

# KVANTIFIKACIJA INDICIRANOG GEOTERMALNOG POTENCIJALA RH ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

## QUANTIFICATION OF INDICATED GEOTHERMAL RESOURCES IN CROATIA FOR ELECTRICITY PRODUCTION

Slobodan Kolbah <sup>1\*</sup>, Mladen Škrlec <sup>1</sup>, Miroslav Golub <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geotermalna energija d.o.o., Luke Ibrišimovića 9, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin, Hrvatska

\*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: skolbah@gmail.com

**Sažetak:** Geotermalna energija Hrvatske nedovoljno je poznata i korištena. Iako obnovljiv izvor energije i mogući pokretač održivog razvoja, nije na prihvatljiv način valorizirana ni korištena. Izdvajanjem i definiranjem novih istražnih prostora (IP): M. Bukovca, Legrad-1, Kotoriba, Ferdinandovac-1 i revizijom eksploatacijskog polja (EP): Lunjkovac-Kutnjak, procijenjena je njihova moguća instalirana snaga na 100 MWe električne energije, što je oko 2,5% postojećih kapaciteta u RH ili 29% hrvatskog dijela nuklearne elektrane Krško. Uz to, iz tih postrojenja kogeneracijom se može dobiti i 500 MW<sub>t</sub> toplinske energije. Ovu procjenu omogućila su geološko-geofizička istraživanja i proizvodnja ugljikovodika te 4000 izrađenih bušotina u Hrvatskoj. Time su i indicirana, relativno lako dostupna hidro-geotermalna ležišta (do 1500 m dubine), gdje se na 500 lokacija (prema postojećem iskustvu), može očekivati korištenje instalirane snage od 750 do 1300 MW<sub>t</sub> toplinske energije. Prema dosadašnjim iskustvima, na većini ovih lokacija (njih 400), moguće je godišnje pridobiti više od 200 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> nekonvencionalnih rezervi prirodnog plina, otopljenog u geotermalnoj vodi, što predstavlja 5% godišnje potrošnje prirodnog plina u Hrvatskoj. Ove vrlo konzervativne procjene, iz uzoraka koji je tek dio najbolje poznatih objekata, upućuje na vrlo ozbiljnu mogućnost supstitucije domaće toplinarske energije na razini 12-26% godišnje potrošnje prirodnog plina u RH (2014). Pored proizvodnje na geotermalnim poljima, ona je moguća i na većini starih naftno-plinskih polja gdje s nastavkom intenzivnog crpljenja geotermalne vode, može pridobiti dodatne količine ugljikovodika, što nije uključeno u ova razmatranja.

**Ključne riječi:** hidro-geotermalna energija, električna i toplinska energija, kvantifikacija, Hrvatska, Panonski bazen.

**Abstract:** Geothermal energy in Croatia is not well recognized and used, although it is renewable and a possible driver of sustainable-development, it is not appropriately valued. By delineating and defining new exploration-blocks: M. Bukovac, Legrad-1, Kotoriba, Ferdinandovac-1 and the revision of the field: Lunjkovac-Kutnjak, an estimated capacity of 100MWe of electrical power is proposed, 2.5% of the present country capacity or 29 % of the Croatian part of NPP-Krško, where an additional 500 MW<sub>t</sub> heat in co-generation can be obtained. The next assessment was possible from the analyses of geological-geophysical activities done for hydrocarbon E&P, including 4000 wells. This indicated relatively easily accessible hydro-geothermal fields, up to 1500 m deep. On the first 500 locations / fields it is expected to achieve an installed-capacity of 750-1300 MW<sub>t</sub> of heat. On most of these fields (400), it is possible a yearly production greater than 200 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> of non-conventional aquifer-gas, or 5% of annual consumption of natural-gas in Croatia. These conservative assessments, were done from a sample of the best-known objects, and it alludes to the very serious domestic heating substitution by 12-26% of yearly gas consumption in Croatia (2014). And this is only the tip of the iceberg. A possible boost of recoverable quantities of hydrocarbons is possible from existing oil & gas fields, in parallel with geothermal energy production, which was not discussed here.

**Keywords:** hydro-geothermal energy, electrical and thermal energy, quantification, Croatia, Pannonian basins.

Received: 16.07.2018. / Accepted: 04.08.2018.

Published online: 17.12.2018.

Pregledni rad / Review paper

## 1. UVOD

Navedeni dio resursa geotermalne energije u Hrvatskoj, KVANTITATIVNO je utvrđen mogućom instaliranom snagom za proizvodnju električne energije, a preostali dio pogodan za izravno korištenje topline s instaliranim kapacitetima i uspoređen mogućnošću supstitucije godišnje potrošnje prirodnog plina. Procijenjeno je i očekivano pridobivanje nekonvencionalnih resursa u geotermalnoj vodi otopljenog plina. Od prve stručne procjene (Bošnjak 1998), ova procjena, iako konzervativna, je dvostruko veća te upućuje na mogućnost postajanja značajnih resursa u energetskej bilanci zemlje. Aktiviranjem resursa nekonvencionalnih rezervi plina moguće je osigurati 12-26 % sadašnje potrošnje plina iz konvencionalnih ležišta. Uz to, ukoliko se aktivira proizvodnja električne energije iz geotermalnih izvora, može se osigurati oko 2,5% postojećih kapaciteta elektrana u zemlji ili 29 % NE Krško.

KVALITATIVNE prednosti, kao što su: stabilnost i neovisnost proizvodnje, obnovljivost energetskih izvora, očuvanje okoliša te održivi razvoj nisu posebno razmatrane.

Geotermalni resursi su zanemareni na prirodnim termalnim izvorištima, gdje su na dohvat ruke i ne zahtijevaju visoka početna ulaganja kao na dubokim bušotinama razrađenih geotermalnih polja. Stoga, ne čudi da je interes za potencijalom kojeg želimo promovirati potpuno nepriličan. Nasuprot tome su pojedinačni izuzetci s vrlo isplativim privatnim ulaganjem u toplinarstvo i ulaganjem u proizvodnju električne struje, u nadi za državnim poticajima, no, s početkom njihove proizvodnje očekujemo uvid u pravu atraktivnost ovih projekata.

## 2. GEOLOŠKE PRETPOSTAVKE

Ležimo uz globalnu zonu intenzivnijeg geotermalnog pritoka, a geološka građa omogućuje formiranje ležišta za njegovo akumuliranje u dubokim vodnim tijelima (DVT) (Deep Water Bodies - DWB), pogodnih za proizvodnju struje i direktno-korištenje / toplinarstvo.

Za razliku od konsolidiranih kontinentalnih prostora, gdje je geotermalni prtok oko 50 mW/m<sup>2</sup> (Hurtig 1992), u razmatranim Panonskim bazenima je veći i kreće se od 80 do 100 mW/m<sup>2</sup>. Kako se stanjuje Zemljina kora, povećava se vrijednost geotermalnog pritoka prema površini. Još veće vrijednosti pratimo sa stanjenjem kore, ali i nepostojanjem ili s tankim bazenskim pokrovom na susjednim dijelovima Balkana i dalje prema Maloj Aziji ili pak Toskani. No, geotermalna ležišta su tamo drugačija.

NESTABILNA kora podno Panonskih bazena posljedica je stanjenja zemljine kore i regionalnog povećanja geotermalnog dotoka, uslijed poboljšano gvođenja topline - KONDUKCIJE kroz Litosferu. Prema istraživanjima (Mohorovičić 1910; Dragašević & Andrić 1982; Šumanovac et al. 2009) dubina Moho diskontinuiteta (granice plašta i litosfere) ovdje je smanjena od 30 do 22 km, što je znatno manje od one na konsolidiranim kopnima - KRATONIMA (>35 Češka, >40 Skandinavija...) ili do najvećih zadebljanja u OROGENIM zonama (od 45 km u Dinaridima do više od 50 km na prostoru sjevernog Urala). Na prostoru Dinarida, gdje je toplinska kondukcija zbog povećanog zadebljanja kore, ograničena svjedoci smo pojačanih geotermalnih dotoka zahvaljujući konvekciji vode duž dubokih tektonskih poremećaja.

Isto tako, na širim Panonskim prostorima geotermalni prtok može se dodatno pojačati i KONVEKCIJOM, odnosno masovnim uzlaznim kretanjima molekula fluida. Primjerice, u geotermalnim akumulacijama "dubokim vodnim tijelima" (DVT). Ova rezervoarska tijela, ekranizirana su s izolirajućim naslagama tercijarnih sedimentnih bazena. Najznačajnija duboka vodna tijela formiraju se u masivnim RAZLOMLJNIM krtime karbonatnim stijenama ispod ili unutar pokrova tercijarnih izolirajućih naslaga.

Sljedeća skupina vodnih tijela po važnosti su ona s MEĐUZRNIM pornim prostorom, podno i unutar tercijarnih bazena. Za korištenje geotermalnih resursa tu su posebice zanimljivi intergranularni rezervoari koji još nisu dovoljno konsolidirani i petrificirani, što omogućuje zadovoljavajuće skladištenje i protočnost, a uobičajeno zaliježu u plićim dijelovima bazena.

S novijim istraživanjima uočena je i važnost recentnog tektonskog stresa koji omogućuje otvorenje protočnosti prostora u pukotini. Ovih hidrodinamski koridori važni u raspucanim vodonosnicima, mogu se javljati i unutar plastičnih-izolatorskih bazenskih sedimenata.

U najplićim - hidrogeološkim zonama pojava geotermalnih ležišta ovisna je o balansu KONVEKCIJE hidrogeotermi i PONIRANJA hladnijih-oborinskih voda kojima se stvara zanimljiv dinamički odnos ovih hidrodinamskih sistema, s povremenom neuobičajenom pojavom termi u vremenu i prostoru gdje ih se ne bi očekivalo.

U mnogo većim dubinskim odnosima slični su odnosi s jugozapadne strane Dinarske-karbonatne platforme, duž njenog ruba s Jadranskim bazenima. Pratimo ih s geotermalnim izvorom na sjeveru Istre i s povremeno pojavama se stvara zanimljiv dinamicijarnih izolirajutermalna lee quantities of hydrocarbons is possible from existing oil & gas fields, in parallel with: Krku i Dalmaciji (Splitu, Sinju, Omišu, Mokošica-Rijeka Dubrovačka ...) i hipertermalne zone u bušotini Poljica-1. O mogućnosti geotermalnih ležišta svjedoči akumulacija plinova u bušotini Brač-1. Te pojave su vezane uz tektonske sisteme i njihove ekranizacije, čime bi specifična duboka vodna tijela s geotermalnim akumulacijama bila moguća i u ovim „hladnim“ dijelovima Hrvatske. Nastavak istraživanja ugljikovodika općenito a posebno u Dinaridima i Jadranu mogao bi dati više odgovora na ta pitanja.

Najperspektivniji prostori za korištenje geotermalne energije i gospodarenje DVT su zasad ipak „vrući“ Panonski prostori. Možda je ovo izlaganje prilika da proširimo trans-granični projekt započet još 2006., gdje su naznačena važnija geotermalna DVT Hrvatske duž Mađarske granice (Kolbah 2010). Tada su izdvojene dvije osnovne vrste vodonosnika: oni u rezervoarima sa sekundarnim pukotinskim i kavernošnim šupljinama pretežno karbonatne građe ili tzv. krški i oni u tzv. poroznim vodonosnicima s primarnom intergranularnom šupljikavošću u konglomeratima, pješčenjacima i pijescima (Slika 1). Tada je izdvojeno sedam geotermalnih DVT u Hrvatskoj, četiri su prekogranična. Prostrana geotermalna DVT HR\_kt. 3. 1 / HU\_kt. 1. 7 čine dio južnih vapnenih Alpi utonula pod tercijarne naslage i zauzimaju prostrane dijelove sjeverne Hrvatske i dalje se pružaju u Mađarsku južno od Balatona.

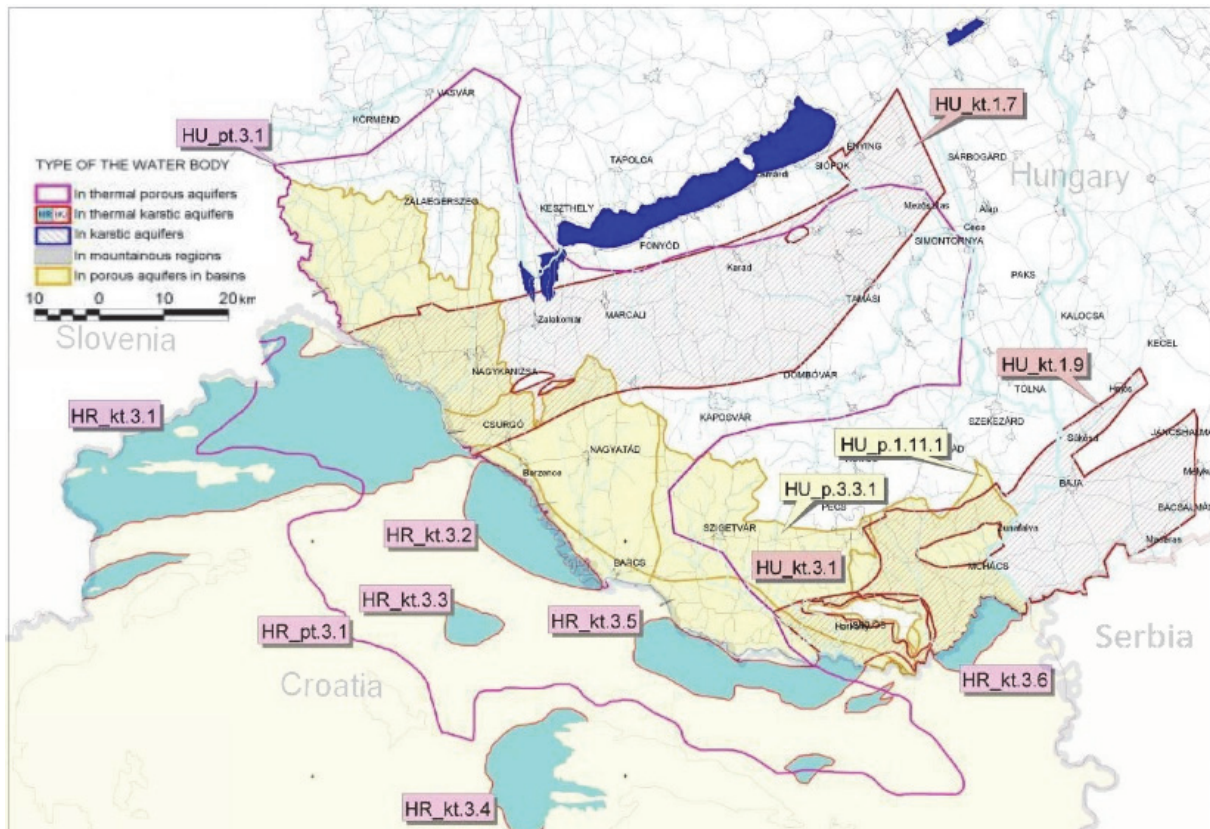
Sljedeće krško geotermalno DVT HR\_kt. 3. 2 je karbonatni plato Gola-Ferdinandovac i susjedna dublje utonula struktura Molve-Kalinovac-Stari Gradec. Plato i struktura su prekriveni tercijarnim naslagama i nije utvrđeno da li se prostiru preko granice.

Nadalje, vrlo su zanimljiva karbonatna geotermalna DVT HR\_kt. 3. 3 ispod tercijara Bjelovarskih bazena i Bilogore. Ona je u skorije vrijeme pripremaju za proizvodnju i detaljnije su istražena.

Krška geotermalna DVT HR\_kt. 3. 4 čine moćno karbonatno predgorje Slavonskih planina koji su pokriveni relativno tankim terciarnim pokrovom, a prema istoku se pojavljuju njihovi izdanci i imaju važne termalne izvore Daruvar, Lipik i Velika. Krška geotermalna DVT HR\_kt. 3. 5. i 6. ponovo su u glavnom Dravskom bazenu i to ponekad na vrlo dubokim dijelovima središnjih i istočnih dijelova Dravskog bazena.

Osim u mezozoiskim karbonatnim razvojima, nalazimo i značajne razvoje karbonatnih breča tercijarne starosti. Istraživanjima nafte i plina potvrđen je njihov trans-granični karakter te se pružaju dalje u Mađarsku, gdje ova trans-granična krška geotermalna DVT HU\_kt. 3. 1 i 1. 9 imaju izdanke prema sjeveru te imaju važne termalne izvore kod Harkanja.

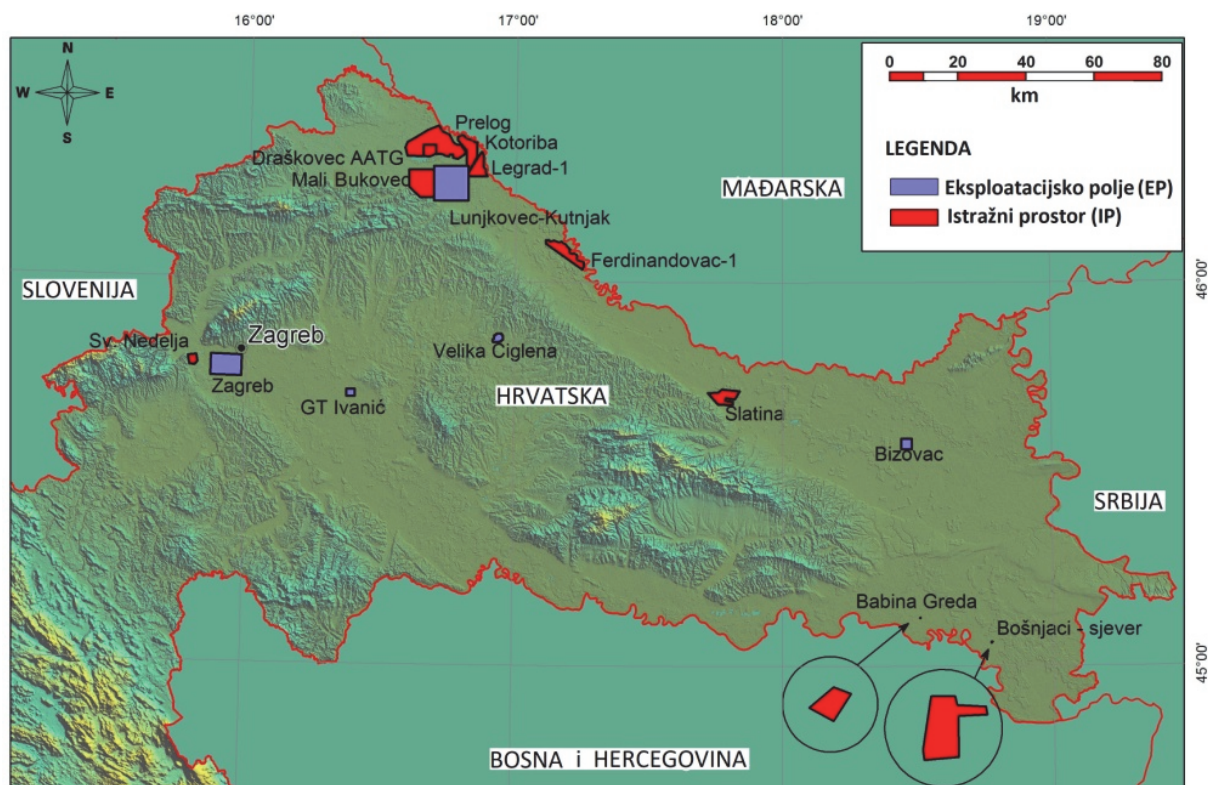
Trans-granično porozno geotermalno DVT Dravskih terciarnih bazenu - HR / HU\_pt. 3. 1 obuhvaća glavne dijelove ovih bazena s nizom hidrodinamsko odvojenih pjenih terciarnih bazenu - HR / HU\_pt. 3. 1 obuhvaonekad na vrlo dubokim dijelovima sredioznim njih izolirajutermaalna lee Dugim riječima, saznanja o ovim važnim dubokim tijelima postepeno se proširuju i prekogranična suradnja te je time još važnija i korisnija za sve sudionike.



**Slika 1. Duboka vodna tijela (DVT) od kojih su neka trans-graničnog karaktera duž Hrvatsko Mađarske granice. Legenda: 1. Puna linija ograničava „porozna“ DVT, 2. Siva boja označava „krška“ DVT (prema: Kolbah 2010)**

### 3. ATRAKTIVNOST POČETNIH KVANTITATIVNIH POKAZATELJA

Korištenje geotermalnih izvora i upotrebljivih bušotina - ostavština naftne industrije (Slika 2 i Tablica 1) je katastrofalno loše. Primjerice, od dokazanih potencijala Topuskog koristi se 15- 30% s vrlo malim iskorištenjem. Istodobno, 8 puta manji potencijal Bošnjaka zadovoljava 4 ha plastenika (Slika 7) ili od stotinjak za korištenje geotermalne energije izrađenih ili pripremljenih bušotina radi 5 s minimalnim iskorištenjem.



Slika 2. Poznati izvori geotermalnih voda, u toplicama i dubokim bušotinama.  
 Legenda: Pridobive temperature geotermalne vode (prema: Živković et al. 2015)

Tablica 1. Osnovni potencijal toplica i bušotina u RH (prema: Živković et al. 2015)

Lokalitet	Naziv bušotine /toplica	Vrsta uporabe	Dotok [kg/s]	Temperatura vode na ušću bušotine
Velika (Požega)		B	35,0	25,0
Sveta Jana (Jastrebarsko)	SvJ - 1	B	53,0	26,0
Livade (Istarske toplice)		B	2,0	28,0
Šmidhen (Samobor)	Sa - 2	B	19,7	29,2
Lešće	Lsc - 1	B	6,2	30,7
Tuhelj	Tuh - 1	B	85,0	32,9
Sutinske toplice (Zlatar)	Sut - 3	B	80,0	33,8
Jezerčica (G. Stubica)	Jez - 1	B	10,0	38,4
Zelina	Ze - 1	B	30,0	40,0
Krapinske toplice	KrT - 1	HB	81,6	40,7
Daruvarske toplice		B	21,0	42,6
Stubičke toplice		HB	95,0	53,4
Varaždinske toplice		HB	95,0	57,6
Lipik		HB	23,0	58,7
Topusko	TEB - 4	HB	151,0	66,6
Vrtnjakovec (Krapinske t)	Vrt - 1	G	10,0	45,0
Lučko (GTP Zagreb)	Luč - 1	H	2,0	50,0
Naftalan (GTP Ivanić Grad)	Iva - 2	B	3,0	60,0
Sveta Nedjelja	N- 1	G	25,0	63,0
Bošnjaci	Boš - 1	G	20,0	65,0
Mladost (GTP Zagreb)	Mla - 3	HB	12,0	80,0
Sveuč. bol. (GTP Zagreb)	SBNZ - 1B	H	65,0	80,0
Bizovac (GTP Bizovac)	Biz - 4	HB	6,0	85,0

**VRSTA UPORABE**  
 H = Grijanje prostora  
 B = Balneologija Kupanje  
 G = Staklenici Toplinarstvo

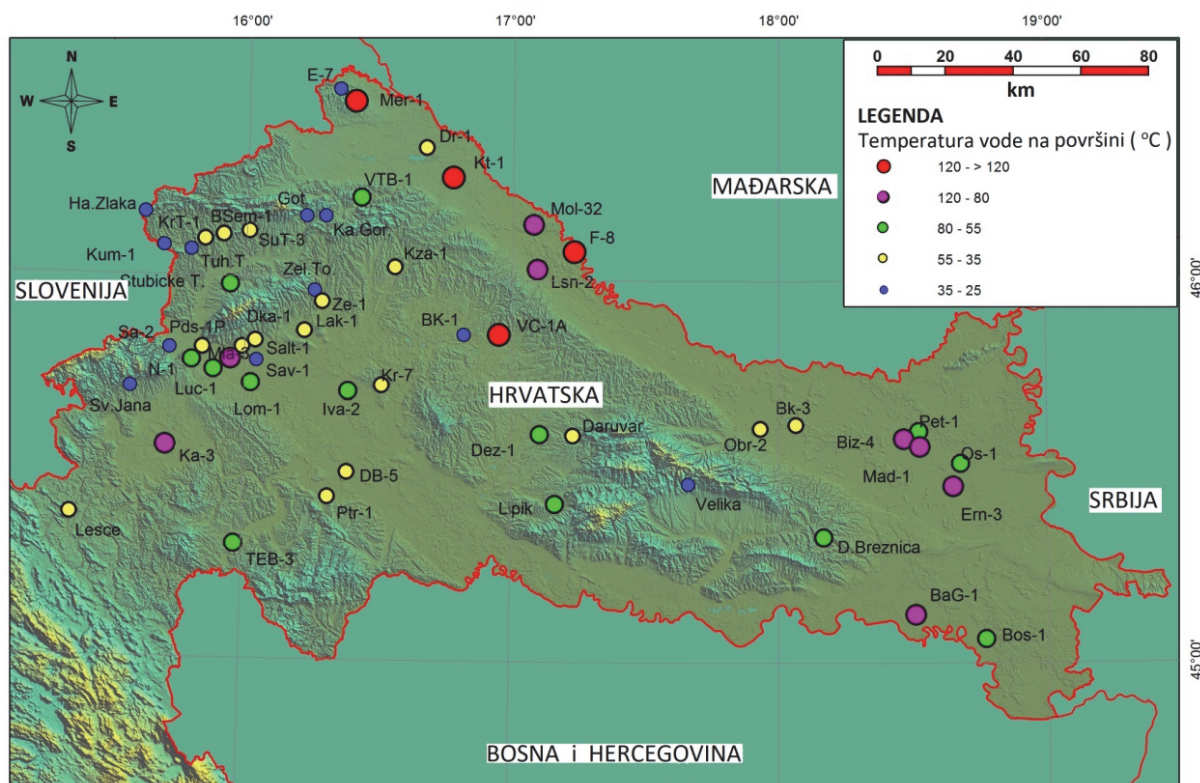
Tablica 2. Eksploatacijska geotermalna polja u RH (nadopunjeno: Živković et al. 2015)

DODJELJENA GEOTERMALNA POLJA - EP	BROJ BUŠOTINA	OVLAŠTENICI GEOTERMALNIH POLJA
GTP ZAGREB	3	GPC. Instrumentation process d.o.o.
GTP BIZOVAC	2	INA d.d.
GTP IVANIĆ	0	INA d.d.
GTP KUTNJAK - LUNJKOVEC	2	MB GEOTHERMAL d.o.o.
GTP VELIKA CIGLENA	4	MB GEOTHERMAL d.o.o.
GTP DRAŠKOVEC	2	AAT GEOTHERMAED d. o. o.

Tablica 3. Osnovni potencijal toplica i bušotina u RH (prema: Živković et al. 2015)

ODOBRENI ISTRAŽNI PROSTOR - IP	OVLAŠTENICI
BOŠNJACI - SJEVER	RURIS d.o.o.
BABINA GREDA	RH
FERDINANDOVAC - 1	MB GEOTHERMAL d.o.o.
LEGRAD - 1	MB GEOTHERMAL d.o.o.
MALI BUKOVEC	RH
KOTORIBA	MB GEOTHERMAL d.o.o.
PODRAVSKA SLATINA	RH.
PRELOG	RH
SVETA NEDJELJA	PLODOVI d.o.o.

Da se ipak nešto kreće svjedoče aktivnosti na desetak odobrenih istražno-proizvodnih geotermalnih polja (Tablica 1, Tablica 2 i Tablica 3) ali i ulaganja kojim bi se nakon toliko godina nezainteresiranosti „razbio led“ i omogućila proizvodnja električne energije u Hrvatskoj. To se očekuje na geotermalnom polju za proizvodnju struje Velika Ciglena (Slika 4.), koje je otkrila INA 1990 godine i razradila s gotovo 80% podzemnih rudarstvo ulaganja (4 bušotine, 2 ispitane).

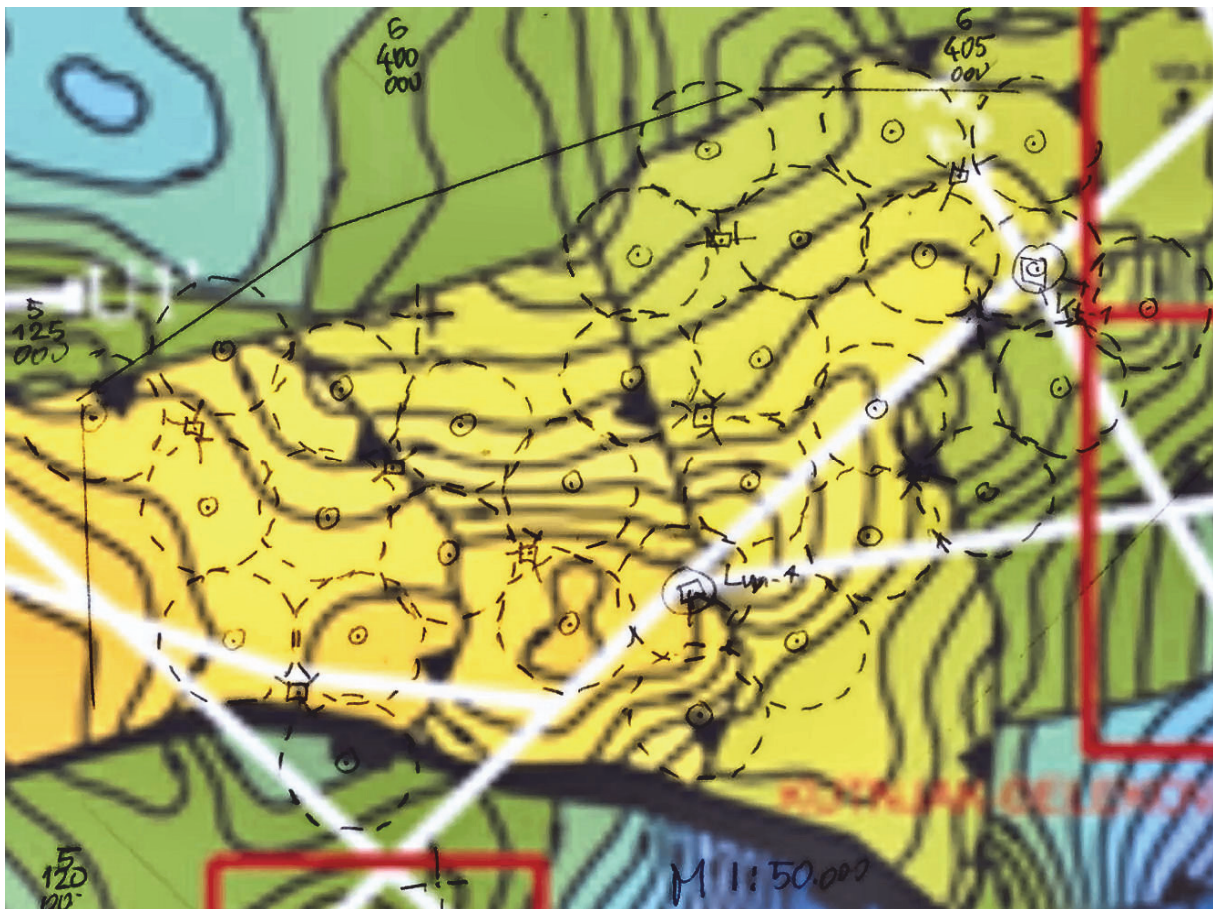


Slika 3. Dodijeljena geotermalna polja - (EP) i odobreni istražni prostori (IP) (prema: Živković et al. 2015).



**Slika 4. Proizvodno ispitivanje MB Geothermal-a na geotermalnom polju Velika Ciglena 2015.**

Za proizvodnju struje na EP<sub>i</sub>: Lunjkovec–Kutnjak i IP: Mali Bukovec, Legrad-1, Kotoriba i Ferdinandovac–1, konzervativnom procjenom očekujemo daljnjih 100 MW<sub>e</sub> instalirane snage ili gotovo 2,5% postojećih elektrana u Hrvatskoj odnosno 29% nuklearne elektrane Krško. Tu se suvremenim tehnologijama može ekonomično proizvoditi struju iz geotermalne vode s prosječnim dotokom 100 l/sec i temperaturom >140 °C, odnosno na izlazu 80 °C koja u kogeneraciji daje 500 MW<sub>t</sub> za toplinarstvo.



**Slika 5. Shema podzemne razrade na primjeru djela EP<sub>i</sub> Lunjkovec-Kutnjak.**

**Legenda: 1. crtkani krugovi - drenažni radijusi u ležištu, 2. kvadratići - zajednički površinski položaj ušća usmjerenih bušotina (grmovi)**

Na eksploatacijskom polju u istraživanju (EP<sub>i</sub>) Lunjkovec-Kutnjak kao i na 4 istražna prostora (IP), prema geološkim, geotermalnim i hidrodinamskim značajkama predviđena su podzemna razradna ležišta (**Slika 4**) kao osnova matrice ukupnih parametara proračuna. Ovom relativno detaljnom, cjelovitom, ali i konzervativnom procjenom korišteno je 8-16 proizvodnih parova na pojedinom EP<sub>i</sub> /IP ili ukupno pedesetak kao ključni element racionalnog rudarenja i ulaganja.

Kvalitativna vrijednost električne energije iz geotermalnih izvora u usporedbi s porastom udjela vjetroelektrana, koje višestruko premašuje našu procjenu, ni izdaleka nije tako vrijedan obnovljivi energent. Geotermalne centrale nemaju potrebe za vrlo brzo uključive „back-up“ elektranama (plinske), pri hirovitim prestancima puhanja vjetra ili sličnim nepogodama. Kao i kod nuklearki, nakon zahtjevnih inicijalnih ulaganja, mogu imati vrlo stabilan režim rada uz niske troškove održavanja, ali bez zbrinjavanja nuklearnog otpada. Koriste ekološki čistu i obnovljivu energiju i stabilne su na geostrateške, financijske i političke udarce.



**Slika 6. Hidrodinamsko ispitivanje na lokaciji buduće geotermalne-elektreane Draškovec**

Za razliku od termo-elektreana koje emitiraju „stakleničke plinove“ i ostala-onečišćenja ovdje to izostaje. Kako ova postrojenja nužno vraćaju korištene geotermalne vode u ležište, mogu zbrinjavati i stakleničke plinove iz tuđih izvora. Jedan takav projekt upravo se realizira na EP geotermalne vode „Draškovec“ gdje se planira izgradnja geotermalne elektreane (**Slika 6**).



**Slika 7. Od 1ha staklenika bušotinom Boš-1 omogućen je razvoj na >4ha i povećana konkurentnost na tržištu.**

**Legenda: 1. lijevo: nadzemni uređaj bušotine, separator prirodnog-plina i izmjenjivač topline, 2. u sredini i desno: staklenici s gradilištem narednog.**

Za razliku od proizvodnje struje, koja privlači kapital, direktna upotreba topline zahtjeva znatno niža ulaganja, zahvaljujući relativno maloj dubini bušenja (<1500 m) a geološko-financijski rizik se često smanjuje zbog mogućeg usporednog pridobivanja ne-konvecionalnih resursa prirodnog plina. Rizik otkrivanja i izgradnje elektreana i toplinarstva, moguće je bitno smanjiti iskustvom intenzivnog istraživanja i proizvodnje ugljikovodika, geološko-geofizičkih radova i >4000 bušotina s brojnim ispitivanjima na razmatranim prostorima Hrvatske.

Analizom relativno malog uzorka na 500 lokacija, očekujemo instalaciju toplinske snage od 750 - 1300 MW<sub>t</sub>, što bi u ogrjevnoj-sezoni zamijenilo 300 – 650 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> prirodnog-plina godišnje.

Nekonvencionalni resursi prirodnog plina otopljenog u vodi (aquifer-gas / Water-Dissolved-Gas - WDG) koji pridobivamo usporedno s geotermalnom vodom, na Bošnjacima, Draškovcu (**Slika 6** i **Slika 7**) i mnogim drugim lokacijama, prema svjetskim i našim istraživanjima, smatraju se većim od rezervi konvencionalnih ležišta (**Tablica 4**). Od ukupnog broja lokacija za toplinarstvo, izdvojeno je 400 objekata iz kojih po konzervativnoj procjeni očekujemo >160 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> prirodnog plina ili >5% godišnje potrošnje u Hrvatskoj.

Tablica 4: Svjetske rezerve i resursi plina po vrstama, krajem 2008. ( $10^{12}$  m<sup>3</sup>)

Vrsta prirodnih plinova	Rezerve $10^{12}$ m <sup>3</sup>	Resursi $10^{12}$ m <sup>3</sup>	Ukupno $10^{12}$ m <sup>3</sup>
Konvencionalni prirodni plin	188	239	427
Nekonvencionalni prirodni plin	5	2 720	2 725
- Plin iz plinskih škriljevaca		456	456
- Plin iz ostalih gustih fm.	3	210	213
- Metan iz ležišta ugljena	2	254	256
- Otopljeni plin u vodi		800	800
- Plin iz metanskih hidrata		1 000	1 000

Izvor: DIW Berlin 2010

#### 4. ZAKLJUČAK

Da bi uputili na postojanje i važnost energetskog resursa geotermalne vode za proizvodnju električne struje i direktno korištenje - topline u Hrvatskoj, vrlo konzervativnom kvantifikacijom, ograničenom na utvrđene i najbolje poznate objekte, predviđen je vrlo ozbiljan udio u energetskoj bilanci zemlje. Već to bi omogućilo ozbiljniju i pouzdaniju supstituciju, električne struje sa 100 MWe instalirane snage, 1/3 hrvatskog dijela kapaciteta struje NE-Krško i u toplinarstvu koja ide prema trećini godišnje potrošnje prirodnog plina (2014.). Za proširenje ovog djela pouzdanije ali i konzervativno procijenjenog dijela energetskog potencijala geotermalne vode nužna je odgovarajuća analiza geološke građe i ostalih bitnih značajki geotermalnih dubokih vodnih tijela uz maksimalno korištenje saznanja geološko-geofizičkih i ostalih radova posebno na dubokim bušotinama za istraživanje i proizvodnju nafte i plina.

Kao dva glavna elementa promjene danas nepovoljnog trenda u korištenju ovog nacionalnog resursa, vidimo kao potrebu:

- smanjenja ekonomskog rizika ulaganja u ove projekte i
  - maksimalno skraćenje administrativnih prepreka ulagačima,
- kako bi što prije iz ostvarenih prihoda mogli početi povrat vrlo visokih ulaganja na samom početku projekta u
- -geološko-geofizičke i geotermalno-hidrodinamske studije
  - -razradu ležišta dubokim bušenjem te izgradnju nadzemnih uređaja.

Sama geotermalna proizvodnja je vrlo je stabilna s niskim direktnim troškovima.

Kao vrlo mladoj i složenoj industrijskoj grani neophodna je interdisciplinarna suradnja s još uvijek prisutnim stručnjacima iz „Naftne“ industrije ali i potreba vrlo kritičnih provjera svih ključnih postavki na domaćem nivou i suočenja s svjetskim iskustvima.

#### 5. LITERATURA

GRUPA autora 1998: Geoen - Program korištenja geotermalne energije - prethodni rezultati i ,buduće aktivnosti, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb.

Dragašević T, Andrić B (1982): Information on the results of examination of earth crust composition by application of the DSS method in Yugoslavia, In Proceeding of the Yugoslav Geophysical Congress, 27-38, Skoplje.

Hurtig E (1992): Geothermal atlas of Europe, Hermann Haach Verl.mbH, Gotha, Germany.

Kolbah S (2010): Deep Transboundary Water-Bodies: Exploration & Management in the Pannonian Basin of the Republic of Croatia, ISARM2010 International Conference, 6-8 December 2010, Paris.

Mohorovičić A (1910): Das bebenvon 8. X 1909, Jaresbuch des meteorogischen observatorium in Agram, 9 (4), 1-56, Zagreb.

Šumanovac F, Orešković J, Grad M & ALP (2002): Working Group 2009: Crustal structure at the contact of the Dinarides and Pannonian basin based on 2-D seismic and gravity interpretation of the Alp 07 profile in the ALP 2002 experiment, Geophys. J. Int., 179, 615-633.

Worldwide gas reserves and (assumed) resources by type, at the end of 2008, DIW (Deutsches Institut for Wirtschaftsforschung), Berlin. 2010.

Živković S, Kolbah S, Golub M, Škrlec M (2015): Croatia Geothermal Resources Updates 2015 and On, Proceedings, WGC 2015, Melbourne, Australia.