Geologija geotermalnog sustava Varaždinskih Toplica

Čuljak, Anna Maria

Undergraduate thesis / Završni rad

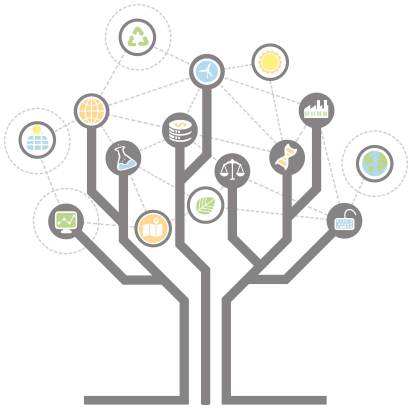
2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:920042

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Geologija geotermalnog sustava Varaždinskih Toplica

Čuljak, Anna Maria

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:920042

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-10-27**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ANNA MARIA ČULJAK

GEOLOGIJA GEOTERMALNOG SUSTAVA VARAŽDINSKIH TOPLICA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

GEOLOGIJA GEOTERMALNOG SUSTAVA VARAŽDINSKIH TOPLICA

Kandidat:

ANNA MARIA ČULJAK

Mentor:

Prof.dr.sc. SANJA KAPELJ

VARAŽDIN, 2018.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

Geologija geotermalnog sustava Varaždinskih toplica

Rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom prof.dr.sc. Sanje Kapelj

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, _____

Anna Maria Čuljak
(Ime i prezime)

_____
(Vlastoručni potpis)

IME I PREZIME AUTORA: Anna Maria Čuljak

NASLOV RADA: Geologija geotermalnog sustava Varaždinskih toplica

SAŽETAK RADA: Geotermalne vode su ekološko, obnovljivo i čisto prirodno bogatstvo koje se još od davne prošlosti iskorištava upravo zbog svoje ljekovitosti, pogodne temperature i povoljnog geografskog položaja. Kako bi saznali kako nastaje termalna voda i kakav je mehanizam njenog zagrijavanja, vrlo je važno poznavanje geološke građe okolice izvora vode. Upravo na temelju geoloških istraživanja Varaždinskih toplica saznajemo da je termalna voda u toplicama vadoznog porijekla i da na površinu terena izbija kroz egerske i kvartarne naslage iz dobro propusnih trijaskih dolomita. Ispod i iznad dolomita nalaze se nepropusne naslage koje usmjeravaju kretanje vode prema površini zbog izraženog povećanog hidrostatskog tlaka. Ispod dolomita mogu se očekivati i srednjotrijaski klastiti.

Geotermani sustav Varaždinskih toplica ima veliku povijesnu medicinsku važnost koja se nastavila i do današnjih dana kroz djelatnost Specijalne bolnice za medicinsku rehabilitaciju, te se na kraju krajeva u toplicama na prirodan način koriste svi raspoloživi resursi koji su korisni ljudskom zdravlju.

KLJUČNE RIJEČI: geotermalna voda, geološka obilježja, korištenje resursa, Varaždinske toplice.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1
2. OPĆENITO O NASTANKU GEOTERMALNIH SUSTAVA 3
3. GEOTERMALNI SUSTAV VARAŽDINSKIH TOPLICA 7
3.1. Pregled dosadašnjih istraživanja 7
3.2. Geologija 9
3.3. Tektonski odnosi 12
3.4. Litostratigrafski odnosi 13
3.5. Hidrogeologija 14
3.6. Geokemijska obilježja termalne vode 16
4. KORIŠTENJE GEOTERMALNOG SUSTAVA 17
5. RASPRAVA 20
6. ZAKLJUČAK 22
7.LITERATURA 23

1. UVOD

Varaždinske toplice su jedne od najpoznatijih, najduže korištenih i najvećih toplica u Hrvatskoj. Tu im prednost donosi velika izdašnost (45 - 50 l/s) i visoka temperatura (56,5 - 57,5 ºC) glavnog termalnog izvora i dobar geografski položaj [Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske , Antun Šimunić, Zagreb, 2008]. Osnova navedenih pogodnosti je geološka građa i specifičan tektonski sklop njihove šire okolice. Termalni izvori se nalaze na tjemenu antiklinale koja je presječena poprečnim i uzdužnim rasjedom. Termalna voda izbija iz brečastih, trijaskih dolomita koji su prekriveni egerskim klastitima.

Temeljem arheoloških istraživanja utvrđeno je da su od I. do III. stoljeća naše ere Toplice koristili Rimljani i nazvali ih Aque Jasae (Čabrijan, 1966), a nakon što su provalom Gota uništene, obnovio ih je rimski car Konstantin. Postale su značajno kulturno, vjersko i gospodarsko središte. Na temelju razvalina može se pretpostaviti da su Toplice nakon propasti Rimskog Carstva uništene, a što se s njima zbivalo od Rimljana pa do kraja hrvatskog kraljestva nije poznato. Za Toplice se ponovno pročulo 1181. godine, kada su za njihovo vlasništvo sporili grad Varaždin i zagrebački Kaptol. Do 1945. godine bile su u vlasništvu Kaptola.

Moderno lječilište postaju od 1838. godine. Danas Toplice sadrže dva veća hotela (Terme i Minervu), lječilišne objekte (Konstantinov dom i Lovrinu kupelj) te dva vanjska bazena i nekoliko unutarnjih.

Najstarije kemijske analize datiraju iz posljednjih desetljeća 18. stoljeća. U tom su razdoblju uglavnom kemičari i liječnici pokazivali zanimanje za predmet zbog primjene u balneologiji. Opsežna geološka istraživanja započela su krajem 19. stoljeća (Pilar 1884; Koch 1889; Voyt 1890), a svoj vrhunac su dostigla tijekom naftne krize 1970. -ih godina.

Stari geološki podaci pokazuju da su uz glavni termalni izvor, Klokot, postojala još tri manja. U vrijeme Rimljana termalna voda se koristila u iste svrhe kao i danas, uz to su toplinsku energiju vode upotrebljavali za grijanje zgrada. Od 1962. godine termalna

voda se dobiva iz dviju bušotina. Bušotine se nalaze u blizini glavnog izvora. Višak toplinske energije se nažalost ne iskorištava, već se termalna voda hladi u otvorenim bazenima, a zatim se koristi za kupke ili terapije. Višak vode se razvodi po gradu za potrebe stanovništva, a ostatak nekontrolirano teče u rijeku Bednju. 2000. godine izbušena je tzv. upojna bušotina koja višak vode vraća u podzemlje. To je dokaz da još uvijek nije pronađeno rješenje za višak termalne vode (Miklin et al., 2005).



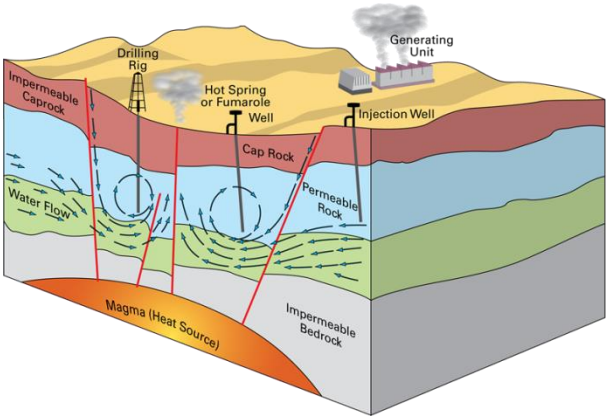
Slika 1.1. Zračni snimak arheološkog nalazišta antičkog naselja Aquae Iasae s izvorom termo-mineralne vode u gradskom parku Varaždinskih Toplica

2. OPĆENITO O NASTANKU GEOTERMALNIH SUSTAVA

Geotermalne vode su jedan od prirodnih izvora topline. Ubrajaju se u ekološko, obnovljivo i čisto prirodno bogatstvo čije se blagodati iskorištavaju od gornjeg pleistocena do danas. Zbog svoje ljekovitosti, pogodne temperature i povoljnog geografskog položaja u rimsko doba neke od naših toplica su doživjele snažnu popularnost. Tada su među njima bile najpopularnije Varaždinske toplice (Aque Jasae), Daruvarske toplice (Aque Balissae), Topusko (Ad Fines) i Krapinske toplice (Aque Vitae). Nakon pada Rimskog Carstva objekti u toplicama sjeverne Hrvatske su uništeni, jedino su sačuvane razvaline u Varaždinskim toplicama koje je prekrila travertin i tako sačuvala od daljnjeg propadanja (Čabrijan, 1966).

Termalnu vodu najčešće nalazimo ispod površine zemlje u izuzetno velikim spremnicima na različitim dubinama, osim u rijetkim slučajevima kada ona izbija i na samu površinu. Riječ „geotermalna“ dolazi od grčkih riječi „geo“ što znači zemlja i „therme“ što znači toplina. Geotermalnim vodama obiluje najviše sjeverozapadni dio Hrvatske, dok mineralnih i termomineralnih izvora ima nešto manje u rubnim Panonskim dijelovima Hrvatske. Pojava spremnika ili ležišta termalne i mineralne vode ovise o određenim tektonskim i litostratigrafskim uvjetima koji moraju postojati kako bi se u podzemlju oblikovao spremnik, odnosno ležište termalne vode i/ili termana voda pojavila na samo površini.

Najvažniji uvjeti odnose se na litološki sastav geotermalnog vodonosnika, propusnost stijena i tektonska građa šireg područja. Za postanak termalnih i mineralnih vodonosnika važni su mlađi tektonski pokreti tijekom neogena i kvartara. Izvorišta geotermalne vode međusobno se razlikuju po temperaturi vode, tipu vodonosnika, kemijskom sastavu vode i načinu korištenja. Glavne karakteristike ležišta geotermalnih voda su dubina, veličina vodonosnika, litološka i termička svojstva stijena, salinitet – mineralizacija vode i geokemija postojećih fluida u ležištu te temperatura, poroznost i propusnost stijena (Slika 2.1.).



Slika 2.1. Pojednostavljen prikaz geotermalnog sustava

Prema porijeklu razlikujemo pet tipova termalnih voda: juvenilne ili djevičanske, vadozne ili meteorske, stare fosilne, mlade fosilne i miješane vode. Juvenilne vode nastale su kondenzacijom vulkanskih plinova i para, a njihov veći udio u termalnim vodama obilježje je područja s aktivnim vulkanizmom. Fosilne ili konatne vode su zapravo podzemne vode starih sedimentacijskih bazena vezanih za plinska i naftna ležišta. Većina geotermalnih voda je vadoznog ili meteorskog porijekla, odnosno to su vode koje su došle u geotermalne vodonosnike infiltracijom padalina, a na nakon njih slijede vode poligenetskog, odnosno miješanog porijekla (Gorjanović-Kramberger, 1904).

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):

- hipoterme za vode od 20 do 24°C;
- homeoterme za vode od 24 do 38°C;
- hiperterme za vode veće od 38 °C.

Klasifikacija prema Vouku (1916):

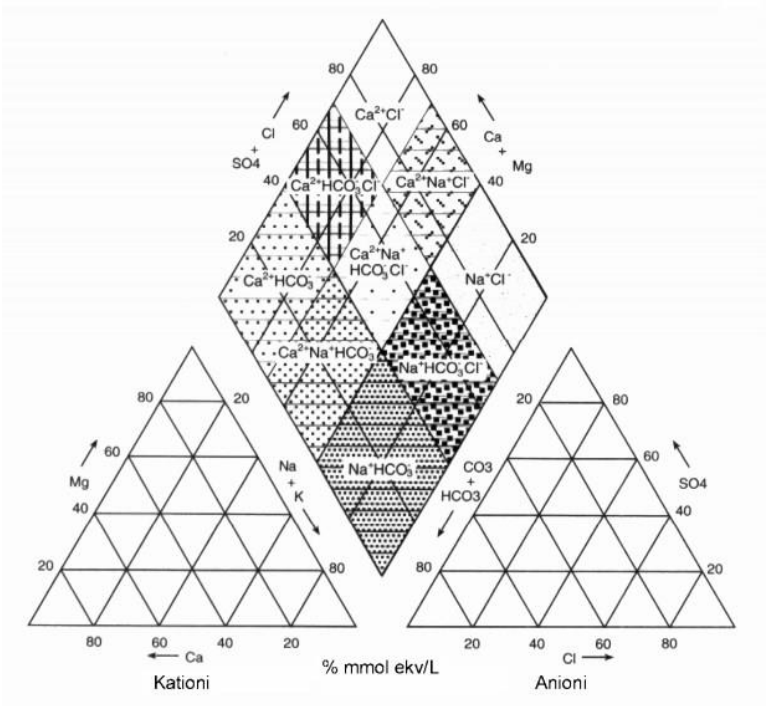
- hipotermalna (hladna do 18°C);
- hiarotermalna (mlaka od 18 do 30°C);
- eutermalna (topla od 30 do 40°C);

- 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.

Za određivanje porijekla geotermalnih voda primjenjuju se hidrogeokemijski pokazatelji, a to su obično osnovni ionski sastav (Ca, Mg, Na, K, SO_4^{2-}, HCO_3^-,Cl^-), sadržaj specifičnih aniona (Br^-, J^-, F^-), elementi u tragovima (Si, Li, Cs, Rb, B, As, Hg) i sastav plinova, najčešće sumporovodika (H_2S) i ugljikovog dioksida (CO_2). Za prikazivanje sastava vode najviše se koristi Piperov trokomponentni dijagram (Slika 2.2.) tako što se voda dijeli prema vodnim facijesima, a njih se određuje prema sadržaju i koncentraciji otopljenih kationa i aniona. Na temelju otopljenih kationa vode dijelimo na kalcijske, magnezijske i natrijske, a prema otopljenim anionima na hidrogenkarbonatne, kloridne i sulfatne.



Slika 2.2. Prikaz vodnih faciesa u rombu Piperova dijagrama

Geotermalni sustavi mogu se definirati i klasificirati na temelju geoloških, hidrogeoloških i karakteristika prijenosa topline. Aktivni geotermalni sustavi sastoje se od vruće tekućine i vruće stijene unutar gornjeg dijela Zemljine kore. Tekućina je, u najvećem dijelu ili isključivo meteorska voda ili morska voda, ili njihova smjesa. Budući da se toplinska energija Zemljine kore nalazi u velikim stijenskim masama, potrebna je radna tekućina (voda) za prijenos i prenošenje topline na površinu.

Općenito, geotermalni sustavi nastaju termalnom konvekcijom dubokih podzemnih voda budući da je podzemna voda bliže površini hladnija, a time i gušća te cirkulira prema dubljim dijelovima geotermalnog sustava gdje se zagrijava čime postaje manje gusta te se diže prema površini Zemlje. Ipak, u nekim sustavima relativno niske temperature konvekcija može biti uspostavljena samo hidrostatskim tlakom. Konvekcija vode prenosi dakle toplinu iz dubljih u pliće dijelove geotermalnih sustava. Izvor topline može biti magma, u aktivnim vulkanskim geotermalnim sustavima ili vruća stijena u korijenima konvekcijskog ciklusa (u ne-vulkanskim geotermalnim sustavima).

Općenito geotermalna voda nekog područja sadrži veće koncentracije otopljenih tvari, poput natrija, kalcija, sulfata, klorida ili silicija od lokalne podzemne vode. Voda se zagrijava dok se spušta, vjerojatno uz zone koje se nalaze iznad komore magme, sve dok ne apsorbira dovoljno topline da postane lakša od površinske vode. Topla voda se potom diže na površinu. Bez obzira na to zagrijava li se voda preko geotermalnog gradijenta ili magmom mehanizam cirkulacije vode je uvijek isti (Truesdell, 1976).

3. GEOTERMALNI SUSTAV VARAŽDINSKIH TOPLICA

Za razvoj Varaždinskih toplica vrlo je važan izvještaj Baća i Heraka (1962) u kojemu se ističe da termalna voda izvire iz tjemena antiklinale. Prvi koje je pretpostavio da se najveći dio vode nakuplja u badenskim vapnencima (litavcima) na području Ljubelja je bio Voyt (1890). Prema njegovoj zamisli voda koja se spušta na dubinu od 1800 m i koja se uz geotermički stupanj od 30 m zagrijava na 68 ℃ obogaćuje se vulkanskim parama i plinovima te izvire u Varaždinskim toplicama. S obzirom da je koristio geološku kartu Hauera, Voyt očito nije bio geolog te mu je promaknula činjenica da u bližoj okolici termalnih izvora nema badenskih vapnenaca, već da voda izvire iz egerskih klastita. Gorjanović – Kramberger (1904) ističe da „Zona andezita i tufova“ i „Balatonski rasjed“ koji se sijeku u Varaždinskim toplicama imaju direktan utjecaj na podrijetlo i zagrijavanje vode.

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. 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.

3.1. Pregled dosadašnjih istraživanja

Termalne vode Varaždinskih toplica (Slika 3.1.) istraživali su Bać i Herak (1962) te navode da najjači i najtopliji izvor termalne vode je izvor Klokot. Manji subtermalni izvori koji se nalaze zapadnije od Klokota daju temperaturu od 24 do 25°C. Tijekom posljednjih 150 godina temperatura vode u Varaždinskim toplicama iznosila je: 56,5-57,5 °C, prema Voytu (1890) 56,25°C, Ivekoviću i Dančeviću (1936) 55,8°C, Miholiću (1959) 56,7°C, a prema Baću i Heraku (1962) 56,0°C. [preuzeto iz Šimunić, A. (ur.) i grupa autora (2008): Geotermalne i mineralne vode Hrvatske. Geološka monografija. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, 343 str.]



Slika 3.1. Varaždinske toplice-termalni izvori uz Rimske iskopine

Interes liječnika i kemičara za termalnu vodu u Varaždinskim toplicama započeo je prije više od 200 godina. Teško je reći tko je prvi započeo sa istraživanjem i opisivanjem, ali među prvima je definitivno bio Crantz (1773 i 1777) tadašnji profesor Medicinskog fakulteta u Beču koji je na poticaj carice Marije Terezije napisao knjigu „*Gesundbrunen der Osterreichischen Monarchie*“ u kojoj se spominju termalna i mineralna vrela „kraljevine Hrvatske i Slavonije“.

U tom smjeru bilo je i djelovanje varaždinskog liječnika Lalanquea (1779) koji je napisao knjigu „*Tractatus de aquis regnorum Croatie et Sclavonie etc. iliti izpiszavanye vrachtvenih vod horvatzkoga y slavozkoga orsaga y od nachina nye vsivati za potrebochu iyudih*“. Brinuo se za higijenu i liječenje ljudi u toplicama sjeverne Hrvatske.

Voyt (1890) je proveo prva geološka istraživanja u svom rukom pisanom izvješću u cilju zaštite termalnih voda. Također je priložio Hauerovu geološku kartu iz 1868. godine.

Početkom 20. stoljeća Gorjanović-Kramberger (1904) je obradio geološku tematiku termalnih vrela sjeverne Hrvatske. Iako je znao za staro Voytovo mišljenje o vadoznom porijeklu vode u Varaždinskim toplicama, uporno je dokazivao postvulkansko podrijetlo termalne vode. Osnovao je teoriju da su termalni izvori zapravo završne faze vulkanizma i da se javljaju na rasjedima koje je nazivao „termalnim linijama“. Naime smatrao je da se u Varaždinskim toplicama sijeku dvije termalne linije, a to su

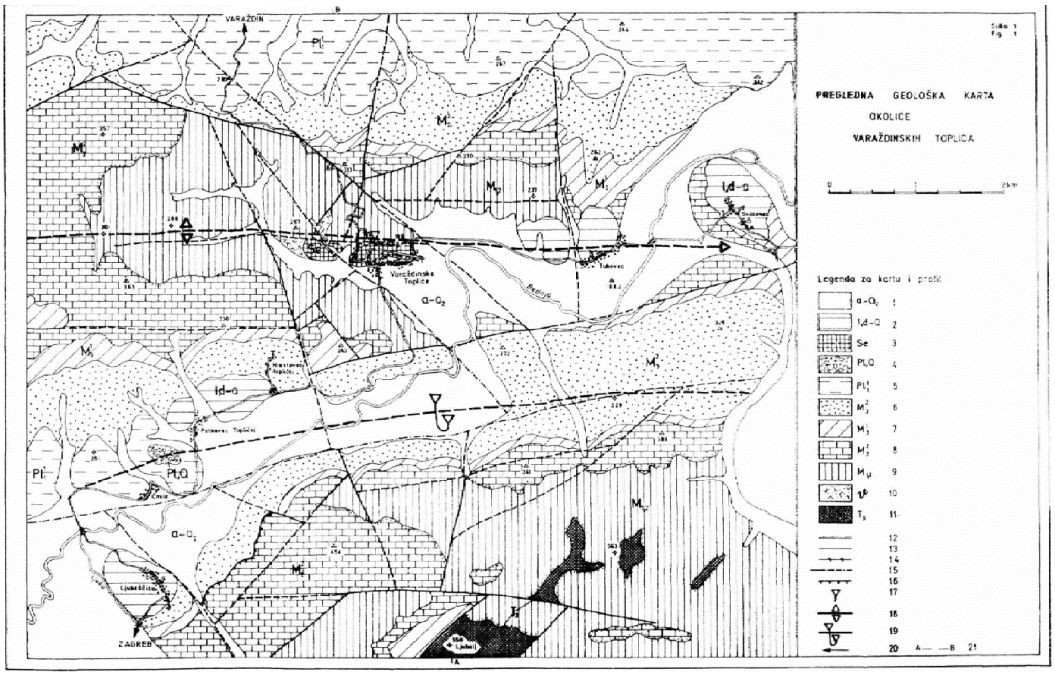
„Balatonska“ na kojoj su Varaždinske i Stubičke toplice i Toplica kod sv.Jane i „Zona andezita i pršinaca“ kojom su Varaždinske toplice povezane s termalnim izvorima kod Dobrne i Toplice u istočnom dijelu Slovonije.

Gorjanovićevu teoriju je prihvatio Miholić (1940) s tim što je dodao još jednu novu liniju koja se proteže južnim padinama planinskog niza Ivanščica-Strahinščica-Kuna gora-Koštrun. Šimunić (1988) je pretpostavljao da se zagrijavanje i mineralizacija vode vrši ispod dna sinklinale koja se nalazi između Kalnika i Varaždinskih toplica, a da su u tjemenu hipsometrijski „niže“ antiklinale smješteni termalni izvori.

S druge strane (Horvatinčić et al., 1990) su istraživali podrijetlo i starost geotermalnih voda i travertina na području Varaždinskih toplica. Dokazao je da je starija termalna voda bila slanija od današnje i da voda koja danas izvire starija od 40 000 godina

3.2. Geologija

Kako bi objasniti pojavu termalnih vrela, kao i mehanizam zagrijavanja vode, važno je poznavanje geološke građe okolice izvora. Iz geološke karte (Slika 3.2.) možemo vidjeti da se u okolici Varaždinskih toplica pojavljuju naslage gornjeg trijasa, donjeg i srednjeg miocena, sarmata, panona, donjeg ponta, pliokvartara i kvartara.



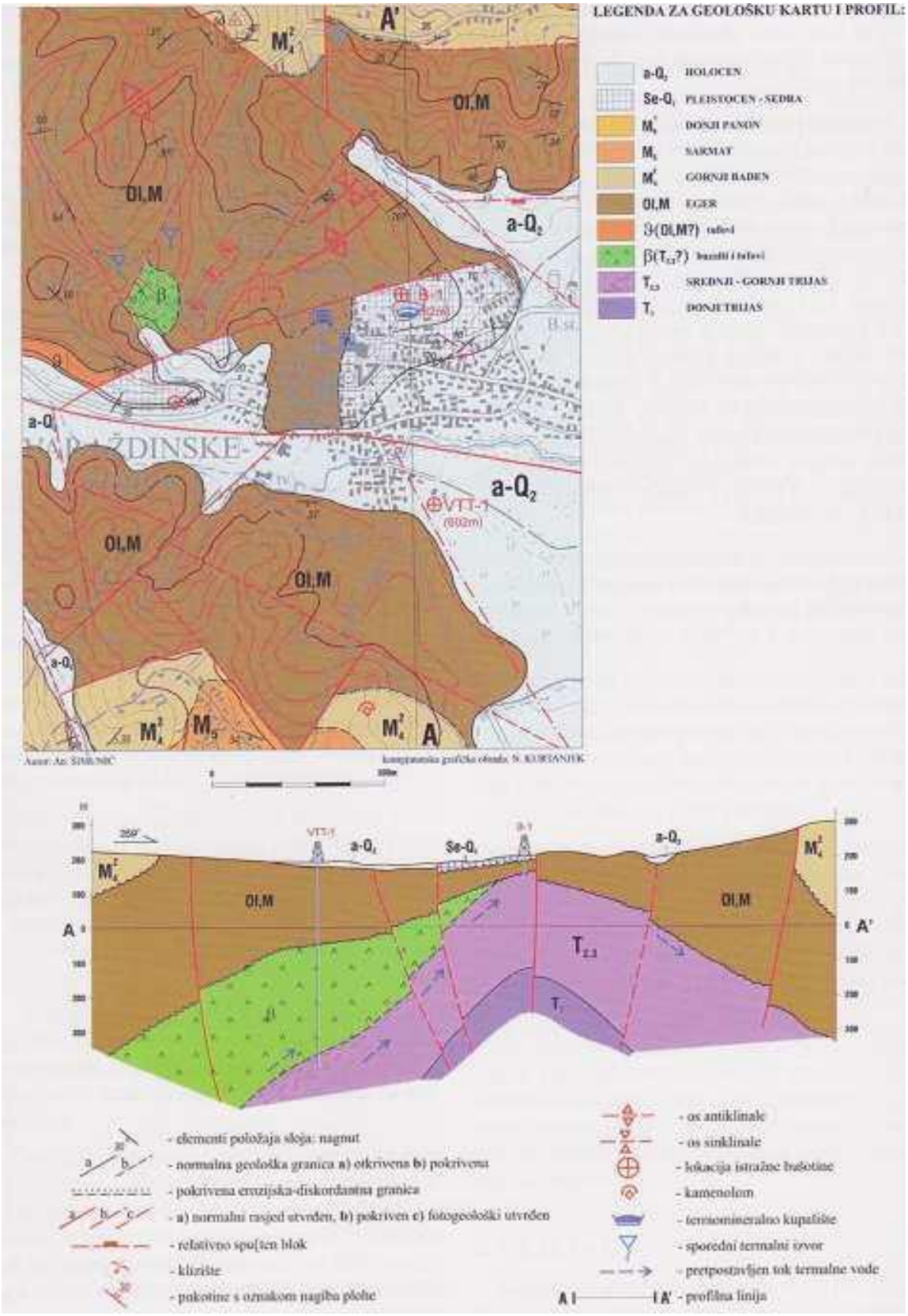
Slika 3.2. Pregledna geološka karta okolice Varaždinskih toplica

LEGENDA:

1. aluvijalni sedimenti; šljunci, pijesci i gline *(alluvial sediments; pebbles,sands and clays), 2.* les-deluvij; glinoviti siltovi, siltozne gline i pijesci *(loess-delluvial; clay, silts, silty clays and sands),*3. sedra *(travertine),* 4. plio-plcistocenski šljunci i pijesci *(plio-pleistocenean pebbles and sands),*5. donji pont; lapori i pijesci *(Lower Pontian; marl and .sands),6.* gornji panon; lapori, pijesci i pješčenjaci *(Upper Pannonian; marl, sands and sand stone),*7. sarmat i donji panon; lapori i vapnenci *(Sarmatian and Lower Pannonian; marl and lime-stones),8.* baden; konglomerati, vapnenci i lapori *(Badenian; conglomerates, limestones and marls),9.* donji i srednji miocen; pijesci, šljunci, lapori i gline *(Lower and Middle Miocene; sands, pebbles, marl and clays),*10. donjomiocenski tufovi *(Lower Miocenean tuffs),* 11. gornji trijas; dolomiti i vapnenci *(Upper Triassic; dolomites and lime-stones),*12. tektonsko-erozijska granica *(tectonic-erosional border),*13. normalna geološka granica *(normal-geological border),*14. prcvrnuta, normalna granica *(overturned, normal border),*15. normalni rasjed *(normal fault),*16. revcrsni rasjed *(reverse fault),*17. termomineralni izvor *(thermo-mineral spring),*18. OS antiklinale *(axis of anticline),*19. OS prevrnute sinklinale *(axis of overturned syncline),*20. pretpostavljen smjer toka vode *(presumed direction of water circulation)*21. trasa profila *(profile route).* (preuzeto iz Simunić A.: Geolosko-tektonska osnova termomineralnih vrela u Varaždinskim Toplicama. Radovi Zavoda za znanstveni rad JAZU, 2, 9—29, Varaždin 1988.)

Termalna voda u Varaždinskim toplicama je vadoznog porijekla i najvećim dijelom se nakuplja u trijaskim dolomitima, osim na sjevernim padinama Kalničkog gorja i na istočnim padinama Ivanščice gdje se nalaze trijaski karbonati. Trijaski karbonati su otvoreni na dovoljno velikim površinama tako da mogu akumulirati dovoljnu količinu oborinske vode koja s 40-50 l/s opskrbljuje termalne izvore. Dolomiti i vapnenci u gore navedenim gorama imaju nadmorsku visinu veću 300-500 m n.m. od izvora u Varaždinskim toplicama što omogućuje stvaranje hidrostatskog tlaka koji pokreće vodu po principu spojenih posuda. Litificirani vulkanski pepeo ili tuf koji pripada sedimentnim stijenama može biti taložen daleko od vulkana i ne može imati utjecaj na zagrijavanje vode. Također je pokazatelj vulkanskih erupcija u blizini Varaždinskih toplica.

Prvi koji je iznio sumnje o podrijetlu vode u Varaždinskim toplicama bio je Miholić (1940) koji je na temelju kemijskih analiza zaključio da su sve termalne vode u Hrvatskom zagorju vadoznog podrijetla. 1952. godine je promijenio mišljenje te je slično kao i Voyt pretpostavio da sumporovodik u vodi Varaždinskih toplica potječe od vulkanske djelatnosti. 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 3.3. Geološka karta i geološki profil okolice Varaždinskih toplica

U bližoj okolici Varaždinskih toplica pojavljuju se egerski klastični sedimenti i vulkaniti, srednjomiocenski i gornjomiocenski konglomerati, breče, vapnenci, lapori, travertin i aluvij Bednje i njezinih pritoka, a u podlozi egerskih klastita nabušeni su i dolomiti i andeziti (Šimunić, 2008).

3.3. Tektonski odnosi

Iz Pregledne geološke karte *(Slika 3.2)* možemo zaključiti da su tektonski odnosi u širem području Varaždinskih toplica dosta složeni. Vide se dva tipa tektonskih pokreta, a to su tangencijalni potisci i radijalna kretanja. Tangencijalni potisci su uzrokovali boranje površinskih dijelova litosfere, a radijalna kretanja rasjedanje, te vertikalno i subvertikalno pomicanje blokova.
Glavni tektonski pokreti na području Kalničkog i Varaždinsko-topličkog gorja zbivali su se za vrijeme relativno kratkih kopnenih faza. S područja Ivančice i južnog dijela Kalničkog gorja tektonska aktivnost je bila vrlo jaka u kredi i početkom eocena. (Šimunović i Hećimović 1979).
Pojavu velikih količina hipertermalne sumporne vode u Varaždinskim toplicama istraživali su brojni geolozi. Voyt (1890) je spomenuo „Periadriatski lineament“ na kojem se u Varaždinskim toplicama pojavljuje termalna voda i plin. S druge strane Gorjanović-Kramberger (1904 b) je pretpostavio da termalna voda izvire uz veliki regionalni rasjed, tzv. „Balatonska termalna linija“. On je smatrao da se izvorište termalne vode nalazi na sjecištu Balatonskog rasjeda s „Andezitnom linijom Brdo-Željeznica niza“, odnosno „Zonom andezita i pršinaca“.
Termalni izvori u Varaždinskim toplicama nalaze se na boranom sustavu čije je stvaranje započelo otprilike prije 22,5 milijuna godina (Šimunić i Pamić, 1993). Sustav se sastoji od sedam paralelnih nizova bora koje se protežu od istočne Slovenije do Dravske potoline. Važno je spomenuti da su jezgre antiklinala oscilirale tijekom mlađih geoloških razdoblja i na taj način su „prešle“ u tektonske prodore.

Za pojavu termalne vode također su važni i rasjedi koji su na mnogo mjesta „presjekli“ područje Varaždinskih toplica. Među njima je najvažniji tzv. Topličkи rasjed koji je poprečno presjekao antiklinalnu strukturu, a važan je zbog toga što spada u sustav paralelnih rasjeda na kojima se događa postupno spuštanje Kalničkog i Varaždinsko-

Topličkog gorja u Dravsku potolinu. [*Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske , Antun Šimunić, Zagreb, 2008.]*

3.4. Litostratigrafski odnosi

Na temelju poznavanja geološke građe šireg područja Varaždinskih toplica pretpostavlja se postojanje donjotrijaskih sedimenata u podlozi vodonosnih stijena, a to su tinjčasti siltiti škriljave teksture (Šimunić i dr. 1981).

U gradskom parku u bušotini B-1 nabušene su naslage srednjeg i gornjeg trijasa (Bać i Herak, 1962), a to su svijetlosivi raspucani dolomiti i dolomitne breče. U pojedinim slojevima sadrže velike količine kalcijevog karbonata $CaCO_3$ (*Slika 3.4.*).



Slika 3.4. Brečasti dolomit, jezgra bušotine B-1, dubina 20-24 m

U bušotini u blizini gradskog groblja pronađeni su andeziti i hidrotermalno izmijenjeni bazalti na dubini između 240 i 560 m. Međutim, nije pronađena termalna voda toplija od 28 ℃, te je bušotina napuštena (Dumičić, 1988).

Bušenjem je također potvrđeno da egerski klastiti u blizini termalnog vrela prekrivaju trijaske dolomite, a kod groblja leže na vulkanitima. Oni izgrađuju jezgru antiklinale i najveći dio grada Varaždinskih toplica leži upravo na tim egerskim klastitima. U bazi

dominiraju breče, šljunci, konglomerati, pijesci i pješčenjaci, a u višim dijelovima lapori, gline, andeziti i tufovi. Veća količina tufova je pronađena u dolini potoka, zapadno od hotela Minerva (Šimunić, 1985).

Gornjobadenske naslage okružuju egerske klastite. Voyt (1891) je smatrao da su badenski vapnenci (litavci) glavni provodnici vode u Varaždinskim toplicama, zato što su glavni nosioci termalne vode u mnogim toplicama Hrvatskog zagorja. Međutim, badenske naslage ne mogu imati tu funkciju jer se ne nalaze u blizini izvora.

Sarmatske naslage se pojavljuju u obliku izdužene zone koja okružuje starije sedimente. Prevladavaju pločasti i listićavi lapori i laporoviti vapnenci. Debljina tih naslaga je 30-50 m.

Inkrustacijom kalcijevog karbonata $CaCO_3$ koji se taložio uslijed smanjenja temperature i tlaka vode nastala je sedra. Najveća količina sedre u Hrvatskoj se nalazi upravo u Varaždinskim toplicama (Malez, 1983). Njena debljina na otvorenim izdancima je do 40 m, a najveće količine se danas nalaze ispod glavnog izvora (Horvatinčić i dr. 1990).

Velike površine terena Varaždinskih toplica također prekrivaju i nanosi rijeke Bednje i njezinih pritoka koji su nastali taloženjem šljunaka, pijesaka i glina s obližnjeg gorja. Debljina nanosa je do 10 m.

3.5. Hidrogeologija

Termalna voda na površinu terena izbija kroz egerske i kvartarne naslage iz dobro propusnih trijaskih dolomita.

Dolomiti i vapnenci od svog postanka pa do danas su bili zahvaćeni mnogobrojnim tektonskim pokretima, uslijed čega su se borali, rasjedali i drobili, a veliki dio je prešao u tektonsku breču. Bili su i nekoliko puta izloženi karstifikaciji koja je u njima stvorila kanale i šupljine koje se ne vide izvana. Zbog toga dolomiti mogu uskladištiti velike količine oborinske vode, koja se postupno procjeđuje dublje u podzemlje gdje se zagrijava.

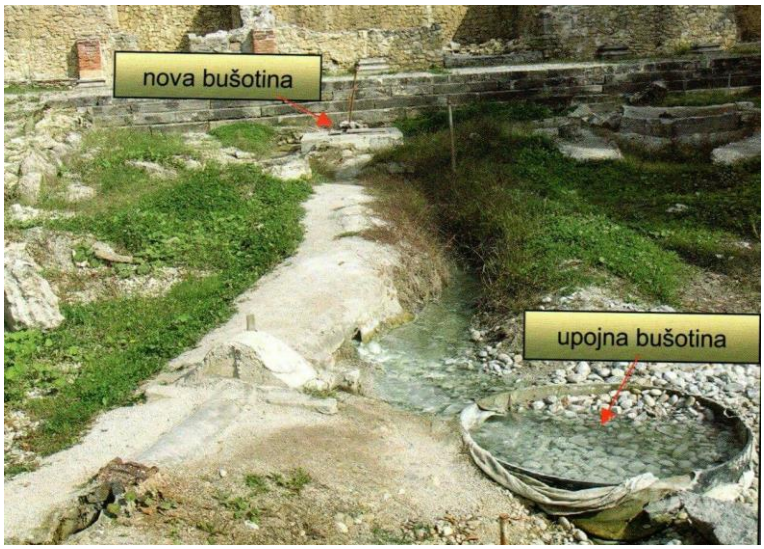
Ispod i iznad dolomita nalaze se nepropusne naslage koje usmjeravaju kretanje vode prema površini zbog izraženog povećanog hidrostatskog tlaka. Ispod dolomita mogu se očekivati srednjotrijaski klastiti. Na dolomitima leže donjomiocenski klastiti koji se

sastoje od izmjene lapora i pijeska, a u donjem dijelu tih klastita prevladavaju lapori i gline. Cirkulaciju vode u smjeru nagiba slojeva omogućuju mlađe naslage neogena koje se sastoje od izmjene propusnih i nepropusnih sedimenata. U tim sedimentima nalaze se izvori koji nisu povezani s termalnim vrelima u samim Varaždinskim toplicama (Šimunić A., 1988).

U Varaždinskim toplicama su postojala četiri termalna izvora. Prvi najjači i najtopliji je Klokot. Oko i nizvodno su istaložene velike količine sedre i izgrađeni su svi objekti rimskih termi nakon čega je na izvoru iskopan bunar dubok 2,05 m u kojem je razina vode bila 0,45 m. Bunar je navodno davao 18 l/s. Kasnije je zatrpan i termalna voda se dobivala iz bušotine B-1. Upravo tom bušotinom je dokazano da termalna voda izbija iz brečastih trijaskih dolomita, a najveće količine vode su se pojavile na dubini 20-26 m (Bać i Herak 1962). Dijelovi jezgre iz bušotine se čuvaju u gradskom muzeju u Varaždinskim toplicama.

Zapadno od izvora Klokot duž tjemena antiklinale su se nalazila još tri manja i hladnija izvora. Od glavnog izvora su bili udaljeni 700-1100 m, a temperatura vode je bila 24-25 °C. Koristili su se za dobivanje ljekovitog mulja, tzv. peloida koji se sastoji od sitnih čestica veličine 0,02 mm (Iveković i Peroš, 1981).

2000. godine napravljene su dvije bušotine, a to su B-5 eksploatacijska i B-6 upojna bušotina. Međutim, termalna voda se ipak probija uz vanjsku stijenku bušotine, te se deseci litara vode po sekundi gube u upojnoj bušotini u podzemlju (*Slika 3.5).*

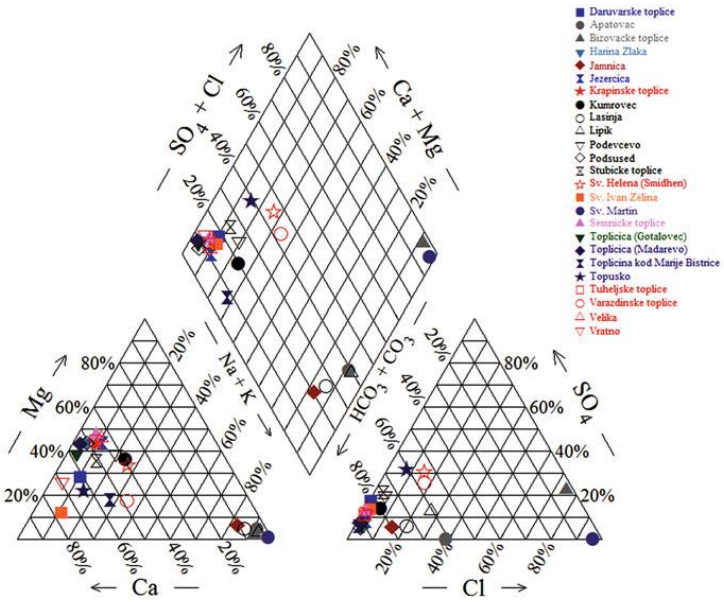


Slika 3.5. Detalj izvorišta s novom kaptažom i „upojnom bušotinom“

3.6. Geokemijska obilježja termalne vode

Litološki sastav geotermalnih vodonosnika određuje se na temelju glavnih ionskih odnosa, pretežitog kationskog i anionskog sastava kao i kod podzemnih voda *(Slika 7)*.

Geotermalni sustavi koji su izgrađeni pretežito od karbonatnih stijena, vapnenaca i dolomita, sadrže vodu Ca - HCO_3 i CaMg – HCO_3 sastava. U podzemnim vodama iz vodonosnika izgrađenih pretežito od silikatnih stijena raste udio Mg i Na kao produkta njihovog trošenja. Na području Hrvatske termalne vode vezane za naftna ležišta pretežito su Na-ClHCO_3 do Na-Cl tipa (Miletić, 1967).



Slika 3.4. Piperov dijagram osnovnog ionskog sastava Varaždinskih toplica u usporedbi s ostalim termomineralnim vodama sjeverozapadne i istočne Hrvatske

Prema glavnom ionskom sastavu, vode iz Varaždinskih toplica pripadaju miješanom tipu NaCaMg - HCO_3SO_4 kao i vode Sv. Helene (Šmidhen kod Samobora).

Termalne vode Podevčeva, Topuskog i Stubičke toplice pripadaju CaMgNa - HCO_3SO_4, mješovitom tipu; Topličina kod Marije Bistrice pripada CaMgNa - HCO_3 mješovitom tipu; Harina Zlata, Tuheljske toplice, Krapinske toplice, Topličica (Mađarevo), Topličica (Gotalovec), Sutinske toplice, Šemničke toplice, Velike, Vratno, Sv. Ivan Zelina, Podsused, Jezerčica i Daruvarske toplice, pripadaju CaMg - HCO_3 miješanom tipu;

Jamnica, Lasinja, Lipik i Apatovac pripadaju NaCa - HCO_3 miješanom tipu; Bizovačke toplice i Sv. Martin vode pripadaju tipu Na - Cl (Slika 3.4.).

U vodama Lipika, Jamnice, Apatovca, Lasinja, Sv. Martina i Bizovačkih toplica mineralizacija je viša od 1000 mg / L (ili 1 g / L) dok se donja mineralizacija promatra u svim ostalim vodama i kreće se od 372 mg / L - Kumrovec do 963 mg / L - Varaždinske toplice.

4. KORIŠTENJE GEOTERMALNOG SUSTAVA

Republika Hrvatska je bogata nalazištima različitih prirodnih ljekovitih činitelja, kojih ima više od 220. U njoj danas djeluje 17 prirodnih lječilišta s različitim zdravstvenim ustanovama. Treba napomenuti da temperatura termalne vode na izvorištima ne treba biti ograničavajući faktor, zato što se zagrijavanjem ili ohlađivanjem može dovesti na stupanj potreban za željeno korištenje.

S obzirom da u Hrvatskoj izviru geotermalne vode visokih raspona temperatura, mogle bi se koristiti na mnoge načine i u različitim djelatnostima. Prema zadnjim istraživanjima utvrđeno je da postoje 32 izvora geotermalne vode, od kojih su: 10 subtermalne, 8 hipotermalne, 7 homeotermalne i 7 hipertermalne vode. Na 13 lokacija se najviše koristi za rekreaciju, na 8 lokacija u terapeutske svrhe, za zagrijavanje na 5, a za zagrijavanje prostorija na 6 lokacija. Geotermalna voda se također koristi tako što se utiskuje direktno u sustav cjevovoda, kao sanitarna voda, za uzgoj riba, a na jednoj lokaciji njome se pune boce , te se prodaje mineralna voda. Na čak 14 lokacija se uopće ne koristi. [http://www.geografija.hr/teme/klima-i-vode/iskoristavanje-geotermalne-i-mineralne-vode-u-hrvatskoj/]

U Varaždinskim toplicama koriste se na prirodan način svi raspoloživi resursi korisni ljudskom zdravlju: klimatoterapija, talasoterapija i balneoterapija. Uz prirodne oblike liječenja, razvijale su se i tri znanosti balneologija (lat. Prirodni ljekoviti činitelji Suplement balneum = kupelj, grč. λόγος = znanost), talasologija (grč. θάλαττα = more, grč. λόγος = znanost) i klimatologija (grč. κλίμα = nagib, λόγος = znanost), koje

proučavaju prirodne ljekovite činitelje kopna, mora i atmosfere te načine i rezultate njihove primjene na zdravi i bolesni ljudski organizam.

Povijesna medicinska važnost geotermanog sustava Varaždinskih toplica nastavila se i do današnjih dana kroz djelatnost Specijalne bolnice za medicinsku rehabilitaciju (Slika 4.1.) (Ivanišević, 2015).



Slika 4.1. Specijalna bolnica za medicinsku rehabilitaciju Varaždinske toplice

Treba naglasiti i važnost korištenja sumporne termo-mineralne vode u Varaždinskim Toplicama koja osim zdravstvenih prelazi čak i lokalne, županijske pa i državne okvire. Na izvoru Klokota izvire sumporna termo-mineralna voda temperature 56,5-57,5 ºC, čija je izdašnost 20-ak l/s. U kadu dolazi izravno iz izvora, a njena se temperatura regulira na slavini iznad kade *(Slika 4.2)*. Na ulazu u kupeljarski dio terapije hotela Minerva nalazi se obavijest i upozorenje korisnicima sumporne kupelji.

Preporučena temperatura sumporne kupelji:

• izoterma 34 ºC - 36 ºC: do 30 minuta

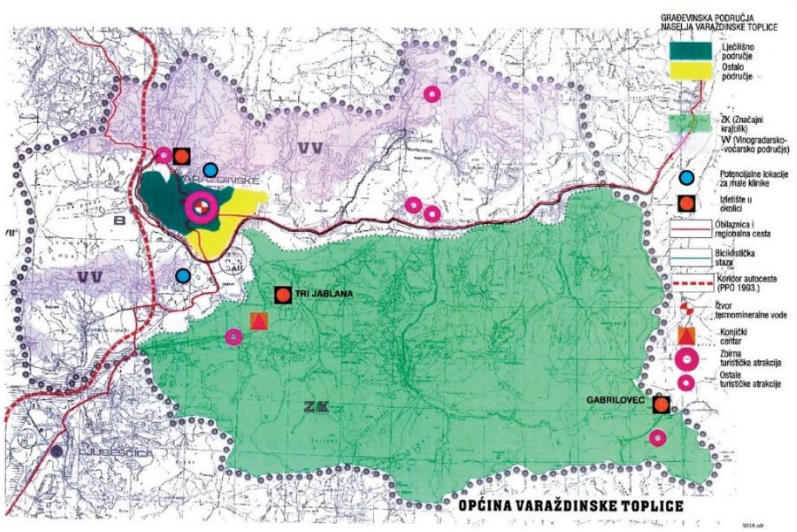
• hipoterma 40 ºC - 42 ºC: do 15 minuta

Kupelj ljekovito djeluje kod artroze zglobova, artritisa, bolesti kralježnice, izvanzglobnog reumatizma, kronične ginekološke bolesti i psorijaze. Međutim, ne savjetuje se kod akutnih i aktivnih upalnih bolesti, zloćudnih bolesti, bolesti sa sklonošću krvarenja, bolesti srca i krvnih žila, otvorenih rana i trudnoće.



Slika 4.2. Aktualna „sumporna kupelj“ u hotelu Minerva, sumporna termo-mineralna voda

Uporište zdravstvenog turizma u Varaždinskoj županiji su: Specijalna bolnica za medicinsku rehabilitaciju sa svojom strukturom i sadržajima, lječilišno mjesto (bad) sa svojom poviješću, kulturom, arhitekturom, urbanizmom, hortikulturom, infrastrukturom i turističkom edukacijom lokalnog stanovništva i pripadajuća zdravstveno-turistička destinacija Varaždinske Toplice *(Slika 4.3).*



Slika 4.3. Područje zdravstveno-turističke destinacije Varaždinske Toplice

5. RASPRAVA

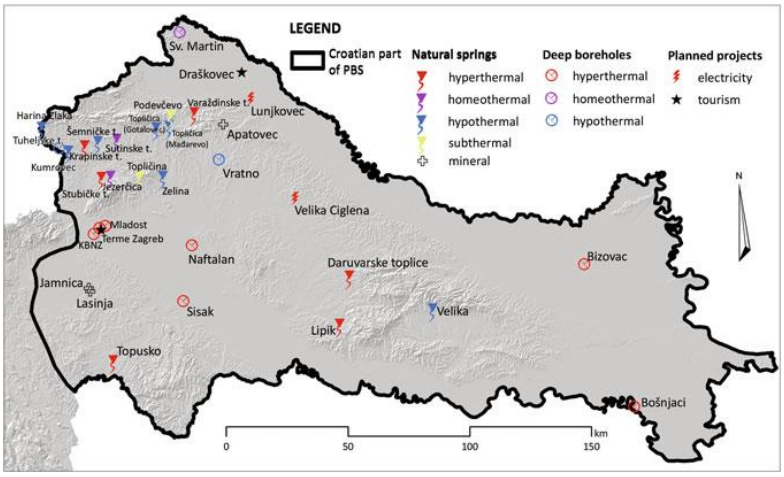
Geotermalni sustavi predstavljaju veliki gospodarski potencijal za svaku zemlju. Već odavno je poznato korištenje termalnih i termo mineralnih voda u lječilišnom i rekreacijskom turizmu, a danas je u svijetu prepoznata i njihova energetska važnost. Ono što je za te sustave zanimljivo je u kojoj mjeri su to obnovljivi energetski resursi s obzirom na geološka i hidrogeološka obilježja prostora u kojemu se nalaze, utjecaja na okoliš i ekonomsku isplativost (www.theearthproject.com/everything-geothermal-energy/.

Najširа uporaba danas je usmjerena u medicinske i rehabilitacijske svrhe, grijanje različitih objekata pomoću podizača topline, a ondje gdje to dopuštaju uvjeti i u elektroenergetske svrhe – geotermalne elektrane.

Prednosti uporabe geotermalne energije odnose se uglavnom na mogućnost ograničavanja negativnih utjecaja na okoliš i obnovljivost geotermalnih resursa. Postrojenja za širu uporabu u energetske svrhe geotermalne energije su za sada skupa, ali svakim danom postaju sve jeftinija. Uporabom geotermalne energije smanjuje se potreba za uporabom fosilnih goriva čime se smanjuju emisije štetnih tvari u okoliš. Nije zanemariva niti razvojna komponenta koja doprinosi inovacijama u tehnologiji korištenja geotermalne energije.

Nedostaci korištenja geotermalnih resursa su uglavnom još uvijek vezani za iznimno visoku cijenu opreme i udaljenost od urbaniziranih područja gdje su potrebe za energijom veće. Zabilježeni su i manji negativni utjecaji na mjestima velike eksploatacije termalne vode što izaziva manje potrese. Isto tako predstavlja problem i višak termalne vode te njihova dispozicija zbog toksičnih tvari u vodi i visoke temperature. Takve vode trebaju se vratiti natrag u geotermalni sustav u zatvorenom krugu što poskupljuje troškove eksploatacije.

Iznimno visoke temperature u dubljim dijelovima vodonosnika mogu oštetiti opremu što se prepoznaje gubicima u sustavu, a zamjena opreme može biti vrlo skupa. Razvoj tehnologije novih materijala i smanjenje njihove cijene vjerojatno će u budućnosti postupno riješiti i to više neće biti problem.



Slika 5.1. Lokacije korištenja termalnih i mineralnih voda na Panonskom području Hrvatske

Uvidom u do sada otkrivene resurse geotermalne vode u Panonskom dijelu Republike Hrvatske (Slika 5.1.) (Borović et al., 2016) možemo zaključiti da su mogućnosti iskorištavanja geotermalnih voda dosta velike. Osim u medicinske, rehabilitacijske i turističke svrhe postupno se širi primjena geotermalnih voda i u energetske svrhe. Najbolji primjer je nova geotermalna elektrana koja se gradi na području Velike Ciglene (Slika 5.2.), a planiraju se i na još nekoliko mjesta.



Slika 5.2. Nacrt geotermalne elektrane Velika Ciglena

Zbog visoke temperature termalne vode i njenog kemijskog sastava na području Varaždinskih toplica javlja se potreba za uporabom viška vode u energetske svrhe i/ili vraćanja vode u geotermalni vodonosnik kako bi se smanjivo negativan utjecaj visoke temperature vode kao i pojedinih tvari na okoliš.

6. ZAKLJUČAK

Sve veći utjecaj čovjeka na okoliš velikim dijelom je posljedica korištenja neobnovljivih izvora energije. Emisija štetnih tvari u okoliš koja to prati već utječe na gotovo sve dijelove Zemljine površine. Puno truda se ulaže u razvoj obnovljivih resursa od kojih je za okoliš najprihvatljivije korištenje samog geopotencijala planete Zemlje što uključuje i termalne vode.

Panonska Hrvatska ima veliki potencijal čije korištenje u budućnosti može uštedjeti velike količine financijskih sredstava i osigurati stabilniju energetsku budućnost Hrvatske. U tom smislu i geotermalni sustav Varaždinskih toplica koje se nalaze u neposrednoj blizini Varaždina osim u medicinske i rekreacijske svrhe treba usmjeriti prema korištenju za neke druge potrebe. U tu svrhu je potrebno provesti opsežna interdisciplinarna istraživanja kako bi se procijenila veličina i obnovljivost geotermalnog sustava i procijenile njegov potencijal.

Za racionalno gospodarenje geotermalnim i mineralnim vodama u Hrvatskoj potrebno je osigurati jedinstven sustav gospodarenja, nadzora korištenja i zaštite tih voda.

7.LITERATURA

„Aquae Iasae najnovejše rimske najdbe na območju Varaždinskih Toplic“, Katalog izložbe, n. dj. 17.

Bać, J. i Herak, M. (1962): Prijedlog za određivanje užih i širih zaštitnih zona termomineralnih izvora u Hrvatskoj. Arhiv HGI, Zagreb.

Borović, S., Marković, T., Larva, O., Brkić, Z., Mraz, V. (2016): Mineral and Thermal Waters in the Croatian Part of the Pannonian Basin. Mineral and Thermal Waters of Southeastern Europe, P. Papić (ed.) Environmental Earth Sciences, Springer Int. Publishing, Switzerland, 31-45.

Crantz, (1773): Anayses thermarum Herculanarum Daciae Traiani celebriorumque Hungariae. Accedit aquarum Hungariae, Croatiae nomenclator, Josephie Kurzböck, 96 str., Wien.

Crantz (1777): Gesundbrunnen der Österrichischen Monarchie, Gedruckt bei Joseph Gerold, 306 str. (16), Wien.

Čabrijan, J. (1966): Varaždinske toplice. Povijesni pregled. Vijesti muzealaca i konzervatora Hrvatske, 15, 5, 3-5, Zagreb.

Deutch, W.J. (1997): Groundwater Geochemistry – Fundamentals and Application to

Contamination.Lewis Publishers, 221 p.

Dumičić, E. (1988): Geološko i geokemijsko praćenje bušotine VTT-1 u Varaždinskim toplicama. Arhiv INA – Naftaplin/MOL, Zagreb.

Gorjanović- Kramberger, D. (1894 a): Geologija gore Samoborske i Žumberačke. Rad Jugosl.akad.znan.umjet., 1201-82, Zagreb.

Gorjanović–Kramberger, D.(1904a): Geologijska prijegledna karta Hrvatske i Slavonije, Zlatar-Krapina. 1:75 000 , Zona 21, Col.XIV., Naknada Kralj.zemalj.vlade, Odjel za unutarnje poslove, Zagreb.

Gorjanović-Kramberger, D.(1904b): Geologijska prijegledna karta Hrvatske i Slavonije, 1:75 000 Tumač geologijske karte Zlatar-Krapina., Zona 21, Col.XIV., Naknada Kralj.zemalj.vlade, Odjel za unutarnje poslove, Zagreb.

Gorjanović-Kramberger, D.(1904c): Geologijska prijegledna karta Hrvatske i Slavonije, Rogatec-Kozje , 1:75 000 ., Zona 21, Col.XIII., Naknada Kralj.zemalj.vlade, Odjel za unutarnje poslove, Zagreb.

Gorjanović-Kramberger, D.(1904d): Geologijska prijegledna karta Hrvatske i Slavonije, Tumač geologijske karte Rogatec-Kozje , 24 str.Naknada Kralj.zemalj.vlade, Odjel za unutarnje poslove, Zagreb.

Horvatinčić, N., Srdoč, D., Krajcar Bronić, I., Kapelj, S., Sliepčević, A. (1990): A study of geothermal waters in Northwest Croatia nad East Slovenia. Isotopes in water resources management. Vol. 2, IAEA, Vienna, 470-474.

Ivanišević, G. (2015): Varaždinske toplice u hrvatskoj balneologiji, fizikalnoj i rehabilitacijskoj medicini. Fiz. rehabil. med., 27, (1-2), 154-166.

Iveković, H. i Peroš, R. (1981): Mineratlne i termalne vode SR Hrvatske. Rad Jugosl. Akad. Znan. Umjet. Razr. Za mat., fiz., i tehn. znan. I Razr. Za med. Znan., 190 str., Zagreb

Kovačić, M., Perica, R. (1998): Stupanj korištenja termalnih voda u Republici Hrvatskoj. „Hrvatske vode“ 6, 25, 327-536, Zagreb.

Kušen, E. i sur. (2008): Mogućnosti turističkog razvoja mjesta i Specijalne bolnice za medicinsku rehabilitaciju Varaždinske Toplice, n. dj. 180.

Lalanquea (1779): Tractatus de aquis medicatis regnorum Croatiae et Sclavoniae iliti izpiszavanye vrachtrenih vod Horvatzkoga y Slavonzkog orsaga y nachina nye vsivati za potrebochu lyudih, 116 str., Tratner, Zagreb.

Malez (1983): Razvoj kvartara, fosilnog čovjeka i njegovih materijalnih kultura na tlu sjeverne Hrvatske. Varaždinski zbornik JAZU i Skupština općine Varaždin, 129-145, Varaždin.

Miholić, S. (1952): Kemijski sastav i karakteristike mineralnih voda. Godišnjak balneo. klimat. insti. NR Hrvatske 1, 7-18.

Miholić S (1959) Istraživanje termalnih vrela Hrvatskog zagorja. Ljetopis JAZU 63: 326–328.

Miklin, Ž. ,Krklec, N., Pranjić, J. (2005): Istraživanja termomineralne vode u Varaždinskim toplicama.3. Hrvatski geol. kongres, Vodič ekskurzija, 13-15, Zagreb.

Miletić, P. (1967): Hidrogeološke karakteristike voda sjeverne Hrvatske. Geol.vjesnik, 22, 511-524, Zagreb.

Pilar, Đ. (1884): Gutachen über die geologischen – hydrographischen Verhältnisse Der Umgebung der Thermen von Daruvar, 34 str., Daruvar.

Šimunić, A. & Hećimović, I. (1979): Tektonski odnosi sjeverozapadne Hrvatske (Ivanščica, Kalnik i Ravna gora). Zbornik radova Znan.savjeta za naftu Jugosl.akad.znan.umjet., Sekcija za primjenu geologije, geofizike i geokemije, IV god.znan.skup, 188-198, Zagreb.

Šimunić, A. (2008): Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske. Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, 207 str.

Šimunić i Pamić (1993): Geology and petrology of Egerian-Eggenburgian andesites from the easternmost parts of Periaadriatic zone in Hrvatsko Zagorje (Croatia). Acta Geologica Hungarica, Vol. 36/3, 315-330. Budampest.

Šimunić A. (1988): Geološko-tektonska osnova termomineralnih vrela u Varaždinskim Toplicama. Radovi Zavoda za znanstveni rad JAZU, 2, 9 — 29, Varaždin.

Truesdell, A.H., 1976: Summary of Section III. Geochemical Techniques in Exploration. Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, 53–79.

Vouk,V. (1916): Biološka istraživanja termalnih voda Hrvatskog zagorja. Prirodoslovna istraživanja Hrvatske i Slavonije, 8, 1-17, Zagreb.

Voyt, C. (1890) Expert opinion on protective zone determination for Varaždinske toplice spa, Kingdom of Croatia, County of Varaždin, Croatian Geological Survey. Municipality of New Marof, Zagreb (in Croatian).

Vukotinović¸ Lj. (1846): Toplice, Varašdinske. U Toplicah Varašdinskih 2. Kolovoza. – Novine hor.-slav.-dalm., 12, br. 59, 251; 12, br. 64, 271-272; 12, br. 65, 275-276, Zagreb.

Vukotinović, Lj. (1852): Geognostische Skizze vom Warasdiner Teplitz in Croatien, Jahrb. Geol. Reichsnast., 3/4, 13-17, Wien.

Vukotinović, Lj. (1853): Einige Mittheilungen über das Kalkniker gebirge in Croatien. Jahrb. Geol. Reichsanst.4/3, 550-552, Wien.

LITERATURA PREUZETA IZ DIGITALNIH MEDIJA

www.bgs.ac.uk/ research/energy/geothermal/home.html pristupljeno 08.06.2018. u 10:25

www.zmvt.com.hr/varadinske-toplice/ pristupljeno 08.06.2018. u 12:45

www.izvanokvira.hr/velika-ciglena.php pristupljeno 08.06.2018. u 13:45

http://www.geografija.hr/teme/klima-i-vode/iskoristavanje-geotermalne-i-mineralne-vode-u-hrvatskoj/ pristupljeno 16.06.2018.

POPIS SLIKA:

1.1. Zračni snimak arheološkog nalazišta antičkog naselja Aquae Iasae s izvorom termo-mineralne vode u gradskom parku Varaždinskih Toplica *(Izvor: „Aquae Iasae najnovejše rimske najdbe na območju Varaždinskih Toplic“, Katalog izložbe, n. dj. 17.)*

2.1. Pojednostavljen prikaz geotermalnog sustava (preuzeto s www.bgs.ac.uk/ research/energy/geothermal/home.html 08.06.2018. u 10:25)

2.2. Prikaz vodnih faciesa u rombu Piperova dijagrama *(Deutsch, 1997)*

3.1. Varaždinske toplice-termalni izvori uz Rimske iskopine (*preuzeto iz Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske , Antun Šimunić, Zagreb, 2008)*

3.2. Pregledna geološka karta okolice Varaždinskih toplica *(preuzeto iz Šimunić A., 1988)*

3.3. Geološka karta i geološki profil okolice Varaždinskih toplica (*preuzeto iz Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske , Antun Šimunić, Zagreb, 2008)*

3.4. Brečasti dolomit, jezgra bušotine B-1, dubina 20-24 m (foto: Ma.Kovačić) *(preuzeto iz Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske , Antun Šimunić, Zagreb, 2008)*

3.5. Detalj izvorišta s novom kaptažom i „upojnom bušotinom“ *(foto: An. Šimunić) (preuzeto iz Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske , Antun Šimunić, Zagreb, 2008)*

3.4. Piperov dijagram osnovnog ionskog sastava Varaždinskih toplica u usporedbi s ostalim termomineralnim vodama sjeverozapadne i istočne Hrvatske

4.1. Specijalna bolnica za medicinsku rehabilitaciju Varaždinske toplice *(preuzeto s www.zmvt.com.hr/varadinske-toplice/ pristupljeno 08.06.2018. u 12:45)*

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

4.3. Područje zdravstveno-turističke destinacije Varaždinske Toplice. *(Izvor: Kušen, E. i sur.2008., Mogućnosti turističkog razvoja mjesta i Specijalne bolnice za medicinsku rehabilitaciju Varaždinske Toplice, n. dj. 180.)*

5.1. Lokacije korištenja termalnih i mineralnih voda na Panonskom području Hrvatske (preuzeto iz Borović, et al., 2016)
5.2. Nacrt geotermalne elektrane Velika Ciglena (preuzeto s www.izvanokvira.hr/velika-ciglena.php pristupljeno 08.06.2018. u 13:45)

Izjava o akademskoj čestitosti

Čuljak, Anna Maria

Supplement / Prilog

Publication year / Godina izdavanja: **2018**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:678936

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-10-27**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering





IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

Geologija geotermalnog sustava Varaždinskih toplica

Rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom prof.dr.sc. Sanje Kapelj

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 06. 07. 2018.

Anna Maria Čuljak
(Ime i prezime)

Anna Maria Čuljak
(Vlastoručni potpis)