



Financira
Europska unija
NextGenerationEU

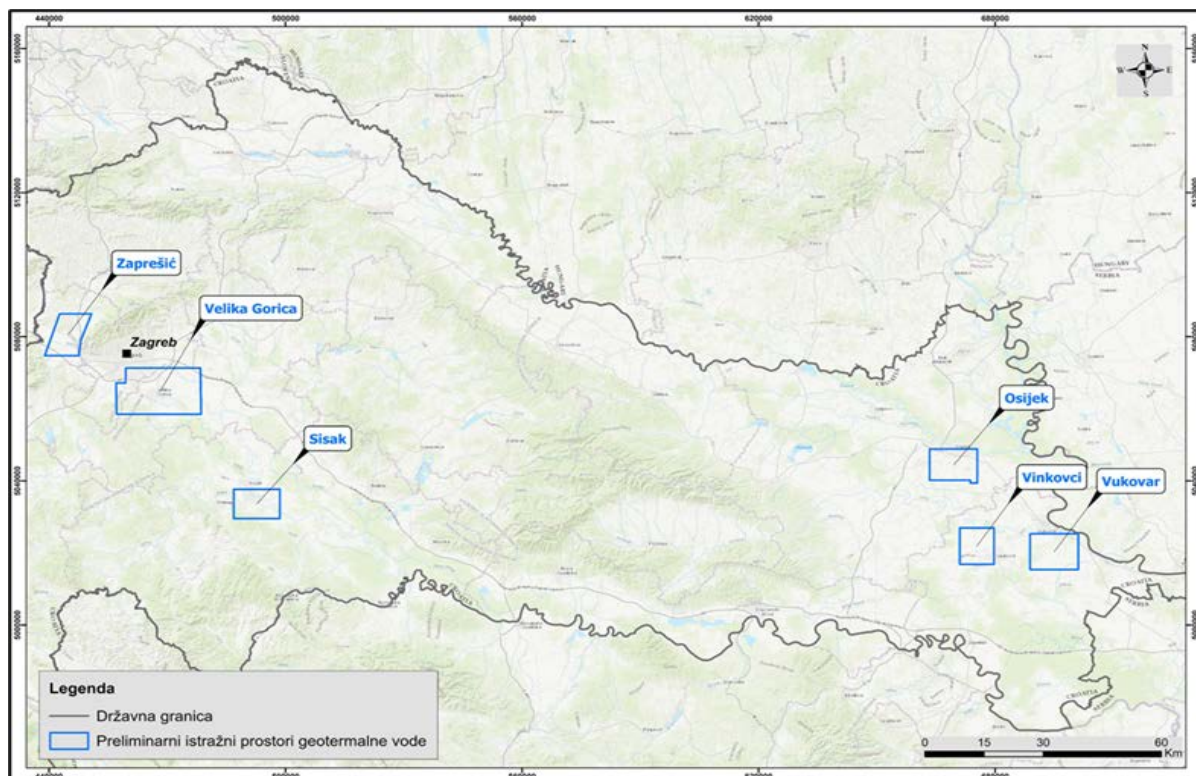
REZULTATI ISTRAŽIVANJA GEOTERMALNOG POTENCIJALA

Preliminarni istražni prostor Velika Gorica

Istražna geotermalna bušotina Velika Gorica GT-1 (VGGT-1)

U sklopu programa Nacionalni plan oporavka i otpornosti (NPOO) kroz mjeru C1.2. R1-I2 „Poticanje energetske učinkovitosti, toplinarstva i obnovljivih izvora energije za dekarbonizaciju energetskog sektora“, Agenciji za ugljikovodike izvorno su dodijeljena financijska sredstva za ispitivanje i potvrđivanje geotermalnog potencijala u iznosu od 30 milijuna EUR. Cilj provedbe ovog tehnički i kapitalno intenzivnog projekta jest povećanje udjela obnovljivih izvora energije, točnije geotermalne energije u sektoru toplinarstva.

U revidiranom planu NPOO projekta, Agenciji su dodijeljena dodatna sredstva od 20,8 milijuna EUR s kojima se planiraju daljnje istražne aktivnosti i de-riskiranje područja preliminarnih istražnih prostora.



Slika 1 Položajna karta s prikazom preliminarnih istražnih prostora (PIP)

Inicijalno za geološko deriskiranje i ispitivanje geotermalnog potencijala odabrano je šest lokacija odnosno preliminarnih istražnih prostora sukladno geološkim i tehničkim kriterijima: Osijek, Vinkovci, Vukovar, Zaprešić, Sisak i Velika Gorica. Na svim preliminarnim istražnim prostorima tijekom kraja 2022. te tijekom prve polovice 2023. obavljena su geofizička snimanja 2D seizmike i magnetotelurike. Obradom i interpretacijom navedenih podataka uz integraciju postojećih geofizičkih podataka, dobila se jasnija slika podzemlja i potencijala za iskorištavanje geotermalne vode u svrhu toplinarstva na svakom od prostora.

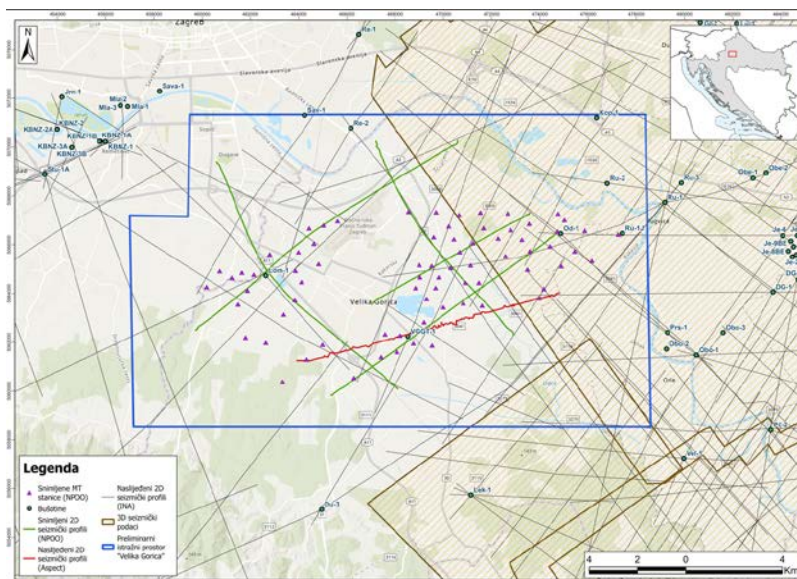
Temeljem geološko-geofizičkih evaluacija odabrana su 4 preliminarna istražna prostora na kojima će se izraditi po jedna istražna bušotina: Velika Gorica, Zaprešić, Osijek i Vinkovci. Izradom i testiranjem bušotina utvrdit će se potencijal iskorištavanja geotermalne vode i parametri nužni za privođenje bušotini proizvodnji prvenstveno s aspekta toplinarstva.

Za potrebe projektiranja, nabave materijala i izrade istražnih geotermalnih bušotina na četiri preliminarna istražna prostora, tijekom 2024. proveden je postupak javne nabave po principu ključ u

ruke. Nakon provedenog postupka javne nabave, odabrani najpovoljniji ponuditelj je društvo CROSCO, naftni servisi, d.o.o. (dio INA Grupe).

Za izradu geotermalne bušotine na preliminarnom istražnom prostoru Velika Gorica, Agencija za ugljikovodike je s društvom CROSCO, naftni servisi d.o.o. sklopila ugovor o izradi istražne geotermalne bušotine - projektiranje, nabava materijala i izrada istražne geotermalne bušotine po principu ključ u ruke. Vrijednost ugovora za preliminarni istražni prostor Velika Gorica je 11.243.342,00 EUR-a bez PDV-a.

Podaci korišteni za interpretaciju PIP Velika Gorica



Slika 2 Karta s prikazom dostupnih podataka

2D seizmički podaci:

Naslijeđeni podaci (INA) iz 1970-tih do 1990-tih

U okviru NPOO projekta snimljeno je 5 novih profila 2022-2023.g ukupne duljine 45,250 km

3D seizmički podaci:

Prekrivaju otprilike 1/3 sjeveroistočnog dijela PIP a interpretiran je seizmički volumen nastao spajanjem Sava 3D (INA 1998.) i Sava-Zapad 3D (Aspect 2024.) seizmičkih volumena

Magnetotelurski podaci-snimljeno u okviru NPOO projekta

Snimljeno 74 MT točke

izrađeni 1D MT inverzija, 2D MT inverzija na 3 profila

3D MT inverzija –MT volumen

Bušotinski podaci:

Unutar istražnog prostora:

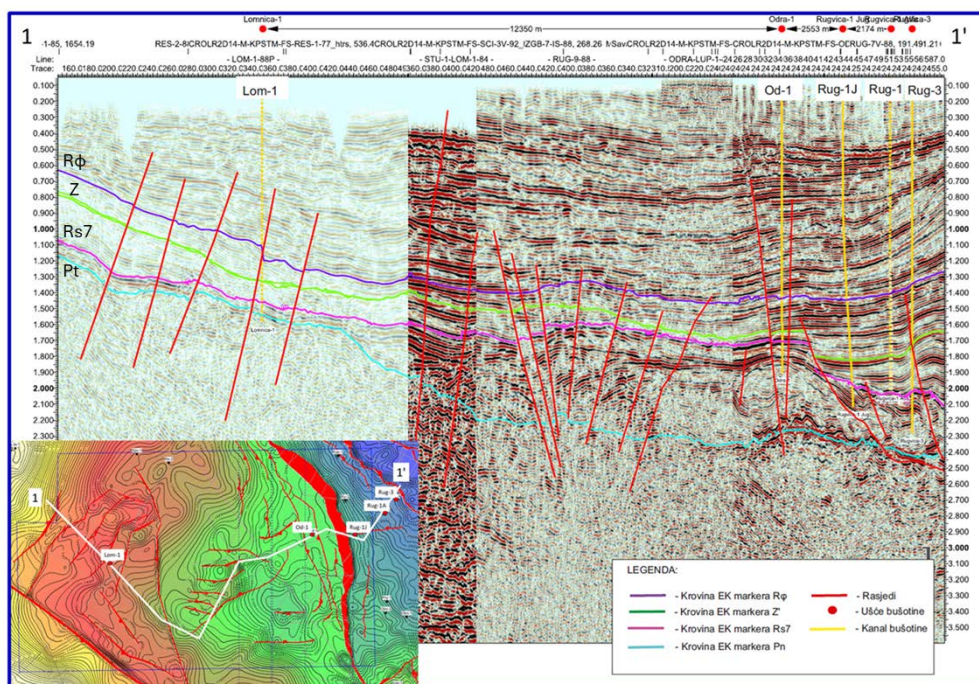
Odra-1, Rugvica-1J, -2, Kopčevac-1, Lomnica-1

Izvan istražnog prostora:

Jarun-1, Mladost-1, Mladost -3, Sava-1, Klinička Bolnica Novi Zagreb-1, Klinička Bolnica Novi Zagreb -1A, Klinička Bolnica Novi Zagreb -1B, Klinička Bolnica Novi Zagreb-2A, Klinička Bolnica Novi Zagreb -3, Klinička Bolnica Novi Zagreb-3B, Savica-1, Resnik-2, Rugvica-1A, Rugvica -3, Preseka-1, Oborovo-1, Oborovo -2, Oborovo -3, Veleševac-1, Dubranec-2, Dubranec -3, Lekenik-1.

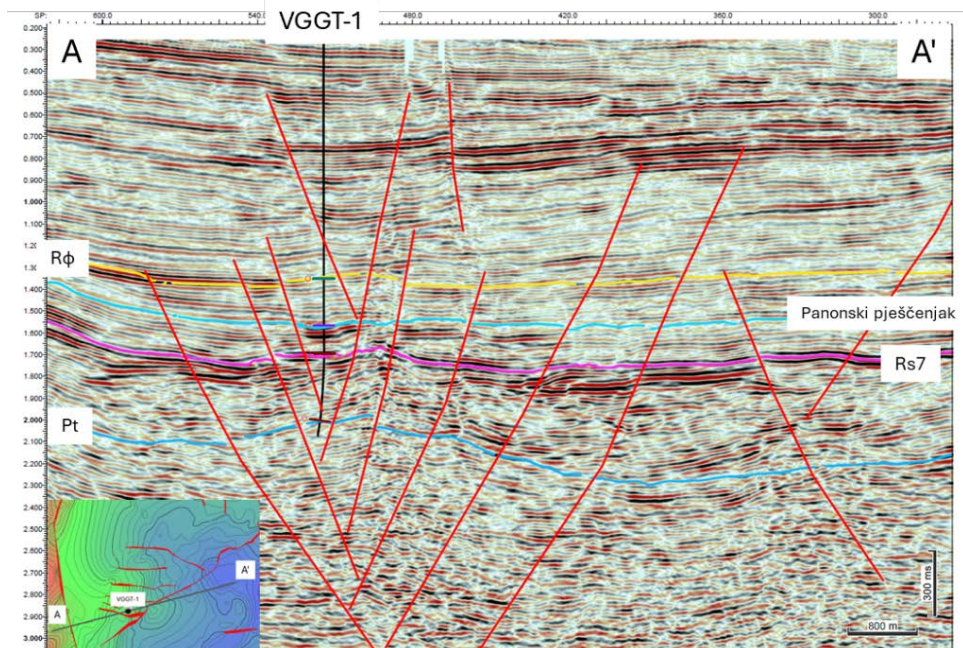
Interpretacija geofizičkih podataka

- Glavni cilj seizmičke interpretacije bio je što detaljnije definiranje strukturno tektonskih odnosa na istražnom prostoru te lociranje nove geotermalne bušotine.
- Kalibracija seizmičkih i bušotinskih podataka temeljena je na postojećim snimljenim zakonima brzina na bušotinama Od-1, Kop-1, Lek-1, Rug-1j, Rug-3, Lek-1, Vel-1.
- Nakon bušenja snimljen je VSP na bušotini VGGT-1 te je korišten za točniju kalibraciju i konverziju podataka u dubinsku domenu.
- Korelacijom dubina zalijeganja na svim navedenim bušotinama i seizmičkih podataka interpretirani su seizmički horizonti na širem području, a koji predstavljaju :
 - Krovinu EK repera R ϕ (krovina d. ponta)
 - Krovinu regionalnog markera Z (krovina g. panona)
 - Krovinu regionalnog markera Rs7 (krovina d.-sr. miocena)
 - Krovinu regionalnog markera Pn (krovina mezozoika)

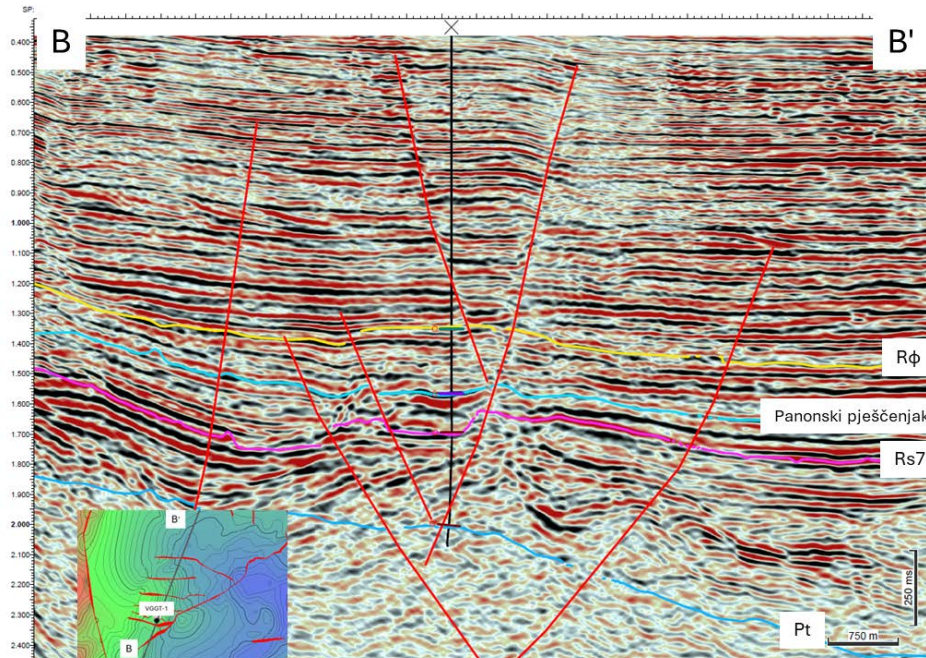


Slika 3. Kombinirani 2D seizmički profili preko PIP Velika Gorica s prikazanim strukturno tektonskim elementima

Interpretirani seizmički profili preko lokacije istražne bušotine VG GT-1

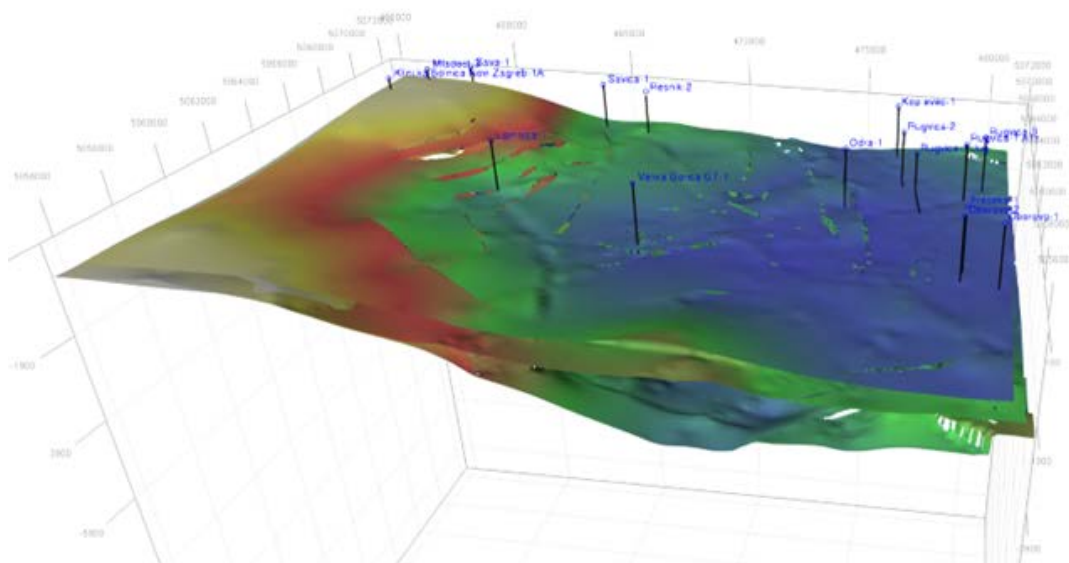


Slika 4 Interpretirani seizmički profil A-A'



Slika 5 Interpretirani seizmički profil B-B'



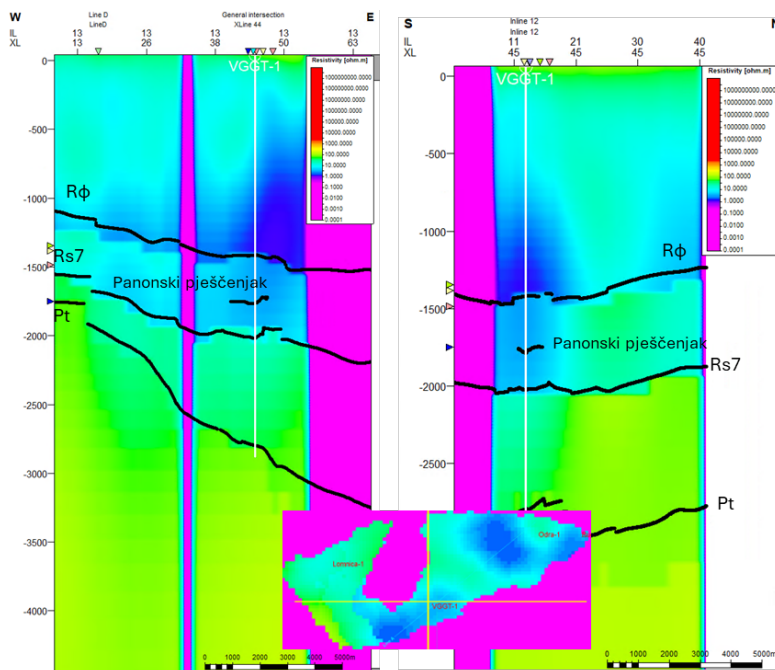


Slika 9. 3D prikaz dubinskih strukturnih karata

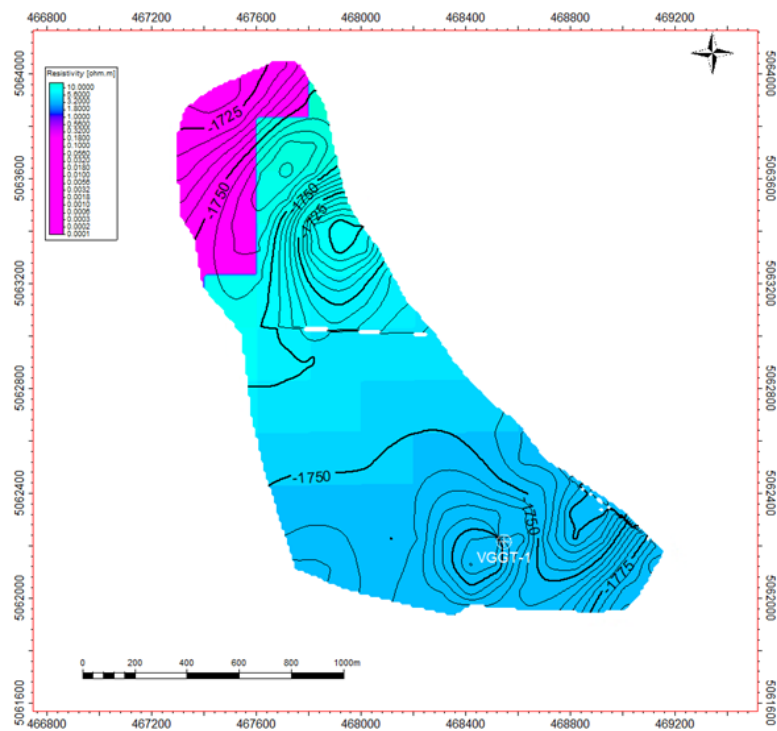
Interpretacija magnetotelurskih podataka

Magnetotelurski model inicijalno je izrađen prije bušenja bušotine VGGT-1 i služio je kao jedan od alata prilikom lociranja bušotine.

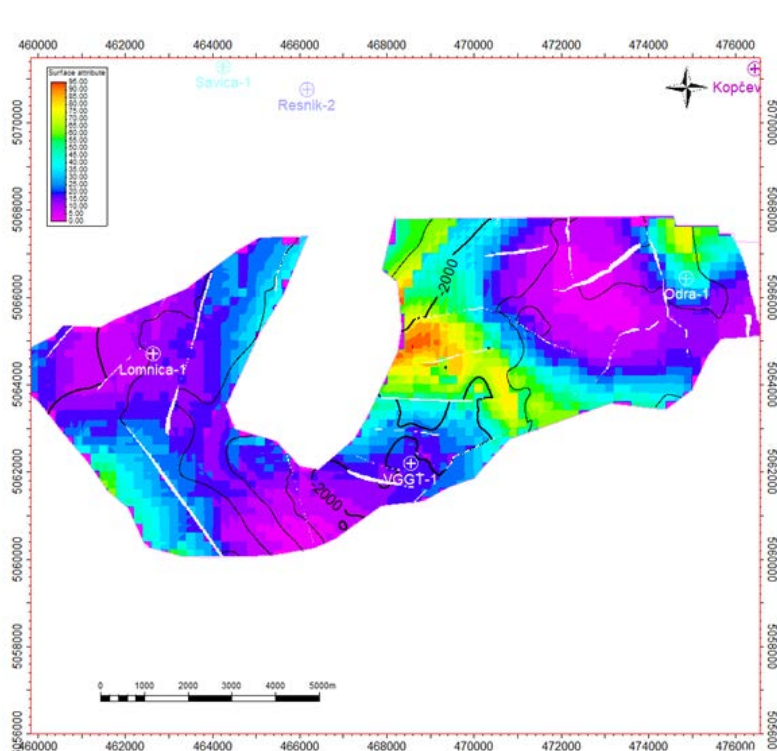
Reinterpretacija magnetotelurskog modela napravljena je ponovo nakon bušenja inkorporiranjem novih podataka dobivenih iz bušotine VGGT-1.



Slika 10 Profili Z-I i S-J iz 3D magnetotelurskog modela preko lokacije bušotine VGGT-1



Slika 11 Karta magnetotelurskih otpora ekstrahirana u intervalu od 50 m ispod krovine pješčenjaka



Slika 12 Karta magnetotelurskih otpora ekstrahirana u intervalu od 150 m ispod krovine Rs7

Izrada i testiranje istražne bušotine VG GT-1

Početak izrade bušotine: 28.2.2025

Završetak bušenja: 12.5.2025

Konačna dubina: 3.100m

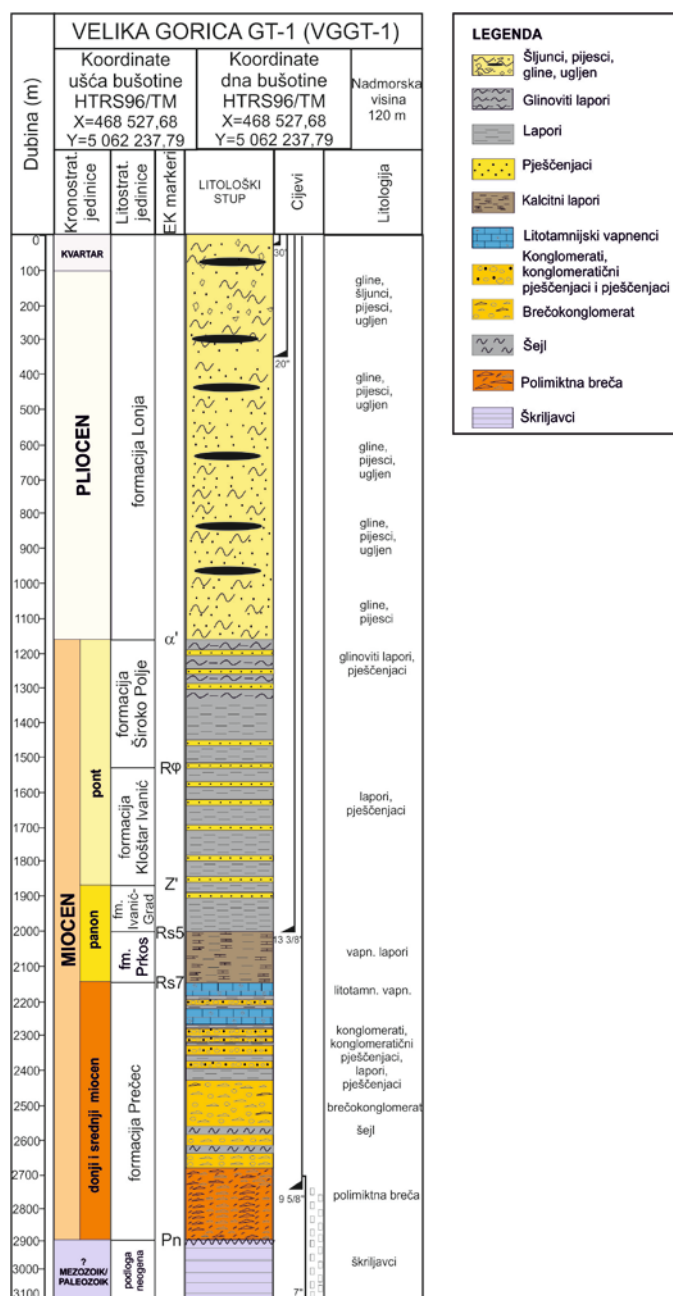
Početak testiranja: 13.05.2025

Završetak testiranja: 29.06.2025

Probušena ležišta:

- Škriljavci: 2920-3100m (ispitano 2745-3100 m)
- Brečokonglomerati : 2430-2690m (ispitano 2671–2631m)
- Litotamnijski vapnenci: 2144-2279m (ispitano 2279 – 2144 m)
- Pješčenjaci: 1884-1933m (ispitano 1920–1889,5 m)

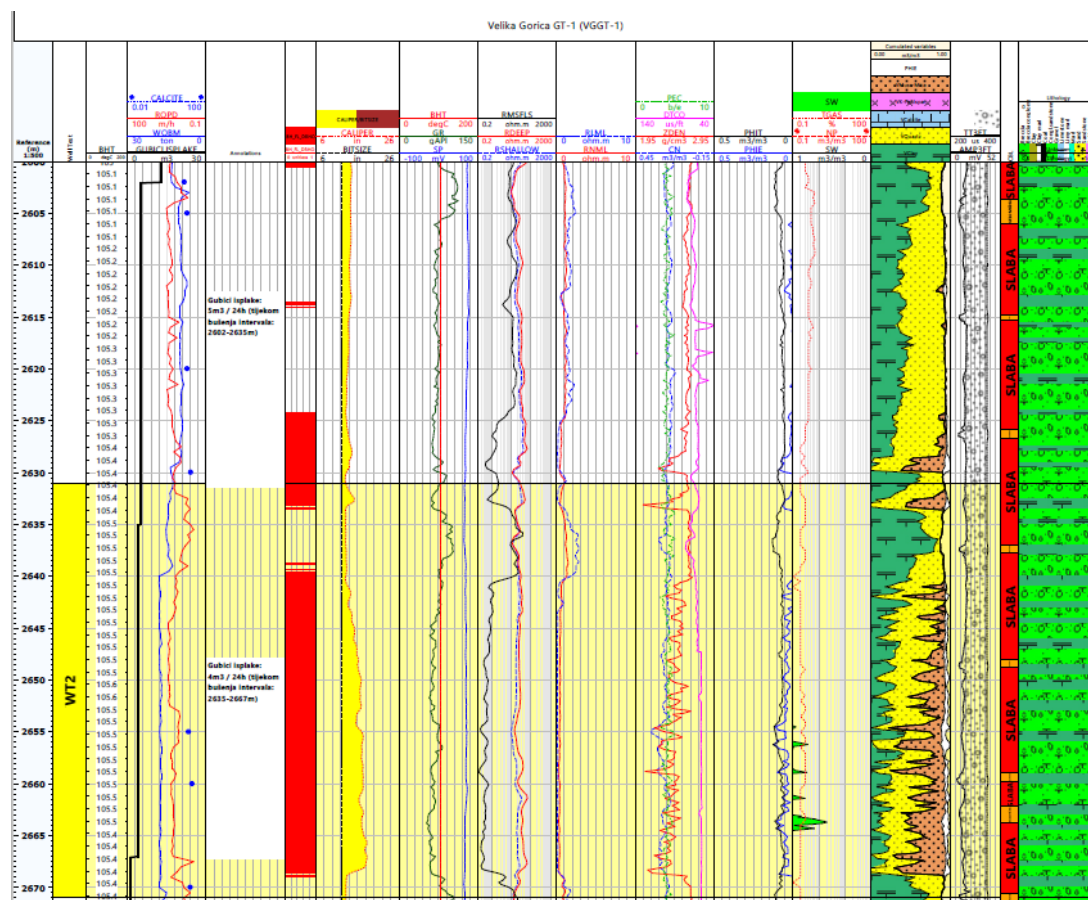
Temperatura na 3.085m – 125°C



Slika 13 Litološki stup bušotine VGGT-1

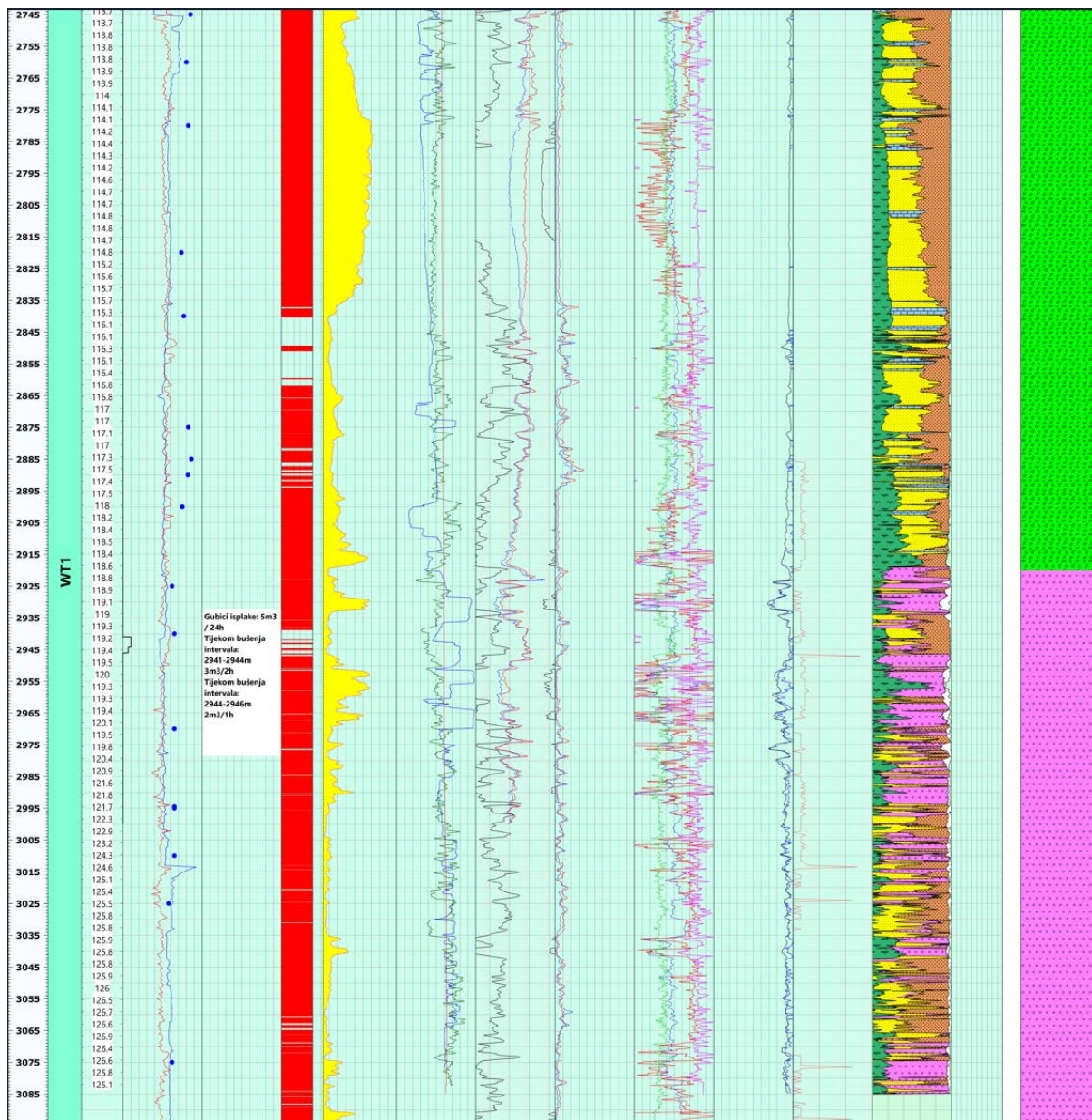
Petrofizikalna analiza bušotine VG GT-1

Brečokonglomerati



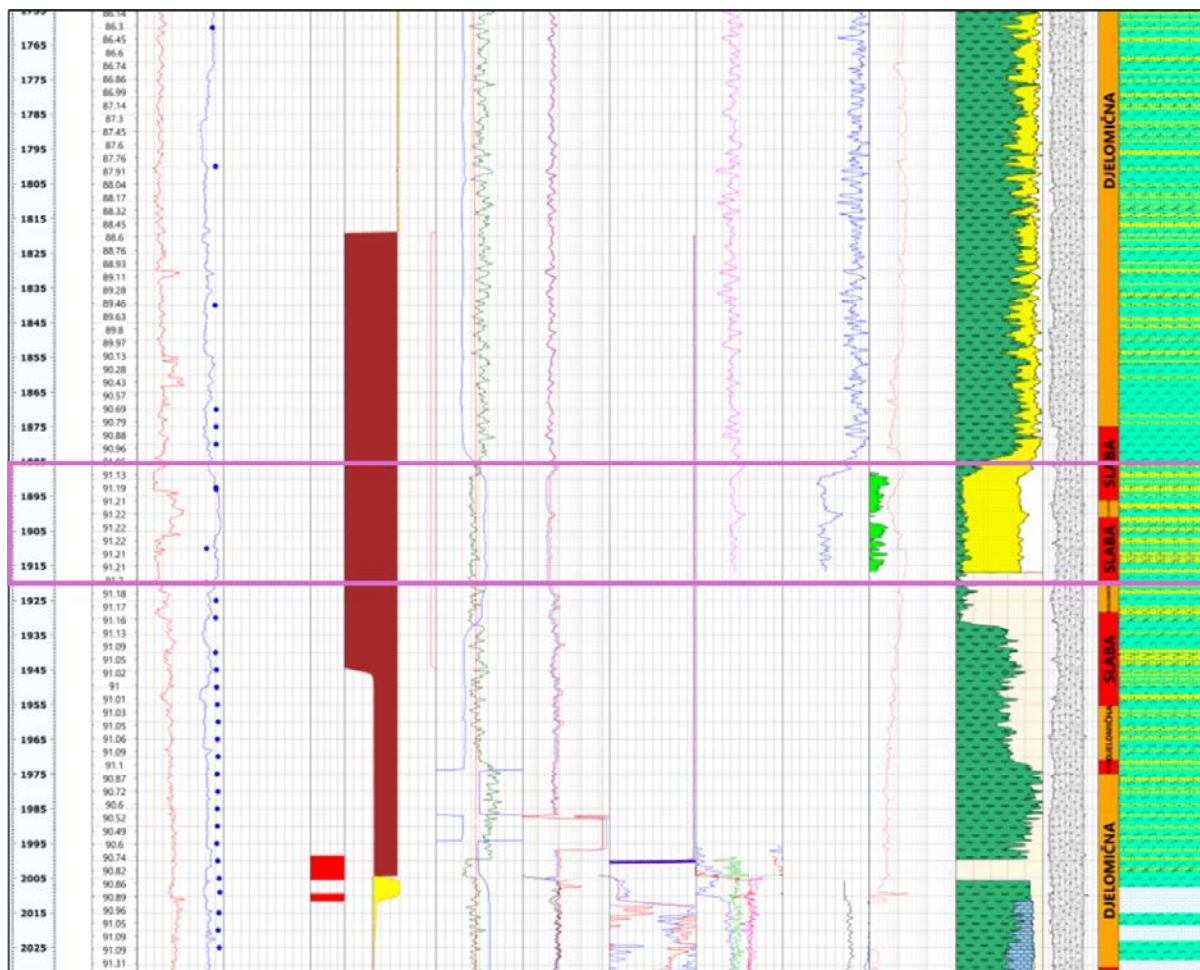
- Kontinuirani gubici isplake tijekom bušenja
- Interval ležišta: 2671 – 2631 m (9 5/8" kolona z.c-i)
- $\Phi_{AVE}=10\%$; $T= 105,5^{\circ}\text{C}$
- Stabilna temperatura u ležištu = aktivni mehanizam konvekcije
- Pojava "wash out-a"/ ispranih zona u kanalu bušotine
- Slaba cementna veza

Škriljavci



- Ležište: 3095 – 2740 m
- Registrirani gubici isplake tijekom bušenja
- $\Phi=5-10\%$; $T= 113.5 - 124.2^{\circ}\text{C}$

Pješčenjaci



- Raskriveni interval: 1920,0 – 1889,5 m (9 ⅝" kolona z.c-i)
- $\Phi_{Ave} = 23,7\%$; $T = 91^{\circ}\text{C}$
- Perforiranje intervala (7" DP)

Eruptivan rad bušotine, testiranje na 3 proizvodna uvjeta (1", 1,5", 2")

$$q_w = 3,8 - 4,1 \text{ l/s}$$

$$p_{u\bar{s}} = 0,7 - 0,9 \text{ bar}$$

$$T_{u\bar{s}} = 65,7 - 72,7^{\circ}\text{C}$$

Salinitet : 4,95 g NaCl

(

Zajedničko testiranje (2279 – 2144 m i 1920 – 1889,5 m)

- EPS pumpa spuštена na dubinu od 536 m
- Ukupno trajanje testiranja: 15 h
- Bušotina ispitana na protoke 7- 35 l/s, pri različitim frekvencijama (30 – 55 Hz) pumpe

Numerička simulacija eksploatacije geotermalne vode

Simulacije proizvodno-utisnog para na lokaciji PIP Velika Gorica koristeći TOUGH2 softver

Razmatrana ležište: pješčenjaci i litotamnijski vapnenci

Pješčenjaci:

- Efektivna debljina: 48 m
- Poroznost: 23.7%
- Propusnost: 71.29 mD
- Temperatura geotermalne vode: 100 °C

Litotamnijski vapnenci:

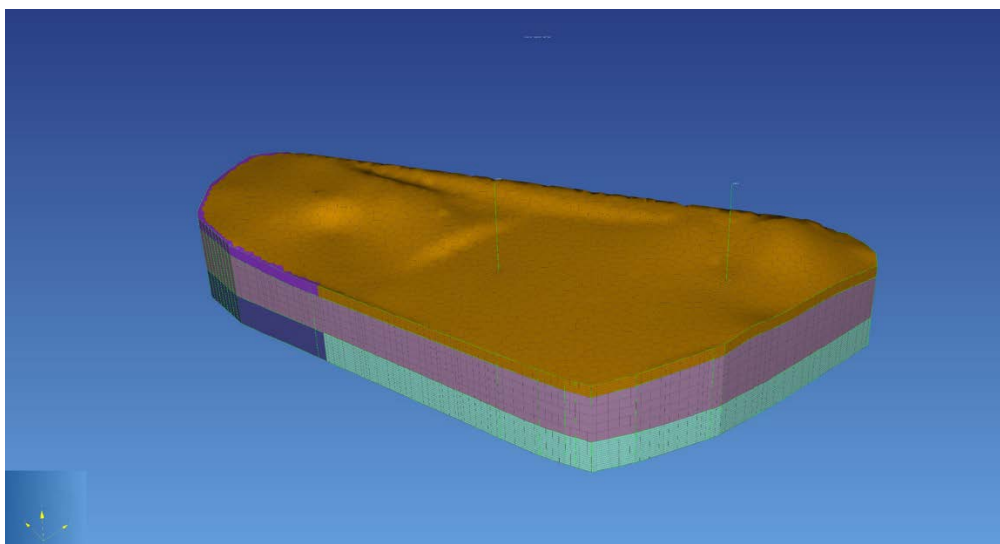
- Efektivna debljina: 130 m
- Poroznost: 10%
- Propusnost: 6 mD

Temperatura geotermalne vode: 114 °C

Proizvodna i utisna bušotina udaljene 300 m

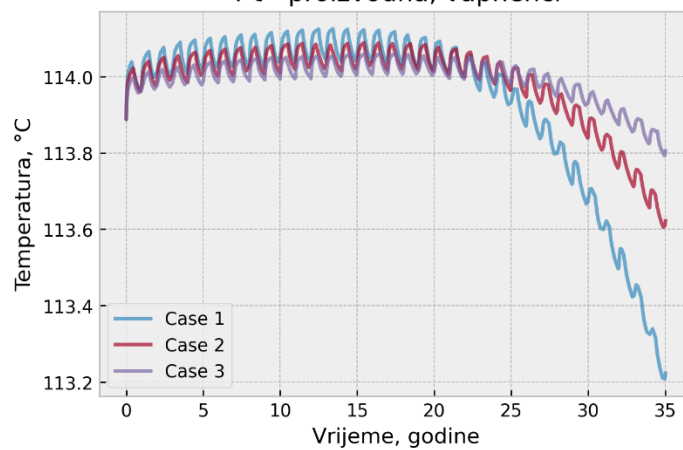
Strategije eksploatacije:

- Zimski dio godine: $q = 35/30/25$ l/s (3 simulacijska slučaja)
- Ljetni dio godine: $q = 5$ l/s
- Utis vode pri 50 °C
- Vrijeme simulacije: 35 godina

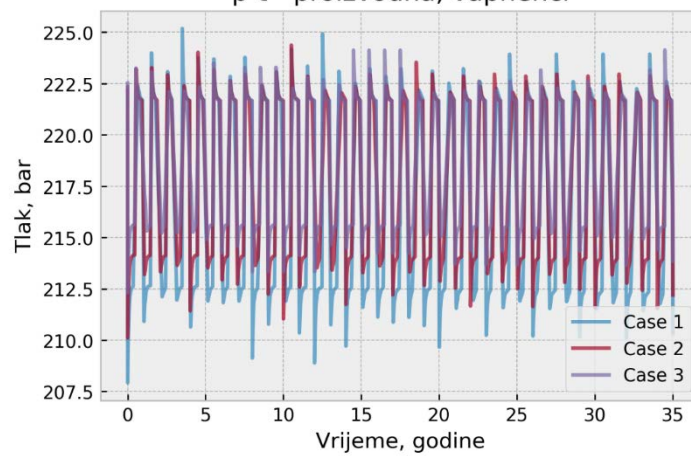


Slučaj	$Q_{\max}$, l/s	$P_{\text{toplinska}}$, MW
1	35	7.6
2	30	6.6
3	25	5.5

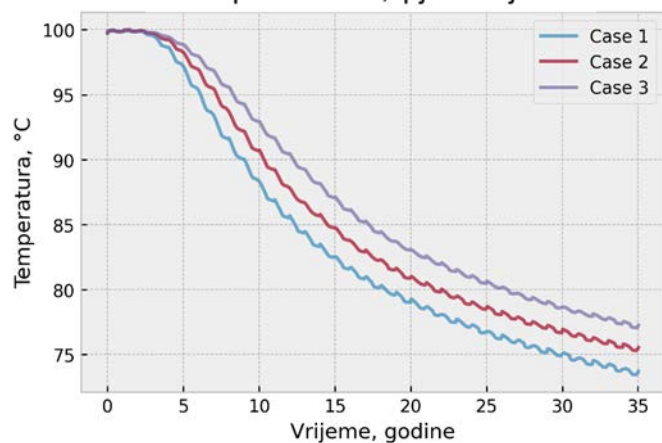
T-t - proizvodna, vapnenci



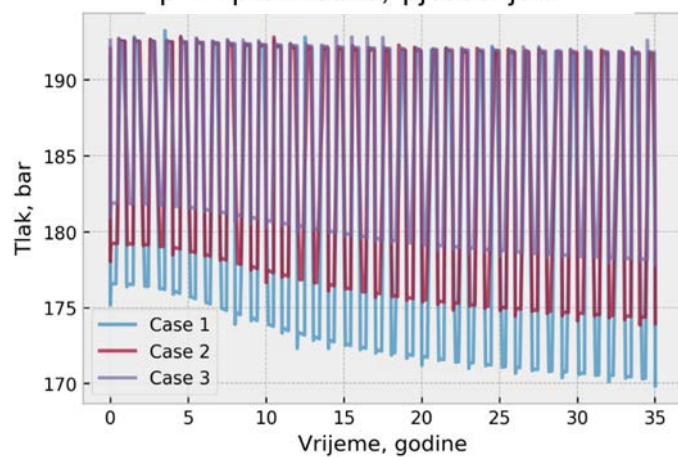
p-t - proizvodna, vapnenci



T-t – proizvodna, pješčenjak



p-t – proizvodna, pješčenjak



Prostorno-planski aspekti vezani za Grad Velika Gorica

VII. Izmjene i dopune Prostornog plana Zagrebačke županije

- Postrojenja za korištenje OIE, u koje spada i geotermalna energija, moguće je smjestiti unutar:
 - Izdvojenih građevinskih područja gospodarske proizvodne namjene izvan naselja
 - Unutar površina gospodarske - proizvodne namjene unutar građevinskih područja naselja
 - Površine centara za odlaganje otpada
 - Površine uređaja za pročišćavanje otpadnih voda
 - Sklopa gospodarskih građevina u funkciji obavljanja poljoprivrednih djelatnosti
- Vodnih i inundacijskih površina

Prostorni plan uređenja grada Velika Gorica

- Prepoznata je važnost integracije OIE
- Objekti za eksploataciju OIE mogu se smjestiti unutar građevinskih područja naselja ili područja gospodarske i infrastrukturne/komunalne namjene te na prostore biljnih ili životinjskih farmi u skladu s uvjetima nadležnih tijela, na način da ne ugrožavaju osnovnu namjenu prostora.
- Potiče se centralizacija i objedinjavanje individualnih sustava grijanja u naseljima koristeći OIE ili prirodni plin, kao i ukidanje postojećih javnih toplana objedinjavanjem i rekonstrukcijom toplinskih mreža.
- Unutar građevinskih područja gospodarske i infrastrukturne/komunalne namjene moguće je planirati smještaj objekata za proizvodnju toplinske energije koristeći OIE.
- Eksploatacija geotermalne vode moguća je na području šire zone zaštite.
- U zoni kontrolirane gradnje (5.ZKG) moguće je gradnja energetskih građevina i infrastrukture samo uz suglasnost MORH-a.

Generalni urbanistički plan grada Velike Gorice

- Toplinske stanice i toploводи smatraju se infrastrukturnim građevinama i moguće ih je smjestiti i na površinama drugih namjera sukladno potrebama, uz uvjet da im se osigura zasebna građevna čestica i pristup na prometnu površinu.
- Potrebno je rekonstruirati i održavati postojeću vrelovodnu mrežu s ciljem smanjenja disipacije topline. Nove vrelovođe treba izvoditi s predizoliranim cijevima s ograđenom senzorskom trakom za detektiranje eventualnog propuštanja.
- Moguće je vrelovod polagati u kolnike, pješačke nogostupe ili zelene pojaseve u kojima nema niti planira sadnja niskog ili visokog zelenila.
- Na mjestima priključaka zgrada na sustav grijanja putem vrelovoda treba izgraditi toplinske podstanice. Planira se i mogućnost priključaka individualnih obiteljskih stambenih zgrada.

Toplinski sustav Grada Velike Gorice

Jedan centralni toplinski sustav i 3 zatvorena toplinska sustava

➤ PRIMARNI ENERGENENT	Prirodni plin, lož ulje
➤ DULJINA CJEVOVODA	14 698 m
➤ BROJ POTROŠAČA	Kućanstva: 5 662 Poslovni objekti: 243
➤ UKUPNA GRIJANA POVRŠINA	305.608 m ²
➤ UKUPNA GODIŠNJA ISPORUČENA ENERGIJA	≈ 45 GW

Budući planovi - usmjerenost na modernizaciju i širenje toplinske mreže, mogućnost povezivanja s TE-TO Zagreb (postoji idejno rješenje) i povećanje OIE i energetske učinkovitosti

Prilike za integraciju geotermalne energije

- Planirano proširenje ŠRC Velika Gorica uključujući i izgradnju vanjskog bazena
- Planirana gradnja sportske infrastrukture na jezeru Čiče
- Planirana izgradnja nacionalnog kampa Hrvatskog nogometnog saveza
- Planirana dogradnja OŠ Eugena Kumičića i izgradnja OŠ u naselju Kurilovec
- Poduzetničke zone: Radna zona Rakitovec, Proizvodna zona Vukovinsko polja, Gospodarska zona Kušanec-Istok
- Nacionalni sortirni centar Hrvatske pošte
- Međunarodna zračna luka "Franjo Tuđman"
- Mogućnost uključivanja geotermalne energije kao specifičnih znanja o primjeni OIE
- Regionalni centar kompetentnosti u strukovnom obrazovanju (Srednja strukovna škola Velika Gorica) - . specijaliziran je za područje strojarstva, automatizacije i robotike, s fokusom na Industriju 4.0.