

# Mogućnosti i potencijal geotermalnih voda u funkciji gospodarskog razvoja Varaždinske županije

## Potentials of geothermal water in economic development of the Varaždin county

doc. dr. sc. Darko Pavlović  
Plinacro d.o.o.  
[darko.pavlovic@plinacro.hr](mailto:darko.pavlovic@plinacro.hr)

Melita Srpak  
Varaždinska županija, Zavod za prostorno uređenje  
[melita.srpak@gmail.com](mailto:melita.srpak@gmail.com)



**Ključne riječi:** mineralne sirovine, geotermalni izvori, termalni izvori, geotermalna energija

**Key words:** mineral raw materials, geothermal sources, thermal springs, geothermal energy

### Sažetak

Potencijal obnovljivih izvora energije u Varaždinskoj županiji predstavlja integralnu analizu prirodnog potencijala svih oblika obnovljivih izvora energije – energije Sunca, biomase, vjetra, vodotoka i geotermalnih izvora. Korištenje potencijalnosti ovih obnovljivih izvora energije treba kontinuirano pratiti s obzirom na očekivani gospodarski razvitak i učinke koji se time mogu postići uvažavajući podatak da su geotermalni gradijenti hrvatskog prostora znatno viši od europskog prosjeka. Zahvaljujući svome smještaju u području južnog dijela Panonskog bazena u Varaždinskoj županiji postoji značajan potencijal geotermalne energije koji je uvjetovan geološkim karakteristikama ovog područja. Brojni rasjedi koji presijecaju geološke strukture razlog su pojava mineralnih

i termalnih izvora u Varaždinskoj županiji. Cilj ovog rada jest prikazati spektar primjene mineralnih sirovina geotermalnih voda koji bi mogao biti znatno širi nego što je do sada utvrđeno. Kako korištenje geotermalne energije ima brojne prednosti u kontekstu održivog energetskeg razvoja pri čemu se može ostvariti multiplikacijski učinak na gospodarstvo Republike Hrvatske, tako bi za područje Varaždinske županije trebalo izvršiti regionalna istraživanja s ciljem izdvajanja perspektivnih područja s najkvalitetnijom sirovinom, kao i ispitivanja mogućnosti njihove primjene kao osnove za održiv razvoj Županije.

### Abstract

The potential of renewable energy sources in Varaždin County is an integral analysis of the natural potential of all forms of renewable energy sources – solar energy, biomass, wind, watercourses and geothermal sources.

The use of the potentiality of these renewable energy sources needs to be continuously monitored in view of

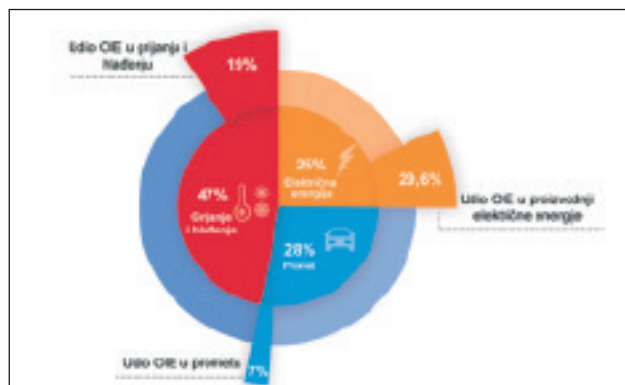
the expected economic development and the effects that can be achieved by taking into account that the geothermal gradients of the Croatian area is considerably higher than the European average. Due to its location in the area of the southern part of the Pannonian Basin in the County of Varaždin, there is a significant potential of geothermal energy, which is conditioned by the geological characteristics of this area.

Numerous faults that intersect geological structures are the reason for the occurrence of mineral and thermal springs in the County of Varaždin.

The aim of this paper is to present a spectrum of application of mineral resources of geothermal waters that could be much wider than has been determined so far. As the use of geothermal energy has numerous advantages in the context of sustainable energy development, which can have a multiplier effect on the economy of the Republic of Croatia, regional research should be carried out for the area of Varaždin County in order to identify promising areas with the highest quality raw materials, as well as to examine the possibilities of their application as the basis for the County's sustainable development.

## 1. Uvod

Vode su opće dobro i imaju osobitu zaštitu Republike Hrvatske. Pravni status voda, vodnog dobra i vodnih građevina te upravljanje kakvoćom i količinom voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, melioracijske odvodnje i navodnjavanja, djelatnosti javne vodoopskrbe i odvodnje te druga pitanja vezana za vode i vodno dobro uređeni su strateškim dokumentima (Strategija upravljanja vodama, Plan upravljanja vodnim područjima, programi) i zakonima donesenim na temelju njih: Zakon o vodama (NN 66/19) i Zakon o financiranju vodnoga gospodarstva (NN 153/09, 56/13 i 154/14). Vodnim gospodarstvom, prema tim zakonima obuhvaćene su sve djelatnosti vezane za podzemne i površinske vode, uz iznimku mineralnih i termalnih voda u kontekstu njihove eksploatacije kao mineralnih sirovina. Ugljikovodici, geotermalne vode, geološke strukture pogodne za skladištenje prirodnog plina i trajno zbrinjavanje ugljikova dioksida su također dobra od interesa za Republiku Hrvatsku i imaju njezinu osobitu zaštitu te se iskorištavaju pod uvjetima i na način koji je propisan Zakonom o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika (NN 52/18, 52/19). Zadnjih nekoliko desetljeća velika pozornost je usmjerena prvo na hidroenergiju i biomasu te zatim na energiju vjetra



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

i Sunca što se može smatrati logičnim s obzirom na potencijal, kao i zrelost te cijenu tehnologije.

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 (Tumara & Pavlović, 2019).

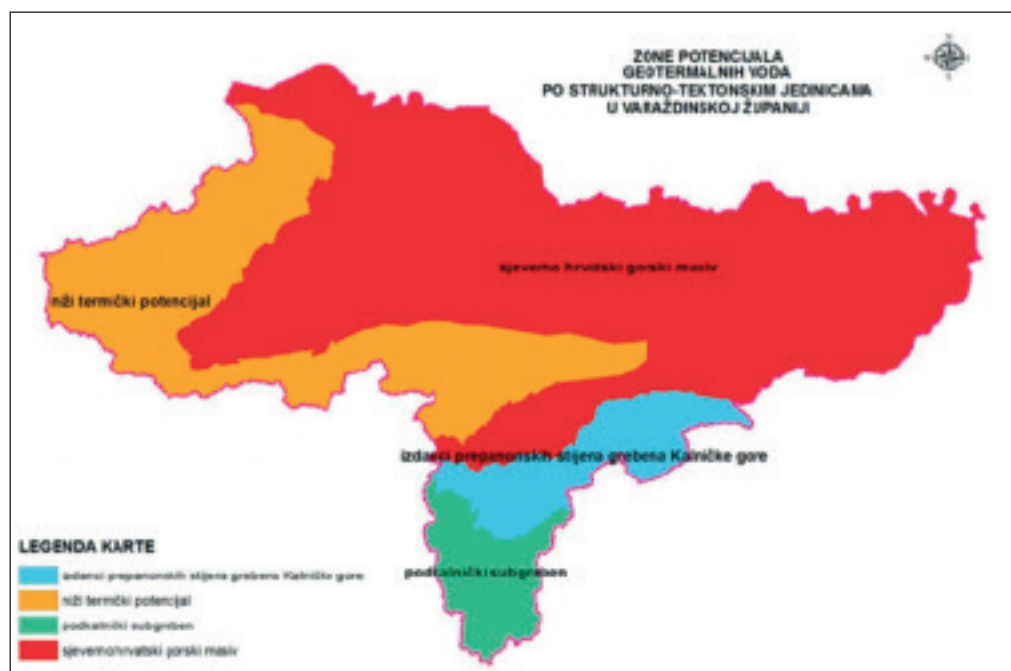
Prema podacima International Renewable Energy Agency (IRENA), obnovljivi izvori energije čine oko 18,2% u ukupnoj svjetskoj potrošnji energije, pritom na „moderne“ obnovljive izvore energije otpada 10,4%, od čega geotermalna energija čini samo 0,15% (IRENA, 2018).

No, ako se uspoređi potencijal i dosadašnje korištenje potencijalnih obnovljivih izvora energije, tada je pri analizi za područje Varaždinske županije neophodno u obzir uzeti i geotermalnu energiju. U tom kontekstu, panonski dio Republike Hrvatske posjeduje značajan geotermalni potencijal koji je prilično zapostavljen.

Osnovni zakonski okvir upotpunjen je paketom energetske zakona i propisa vezanih uz pojedine energente odnosno izvore energije (plin, nafta, električna energija, obnovljivi izvori energije) te energetske učinkovitost, a pojedini sektori i nositelji djelatnosti donijeli su svoje planove razvoja. Na razvoj energetske politike u Hrvatskoj utjecao je i proces pristupanja EU-u te su ciljevi energetske politike usklađeni sa strateškim ciljevima EU-a u odnosu na: sigurnost opskrbe energijom, konkurentnost energetske politike i održivost energetske politike, odnosno gospodarskog razvoja. Za ostvarenje tih ključnih ciljeva nužna je u osnovi izgradnja novih i/ili rekonstrukcija postojećih proizvodnih, dobavnih, prijenosnih i skladišnih kapaciteta te povećanje energetske učinkovitosti i udjela obnovljivih izvora energije.

Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske iz 2017. godine, navodi da je Republika Hrvatska postavila





Slika 2. Prikaz prostiranja strukturno-tektonskih jedinica s nosiocima geotermalne vode u Varaždinskoj županiji (prema Rudarsko-geološka studija Varaždinske županije, 2016.)

Uvidom i analizom Rudarsko-geološke studije Varaždinske županije iz 2016. godine, možemo zaključiti da je ukupni geološki potencijal energetske mineralne sirovine hidro-geotermalnih ležišta, visoke i niske entalpije utvrđen na gotovo cijelom prostoru Varaždinske županije i kao takav u cijelosti interesantan za istraživanje i korištenje.

## 2. Potencijalnost geotermalne vode Varaždinske županije

Potencijalnost geotermalne vode u Varaždinskoj županiji je vezana za strukturno tektonske jedinice koje su nosioci geotermalne vode. Geološki potencijal geotermalnih voda možemo proglasiti za prostor cijele županije, ali on nije svakako istog potencijala.

Na slici 2. su prikazane strukturno-tektonske jedinice „Sjeverno hrvatski gorski masiv“ (kao zona višeg reda potencijalnost geotermalne vode) za razliku od podkarlićkog grebena i izdanka panonskih stijena grebena Kalničke gore (koji su nosioci nižeg potencijala geotermalne vode). U smislu korištenja voda razlikujemo dva osnovna tipa ležišta s visokom i niskom entalpijom vode. Ležišta s visokom entalpijom primjenom suvremenih tehnologija na ekonomičan način mogu se koristiti za proizvodnju električne struje. Karakteriziraju ga dotoci od 100 l/s i temperature preko 120°C. U Hrvatskoj su danas u korištenju ležišta niske entalpije s dotocima između 10-20 l/s i s temperaturama preko 60°C. U Varaždinskoj županiji imamo visoko entalpijsko hidro-geotermalno polje, utvrđeno

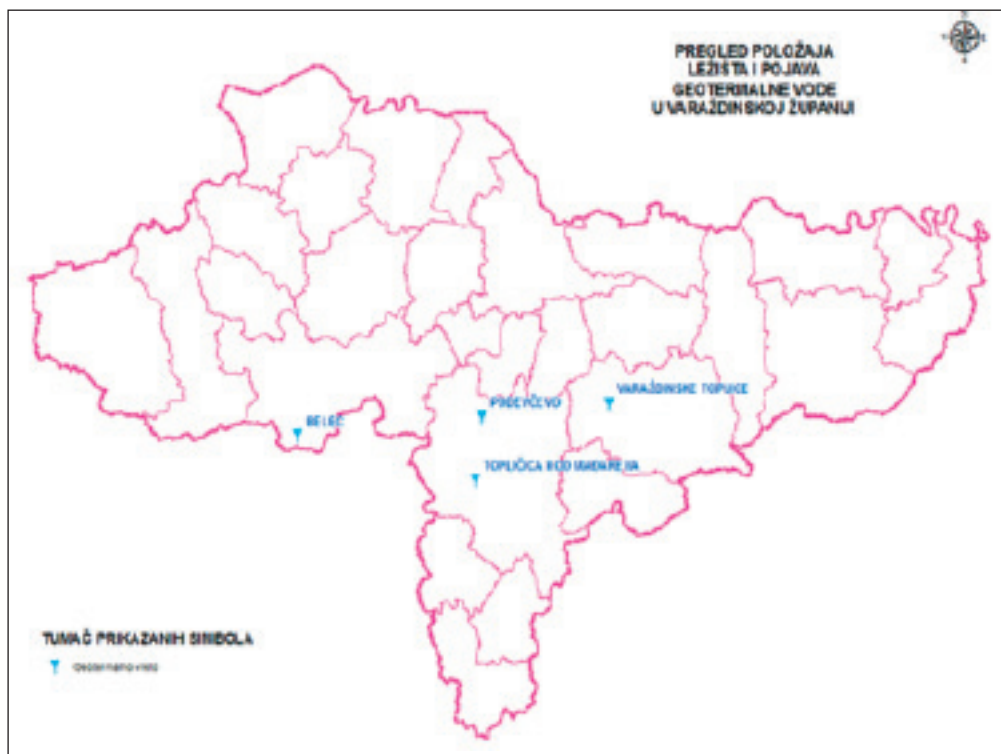
u dodatnom istraživanju „Lunjkovec – Kutnjak“ u masivnom karbonatnom ležištu strukture Legradski prag. (Rudarsko-geološka studija Varaždinske županije „Službeni vjesnik Varaždinske županije“ br. 29/16).

S obzirom na prosječnu temperaturu vode postoji nekoliko klasifikacija geotermalnih voda. Temperatura geotermalnih voda je viša od srednje godišnje temperature bliže okolice izvora, ali kao kriterij uzima se temperatura viša od 20°C (Miholić, 1952): hipotermne za vode od 20 do 24°C; homeotermne za vode od 24 do 38°C; hipertermne za vode veće od 38°C. Klasifikacija prema Vouku (1916): hipotermalna (hladna do 18°C); hiarotermalna (mlaka od 18 do 30°C); eutermalna (topla od 30 do 40°C); akrotermalna (vruća od 40 do 60°C); hipertermalna (kipuća od 60 do 80°C). Klasifikacija prema Kovačiću i Perici (1998): subtermalne od 13 do 20°C; hipotermalne od 20 do 30°C; homeotermalne od 30 do 38°C; hipertermalne više od 38°C.

## 3. Izvori geotermalne vode Varaždinske županije

Značajka energije geotermalnih voda je obnovljivost, odnosno to su „obnovljivi“ izvori energije. Geotermalna energija je, prema današnjim shvaćanjima, ekološki vrlo prihvatljiv izvor energije. Ne može se reći da je to alternativni izvor jer ti potencijali ne predstavljaju alternativu, ali su dobrodošli kao dopunski izvori na temelju kojih se mogu razviti različiti gospodarski sadržaji.





Slika 3. Pregledna karta ležišta i pojave geotermalne vode na području Varaždinske županije (prema Rudarsko – geološka studija Varaždinske županije, 2016)

Na području Varaždinske županije postoji nekoliko izvora geotermalnih voda. Izvor u Varaždinskim Toplicama koristi se u terapeutske svrhe i osnova je razvoja grada (lječilišno rekreativni turizam), što treba i dalje njegovati. Izvor u Topličici prirodni je resurs koji se već koristio u rekreacijske svrhe (napušteni bazeni i ugostiteljske građevine), ali može postati okosnicom razvoja lokalne sredine uz iznalaženje odgovarajućeg programa i sredstava.

Povoljni rezultati istraživanja geotermalne vode na lokaciji Lunjkovec (a i širem području Ludbrega) ukazuju na mogućnost da se dio razvoja tog kraja



Slika 4. Varaždinske toplice – termalni izvori uz Rimske iskopine (Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske, Šimunić, 2008.).

može zasnivati na tom resursu: proizvodnja električne i toplinske energije, razvoj lječilišno-rekreativnog turizma, širenje tercijarnog sektora, a samim time i razvoj drugih gospodarskih grana (Prostorni plan Varaždinske županije („Službeni vjesnik Varaždinske županije“ br. 8/00., 29/06. i 16/09.).

Na slici 3. prikazan je prostorni razmještaj geotermalne vode Varaždinske županije s vrstom mineralne sirovine, tipom pojavljivanja te općinom ili gradom (JLS) kojoj pripada ležište ili pojava.

### Varaždinske Toplice

U Varaždinskoj županiji postoji nekoliko prirodnih izvora termalne vode od kojih je najpoznatiji Klokoč (Slika 4) u Varaždinskim Toplicama koji se koristi u balneološke svrhe sve do danas.

Taj termo-mineralni izvor u Varaždinskim Toplicama nalazi se u naslagama donjeg miocena koje leže transgresivno na starijim sedimentima. Izvor termalne vode nalazi se u tjemenu antiklinale čiju jezgru čine trijaski dolomiti. Sabirno područje ovih voda predstavlja područje Ivanščice, otkud podzemnim putovima dolaze do Varaždinskih Toplica, gdje se zbog tlaka uzdižu prema površini. (A Šimunić, Zagreb, 2008).

Temperatura vode termo-mineralnog izvora iznosi 57,6°C, a u vodi je prisutna značajna količina sumpora. Kapacitet izvora iznosi 35 l/sek. Od 1962. godine termalna se voda dobiva iz dviju bušotina, dubine od

45 do 55 m, u blizini glavnog izvora. Termalna voda je temperature 58°C, uz kapacitet bušotine od 100 l/sek. Za vraćanje viška vode u podzemlje 2000. godine izbušena je „upojna bušotina“ (Potencijal obnovljivih izvora energije, 2012. godina).

Na temelju velikih količina istaložene sedre (30-40 m) te fosilnih ostataka nađenih u sedrenoj spilji izvori u Varaždinskim Toplicama spadaju među najstarija termalna vrela u panonskom dijelu Republike Hrvatske (Šimunić, 1988).

Kasnije, se na temelju izotopa  $^{14}\text{C}$  utvrđivala starost termalne vode u Varaždinskim Toplicama. Usprkos brojnim analizama, u sedri i u termalnoj vodi nije pronađen izotop  $^{14}\text{C}$ . (Horvatinčići et al 1990). Za rješavanje podrijetla termalne vode važna je i spoznaja navedenih autora da u staroj sedri ima puno više soli nego u današnjoj termalnoj vodi. Prema tome je i „starija“ termalna voda morala imati više soli nego današnja. Znači da je prvo vrijeme na termalnim izvorima u Varaždinskim Toplicama prevladavala „fosilna voda“ koja je „ušla“ u podzemlje prilikom marinske transgresije u gornjem badenu ili je zaostala u sedimentima Panonskog mora. Prema tome, starost jednog dijela termalne vode može biti oko 14,5 milijuna godina. Nakon što su početkom pleistocena erozijom otvoreni dolomiti na padinama Kalnika i Ivanščice, stvoreni su uvjeti za akumulaciju oborinskih voda. Ona je mogla ući u cirkulaciju po „ukliještenom vodonosniku“ tek kada je iz njega istekla starija voda (Šimunić, 1988). Zbog toga je u Varaždinskim Toplicama prvo izvirala jako slana („naftna voda“), a sada izvire miješana voda. Taj proces još uvijek nije potpuno završen jer termalni izvor u Varaždinskim Toplicama ima dvostruko veću mineralizaciju od svih toplica u Hrvatskom zagorju.

Prvi korisnici termalne vode u Varaždinskim Toplicama su shvatili važnost zaštite termalnih vrela od „kopanja i vrtanja“ u okolici izvora, te su angažirali T. Kocha da odredi zaštitne zone. Na temelju proučavanja šire okolice termalnih izvora određene su zaštitne zone. Prva vanjska zona obuhvaćala je cijeli grad i bliža naselja, površine oko 5 km<sup>2</sup>, dok je uža zona štitila krug promjera 300 m oko svakog termalnog izvora. U unutarnjim zonama bili su dozvoljeni iskopi do 3 m, a u vanjskoj do 12,5 m dubine. Prilikom usvajanja zaštitnih zona bilo je problema jer su vlasnici zemljišta teško prihvatili sve nametnute zabrane. U prvo vrijeme zone su striktno poštovane, što je vidljivo iz prepiske tadašnjih korisnika i Ministarstva rudarstva, u kojem se tražilo odobrenje za izgradnju zdenca za pitku vodu (Koch, 1891).



Slika 5. Aktualna „sumporna kupelj“ u hotelu Minerva, sumporna termo-mineralna voda (foto: Kušen, E., 2008.)

Tijekom 1962. godine, ponovno su određene zaštitne zone za sve toplice sjeverne Hrvatske. U granicama šire zone bilo je dopušteno: otvaranje kamenoloma i upotreba „uobičajenih eksploziva i slabijeg punjenja mina“; iskop i produljivanje zdenaca; sve vrste zemljanih radova manjih dubina u građevinske svrhe i dr. U užoj zoni, dužine 1500-2000 m i širine 200-350 m, zabranjeni su: svi iskopi dublji od statičkog nivoa termalnog izvora; otvaranje kamenoloma ili pozajmišta materijala; upotreba eksploziva, usporavanje protoka površinske i podzemne vode; isušivanje terena oko izvora drenažom; znatnija snižavanja razine termalne vode, a zabranjuju se i svi radovi koji bi mogli dovesti do neposrednih i posrednih zagađenja termalne vode (Bać i Herak, 1962).

Poznavajući geološku građu šire okolice Varaždinskih toplica, te korelaciju s bušotinama Šimunić (1988) je istraživanjem voda na području Hrvatskog zagorja pretpostavio da se nakupljanje termalne vode odvija na sjevernim padinama Kalničkog gorja i na istočnim padinama Ivanščice. Najmlađe magmatske stijene u bližoj okolici Varaždinskih toplica su starije od 14,5 milijuna godina (Šimunić 1988), a budući da su odavno ohlađene u današnje vrijeme ne mogu generirati plinove i pare koji bi zagrijavali termalnu vodu. Spomenuti autori nisu ni slutili da će oko 500 metara južno od glavnog izvora biti nabušene vulkanske stijene andeziti u kojima ni do 605 m dubine neće biti termalne vode (Dumičić, 1988).



Slika 6. Specijalna bolnica za medicinsku rehabilitaciju Varaždinske toplice (preuzeto s [www.zmvt.com.hr/varazdinske-toplice/](http://www.zmvt.com.hr/varazdinske-toplice/) pristupljeno 07.003.2020.)

Na temelju kemijskih analiza Horvatinčić i dr. (1990) istraživali su podrijetlo i starost geotermalnih voda i travertina na području Varaždinskih Toplica. Dokazali su da je najstarija termalna voda iz koje je nastao prvi travertin, bila slanija od današnje i da je voda koja danas izvire starija od 40 000 godina.

Voda na termalnom izvoru Varaždinskih Toplica bogata je sumporom koji se u obliku sitnih blijedožutih druža luči na stjenkama dovodnih kanala iz terena bogatim sumporovodikom. Sumpor nema neku praktičnu vrijednost, već je interesantan kao mineralna pojava. Treba naglasiti i važnost korištenja sumporne termo-mineralne vode u Varaždinskim Toplicama koja osim zdravstvenih prelazi županijske i državne okvire. Na izvoru Klokota izvire sumporna termo-mineralna voda (temperature 56,5-57,5 °C) čija je izdašnost 20-ak

l/s. U kadu dolazi izravno iz izvora, a njena se temperatura regulira na slavini iznad kade (Slika 5).

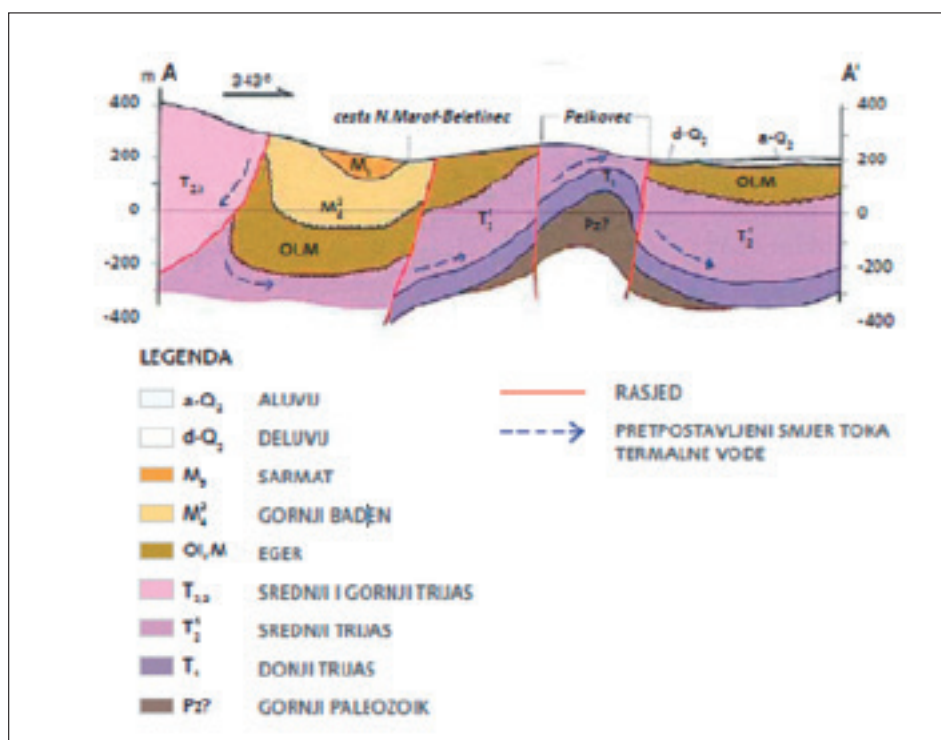
Povijesna medicinska važnost geotermalnog sustava Varaždinskih toplica nastavila se i do današnjih dana kroz djelatnost Specijalne bolnice za medicinsku rehabilitaciju. Sumporno termo-mineralnom vodom Varaždinskih Toplica (Slika 6).

### Podevčevo

U Podevčevu, u podnožju Ivanščice uz brojne hladne nalaze se i dva subtermalna izvora s temperaturom vode između 16,3° i 19°C, iz čega se može zaključiti da na izvore djeluje i oborinska voda. Oba izvora subtermalne vode nalazi se južno od Podevčeva, na istočnoj strani ceste Remetinec – Podevčevo. Termalni izvori u Podevčevu prvi puta su spomenuti u tumaču „Osnovne geološke karte“, lista Varaždin, gdje se navodi temperatura vode od 16,2° C (Šimunić et al.,1988).

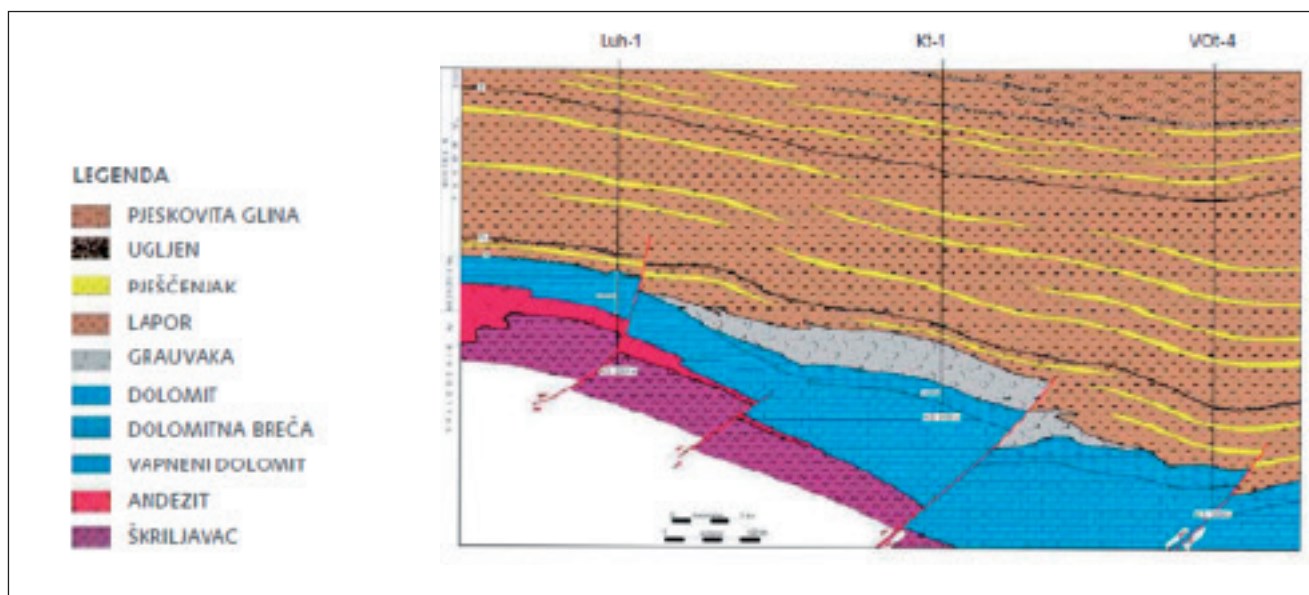
Prva kemijska analiza termalne vode napravljena je 1996. godine, a ujedno je izmjerena temperatura koja je tada iznosila 19,0°C (Jurišić-Mitrović, 2001). Voda izvire iz zdrobljenih trijaskih dolomita na sjecištu antiklinalnog prodora i poprečnog rasjeda, kao što je to slučaj u skoro svim toplicama Hrvatskog zagorja (Slika 7).

Bližu okolicu Podevčeva izgrađuju: donjotrijaski klastiti, srednjotrijaski dolomiti s ulošcima klastita i vulkanita, gornjotrijaski dolomiti i vapnenci, donjomiocenski klastiti, gornjo badenske breče, vapnenci i lapori, sarmatski lapori i pijesci, obronačni nanos



Slika 7. Geološki profil okolice Podevčeva (Potencijal obnovljivih izvora energije Varaždinske županije, 2012.).





Slika 8. Geološki geotermalnog ležišta Lunjkovec -Kutnjak i postojeće bušotine (Potencijal obnovljivih izvora energije Varaždinske županije, 2012.)

(deluvij) te nanos rijeke Bednje i njezinih pritoka. Između Varaždinskih Toplica i Toplice kod Dobrne u Sloveniji proteže se „termalna linija“ prozvana „Zona andezita i pršinaca“, odnosno „Niz Hum-Brda-Željeznica“. Uz tu termalnu vodu u navedenim toplicama zagrijavaju se vulkanski plinovi i pare. Da se znalo za termalne izvore u Podevčevu, sigurno bi se dokazalo i njihovo postvulkansko podrijetlo, a vjerojatno bi to bio i dokaz o površinskom pružanju termalne linije (Gorjanović-Kramberger 1904. a i 1904. b).

Isto tako za izvore u Podevčevu nije znao niti Miholić (1940 i 1959), kada je termalne izvore u Varaždinskim Toplicama i kod Dobrne u Sloveniji svrstavao u svoju prvu termalnu liniju i kemijskim analizama dokazivao vadozno podrijetlo njihovih voda.

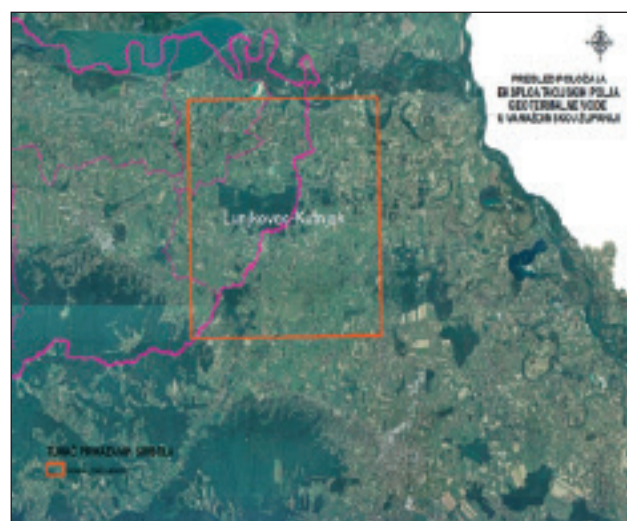
Prema geološkoj i strukturnoj građi terena može se uočiti velika sličnost Podevčeva i obližnjih Varaždinskih Toplica, samo što su u Podevčevu trijaski dolomiti izbili na površinu, dok su u Varaždinskim Toplicama prekriveni s egerskim klastitima (Šimunić, 1988).

### Lunjkovec - Kutnjak

Geotermalno polje „Lunjkovec – Kutnjak“ smješteno je na području Varaždinske i Koprivničko – Križevačke županije. To geotermalno polje je zanimljivo za proizvodnju električne energije i za iskorištavanje vruće vode za proizvodnju električne energije, ali i za iskorištavanje vode za baleonološke i druge svrhe.

Istražnim radovima koje je provodila INA – Naftaplina, u potrazi za ležištima ugljikovodika u sjeverozapadnom dijelu istražnog prostora Drava, na

geotermalnom ležištu Kutnjak – Lunjkovec, su ispitivane tri istražne bušotine Kt-1, Kt-2 i Lun-1 (Slika 8 i Slika 9). Provedenim ispitivanjima na bušotinama Kt-1 i Lun-1 tijekom 2004. godine dobiveni su podaci za proračun rezervi ležišta C1 kategorije. Težište geotermalnog ležišta je na dubini od 2.010 m, srednja debljina je 117 metara, a površina 83 km<sup>2</sup>. Prostire se pretežno na području općina Legrad i Mali Bukovec. Temperatura geotermalne vode je 140°C, tlak u ležištu je 217 bara, a



Slika 9. Satelitska snimka radnih etaža u EP „Lunjkovec-Kutnjak“, površine 9997,33 ha; Lokacija zahvata na ortofotografskoj podlozi, Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš zahvat: Istražne bušotine na eksploatacijskom polju geotermalne vode „Lunjkovec-Kutnjak“, Varaždinska, Međimurska i Koprivničko-križevačka županija, 2018.).



tlak na ušću bušotine 6 bara. Izdašnost bušotine Kt-1 je 53 l/s samoizljevanjem. Geotermalno ležište sadrži 688 milijuna m<sup>3</sup> vode s akumuliranom toplinom od 518.000 kJ/m<sup>3</sup>. Geotermalna voda je srednje mineralizirana slana voda s 4,5 m<sup>3</sup> otopljenog plina po kubnom metru geotermalne vode, pretežno CO<sub>2</sub> i nešto metana. Ležište je bez prirodnog dotoka vode pa se sva iskorištena (ohlađena) geotermalna voda mora vratiti natrag u ležište (Kolbah, 2011.).

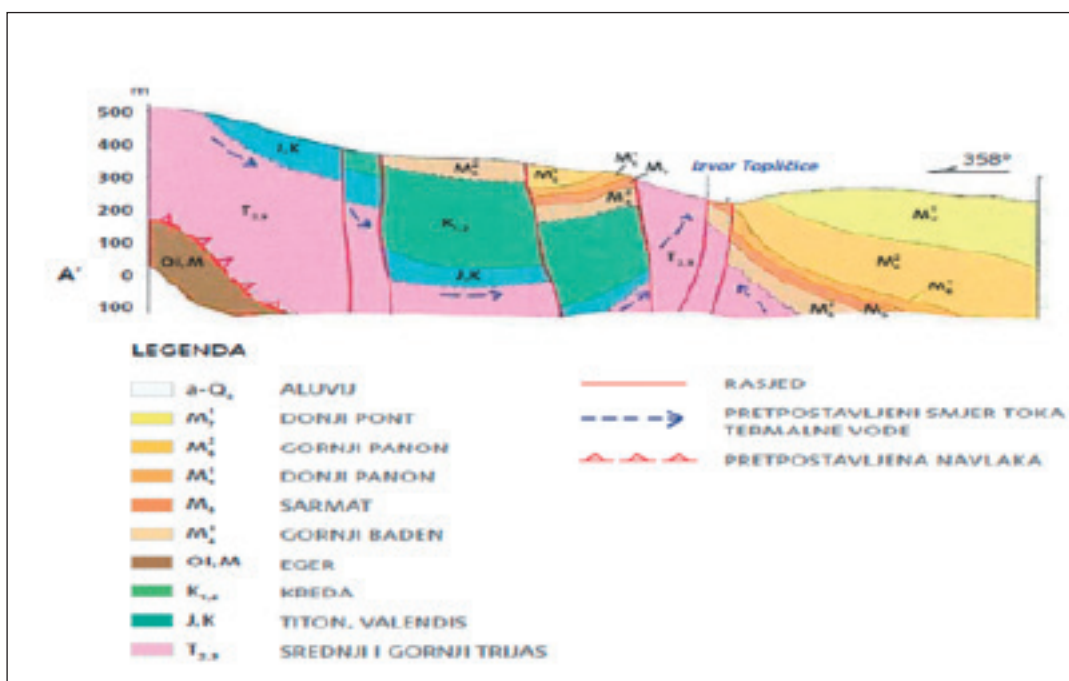
### Topličica kod Mađareva

Subtermalna voda u Topličici kod Mađareva izviralala je iz četiri veća i nekoliko manjih izvora poznatih i pod imenom Kamena gorica. Subtermalni izvor se nalazi oko 2 km jugozapadno od Mađareva. Prvi pisani podatak o izvoru datira iz 1972. godine. Temperatura vode je 22°C. Po kemijskom sastavu voda je CaMg-HCO<sub>3</sub> tipa, ukupna mineralizacija je 507 mg/l, a koristi se u turističko-rekreacijske svrhe (Studija potencijala i osnove gospodarenja mineralnim sirovinama na području Varaždinske županije, 2008.).

Voda je izviralala uz rasjednu granicu između trijaskih dolomita i donjopanonskih vapnenačkih lapora, a danas je kaptirana s jednom bušotinom koja je znatno smanjila izdašnost izvora te su neki od njih potpuno presahnuli (Slika 10). Geneza termalne vode je vezana uz zdrobljene trijasko dolomite koji akumuliraju oborinsku vodu te je provode u dubinu gdje se zagrijava, dok ostale stijene predstavljaju izolatore koji usmjeravaju tokove podzemne vode (Šimunić, 2008).

## 4. Uloga geotermalne energije u energetskom razvoju Varaždinske županije

Donošenjem novog Zakona o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika 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. Istraživanje geotermalne vode u energetske svrhe sadržano je u Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske iz 2009.godine i u Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske do 2030.godine s pogledom na 2050 godinu. Navedene Strategije definiraju poticanje proizvodnje električne energije iz geotermalne vode za energetske svrhe. Prilikom provođenja aktivnosti istraživanja geotermalnih voda u energetske svrhe, a zbog istovjetnosti procesa s istraživanjem i eksploatacijom ugljikovodika kako je propisano Zakonom o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika, primjenjivati će se zaključci proizašli iz Okvirnog plana i programa istraživanja i eksploatacije ugljikovodika na kopnu. Stoga sve aktivnosti koje se provode za potrebe istraživanja geotermalnih voda u energetske svrhe na prostoru Varaždinske županije (mogućnosti i potencijal) identične su aktivnostima koje se provode za istraživanje ugljikovodika, što znači da je istraživanje dozvoljeno u skladu sa geotermalnim potencijalom.



Slika 10. Geološki profil okolice Topličice kod Mađareva (Potencijal obnovljivih izvora energije Varaždinske županije, 2012.)

Tablica 2: Ležišta s geotermalnom vodom toplijom od 100°C u RH i Varaždinskoj županiji (prema: Rudarsko-geološkoj studiji Varaždinske županije, 2016.)

Područje	Bjelovar	Bjelovar	Ludbreg	Đurđevac	Karlovac	Županja
Lokacija (ležište)	Velika Ciglena	Velika Ciglena	Lunjkovec	Ferdinan-dovac	Rečica	Babina Greda
Kategorija rezervi	Dokazane	Vjerovatno Dokazane	Vjerojatne	Vjerojatne	Vjerojatne	Vjerojatne
Dubina bušotina / m,	2800	2800	2500	2500	2500	2500
Način pridobivanje vode	samoizljev	samoizljev	samoizljev	samoizljev	crpka	samoizljev
Izdašnost elementa razrade m <sup>3</sup> /s	0.11566	0.347	0.156	0.1	0.1	0.2
Temperatura vode	170	170	125	125	120	125
Broj bušotina na elementu (proizvodne i utisne)	2 (1+1)	5 (3+2)	3 (2+1)	3 (2+1)	3 (2+1)	2 (1+1)
Mogući broj elementa razrade	1	1	10	1	1	1
Broj izrađenih aktivnih bušotina	2/0	2/0	3/0	1/0	1/0	1/0

Geotermalna energija sadržana duboko u stijenu i tlu predstavlja gotovo neiscrpan resurs u obliku toplinske energije koji se može izravno koristiti ili pretvarati u električnu energiju. Hidrotermalna ležišta temperature <100°C su najbolja za izravnu uporabu, dok su ona iznad 100°C za korištenje u energetske svrhe (proizvodnju električne energije), a nakon toga se mogu koristiti i u neke druge svrhe poput grijanja i hlađenja prostora, u stakleničkoj proizvodnji voća i povrća, u akvakulturi, za grijanje bazena i u balneologiji te u industriji. U Tablici 2. prikazana su postojeća ležišta sa geotermalnom vodom toplijom od 100 °C u Republici Hrvatskoj i Varaždinskoj županiji.

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. godine (prema mišljenju Tumara & Pavlović, 2019). 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.

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 °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 MWt (Kolbah i dr., 2018).

Za elektroenergetski sustav Republike Hrvatske, pa tako i za prostor Varaždinske županije 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 (Tumara & Pavlović, 2019).

Rudarsko-geološka studija Varaždinske županije iz 2016. godine, spominje da je na istočnom dijelu Županije (ludbreško područje) evidentirano postojanje geotermalnih resursa, o čemu je bilo posebno govora u „Studiji o istraživanju, eksploataciji, gospodarenju i zaštiti georesursa na području Općine Ludbreg“ u kojoj je navedeno da prema potencijalnim mogućnostima iskorištenja geotermalne energije, ludbreško područje prednjači pred ostalim područjima Republike Hrvatske. Stoga bi bilo potrebno u nastupajućem vremenu detaljnije istražiti i razraditi mogućnosti korištenja geotermalnih voda u ludbreškom području. Postojeća istraživanja ukazuju na interesantan potencijal termalnih izvora za koji se pretpostavlja mogućnost korištenja i u zdravstveno-rekreativne, ali i u gospodarske (elektrana i zagrijavanje) svrhe. U tu svrhu neophodno je nastaviti istraživanja za detaljnije definiranje vodonosnika geotermalne vode dodatnim geofizičkim mjerenjima, detaljnijom namjenskom interpolacijom satelitskih i aviosnimaka, te geokemijskim istraživanjima vode bušotina koje nisu kompletirane.

## 5. Zaključak

Energetske mineralne sirovine na području Varaždinske županije (o čijem potencijalu treba raspravljati) su geotermalna voda i ugljikovodici. Treba naglasiti da je geološki potencijal geotermalnih voda odnosno područja potencijalnosti geotermalne energije s različitim stupnjevima entalpijskih karakteristika utvrđen na cijelom prostoru Županije.

Na prostoru gradova i općina u Županiji i njihovih mikrolokacija treba nastaviti istražne radove i projekte, te na svaki mogući način pospješiti angažman investitora na istraživanju i proizvodnji električne struje i toplinarstva u kogeneraciji, na već izdvojenom eksploatacijskom polju „Lunjkovec-Kutnjak“, a i na ostalim prostorima.

Gospodarski i financijski doprinos od korištenja obnovljivih izvora energije, posebno geotermalnih, može biti značajan za razvoj poljoprivrede,

prerađivačke industrije, poduzetništva, kontinentalnog turizma, lječilišta i ostalog u onom okruženju gdje se resursi nalaze. Neki od poljoprivrednika prepoznali su isplativost ovog izvora energije za grijanje staklenika. Postoji interes Varaždinske županije, odnosno Općine Mali Bukovec u kojoj se proizvodi 90 posto cvijeća na našem tržištu. Međutim to je mali postotak od stvarnih potreba Hrvatske, a razvojem geotermalnih potencijala ta bi se proizvodnja mogla povećati upravo zahvaljujući korištenju geotermalne energije za grijanje staklenika.

Isto tako, poznate su nam vrijednosti termo-mineralnih izvora Varaždinskih Toplica koje je potrebno osmisliti, prezentirati i iskoristiti u daleko većoj mjeri nego do sada, na što je ukazano i „Strateškim marketinškim planom turizma Varaždinske županije“. Nadalje tu je i lokalitet Topličice, koji je danas zapušten, a također zaslužuje revitalizaciju.

Na kraju možemo zaključiti da su Varaždinskoj županiji i Republici Hrvatskoj potrebni kvalitetni projekti i investitori koji su voljni uložiti u potencijal geotermalnih voda. Taj dragocjeni energent je spreman, danas-sutra, progurati naprijed čitavo hrvatsko gospodarstvo. Geotermalna energija je vrlo vrijedan obnovljiv izvor, njezin potencijal doista vrlo je velik, a o tome se danas jako malo govori. Geotermalna energija nije isplativa samo kao energent za proizvodnju električne energije, ona je puno više od toga. Geotermalna energija može dati vrlo snažan poticaj za razvoj domaće industrije, a uz to je i energent, odnosno resurs koji ne moramo uvoziti i koji zbog toga može dati veliki prilog energetskej samodostatnosti i neovisnosti Hrvatske (proizvodnja električne energije, centralizirani toplinski sustavi, zagrijavanje plastenika, staklenika, elektrane).

Dobra je vijest što je novi Zakon o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika prvi put na jednome mjestu objedinio energetske resurse, a posebni naglasak stavljen je na veliki potencijal i eksploataciju geotermalne vode u energetske svrhe. Učinjeni su i prvi pomaci u vidu smanjenja administrativnih barijera tako da je cijeli proces puno brži. Usvajanje tog zakona je ozbiljan pomak, pa na njemu treba intenzivno raditi. Na kraju će ipak sve ovisiti o interesu investitora kojima poslovno okruženje mora biti privlačno, interesu lokalnih zajednica i korisnika, te o tržišnim uvjetima.



## Literatura

1. Bać, J. i Herak, M. (1962): Prijedlog za određivanje užih i širih zaštitnih zona termomineralnih izvora u Hrvatskoj. Arhiv HGI, Zagreb.
2. Dvokut – Ecro.d.o.o. Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš zahvat: Istražne bušotine na eksploatacijskom polju geotermalne vode „Lunjkovec-Kutnjak“, Varaždinska, Međimurska i Koprivničko-križevačka županija (2018.), Zagreb.
3. Dumičić, E. (1988): Geološko i geokemijsko praćenje bušotine VTT-1 u Varaždinskim toplicama. Arhiv INA – Naftaplin/MOL, Zagreb.
4. IRENA, Renewables 2018 Global status report: A comprehensive annual overview of the state of renewable energy. International Renewable Energy Agency (IRENA). 2018.
5. Gorjanović-Kramberger, D.(1904a): Geolojska prijedlogna karta Hrvatske i Slavonije, Zlatar-Krapina. 1:75 000, Zona 21, Col. XIV., Naknada Kralj.zemalj.vlade, Odjel za unutarnje poslove, Zagreb.
6. Gorjanović-Kramberger, D. (1904b): Geolojska prijedlogna karta Hrvatske i Slavonije, 1:75 000, Tumač geolojske karte Zlatar\_Krapina., Zona 21, Col. XIV., Naknada Kralj.zemalj.vlade, Odjel za unutarnje poslove, Zagreb.
7. Horvatinčić, N et al., (1990): Određivanje podrijetla geotermalnih voda na području Varaždinskih toplica.XII. Kongres geol. Jugosl.,4, 540-547, Ohrid.
8. Jurišić-Mitrović, V. (2001): Izvještaj o rezultatima kemijskih analiza uzoraka vode za zadatak „Monografija termalnih i mineralnih vrela RH“. Fond struč. dok., HGI, Zagreb.
9. Kovačić, M., Perica, R. (1998): Stupanj korištenja termalnih voda u Republici Hrvatskoj. „Hrvatske vode“ 6, 25, 327-536, Zagreb.
10. Koch. T (1891): (rukopis) K ustanovljenju stitnog okoliša za mineralnu kupelj Krapinske toplice u Hrvatskoj. Fond struč. dok., HGI, Zagreb.
11. Kolbah, S Škrlec, M: Mogućnosti gospodarskog korištenja geotermalnog potencijala na prostoru Varaždinske županije (geološka osnova), 2011.godine.
12. Kolbah, S., Škrlec, M., Golub, M. Kvantifikacija indiciranog geotermalnog potencijala RH za proizvodnju električne energije. Pregledni rad. Inženjerstvo okoliša 2018; 5 1-2: 61-68.
13. Miholić, S. (1952):Kemijski sastav i svojstva mineralnih voda. Godišnjak Balneološki-klimatski institut NR Hrvatske 1, 7-18, Zagreb.
14. Miholić S (1959) Istraživanje termalnih vrela Hrvatskog zagorja. Ljetopis JAZU 63: 326–328.
15. Nádor, A. Transnational Danube Region Geothermal Strategy. DARLINGe – Danube Region Leading Geothermal Energy, European Regional Development Fund. 2018.
16. Potencijal obnovljivih izvora energije, Energetski institut Hrvoje Požar, 2012., Zagreb.
17. Prostorni plan Varaždinske županije („Službeni vjesnik Varaždinske županije“ br. 8/00., 29/06. i 16/09.).
18. Rudarsko-geološka studija Varaždinske županije („Službeni vjesnik Varaždinske županije“ br. 29/16).
19. Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske (NN 106/17).
20. Studija potencijala i osnove gospodarenja mineralnim sirovinama na području Varaždinske županije, 2008.
21. Tumara, D., Pavlović, D. (2019): Geotermalna energija i njezin potencijal u vremenu energetske diversifikacije i tranzicije Republike Hrvatske, Nafta i plin, Vol.39 str.53-62.
22. Zakon o rudarstvu (NN 66/13, 14/14, 52/18, 115/18).
23. Zakon o vodama (NN 66/19).
24. Zakon o financiranju vodnoga gospodarstva (NN 153/09, 56/13 i 154/14).
25. Zakonom o istraživanju i eksploataciji ugljikovodika. (NN 52/18, 52/19).
26. Šimunić, A. (2008): Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, 207 str.
27. Šimunić, A. (1988): Sedimentno-petrografske analize uzoraka istražne bušotine St-3 u Stubičkim toplicama i s Nikolinog brda u Topuskom. Fond struč. dok., HGI, Zagreb.
28. Vouk, V. (1916): Biološka istraživanja termalnih voda Hrvatskog zagorja. Prirodoslovna istraživanja Hrvatske i Slavonije, 8, 1-17, Zagreb.