

GEOLOGIJA GEOTERMALNIH LEŽIŠTA SJEVERNE HRVATSKE

mr. sc. Željka Sladović, GeoDa Consulting d.o.o.

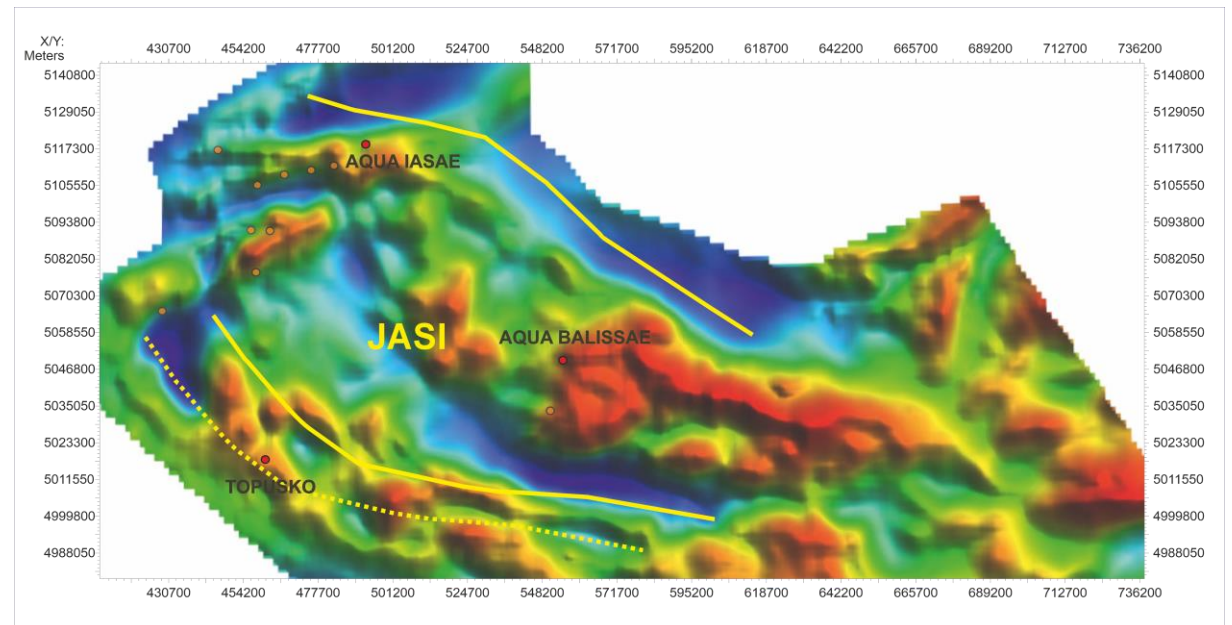
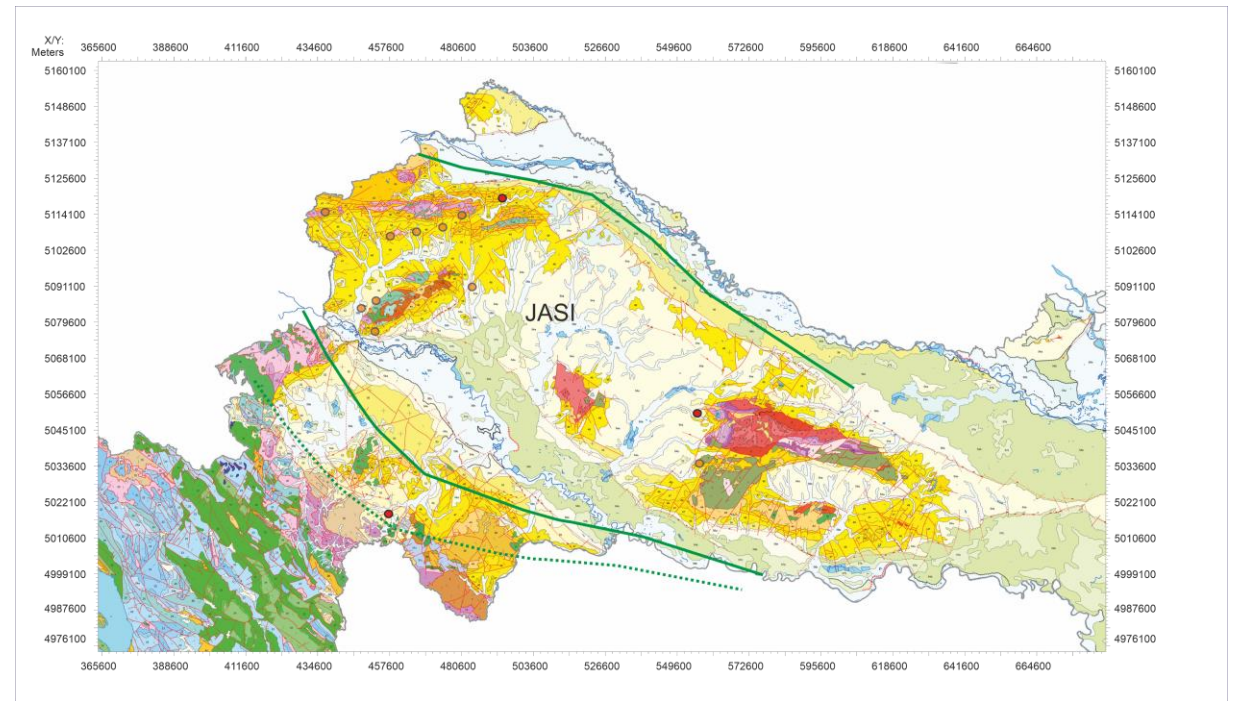
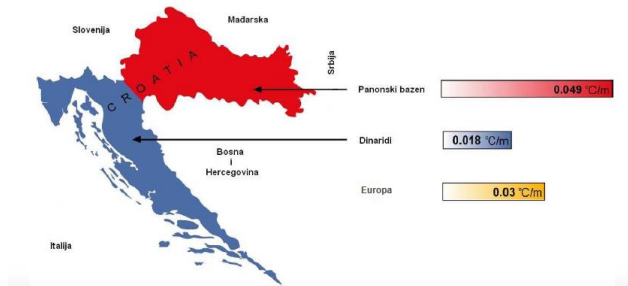
SADRŽAJ PREDAVANJA

- POVIJEST GEOTERMALNIH ISTRAŽIVANJA
- GEOTERMALNE ZNAČAJKE PROSTORA
- GEOTERMALNI PLAYEVI I GEOTERMALNA LEŽIŠTA
- DOKAZANA GEOTERMALNA LEŽIŠTA
- PRIMJERI GPZ ZAGREB I IP U BARANJI

- 20 min

POVIJEST KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

- Panonsko pleme Jasi - topličari
- Procvat 1.-4. st. Rim
 - Varaždinske i Daruvarske toplice,
 - Topusko
 - Niz lokacija na području
 - Voda je korištena za balneološke i energetske svrhe (podno grijanje)
- 18 st. reaktivacija geotermalnih lokaliteta
- 19 st./početak 20 st. Intenzivno korištenje
 - Topusko 1895. i 1896. proglašeno najboljim kupalištem u Austro-Ugarskoj monarhiji
- Varaždinske toplice, Daruvarske toplice, Topusko – područja s izdancima trijaskih dolomita u širem području
- Na ravimetrijskoj karti uz rubove gravimetrijskih maksimuma



POVIJEST KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

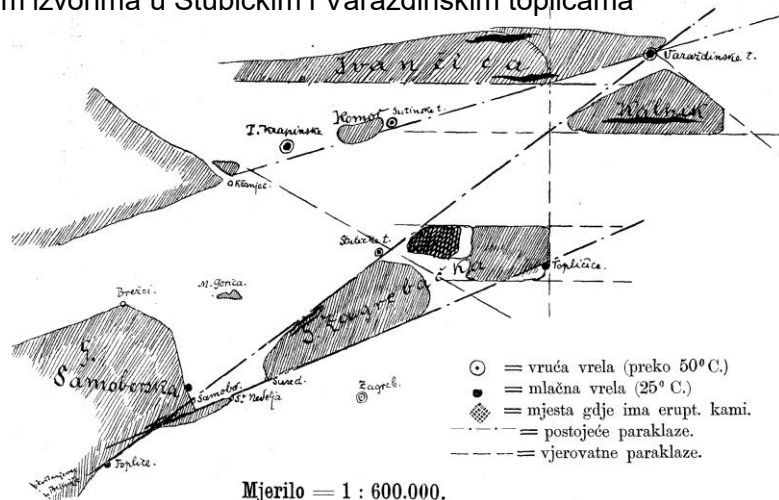
Intenziviranje korištenja toplica – geokemijske analize vode, geološki modeli nastanka geotermalne vode

Pretpostavka **Gorjanović–Krambergera** bila je da su termalni izvori u Hrvatskom zagorju rezultat postvulkanskog djelovanja i da se pojavljuju samo na određenim dubokim rasjedima („termalnim linijama“) ili na sjecištima tih rasjeda.

Njihovo mišljenje bilo je da se u Stubičkim toplicama sijeku Balatonska i Zagorska termalna linija. Na Balatonskoj termalnoj liniji su «smještene» Varaždinske i Stubičke Toplice te toplice kod Sv. Jane. Ova druga linija „povezuje“ termalne izvore u Stubičkim i Sutinskim toplicama.

Miholić (1940.) je prihvatio ideju o termalnim linijama, samo što je izmijenio Gorjanovićevu teoriju o vulkanskom podrijetlu termalne vode.

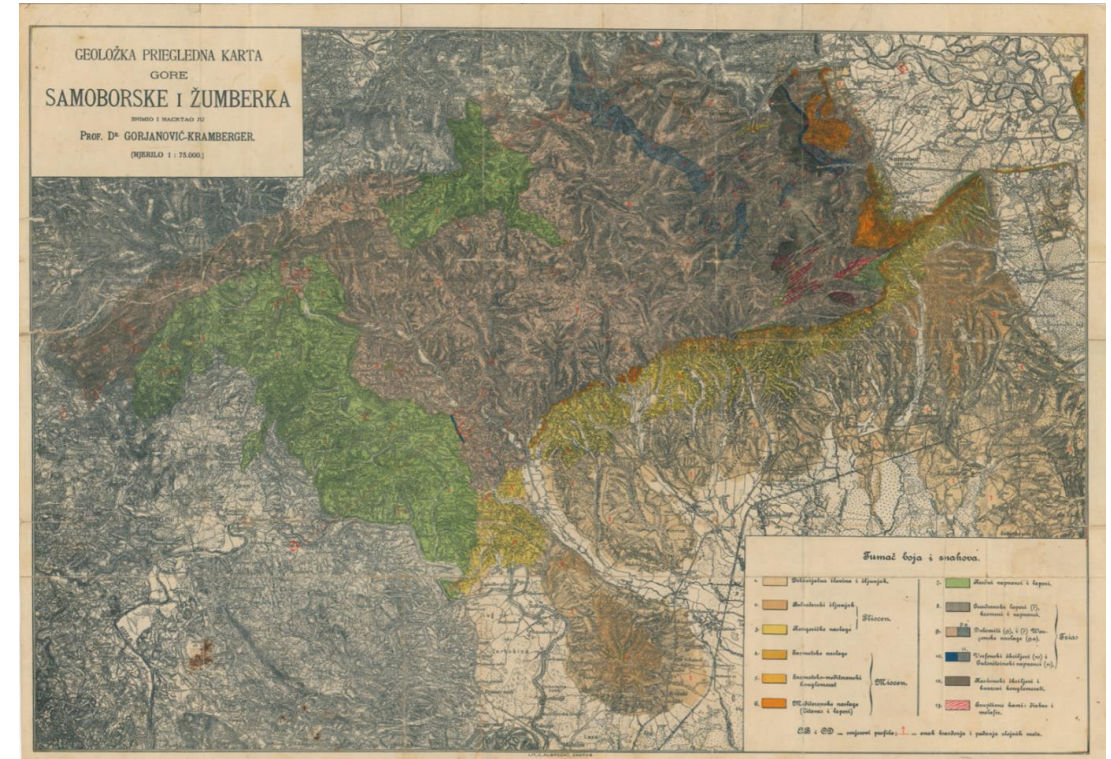
Geološka istraživanja obavljena u novije vrijeme nisu potvrdila Gorjanović – Krambergerovu i Miholićevu ideju o termalnim linijama, a u geološkoj literaturi spominje se samo „Balatonski rasjed“, a njega više nitko ne povezuje s termalnim izvorima u Stubičkim i Varaždinskim toplicama



Geologija gore Samoborske i Žumberačke.

Čitao u sjednici matematičko-prirodoslovnoga razreda jugoslavenske akademije
znanosti i umjetnosti dne 15. ožujka 1893.

ČLAN-DOPISNIK DR. DRAG. GORJANOVIĆ-KRAMBERGER.

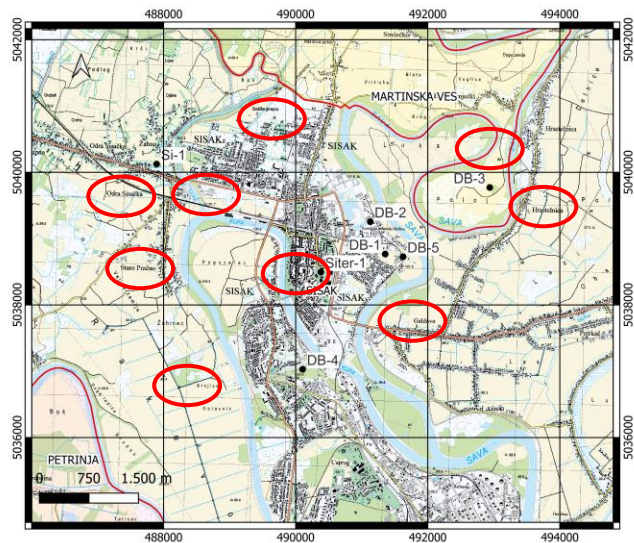


Toplice *Sv. Helena* imaju mlačnu do 25° C. toplu vodu, koja ponešto zaudara po sumporo-vodiku. Inače su vrlo ugodne, pa ih Samoborčani i bliži susjedi rado upotrebljavaju. Neima dvojbe, da će se one naskoro i povećati, jer je Samobor krasnim svojim položajem, obiljem izvrstne vode i zdrava zraka opredjeljen, da bude lječilištem to zračnim to kupalištnim.

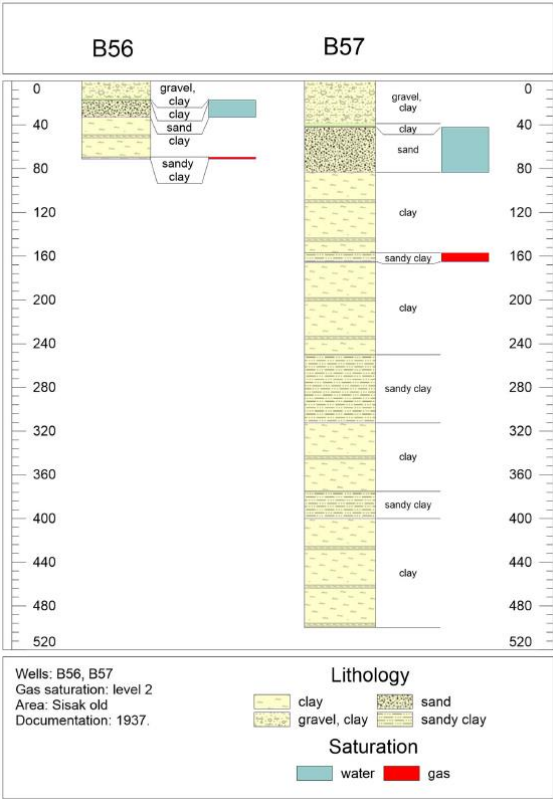
Drugo je toplo vrelo *Toplice* kod Sv. Jane. Voda je toga vrela bistra, bez teka i mirisa, te mjeri 25° C. Vrelo je otvoreno, pak ti je basenom jednostavna oveća, krupno ošljunčena jama. Kupać se daklem u prostoj božjoj naravi, na očigled sela. Lih od grana sastavljen šator, pak podbočena daska sve je, što imadeš za — toaletu. Kraj sve te primitivnosti, ipak se ljudi, a i susjedna gospoda rado kupaju u toj ugodnoj vodi, samo se je čuditi, da okolišna inteligencija ne dađe složiti barem daščaru nad onim jamastim basenom, da se bar od vjetra zaštite, ako ih već ne smeta publika.

POVIJEST KORIŠTENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

Bušenja s ciljem pronalaženja nafte i plina u Međimurju, kraj Kutine, u Sisku



Proizvodna bušotina	Godina bušenja	Plinski horizont (m), crveno u proizvodnji			Tlak, mjereno 1933.
		1	2	3	
B15	1929	34,9	69,9	99,3	5,8 atm, tlak je narastao na 9,3 atm do svibnja, 1933.
B20	1929	18,8	76,5	111,5	9,2 atm (1929.) - 7,4 atm (svibanj 1933.)
B36	1930			113	
B37	1930	19			17 atm (1930.) - 1,2 atm (svibanj 1933.)
B19	1929	Geotermalne bušotine. Na bušotinama B32 i B35 ugrađeni su plinski separatori, plin je korišten za vlastitu proizvodnju, količina vode do 12,3 l/s/bušotini, T>19°C,			
B24	1929				
B32	1930				
B35	1930				



ISTRAŽIVANJE NAFTE I PLINA – PRONALAZAK GEOTERMALNE VODE

- Izbušene su 4 duboke bušotine (više od 300 m), ukupno 2355 m,
- 60 bušotina do 200 m, ukupno 4877 m,
- 10 plitkih bunara do 33 m, ukupno 194 m.
- Područje Siska, naselja Sisak Stari, Novi, Odra, Galdovo Erdedsko, Topolovac, Hrastelnica, Bok, Stupno, Drenčina Nova i Stara, Mošćenica**
- Bušotina DB-1 – dubina 645 m, dobivena je voda i plin
- Bušotina DB-2 – dubina 331 m, dobiveno 20-35 m³/h vode
- Bušotina DB-3 - dubine 762 m geotermalna bušotina – 41 °C služila je kao kupalište za mjesnu zajednicu. Nivo vode bio je na 357 m.
- Bušotina DB-4 dubine 1015,35 m, geotermalna voda s plinom, nekomercijalne količine. Mineralizacija vode u dubljim pjeskovitim slojevima (945m) je 6 puta manja nego u gornjim intervalima, izmjerena temperatura vode bila je 41°C, kapacitet 3 l/s, plin 20 m³/h, tlak 40 bar.**

POVIJEST ISTRAŽIVANJA GEOTERMALNOG POTENCIJALA

BUŠENJE

Nakon drugog svjetskog rata intenzivna geofizička istraživanja i bušenja bušotina **s ciljem pronalaženja nafte i plina.**

Otkrivena je i testirana geotermalna voda u brojnim bušotinama. Neki od vodonosnika su privedeni proizvodnji:

Bizovac
Ivanić
Sveti Martin

Osamdesetih godina vršena su dodatna geofizička ispitivanja i bušenja s ciljem raskrivanja geotermalnih vodonosnika, posebno u sjeverozapadnom dijelu RH.

Bušotine na području grada Zagreba

Lomnica-1

Nedjelja-1

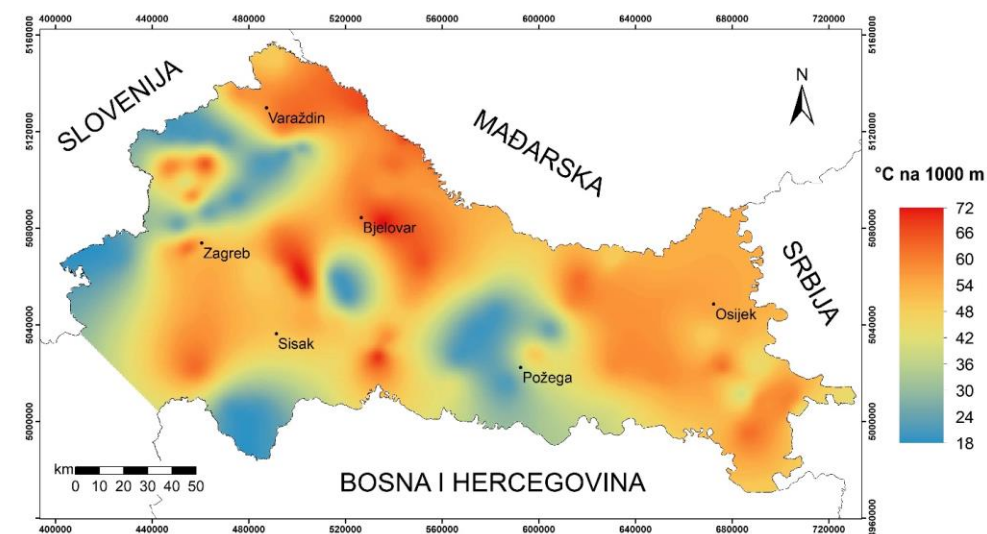
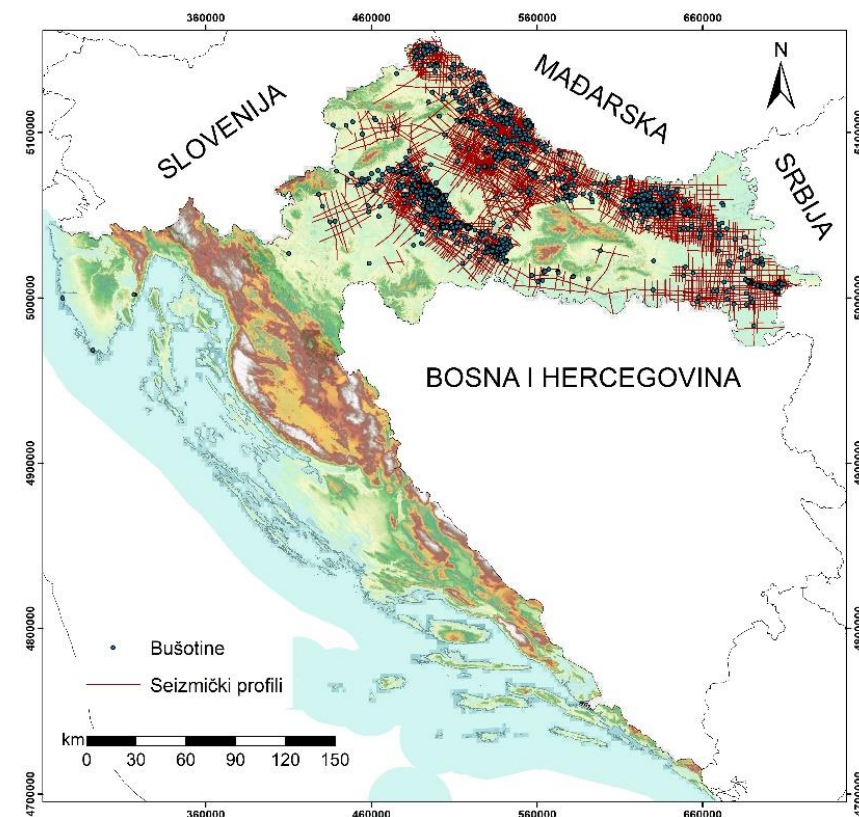
Siter-1

KRT-1

VTT-1

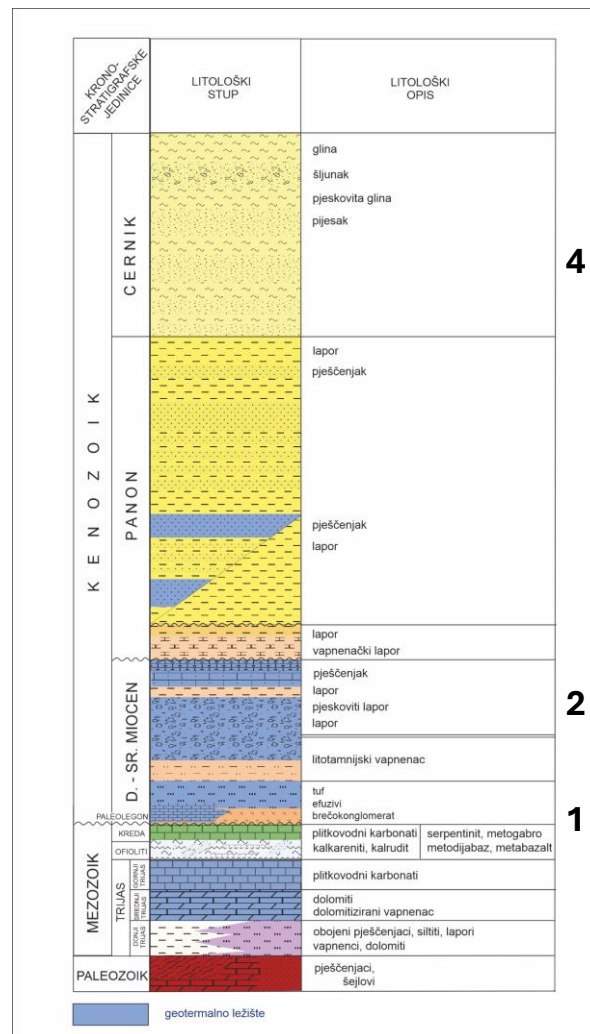
Kri-1...

Analize bušotina i geofizičkih podataka temelj su današnjih istraživanja dubokih vodonosnika u energetske svrhe.



POVIJEST ISTRAŽIVANJA GEOTERMALNOG POTENCIJALA

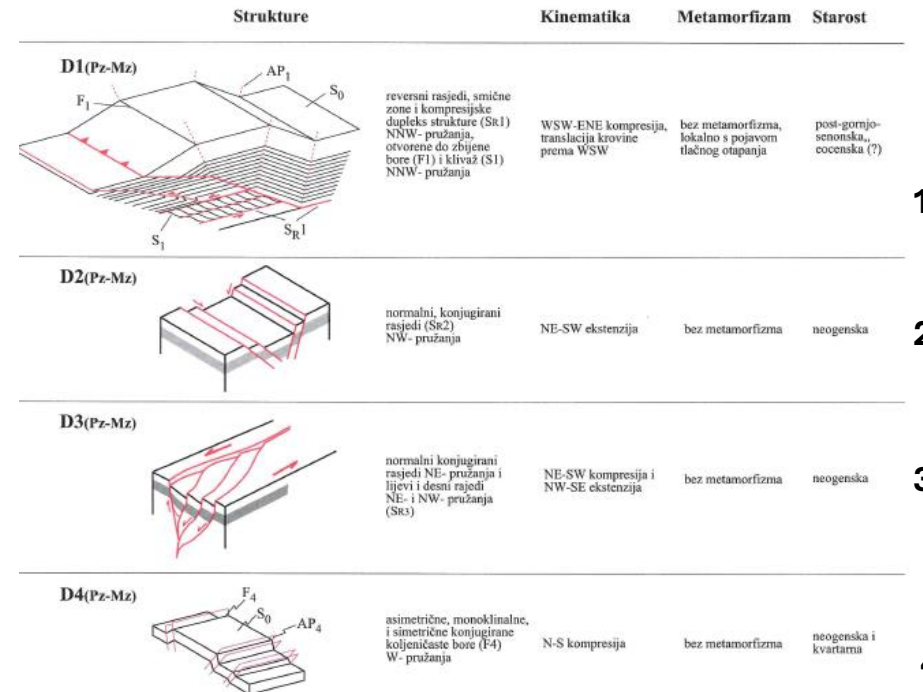
- Brojni geofizički i bušotinski podaci doveli su zadovoljavajućeg stupnja poznavanja razvoja naslaga u podzemlju.
- U njima su, zbog složenih tektonskih odnosa tijekom geološke povijesti te paleogeografske i sedimentološke dinamike, generirana geotermalna ležišta povoljnih prioizvodnih parametara unutar geotermalnih playeva.
- Geotermalni play** predstavlja stratigrafske i litološke horizonte u bazenima, pogodne za akumulaciju i korištenje geotermalnih voda, uz definiran mehanizam akumulacije i cirkulacije.
- Utvrđivanje **mehanizma razvoja fizičkih parametara**, primjenjivih na pojedini play predstavu, temelj je istraživanja potencijala prostora.
- Fizikalni parametri ovise o paleogeografskom razvoju prostora, sedimentnim sustavima i geotektonskim fazama koje su karakteristične za pojedinu geotermalnu igru.



4

2

1



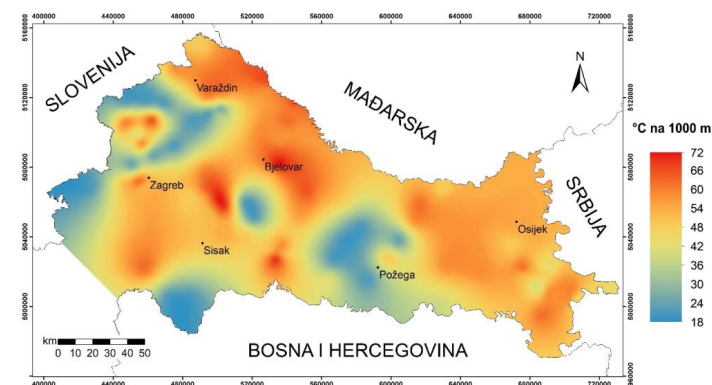
1

2

3

4

TOMLIJENIĆ, B. 2003



Geotermalni playevi:

- Predkenozojski geotermalni play, sa ili bez primarne poroznosti, tektonizirani
- Donjo do srednje miocenski geotermalni play, primarna poroznost, tektonizirani
- Panonski pješčenjaci većih debljina, primarna poroznost, poboljšane karakteristike u blizini rasjeda

REGIONALNA GEOFIZIČKA MJERENJA

Kora ispod Tisijskog bloka znatno je stanjena uslijed uzlaznih struja astenosfere.

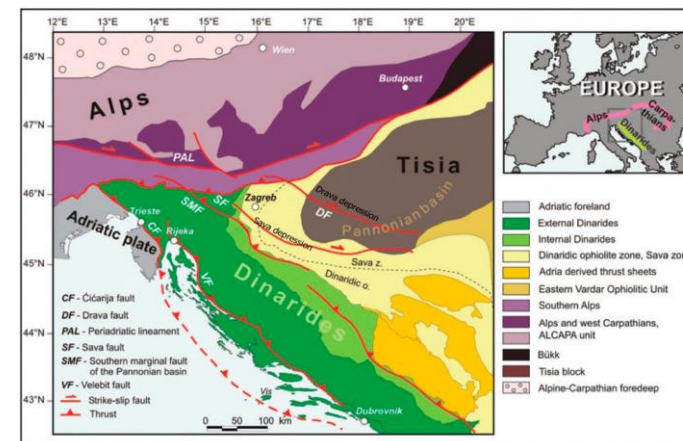
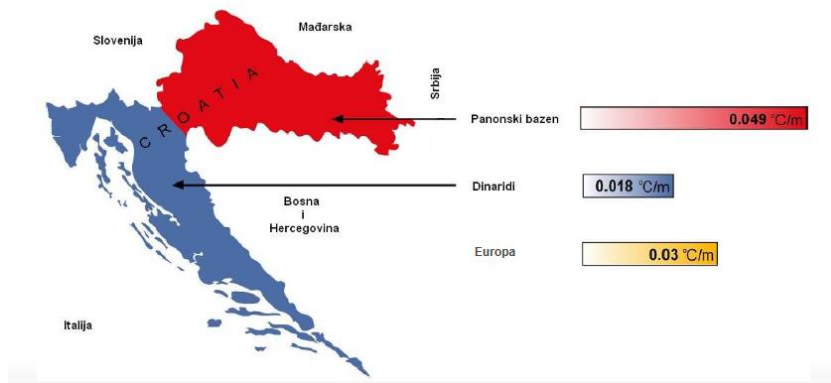
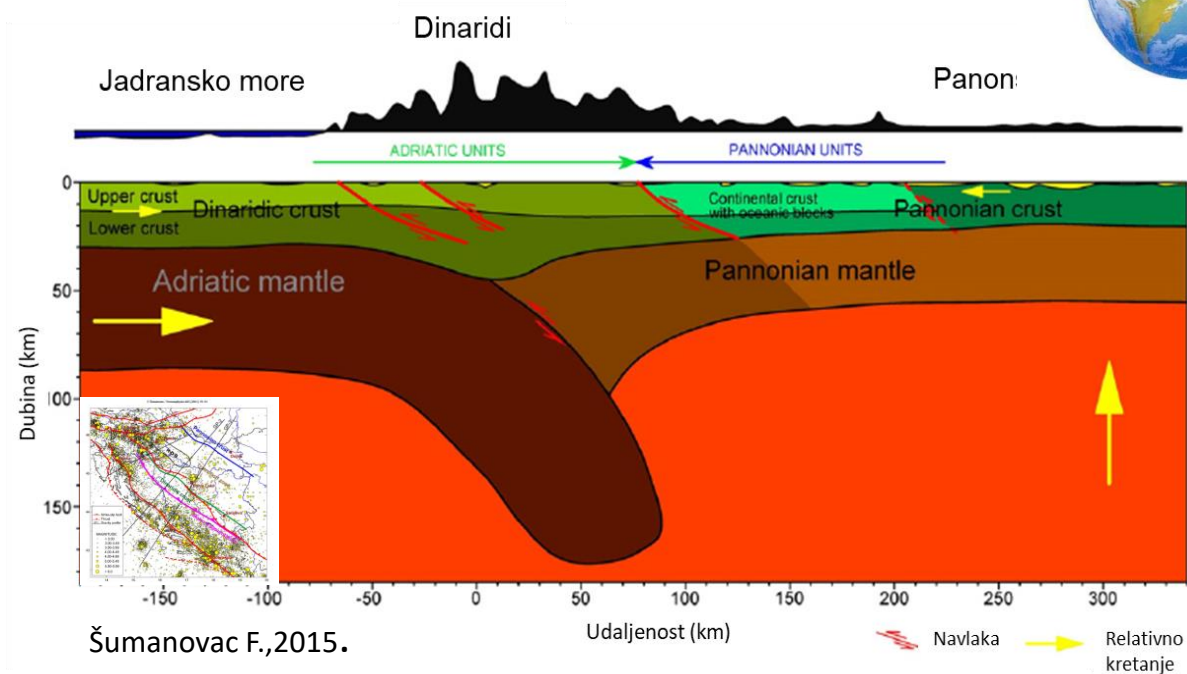
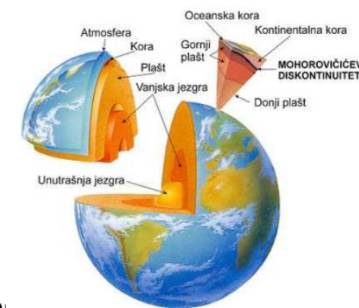
Ispod Tisijskog bloka kora se sastoji od jednog ujednačenog sloja te predstavlja pravu Panonsku zonu koja je dio Europske ploče.

Kora ispod Dinarida, koji pripadaju Afričkoj ploči, je znatno deblja i sastoji se iz dva sloja različitih geofizičkih karakteristika.

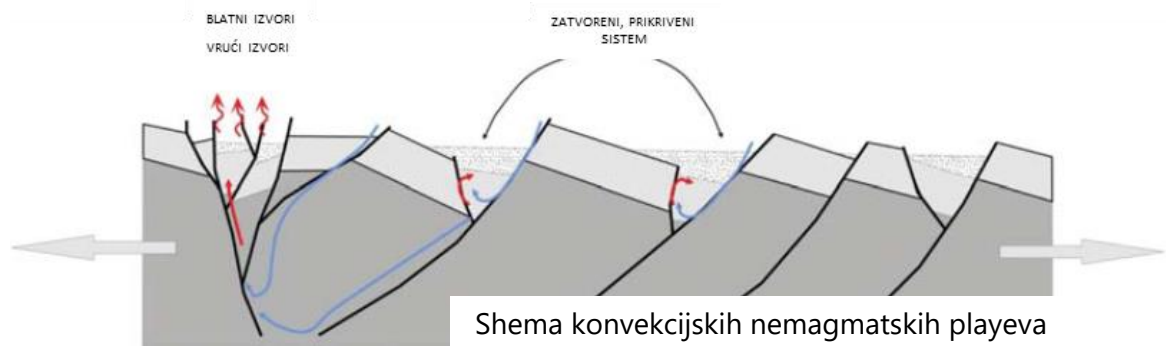
Novija istraživanja (Šumanovac et al., 2015.) pokazuju da se između njih nalazi neočekivano široka Prijelazna zona s lateralnim i vertikalnim varijacijama seizmičkih brzina i gustoća.

Zona je po gustoćama slična Tisijskom bloku i predstavlja pravu kontinentalnu koru te današnje strukturalne postavke koincidiraju s panonskim strukturnim i tektonskim modelom .

Osnovna karakteristika Prijelazne zone je miješanje većih i manjih blokova oceanske i kontinentalne kore kao i postojanje dva sloja unutar kore.

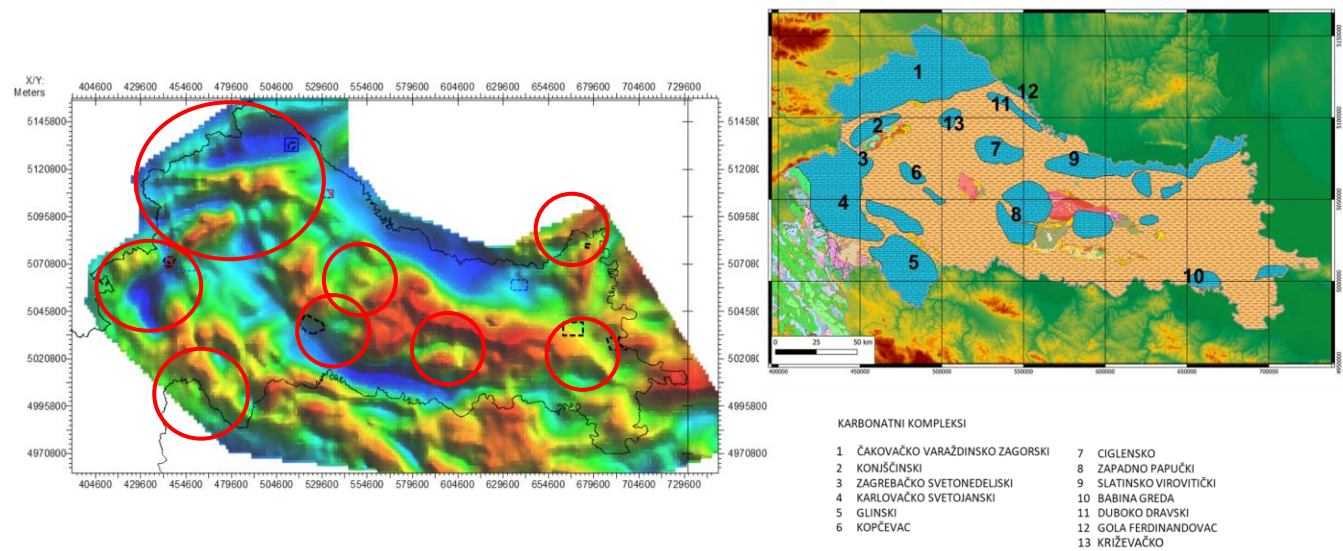


GEOTERMALNI SISTEMI



Izvor: Best practices guide for geothermal exploration IGA Service, Bochum University of Applied Sciences

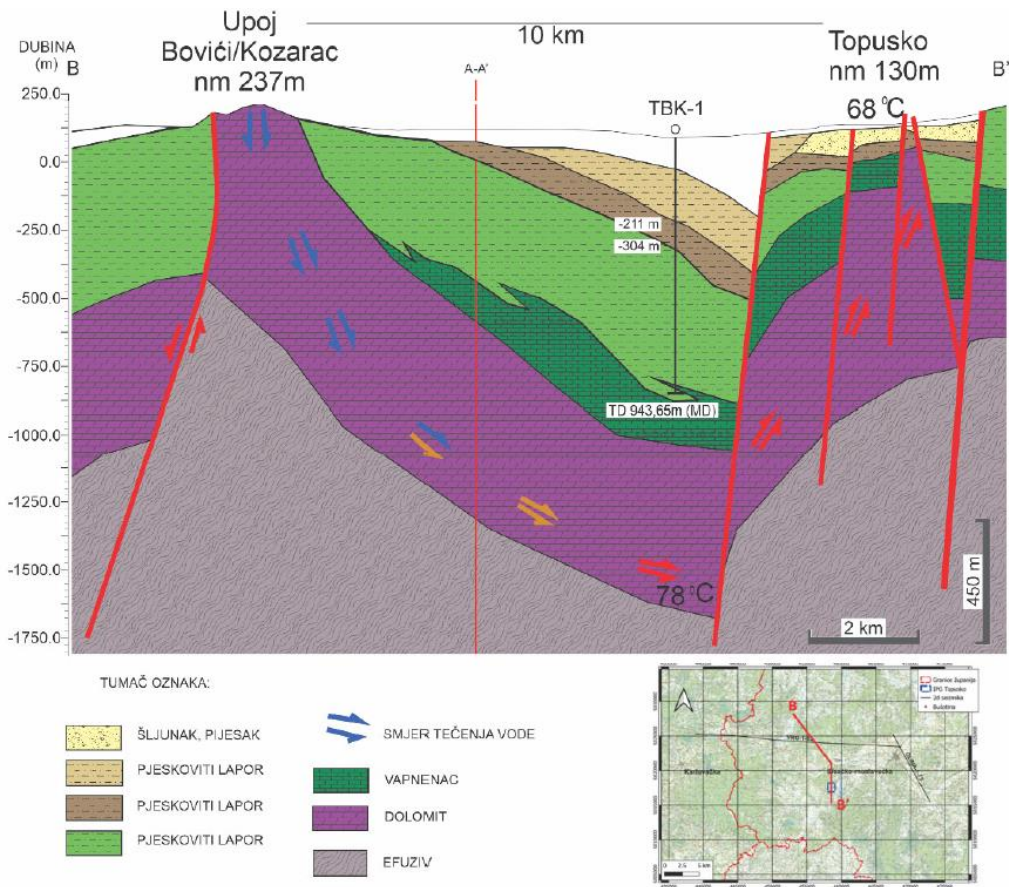
AKO POSTOJE POVRŠINSKI VRUĆI IZVORI – DOKAZ KONVEKCIJSKOG SISTEMA



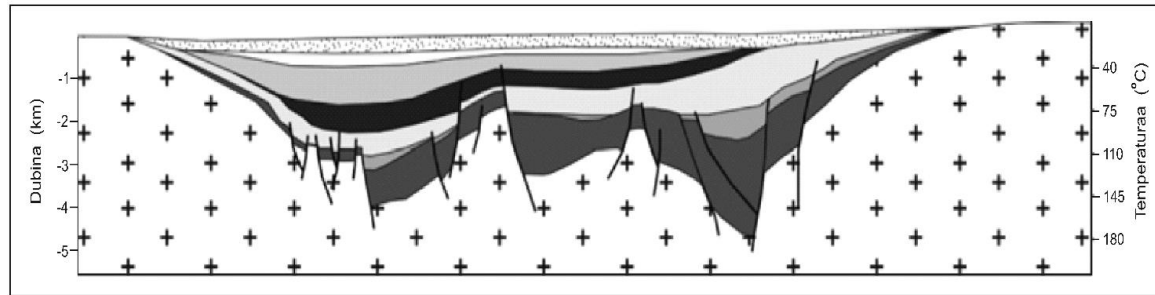
Geokemijske analize se koriste za klasifikaciju geotermalnih voda i određivanje mehanizma geotermalnog sustava.

Tumačenje seizmičkih, gravimetrijskih i magnetotelurskih podataka koristi se za ocrtavanje geotermalnog sustava

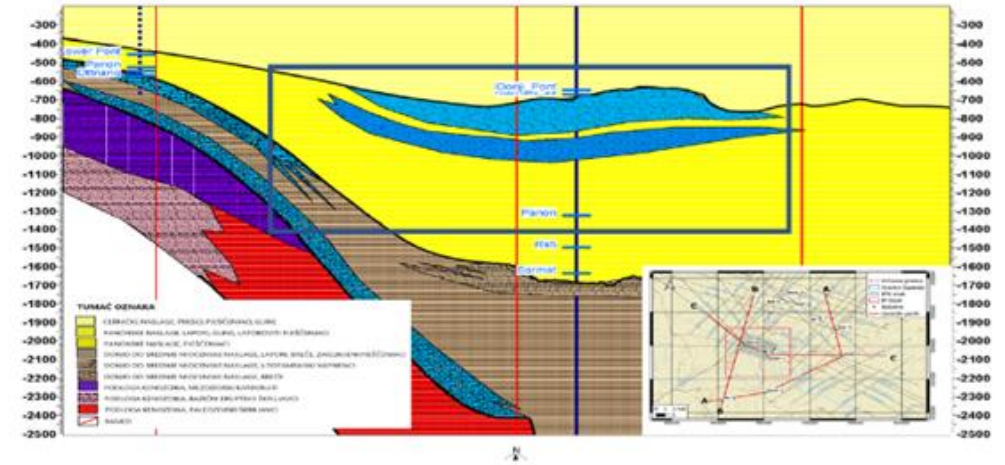
KRITIČNA TOČKA: MJESTO UPOJA I DUBINA BAZENA



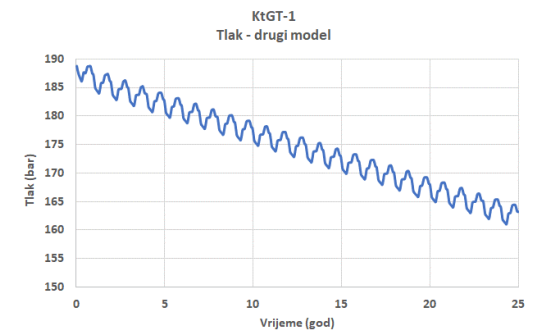
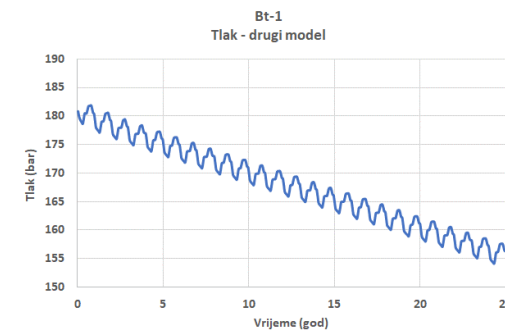
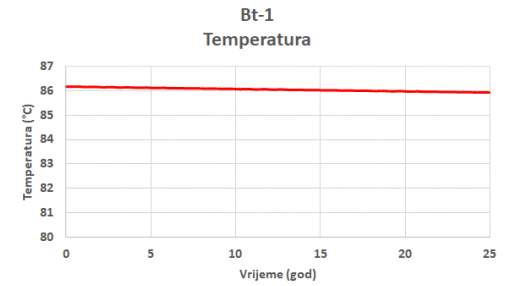
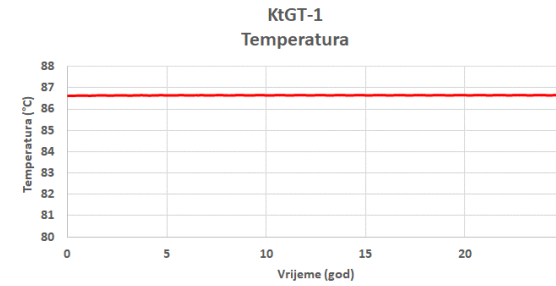
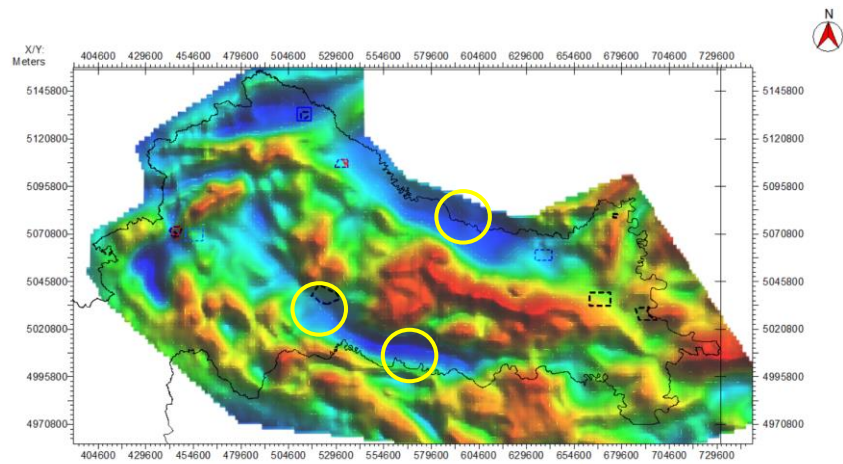
GEOTERMALNI SISTEM



Shema intrakratonskog sedimentnog bazena s jarcima ili subbazenima



KRITIČNA TOČKA: VOLUMEN VODONOSNIKA
potrebno znatnije vertikalno i horizontalno prostiranje

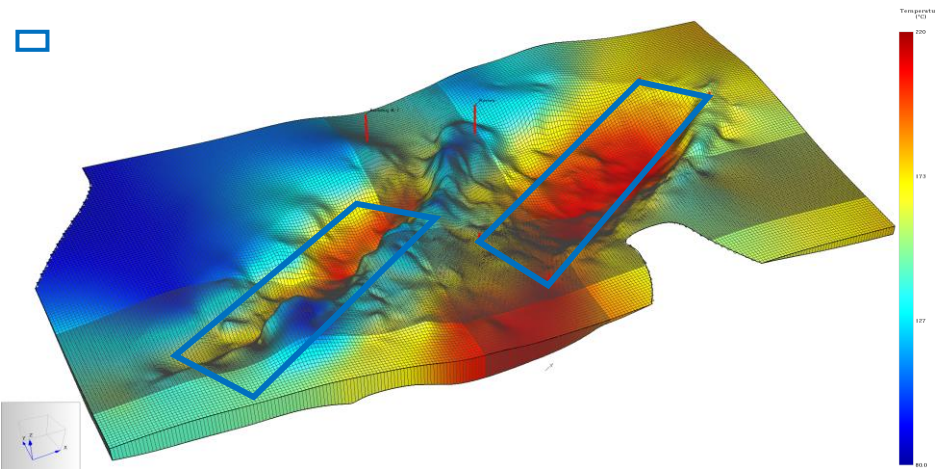
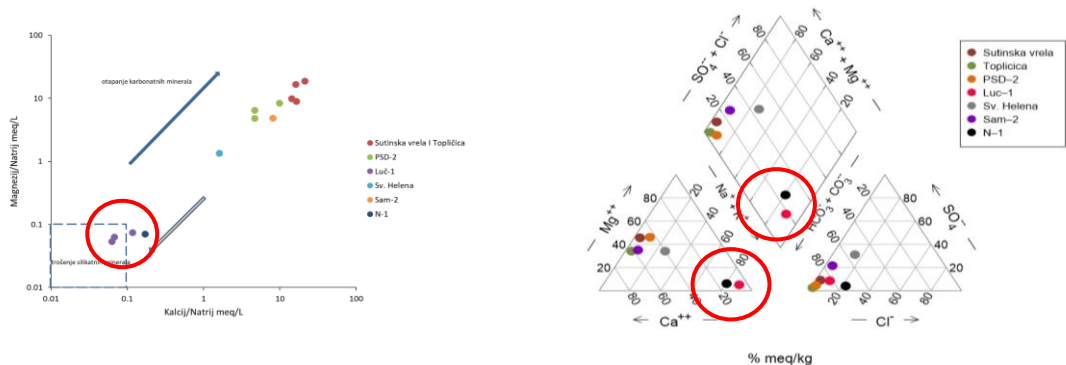
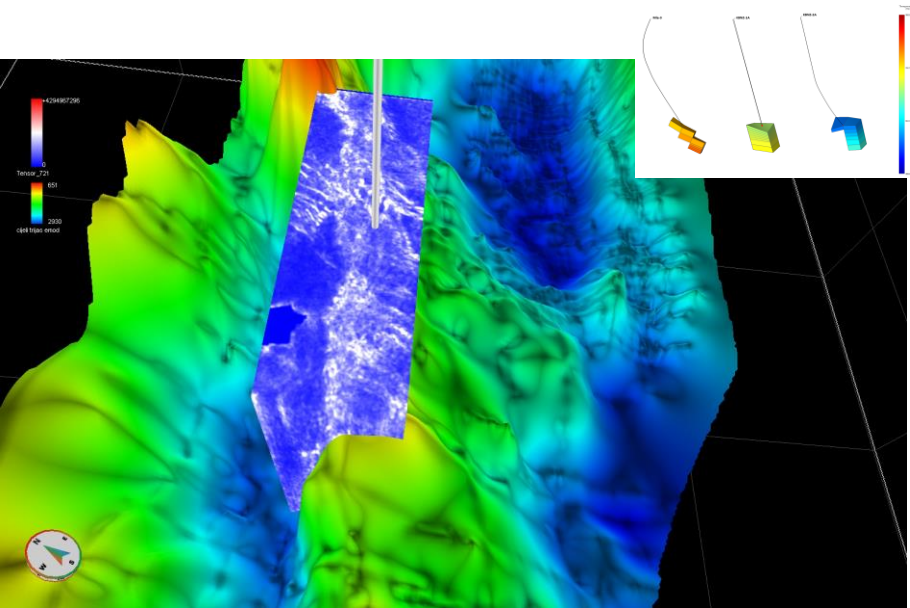
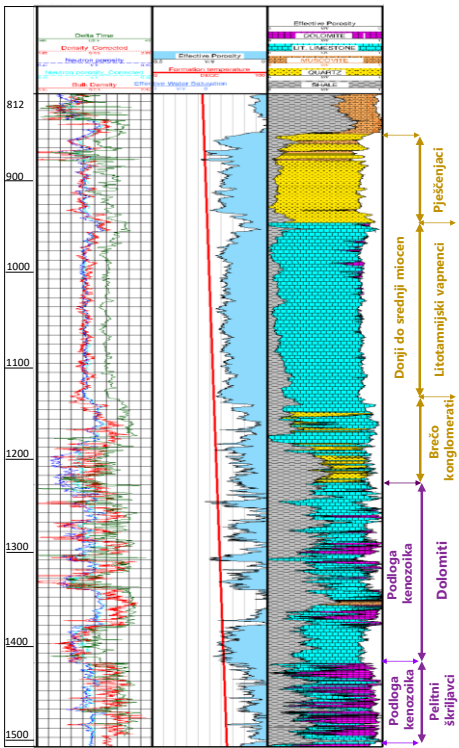


ANALIZA GEOTERMALNIH SISTEMA

- 1. Geofizički
 - 3D seizmika
 - 2D seizmika
 - Magnetotelurika, elektro otporne metode
 - Gravimetrija, magnetometrija
 - Izmjerene karotažne krivulje u bušotinama
- 2. Geološki podaci
 - Podaci jezgara bušotina
 - Izdanci stijena
 - Stare naftne bušotine
- 3. Geokemijski podaci
 - Kompleksne analize vode
 - Analize plinova
 - Određivanje starosti
- 4. Podaci proizvodnje tijekom godina
- 5. **OSNOVNA GEOLOŠKA KARTA**

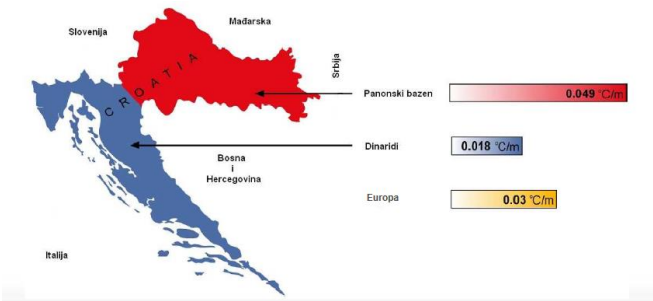
Geokemijske analize se koriste za klasifikaciju geotermalnih voda i određivanje mehanizma geotermalnog sustava.

Tumačenje seizmičkih, gravimetrijskih i magnetotelurskih podataka koristi se za ocrtavanje geotermalnog sustava

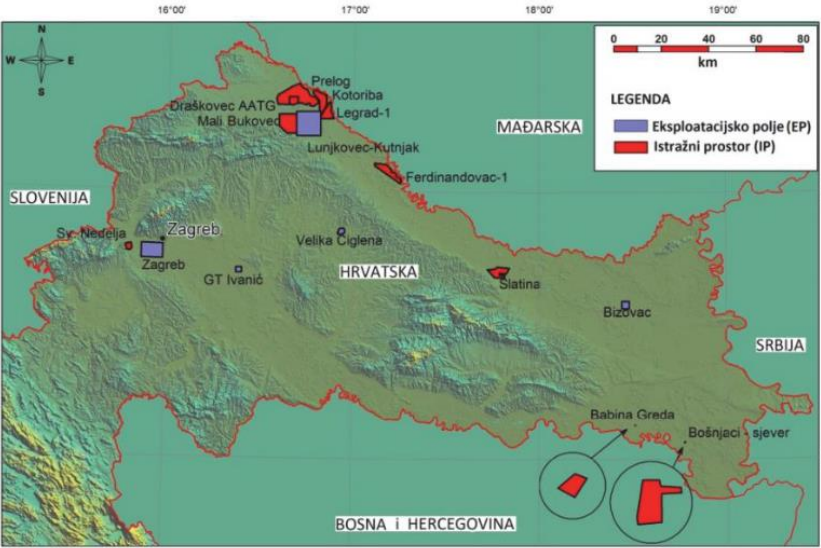


ENERGETSKO KORIŠTENJE GEOTERMALNIH VODA

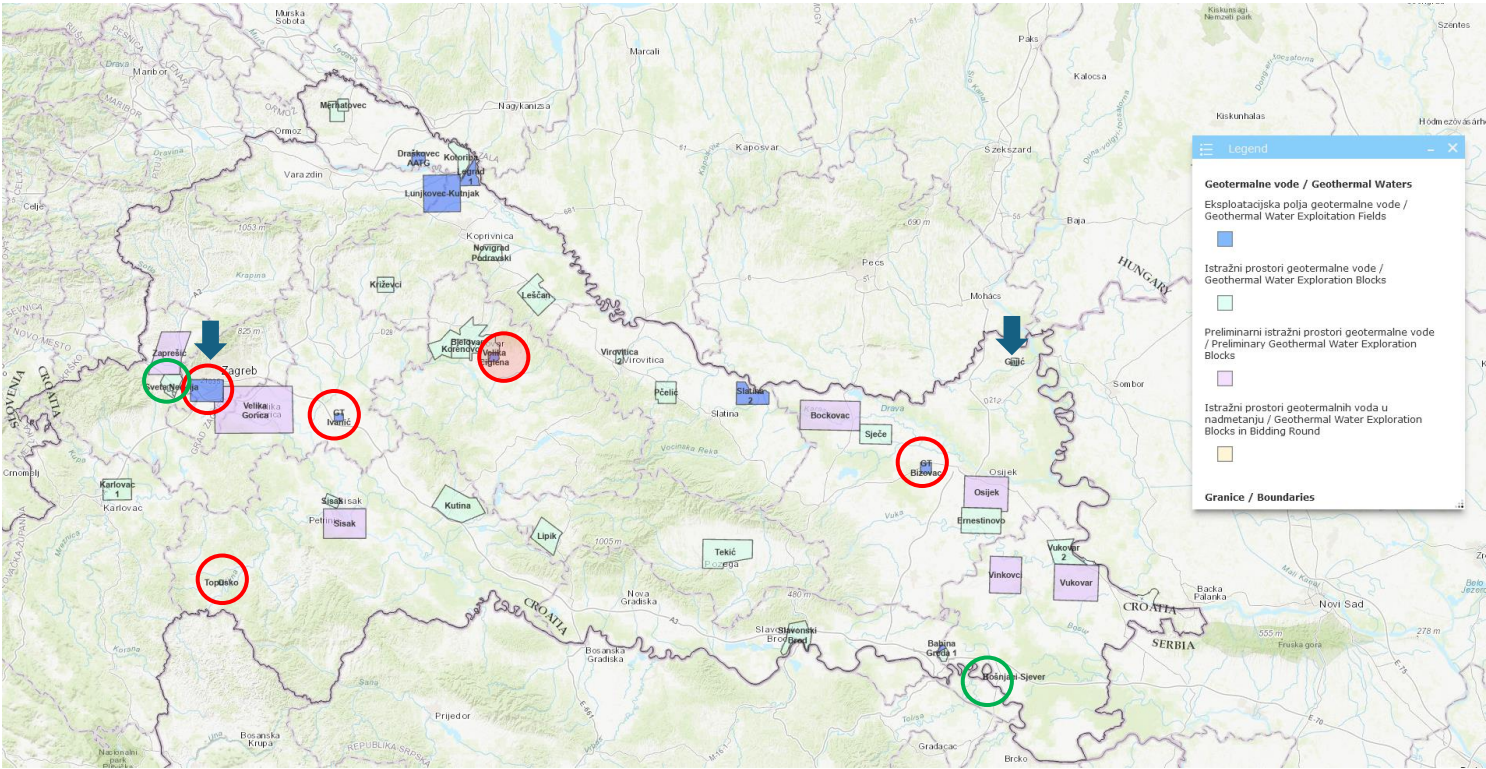
2024.



2018.



Izvor: Živković, S. at oth.

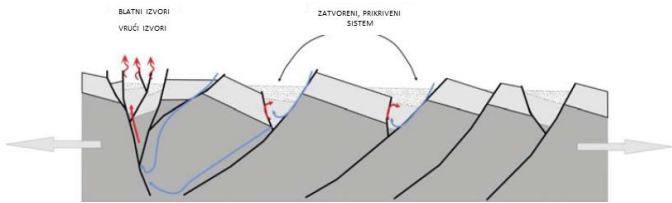
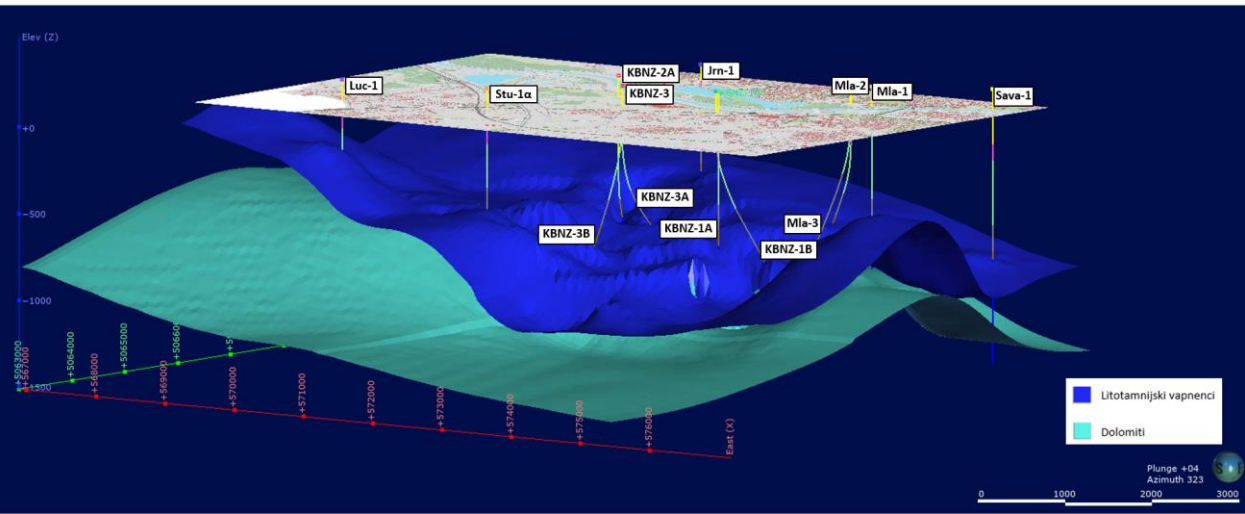


GEOTERMALNO POLJE ZAGREB

Geotermalno polje Zagreb otkriveno je **1977. godine** hidrodinamičkim ispitivanjem negativne naftne bušotine Stupnik-1, izbušene 1964.

Na osnovu interpretacije i analize geoloških i geofizičkih podataka izrađena je 1980. god. bušotina Mladost-1 u sportskom parku "Mladost". Bušotina je samoizlijevanjem davala 3,4 l/s vode (293,76 m³/dan). Izmjerena temperatura na ušću iznosila je 70°C. Nakon bušotine Mladost-1 izrađeno je još 12 bušotina do kraja 1988. godine.

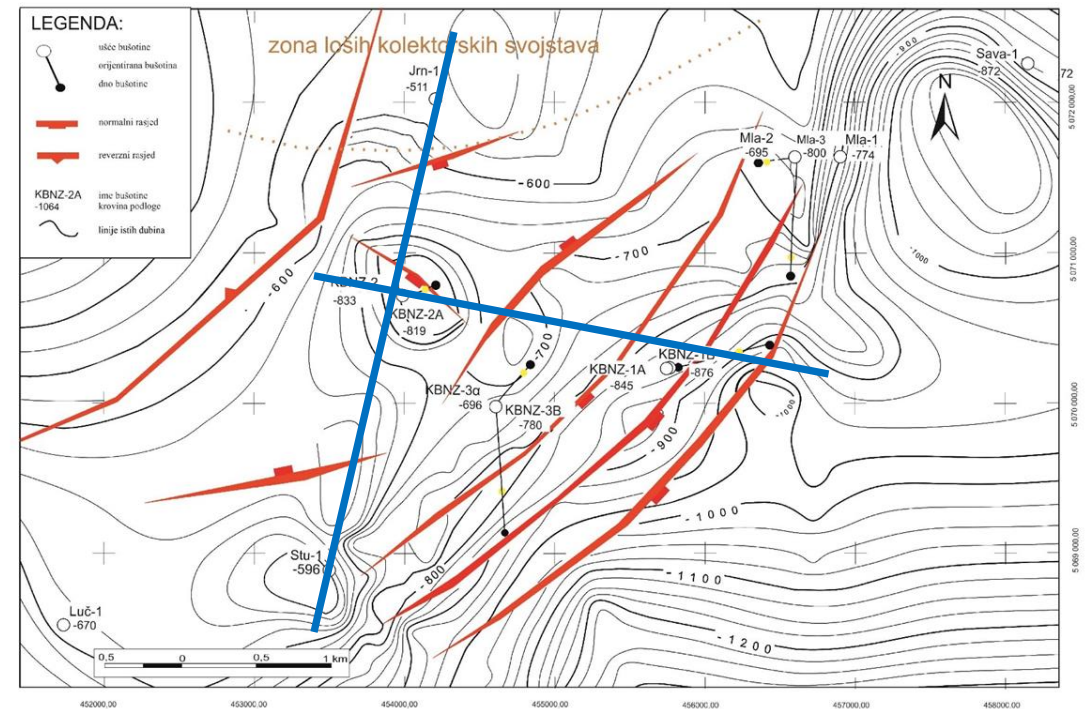
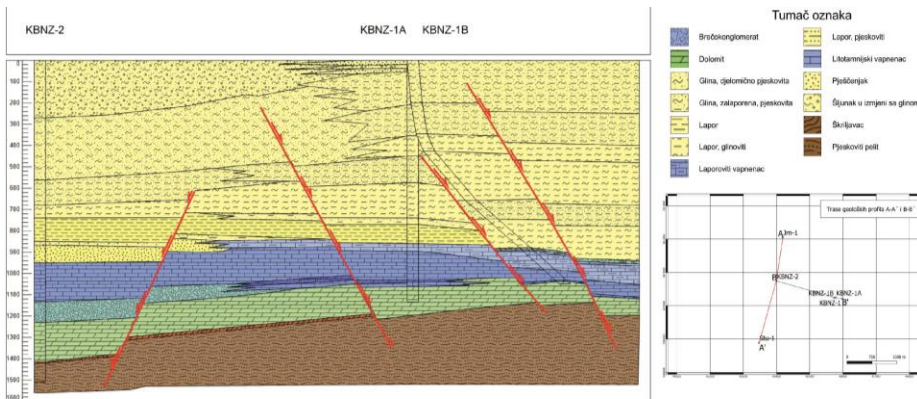
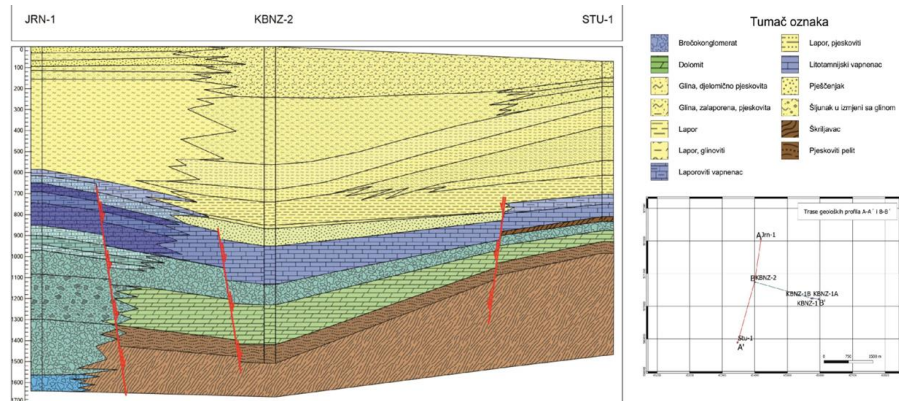
Bušotine su nabušile ili probušile geotermalni vodonosnik, no litološki slijed naslaga u bušotinama, kao i karakteristike geotermalnog ležišta, proizvodnost i temperatura, variraju.



Redni broj	Lokalitet	Bušotina	Sadašnji status bušotine	Predviđeni budući status bušotine	Dubina bušotine (m)	Raskriveni intervali (m)
1.	Mladost	Mla-1	Mjerna	Utisna	1057,0	911,0 – 1047,0
2.		Mla-2	Utisna	Eksploatacijska	911,7	881,4 – 911,7
3.		Mla-3	Eksploatacijska	Eksploatacijska	1362,2	1169,0 – 1362,0
4.		KBNZ-1A	Utisna	Eksploatacijska	1133,8	961,2 – 1114,5
5.		KBNZ-1B	Eksploatacijska	Utisna	1374,0	1217,0 – 1374,0
6.		KBNZ-2	Mjerna	Utisna	1508,7	1177,2 – 1406,0
7.		KBNZ-2A	Utisna	Eksploatacijska	1267,0	1028,0 – 1198,0
8.		KBNZ-3	Likvidirana	Likvidirana	1076,5	–
9.		KBNZ-3α	Utisna	Eksploatacijska	981,0	900,0 – 981,0
10.	Blato	KBNZ-3B	Mjerna	Utisna	1378,7	1245,0 – 1374,0
11.	Lučko	Luč-1	Eksploatacijska	Eksploatacijska	950,0	751,0 – 887,1
12.	Lučko	Jar-1	Mjerna	Mjerna	1365,0	–
13.		Sava-1	Mjerna	Mjerna	1594,3	990,0 – 1203,0
14.		Stu-1	Likvidirana	Likvidirana	832,8	–
15.		Stu-1α	Mjerna	Mjerna	826,7	730,0 – 830,0

POLJE ZAGREB BUŠOTINE

- Temeljem bušotinskih podataka, interpretacije 2D seizmičkih profila i karta gravimetrijskih premjera izrađene su karte krovine ležišta vode eksploatacijskog polja geotermalne vode "Geotermalno polje Zagreb".

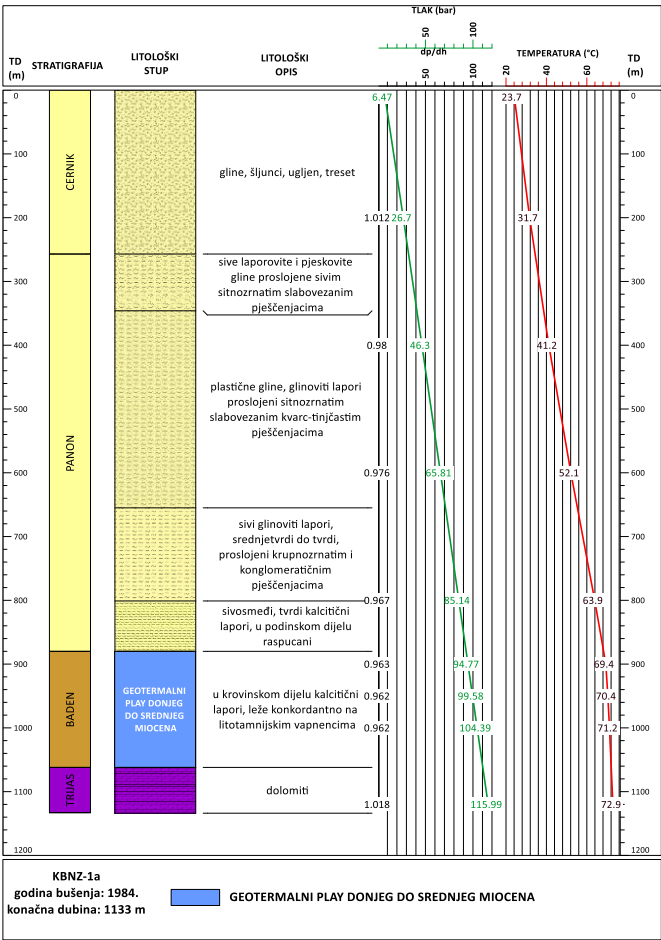


POLJE ZAGREB BUŠOTINE

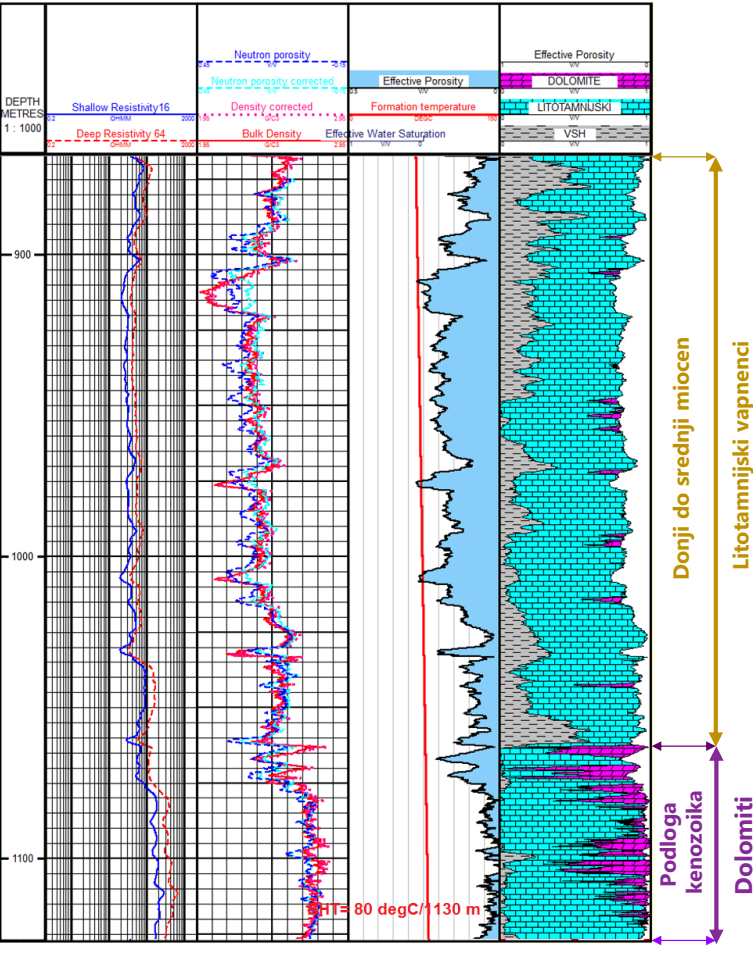
- Za potrebe G&G studije digitalizirane su karotažne krivulje te izrađene petrofizikalne analize bušotina na polju, što je omogućilo izradu modela simulacije proizvodnje geotermalnog polja za razdoblje od 25 godina.

Vrijednost srednje šupljikavosti stijena, određena interpretacijom karotažnih mjerenja, iznosi 14,5% za GT1 ,6,13% za GT2, te 8,19% za dolomite (GT3).

KBNZ-1A PETROFIZIKALNA ANALIZA							
Granične vrijednosti : Poroznost veća od 6,0%, Šejl manji od 50%							
Geotermalni play	Litologija	Debljina ležišta			Efektivna (protočna) debljina ležišta		
		Krovina (m)	Podina (m)	Debljina (m)	Efektivna debljina (m)	Odnos efektivne i ukupne debljine (dij.jedinice)	Prosječna poroznost (dij.jedin.)
Donji do srednji miocen	Litotamnijski vapnenci	895,0	1.062,0	167,0	201,8	0,874	0,144
Podloga kenozoika	Dolomiti	1.062,0	1.126,0	64,0	61,8	0,969	0,063



Bušotina KBNZ-1A

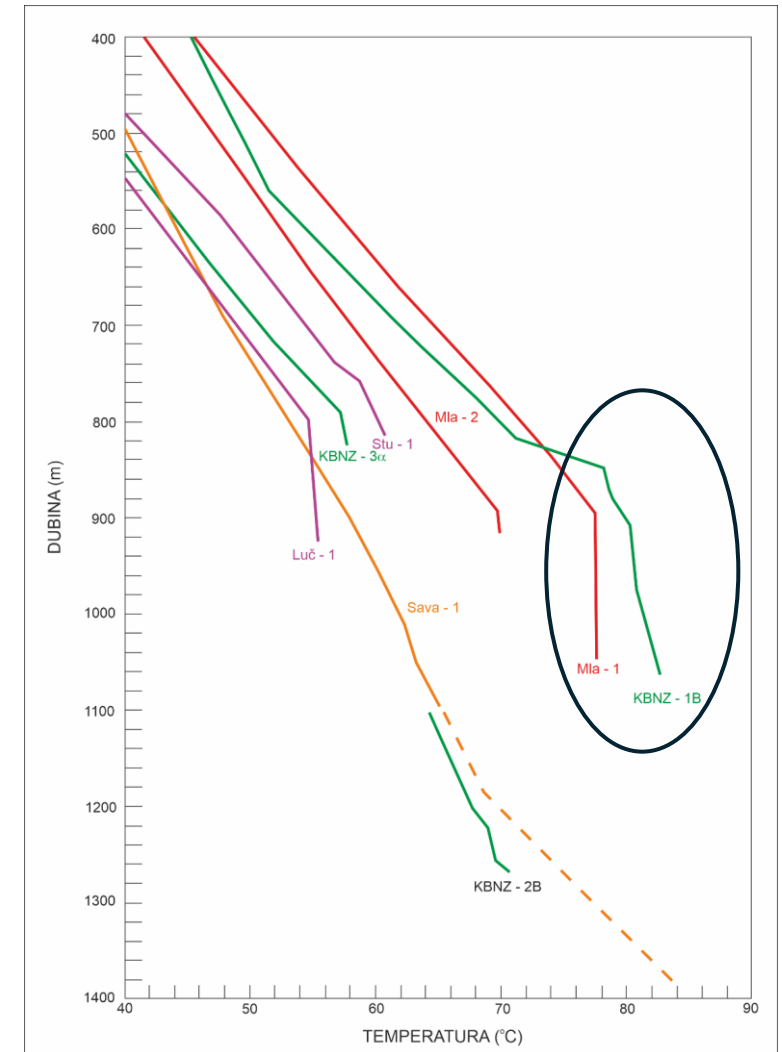
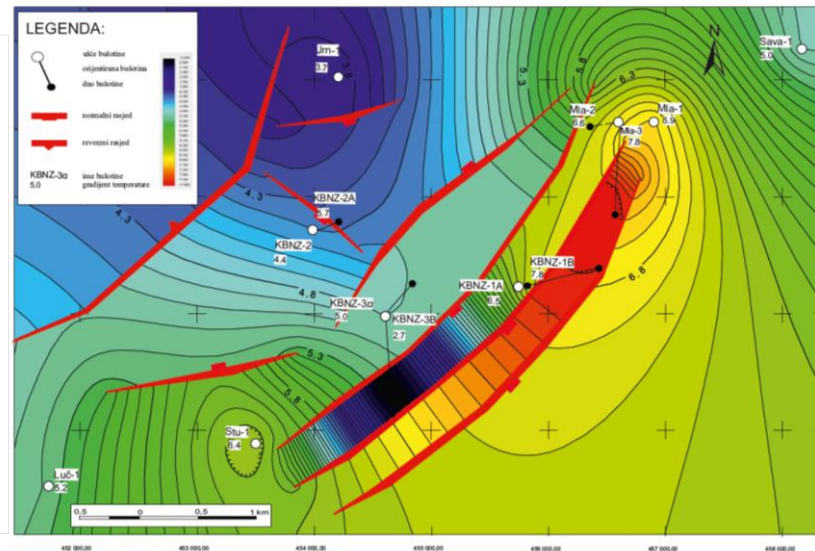


POLJE ZAGREB BUŠOTINE

Vrijednost geotermijskog gradijenta unutar eksploatacijskog polja Zagreb promjenjiva je. Bušotine na središnjem i zapadnom dijelu polja, Luč-1, KBNZ-2,2A, KBNZ-3,3A imaju geotermalne gradijente do maksimalno 6.3 °C/100 m.

Bušotine na istočnom dijelu ležišta KBNZ-1A, 1B, Mla-1, Mla-2 i Mla-3 su znatno povišenog geotermalnog gradijenta koji se kreće od 6.5 do 7,8 °C/100 m. Najviši gradijent imaju bušotine Mla-3 i KBNZ-1B, bušene u blizini istočnog normalnog rasjeda.

Temperatura izmjerena u bušotinama na istočnom dijelu ležišta Mla-1,2,3, te KBNZ-1A,1B veći ne samo u ležištu, već za sve probušene formacije od 400 m dubine što ukazuje na konvergenciju topline duž plohe dubokog istočnog normalnog rasjeda, što je bio temelj za uključivanje rasjeda pri izradi karte geotermalnih gradijenata

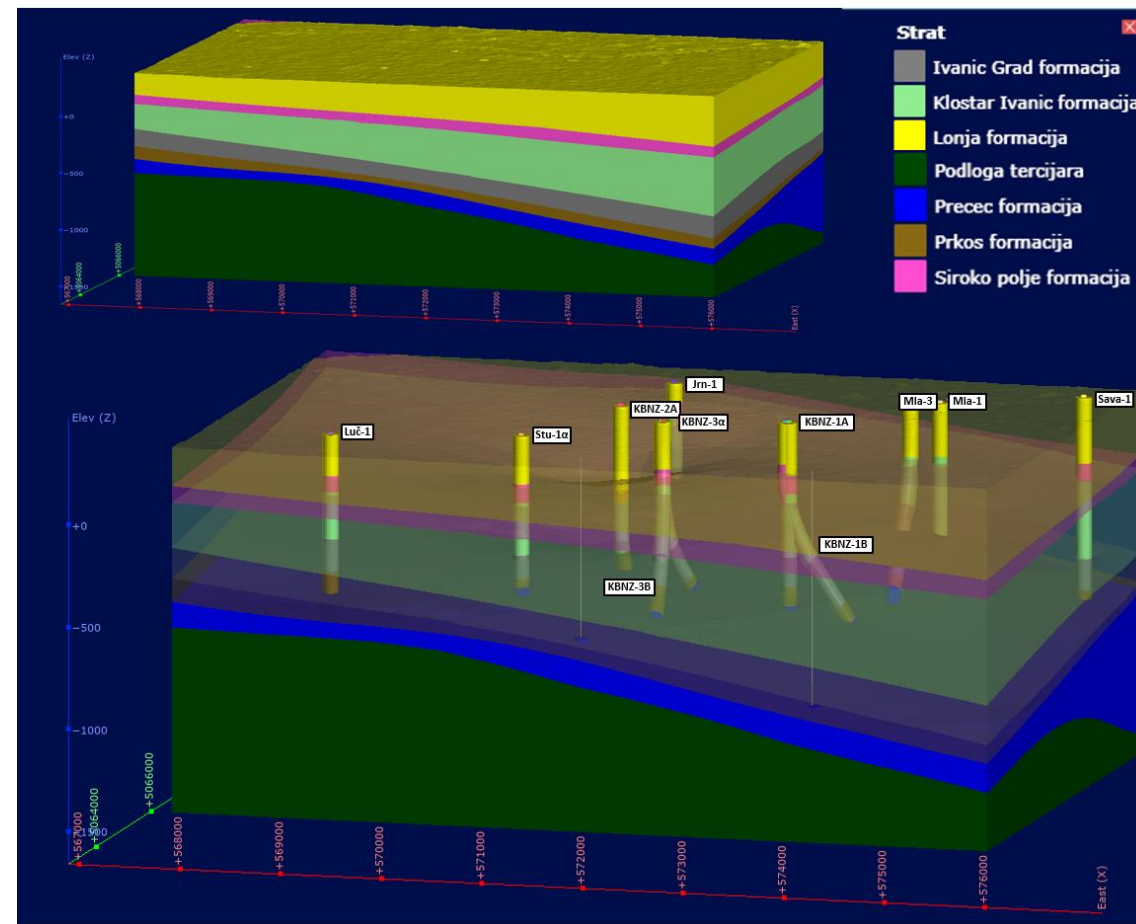
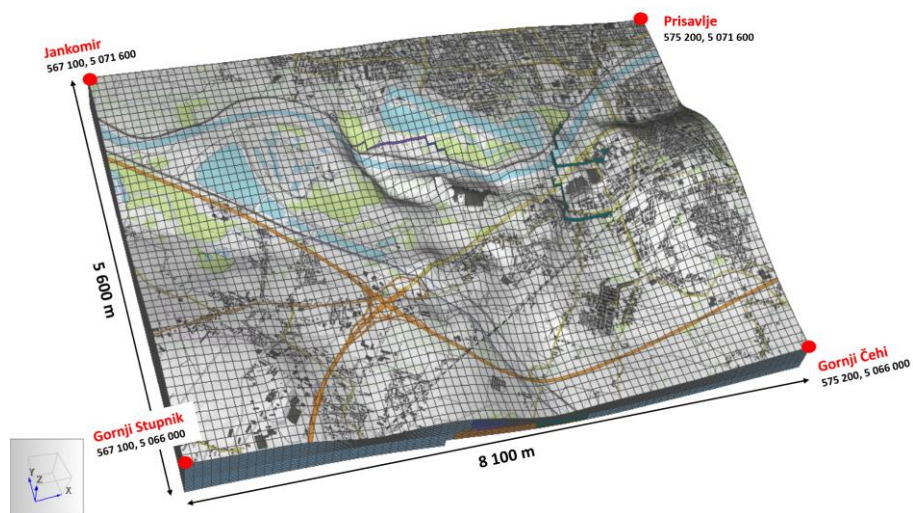


MODEL GEOTERMALNOG LEŽIŠTA

izdvojena je mreža hidrotermalnog akvifera koja se odnosi na litotamnijske vapnence Prečec formacije i dolomite Podloge tercijsara.

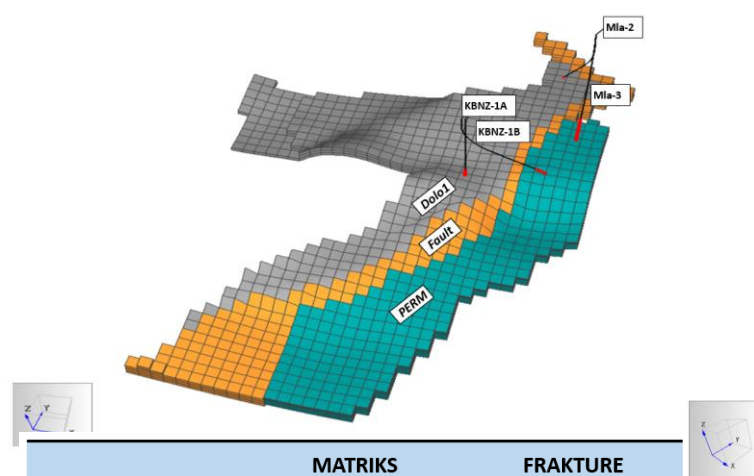
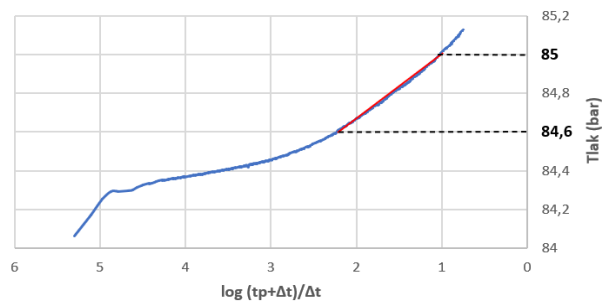
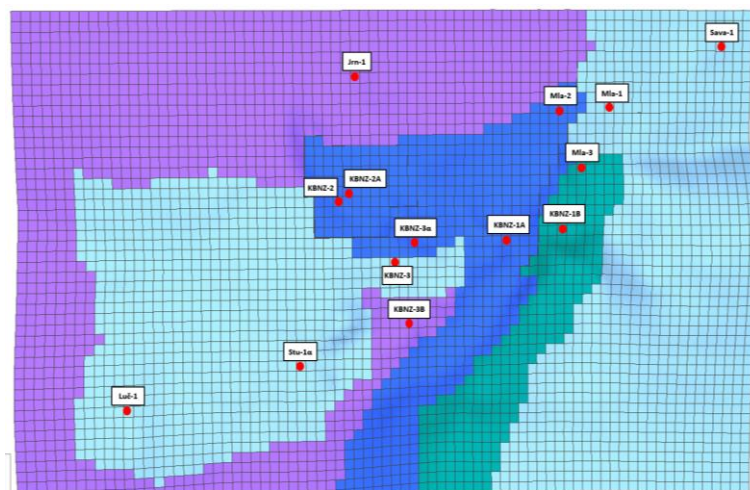
Gridovi dubinskih horizonata, plohe rasjeda, zonacija rezervoara ulazni su parametri za matematičko simuliranje ponašanja geotermalnog rezervoara. Interpolacijom horizonata dobivena je mreža podataka (engl. *grid*) čijim se unosom u program Petrasim dobivaju plohe ležišta, njegove krovine i podine te pripadajući rasjedi.

Mreže podatka horizonata i rasjeda uvučeni u Petrasim software predstavljaju ljusku modela, dok su analize atributnih odraza seizmičkih podataka poslužile za rasprostiranje fizikalnih parametara ležišta u modelu.

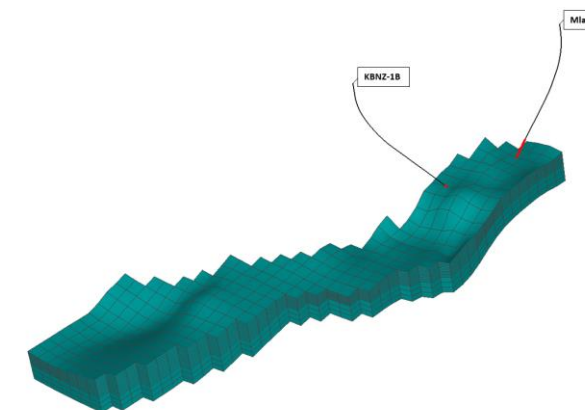


SIMULACIJA PROIZVODNJE

Tip stijene koji čini najkvalitetniji dio geotermalnog ležišta Zagreb i koji je najboljih kolektorskih svojstava i izuzetno velike propusnosti označen je s PERM (engl. permeable). Unutar tog dijela ležišta nalaze se bušotine s najvećim indeksima proizvodnosti, a to su Mla-3 i KBNZ-1B.



	MATRIKSI	FRAKTURE
Oznaka		
Gustoća (kg/m³)	2350	2150
Šupljikavost (%)	26	10
Propusnost x (mD)	30	800
Propusnost y (mD)	30	800
Propusnost z (mD)	60	2500
Toplinska vodljivost (W/mK)	1,64	1,2
Specifični toplinski kapacitet (J/kgK)	1075	1075



	MATRIKS	FRAKTURE
Oznaka		
Gustoća (kg/m³)	2350	2150
Šupljikavost (%)	26	10
Propusnost x (mD)	30	600
Propusnost y (mD)	30	600
Propusnost z (mD)	30	1100
Toplinska vodljivost (W/mK)	1,64	1,2
Specifični toplinski kapacitet (J/kgK)	1075	1075

GP ZAGREB - MLADOST	2023	2024	2025	2026	2027
Postojeći i budući projekti spajanja na geotermalno grijanje downstream	SP Mladost KIF	SP Mladost KIF SDSR	SP Mladost KIF SDSR CTS Vanjski bazeni	SP Mladost KIF SDSR CTS - povećanje snage Vanjski bazeni Cjevovod do Sava-1	SP Mladost KIF - proširenje na kampus SDSR CTS - povećanje snage Vanjski bazeni Cjevovod do Sava-1 Nova utisna bušotina Mia-4 Bočarski dom SD Cvjetno NK Zagreb Okretišta Savski most Stanbeno-poslovni objekti
Postojeći status, budući i izrada novih bušotina kod spajanja novih potrošača upstream	Mia-3 Proizvodna Mia-2 Utisna Mia-1 Mjerna Sava-1 Mjerna	Mia-3 Proizvodna Mia-2 Utisna Mia-1 Utisna Sava-1 Mjerna	Mia-3 Proizvodna Mia-2 Utisna Mia-1 Utisna Sava-1 Mjerna	Mia-3 Proizvodna Mia-2 Utisna Mia-1 Utisna Sava-1 Utisna	Mia-3 Proizvodna Mia-2 Proizvodna Mia-1 Utisna Sava-1 Utisna Mia-4 Utisna

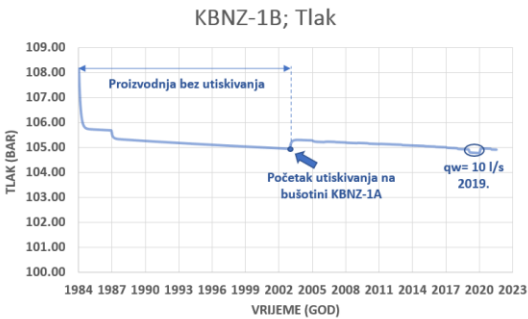
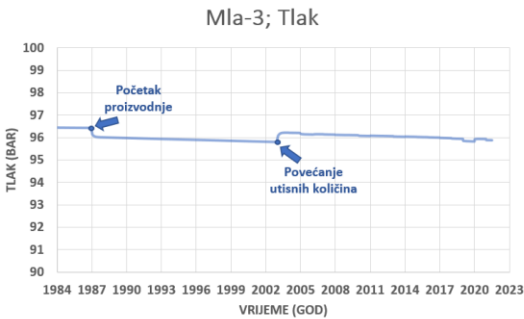
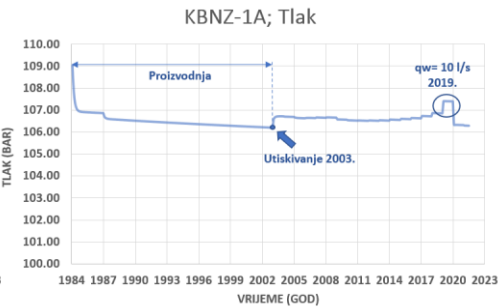
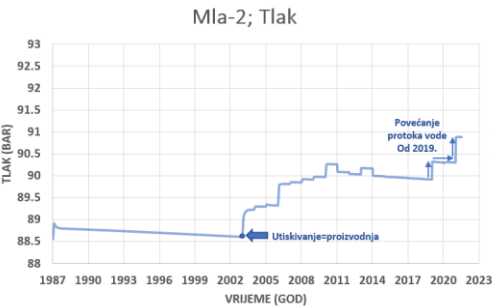
KALIBRACIJA MODELA GEOTERMALNOG LEŽIŠTA

Provedena je simulacija dosadašnje proizvodnje vode na geotermalnom polju Zagreb kako bi se dobilo poklapanje (engl. **history matching**) rezultata simulacije s trenutnim stanjem unutar geotermalnog ležišta.

Poklapanje rezultata s realnim stanjem čuje valjanost modela, odnosno postavki općih parametara simulacije što bi predstavljalo čvrstu bazu za daljnje predikcije ponašanja ležišta i modeliranja proizvodnje na geotermalnom polju Zagreb.

Najvažnije je pratiti promjene stanja na bušotinama Mla-2, Mla-3, KBNZ-1A i KBNZ-1B, budući da one čine okosnicu iskorištavanja geotermalne vode na razmatranom lokalitetu i oko njih će biti organizirana glavina proizvodnje u budućnosti.

	Mla-3		Mla-2		Mla-1			KBNZ-1A		KBNZ-1B	
Godina	Status	Frosječni protok (l/s)	Status	Frosječni protok (l/s)	Status	Frosječni protok (l/s)	Godina	Status	Frosječni protok (l/s)	Status	Frosječni protok (l/s)
1987-2002	Proizvodna	6,95	Utisna	1,83	Utisna	1,83	1984-2002	Proizvodna	1,22	-	-
2003	Proizvodna	3,07	Utisna	3,07	Mjerna	-	2003	Utisna	1,04	Proizvodna	1,04
2004	Proizvodna	3,34	Utisna	3,34	Mjerna	-	2004	Utisna	0,94	Proizvodna	0,94
2005	Proizvodna	4,18	Utisna	3,62	Mjerna	-	2005	Utisna	0,90	Proizvodna	0,90
2006	Proizvodna	5,27	Utisna	5,27	Mjerna	-	2006	Utisna	0,91	Proizvodna	0,91
2007	Proizvodna	5,43	Utisna	5,43	Mjerna	-	2007	Utisna	1,20	Proizvodna	1,20
2008	Proizvodna	5,71	Utisna	5,71	Mjerna	-	2008	Utisna	1,45	Proizvodna	1,45
2009	Proizvodna	5,93	Utisna	5,93	Mjerna	-	2009	Utisna	0,73	Proizvodna	0,73
2010	Proizvodna	7,0	Utisna	7,0	Mjerna	-	2010	Utisna	0,60	Proizvodna	0,60
2011	Proizvodna	6,39	Utisna	6,39	Mjerna	-	2011	Utisna	0,64	Proizvodna	0,64
2012	Proizvodna	6,26	Utisna	6,26	Mjerna	-	2012	Utisna	0,81	Proizvodna	0,81
2013	Proizvodna	6,78	Utisna	6,78	Mjerna	-	2013	Utisna	1,09	Proizvodna	1,09
2014	Proizvodna	6,19	Utisna	6,19	Mjerna	-	2014	Utisna	1,50	Proizvodna	1,50
2015	Proizvodna	6,19	Utisna	6,19	Mjerna	-	2015	Utisna	2,00	Proizvodna	2,00
2016	Proizvodna	6,19	Utisna	6,19	Mjerna	-	2016	Utisna	2,50	Proizvodna	2,50
2017	Proizvodna	6,19	Utisna	6,19	Mjerna	-	2017	Utisna	3,50	Proizvodna	3,50
2018	Proizvodna	6,17	Utisna	6,17	Mjerna	-	2018	Utisna	4,88	Proizvodna	4,88
2019	Proizvodna	7,71	Utisna	7,71	Mjerna	-	2019	Utisna	10,0	Proizvodna	10,0
2020	Proizvodna	7,57	Utisna	7,57	Mjerna	-	2020	Utisna	0,47	Proizvodna	0,47
2021	Proizvodna	9,65	Utisna	9,65	Mjerna	-	2021	Utisna	0,43	Proizvodna	0,43

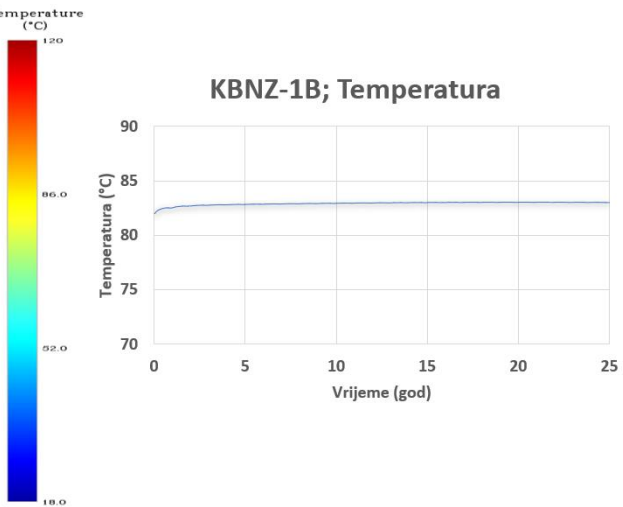
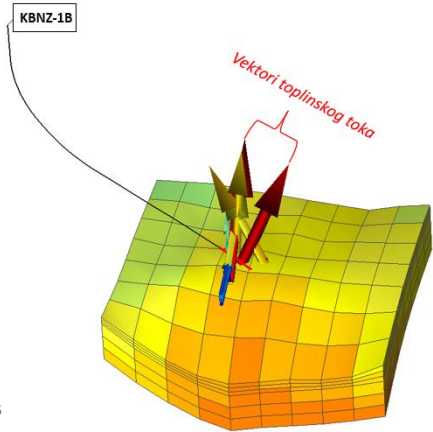
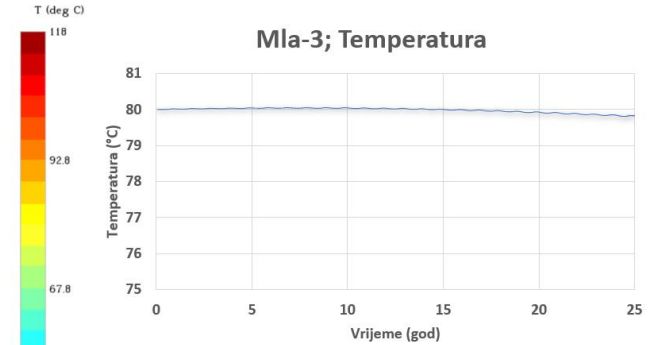
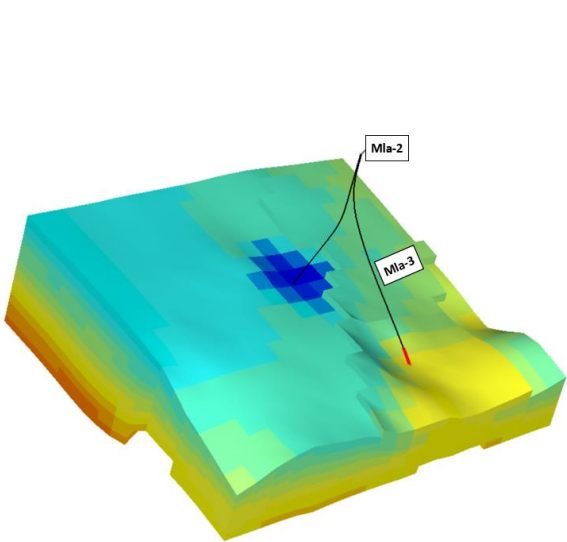
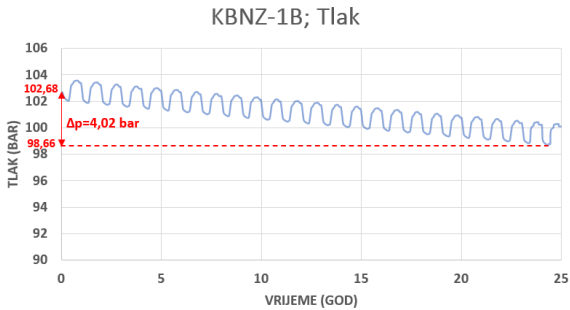
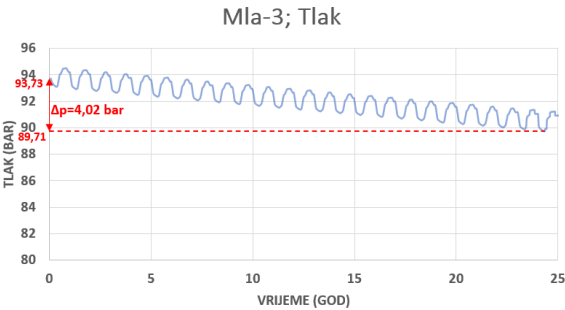


MODELI BUDUĆE PROIZVODNJE

Po završetku history matching analize i utvrđivanju ispravno postavljenog geološkog modela, može se započeti s generiranjem dizajna budućeg iskorištavanja ležišta geotermalnog polja Zagreb s postojećim fondom bušotina ili uvrštenjem novih proizvodno-utisnih parova.

Prvi model iskorištavanja geotermalne energije na lokalitetima Mladost i Blato koncipiran je prema **Glavnom rudarskom projektu iz 2017. godine.**

Lokalitet	Bušotina	TVD (m)	Otvoreni interval TVD (m)	Studen-Veljača		Proljeće/jesen		Ljeto		Entalpija (kJ/kg)
				Status	Protok vode (l/s)	Status	Protok vode (l/s)	Status	Protok vode (l/s)	
MLADOST	Mla-1	1047,18	845-1047,18	-	-	-	-	Utisna	5	135
	Mla-2	830,26	808,92-830	Utisna	25	Utisna	15	Proizvodna	5	135
	Mla-3	991,71	841,25-991,71	Proizvodna	25	Proizvodna	15	-	-	-
BLATO	KBNZ-1A	1114,5	961,2-1114,5	Proizvodna	5	Proizvodna	2	Proizvodna	2	-
	KBNZ-1B	1065,92	959,02-1065,92	Proizvodna	60	Proizvodna	30	Proizvodna	30	-
	KBNZ-2A	1190,20	1021,00-1190,20	Utisna	28	Utisna	14	Utisna	14	135
	KBNZ-3α	824,94	781,62-824,94	Utisna	37	Utisna	18	Utisna	18	135

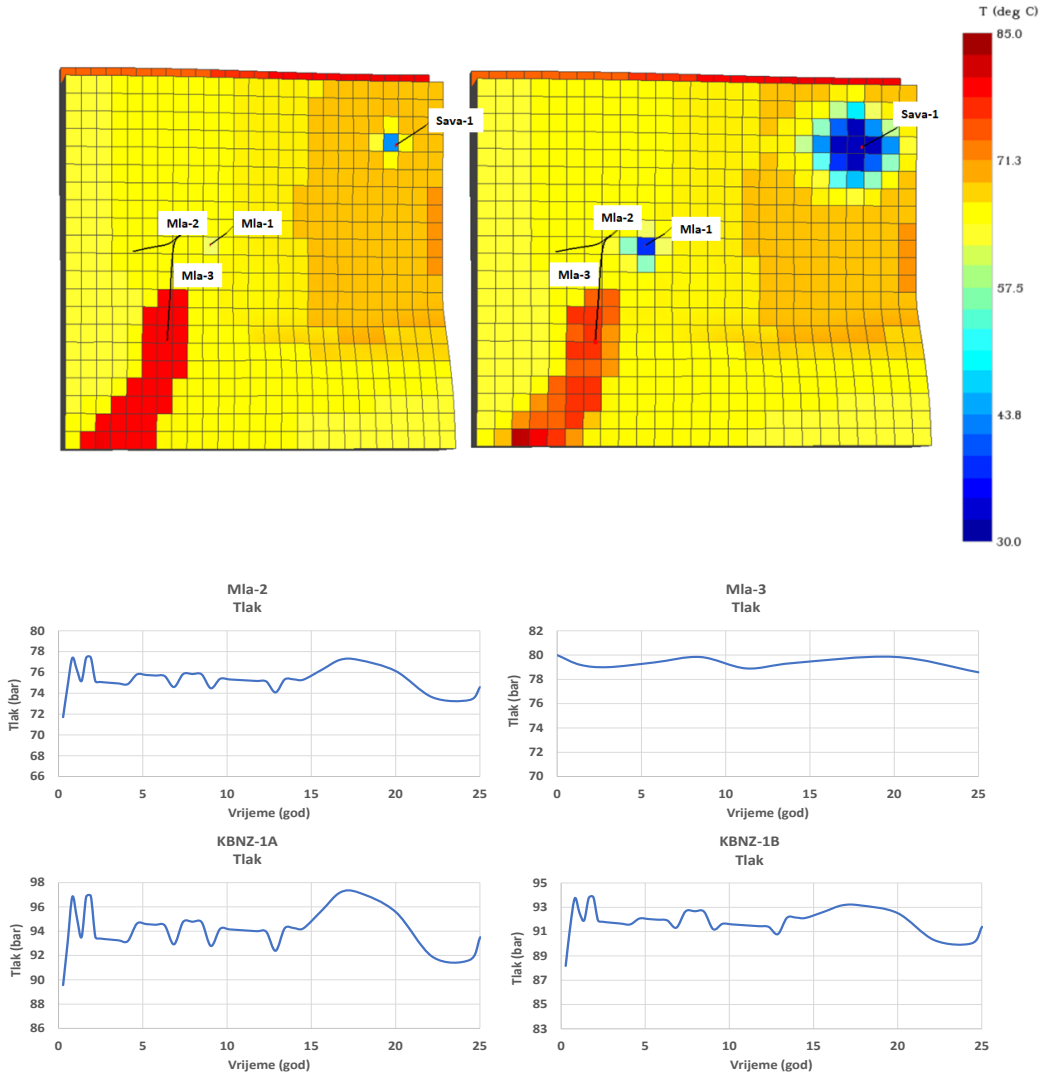


MODELI BUDUĆE PROIZVODNJE

Drugi model odnosi se na maksimiziranje iskorištavanja geotermalnog ležišta na lokalitetima Mladost i Blato. Pri tome, potrebno je uzeti u obzir nekoliko faktora. Prvenstveno, svakako je u cilju iskoristiti maksimalni proizvodni potencijal bušotina, a koji je dokazan DST-om, ispitivanjima i mjerenjima te stvarnom proizvodnjom geotermalne vode.

Međutim, proizvodnja mora biti u skladu s realnim potrebama za toplinskom energijom. Zbog potencijalnog priključenja novih potrošača, što se prvenstveno odnosi na **Nacionalnu dječju bolnicu u Blatu i Studentski centar**, u razmatranoj varijanti modela maksimalni protok slojne vode na bušotinama povećaj je u zimskim mjesecima.

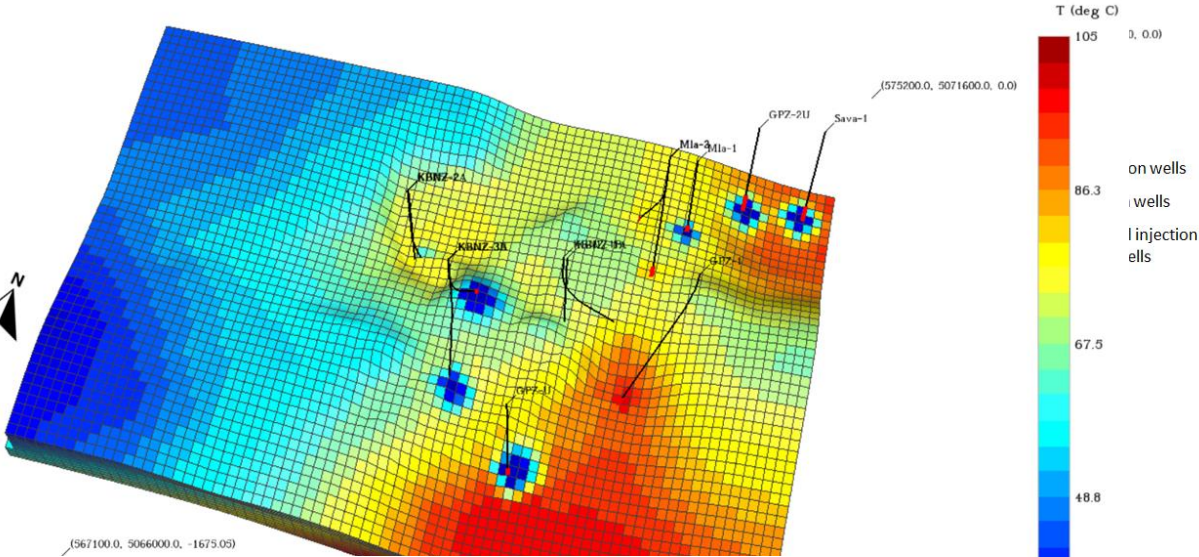
Lokalitet	Bušotina	Status	TVD (m)	Otvoreni interval TVD (m)	Protok vode (l/s)			Entalpija (kJ/kg)
					Studenj-veljača	Proljeće/jesen	Ljeto	
MLADOST	Mla-2	Proizvodna	830,26	808,92-830	25	15	5	-
	Mla-3	Proizvodna	991,71	841,25-991,71	50	30	10	-
	Mla-1	Utisna	1057,00	845,00-1057,00	15	-	-	135
	Sava-1	Utisna	1594,30	992,00-1205,07	60	45	15	135
BLATO	KBNZ-1A	Proizvodna	1114,5	961,2-1114,5	50	30	10	-
	KBNZ-1B	Proizvodna	1065,92	959,02-1065,92	94	56	56	-
	KBNZ-2	Utisna	1508,24	1177,24-1390,00	36	21,5	16,5	135
	KBNZ-2A	Utisna	1190,20	1021,00-1190,20	36	21,5	16,5	135
	KBNZ-3α	Utisna	824,94	781,62-824,94	36	21,5	16,5	135
	KBNZ-3B	Utisna	1000,10	918,54-1000,10	36	21,5	16,5	135



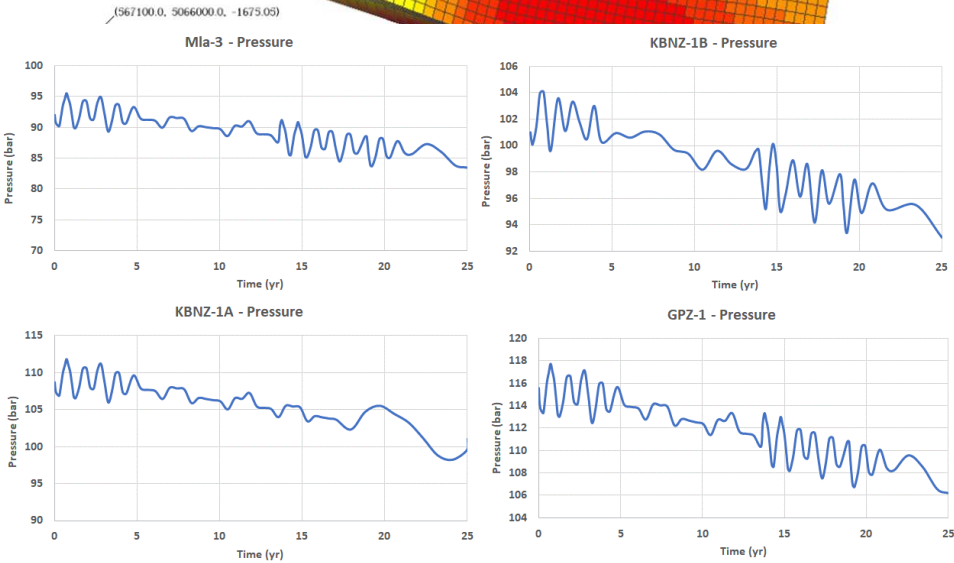
MODELI BUDUĆE PROIZVODNJE

Treća varijanta modela budućeg iskorištavanja geotermalne energije na zagrebačkom polju odnosi se na dopunu prethodnog Modela 2 i njegovu modifikaciju.

Svrha ovog modela je prikazati maksimalno iskorištenje najproduktivnijeg i najkvalitetnijeg dijela formacije Prečec i dolomita u svrhu dugoročne proizvodnje, uzimajući u obzir raspored postojećih bušotina, kao i blizinu potrošači toplinske energije. Model 3 uključuje lociranje novih, ali i prenamjenu nekih postojećih bušotina.



Locality	Well	Status	TVD (m)	Open-hole interval TVD (m)	Water rate (l/s)			Enthalpy (kJ/kg)
					November- February	Spring/Autumn	Summer	
MLADOST	Mla-2	Production	830,26	808,92-830,26	74	25	10	-
	Mla-3	Production	991,71	841,25-991,71	88	40	15	-
	Mla-1	Injection	1057,00	845,00-1057,00	38	-	-	135
	Sava-1	Injection	1594,30	992,00-1205,07	62	35	15	135
	GPZ-2U	Injection	1200,00	874,00-1200,00	62	30	10	135
BLATO	KBNZ-1A	Production	1114,5	961,2-1114,5	32	14	4	-
	KBNZ-1B	Production	1065,92	959,02-1065,92	90	50	30	-
	KBNZ-2	Injection	1508,24	1177,24-1390,00	30,5	16	8,5	135
	KBNZ-2A	Injection	1190,20	1021,00-1190,20	30,5	16	8,5	135
	KBNZ-3α	Injection	825,15	806,30-825,15	30,5	16	8,5	135
	KBNZ-3B	Injection	1000,10	918,54-1000,10	30,5	16	8,5	135
LANIŠTE	GPZ-1	Production	1473,88	1130,00-1473,88	80	40	20	-
	GPZ-U	Injection	1396,00	1024,57-1396,00	80	40	20	135



SPOJNE TOČKE CTS HEP TOPLINARSTVO

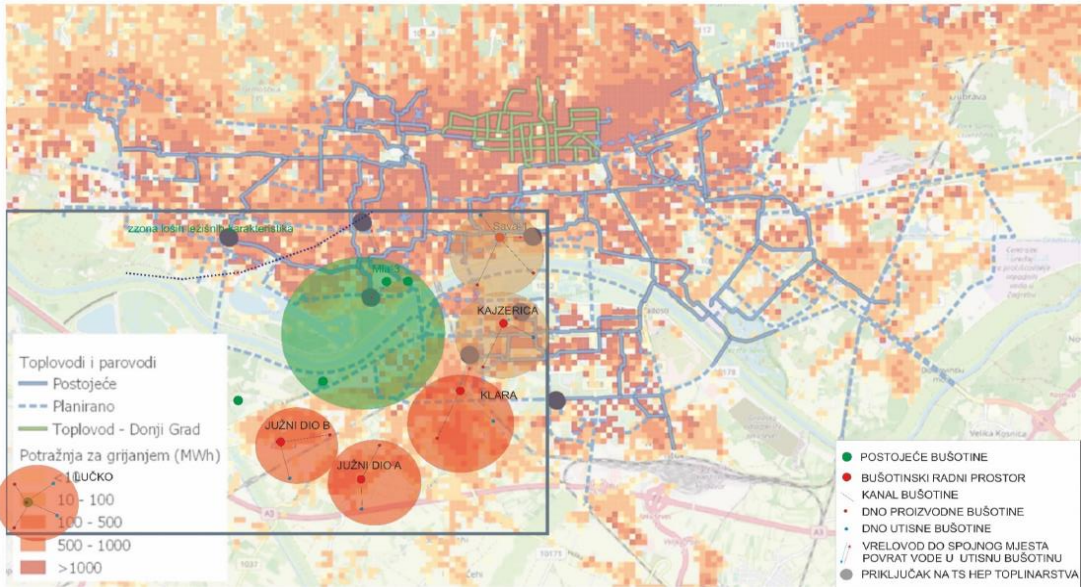
Spajanje Tehnološkog sustava Mladost na CTS planira se na priključnom mjestu u naselju Gredice – Š.383.

Smještaj primopredajne toplinske podstanice planira se na mjestu geotermalne bušotine MLA-3, gdje će se smjestiti u zatvorenom prostoru sva oprema potrebna za primopredaju toplinske energije: izmjenjivači topline, cirkulacijske crpke, regulacijski sustav, mjerila toplinske energije, te zaporna i pregradna armatura.

Predviđa se razvoj projekta na način da se isporuka vode

1. odvija tijekom 6 mjeseci godišnje, proizvodna bušotina Mla-3
2. optimizacijom sistema prihvaćanje geotermalne vode od strane CTS-a, proizvodna bušotina Mla-3
3. prihvaćanje tijekom cijele godine, proizvodne bušotine Mla-2, Mla-3

EKSPLOATACIJSKO-POLJE ^u ZAGREB ^a		Pridobiveno- do- 31.12.2023. ^a	Pridobiveno-u- 2024.-godini ^a	P1 ^a	P2 ^a	C1 ^a	2C ^a
Količine geotermalne vode ^a	l/s ^a	9.364.792 ^a	329.406 ^a	10,45 ^a	219 ^a	419 ^a	^a
	m ³ ^a	^a	^a	329.496 ^a	^a	^a	^a
Instalirana toplinska snaga geotermalne vode ^a	MW _e ^a	^a	^a	^a	^a	^a	^a
	MW _t ^a	24,46 ^a	2,13 ^a	2.05 ^a	38,43 ^a	95,2573 ^a	^a
Energija proizvedena ^u energetskim postrojenjem ^a	GW _{he} ^a	^a	^a	^a	^a	^a	^a
	GW _{ht} ^a	216,22 ^a	18,66 ^a	11,98 ^a	224,43 ^a	556,2852 ^a	^a
Temperatura geotermalne vode u ležištu ^a	°C ^a	^a	^a	80 ^a	80 ^a	93 ^a	^a
Temperatura geotermalne vode na ušću ^a	°C ^a	^a	^a	80 ^a	80 ^a	93 ^a	^a
NPV ^a	EUR ^a	^a	^a	2.014.130,81 ^a	^a	- ^a	^a

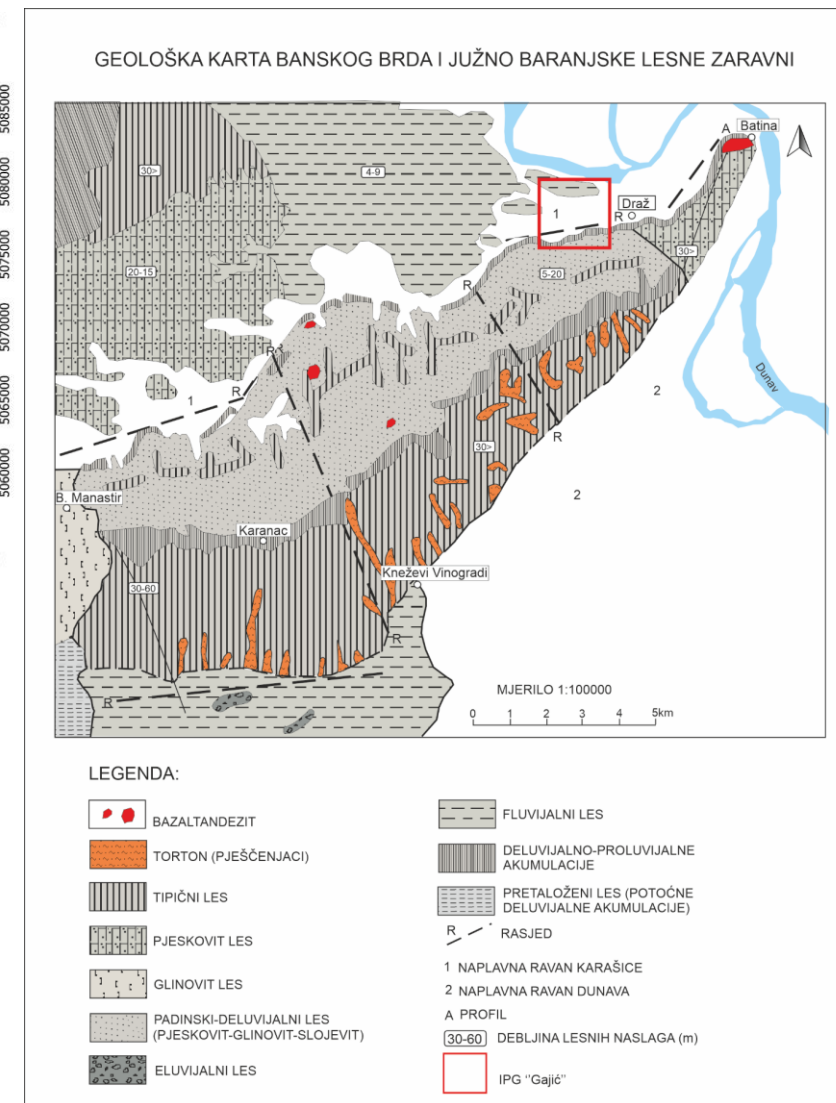
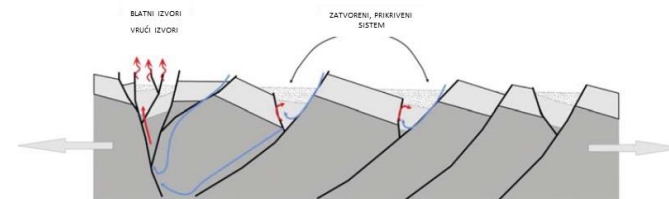
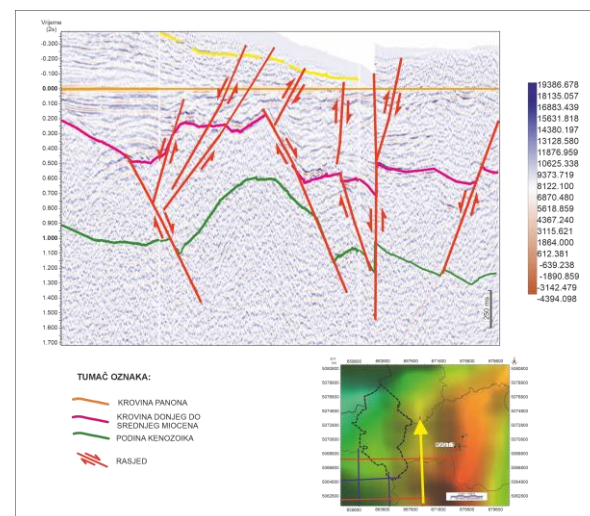
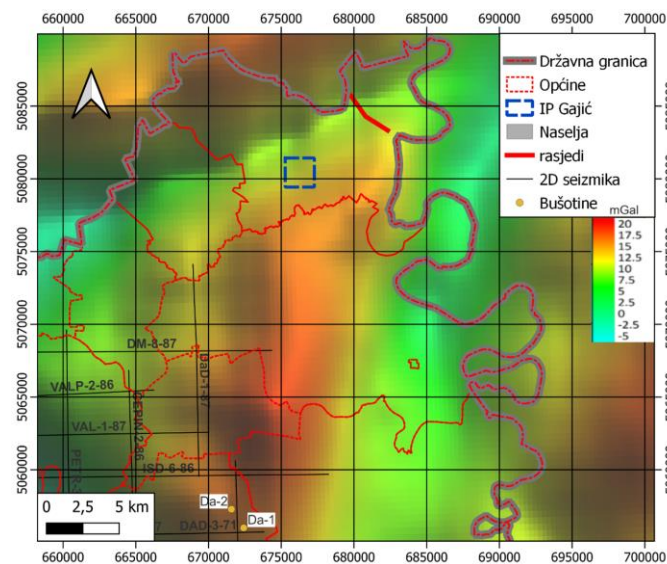
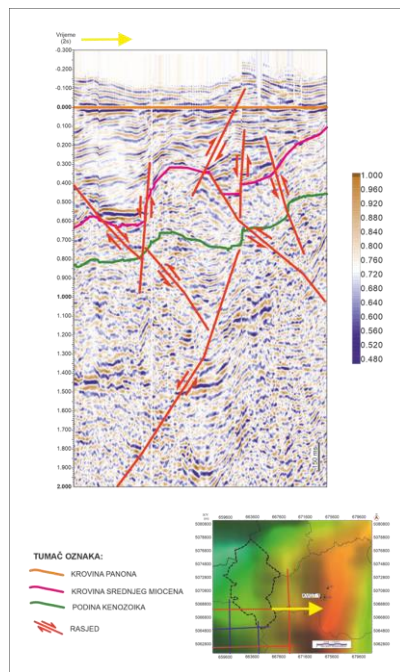


GP ZAGREB - MLADOST	2023	2024	2025	2026	2027
Postojeći i budući projekti spajanja na geotermalno grijanje downstream	SP Mladost KIF	SP Mladost KIF SDSR	SP Mladost KIF SDSR CTS Vanjski bazeni	SP Mladost KIF SDSR CTS - povećanje snage Vanjski bazeni Cjevovod do Sava-1	SP Mladost KIF - proširenje na kampus SDSR CTS - povećanje snage Vanjski bazeni Cjevovod do Sava-1 Nova utisna bušotina Mla-4 Bočarski dom SD Cvjetno NK Zagreb Okretište Savski most Stanbeno-poslovni objekti
	Mla-3 Proizvodna	Mla-3 Proizvodna	Mla-3 Proizvodna	Mla-3 Proizvodna	Mla-3 Proizvodna
	Mla-2 Utisna	Mla-2 Utisna	Mla-2 Utisna	Mla-2 Utisna	Mla-2 Proizvodna
	Mla-1 Mjerna	Mla-1 Utisna	Mla-1 Utisna	Mla-1 Utisna	Mla-1 Utisna
	Sava-1 Mjerna	Sava-1 Mjerna	Sava-1 Mjerna	Sava-1 Utisna	Sava-1 Utisna Mla-4 Utisna

ISTRAŽNI PROSTOR U BARANJI

Set geofizičkih i geoloških podataka odnosi se na:

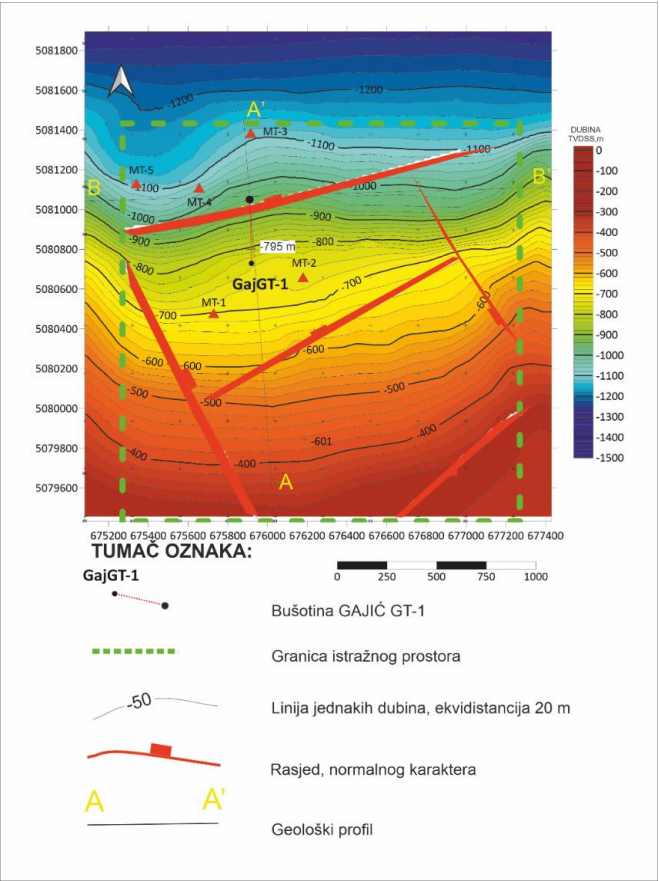
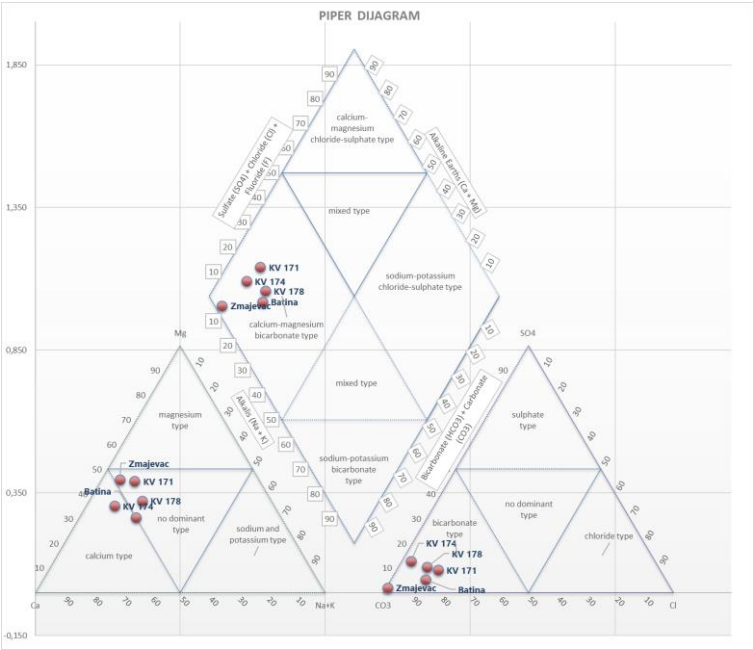
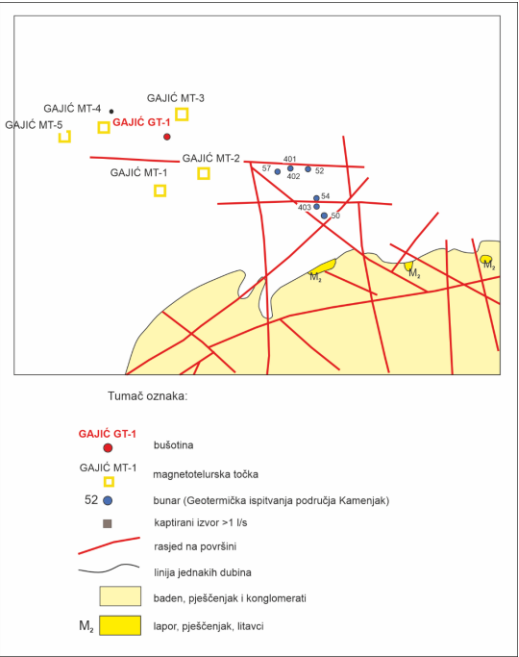
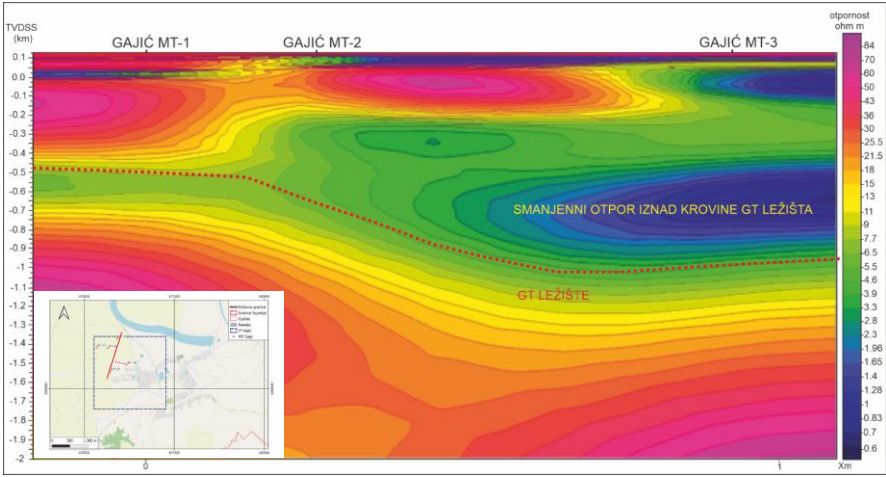
1. Geološku kartu
2. Seizmičke profile snimljene na južnom dijelu
3. Geotermička istraživanja
4. Gravimetrijske podatke
5. 5 MT točaka
6. Podatke bušotina u Mađarskoj i Vojvodini
7. Podatke bušotina Darda i bušotine u Belom Manastiru



INTEGRACIJA PODATKA

Geotermička ispitivanja područja Kamenjak je navedeno: "Nakon geokemijske obrade tih voda izdvojena su potencijalna područja za geotermička istraživanja, a to je potez uz rasjed od Kneževih Vinograda preko Zmajevca do Batine, te područja mjesta Draža. Tricijeva aktivnostje vrlo niska, što bi značilo da se radi uglavnom o starijim vodama sa malom primjesom mlađih površinskih.

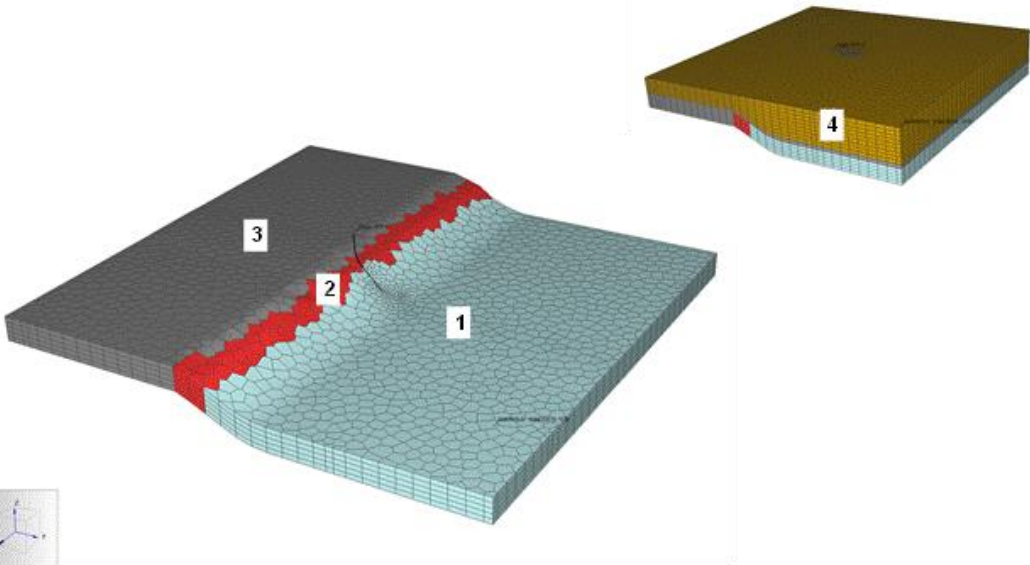
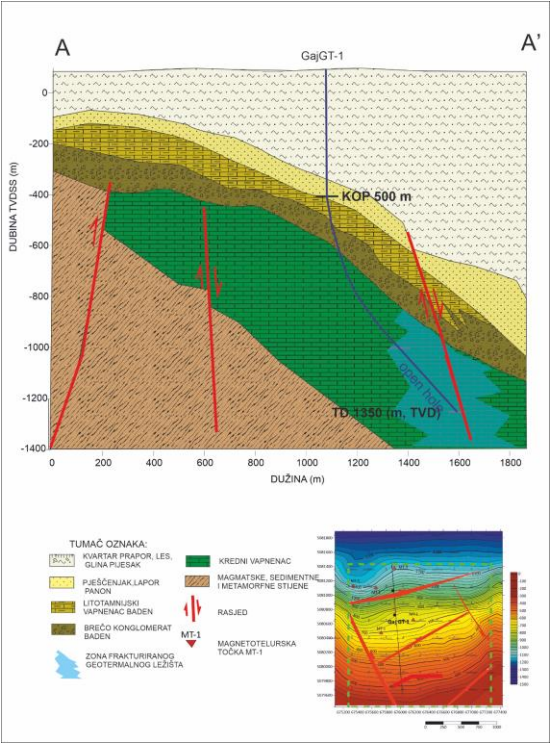
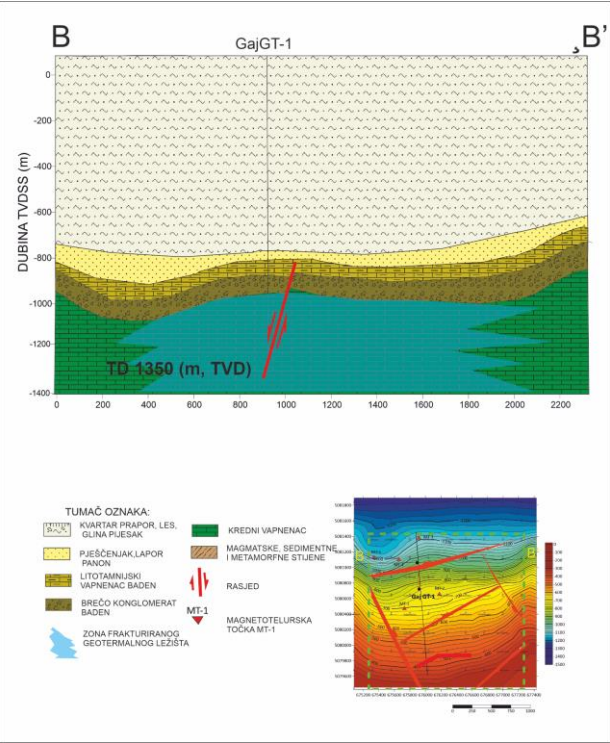
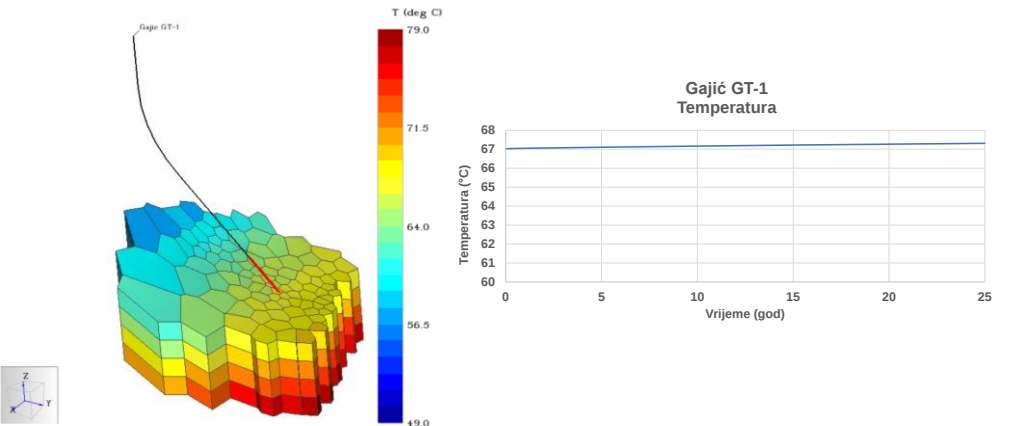
Na području IPG "Gajić" u bunaru dubine 20 m temperatura iznosi 16 °C.



ANALIZA PODATKA

Planirana je proizvodnja slojne vode od **10 l/s**. Nakon iskorištenja, temperatura vode pada na 30 °C, što čini razliku (ΔT) od 30 °C. Takvi ulazni parametri daju sljedeću snagu slojne vode:

$P_h = 10 \cdot 0,983 \cdot 4,182 \cdot 30$
 $P_h = 1\,233,27 \text{ kW} = 1,233 \text{ [MW]}_t$



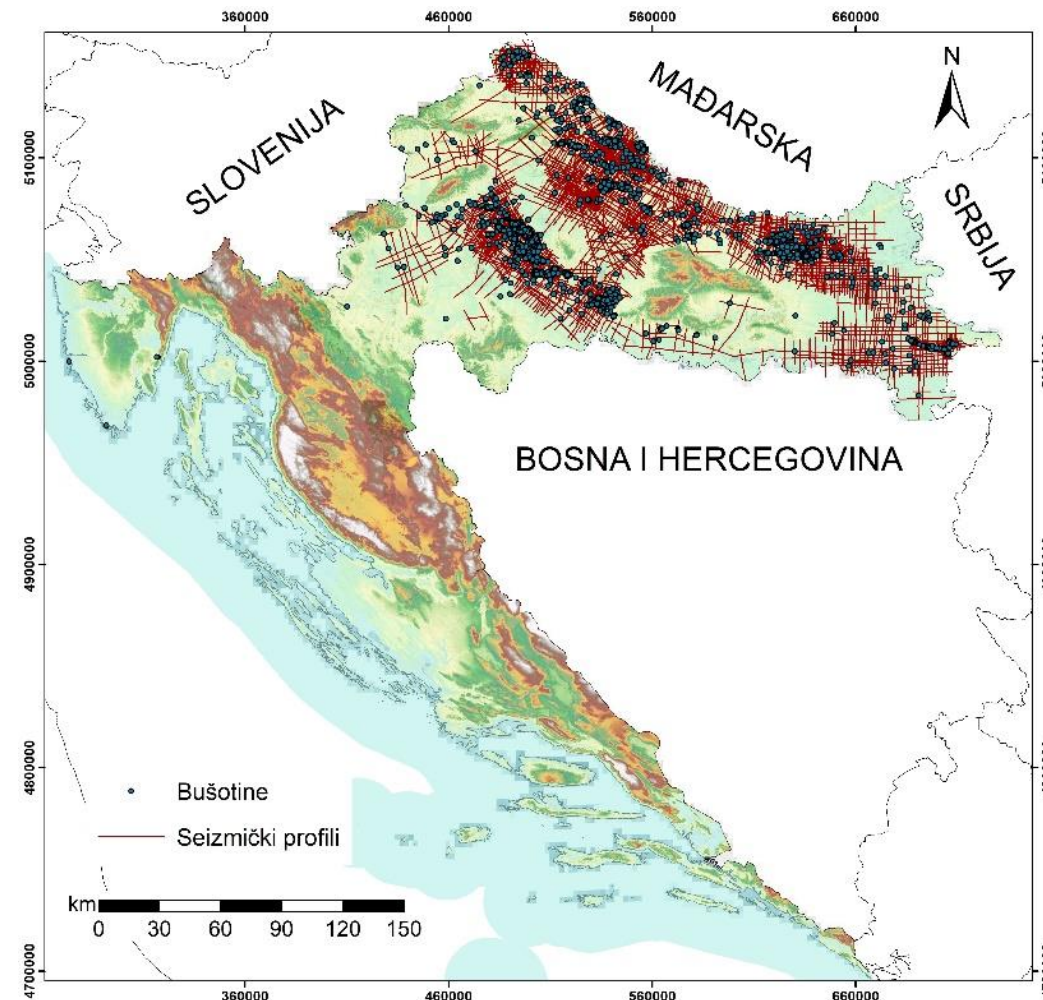
ZAKLJUČAK

PRIMJERI GPZ ZAGREB I IP U BARANJI

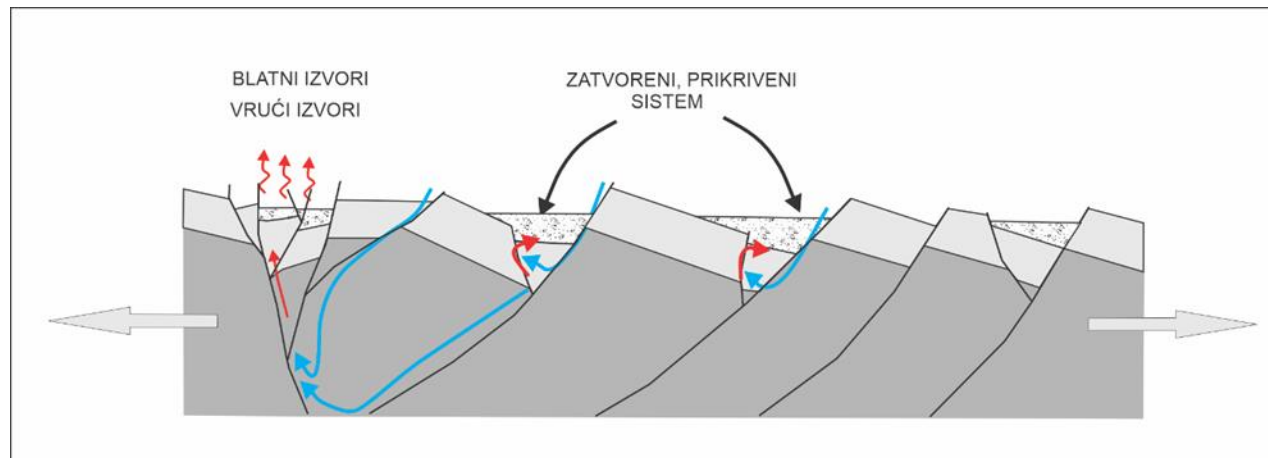
1. Visok geotermalni potencijal cijelog područja sjeverozapadne Hrvatske
2. Potreba za korištenjem geotermalne energije u energetske svrhe
3. Postojanje legislative i stručnih znanja koji omogućuju daljnji razvoj potencijala

PRIMJERI GPZ ZAGREB I IP U BARANJI

1. Neujednačena prekrivenost geo – podacima
Podaci nedostaju ili su vrlo ograničeni na područjima Požeške kotline, Baranje, južnog dijela Varaždinsko Čakovečkog bazena kao dijela Murskog bazena, područje Iloka
2. Bušenjem bušotine u Baranji ovlaštenik IP znatno će doprinjeti poznavanju odnosa u podzemlju dijela RH – slična situacija i s drugim nabrojenim područjima gdje postoji potreba za geotermalnom energijom
3. Potreba za geološkim kartama koje će olakšati istraživanje i analizu geotermalnog sistema
4. Potreba za novim geofizičkim ispitivanjima



ZAHVALJUJEMO NA PAŽNJI



mr.sc. Željka Sladović, dipl.ing.geol.
Zvonimir Martić, dipl. ing. naft.rud.
Mladen Validžić, dipl.ing.geol.
Zoran Mikić, dipl.ing.elec.
Neven Šuica, dipl.ing. geol.
Nada Tremac, tehničar