktor opterećenja u odnosu na druge obnovljive izvore energije (Slika 4);
- Niži nivelirani troškovi proizvodnje električne energije (engl. *Levelised Cost of Energy, LCOE* - Slika 4);

Slika 4. Usporedba faktora opterećenja i LCOE različitih obnovljivih izvora energije (prema Nador, 2018.)



- Prilagodljivost različitim opterećenjima (*može se koristiti kao bazni izvor energije, ali se može i prilagođavati ovisno o potrebama*);
- U integraciji s drugim izvorima energije (*uključujući obnovljive*) može se znatno povećati ukupna učinkovitost čime se znatno pospješuje ekonomika korištenja (*hibridni geotermalni sustavi*);
- Nizak ekološki otisak;
- Zauzimanje malog prostora za postrojenja u odnosu na druge obnovljive izvore...

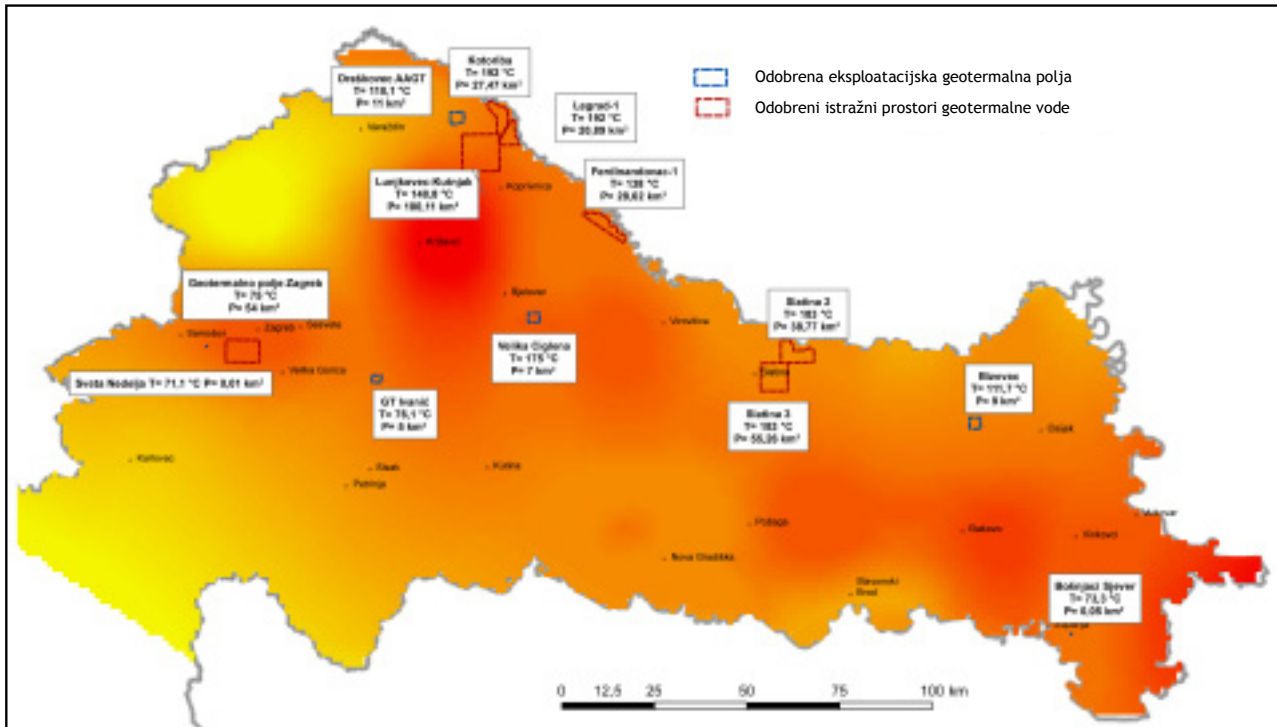
S obzirom da je geotermalna energija stalno dostupna jer se konstantno obnavlja procesima u Zemljinoj unutrašnjosti, faktor opterećenja geotermalne energije je viši u odnosu na druge obnovljive izvore energije i kreće se između 58 i 85%. Njegova vrijednost je usporediva jedino s faktorom opterećenja kod korištenja biomase (*između 53 i 93%*).

Kod korištenja hidroenergije, faktor opterećenja se kreće između 36% i 61%, solarnih fotonaponskih sustava između 12 i 26%, solarnih termalnih sustava 12 i 31%, energije vjetrova na kopnu između 24 i 40% te energije vjetrova na moru između 26 i 36%. Usporedbe radi, faktor opterećenja kod fosilnih goriva u prosjeku iznosi 53%, a kod nuklearne energije 79%. Vrlo je bitno istaknuti da veći faktor opterećenja geotermalne energije rezultira nižim niveliranim troškovima proizvodnje električne energije, LCOE što čini geotermalnu energiju vrlo konkurentnom (Slika 4).

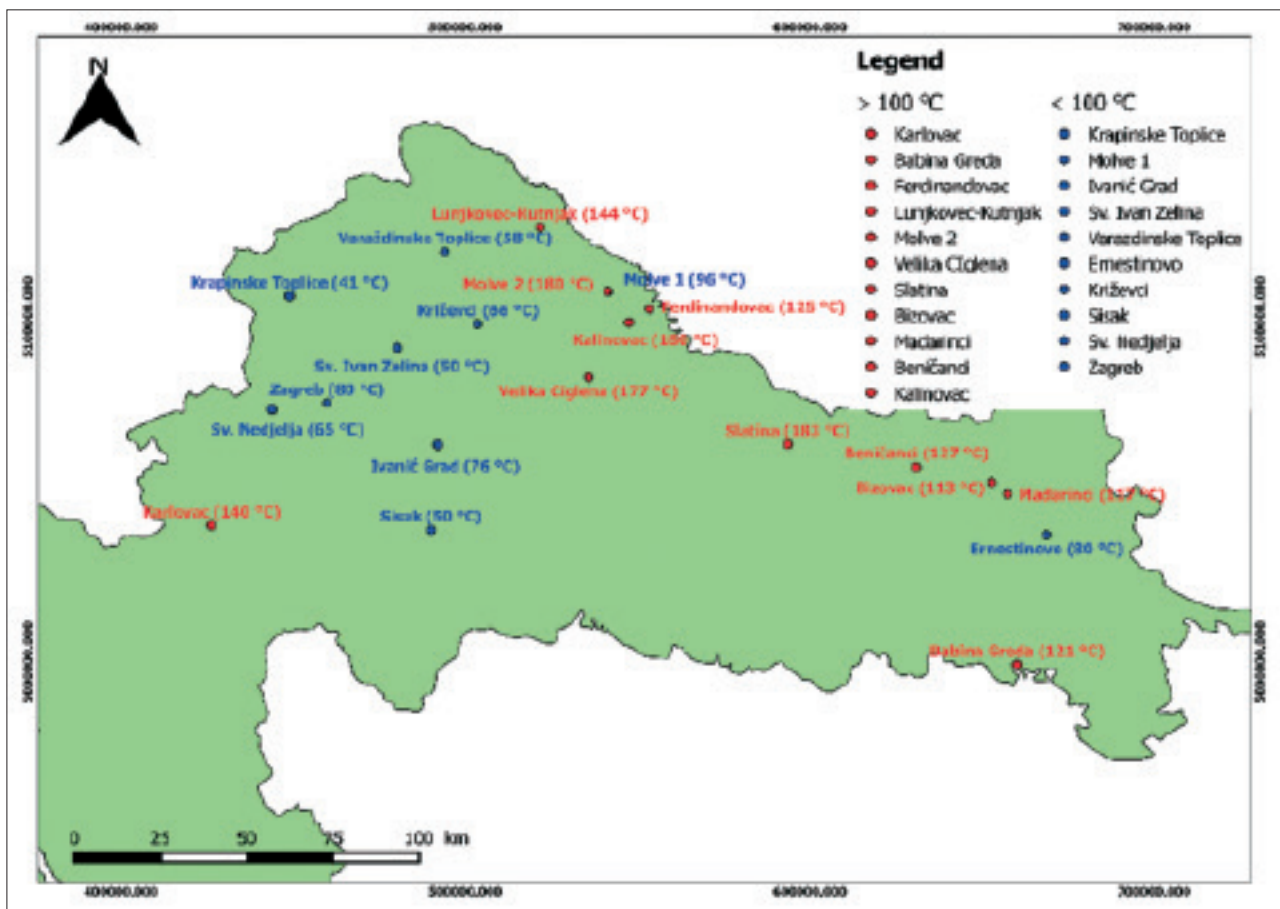
2. Pregled najznačajnijih geotermalnih lokacija u RH

Iako je na području Republike Hrvatske tijekom naftno-geoloških istraživanja otkriven veliki broj potencijalnih geotermalnih lokacija, pri čemu je samo šest lokacija razvijeno do statusa eksploatacijskih geotermalnih polja (napomena: *Bizovac, Draškovec i Velika Ciglena posjeduju eksploatacijsku dozvolu dok su za lokacije Bošnjaci sjever, Ivanić i Sveta Nedjelja izdana rješenja za odobrena eksploatacijska polja*), dok ih sedam ima status istražnog prostora (*Ferdinandovac, Legrad 1, Lunjkovec – Kutnjak, Kotoriba, Slatina 2, Slatina 3 i Zagreb*). Na Slici 5 dan je prikaz odobrenih eksploatacijskih polja i istražnih prostora geotermalne vode. Za lokacije Karlovac i Babina Greda u tijeku je provedba postupka nadmetanja radi odabira najpovoljnijeg ponuditelja za istraživanje geotermalnih voda.

Osim navedenih lokacija, postoji još niz lokacija sa značajnim geotermalnim potencijalom, a što je prikazano Slikom 6. Zanimljiv je podatak da su na nekima od njih već provedena ciljana istraživanja (*Babina Greda, Križevci*), na nekima se geotermalna energija koristi, ali u maloj količini (*Topusko*), a na nekima je korištenje prestalo (*Sv. Ivan Zelina*), dok na ostalima tek predstoji provesti daljnja istraživanja (*Beničanci, Ernestinovo, Kalinovac, Karlovac, Madarinci, Mali Bukovec, Molve, Vukovar...*).



Slika 5. Odobrena eksploatacijska polja i istražni prostori geotermalne vode (prema Agenciji za ugljikovodike, 2019.)



Slika 6. Geotermalne lokacije u Republici Hrvatskoj (Živković i dr., 2019.)

Veliki razvojni potencijal krije se i u toplicama u kojima se geotermalna energija koristi tek djelomično u odnosu na stvarni potencijal (*Daruvarske toplice, Jezerčica, Krapinske toplice, Lešće, Lipik, Stubičke toplice, Sutinske toplice, Sveta Jana, Šmidhen, Tuhelj, Velika ...*).

3. Moguća uloga geotermalne energije u energetske tranziciji i energetskom razvoju RH

Prema mišljenju autora, uspješno upravljanje energetske tranzicijom u Republici Hrvatskoj mora biti usko usklađeno s klimatskom i energetske politikom zemalja članica EU-a kako bi se moglo realno procijeniti u kojoj su mjeri, a obzirom na globalna kretanja u ponudi/potražnji za energetske resursima, određeni resursi dostupni kako s aspekta energetske sigurnosti i pouzdanosti tako i s aspekta energetske transformacije i uravnoteženosti. Naime, osim nužnih geoloških i geotermalnih preduvjeta za korištenje geotermalne energije, ključno je i uspostavljanje odgovarajućeg regulatornog okvira te institucionalne podrške. Nažalost, potonji uvjet u velikoj mjeri dosad nije bio ispunjen te u tome leži jedna od glavnih prepreka (*ako ne i glavna*) dosadašnjem razvoju geotermalnih projekata i korištenju geotermalne energije u Republici Hrvatskoj.

Donošenjem novog Zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika („Narodne novine“, broj: 52/18) poboljšana je regulativa oko istraživanja i eksploatacije geotermalnih voda iz kojih se može koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe. Uvođenjem Jedinstvenog postupka izdavanja dozvole za istraživanje i dozvole za pridobivanje geotermalnih voda došlo je do objedinjavanja procesa, a time i nužnog pojednostavljenja procesa.

U tijeku je izrada Strategije energetske razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050.,

temeljnog dokumenta kojim se definira vizija i smjer upravljanja energetske tranzicije i razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom do 2050. godine. Pri tome treba naglasiti da navedeni dokument u prvom redu treba definirati određenu viziju dok će Provedbeni akti definirati smjer upravljanja energetske tranzicijom Republike Hrvatske koja mora biti usko usklađeno s klimatskom i energetske politikom zemalja članica EU-a. Naime, iduće razdoblje od dvadesetak godina bit će nedvojbeno tehnološki izazovno i sigurno će donijeti neka nova tehnološka i komercijalna rješenja (*u tom kontekstu vrlo je teško odrediti dinamiku tog procesa*) te je zbog toga vrlo važno (*prema mišljenju autora*) svake dvije do tri godine revidirati Energetske strategiju (*viziju*) i prilagođavati smjeru – dinamici energetske tranzicije i stanju ekonomskog gospodarstva države.

Prema Nacrtu prijedloga Strategije energetske razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. i konačne verzije Bijele knjige (*Izvor: <https://mzoe.gov.hr/vijesti/nacrt-prijedloga-strategije-energetske-razvoja-republike-hrvatske-do-2030-s-pogledom-na-2050-i-konacne-verzije-bijele-knjige/5490>*), tehnički potencijal geotermalne energije do 2050. godine procjenjuje se na između 56,5 – 67,6 MW_e i 456 MW_p, odnosno 100 MW_e uz istraživanja novih lokacija.

U zadnjih nekoliko godina došlo je do povećane aktivnosti na području geotermalne energije u Republici Hrvatskoj koje je rezultiralo s tri nova odobrenja (*uz tri postojeća*) za eksploataciju geotermalne energije (Tablica 1) te sedam odobrenja za istraživanja geotermalne energije (Tablica 2). Osim toga, u tijeku su postupci nadmetanja radi odabira najpovoljnijeg ponuditelja za istraživanje geotermalnih voda za dvije lokacije (*Karlovac i Babina Greda*). Imajući u vidu prethodno opisani potencijal lokacija, odobrenja, kao i početak rada prve hrvatske elektrane u Republici Hrvatskoj u Velikoj Cigleni kraj Bjelovara krajem 2018.

Tablica 1: Eksploatacijska polja geotermalne vode (nadopunjeno prema Živković i dr., 2015. i Kolbah i dr., 2018.)

Eksploatacijska polja	Ovlaštenici	Električna snaga MW _e)	Toplinska snaga (MW _p)	Izvor podataka
Bizovac	INA d.d.	–	0,4	Šimunić, 2008.
Bošnjaci–sjever	RURIS d.o.o.	–	1,44	Gizdavec i dr., 2016.
Draškovec	AAT GEOTHERMAE d.o.o.	18,65	39,12	Hrgarek i dr., 2016.
Ivanić	INA d.d.	–	–	
Sveta Nedjelja	Eko Plodovi d.o.o.	–	–	
Velika Ciglena	MB Geothermal d.o.o.	16,5	73,48	Geci i dr., 2016.

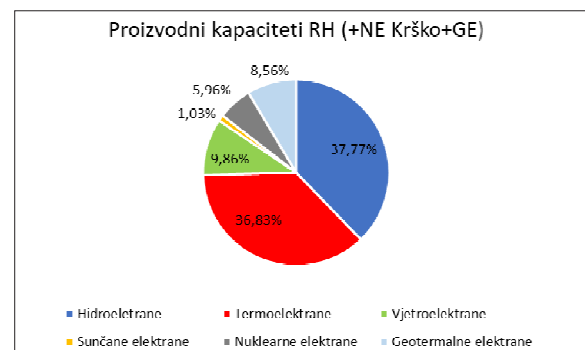
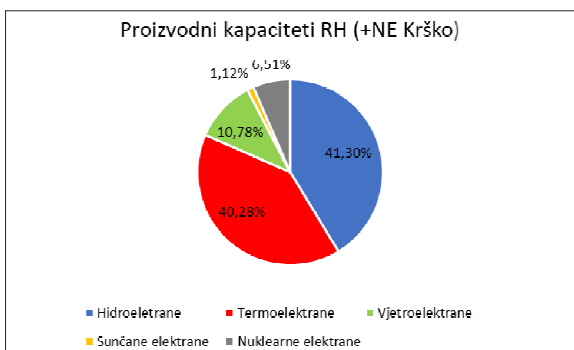
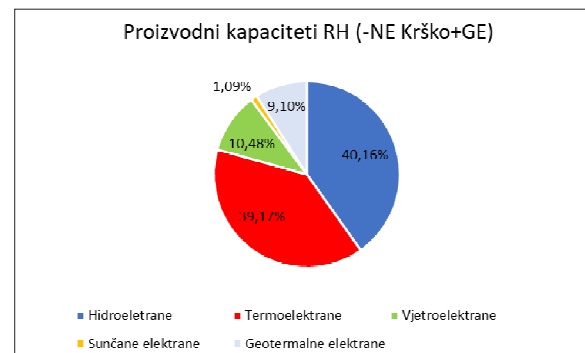
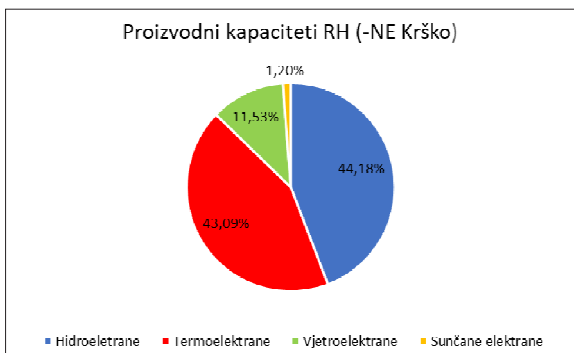
Tablica 2: Istražna polja geotermalne vode (nadopunjeno prema Živković i dr., 2015. i Kolbah i dr., 2018.)

Istražna polja	Ovlaštenici	Električna snaga (MW _e)	Toplinska snaga (MW _t)	Izvor podataka
Ferdinandovac	MB Geothermal d.o.o.	>100 MW (zajedno s lokacijom Mali Bukovec)	>500 MW (zajedno s lokacijom Mali Bukovec)	Kolbah i dr., 2018
Legrad 1	MB Geothermal d.o.o.			
Lunjkovec–Kutnjak	MB Geothermal d.o.o.			
Kotoriba	MB GEOTHERMAL d.o.o			
Slatina 2	GEO POWER Zagocha d.o.o.	20 MW	–	Marčenić i dr., 2019.
Slatina 3	EES Dravacel Energetika d.o.o.	–	–	
Zagreb	GPC Instrumentation process d.o.o	–	15,7	Jurilj i Cazin, 2019.

godine te uspješno korištenje geotermalne energije u poljoprivredne svrhe u Bošnjacima kraj Županje (projektima koji su prema mišljenju autora probijali led što se tiče geotermalne energije u Republici Hrvatskoj), za očekivati je daljnji uzlet korištenja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj. Razvijeni projekti rezultat su prvenstveno dugogodišnjih privatnih inicijativa i nužno je da se njihov uspjeh popratni odgovarajućim zakonskim okvirom koji će, na neki način,

poticati daljnji razvoj geotermalnih projekata, a ne ih ograničavati.

Ako uzmemo u obzir već spomenute uspješne projekte (*Velika Ciglena, Bošnjaci*), projekte koji su dosegli određeni stupanj razvoja (*Sv. Nedjelja, Draškovec, Ferdinandovac, Legrad-1, Lunjkovec-Kutnjak, Kotoriba i Zagreb*) te procijenjeno prosječno vrijeme razvoja geotermalnih projekata na ovom području od deset do petnaest godina, do 2050. (prema



Slika 7. Struktura proizvodnog kapaciteta električne energije u Republici Hrvatskoj (s i bez NE Krško) s uključenim potencijalom geotermalne energije

mišljenju autora) moguće je imati znatno veću proizvodnju električne energije iz geotermalnih izvora u odnosu na predviđeno. Procjenom svih lokacija s indiciranim geotermalnim potencijalom u Republici Hrvatskoj (uključujući lokacije na kojima se trenutno odvija eksploatacija ugljikovodika), mogući je kapacitet proizvodnje električne energije u iznosu većem od 500 MW. Radi se o kapacitetu proizvodnje koji teoretski može pokriti gotovo 10% trenutnog kapaciteta proizvodnje svih elektrana Republike Hrvatske koji zajedno s NE Krško iznosi oko 5300 MW (Slika 7).

Za budućnost elektroenergetskog sustava vrlo je bitno istaknuti da se radi o električnoj energiji proizvedenoj iz obnovljivog izvora energije, koji je konstantno dostupan, neovisan o dobu dana, vremenskim uvjetima, sezoni i sirovinama, dugoročno predvidljiv i prilagodljiv, a s minimalnim ekološkim otiskom.

Također, osim električne energije, potrebno je osvrnuti se i na toplinsku energije iz geotermalne energije. Na lokacijama gdje temperatura geotermalne vode ne omogućuje proizvodnju električne energije ($<120\text{ }^{\circ}\text{C}$), kao i na lokacijama gdje je proizvodnjom električne energije temperatura geotermalne vode snižena, moguće je koristiti toplinsku energiju u zaokruženom ciklusu u turističke, balneološke, toplinarske, industrijske i poljoprivredne svrhe na način da se ostvari multiplikacijsko djelovanje na gospodarstvo Republike Hrvatske. Prema dosad dostupnim podacima, procijenjeno je da bi moguća toplinska snaga iz geotermalne energije mogla iznositi između 750 i 1.300 MW_t (Kolbah i dr., 2018.).

Jednu od dodatnih mogućnosti uz korištenje geotermalne energije čine znatne nekonvencionalne rezerve prirodnog plina otopljenog u geotermalnoj vodi. Razvoj jednog takvog projekta korištenja prirodnog plina iz geotermalne vode trenutno se odvija se u Draškovcu u Međimurskoj županiji. Projektom je planirano pridobivanje geotermalne vode uz izdvajanje plinovite faze koja bi se koristila zasebno pomoću binarnog sustava, odnosno u kogeneracijskim jedinicama. Ispušni plinovi iz kogeneracijskih jedinica bi se zatim pročistili te bi se izdvojeni ugljikov dioksid, CO₂ utisnuo zajedno s iskorištenom geotermalnom vodom nazad u isti geološki sloj iz kojeg su i pridobiveni.

Za elektroenergetski sustav Republike Hrvatske korištenje geotermalne energije imalo bi višestruku korist jer se radi o domaćem, obnovljivom izvoru energije visokog faktora opterećenja čija je proizvodnja predvidljiva i čija je integracija u elektroenergetski sustav relativno jednostavna u odnosu na većinu ostalih obnovljivih izvora energije. Imajući u vidu geotermalni potencijal te trenutno korištenje geotermalne energije u Republici

Hrvatskoj, vidljivo je da postoji značajan prostor za napredak u korištenju geotermalne energije koji se može iskoristiti samo interdisciplinarnom suradnjom i spregom struke te ekonomskih i regulatornih tijela.

4. Zaključak

Geotermalni potencijal Republike Hrvatske nužno je promatrati u kontekstu osiguranja dovoljne količine energije, energetske diversifikacije i neovisnosti, integracije obnovljivih izvora energije te dekarbonizacije s ciljem smanjenja negativnih posljedica klimatskih promjena. Pritom, korištenjem geotermalne energije može se ostvariti multiplikacijsko djelovanje na gospodarstvo Republike Hrvatske.

Energetska tranzicija predstavlja niz trenutnih i budućih (*sukladno energetske politici EU*) trendova u energetici. Karakterizirana je postupnim prijelazom s neobnovljivih, fosilnih izvora energije prema obnovljivim izvorima energije. S obzirom na brojne razlike između neobnovljivih i obnovljivih izvora energije, daljnjim povećanjem udjela obnovljivih izvora energije očekuje se značajna promjena paradigmi energetskog sustava kakvog danas poznajemo.

Kod korištenja, danas najčešćih, obnovljivih izvora energije jedan od glavnih problema predstavlja njihova intermitentnost. Energija Sunca, vjetra i voda vrlo ovisi o dobu dana, vremenskim prilikama, sezonskim promjenama i sl. Povećanjem udjela obnovljivih izvora energije veliki izazov postaje njihova integracija u elektroenergetski sustav, odnosno usklađivanje proizvodnje i potrošnje električne energije. Moguća rješenja uključuju fleksibilizaciju elektroenergetskog sustava u kojemu potrošnja prati proizvodnju, različite oblike skladištenja i konverzije proizvedene električne energije, korištenje AI, IoT, blockchain tehnologija što je definitivno budućnost energetike (Pavlović i dr., 2018). No, u energetske tranziciji leži i prilika za povećanje korištenja geotermalne energije.

Radi se o obnovljivom izvoru energije čiji je potencijal u velikoj mjeri neiskorišten i kao domaći, vlastiti izvor energije mogao bi povećati sigurnost opskrbe i energetske neovisnost. Konstantno je dostupan s vrlo visokim faktorom opterećenja i dugogodišnjom predvidljivošću proizvodnje. Vrlo brzo se može prilagoditi različitim potrebama za električnom energijom te se može koristiti u integraciji s intermitentnim obnovljivim izvorima energije, iako je pogodan i za korištenje kao bazni izvor energije. Također, zauzima vrlo malo prostora u odnosu na ostale obnovljive izvore

energije s minimalnim negativnim utjecajem na okoliš. Osim za elektroenergetski sektor, geotermalna energija može biti izrazito bitna za toplinarstvo i poljoprivredu. Geotermalni izvori koji zbog nižih temperatura nisu pogodni za proizvodnju električne energije mogu se koristiti za daljinsko grijanje te za čitav niz drugih industrijskih i poljoprivrednih aktivnosti. U energetske tranziciji će (prema mišljenju autora) jednu od ključnih uloga imati prirodni plin, „zeleno fosilno gorivo“, koji se u značajnim količinama nalazi otopljen u geotermalnim vodama te će iskorištavanje geotermalnih ležišta otvoriti mogućnost korištenja tih rezervi koji u odnosu na konvencionalne rezerve prirodnog plina nisu zanemarive.

Naravno, ne treba smetnuti s uma kako se na geotermalnu energiju ne smije gledati kao na jedinstveno rješenje za sve energetske probleme i potrebe Republike Hrvatske, već na jedan manji, ali važan kotačić u tranziciji

k energetske dostatnoj, neovisnoj i ekološki održivoj cjelini. Upravo u tom kontekstu, primjeri uspješno provedenih projekata pokazuju da se na geotermalnu energiju u Republici Hrvatskoj može ozbiljno računati. Njihov put će slijediti novi projekti za čiju će provedbu trebati znatno manje vremena u odnosu na početne. Isto tako, inicijalni problemi s privlačenjem investicija bit će prevladani kada se vidi da je određena bojazan investitora kao i bankarskog sektora što se tiče geotermalnih projekata ipak u značajnoj mjeri neopravdana. Naime, s ekonomskog stajališta, (prema mišljenju autora) odgovor ovisi o vremenskom okviru koji se promatra, te u tom kontekstu kratkoročno će biti veći troškovi koji se tiču energije, ali u jednom srednjoročnom vremenskom intervalu, troškovi će se značajno smanjiti poglavito ukoliko se na troškove gleda u jednom širem kontekstu energetske tranzicije i izazova klimatskih promjena te sveprisutnog utjecaja na cjelokupne aspekte života našeg društva.

Literatura

1. Dumas, P., Garabetian, T. Financing geothermal projects in Europe: an overview of the available instruments. *Geological Exploration Technology, Geothermal Energy, Sustainable Development Journal*. 2017; 2: 189-200.
2. EGEC, Geothermal Market Report 2017. Key Findings. European Geothermal Energy Council (EGEC). 2018.
3. EC, A Clean Planet for All. European Commission (EC). Bruxelles. 2018.
4. Jurilj, Ž., Cazin, V.: Eksploatacijsko polje geotermalne vode Zagreb i mogućnosti njezinog korištenja. *Stručni rad. Nafta i Plin*, 38 62-73, 2019.
5. Geci, I., Juratek, I., Črgar, B., D., Kiš, K., Pavelić, I., Pokrivač, M., Magjarević, V. Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, Zahvat: Eksploatacija geotermalne vode iz proizvodnih bušotina VC-1 i VC-1A i utisnih bušotina VC-2 i PTK-1 na eksploatacijskom polju „Velika Ciglena“, Grad Bjelovar i Općina Severin. DVOKUT-ECRO d. o. o. 2016.
6. Gizdavec, N., Pranjić, J., Kögl, M., Hatlak, M., Pešak, S., Žetko, T., Grabar, K., Špiranec, M., Pranjić, F. Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš eksploatacije geotermalne vode u svrhu proizvodnje na budućem eksploatacijskom polju „Bošnjaci-sjever“. SPP d.o.o. 2016.
7. Hrgarek, M., Ružić, I., Ernoić, K., Kutnjak, B., Bartolec, D., Ježovita, O., Dubovečak, V., Budanović, K., Zimprich, E., Hrgarek, P., Glavica, P., Vuković, M. Elaborat zaštite okoliša u postupku ocjene o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš eksploatacije geotermalne vode u energetske svrhe - Draškovec. EcoMission d.o.o. 2016.
8. Kolbah, S., Škrlec, M., Gloub, M. Kvantifikacija indiciranog geotermalnog potencijala RH za proizvodnju električne energije. *Pregledni rad. Inženjerstvo okoliša* 2018; 5 1-2: 61-68.
9. Marčenić, M., Geci, I., Hriberšek, Klaić Jančijev, Fressl, J., Kiš, K., Pavelić, I., Anić, I., Pokrivač, M., Magjarević. Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš, Zahvat: Geotermalna elektrana „Zagoča“ kapaciteta 20 MW_{el} na istražnom prostoru geotermalne vode „Slatina 2“. DVOKUT-ECRO d. o. o. 2019.
10. Nádor, A. Transnational Danube Region Geothermal Strategy. DARLINGE – Danube Region Leading Geothermal Energy, European Regional Development Fund. 2018.
11. Pavlović, D., Bolanča, A., Šijanović Pavlović, S. Internet of Things i Blockchain kao temelj sigurnosti energetske sustava s visokim udjelom intermitentnih izvora, 11th International Scientific and Professional Conference „Crisis Management Days 2018“, Zbornik radova, Brijuni, Hrvatska, 2018.
12. IEA i OECD, Renewables 2018 Analysis and Forecasts to 2023. International Energy Agency (IEA), Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). 2018.
13. IRENA, Renewables 2018 Global status report: A comprehensive annual overview of the state of renewable energy. International Renewable Energy Agency (IRENA). 2018.
14. IRENA, Renewables 2019 Global status report: A comprehensive annual overview of the state of renewable energy. International Renewable Energy Agency (IRENA). 2019.
15. Šimunić, A. Geotermalne mineralne vode Republike Hrvatske (Geološka monografija). Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju. Zagreb. 2008.
16. Živković, S., Kolbah, S., Golub, M., Škrlec, M. Croatia Geothermal Resources Updates 2015 and On. Proceedings, World Geothermal Congress, 2015. Melbourne, Australia.
17. Živković, S., Kolbah, S., Škrlec, M., Tumara, D. Geothermal Energy Use, Country Update for Croatia 2019. European Geothermal Congress 2019, Haague, Nizozemska.