

# KaraWAT

**Delovni sklop T2- Pilotne aktivnosti /Arbeitspaket T2 – Pilotaktivitäten**

**Aktivnost T2.1 Značilnosti vodnega kroga / Aktivität T2.1 Merkmale des Wasserkreises**

**Dosežek: D.T2.1.2 Mineralna voda Kotlje /  
Leistungen D.T.2.1.2 Mineralwässer Kotlje**

**Hidrogeološko poročilo o viru mineralne vode Rimski vrelec - Kotuljska  
slatina / Hydrogeologischer Bericht über die Mineralwasserquelle Kärntner  
Römerquelle - Köttlach**

**December / Dezember 2022**

**Verzija/ Version 3.0**

Projekt KaraWAT se v okviru Programa sodelovanja Interreg V-A Slovenija-Avstrija sofinancira s sredstvi Evropskega sklada za regionalni razvoj v vrednosti 296.891,52 EUR. / Das Projekt KaraWAT wird im Rahmen des Kooperationsprogrammes Interreg V-A Slowenien-Österreich vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung in Höhe von 296.891,52 EUR gefördert.



Vodilni partner / **Führungspartner**: GeoZS

Avtorji gradiva / **Autoren des Materials**:

dr. Nina Rman, univ. dipl. ing. geol.

mag. Andrej Lapanje, univ. dipl. ing. geol.

dr. Luka Serianz, mag. inž. geol.

Jan Udovč, mag. inž. geol.

Simon Mozetič, dipl. inž. rud. in geoteh.

Petra Meglič, univ. dipl. ing. geol.



## KAZALO / INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>I. DEL: SPLOŠNE GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE.....</b>                                           | <b>3</b>  |
| 1.1 Predmet koncesije.....                                                                              | 3         |
| 1.2 Opis obravnavanega območja .....                                                                    | 3         |
| 1.3 Historiat.....                                                                                      | 6         |
| 1.4 Geologija .....                                                                                     | 10        |
| 1.4.1 Geotermalni potencial.....                                                                        | 11        |
| 1.4.1 Izvor zajete podzemne vode .....                                                                  | 12        |
| 1.5 Opis izvedbe zajetja.....                                                                           | 13        |
| 1.5.1 Vrtina VK-1.....                                                                                  | 14        |
| 1.5.2 Vrtina VK-R .....                                                                                 | 14        |
| 1.5.3 Izdatnost vira VK-R .....                                                                         | 17        |
| 1.5.3.1 Črpalni preizkus v letu 2009 .....                                                              | 17        |
| 1.5.3.2 Večstopenjski kratkotrajni črpalni preizkus v letu 2021 .....                                   | 17        |
| 1.5.3.2 Večstopenjski kratkotrajni črpalni preizkus v letu 2022 .....                                   | 18        |
| 1.5.3.3 Izvedba .....                                                                                   | 20        |
| 1.5.3.4 Rezultati.....                                                                                  | 20        |
| 1.5.3.5 Sklep.....                                                                                      | 23        |
| <b>II. DEL: POTENCIAL VODNEGA VIRA .....</b>                                                            | <b>24</b> |
| 2.1 Primarnost zajete podzemne vode .....                                                               | 24        |
| 2.1.1 Temperatura infiltracije in globina kroženja vode .....                                           | 24        |
| 2.1.2 Kakovost vode, naravno (izvirno) stanje .....                                                     | 24        |
| 2.1.3 Možnost uporabe zajete podzemne vode .....                                                        | 31        |
| 2.1.4 Problematika, povezana z uporabo zajete vode .....                                                | 33        |
| 2.2 Ohranjanje telesa podzemne vode.....                                                                | 33        |
| 2.2.1 Obseg vodonosnega sistema in značaj hidrodinamskih mej .....                                      | 33        |
| 2.2.2 Tveganje onesnaženja, ranljivost in ogroženost vodonosnega sistema, naravna zaščitnost vira ..... | 35        |
| 2.3 Dosegljivost vira podzemne vode.....                                                                | 35        |
| 2.4 Izkoristljivost vira podzemne vode .....                                                            | 36        |
| 2.4.1 Izdatnost vodonosnega sloja.....                                                                  | 36        |
| 2.4.2 Izdatnost zajetja .....                                                                           | 36        |
| 2.5 Razpoložljivost vira podzemne vode .....                                                            | 36        |
| 2.5.1 Dosedanje ocene razpoložljivosti vodnih zalog .....                                               | 36        |

|                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.5.2 Sedanja ocena razpoložljivosti vodnih zalog .....</b>                                                           | <b>37</b> |
| <b>III. DEL: VAROVANJE VODNEGA VIRA .....</b>                                                                            | <b>37</b> |
| <b>3.1 Dosedanje omejitve varstvenega območja in podrobnosti o drugih ukrepih za zaščito vira proti onesnaženju.....</b> | <b>37</b> |
| <b>3.2 Predlagana omejitev varstvenega območja .....</b>                                                                 | <b>37</b> |
| <b>IV. DEL: PROGRAM monitoringa.....</b>                                                                                 | <b>38</b> |
| <b>VI. Viri .....</b>                                                                                                    | <b>41</b> |

## I. DEL: SPLOŠNE GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

### 1.1 Predmet koncesije

Južno od Kotelj in v bližini Iverčkega jezera se nahaja Kotuljska slatina (tudi Hotujska slatina, kiseva voda, Rimski vrelec, nem. Römerquelle ali Kärntner Römer-Quelle, ita. Fonte romana della Carinzia, Source Romaine in ang. Carinthian Roman Mineral Spring). Na mestu nekdanjega izvira se danes nahaja vrtina VK-R/73. Rimski vrelec je zavarovana naravna vrednota lokalnega pomena št. 3833 in zavarovano arheološko najdišče EŠD 28085.

Drobne in Mencej (1972) sta opisala predhodne hidrogeološke raziskave z namenom zajetja dodatnih vodnih virov. Rogelj in sod. (1972), Mencej in Drobne (1973) ter Drobne in sod. (1973) pa tudi že nove vrtine. Izdelanih je bilo: 1 globoka (196 m) in 9 plitvih strukturnih vrtin, 1 črpalna vrtina in dva vodnjaka VK-1/73 (30 m) in VK-R/73 (10 m). Na slednjih so bili izvedeni črpalni poizkusi ter določena kemijska sestava vode. Z odločbo Republiškega komiteja za zdravstvo in socialno varstvo Ljubljana Socialistične republike Slovenije št. 514-2/75 z dne 28.2.1975 je podjetje Viator Ljubljana, TOZD Hoteli na Koroškem dobilo dovoljenje za rabo Rimskega vrelca v Kotljah v zdravstvene namene kot naravno zdravilno sredstvo zaradi visokih vsebnosti železa in prostega CO<sub>2</sub>. Žlebnik je v letih 1977 in 1979 povzel dotedanje ugotovitve. Ponovno se je območje raziskovalo v 2009, ko sta bili pregledana vodnjaka VK-1/73 in VK-R/73. Na slednjem je bil izveden črpalni preizkus (Juvančič in Gostečnik, 2009), VK-1/73 je bil ugotovljen kot tehnično neprimeren objekt.

Zgodovino razvoja lokacije in različno popoln zbir dokumentacije sta podala Kraševac (2009) in Lipovšek (2017). V letih 2014 (Rman in Kanduč, 2015) in 2021 (neobjavljeno GeoZS) so bile izvedene kemijske in izotopske analize mineralne vode iz VK-R/73, ki še vedno preliva v količini približno 0,08 l/s. V 2022 je bil izveden kratokotrajni večstopenjski črpalni preizkus, ki je tudi opisan v tem poročilu.

### 1.2 Opis obravnavanega območja

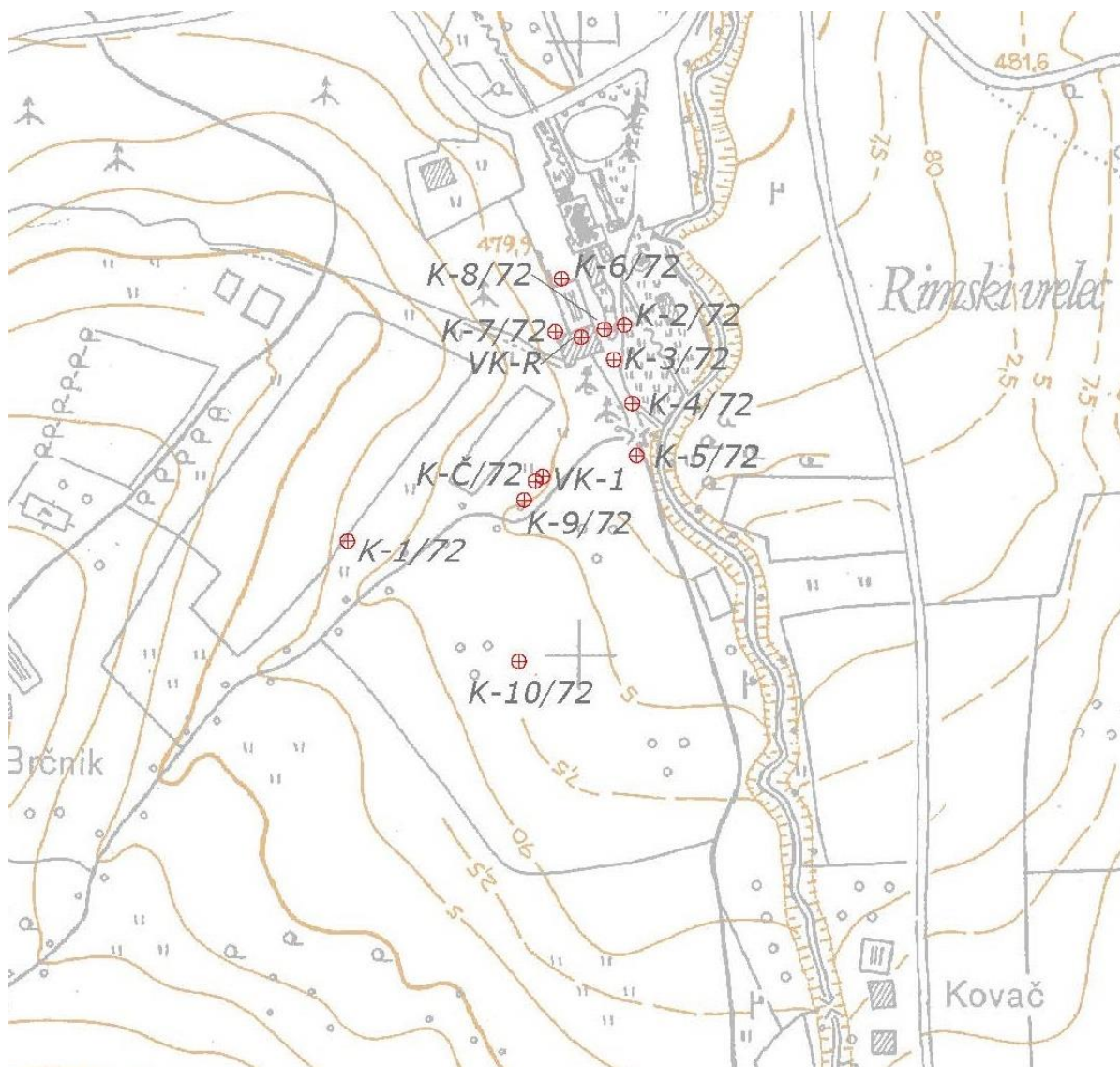
Kotlje ležijo v občini Ravne na Koroškem s površino 63,45 km<sup>2</sup>. Središče občine so Ravne na Koroškem, ki ležijo ob spodnjem delu reke Meže pod Uršljo goro. Površje občine je hribovito in z velikimi razlikami v nadmorski višini. Najvišje se dvigne Uršlja gora (1699 m), najnižji predeli pa so v osrednjem delu, v vzhodnem delu doline Meže (360 m). Višinska razlika v občini znaša nad 1200 m. V dolini Meže so najmanjši nakloni pobočij, med 0° in 2°, medtem ko se v večini občine gibljejo med 6° in 20°. Naječji nakloni, ki presežejo 30°, se pojavljajo v dolinah vodotokov, kjer se površje iz dolin potokov naglo dvigne v hribovje. Reka Meža deli občino na severni in južni del, čeprav med njima ni bistvenih razlik v oblikovanosti površja. Poleg najvišjega vrha Uršlje gore so med višjimi predeli še vrhovi Črni vrh (1335 m), Hom (1193 m), Štekneči vrh (1061 m), Požegov vrh (1040 m) in Šteharski vrh (1018 m).

Prisotna sta dva razvojna tipa reliefa. V večjem delu občine je zaradi goste rečne mreže prisoten destrukcijski rečno-denudacijski relief, za katerega je značilno prepletanje dolin in vmesnih slemen. Za ravninski del doline Meže je značilen akumulacijski rečno-denudacijski tip, ki ga je ustvarila reka z odložitvijo več metrov debelih nanosov prod, peska in gline (Lapanje in sod., 2007). Meža je največji vodotok v občini in izvira v Avstriji, zahodno od Pece. Ima snežno-dežni rečni režim, najvišji povprečni pretok se pojavlja spomladi (april, maj), najnižji poleti (avgust) in pozimi (januar). Številni manjši potoki, velikokrat hudourniškega značaja, so razrezali hribovje s svojimi dolinami. Večja potoka sta Zelenbreški potok, levi pritok Meže, ki ima tudi sam zelo gosto in razvejano mrežo manjših večinoma občasno tekočih pritokov iz severnega dela občine, ter Črni potok, desni pritok Meže, iz južnega dela občine.

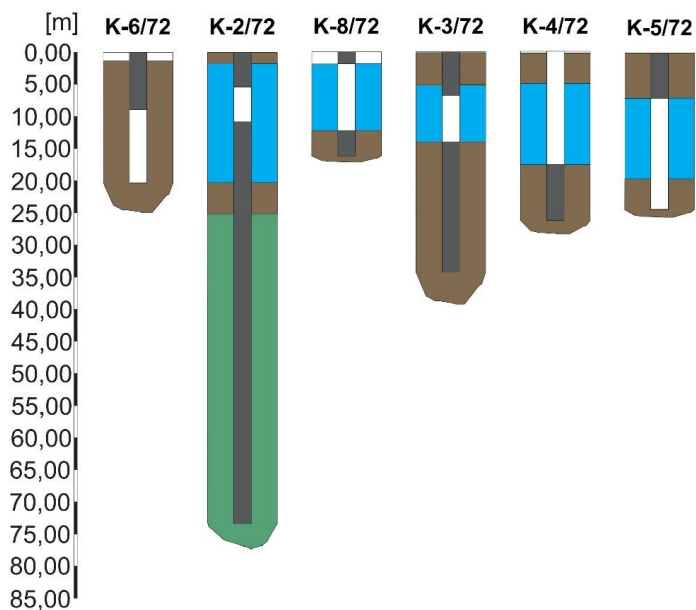
Celotno območje občine je uvrščeno v podtip gorskega podnebja, in sicer v podnebje nižjega gorskega sveta severne Slovenije. Povprečna temperatura najtoplejšega meseca je nad 10 °C. Značilen je celinski

padavinski režim, povprečna letna količina padavin je 1100 mm do 1700 mm.

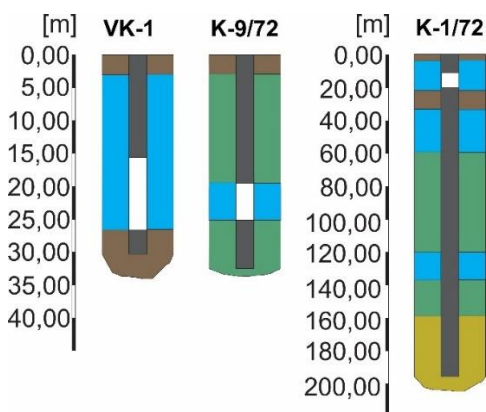
Občina je zelo gozdnata (64 %), pozidanih je dobrih 7 %. Kmetijske površine zavzemajo skoraj 29 % občine, čeprav odpade na obdelovalne površine (njive) le 2,8 % površja, še manjši je delež sadovnjakov (2,27 %). Največji delež kmetijskih površin pripada travnikom in pašnikom, ki skupaj zavzemajo 21,5 % površine občine. Zanimljivo je delež vodnih površin (0,27 %), ki odpadejo na reko Mežo in njene večje pritoke. Ostalo pripada neporaščenim najvišjim vrhovom, ki so brez ali z redko vegetacijo ter suhim odprtim zemljiščem s posebnim rastlinskim pokrovom.



Slika 1: Prikaz lokacij raziskovalnih vrtin in vodnjakov, do sedaj izvrtanih na območju Rimskega vrelca (podlaga: Temeljni topografski načrt v merilu 1 : 5.000).

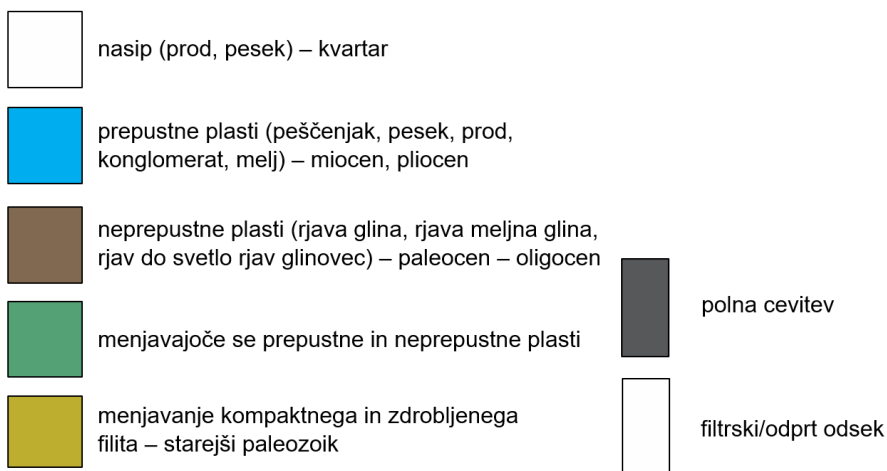


Slika 2: Prikaz geološke zgradbe vzdolž profila sever (severo-zahod) - jug (jugo-vzhod)



Slika 3: Prikaz geološke zgradbe vzdolž profila severovzhod-jugozahod

#### HIDROGEOLOŠKA SPECIFIKACIJA PROFILA



Slika 4 Hidrogeološka specifikacija geološke zgradbe na obeh hidrogeoloških profilih

### 1.3 Historiat

Mineralne in termalne vode se uporabljajo od prazgodovine naprej. V novejših časih je bil izvir v Kotljah zajet v letu 1847 in bil nato opuščen, dokler v letu 1887 Josef Steinhäubel ni zgradil nov zdraviliški objekt in polnilnico mineralne vode (Internet 1). Med gradnjo zdraviliškega objekta so našli rimske izkopenine. To dejstvo in bližina rimske ceste med Celeio in Virunumom (glavno mesto Norika) kažeta, da so izvir poznali že v rimski dobi. Izvir so poimenovali Römerquelle (Österreichisches Bäderbuch, 1914). Mineralna voda je bila zajeta s plitvim vodnjakom majhne izdatnosti. Iztok iz zajetega izvira je znašal v začetku 19. stoletja 16 l/min (= 0,27 l/s). Kemijski analizi Rimskega vrelca iz let 1877 in 1892 (Slika 2 in 3) sta navajala celotno vsebnost CO<sub>2</sub> enako 4233 g/l in 4820 g/l, v zdravilišču pa le 3150 g/l. Tudi takrat so v vodi izmerili najvišjo vsebnost ionov Ca, Mg in Na ter nekaj železa (15-18 mg/l) (Kraševac, 2009).

| Analyse der Kärntner Römerquelle. <sup>1</sup>                                                                                                                                 |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Von Dr. Adolf Jolles in Wien.                                                                                                                                                  |           |
| Die Analyse der Kärntner Römerquelle ergab folgende Resultate für 10.000 Gewichtstheile Wasser:                                                                                |           |
| Chlornatrium .....                                                                                                                                                             | 0·543 gr. |
| Chlorkalium .....                                                                                                                                                              | 0·314 „   |
| Chlormagnesium .....                                                                                                                                                           | 0·105 „   |
| Chlorcalcium.....                                                                                                                                                              | 0·138 „   |
| Schwefelsaures Calcium.....                                                                                                                                                    | 0·041 „   |
| Doppeltkohlensaures Natron.....                                                                                                                                                | 14·214 „  |
| Doppeltkohlensaures Magnesium...                                                                                                                                               | 3·874 „   |
| Doppeltkohlensaures Eisen .....                                                                                                                                                | 0·008 „   |
| Thonerde.....                                                                                                                                                                  | 0·064 „   |
| Kieselsäure.....                                                                                                                                                               | 0·118 „   |
| Organische Substanzen.....                                                                                                                                                     | 0·012 „   |
| Freie Kohlensäure .....                                                                                                                                                        | 28·897 „  |
| Mangan und Phosphorsäure...deutliche Spuren.                                                                                                                                   |           |
| Das Wasser der Kärntner Römerquelle ist charakterisirt durch seinen hohen Gehalt an doppeltkohlensaurem Calcium, sowie durch seinen Reichthum an freier Kohlensäure.           |           |
| Das Wasser ist ausgezeichnet durch einen sehr angenehmen, erfrischenden Geschmack, der bei Aufbewahrung in gut verkorkten Flaschen auch nach längerer Zeit unverändert bleibt. |           |
| Besonders bemerkenswerth ist der äusserst minimale Gehalt des Wassers an Eisen, schwefelsauren Salzen und organischen Substanzen.                                              |           |
| <sup>1</sup> Südbahn-Station Prevali, Post, Gutenstein in Kärnten.                                                                                                             |           |

Slika 5: Zeitschrift für Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene, und Waarenkunde 25.9.1892, 6/18, str. 1 (373). Dunaj. Vir: <https://digital.zbmed.de/gesundheitspflege/periodical/pageview/8601299>.

Häusergruppe, zur Dorfgemeinde Köttelach (900 Einwohner) im Bezirk Völkermarkt, Kärnten, gehörig, liegt in 510 m Seehöhe, 1 km südlich vom Dorf, in einem Talkessel am Nordfuß des 1700 m hohen walddreichen Ursulaberges in den Ostkarawanken.

*Geologie:* Der Quellbezirk befindet sich im Bereiche von (braunkohlenführenden) Tertiär-schichten, am Nordrande der hier aus Gesteinen der Jura- und Triasformationen aufgebauten Karawanken.

**Kurmittel:** Ein erdiger Sauerling, der im Badehaus entspringt, in Eisenröhren zugeleitet, zu Trink- und Badekuren (10 Kabinen mit Holz- und Zinkwannen) und zum Versand (gegen 80000 Flaschen jährlich) verwendet wird. — Terrainkur.

Temperatur: 10<sup>0</sup> C.

Ergiebigkeit: 16 Minutenliter.

| Kationen:                                   |         |           | Anionen:                                                        |         |           |
|---------------------------------------------|---------|-----------|-----------------------------------------------------------------|---------|-----------|
|                                             | Gramm   | Milli-Mol |                                                                 | Gramm   | Milli-Mol |
| Kalium-Ion (K <sup>+</sup> ) . . . . .      | 0.02095 | 0.5358    | Chlor-Ion (Cl <sup>-</sup> ) . . . . .                          | 0.00529 | 0.1492    |
| Natrium-Ion (Na <sup>+</sup> ) . . . . .    | 0.13146 | 5.7157    | Hydrophosphat-Ion (HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) . . . . .   | 0.00043 | 0.0045    |
| Calcium-Ion (Ca <sup>2+</sup> ) . . . . .   | 0.36396 | 9.083     | Hydrocarbonat-Ion (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) . . . . .    | 1.855   | 30.4192   |
| Magnesium-Ion (Mg <sup>2+</sup> ) . . . . . | 0.07314 | 3.0074    |                                                                 | 2.254   | 49.986    |
| Ferro-Ion (Fe <sup>2+</sup> ) . . . . .     | 0.00378 | 0.0676    | Borsäure (meta) (HBO <sub>2</sub> ) . . . . .                   | 0.00226 | 0.0514    |
| Aluminium-Ion (Al <sup>3+</sup> ) . . . . . | 0.00009 | 0.0033    | Kieselsäure (meta) (H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ) . . . . . | 0.01766 | 0.2255    |
|                                             |         | 80.577    |                                                                 | 2.474   | 49.63     |

|                                        |       |        |
|----------------------------------------|-------|--------|
| Freies Kohlendioxyd (CO <sub>2</sub> ) | 2444  | 43265  |
|                                        | 25296 | 574915 |
|                                        | 5003  | 106754 |

Daneben Spuren von Lithium-, Strontium- und Mangan-Ionen.

|                                                          | Gramm   |                                                 | Gramm                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kaliumchlorid (KCl)                                      | 0.01106 | Aluminiumhydrophosphat                          |                                                                                                                       |
| Kaliumhydrocarbonat ( $\text{KHCO}_3$ )                  | 0.03883 | $[\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3]$                 | 0.00051                                                                                                               |
| Natriumhydrocarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ )                | 0.48019 | Borsäure (meta) ( $\text{HBO}_2$ )              | 0.00226                                                                                                               |
| Calciumhydrocarbonat ( $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ )   | 1.47098 | Kieselsäure (meta) ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ) | 0.001766                                                                                                              |
| Magnesiumhydrocarbonat ( $[\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2]$ ) | 0.4401  |                                                 | 2.474                                                                                                                 |
| Ferrohydrocarbonat ( $[\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2]$ )     | 0.01206 | Freies Kohlendioxyd ( $\text{CO}_2$ )           | 2.5296 = $\left( \frac{1888.83 \text{ cm}^3 \text{ bei } 10^\circ \text{ C und } 760 \text{ mm Druck.}}{622} \right)$ |
| Aluminiumchlorid ( $\text{AlCl}_3$ )                     | 0.00005 |                                                 |                                                                                                                       |

Gefrierpunkt: — 0·095° C.

Die Summe der gelösten festen Bestandteile beträgt ca. 2,5 g, wobei Hydrocarbonat- und Calcium-Ionen vorwalten. Der Gehalt an freiem Kohlendioxyd beträgt ca. 2,5 g. Demnach ist diese Quelle als „erdiger Säuerling“ zu bezeichnen. — Bemerkenswert ist der Gehalt an Ferro-Ion (ca. 3,8 mg).

<sup>1</sup> Trabert, Isothermen von Österreich. Liescha.

<sup>2</sup> Manuskript. — Ältere Analysen: Mitteregger, 1877; Jolles, 1892.

*Hygienische und gemeinnützige Einrichtungen:* Quellwasser. — Senkgruben. — Elektrische Beleuchtung. — Promenadewege. — Teichbäder.

**Indikationen:** Katarrhe der Atmungs-, Verdauungs- und Harnorgane; Anämie; Rekonvaleszenz.

Indikationen: Katarrhe der Atmungs-, Verdauungs- und Harnorgane.  
Arzt: Dr. Anton Skasa (in Gutenstein, 4 km entfernt).

Arzt: Dr. Anton Skasa (in Gutenster)  
Apotheke: K. Rebul in Windischgraz.

*Saison:* Vom 15. Juni bis 15. September; *Hochsaison:* Vom 15. Juli bis 15. August.

*Saison:* Vom 15. Juli bis 15. September.  
*Frequenz:* Ungefähr 70 Kurgäste jährlich.

**Unterkunft und Verpflegung:** In den Kurgebäuden (Herrenhaus, Schweizervilla, Badehaus) 10 Zimmer (mit 25 Betten) von 8 K, mit Pension von 35 K wöchentlich an. 40 50 K

Durchschnittlich notwendiger Aufwand für eine Kurwoche: 40—50 K.

Durchschnittlich notwendiger Aufwand für eine Gottesdienst. Katholisch (täglich) in Köttelach.

Veranlagungen, Zerstreuungen u. s. w.: Gesellige Unterhaltungen; Fischerei; Ausflüge,

Touristik (Ursulaberg, Bacherengebirge, Koralpe u. s. w.).

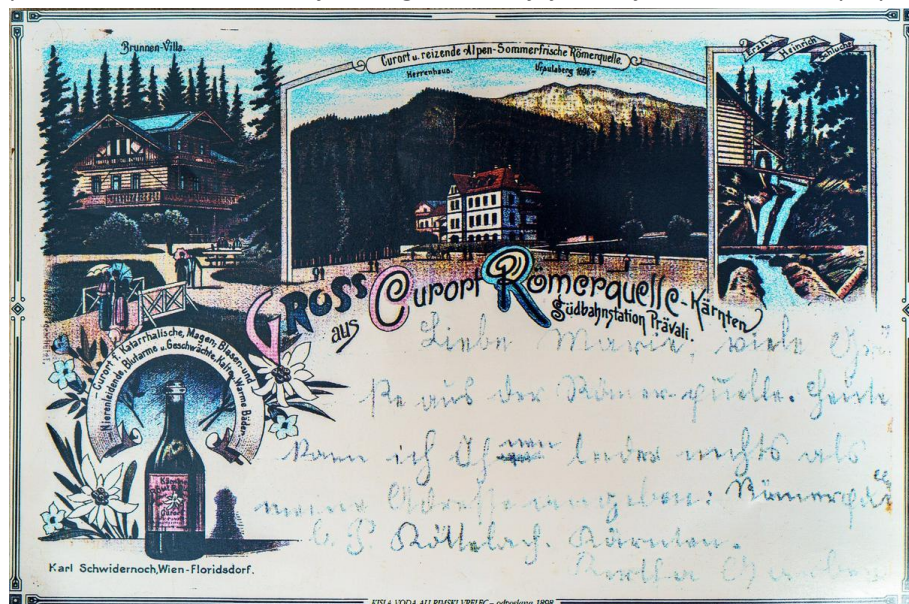
*Besitzer: Dr. Siegmund Appenzeller.*

Auskunftserteilung: Verwaltung.

*Auskunftserteilung:* Verwaltung.  
*Verkehr:* 45 Minuten Gehweg zur Haltestelle Gutenstein, 1 Stunde Wagenfahrt zur Station Prävali der Südbahnlinie Marburg—Franzensfeste. — Postamt im Badehaus; Telegraphenamt in Streiteben (7 km entfernt).

*Slika 6: Kemijska analiza Kotuliske slatine iz leta 1877 ali 1892 (Österreichisches Bäderbuch, 1914)*

Po štirih letih lastništva je Steinhaubel letovišče prodal novemu lastniku. Tako je leta 1881 Rimski vrelec prevzel Kozmos Schütz, ki je omogočil nadaljnji razvoj in mednarodno prepoznavnost.



Slika 7: Razglednica Rimskega vreca iz leta 1898. (Arhiv Narodne in univerzitetne knjižnice Ljubljana)

Lastnik je letovišče in izvir obnovil, leta 1896 pa dodal hotelsko poslopje. S tem so povečali prenočitvene zmogljivosti. Prvo letoviško poslopje, vilo nad izvirom, so poimenovali Brunnen-Villa (Vila nad izvirom), novi hotel pa Herrenhaus (Gospodarska hiša). Kopališče so poimenovali Vojvodska kopel, letovišče in sam kraj pa Rimski vrelec, ker so na tem mestu našli dva kipa iz rimskih časov. Lastniki so se menjavali.

Najčistejša alkalična, popolnoma brezžveplena planinska slatina!

Kot zdravilna voda se rabi pri nahu in dihalnih, zlasti otroških in pri bronhialnih boleznih, pri obolenju mehurja in ledvic, pri želodčnih boleznih in slabi prebavnosti, pri sluzavosti in gorečici, in je kot dobro sredstvo proti kamenu in grušču priznana.

Koroška Rimskega vrelec je najfinejša in najokusnejša med vsemi znanimi kislinami vodami, ki prav močno in pristno šumi, ne črni vina in je ena najboljših namiznih vod.

Pitna in kopelna zdravitev od 1. maja do 30. septembra.

### Koroška Slatina

## Rimski zdravilni vrelec

biser vseh znanih mineralnih voda, brez vseh organizmov Glavberjeve soli, joda in gipsa

pošta: Kotlje, železniška postaja: Prevalje, Koroška SHS.

Razkroj v 10.000 delih sestavi dvorni svetnik profesor dr. E. Ludwig:

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Kalij                    | 0.210  |
| Natrij                   | 1.316  |
| Kalcij                   | 3.640  |
| Magnezij                 | 0.733  |
| Železo                   | 0.038  |
| Aluminijev kis           | 0.002  |
| Klor                     | 0.053  |
| Anhidrit fosf. kisline   | 0.004  |
| Anhidrit borne kisline   | 0.020  |
| Anhidrit ogljik. kisline | 53.626 |
| Anhidrit krem. kisline   | 0.196  |

Od odličnih zdravnikov jako priporočena.

Natančnejše propekte pošlje uprava „Rimskega vreca“.

Steklenice ležeče v hladnem shraniti.

Slika 8: Etiketa z začetka 20. stoletja

Schütz je zelo oglaševal mineralno vodo, ki se je dobro prodajala kot namizna voda v restavracijah v Celovcu, Gradcu in na Dunaju. Oglaševanje se je izvajalo tudi s pomočjo pripovedk in legend, ki krožijo okrog Rimskega vreca. Primer take objave je objava Rudolfa Ravnika v časopisu Jutro z dne 10. 1. 1932 (Ravnik, 1932). Tu je tudi omenjeno, da izdatnost zajetja znaša 14 litrov na minuto, ki jo je mogoče z uporabo sesalne naprave povečati na 47 litrov na minuto. Na Dunaju so vodo prodajali celo v lekarnah. Imenovali so jo: Kärntner Römer-Quelle, Fonte romana della Carinzia, Source Romaine, Carinthian Roman Mineral Spring. Domačini so vodo lahko natakali le opoldne, ko je lastniki niso natakali za izvoz, pa še to samo, če so jo odslužili, moški pol dneva košnje, ženske cel dan dela na polju.

Po Schützevi smrti je upravljanje zdravilišča prevzela njegova hčerka. V 20. letih prejšnjega stoletja je za ugled Rimskega vreca skrbela nova lastnica Ana Marchiotti-Nesič, ki se je prvih nekaj let borila z

negotovimi povojnimi razmerami, a je vanj dokaj hitro vnesla novitete, ki so pripomogle k razvoju letovišča. Med drugim so leta 1929 v bližini hotela zgradili lastno elektrarno.

V času druge svetovne vojne so bili lastniki, člani družine Marchiotti kot zavedni Slovenci, izgnani iz Slovenije. V časopisu Karawanken Bote, ki je izhajal v Kranju med 1941 in 1945, z dne 17. 10. 1941 (<https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-84JVLGNS/2af4c7db-9aa3-4237-aff7-6423f3d6d3ee/PDF>) piše, da naj bi zdravilišče v zadnjih 20 letih v bivši Jugoslaviji propadalo, nemška država pa bo takoj uredila vse potrebno in popravila stavbo Rimski vrelec, postal pa je sedež Gestapa.

Po vojni se je lastnica Nesičeva trudila oživiti nekdanji turizem, a je hotel nacionalizirala država. Med letoma 1947 in 1953 je bil v stavbi internat za dijake ravenske metalurške šole, potem pa ga je v upravljanje za letovišče dobila ladjedelnica Uljanik iz Pulja.



Slika 9: Nalepka mineralne vode »Kotuljska slatina«, mineralna voda iz Kotlje, ki se je v Kotljah stekleničila v 50. letih 20. stoletja (arhiv Geološkega zavoda Slovenije). Kislo vodo so prenehali prodajati leta 1954.

Do denacionalizacije v letu 1996 se je zamenjalo več lastnikov kompleksa, katerega celotno zemljišče znaša kar 17.000 kvadratnih metrov, ki pokrivajo hotel, parkirišče, vrtino z izvirov vode in druge pomožne objekte. Nazadnje so ga obnovili v devetdesetih, ko je obratoval predvsem gostilniški del, takrat so v hotelu uredili 52 sob in jedilnico za 200 gostov. Po končani denacionalizaciji je leta 2008 hotel kupila občina Ravne na Koroškem. Od takrat se je zvrstilo šest razpisov, s katerimi so želeli na Ravnah na Koroškem poiskati ustreznega kupca. S šestim razpisom je Rimski vrelec dobil nove lastnike. Kupilo ga je podjetje Rimski vrelec, katerega ustanovitelj sta Ravenčanka Marjana Kaker, podjetnica, ki se v Avstraliji ukvarja z izdelavo eksplozivov za rudnike, in njen partner Branko Dervodel. Hotelski objekt zdravilišča Rimski vrelec so zaradi nesmiselnosti obnovitve zaradi popolnoma uničene notranjosti, podrli v letu 2020. Izvir je ostal dostopen okoliškim prebivalcem tudi po prenovi okolice s športnimi igrišči v letu 2022 (Slika 10).



*Slika 10: Septembra 2022 je bilo območje prenovljeno – hotel so podrli, zgrajena so bila nova igrišča in kavarna, iztok mineralne vode pa je bil speljan tudi k dodatni pipi*

#### **1.4 Geologija**

Opis geologije je povzet po Lapanje in sod. 2007, glej tudi Slika 2 in Slika 3.

##### **Tektonska zgradba**

Južni del občine Ravne na Koroškem pripada tektonski enoti Severne Karavanke, ki je od juga proti severu narinjena na metamorfne in terciarne kamnine. Narivna ploskev je položna. Ugotovljenih je tudi več prelomov, večinoma v smeri severozahod – jugovzhod in sever - jug. Severni del občine sestavljajo metamorfne kamnine narivnih enot »Mittelostalpin« in »Oberostalpin«.

##### **Litološka zgradba**

###### *Predkambrijske in starejše paleozojske metamorfne kamnine*

Najstarejše kamnine v občini so metamorfne in pokrivajo severovzhodni in vzhodni del območja. Najstarejši je gnajs z lečami amfibolita, kvarcita, marmorja in pegmatita, ki ga uvrščamo v Pohorsko serijo (predkambrij). Nanj je narinjena skladovnica kloritno amfibolovega skrilavca, amfibolita, in diabaza z lečami marmorja in metaporfirja – Kobanska serija (kambrij). Nekoliko mlajše metamorfne kamnine pripadajo filitu z lečami marmorja in kremenovega metaporfirja (ordovicij). Večina teh kamnin se nahaja na območju Strojne. Še mlajše kamnine Štalenskogorske serije – filitoidni skrilavci z lečami apnenca in diabazi (ordovicij – devon) ležijo južno od Raven.

###### *Mlajše paleozojske in mezozojske sedimentne kamnine*

Južni del občine sestavljajo karbonati in klastiti triasne starosti. Najstarejši je skladovit in masiven dolomit / apnenec (srednji trias – anizij). Sledi menjavanje klastitov in karbonatov (srednji trias), klastitne plasti (zgornji trias – karnij), glavni dolomit (zgornji trias – norij) ter retoliasne plasti Severnih Karavank – predvsem apnenec (zgornji trias – spodnja jura).

###### *Terciarne sedimentne kamnine*

Južno od Kotelj je najden majhen izdanek eocenskega apnenca. V miocenu so nastale Ivniške plasti (konglomerat, peščenjak in lapor), ki jih najdemo na območju Kotelj, kjer tvorijo nekaj kilometrov širok pas v smeri vzhod – zahod.

#### *Kvartarni sedimenti*

Dolinska dna so prekrita predvsem s prodom. Nekatera pobočja, posebej pod narivnim robom Severnih Karavank, so pokrita z melišči.

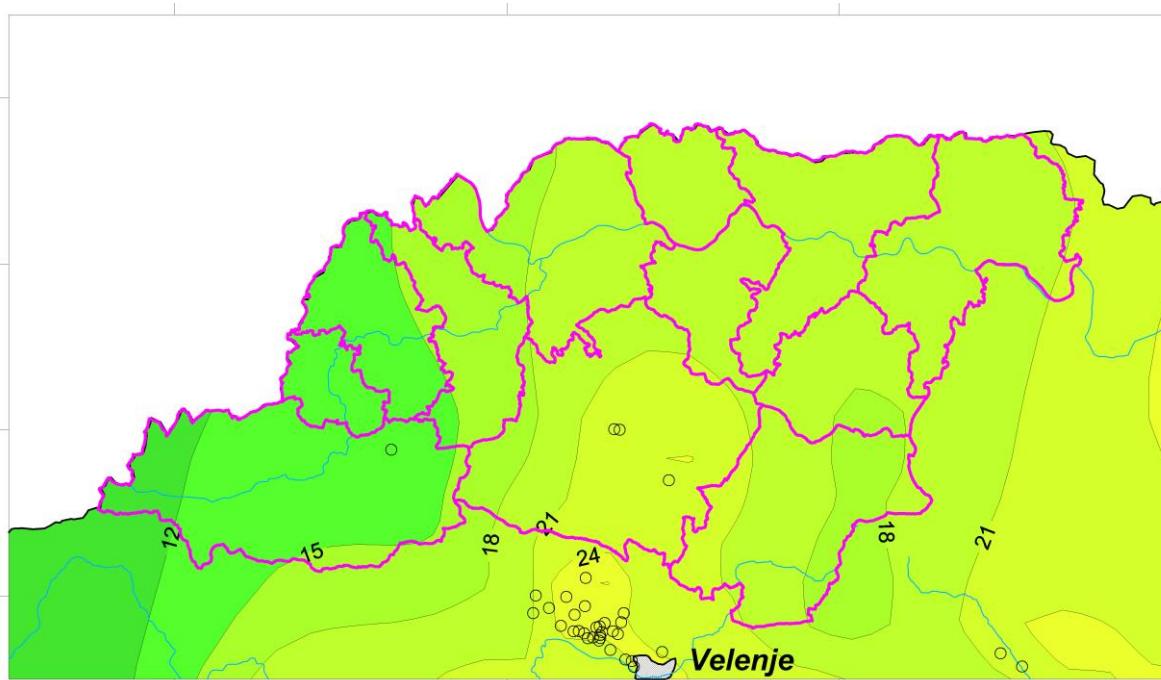
Od zgoraj naštetih kamnin v občini Ravne na Koroškem so kot vodonosniki opredeljene naslednje kamnine:

- skladovit in masiven dolomit Južnih in Severnih Karavank anizijske starosti
- glavni dolomit Severnih Karavank zgornjetriasne starosti
- retoliasne plasti Severnih Karavank zgornjetriasne-spodnjejurske starosti.

Poleg kamnin, ki gradijo površino občine Ravne na Koroškem, pričakujemo na območju Leš pod Ivniškimi plastmi nastopanje eocenskih ali krednih apnencev v obliki erozijskih ostankov na metamorfni podlagi. Te kamnine smatramo za pogojno vodonosne.

#### **1.4.1 Geotermalni potencial**

Obstoječe geofizikalne karte ne dajo slutiti geotermalne anomalije na območju Koroške regije (Lapanje in sod. 2007). Predel Koroške je zelo slabo pokrit z zanesljivimi meritvami temperature v vrtinah. Razpolagamo le z enim globokim termogramom T-z (v vrtini SGT-1/90 do 1000 m globine) ter merjenima T-z termogramoma v dveh plitvejših vrtinah, SG-1/89 (globoka 98 m) na južnem obronku Slovenj Gradca do globine 85 m, in SGT-2/92 (globoka 100 m) v Mislinjski Dobravi do globine 94 m. Termogram iz vrtine U-1/60 (globoka 693 m) cca 7 km jugozahodno od Kotelj (v dolini Jazbinskega potoka pri Korizlu), izmerjen do globine 571 m, ni dovolj uporaben za napovedi temperatur v večje globine.



*Slika 11 Ocenjena temperatura (v °C) v globini 500 m (Lapanje in sod. 2007).*

V globini 250 m na širšem območju Koroške pričakujemo temperature med 10 in 13 °C na vzhodnem delu. V južnem območju so tako nizke zaradi globljega pronicanja hladne meteorne vode skozi razpokane karbonatne kamnine, drugod pa zaradi pronicanja skozi razpokane metamorfne kamnine. V občini Ravne na Koroškem ni bila v nobeni vrtini izmerjena temperatura v stabiliziranih pogojih, zato

zanesljivih podatkov nimamo. V globini 500 m temperatura najverjetneje znaša med 14 °C in 18 °C. Vzrok za dokaj nizke temperature je lahko večplasten: globoka cirkulacija hladne meteorne vode skozi razpokane metamorfne kamnine, na jugu pa predvsem skozi karbonatne kamnine. Nizek geotermični gradient, čeprav nekoliko višji kot v občini Črna na Koroškem, pa je verjetno tu že bolj posledica večje globine do Zemljinega plašča.

V globini 1000 m so temperature nekje med 21 °C in 29 °C na vzhodu. Metamorfni kompleks in karbonatne kamnine na jugu so najbrž še vedno podhlajene zaradi pronicanja hladne meteorne vode. Drugi vzrok relativno nizkih temperatur v večjih globinah je predvsem večja globina do Zemljinega plašča, ki ne prispeva k povišanju geotermičnega gradienta, čeprav se debelina skorje proti vzhodu zmanjšuje. V globini 1500 m na severovzhodnem delu občine verjetno nastopajo temperature v razponu med 28 in 40 °C. V globini 2000 m pričakujemo okvirne temperature med 37 °C in 51 °C. Zahodni del občine je pod vplivom nizkega geotermičnega gradienta zaradi prej omenjenih dejavnikov. S stališča litološke zgradbe je za geotermalno energijo v občini Ravne na Koroškem delno perspektivno območje Ivarčkega jezera, oziroma Podgore južno od Kotelj, kjer je možno, da so pod največ 400 m debelim paketom izolacijskih terciarnih peščeno-muljastih lvniških sedimentov in nad metamorfnu podlago razvite erozijske krpe eocenskih ali krednih apnencev. Sklepamo, da obstaja verjetnost, da so na širšem območju Ivarčkega jezera pod lvniškimi plastmi razviti eocenski in/ali kredni apnenci, ki so potencialno vodonosni. Južno od Kotelj eocenski apnenci izdanjajo na površje, ni pa poznana razširjenost teh kamnin. Volumen vodonosnika, ki leži kot erozijski ostanek na metamorfnih kamninah, je verjetno dokaj omejen, zato so verjetno prostorsko omejeni tudi potencialni vodonosniki.

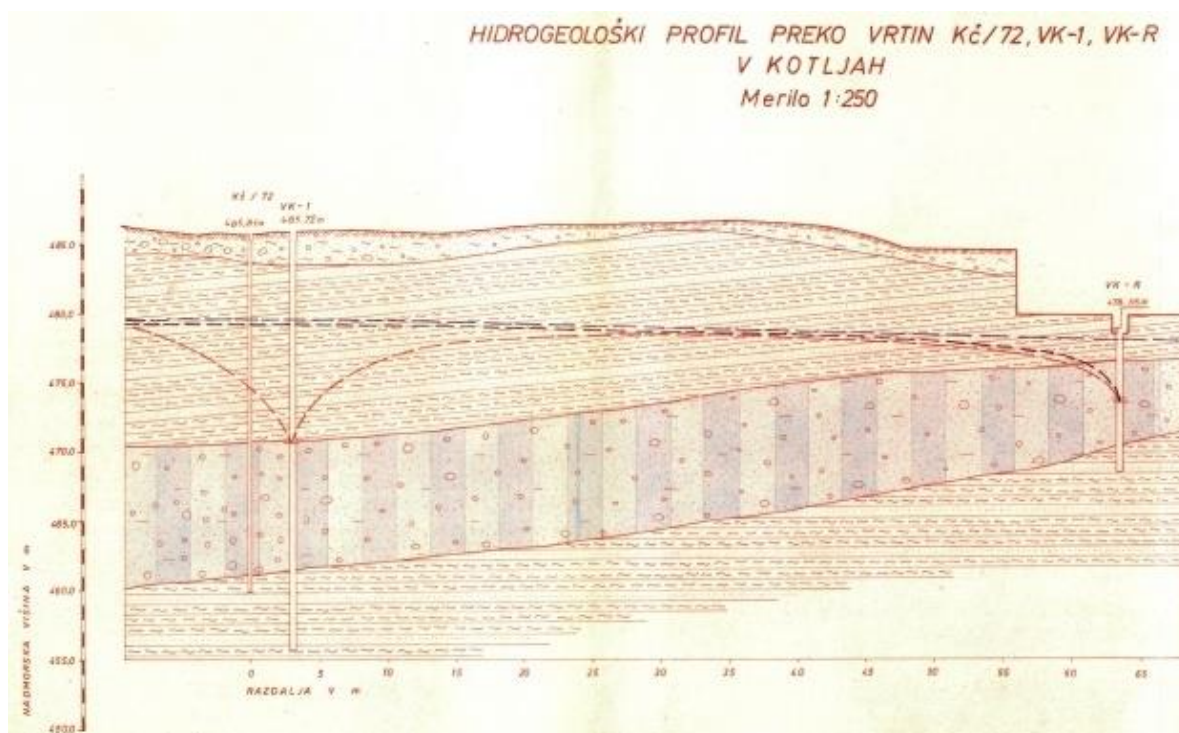
#### **1.4.1 Izvor zajete podzemne vode**

Rimski vrelec se nahaja v vodonosniku ali vodonosnem sistemu VTPodV 3013 Vzhodne Alpe.

Prvi, kvartarni, aluvialni, medzrnski vodonosnik ob Dravi, Meži in Mislinji je lokalni, nezvezen, izdaten ali obširen, vendar nizko do srednje izdaten. Predkvartarna podlaga je v hidrodinamskem smislu privzeta kot neprepustna podlaga. Manjši podzemni dotoki lahko prihajajo v aluvialne vodonosnike z obrobja po pobočnih nanosih in nanosih preperinskega materiala.

Drugi vodonosnik se nahaja v preperinskem delu in matični kamnini metamorfnih in magmatskih kvartarnih, do kambrijskih in predkambrijskih plasti. Je manjši mešan, razpoklinški in medzrnski vodonosnik z lokalnim in omejenim virom podzemne vode. Za drugi vodonosnik so glede na hidrodinamske razmere značilna območja: Strojna in Ravensko.

Mineralna voda se pojavlja v drugem vodonosniku. Izvira iz miocenskih peščeno-prodnatih do konglomeratnih plasti, ki so vložene med muljaste plasti iste starosti. Debelina vodonosne plasti je v povprečju 10 m (Ravnik, 1932).



Slika 12: Hidrogeološki profil preko vrtine KČ/72 in vodnjakov VK-1 in VK-R (Drobne in Mencej, 1972).

### 1.5 Opis izvedbe zajetja

Mineralna voda je bila v začetku 19. stoletja zajeta s plitvim vodnjakom izdatnosti 16 l/min (= 0,27 l/s; Österreichisches Bäderbuch, 1914). Kasnejša ocena izdatnosti zajetja (Ravnik, 1932) je bila 14 l/min (= 0,23 l/s), ki jo je mogoče z uporabo sesalne naprave povečati na 47 l/min (= 0,78 l/s). Skupna izdatnost obeh vrtin VK-R in VK-1 je bila na osnovi preizkusnih črpanj ocenjena na 1 l/s vode z mineralizacijo 2,3 mg/l in 1200 mg/l raztopljenega CO<sub>2</sub> (Drobne in Mencej, 1972).

Do leta 1972 je mineralna voda iztekala iz plitvega kopanega vodnjaka, mineralizacija pa je bila odvisna od padavin. V letih 1972 in 1973 je Geološki zavod Ljubljana izvršil obsežne hidrogeološke raziskave z namenom raziskati dodatne vire mineralne vode na tem območju (Preglednica 1). Izvrtanih je bilo 10 strukturnih (1 globoka in 9 plitvih) vrtin ter 1 črpalna vrtina ter dva vodnjaka, VK-1 in VK-R, globine med 10 m in 30 m (Drobne in Mencej, 1972; Rogelj in sod., 1972; Drobne in sod., 1973). 196 m globoka strukturna vrtina je na dnu navrtala metamorfne filitne kamnine.

*Preglednica 1: Seznam vrtin s koordinatami v obeh koordinatnih sistemih. Vse strukturne vrtine so opuščene-zapolnjene (glej tudi slike 1-3).*

| ime    | x_D48/GK  | y_D48/GK  | e_D96/TM  | n_D96/TM  | Z      | globina (m) |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------------|
| K-1/72 | 152047,46 | 499154,97 | 498785,81 | 152533,66 | 494,7  | 196,5       |
| K-2/72 | 152135,46 | 499267,78 | 498898,62 | 152621,66 | 479,29 | 73,9        |
| K-3/72 | 152121,43 | 499260,81 | 498891,65 | 152607,63 | 480,48 | 36,1        |
| K-4/72 | 152103,52 | 499271    | 498901,84 | 152589,72 | 480,67 | 27,2        |
| K-5/72 | 152082,29 | 499272,8  | 498903,64 | 152568,49 | 481,54 | 24,2        |
| K-6/72 | 152154,32 | 499242,15 | 498872,99 | 152640,53 | 481,54 | 20          |
| K-7/72 | 152132,66 | 499239,64 | 498870,48 | 152618,86 | 484,83 | 30,3        |

| ime     | x_D48/GK  | y_D48/GK  | e_D96/TM  | n_D96/TM  | Z      | globina (m) |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------------|
| K-8/72  | 152133,74 | 499259,68 | 498890,52 | 152619,94 | 480,23 | 16,1        |
| K-9/72  | 152064,18 | 499226,94 | 498857,78 | 152550,38 | 486,68 | 33          |
| K-10/72 | 151998,51 | 499224,73 | 498855,57 | 152484,71 | 486,83 | 46          |
| KČ/72   | 152071,82 | 499231,49 | 498862,33 | 152558,02 | 485,65 | 26          |
| VK-R/72 | 152130,53 | 499250,14 | 498880,98 | 152616,73 | 478,2  | 10,85       |
| VK-1/72 | 152073,75 | 499234,49 | 498865,33 | 152559,95 | 486,72 | 30,7        |

Na podlagi terenskih pregledov v letu 2021 smo locirali obstoj dveh vrtin, VK-R in VK-1. Ostalih objektov na terenu nismo našli. Jugozahodno od Rimskega vrelca sredi in na koncu pašnika so poročani še trije izviri, obogateni z železom, ki ob deževju tvorijo oranžne oborine, vendar so bili v času pregleda poleti 2021 suhi oziroma mineralizacija ni bila bistveno povišana. Zato jih trenutno pripisujemo izcejanju iz zelo reduktivnih miocenskih kamnin.

#### 1.5.1 Vrtina VK-1

Vrtina VK-1 se nahaja na travniku za kompleksom in je bila izvrtana do 30 m. V letu 2009 je bila vrtina očiščena, vendar zaradi počene cevitve na vrtini črpalni preizkus ni bil opravljen (Juvančič in Gostečnik, 2009). Naše meritve v 2021 so pokazale, da vrtina ne vsebuje več mineralne vode, zato predlagamo njeno likvidacijo (trajno opustitev), saj lahko predstavlja mesto točkovnega onesnaženja vodonosnika.



Slika 13: Vrtina VK-1 v 2021

#### 1.5.2 Vrtina VK-R

Vrtina VK-R je izvrtana na območju starega zajetja in po 1,5 m tanki plasti manj prepustnih sedimentov posega v vodonosnik dobro sprijetega peščenega proda. Na globini 7,8 m pride v manj prepustne sedimente in nima več dotoka vode. Po podatkih iz 2009 (Juvančič in Gostečnik, 2009) je bila takrat prehodna do 7 m. Dne 14. 5. 2021 smo izmerili prehodnost na 6,28 m, 7. 10. 2021 na 6,27 m in 13. 7. 2022 6,28 m. Globina do podzemne vode v vrtini je bila od 0,62 m (14. 5. 21), 0,6 m (7. 10. 21) do 0,63 m (13. 7. 22) pod prirobnico. Meja med svežo in mineralno vodo je bila na 2,31 m (14. 5. 21), 2,63 m (7. 10. 21) in 2,47 m (13. 7. 22) pod prirobnico.



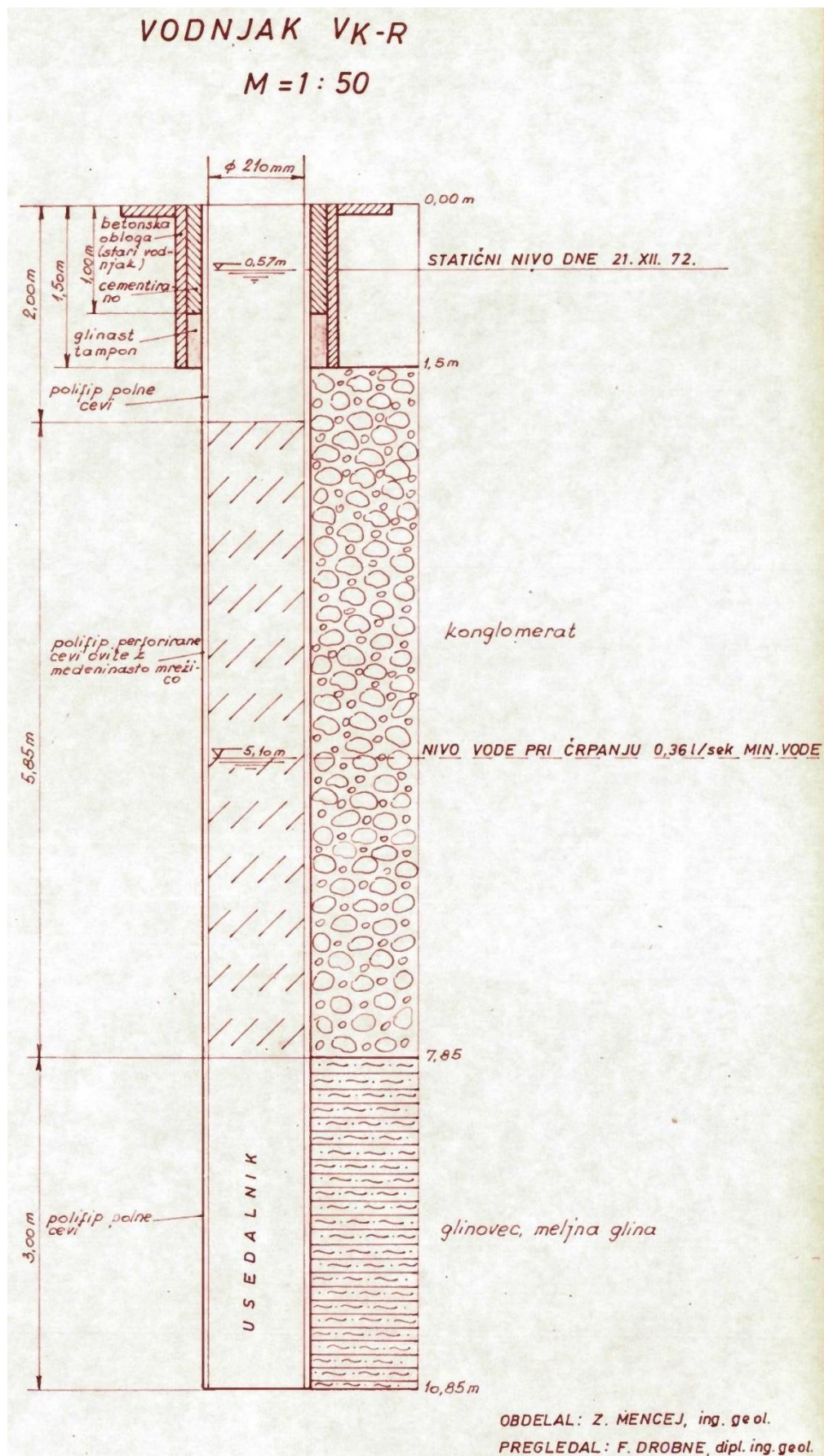
*Slika 14: Jašek in betonska obloga, v kateri se nahaja vrtina VK-R (viden pokrov) s prelivom in cevjo, ki vodi do originalnega turistično urejenega iztoka.*



*Slika 15: Levo: ustje vrtine VK-R, zgrajeno iz polirond cevi, ki se nahaja v jašku; Desno: Prosto dostopen izliv Rimskega vrelca je bil glavni iztok pred septembrom 2022.*



*Slika 16: Manjši iztok mineralne vode iz izvira neposredno nad strugo potoka.*

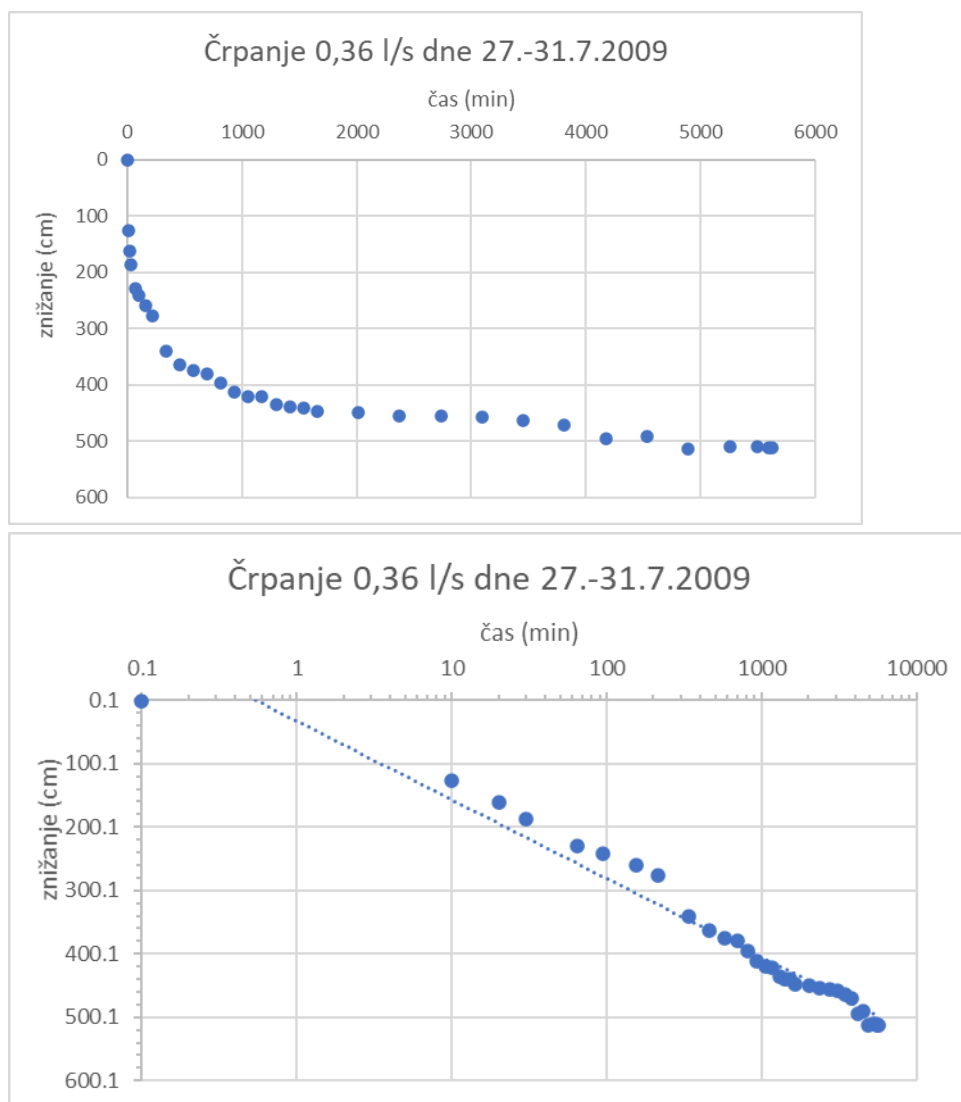


Slika 17 Geološki in tehnični profil vrtine VK-R (Drobne in Mencej, 1972).

### 1.5.3 Izdatnost vira VK-R

#### 1.5.3.1 Črpalni preizkus v letu 2009

Črpalni preizkus na vrtini V-R je bil izveden v obdobju 27. – 31. 7. 2009 (Juvančič in Gostečnik, 2009) s stabilizirano količino 0,36 l/s. Pred njim je bil 8.7.2009 v trajanju 8 ur izveden airlift z 12 bar pritiska, voda je bila čista. Transmisivnost miocenskega vodonosnika je bila določena na  $8,4 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ , S na 0,001029 in koeficient prepustnosti na  $1,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  ob debelini vodonosne plasti 5,85 m.

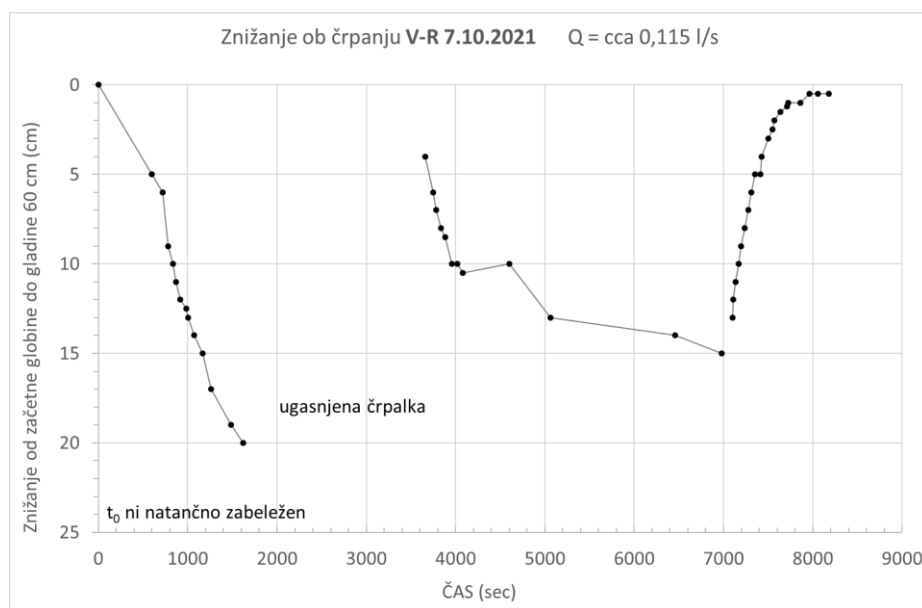


Slika 18 Izmerjeno znižanje v VK-R med črpalnim preizkusom v 2009 v različnih x-skalah.

#### 1.5.3.2 Večstopenjski kratkotrajni črpalni preizkus v letu 2021

Ob vzorčenju 7. 10. 2021 so bile izvedene meritve gladine podzemne vode v vrtini, ki je bila 60 cm pod prirobnico. Prehodnost vrtine je bila 6,27 m, meja med svežo vodo ( $\text{EC} = 450\text{--}526 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$  pri  $10,7^\circ\text{C}$ ; merilec Hydrotechnik 120 brez korekcije) in mineralno vodo ( $\text{EC} = 1635 \text{ } \mu\text{S}/\text{cm}$  pri  $10,1^\circ\text{C}$ , ni korekcije elektroprevodnosti (EC) za temperaturo) je bila na 2,63 m globine. Pri beleženju znižanja smo s črpanjem pričeli približno ob 10:35 (časa nismo natančno zabeležili). Točne meritve T in EC po dolžini vrtine smo izvajali z merilcem Hydrotechnik 120. Med 11:25–11:36 smo črpalno ugasnili. Nato smo

črpali ves čas s podobno količino, ki smo jo ob koncu vzorčenja določili na podlagi 6 meritev – 0,925 L se je napolnilo v povprečju v 8,05 s. Povprečen pretok črpanja je znašal  $Q = 0,115 \text{ l/s}$ . Gladina v vrtini se ni ustalila in se je še naprej zniževala. Še najboljše podatke smo pridobili iz dviga gladine po izklopu črpalke. V 20 minutah se je nivo vode praktično vrnil na začetnega. Črpalka in merilec nista bila umazana, rdeča ali kako drugače spremenjena. Po dvigu črpalke je gladina ostala enaka, torej je njena prostornina zanemarljiva. Voda iz preliva ob vrtini se je znova pojavila (pričela iztekati), ko je bilo znižanje 62,5 cm pod prirobnico.



Slika 19: Izmerjeno znižanje v VK-R med kratkotrajnim črpalnim preizkusom 7. 10. 2021

### 1.5.3.2 Večstopenski kratkotrajni črpalni preizkus v letu 2022

Nestacionarni del črpalnega preizkusa smo obdelali za dvig gladine podzemne vode, po metodi Theisa za dvig (Kruseman in de Ridder, 1991). Metoda velja za medzrnski vodonosnik, izpolnjeni pa morajo biti določeni pogoji:

- tok podzemne vode proti vodnjaku je nestacionaren,
- vodonosnik je zaprt, neskončen, homogen, izotropen in enakomerne debeline,
- pred preizkusom je v vplivnem območju preizkusa piezometrična gladina horizontalna,
- črpalni preizkus je izveden pri konstantni količini črpanja,
- vodnjak zajema celotno debelino vodonosnika (popolni vodnjak – tok vode proti vodnjaku je horizontalen),
- premer vodnjaka je majhen, kar pomeni, da uskladiščenje v vodnjaku zanemarimo,
- čas črpanja  $t_p > (25r^2S)/KD$ ,
- čas od prekinitve črpanja  $t' > (25r^2S)/KD$ ,
- vodonosnik je zaprt, odprt ali puščajoč.

Ta metoda izhaja iz enačbe:

$$s' = \frac{2,3Q}{4\pi T} \log \frac{t}{t'} \quad \text{ter} \quad \Delta s' = \frac{2,3Q}{4\pi T}$$

pri čemer so:

$\Delta s'$  ..... znižanje nivoja v eni dekadi časa na diagramu  $s - t/t'$  v semilogaritemskem merilu [m]

$s'$  ..... rezidualno znižanje

$Q$  ..... črpana količina [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$t$  ..... čas od pričetka črpanja [s]

$t'$  ..... čas od konca črpanja [s]

$T$  ..... transmisivnost vodonosnika [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$r$  ..... polmer črpane vrtine [m]

Stacionarni del črpalnega preizkusa smo obdelali po metodi Krasnopolskega, ki temelji na predpostavki, da je črpanje konstantno in traja dovolj dolgo, da se vzpostavijo ustaljene hidravlične razmere ter se znižanje gladine vode v vodnjaku stabilizira (Filipović in sodel., 1980). Za obdelavo črpalnega preizkusa po stacionarnih metodah morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

- tok podzemne vode proti vodnjaku je stacionaren,
- vodonosnik je neskončen, homogen, izotropen in enakomerne debeline,
- Pred preizkusom je v vplivnem območju preizkusa piezometrična gladina horizontalna,
- preizkus je izveden pri konstantni količini črpanja,
- vrtina predstavlja popoln vodnjak – tok vode proti vodnjaku je horizontalen,

Koeficient vodoprepustnosti po metodi Krasnopolskega lahko izračunamo po naslednji enačbi, z upoštevanjem znižanja v opazovanem vodnjaku:

$$K = \frac{0,16Q\sqrt{x_1 - r}}{m\sqrt{x_1 r(s - s_1)}}$$

oziroma kadar je  $r$  zelo majhen glede na  $R$ :

$$K = \frac{0,16Q}{m\sqrt{rs}}$$

pri čemer so:

$Q$  ..... črpana količina [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$K$  ..... koeficient vodoprepustnosti vodonosnika [m/s]

$s$  in  $s_1$  ..... znižanje nivoja vode v črpanem vodnjaku in znižanje v opazovani vrtini [m]

$r$  ..... polmer črpane vrtine [m]

$x_1$  ..... oddaljenost med vrtinama [m]

$m$  ..... debelina vodonosnika [m]

Radij vpliva smo ocenili po enačbi Sichardta, kjer je radij vpliva  $R$ :

$$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{K}$$

kjer sta

$K$  ..... koeficient vodoprepustnosti vodonosnika [m/s]

$s$  ..... znižanje podzemne vode [m]

Priporočljivo dopustno količino črpanja smo ocenili na podlagi kriterija po Sichardtu, ki upošteva največji hidravlični gradient, ki ga lahko doseže črpana vrtina, da ne pride do premeščanja zrn (Vuković in Soro, 1990):

$$Q_{dop} = 2\pi r h_p v_{dop} \quad \text{in} \quad v_{dop} = \frac{\sqrt{K}}{15}$$

kjer so

$Q_{dop}$  ..... dopustna črpana količina [l/s]

$r$  ..... polmer vrtine [m]

$h_p$  ..... dolžina filtrskega odseka [m]

$v_{dop}$  ..... dopustna hitrost skozi filtrski odsek [m/s]

$K$  ..... koeficient vodoprepustnosti [m/s]

### 1.5.3.3 Izvedba

Dne 13. 7. 2022 so bile izvedene meritve gladine podzemne vode v vrtini, ki je bila 0,63 m pod prirobnico. Prehodnost vrtine je bila 6,28 m, meja med svežo vodo (EC = 330-526  $\mu$ S/cm pri 12,1 °C; merilec Hydrotechnik 120 brez korekcije) in mineralno vodo (EC = 1631  $\mu$ S/cm pri 9,19 °C, ni korekcije EC za temperaturo) je bila na 2,47 m.

Pretok je bil izmerjen na turističnem iztoku in na iztoku v potok, medtem ko na prelivu ob izviru v času izvajanja meritev iztoka ni bilo. Na turističnem iztoku je pretok znašal 0,08 l/s, medtem ko je na iztoku v potok 0,01 l/s. Pri beleženju znižanja smo s črpanjem pričeli ob 10:55.

Točne meritve gladine in temperature podzemne vode smo izvajali z avtomatsko merilno sondo PPI 200. Periodično na 30 minut smo gladino ročno preverjali z ročnim merilcem Hydrotechnik 120. Hkrati smo periodično na 15 minut beležili tudi osnovne terenske parametre z merilcem Hanna Multiparamter HI-98194. Med 12:37-13:43 je prišlo do zamašitve na turističnem iztoku. Zaradi tega je prišlo do zvišanja gladine kljub črpanju iz vrtine. Zaradi tega se je ob 13:15 pojavil tudi iztok na prelivu ob vrtini. Po sanaciji cevi ob 13:40 se je iztok na izviru ponovno vzpostavil in izginil je tudi preliv ob vrtini.

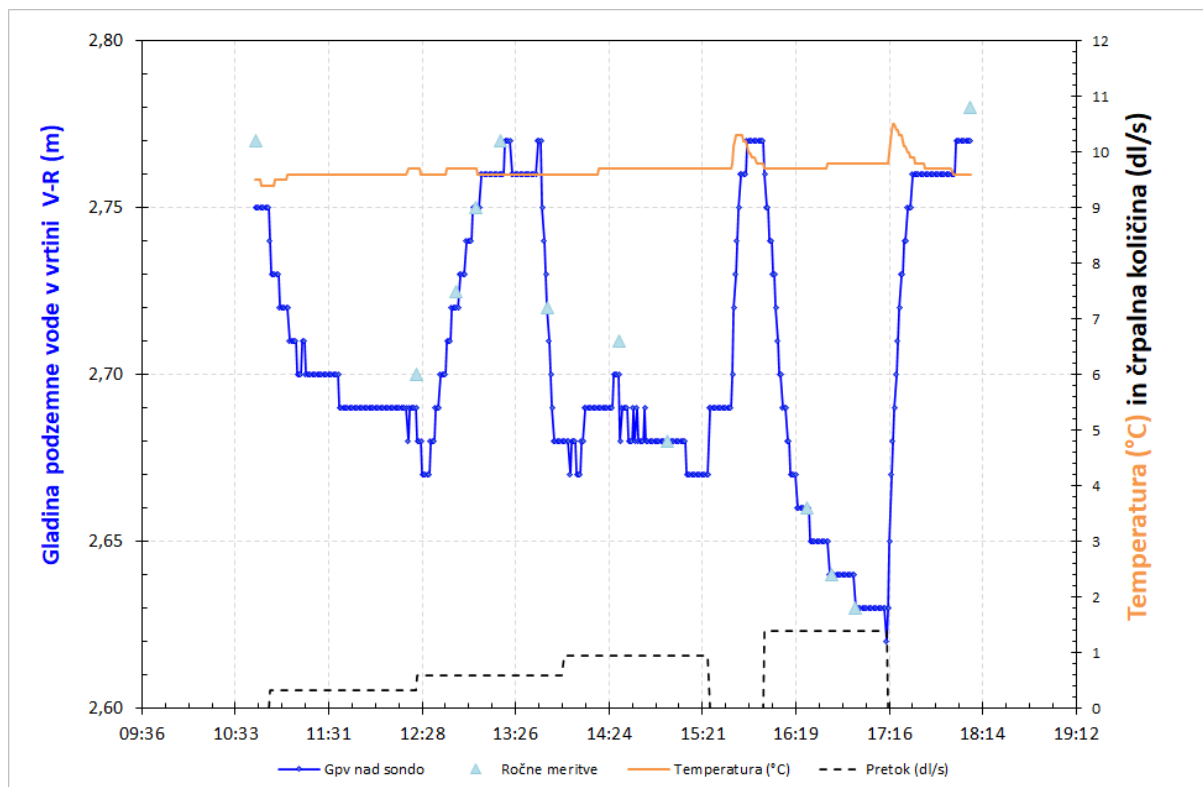
*Preglednica 2: Nastavitve opreme za črpalni preizkus v 2022*

|                                               | Vrtina VK-R          |
|-----------------------------------------------|----------------------|
| Tip merilca za gladino in temperaturo vode    | PPI 200              |
| Mersko območje sond za gladino in temperaturo | 0 – 4 m, 0 – 100 °C  |
| Tip merilca za pretok                         | Ročno z vedrom       |
| Zapis podatkov na sondi                       | Avtomatsko, 1 minuta |

### 1.5.3.4 Rezultati

Črpalni preizkus je potekal v obliki večstopenjskega črpalnega preizkusa: prva količina je znašala  $Q = 0,033$  l/s, po 1,5-urnem koraku se je zvišala na 0,06 l/s, po naslednjem koraku 0,094 l/s in v zadnjem koraku 0,14 l/s (Slika 1). Ob približno 13:25 je na lokaciji prišlo do splošnega izpada električnega omrežja. Z črpanjem smo nadaljevali po vrnitvi toka ob 16:00 uri. Zadnji korak črpanja je bil zaradi ponovnega izpada elektrike zaključen ob 17:15. Navidezna stabilizacija gladine podzemne vode je bila dosežena v vseh korakih kljub nepričakovanim dogodkom. V 15 minutah po črpanju se je nivo vode vrnil na začetnega. Črpalka in merilec nista bila umazana, rdeča ali kako drugače spremenjena. Po dvigu črpalke je gladina ostala enaka, torej je njen volumen zanemarljiv. Voda iz preliva ob vrtini tudi po končanem črpanju ni iztekala.

Za oceno hidrogeoloških parametrov je uporaben predvsem del črpalnega preizkusa po izpadu omrežja. V prvem delu črpanja rezultati meritve niso zanesljivi, saj gre nivo podzemne vode pri tretji količini črpanja nad začetnega pred pričetkom črpanja. Razlog za takšen odziv nam ni poznan, lahko pa se je vrtina v tem delu preizkusa še aktivirala. Po naših podatkih vrtina od leta 2009 ni bila aktivirana.



Slika 20: Grafični prikaz črpalnega preizkusa 13.7.2022 na VK-R.

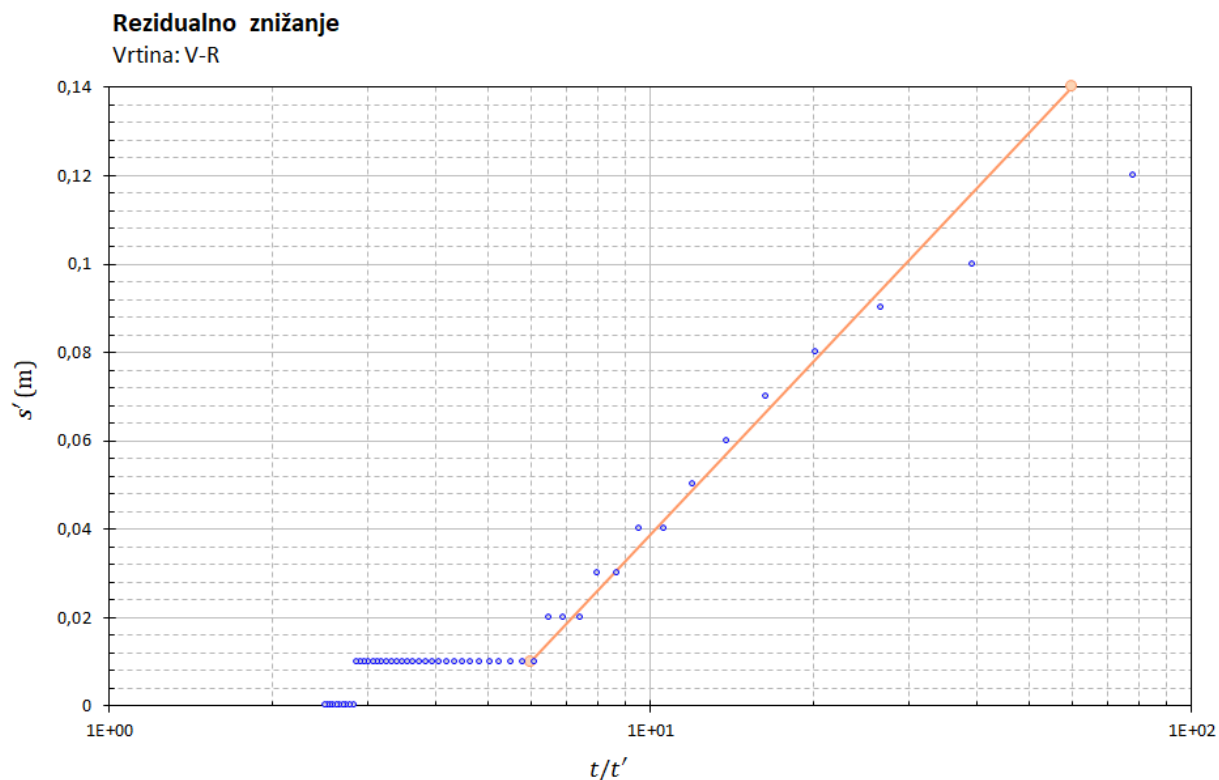
Preglednica 3: Potek črpalnega preizkusa 13.7.2022

| Čas                     | Q (l/s) | $\Delta s$ (m) | s (m) | Q/s | Opombe                                               |
|-------------------------|---------|----------------|-------|-----|------------------------------------------------------|
| → 10:55                 | 0,0     | /              | /     | /   | Mirovanje črpalke                                    |
| 10:55 do 12:25 (90 min) | 0,033   | 0,06           | 0,06  | 0,5 | Stabilizacija gladine podzemne vode je bila dosežena |
| 12:25 do 13:55 (90 min) | 0,060   | 0,01           | 0,07  | 0,9 |                                                      |
| 13:55 do 15:25 (90 min) | 0,094   | 0,01           | 0,08  | 1,1 |                                                      |
| 16:00 do 17:15 (75 min) | 0,140   | 0,05           | 0,013 | 1,1 |                                                      |
| 17:15 do 18:00          | 0       | /              | /     | /   | Dvig gladine vode, stabilizacija je bila dosežena    |

Preglednica 4: Obdelava črpalnega preizkusa 13.7.2022

| Krasnopolski |                   |          | Theis - dvig |                   |          |
|--------------|-------------------|----------|--------------|-------------------|----------|
| s            | m                 | 0,14     | s'           | m                 | 0,13     |
| Q            | l/s               | 0,14     | Q            | l/s               | 0,14     |
| H            | m                 | 4,77     | D            | m                 | 4,77     |
| r            | m                 | 0,105    |              |                   |          |
| K            | m/s               | 3,87E-05 | K            | m/s               | 4,13E-05 |
| T            | m <sup>2</sup> /s | 1,85E-04 | T            | m <sup>2</sup> /s | 1,97E-04 |
| Radij vpliva |                   |          |              |                   |          |
| s            | m                 | 0,14     |              |                   |          |
| R            | m                 | 2,66     |              |                   |          |

Pri črpani količini 0,14 l/s smo pred zaključkom črpanja zabeležili znižanje 0,14 m. Ob tem se znižanje še ni stabiliziralo. Ob navedenem znižanju in črpani količini smo po metodi Krasnopskega izračunali koeficient vodoprepustnosti na  $3,87 \times 10^{-5}$  m/s in transmisivnost na  $1,85 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Po končanem črpanju smo zabeležili in po metodi Theisa obdelali še dvig gladine (Slika 2). Koeficient vodoprepustnosti smo izračunali na  $4,13 \times 10^{-5}$  m/s in transmisivnost na  $1,97 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Ob črpanju je radij vpliva znašal 2,66 m.



Slika 21: Obdelava dviga gladine podzemne vode po metodi Theisa

Preglednica 5: Rezultati obdelave črpalnega preizkusa 13. 7. 2022 – dopustna količina črpanja ( $Q_{dop}$ ) in radij vpliva ( $l$ )

| Črpalni preizkus 2009 |                   |               | Črpalni preizkus 2022 |
|-----------------------|-------------------|---------------|-----------------------|
| $V_{dop}$             | m/s               | 2,11E-04      | 4,22E-04              |
| $Q_{dop}$             | m <sup>3</sup> /s | <b>0,0006</b> | <b>0,0012</b>         |
| $l$                   | m                 | 4,27          | 4,27                  |

Glede na izračunan Sichardtov kriterij dopustne količine črpanja ocenjujemo, da je iz vrtine teoretično možno črpati okoli 1 l/s. Črpalni preizkus, ki je bil izveden v letu 2009 (Juvančič in Gostečnik, 2009) pa je ob črpani količini 0,36 l/s pokazal znižanje 4,91 m. Izračunana prepustnost je znašala  $1,4 \times 10^{-5}$  m/s. Ob tej prepustnosti je dopustna količina črpanja po Sichardtu nižja, okoli 0,6 l/s.

*Preglednica 6: Fizikalno-kemijski parametri podzemne vode med preizkusom. Povečana motnost kaže na aktiviranje vrtine in bi se ob daljšem črpanju morala spet znižati.*

| Čas                           | pH          | ORP          | Eh Izračunan | Oxy (%)     | Oxy (mg/L)  | EC (µs/cm)  | EC A (µs/cm) | T (°C)      |
|-------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 11:05                         | 5,92        | 27,1         | 244          | 8,7         | 0,9         | 2236        | 1650         | 11,2        |
| 11:15                         | 5,87        | 10,4         | 228          | 12,1        | 1,26        | 2269        | 1675         | 11,21       |
| 11:30                         | 5,9         | -3,9         | 213          | 13,3        | 1,38        | 2300        | 1698         | 11,23       |
| 11:45                         | 5,91        | -11,3        | 206          | 11,8        | 1,23        | 2279        | 1683         | 11,24       |
| 12:00                         | 5,92        | -16,3        | 201          | 12,2        | 1,26        | 2254        | 1666         | 11,29       |
| 12:15                         | 5,92        | -20,5        | 197          | 12,3        | 1,27        | 2283        | 1690         | 11,31       |
| 12:26                         | 5,92        | -22,8        | 194          | 12,9        | 1,33        | 2255        | 1669         | 11,33       |
| 12:45                         | 5,89        | -13,6        | 204          | 13          | 1,35        | 2272        | 1666         | 10,96       |
| 13:00                         | 5,9         | -22,1        | 195          | 12,9        | 1,35        | 2270        | 1664         | 10,96       |
| 13:15                         | 5,9         | -26,8        | 191          | 13          | 1,35        | 2304        | 1688         | 10,93       |
| 13:30                         | 5,9         | -30,2        | 187          | 13,1        | 1,36        | 2313        | 1694         | 10,91       |
| 13:45                         | 5,9         | -32,7        | 185          | 13,2        | 1,38        | 2308        | 1692         | 10,94       |
| 14:00                         | 5,91        | -34,5        | 183          | 13,5        | 1,41        | 2310        | 1694         | 10,95       |
| 14:10                         | 5,91        | -35,7        | 182          | 13,4        | 1,4         | 2277        | 1670         | 10,98       |
| 14:15                         | 5,91        | -13,7        | 204          | 14,5        | 1,51        | 2284        | 1671         | 10,87       |
| 14:30                         | 5,89        | -20,8        | 197          | 13          | 1,35        | 2278        | 1668         | 10,92       |
| 14:45                         | 5,89        | -31,5        | 186          | 12,4        | 1,29        | 2272        | 1663         | 10,89       |
| 15:00                         | 5,89        | -35,9        | 181          | 12,4        | 1,29        | 2268        | 1161         | 10,9        |
| 15:15                         | 5,9         | -37,9        | 180          | 12,5        | 1,31        | 2288        | 1675         | 10,8        |
| 15:30                         | 5,91        | -39,2        | 178          | 12,7        | 1,32        | 2284        | 1671         | 10,88       |
| 16:10                         | 5,89        | -8,7         | 209          | 12          | 1,24        | 2257        | 1657         | 11,01       |
| 16:25                         | 5,87        | -27          | 190          | 12,5        | 1,3         | 2267        | 1666         | 11,04       |
| 16:40                         | 5,87        | -36,4        | 181          | 13          | 1,35        | 2261        | 1663         | 11,09       |
| 16:55                         | 5,89        | -39,2        | 178          | 13,3        | 1,37        | 2258        | 1662         | 11,11       |
| 17:10                         | 5,9         | -41,3        | 176          | 13,6        | 1,41        | 2264        | 1666         | 11,09       |
| 17:25                         | 5,9         | -38,3        | 179          | 13,3        | 1,37        | 2244        | 1652         | 11,13       |
| <b>povp</b>                   | <b>5,89</b> | <b>-23,2</b> | <b>194</b>   | <b>12,7</b> | <b>1,32</b> | <b>2275</b> | <b>1652</b>  | <b>11,0</b> |
| Merilno mesto - urejen izvir  |             |              |              |             |             |             |              |             |
| 09:40                         | 5,95        | 55,9         | 273          | 39,9        | 4,15        | 2300        | 1691         | 11,07       |
| Merilno mesto - iztok v potok |             |              |              |             |             |             |              |             |
| 10:15                         | 6,65        | 35,2         | 251          | 90,3        | 9,1         | 1184        | 901          | 12,35       |

### 1.5.3.5 Sklep

Črpalni preizkus je pokazal, da je znižanje ob črpani količini 0,14 l/s razmeroma majhno in pomeni prepustnost geoloških plasti okoli  $4,0 \times 10^{-5}$  m/s in transmisivnost  $1,9 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Glede na primerjavo z črpalnim preizkusom v letu 2009 je prepustnost nekoliko višja, takrat je znašala  $1,4 \times 10^{-5}$  m/s. Ob črpalnem preizkusu v letu 2009 je bila uporabljena višja črpna količina in je podatek o prepustnosti tako bolj zanesljiv. Ob tej predpostavki ocenjujemo, da je iz vrtine možno črpati največ 0,5 l/s, zelo verjetno pa je optimalna količina okoli 0,3 l/s. Ker je vodonosna plast v vrtini razmeroma tanka (filtrski del vrtine je dolg le 5,85 m), večje znižanje povzroči znižanje debeline nasičenega sloja in s tem vdor kisika. To po pričakovanjih povzroči oksidacijo železa in mangana v mineralni vodi in nastanek rjavkaste oborine, kar lahko neugodno vpliva na prepustnost cone ob vrtini in v zgornjem delu vodonosne plasti

povzroči zamašitev por.

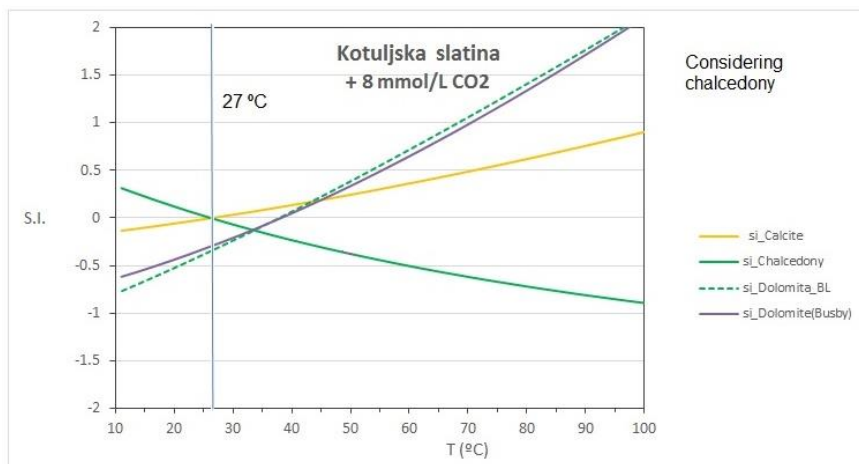
Pred načrtovanjem sistema rabe vode priporočamo izvedbo dolgotrajnega črpalnega preizkusa z želeno količino in v trajanju cca 30 dni oz do stabilizacije vseh opazovanih parametrov. Nujno je zajeti tudi vsaj nizko hidrološko stanje, še bolje pa če tako nizko kot visoko hidrološko stanje, da se opazuje tudi morebitna sprememba sestave mineralne vode.

## II. DEL: POTENCIAL VODNEGA VIRA

### 2.1 Primarnost zajete podzemne vode

#### 2.1.1 Temperatura infiltracije in globina kroženja vode

Na podatkih iz leta 2014 smo izračunali temperaturo v vodonosniku s kemičnimi geotermometri, da smo predpostavili geokemično ravnotežje karbonatnega sistema. Izračun je izvedel Jon Jiménez Beltrán iz Španije. Pri pH in T pogojih vzorčenja smo uravnotežili raztopino do nasičenja za kalcit, kremen, kalcedon in CO<sub>2</sub> in jih uravnotežili v korakih proti pogojem v globini. Kjer so bile vse faze nasičene (presečišče premic), dosežemo temperaturo rezervoarja in je bila raztopina v ravnotežju. Rimski vrelec je razmeroma posebna voda, saj tako kremenov kot kalcedonski geotermometer dajeta verjeten rezultat (dobro konvergenco) in torej dve različni temperaturi. Kremenov geotermometer se je za karbonatne sisteme izkazal kot najbolj primeren, ugotovljeno temperaturo rezervoarja pa smo razbrali na približno 43 °C. Glede na srednjo letno temperaturo na površju in predvidene same metamorfne kamnine pod cca 400 m miocenskih sedimentov, bi bila cirkulacija lahko 1500 do 1900 m globoko. Zato smo v drugi fazi upoštevali še uravnoteženje s kalcedonom in kalcitom. V tem primeru dobimo nižjo temperaturo, približno 27 °C, in globino cirkulacije približno od 1000 do 1500 m. Ta se nam zdi glede na poznavanje sistema bolj verjetna možnost.



Slika 22: Prikaz geokemičnega modela kalcedonovo-kalcitnega geotermometra z upoštevanjem CO<sub>2</sub>

#### 2.1.2 Kakovost vode, naravno (izvirno) stanje

Za oceno sestave vode je bilo na voljo nekaj arhivskih analiz, novo pa smo izvedli 7. 10. 2021 v okviru projekta KaraWAT in ARRS PS P1-0020 (Preglednica 1), pri čemer je bil analizni laboratorij NLZOH za kemijsko sestavo ter Isotoptech iz Madžarske za izotopske analize. Analiziran je bil nabor parametrov 1 in 2, kot je predviden po novejših Uredbah o koncesiji za rabo termalne vode. Nismo preizkusili vseh parametrov po Pravilniku o pitni vodi!

Arhivska analiza iz leta 2014 uvršča mineralno vodo Rimskega vrelca v  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$  tip vode. V tistem času so bile z analiznim laboratorijem težave, zato menimo, da so rezultati nekoliko vprašljivi.

Najnovejša analiza iz 2021 potrjuje tip vode kot  $\text{Ca-Na-HCO}_3$ , saj je bogata tudi z natrijem (150 mg/l). To je sicer značilno tudi za mineralne vode v Železni Kapli v Avstriji, kjer prevladujejo tipi  $\text{Na-HCO}_3$  do  $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ . Nizka vsebnost nitratov in ostalih onesnaževal (tudi organske snovi so pod detekcijsko mejo: benzen, TOC, MO, FI, PAH...) nakazujejo globok izvor in slabo komunikacijo s površinskimi vodami, kar je za rabo in preprečevanje tveganj onesnaženj zelo ugodno.

Srednje mineralizirana voda ( $\text{TDS} = 2,4 \text{ g/l}$ ) je zelo trda in ima pH 6,0-6,4 ter visoko vsebnost prostega  $\text{CO}_2$  (2200 mg/l). Zato je pH vode nekoliko kisel (6,0), kar je pod priporočeno vrednostjo 6,5 za klasične pitne vode. Posledično je tudi razmeroma korozivna. Kloridnega iona je po zadnji analizi do 17 mg/l, kar je več, kot ga običajno zaznamo v neonesnaženi podzemni vodi iz karbonatov. Mezga (2014) sicer poroča vrednost naravnega ozadja kot 1,72 mg/l, Serianz in sod. (2020) pa 11,9 mg/l oziroma 21,0 mg/l, pri čemer so vzeli vse litologije in večji nabor vzorcev iz mreže ARSO. Po naših izkušnjah je v neonesnaženih naravnih vodah bolj ustrezna prva vrednost. Razmerje  $\text{Na/Cl}$  v meq/l ne ustreza premici razmerja mineralnih voda iz Železne Kaple, kjer je vrednost 4 in klorid pripisan dotoku visokomineraliziranih voda iz večjih globin. V primeru Rimskega vrelca je to razmerje 13 in kaže na izrazit presežek natrija.

Voda je nasičena s kremenom in skoraj nasičena s kalcedonom ter nenasičena s kalcitom, aragonitom, dolomitom, sadro in halitom. Razmerje  $\text{Ca/Mg}$  kaže na preferenčno raztapljanje apnenca (kalcita). Razmerje  $\text{Ca/Mg}$  (meq/l) ne ustreza razmerjem avstrijskih mineralnih voda: ta so za Bad Vellach enaka  $\text{Ca/Mg} \approx 6$ , Železno Kaplo  $\approx 1,4$  in za Murijev izvir  $\approx 1$ . V Rinskem vrelcu je razmerje 3,4 in voda vsebuje absolutno največje koncentracije teh snovi. Molarno razmerje  $\text{Ca/Mg}$  kaže na preferenčno raztapljanje kalcita, a verjetno je do približno 30 % prisotno tudi raztapljanje dolomita. Nič ne kaže na pospešeno raztapljanje silikatov, bogatih z magnezijem, ali raztapljanje sadre v dolomitu ali intenzivno oksidacijo pirita.

Poltnig (2006) poroča, da imajo mineralne vode na avstrijski strani zelo visoke koncentracije slednih elementov, kot so bor, brom, litij, uran itd. V primeru Rimskega vrelca to ni očitno. Stroncija je 0,015 meq/l, kar je v razponu avstrijskih mineralnih voda, saj lahko vrednosti nihajo med 0,008 in 0,027 meq/l. Razmerje klorida in bromida je v morski vodi molarno  $= 2,25 \times$  masno razmerje  $= 655$ . Naš vzorec poda vrednost 260, kar kaže na odsotnost slanice. Jodid je pod detekcijsko mejo in ob upoštevanju izračuna z  $\text{DM} \times 0,75$  dobimo razmerje jodida in klorida, tipično za vode iz skorje.

Vrednosti so blizu, a še pod mejno vrednostjo za pitno vodo za arzen (8,9 od 10  $\mu\text{g/l}$ ), pri čemer imajo v Avstriji mineralne vode koncentracije le do 6  $\mu\text{g/l}$ . Presežene mejne vrednosti so za mangan (370  $\mu\text{g/l}$ , namesto dovoljenih 50  $\mu\text{g/l}$ ) in železo (8400  $\mu\text{g/l}$ , namesto dovoljenih 200  $\mu\text{g/l}$ ).

Preglednica 7: Kemijske analize mineralne vode iz vrtine KČ/72 iz 1977 in iz VK-R od 2014 naprej

| Datum vzorčenja   | Enota | KČ/72<br>(1977) | Ni<br>datuma | 1. 9. 2014                   | 7. 10. 2021                  | 13. 7. 2022 |
|-------------------|-------|-----------------|--------------|------------------------------|------------------------------|-------------|
| Vir podatkov      |       | ddd             | np           | GeoZS (ARRS)                 | GeoZS (ARRS)                 | GeoZS       |
| Laboratorij       |       |                 |              | MBFSZ                        | NLZOH                        | GeoZS       |
| Tip vode (Jäckli) |       |                 |              | <u>Ca-Mg-HCO<sub>3</sub></u> | <u>Ca-Na-HCO<sub>3</sub></u> |             |
| Pretok            | l/s   | 0,2             |              | 0,05                         | 0,1                          | 0,14        |
| TDS               | mg/l  |                 |              | 1620                         | 2408                         |             |

| Datum vzorčenja              | Enota | Kč/72<br>(1977) | Ni<br>datuma | 1. 9. 2014 | 7. 10. 2021 | 13. 7. 2022 |
|------------------------------|-------|-----------------|--------------|------------|-------------|-------------|
| Temperatura vode             | °C    | 11,5            | /            | 11,4       | 11,0        | 11,0        |
| pH                           | /     |                 | 6,1          | 6,37       | 6,0         | 5,89        |
| Elektroprevodnost (25° C)    | μS/cm |                 |              | 1176       | 2120        | 2275        |
| Kisik                        | mg/l  |                 |              | 2,12       | <1,00       | 1,32        |
| Nasičenost s kisikom         | %     |                 |              | 20,2       | <10         | 12,7        |
| Redoks potencial             | mV    |                 |              | 43         | 65,0        | 294         |
| Sušilni ostanek (105°C)      | mg/l  | 1130            |              |            | 1300        |             |
| Skupni organski ogljik (TOC) | mg/l  |                 |              |            | <0,5        |             |
| Amonij (skupni)              | mg/l  |                 | 1,4          | 0,27       | 0,39        |             |
| Natrij                       | mg/l  | 113             | 126          | 71,3       | 150         |             |
| Kalij                        | mg/l  | 15,3            | 17,5         | 11,4       | 15          |             |
| Kalcij                       | mg/l  | 271             | 361          | 236        | 350         |             |
| Magnezij                     | mg/l  | 79              | 69           | 49         | 63          |             |
| Hidrogenkarbonati            | mg/l  | 1543            | 1818         | 1230       | 1800        |             |
| Kloridi                      | mg/l  | 7,92            | 6,75         | 2,38       | 17          |             |
| Sulfati                      | mg/l  | 6,67            | 0            | 2,7        | 1,3         |             |
| Nitrit                       | mg/l  |                 | 0,01         | <0,1       | 0,013       |             |
| Nitrat                       | mg/l  |                 | 0,1          | 1,27       | <2,2        |             |
| Ortofosfat                   | mg/l  |                 |              |            |             |             |
| Mangan (skupno)              | mg/l  |                 | 0            | 0,215      | 0,370       |             |
| Železo (skupno)              | mg/l  |                 | 8            | 4,47       | 8,2         |             |
| Železo <sup>2+</sup>         | mg/l  | 6,97            |              |            |             |             |
| Arzen                        | μg/l  |                 |              |            | 8,9         |             |
| Krom                         | mg/l  |                 |              |            | <0,001      |             |
| Bor                          | mg/l  |                 |              | 0,105      | 0,190       |             |
| Bromid                       | mg/l  |                 | 0,02         | 0,0221     | 0,029       |             |
| Jodid                        | mg/l  |                 | 0,02         | 0,00498    | <0,05       |             |
| Fluorid                      | mg/l  |                 | 0,6          | 0,6        | 0,40        |             |
| Stroncij                     | mg/l  |                 | 1,25         | 0,553      | 1,300       |             |
| Litij                        | mg/l  |                 | 0,1          | 0,0355     | 0,076       |             |
| Ortofosfat                   | mg/l  |                 |              | 0,16       | <0,031      |             |
| Kremenica- SiO <sub>2</sub>  | mg/l  | 12,35           | 4,8          | 11,1       | 11,34       |             |
| Sulfid (aq)                  | mg/l  |                 |              |            | <0,05       |             |
| Raztopljeni CO <sub>2</sub>  | mg/l  |                 |              |            | 1100        |             |
| Prosti CO <sub>2</sub>       | mg/l  | 1628            | 2068         |            | 2200        |             |
| Pco <sub>2</sub>             | bar   |                 |              | -0,4       |             |             |

| Datum vzorčenja      | Enota   | Kč/72<br>(1977) | Ni<br>datuma | 1. 9. 2014          | 7. 10. 2021                | 13. 7. 2022       |
|----------------------|---------|-----------------|--------------|---------------------|----------------------------|-------------------|
| Tot. alkalnost       | mmol/l  |                 |              | 20,2                | 80 mmol/l HCl              |                   |
| Celokupna trdota     | N       |                 |              | 44,4                |                            |                   |
| $\delta^{18}O$       | ‰       |                 |              | -10,10*/-<br>10,2** | -10,78 ± 0,15****          | -10,96 ±<br>0.04° |
| $\delta^2H$          | ‰       |                 |              | -68,4*/-<br>73,9**  | -76,2 ± 2****              | -74,93 ±<br>0.13° |
| $\delta^{13}C_{DIC}$ | ‰       |                 |              | -9,6***             | -11,2 (-11,5) ±<br>0,1**** |                   |
| $^{14}C_{DIC}$       | pMC abs |                 |              |                     | 1,74 ± 0,03****            |                   |
| $^3H$                | TU      |                 |              | 5,6 ± 0,5           | 1,16 ± 0,05                |                   |

\* - Hydroisotop, Nemčija; \*\* – Palermo labs, Italija; \*\*\* – IJS; \*\*\*\* – Isotoptech, Madžarska, ° - Picarro, GeoZS

β - »Vode iz karbonatnih vodonosnikov«

**Stalnost sestave** mineralne vode smo ugotavljali s primerjavo terenskih fizikalno-kemijskih meritev v letih 2021 in 2022. Ugotovili smo, da temperatura mineralne vode niha med 8,9 in 11,4 °C, pH med 5,9 in 6,5, elektroprevodnost med 2100 μS/cm in 2290 μS/cm, skupni arteški iztok pa je približno 0,1 l/s. Tudi stabilni izotopi kisika in vodika v vodi v tem času kažejo primerljive vrednosti, torej stalno sestavo. Za primerjavo, bližnji potok je imel 18. 11. 2021 temperaturo 7,9 °C, elektroprevodost 396 μS/cm in pH 7,94.

Za ugotavljanje stalnosti oziroma morebitnega vpliva hidroloških pogojev na kakovostno stanje mineralne vode **priporočamo izvajanje mesečnih vzorčenj** mineralne vode vsaj za terenske fizikalno-kemijske parametre (kot v Preglednica 8) in stabilne izotope kisika in vodika v vodi v obdobju enega leta, ter da so vzorci analizirani vedno z istim instrumentom. Sočasno priporočamo vzorčenje bližnjega potoka.

Preglednica 8: Primerjava terenskih meritev v različnih mesecih let 2021 in 2022

| Parameter        | Enota | 16.04.21 | 14.05.21 | 21.06.21 | 7.10.21          | 18.11.21 | 22.2.22 | 4.5.22 | 13.7.22         | 8.9.22 |
|------------------|-------|----------|----------|----------|------------------|----------|---------|--------|-----------------|--------|
| T                | °C    | 8,9      | 9,5      | 10,3     | 10,1             | 10,6     | 9,31    | 9,4    | 11,0            | 11,4   |
| pH               |       | 6,48     | 5,86     | 6,08     | 6,10             | 5,94     | 5,86    | 6,10   | 5,89            | 6,24   |
| EC 25 °C         | μS/cm | 2260     | 2208     | 2290     | 2120             | 2100     | 2137    | 2111   | 2275            | 2160   |
| O <sub>2</sub>   | mg/l  | 3,28     | 2,34     |          |                  |          | 3,0     | 1,97   | 1,32            | 3,33   |
| O <sub>2</sub>   | %     | 29,8     | 24,6     |          | 18               |          | 27,9    | 17,7   | 12,7            | 32,4   |
| Eh               | mV    | 300      | 223      |          | 285              |          | 369     | 256    | 409             | 258    |
| Q turist. iztok  | l/s   | 0,08     | 0,084    | 0,08     | 0,115<br>črpanje |          |         | 0,094  | 1,14<br>črpanje | 0,07   |
| Q preliv ob VK-R | l/s   |          |          | 0,01     |                  |          |         |        |                 |        |

V bližini mineralnega izvira se nahajajo še tri točke, izviri, ki pa zelo pogosto presušijo (Preglednica 9).

Preglednica 9: Junija in septembra 2021 ogledani izviri na travniku/pašniku v bližini Rimskega vrelca

| IME      | X (D48) | Y (D48) | LEGA                          | OPIS (opis objekta)                                                                                                                                                 |
|----------|---------|---------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brčnik 1 | 498984  | 152166  | Pod Kmetijo Brčnik            | Omočen sloj na koncu pašnika na izravnavi, nikoli čisto suh, ob deževju po pričevanju oranžne barve                                                                 |
| Brčnik 2 | 498954  | 152118  | Pod Kmetijo Brčnik            | Omočen sloj na koncu pašnika na izravnavi, nikoli čisto suh, ob deževju po pričevanju oranžne barve. Je 50 m stran od 1, manjši in v času ogleda presuh za meritve. |
| Pašnk    | 499217  | 151890  | V bližini hiške sredi pašnika | Omočen sloj sredi pašnika, nikoli čisto suh, ob deževju po pričevanju oranžne barve                                                                                 |

*Preglednica 10: Rezultati terenskega pregleda edinega izvira, ki je imel nekaj iztoka vode. Mehurčke bi lahko pripisali tudi CO<sub>2</sub>, povišana mineralizacija pa je brez dodatnih raziskav lahko tudi posledica kmetovanja na pašniku.*

| Ime      | Tvode (°C) | Tzraka (°C) | pH   | EC (μS/cm) | eH (mV) | O <sub>2</sub> (%) | O <sub>2</sub> (mg/l) | Alkalnost- p (mmol/L) | Alkalnost-m (mmol/L) |
|----------|------------|-------------|------|------------|---------|--------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Brčnik 1 | 16,6       | 23          | 7,68 | 730        | -32,3   | 93,4               | 8,26                  | 0                     | 7,5                  |

#### Meritve železa (Fe<sup>2+</sup>) in mangana (Mn<sub>TOT</sub>) v vodi

Analiza NLZOH iz 7. 10. 2021 podaja presežene mejne vrednosti glede na pitno vodo z manganom (370 μg/l namesto dovoljenih 50 μg/l) in železom (8400 μg/l namesto dovoljenih 200 μg/l).

Občasno je GeoZS izvedel terenske meritve raztopljenega dvovalentnega železa in totalnega mangana s prenosnim HACH DR 2800 spektrofotometrom. Za meritve železa Fe<sup>2+</sup> je bil uporabljen reagent Powder Pillow reagent (Peridate Oxidation Method), z območjem določljivosti 0,02-3,00 mg/l Fe<sup>2+</sup>. Za meritve mangana je bil uporabljen Powder Pillow reagent (Peridate Oxidation Method), z območjem določljivosti 0,1-20 mg/l. Vsebnost železa in mangana smo izmerili tako, da smo najprej pripravili in izmerili slepi vzorec, nato pa še vzorec z reagentom. V kolikor je bil izmerjen vzorec nad merilnim območjem (v primeru mangana več kot 20 mg/l in v primeru železa nad 3 mg/l) smo v vzorec z injekcijsko brizgo natančno dozirali ultra čisto vodo Mili-Q.

Dne 14. 5. 2021 smo v vzorcu brez razredčenja ugotovili več kot 3 mg/l Fe<sup>2+</sup> ter 18,9-19,3 mg/l mangana. Dne 2. 2. 2022 smo v vzorcu brez razredčenja ugotovili preseganje obeh merilnih razponov (železo nad 3 mg/l in mangan nad 20 mg/l). Zato smo pričeli s postopki redčenja. V primeru meritve vsebnosti železa smo 5 ml vzorca vode z reagentom najprej razredčili s 5 ml Mili-Q. Ker je bila vsebnost železa v vzorcu še vedno nad merilnim območjem, smo postopek redčenja ponovili tako, da smo v 2,5 ml vzorca vode z reagentom dodali 7,5 ml Mili-Q. V tem primeru je bila izmerjena vsebnost železa (Fe<sup>2+</sup>) znotraj merilnega območja (0,2-3,00 mg/l Fe<sup>2+</sup>). V primeru meritve vsebnosti mangana smo v 5 ml vzorca vode z reagentom dodali 5 ml Mili-Q in dobili izmerjeno vrednost znotraj merilnega območja (0,1-20 mg/l).

Preglednica 11: Terenske meritve železa in mangana dne 13. 7. 2022.

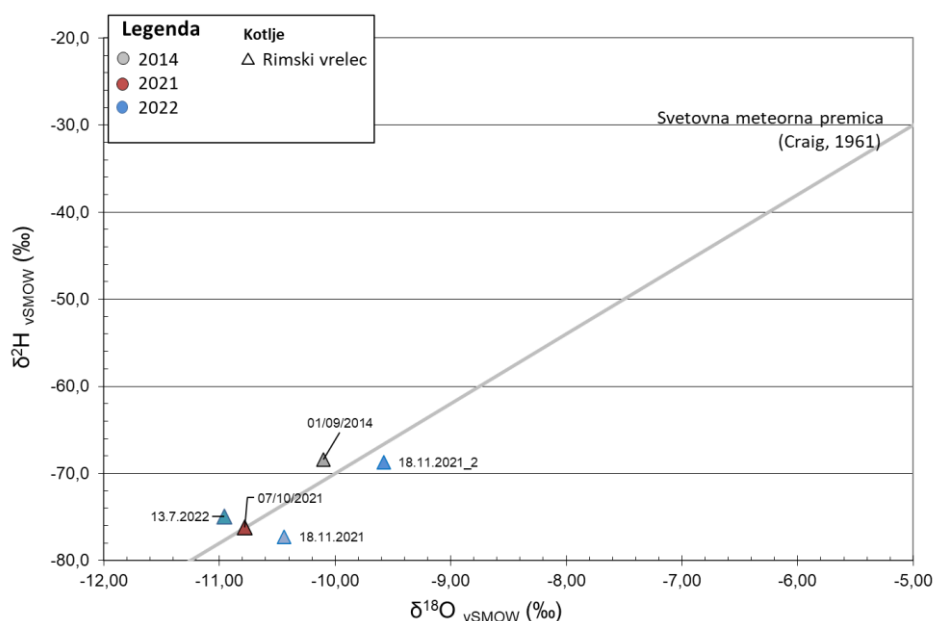
| Merilno mesto - urejen prosto dostopni izvir |                         |                          |               |
|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------|
| Čas                                          | Fe <sup>2+</sup> (mg/l) | Mn <sub>TOT</sub> (mg/l) | motnost (NTU) |
| 09:50                                        | 7,64                    | 35,2                     | 0,09          |
| 17:40                                        | 7,2                     | 26,4                     | 0,34          |

Voda glede na določene koncentracije železa in mangana **ne** ustreza Pravilniku o pitni vodi.

Vendar je z odločbo Republiškega komiteja za zdravstvo in socialno varstvo Ljubljana Socialistične republike Slovenije št. 514-2/75, od dne 28.2.1975, podjetje Viator Ljubljana TOZD Hoteli na Koroškem dobilo dovoljenje za rabo Rimskega vreleca v Koltjah v zdravstvene namene, kot **naravno zdravilno sredstvo**. Mineralna voda je kalcij-hidrogen-karbonatna kislica z relativno visoko vsebnostjo železa.

### Izotopska sestava mineralne vode

Stabilni izotopi kisika in vodika v vodi (Slika 23) so pozicionirani ob meteorni premici in ne kažejo efekta izotopske izmenjave s CO<sub>2</sub> ali izhlapevanja in so značilno lažji od recentnih podzemnih voda. Voda je na spodnjem robu voda, značilnih za hladnejše podnebje, oz. na zgornjem robu voda, značilnih za pleistocensko napajanje. Izotopska sestava je bila določena v različnih laboratorijih in z različnimi metodami, čemur pripisujemo nekoliko večji razpon rezultatov. Vseeno ima najlažjo izotopsko sestavo izmed vseh mineralnih voda na območju Raven na Koroškem ( $\delta^{18}\text{O}$ = od -10,10 do -10,78 ‰ in  $\delta^2\text{H}$ = od -68,4 do -76,2 ‰; Rman in sod. 2022), kar pripisujemo predvsem visokem napajalnemu zaledju podzemne vode. Okolica Kotelj ima nadmorsko višino cca 500-600 m n.v., Uršja gora pa 1696 m n.v., zato v kolikor podzemna voda priteka iz njene smeri, je pričakovano, da bi bil  $\delta^{18}\text{O}$  lažji za približno 0,9 - 1,3 ‰ od ravninskih izvirov in potokov.



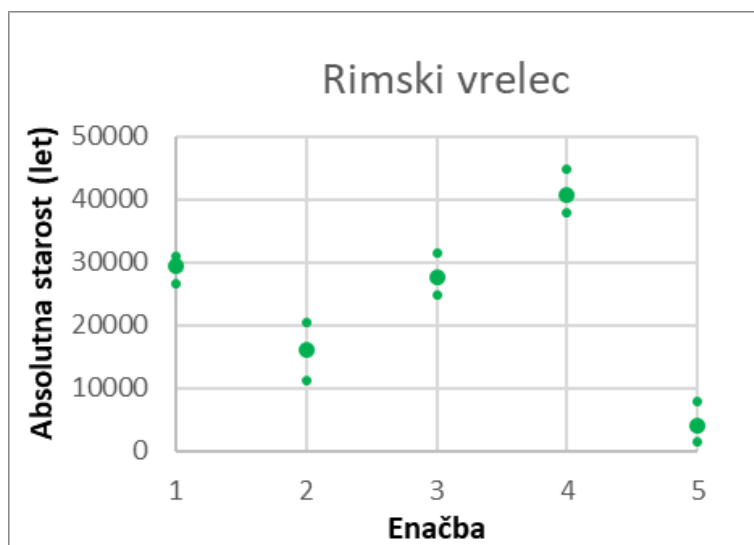
Slika 23: Stabilni izotopi kisika in vodika v mineralni vodi. Laboratorij v 2014 je bil Institute for Geochemical Research of the Hungarian Academy of Sciences v Budimpešti in v 2021 Isotoptech v Debrecenu. Duplikat v 2021 smo naredili s Picarro instrumentom na GeoZS, prav tako analizo v 2022.

Primerjava stabilnih izotopov z mineralnimi vodami iz Avstrije (Poltnig, 2006; ocenjena povprečna vrednost  $\delta^{18}\text{O} = -9,7\text{‰}$  in  $\delta^2\text{H} = -70\text{‰}$ ) opozarja, da ima Rimski vrelec najlažje izotope izmed preiskanih voda, saj je  $\delta^{18}\text{O}$  za približno 0,2 ‰ lažji od avstrijskih voda. Nekatere izmed teh jasno odstopajo od meteorne premice proti težjim kisikovim izotopom, kar lahko kaže na reakcije med vodo in kamnino pri višjih temperaturah, ki jih v primeru Rimskega vrelca ne vidimo. Poltnig (2006) poroča, da se je devterijev eksces v avstrijskih mineralnih vodah skozi leta spreminjala, od 11 do 14 ‰ (do 1997), oz. od 4,8 do 7,5 ‰ (v 1999). Naše raziskave zadnjih dveh let tega ne potrjujejo, čeprav je vrednost iz 2014 res bistveno težja, ampak je zanesljivost teh meritev nekoliko manjša.

Ogljik v mineralni vodi je pretežno anorganskega izvora, kar dokazujeta že TOC in DOC pod detekcijsko mejo 0,5 mg/l. Stabilni izotop  $\delta^{13}\text{C}$  v raztopljenem neorganskem ogljiku (DIC) je v vrednosti od -9,6 do -11,5 ‰ in lažji kot tipično za vode iz triasnih karbonatnih kamnin v slovenskih Alpah ( $\delta^{13}\text{C-DIC} = -6,0\text{‰}$ ), ki se pojavljajo nad gozdno mejo, kjer so tla tanka in vegetacija revna (Torkar in sod. 2016). Iz masne bilance med raztapljanjem karbonatnih kamnin ( $\delta^{13}\text{C-DIC} = 1,2\text{‰}$ ) in razpadom organskih snovi (-25 ‰) smo ocenili doprinos raztapljanja karbonatnih kamnin na med 52 in 59 %. Sledi, da je voda verjetno mešanica takšne (bolj sveže) pod vplivom talnega  $\text{CO}_2$  in iz raztapljanja karbonatov (z daljšim zadrževalnim časom). Poltnig (2006) poroča, da imajo mineralni izviri v dolini Bele  $\delta^{13}\text{C-DIC} = -3,52\text{‰}$ , v Železni Kapli  $\delta^{13}\text{C-DIC} = -4,85\text{‰}$  (ker voda ne more raztapljati karbonatov, saj je granitni vodonosnik in zato se ne morejo tvoriti težji izotopi), Murijev izvir pa  $\delta^{13}\text{C-DIC} = -8,59\text{‰}$ , kar kaže na globok dotok ogljika. Kjer so analizirali plin  $\text{CO}_2$ , ima ta izotopsko sestavo  $\delta^{13}\text{C-CO}_2 = -22,6$  do  $-20,6\text{‰}$ . To ne ustreza niti  $\text{CO}_2$  iz plašča ( $\delta^{13}\text{C-CO}_2 = -5$  do  $-10\text{‰}$ ) niti termičnem razpadu karbonatov ali metamorfnih kamnin v skorji ( $\delta^{13}\text{C-CO}_2 = -10$  do  $0\text{‰}$ ). Rimski vrelec kaže za nekaj promilov lažjo sestavo raztopljenega anorganskega ogljika kot Murijev izvir, kar kaže na mešanje z bolj svežo vodo, izotopska sestava plina  $\text{CO}_2$  v njem pa še ni preiskana.

Aktivnost tritija je bila do sedaj določena dvakrat, v 2014 kot 5,6 TU in v 2021 kot 1,2 TU. Slednje bi dokazovalo, da je zadrževalni čas vode med 60 in 90 let, vendar ker sumimo na možnost mešanja sveže in stare podzemne vode, kar je sicer pogost pojav tudi v mineralnih izvirih v Beli, Murijevem izviru in nekaterih vodah Železne Kaple v Avstriji (Poltnig, 2006), morda datacija z njim ni povsem zanesljiva oziroma bi bilo potrebno upoštevati mešalni model. Vsekakor bi bilo smiselno vzorčenje ponoviti v razmaku nekaj let in ob različnih hidroloških pogojih.

Koncentracija radioaktivnega ogljika  $^{14}\text{C}$  v višini 1,74 pMC je zelo nizka in primerljiva z mineralnimi vodami, bogatimi s  $\text{CO}_2$  v Rogaški Slatini in termomineralnimi vodami v Benediktu in Moravskih Toplicah. Koncentracija je nižja kot v večini termalnih voda v severovzhodni Sloveniji (med 2 in 6 pMC) in nižja kot v mineralni vodi iz Bele (Avstrija; 3 pMC). Vrednost pripisujemo ne le starosti vode (Slika 24), ampak tudi in predvsem vplivu geogenega  $\text{CO}_2$ . Glede na izkušnje menimo, da je pričakovan zadrževalni čas med 15 in 30 tisoč let (med rešitvami enačb 5 in 2), a lahko je še mlajša, morda tudi le 2000 let.



Slika 24: Monte Carlo analiza razpona (najnižja, srednja in najvišja) možnih zadrževalnih časov mineralne vode. 1 – enačba radioaktivnega razpada brez korekcije, 2 – kemijska korekcija s koncentracijami hidrogenkarbonata kot (Trček in Leis, 2017), 3 – enačba radioaktivnega razpada s korekcijo  $\delta^{13}\text{C}$ , 4 - enačba radioaktivnega razpada s korekcijo  $\delta^{13}\text{C}$  za  $\text{CO}_2$  iz plašča, ver. 1, 5 - enačba radioaktivnega razpada s korekcijo  $\delta^{13}\text{C}$  za  $\text{CO}_2$  iz plašča, ver. 2 (za razlago glej Rman in sod. 2022).

Žlahtni plini z razmerjem  $\text{R/Ra}$  ( $^3\text{He}/^4\text{He} = 0,62$ ) kažejo na dotok do največ 7 % helija iz plašča, verjetno pa je plin predvsem kombinacija dotoka iz skorje in atmosfere. To se dokaj sklada z ugotovitvami avstrijskih raziskovalcev, ki so interpretirali izvor helija v mineralnih izvirih v okolici Železne Kaple iz skorje ( $\text{R/Ra} = 0,28$ ). Opažena je visoka koncentracija helija ( $1,07 \times 10^{-6}$  ccSTP/g), ki kaže na dodatne dotoke plina, ki verjetno priteka iz skorje. Dodaten  $\text{CO}_2$  priteka skupaj s helijem in spodbuja raztapljanje metamorfnih in klastičnih kamnin, zato ima voda povišano mineralizacijo. Z žlahtnimi plini argonom in ksenonom smo temperaturo infiltrirane vode določili na 11 °C, kar je sicer več kot pričakovano, če bi voda dotekala iz smeri Uršje gore. V Kotljah deluje meteorološka postaja, ki beleži količino padavin in snežne oddeje, ne pa temperature zraka, vendar se poroča povprečna letna temperatura za Kotlje kot 7,4 °C ([https://dijaski.net/gradivo/geo\\_ref\\_kotlje\\_01](https://dijaski.net/gradivo/geo_ref_kotlje_01)). Na bližnji Uršlji gori (1696 m) je – 3,3 °C, v Ravnah (440 m) 8,9 °C, v Šmartnem pri Slovenj Gradcu (455 m) pa, 8,5 °C (Internet 2).

### 2.1.3 Možnost uporabe zajete podzemne vode

Zaradi ugodne kemijske sestave so mineralnov vodo že v 19. stoletju smatrali za zdravilno in primerno za pitne kure za zdravljenje ledvičnih bolezni, odvajanje kamnov, zdravljenju vnetij sečnih organov, kot sta mehur in sečevod, ter menstrualnih težav in sterilnosti (Kraševac, 2009). Priporočali so jo pri vnetju dihal, zlasti pri otrocih, pri bronhitisu, s pitjem mešanice 1/3 sladkanega mleka. Zgodovinska gradiva pričajo tudi o uspešnem zdravljenju turistov, ki so jih hvalili razni specialisti, profesorji na univerzi, tovarnarji, distributerji, deželni glavarji in gostilničarji od Celovca, Ljubljane, Celja, Trsta, Gradca, do Budimpešte. Poseben poudarek so takrat dali zdravljenju dihalne sluznice, prebavnim organom, želodčnemu katarju in črevesju. V 30-ih letih prejšnjega stoletja so oglaševali »Koroški Rimski vrelec« kot najčistejšo alkalično, planinsko slatino brez vsebnosti žvepla, ki je prejela kar nekaj odlikovanj (Kraševac, 2009). Dogrevanje hladnih in hipotermalnih vod in kopanje v mineralnih kopelih ima pozitiven vpliv na človeško telo: spodbuja lokalno cirkulacijo krvi, še posebej ob prisotnosti  $\text{CO}_2$ , hidrostaticnem pritisku in potisku, vzporednem zmanjšanju telesne teže v izpodrinjeni vodi, neboleče, oziroma olajšano gibanje, vpliv na zmanjšanje bolečine ter možna resorbcija nekaterih mineralnih

sestavin, anionov in kationov. Mehurčki CO<sub>2</sub> prav tako spodbujajo periferni pretok in sprostitve spastičnih komponent (vezi, mišice, sklepne ovojnice). Vodo je možno uporabiti tudi za pitje in inhaliranje za rehabilitacijo. Pri tem pa ni zanemarljivo dejstvo, da je biotropni učinek vode iz Rimskega vrelca odvisen od večih dejavnikov, in ga ne moremo opredeliti le z analogno metodo. Nanj vpliva način uporabe, temperatura, čas kontakta z vodo, stanje organov, itd. Natančno mnenje o vseh učinkih bi bilo treba iskati z daljšimi kliničnimi opazovanji na osebah. Nekatere izkušnje so sicer zapisane v starejših virih, vendar niso medicinsko potrjene.

Voda glede na določene koncentracije železa in mangana **ne** ustreza Pravilniku o pitni vodi, zelo blizu mejnih vrednosti je tudi arzen. Vendar je z odločbo Republiškega komiteja za zdravstvo in socialno varstvo Ljubljana Socialistične republike Slovenije št. 514-2/75, od dne 28.2.1975 podjetje Viator Ljubljana TOZD Hoteli na Koroškem dobilo dovoljenje za rabo Rimskega vrelca v Kotljah v zdravstvene namene kot **naravno zdravilno sredstvo**. Mineralna voda je kalcij-hidrogen-karbonatna kislica z relativno visoko vsebnostjo železa. Danes velja, da če je podjetje registrirano za opravljanje zdravstvene dejavnosti, se voda lahko uporablja za zdravljenje. Rimski vrelec je bil razglašen za naravno zdravilno sredstvo za naslednje bolezni:

- kronični hipacidni ahilični gastritis,
- stanje po operacijah želodca (resekcijah),
- kronična katarna vnetja tankega in debelega črevesa s prebavnimi motnjami,
- kronična vnetja žolčnika in žolčnih kanalov,
- različna vnetja v področju urinarnega trakta,
- uredična diateza,
- eksudativna diateza,
- nekatere alergične bolezni,
- motnje v metabolizmu,
- anemije gastričnega izvora in hiposidereze.

Za rabo te mineralne vode veljajo poleg splošnih kontraindikacij, ki so:

- vse akutne bolezni ter ekzacerbacije kroničnih obolenj,
- nalezljive bolezni,
- pogoste in obsežne krvavitve,
- maligna obolenja,
- težke kageksije,
- vse psihoze.

Še naslednje specialne kontraindikacije:

- večje motnje v področju gastrointestinalnega trakta zaradi benignih tumorov, divertikuloze ali polipoze,
- vsa ikterična stanja, povzročena z obstruktnimi procesi,
- holecistolitiza,
- težke oblike diabetesa,
- težja ledvična obolenja z nesposobnostjo ledvice za koncentracijo urina in s tvorbo edemov in retencijo metabolitov v krvi.

Veljavnost Odločb po Zakonu o naravnih zdravilnih sredstvih in naravnih zdraviliščih preverja Ministrstvo za zdravje, Direktorat za zdravstveno varstvo. Pogoji za nosilca takšnega sredstva pa so, da ima naravno sredstvo razglašeno za zdravilno, hkrati pa razpolaga z ustreznimi prostori in opremo za izvajanje dejavnosti, usposobljenim osebjem, ipd.

#### **2.1.4 Problematika, povezana z uporabo zajete vode**

Za ugotovitev stopnje morebitne korozije cevi smo uporabili Ryznarjev indeks (RSI, González in sod., 2015) in podatke iz zadnjih dveh analiz (leto 2021 in 2022). RSI je bil 6,41, kar pomeni možnost precejšnje korozije, ki je pogojena predvsem z visoko vsebnostjo CO<sub>2</sub>.

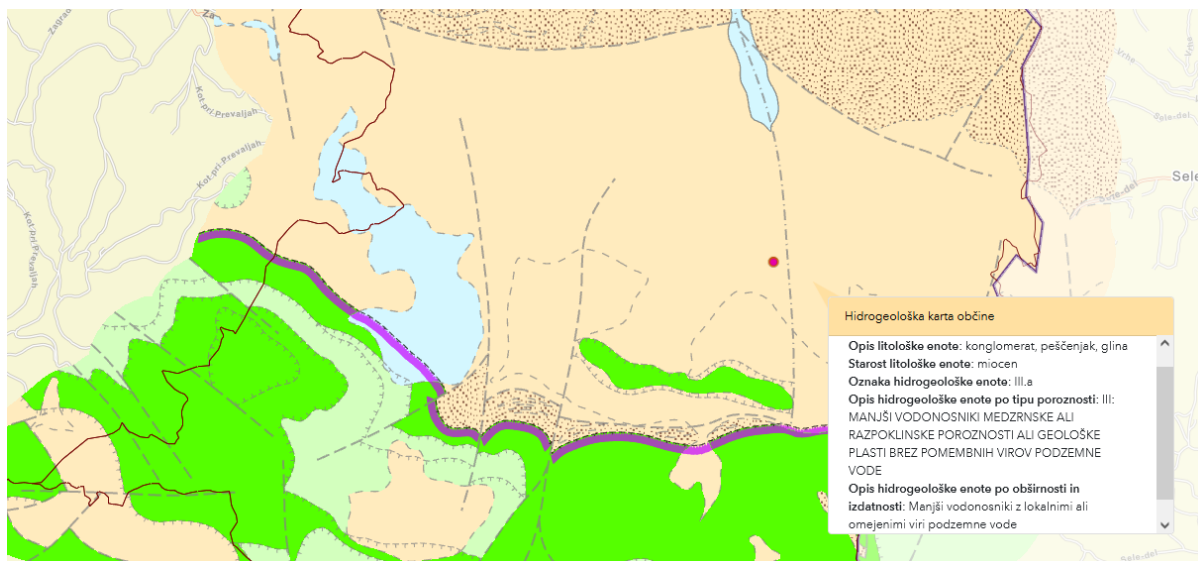
Zaradi razplinjanja CO<sub>2</sub> in dotoka v atmosferske pogoje je pričakovano obarjanje železovih in manganovih (potencialno obogatenih z arzenom in drugimi slednimi kovinami) oksidov in hidroksidov.

### **2.2 Ohranjanje telesa podzemne vode**

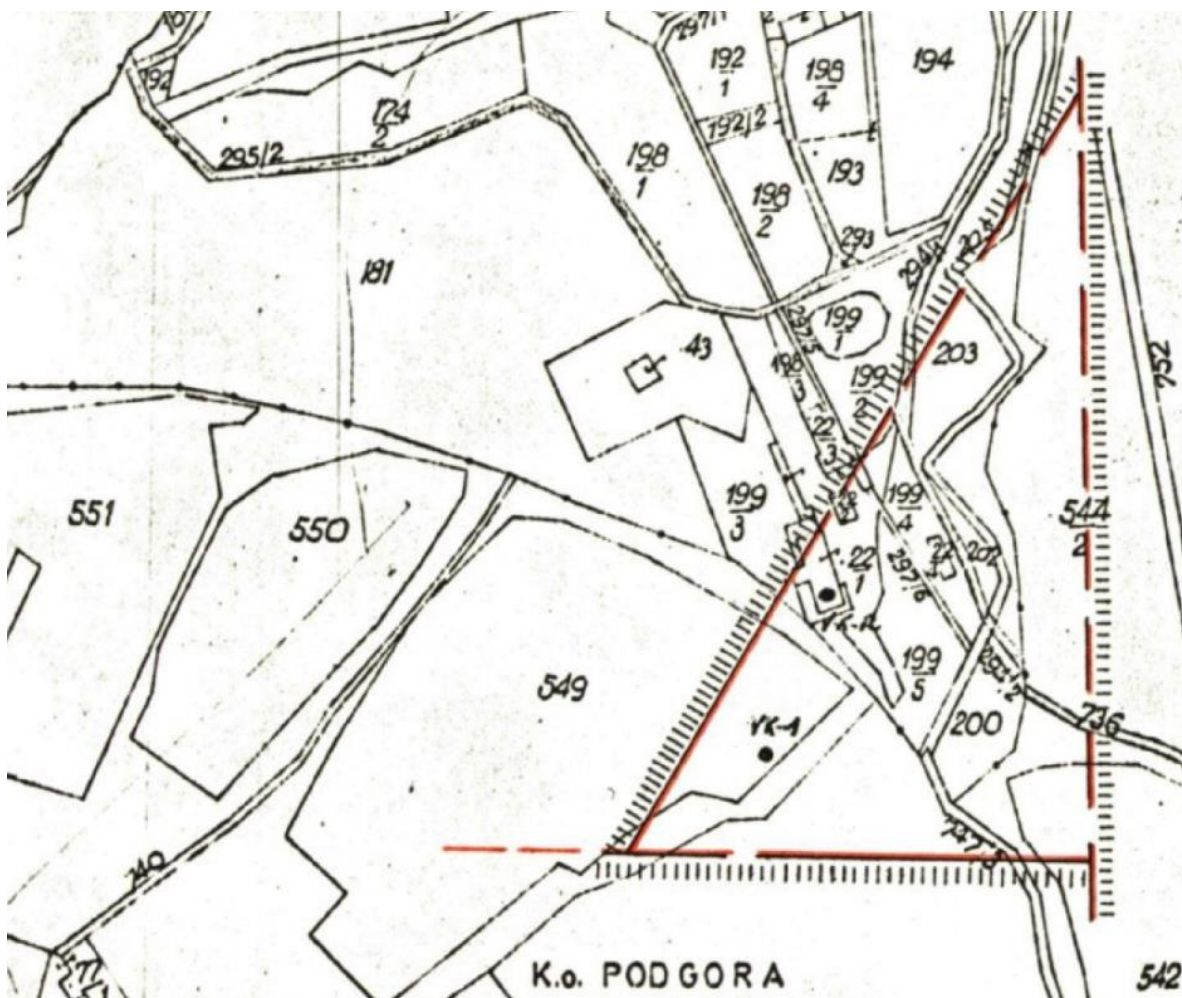
#### **2.2.1 Obseg vodonosnega sistema in značaj hidrodinamskih mej**

Mineralna voda v Kotljah je del vodnega telesa Vzhodne Alpe. Na južnem delu Občine Ravne na Koroškem, na območju Uršlje gore, je v srednje- in zgornjetriasnih karbonatnih kamninah razvit kraško-razpoklinski vodonosnik Uršlje gore s prosto gladino podzemne vode. Kot vodonosniki so pomembne zlasti srednjetroasni (ladinijski) apnenci, ki zavzemajo na območju Uršlje gre pretežen del geološke zgradbe. Srednjetroasni apnenec je dokaj razpokan in zakrasel. Razpoke so povečini med seboj povezane. Razen apnenca sestoji zaledje izvirov v vznožju Uršlje gore tudi iz dolomita, ki je slabše prepusten od apnenca, vendar je ob Severnokatavanskem narivu zdrobljen in ima povečano prepustnost. Podoben je ladinijškemu dolomitu, ker pa ležijo na njem jurski skladi, ga uvrščamo v norijsko stopnjo in ga istovetimo z glavnim dolomitom (Štrucl, 1988). Le redki izviri izlivnega tipa se pojavljajo iz dolomita visoko nad narivnim kontaktom (izviri Kozarnica I-VI, izvir pri Starem mlinu, Kozarinova bajta itd.). Na triasnih kamninah ležijo krpe jurskih lapornatih apnencev, ki se menjujejo z laporovci in glinavci. Znotraj teh kamnin se pojavljajo viseči vodonosniki s pogostimi barierami, ki jih predstavljajo slabo vodoprepustne plasti (Štrucl, 1988). Izdatnost posameznih izvirov iz tega vodonosnika je povečini manjša od 0,5 l/s. Kraško razpoklinski vodonosnik Uršlje gore (del Severnih Katavank) je narinjen proti severu ob položnem Severnokatavanskem narivu na zelo slabo prepustne paleozojske filitne kamnine, ki so prekrite s prav tako slabo prepustnimi srednjemiocenskimi klastičnimi plastmi (meljastega glinavca, peščenjaka, konglomerata).

Mineralna voda se pojavlja v drugem vodonosniku, ki vsebuje predvsem manjše in lokalno omejene vire podzemne vode. Mineralna voda Rimskega vrelca izvira iz miocenskih peščno-prodnatih do konglomeratnih plasti, ki so vložene med muljaste plasti iste starosti in povprečne debeline 10 m (Ravnik, 1932). Vodonosnik je zelo omejen. Plast vpada v pobočje proti SZ in je v VK-R na globini 3 m in v VK-1 na 15 m. Vodonosna plast verjetno izdaja ob potoku, vzhodno od Rimskega vrelca. Talnina in krovina tega proda/konglomerata sta zelo slabo prepustni, napajanje pa je verjetno omejeno na prelomne cone (Mencej in Drobne, 1973). Napajanje verjetno doteka po prepustni prelomni coni mimo starega vrelca v smeri SV-JZ, voda pa kroži po metamorfni podlagi pod miocenom. Z vrtnami so ugotovili zelo slabo prepustno prelomno cono severno od K-10/72 v smeri V-Z, ki predstavlja južno hidravlično bariero. Vzhodno mejo predstavlja slabo prepusten prelom v smeri S-J ob poti Kotlje-Ravne.



Slika 25: Izsek iz hidrogeološke karte Občine Ravne na Koroškem, vijolična pika je Rimski vrelec (Vir: Bavdek in sod. 2022)



Slika 26: Predlog ožjega varstvenega pasu zajetja mineralne vode (Mencej in Drobne, 1973)

## **2.2.2 Tveganje onesnaženja, ranljivost in ogroženost vodonosnega sistema, naravna zaščitnost vira**

Vodno telo Vzhodne Alpe je glede na skupno oceno ranljivosti glede na značilnosti vrhnjih plasti nizka do srednja. Drugi vodonosnik je sicer lokalno visoko ranljiv, v splošnem pa je njegova ranljivost nizka do srednja. Pričakovane obremenitve telesa so majhne do zanemarljive za celotno maso podzemne vode. Pobočja in vznožje Uršlje gore na severni strani so prekriti z debelimi nanosi apnenčastega in dolomitnega grušča v obliki melišč in vršajev. Ta telesa so debela po več deset metrov, po širini pa variirajo od nekaj deset do nekaj sto metrov (Štrucl, 1988). Ker ta pobočni grušč povsod prekriva narivni kontakt Severnokaravanškega nariva karbonatnih kamnin Uršlje gore na miocenske plasti, primarnih izvirov ne vidimo. Podzemna voda se preliva iz karbonatnih kamnin ob tektonskem kontaktu Severnokaravanškega nariva v kvartarni pobočni grušč z medzrnsko radij ostjo. Na površju pa voda izvira šele tam, kjer se pobočni grušč izklini. Pobočja Uršlje gore, ki so prekrita s pobočnim gruščem, so precej poseljena in pokrita s kmetijskimi površinami, zlasti s travniki, zato je podzemna voda, ki izvira v teh sekundarnih izviri z vidika onesnaževanje stalno ogrožena.

Mineralna voda se nahaja povsem na miocenskih sedimentih, čeprav niso izredno debeli. Drobnozrnate plasti so načeloma zelo slabo prepustne in tvorijo zaščitno plast pred površinskimi vdori v vodonosno plast. Mencej in Drobne sta leta 1973 pripravila predlog ožjih varstvenih pasov mineralne vode Rimskega vrelca, omejenih s prelomnimi conami. Proti vzhodu neprepustno mejo predstavlja prelom ob poti Kotlje-Ravne v smeri S-J. Proti jugu neprepustno mejo predstavlja prelom ob K-10, proti SZ pa je meja prepustna in mineralna voda doteka iz globin po vodonosni plasti proti površju. Točnih mej pa z dotedanjimi raziskavami niso mogli potrditi. Najbolj občutljivo je območje, kjer vodonosna plast izdanka na površje, torej ob/v potoku. Tu se dogaja naravno mešanje mineralne in plitve podzemne vode. Tu obstaja možnost, da če bi gladino mineralne vode s črpanjem pretirano znižali, bi se spremenila smer toka podzemne vode in bi plitva podzemna ali rečna voda lahko pričeli dotekati na območje izvira oziroma zajetja. To bi lahko vplivalo na:

- poslabšanje njene kakovosti z morebitnimi onesnaževali, ki so lahko predvsem posledica neurejene kanalizacije bližnjih objektov in/ali kmetijske prakse
- mešanje mineralne vode brez kisika z vodo, bogato s kisikom, bi povzročilo obarjanje železovih in manganovih mineralov v porah v vodonosniku. To bi dolgoročno zamašilo naravni iztok te vode na površje oziroma znižalo kapaciteto vrtine in lahko celo deloma preusmerilo njen tok.

Zato priporočamo veliko pazljivost pri izvedbi kakršnihkoli gradbenih del na ožjem območju mineralnega izvira in izvedbo kvalitetne kanalizacije.

Nujno je čimprej varno opustiti vrtino VK-1, ki sedaj predstavlja točkovno tveganje za onesnaženje vodonosnika z mineralno vodo.

## **2.3 Dosegljivost vira podzemne vode**

Vodonosni sloj v vrtini VK-1 je bil leta 1973 prevrtan od globine 16,60 m do 26,70 m. Na globini 16,60-22,50 m so navrtali slabo granuliran prod s peskom in meljem z vložki konglomerata. Na globini 22,50-26,70 m sledi grobozrnat pesek z meljem. Po navrtanju vodonosnega sloja je bil piezometrični nivo mineralne vode v globini 6,30 m pod ustjem vodnjaka.

V SV ležeči vrtini VK-R so leta 1972 navrtali predvsem dobro vezan konglomerat. Tukaj se je voda pretakala po razpokah, zato je bila prepustnost razmeroma majhna. Debelina vodonosnega sloja je bila

ocenjena na 5,85 m. Statični nivo vode pred črpanjem je bil 0,57 m pod ustjem cevi vodnjaka (na koti 477,78 m n. v.). V letih 2021 in 2022 je bila globina do mineralne vode približno 60 cm pod prirobnico in pod koto samega terena. Testirana količina črpanja je bila 0,14 l/s pri sprejemljivem znižanju.

## **2.4 Izkoristljivost vira podzemne vode**

### **2.4.1 Izdatnost vodonosnega sloja**

Mineralna voda je bila v začetku 19. stoletja zajeta s plitvim vodnjakom izdatnosti 16 l/min (= 0,27 l/s; Österreichisches Bäderbuch, 1914). Kasnejša ocena izdatnosti zajetja (Ravnik, 1932) je bila 14 l/min (= 0,23 l/s), ki jo je mogoče z uporabo sesalne naprave povečati na 47 l/min (= 0,78 l/s). Skupna izdatnost obeh vrtin VK-R in VK-1 je bila kasneje na osnovi preizkusnih črpanj ocenjena na 1 l/s vode z mineralizacijo 2,3 mg/l in 1200 mg/l raztopljenega CO<sub>2</sub> (Drobne in Mencej, 1972). Žlebnik (1977) poroča, da je bila mineralna voda zajeta z vrtino KČ/72 z izdatnostjo med črpanjem le 0,2 l/s pri znižanju gladine okrog 11 m. Zato sklepamo, da je obseg vodonosnika zelo omejen.

Hidrogeološki parametri vodonosnika, pridobljeni tekom črpalnega poizkusa v vrtini VK-R julija 2022 so sledeči:

- transmisivnost:  $1,85 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s (Krasnopolski);  $1,97 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s (Theis),
- prepustnost:  $3,87 \times 10^{-5}$  m/s (Krasnopolski);  $4,13 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s (Theis),
- debelina vodonosnega sloja: pričakovana v povprečju 10 m (na območju VK-R le 6 m),
- radij vpliva (vplivni polmer): 2,66 m.
- poroznost in koeficient elastičnega uskladiščenja nista znana.

### **2.4.2 Izdatnost zajetja**

- potrebna višina dviganja vode: Globina do podzemne vode od prirobnice VK-R je približno 60 cm, ob izčrpanju oziroma popolni osušitvi plasti bi bila globina do dna vodonosne plasti 7,58 m pod prirobnico. Potrebno je upoštevati še cca 2 m za dvig vode na površje.
- dopustne hitrosti vode v sloju in količine črpanja VK-R: 1 l/s (Sichardtov kriterij, ocenjujemo, da je dejanska izdatnost objekta bistveno nižja kot dopustno črpanje po tem kriteriju),
- največja zmogljivost zajetja: Trenutna ocena, pripravljena le na podlagi izvedenih kratkotrajnih črpalnih preizkusov je, da je iz vrtine VK-R možno črpati največ 0,5 l/s, zelo verjetno pa je optimalna količina okoli 0,3 l/s.

Pred načrtovanjem sistema rabe vode priporočam izvedbo dolgotrajnega črpalnega preizkusa z želeno količino in v trajanju cca 30 dni oz do stabilizacije vseh opazovanih parametrov. Nujno je zajeti tudi vsaj nizko hidrološko stanje, še bolje pa če tako nizko kot visoko hidrološko stanje, da se opazuje tudi morebitna sprememba sestave mineralne vode.

## **2.5 Razpoložljivost vira podzemne vode**

### **2.5.1 Dosedanje ocene razpoložljivosti vodnih zalog**

- ocena zalog vodnega vira:

Arhivski podatki sicer omenjajo izdatnost izvira kot 0,23-0,27 l/s, ob črpanju celo 0,78 l/s, česar z najnovejšimi raziskavami nismo mogli potrditi.

## **2.5.2 Sedanja ocena razpoložljivosti vodnih zalog**

- ocena zalog vodnega vira:

Dinamične zaloge so glede na meritve v letih 2021 in 2022 ocenjene na približno 1 dL/s, kar je red velikosti trenutnega arteškega iztoka iz izvira. Dolgotrajnejši črpalni preizkus bi lahko potrdil večje količine, čeprav dinamičnih zalog nad 3-5 dL/s ne pričakujemo.

- ocena bilance hidrogeološkega bazena:

Pričakujemo, da se voda pretaka sicer razmeroma globoko, vendar po prostorsko zelo omejenih prelomnih strukturah, zato večjih količin mineralne vode od 1 L/s na podlagi trenutnih raziskav ne pričakujemo.

## **III. DEL: VAROVANJE VODNEGA VIRA**

### **3.1 Dosedanje omejitve varstvenega območja in podrobnosti o drugih ukrepih za zaščito vira proti onesnaženju**

Glede na odločbo Republiškega komiteja za zdravstvo in socialno varstvo Ljubljana Socialistične republike Slovenije št. 514-2/75 z dne 28. 2. 1975 o razglasitvi mineralne vode Rimskega vrelca v Kotljah kot naravno zdravilno sredstvo, je po 4. členu predvideno, da Občina Ravne na Koroškem določi ožje varstveno območje vrelca. Glede na trenutno prakso se Uredbe o vodovarstvenem območju izdajajo le za vodne vire za javno vodooskrbo, tako da razglasitev VVO za druge namene po trenutnem zakonu o vodah po naših informacijah ni več možna.

### **3.2 Predlagana omejitev varstvenega območja**

Mencej in Drobne sta leta 1973 pripravila predlog ožjega varstvenega pasu mineralne vode Rimskega vrelca, omejenega s prelomnimi conami. Proti vzhodu neprepustno mejo predstavlja prelom ob poti Kotlje-Ravne v smeri S-J. Proti jugu neprepustno mejo predstavlja prelom ob K-10, proti SZ pa je meja prepustna in mineralna voda doteka iz globin po vodonosni plasti proti površju. Točnih mej z dotedanjimi raziskavami niso mogli potrditi. Najbolj občutljivo je območje, kjer vodonosna plast izdaja na površje, torej ob/v potoku. Tu se dogaja naravno mešanje mineralne in plitve podzemne vode. Tu obstaja možnost, da če bi gladino mineralne vode s črpanjem pretirano znižali, bi se spremenila smer toka podzemne vode in bi plitva podzemna ali rečna voda lahko pričeli dotekati na območje izvira oziroma zajetja. To bi lahko vplivalo na:

- poslabšanje njene kakovosti z morebitnimi onesnaževali, ki so lahko predvsem posledica neurejene kanalizacije bližnjih objektov in/ali kmetijske prakse
- mešanje mineralne vode brez kisika z vodo, bogato s kisikom, bi povzročilo obarjanje železovih in manganovih mineralov v porah v vodonosniku. To bi dolgoročno zamašilo naravni iztok te vode na površje oziroma znižalo kapaciteto vrtine in lahko celo deloma preusmerilo njen tok.

Zato priporočamo veliko pazljivost pri izvedbi kakršnihkoli gradbenih del na ožjem območju mineralnega izvira in izvedbo kvalitetne kanalizacije (glej Slika 26).

Nujno je čimprej varno opustiti vrtino VK-1, ki sedaj predstavlja točkovno tveganje za onesnaženje vodonosnika z mineralno vodo.

#### **IV. DEL: PROGRAM MONITORINGA**

Opazovalni monitoring je potreben predvsem zaradi preprečevanja prekomernega izkoriščanja vodonosnika, ki bi pomenilo postopno zmanjševanje izdatnosti vodonosnika in kakovosti vode. Potrebno je izvajati naslednji program monitoringa:

- monitoring odvzetih količin podzemne vode,
- monitoring vpliva rabe in nadzor nad hidravličnimi značilnostmi vrtine.

Koncesionar mora zagotavljati kakovost podatkov z meroslovnim obvladovanjem merilne opreme. Postopek izvajanja meritev mora zagotavljati primerljivost rezultatov v celotnem obdobju programa monitoringa. Koncesionar mora hraniti vse pridobljene podatke v celotnem trajanju koncesije.

##### **Monitoring odvzetih količin podzemne vode**

Z monitoringom odvzetih količin podzemne vode se spremlja količina odvzete podzemne vode z opravljanjem meritev dejanske količine odvzete podzemne vode z ustreznim merilnikom pretoka vode in elektronskim zapisovanjem tako, da se lahko trenutna količina in skupna odvzeta količina podzemne vode kadar koli preverita.

##### **Monitoring vpliva rabe vode in nadzor nad hidravličnimi značilnostmi vrtine**

1. Za ugotavljanje morebitnih sprememb razmer se izvajata monitoring vpliva rabe vode in nadzor nad hidravličnimi značilnostmi objekta za odvzem vode. Pri tem se spremljajo:

- stopnja količinskega obnavljanja,
- stalnost fizikalno-kemijskih značilnosti podzemne vode in
- stalnost hidravličnih značilnosti objekta za odvzem podzemne vode (v nadaljnjem besedilu: objekt).

##### **2. Spremljanje stopnje količinskega obnavljanja**

Stopnjo količinskega obnavljanja podzemne vode je treba ugotavljati s stalnim spremljanjem gladine oziroma tlaka podzemne vode, pretoka odvzete vode in njihovega trenda za posamezni objekt ter to letno vrednotiti.

Ugotavljati je treba:

- razpon gladine podzemne vode ter sezonski in dolgoročni trend,
- odvisnost znižanja gladine podzemne vode od količine črpanja in hidroloških razmer,
- učinke kratkotrajnih popolnih prekinitev rabe (odvzema) podzemne vode (prekinitveni test) in
- doseganje kritične vrednosti gladine podzemne vode.

Monitoring spremljanja stopnje količinskega obnavljanja je treba izvajati z meritvami:

- odvzete količine vode iz vrtine za odvzem vode in
- gladine (tlaka) podzemne vode v vrtini za odvzem.

Meritev pretoka odvzetih količin vode mora biti stalna in zvezna z zapisovanjem trenutne količine pretoka in kumulativne količine načrpane vode vsaj enkrat na uro. Meritve gladine podzemne vode na vrtini za odvzem vode se izvajajo s tlačno sondo in elektronskim zapisovanjem gladine podzemne vode ali na drug način, ki omogoča primerljivo kakovost rezultatov. Meritev gladine (tlaka) podzemne vode mora biti stalna in zvezna z zapisovanjem podatkov vsaj enkrat na uro.

##### **Spremljanje fizikalno-kemijskih značilnosti podzemne vode**

Z analizo fizikalno-kemijskih značilnosti podzemne vode je treba ugotavljati kemijsko in izotopsko

sestavo in posredno tudi spremembo količinskega stanja izkoriščenega vodonosnika.

Fizikalno-kemijske značilnosti vode je treba spremljanje z analizo kemijske in izotopske sestave podzemne vode iz vrtine za odvzem vode.

Ob vsakem vzorčenju za analizo kemijske ali izotopske sestave odvzete podzemne vode je treba na mestu objekta izmeriti osnovne fizikalno-kemijske lastnosti podzemne vode:

- specifično električno prevodnost,
- pH,
- oksidacijsko-redukcijski potencial,
- vsebnost kisika in nasičenost s kisikom

Ter nabor parametrov:

Iz pipe na ustju vrtine za odvzem vode morajo biti enkrat letno ugotovljene vsebnosti za naslednje značilne parametre:

- kalcij ( $\text{Ca}^{2+}$ )
- magnezij ( $\text{Mg}^{2+}$ )
- kalij ( $\text{K}^+$ )
- natrij ( $\text{Na}^+$ )
- hidrogenkarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )
- klorid ( $\text{Cl}^-$ )
- sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )
- fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )
- nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )
- nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )
- amonij ( $\text{NH}_4^+$ )
- železo (Fe (skupno))
- železo ( $\text{Fe}^{2+}$ )
- mangan (Mn (skupni))
- arzen (As)
- sušni preostanek pri 105 °C
- kremenica ( $\text{SiO}_2$ )
- prosti  $\text{CO}_2$ ,
- raztopljeni  $\text{CO}_2$
- raztopljeni  $\text{H}_2\text{S}$ ,
- mineralizacija (TDS–skupne raztopljene snovi)

Z analizo izotopske sestave vode je treba ugotoviti vrednosti razmerja med  $^{16}\text{O}$  in  $^{18}\text{O}$ , razmerje med vodikom in devterijem ter količino tritija. Vzorci za analizo izotopske sestave vode se prvič odvzamejo v prvem letu izvajanja koncesije. Vzorčenje termalne vode za analizo izotopske sestave odvzete vode je treba opraviti vsako leto v prvem triletnem programu monitoringa med ustaljenim režimom odzemanja. V nadaljnjih letih se analiza opravlja vsako tretje leto za razmerje med  $^{16}\text{O}$  in  $^{18}\text{O}$  ter za razmerje med vodikom in devterijem, za tritij pa le, če je bil zaznan v prvih treh analizah. Vzorčenje za analizo izotopske sestave vode se opravi pogosteje (letno), če se ugotovijo trendi slabšanja stanja (zniževanje gladine termalne vode).

Pri določanju vsebnosti analiziranih parametrov je treba upoštevati najnižje razpoložljive

meje zaznavanja in določanja (meja določljivosti analitske metode). V letnem poročilu o monitoringu je treba navesti meje zaznavnosti in meje določljivosti analitske metode.

Vzorčenje in analizo mora izvajati oseba z laboratorijem, akreditiranim za tovrstne analize. Vzorčenje in analiza morata biti izvedena v skladu z metodami iz predpisa, ki ureja monitoring stanja podzemnih voda.

Nadzor nad hidravličnimi značilnostmi vrtine

Nadzor nad hidravličnimi značilnostmi objekta je treba izvajati z:

- a) vzdrževanjem opreme in objektov za rabo podzemne vode,
- b) meritvami učinkovitosti in specifične izdatnosti vrtine za odvzem vode,
- c) meritvami statičnih in dinamičnih pogojev v vrtini za odvzem vode.

K a)

Vsa dela in spremembe, ki so bile narejene v ali pri objektu, merilni opremi ali opremi za rabo podzemne vode, je treba zapisovati in o tem poročati v letnem poročilu o monitoringu odvzetih količin podzemne vode. Enkrat tedensko je treba preverjati pravilno delovanje merilnih naprav.

K b)

Meritve učinkovitosti in specifične izdatnosti vseh vrtin za odvzem vode je treba opraviti po vnaprej izdelanem postopku: gre za kratkotrajen poskus, pri čemer je treba vrtino najprej ugasniti in počakati na kvazistabilizacijo gladine in nato črpati vsaj tri različne količine po nekaj ur, s čimer se preizkusijo učinkovitosti vrtine in njene morebitne izgube (črpalni poskus). Črpalni poskus mora biti prvič izveden v treh mesecih po sklenitvi koncesijske pogodbe, če so od zadnjega poskusa pretekla več kot tri leta, in drugič v tretjem letu prvega triletnega obdobja. Nato se črpalni poskus opravlja vsako šesto leto. Postopek izvajanja črpalnega poskusa se natančneje opredeli v programu monitoringa tako, da se zagotovi primerljivost rezultatov v celotnem časovnem obdobju.

K c)

Meritve statičnih in dinamičnih pogojev v vrtini za odvzem vode se izvajajo s spremljanjem gladine (tlaka) v času, ko se izvajajo črpalni poskusi iz prejšnje točke.

## **VI. VIRI**

Bavdek, J., Kumelj, Š., Bokal, G., Rman, N., Meglič, P., Schmalzl, L., Hartmann, G., Modrej, D., Lapanje, A., Krivic, M., Šinigoj, M. (2022): Interaktivni spletni pregledovalnik projekta KaraWAT. Ljubljana, Tihoja, Villach: GeoZS, EVTZ, CUAS. Dostop na <https://geopark-karawanken-waters.eu/viewer> (1.12.2022)

Drobne, F., Mencej, Z. 1972: Poročilo o predhodnih hidrogeoloških raziskavah na širšem območju "Rimskega vreca" pri Kotljah na Slov. Koroškem. 13 str., 2 pril. Geološki zavod Ljubljana.

Drobne, F., Mencej, Z., Rogelj, J. 1973: Hidrogeološke raziskave za mineralno vodo na območju Rimskega vreca v Kotljah - II.faza. Poročilo o izdelavi vodnjakov VK-1 in VK-r. Geološki zavod Ljubljana.

González, E., Parra, M. I., Hernández, M. Hardness, Alkalinity, Langelier Saturation Index, Saturation Index, Ryznar Index, Puckorius Index Calculator. Centro Canario del Agua, 2015.

Internet 1: <http://www.kotlje.si/rimski-vrelec/> (15.12.2022).

Internet 2: [https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/normals\\_81\\_10/](https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/normals_81_10/) (15.12.2022).

Juvančič, V., Gostečnik, A. 2009: Čiščenje vrtin VK-R in VK-1 in izvedba črpalnega poskusa v Kotljah. Geoko, Kamnik.

Kraševac, J. 2009: Balneološka ocena mineralne vode »Rimski vrelec« v Kotljah (zgodovinski, balneokemični in zdravstveni pregled). Celje, Ravne.

Lapanje, A., Rajver, D., Budkovič, T., Piko, M., Pogorevc, V., Mozetič, S., Meglič, P. 2007: Geotermija vzhodnih Alp - evidentiranje geotermičnih podatkov in združen prikaz geotermalnih potencialov v podatkovni bazi, geotermalnem atlasu in v geografsko informacijskem sistemu avstrijske Koroške in Štajerske ter severne Slovenije. Geotermalni potencial Občine Ravne na Koroškem - Projekt TRANSTHERMAL. RRA Koroška in GeoZS, Dravograd/Ljubljana.

Lipovšek, B. 2017: Rimski vrelec – investicijski elaborat za hotelski kompleks. Občina Ravne na Koroškem.

Mencej, Z., Drobne, F. 1973: Predlog ožjega varstvenega pasu novih vodnjakov VK-R in VK-1 v Kotlja. GZL, Ljubljana.

Mezga, K. 2014: Natural hydrogeochemical background and dynamics of groundwater in Slovenia, PhD dissertation. University of Nova Gorica, Nova Gorica, 226 pp.

Polting, W. 2006: Die Carinthia-Lithion-Quellen von Bad Eisenkappel. Institut für WasserRessourcenManagement, Hydrogeologie und Geophysik: 1-25.

Ravnik, R. 1932: Rimski vrelec. Jutro, XIII, št. 8. str. 4., Ljubljana.

Rman, N., Kanduč, T. 2015: Isotopic composition and geochemistry of mineral water springs and mofettes, a case study of Slovenia. V: Krajcar Bronić, I., Horvatinčić, N., Obelić, B. (ur.). Book of abstracts. ESIR Isotope Workshop XIII, Zadar. Zagreb: Ruđer Bošković Institute, 72.

Rman, N., Szócs, T., Palcsu, L. et al. 2022: Chemical and isotopic composition of CO<sub>2</sub>-rich magnesium–sodium–bicarbonate–sulphate-type mineral waters from volcanoclastic aquifer in Rogaška Slatina, Slovenia. *Environ Geochem Health* 44, 2187–2214, <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01062-2>

Rogelj, J., Mencej, Z., Drobne, F. 1972: Hidrogeološke raziskave za mineralno vodo na območju Rimskega vrelca v Kotljah - I.faza, 1972. Geološki zavod Ljubljana.

Serianz, L., Cerar, S., Šraj, M. 2020: Hydrogeochemical characterization and determination of natural background levels (NBL) in groundwater within the main lithological units in Slovenia. *Environmental Earth Sciences*, 79/15: 373. doi: 10.1007/s12665-020-09112-1.

Štrucl, I., Štrucl, D., Mežnar, D., Frece, I., Prevorčič, A., 1988: Poročilo o delu za leto 1988. Regionalne hidrogeološke raziskave. Hidrogeološke raziskave v Koroški krajini. Ekonomski center Maribor. Inštitut za gospodarski, socialni in prostorski razvoj, Ravne na Koroškem.

Torkar, A., Brenčič, M., Vreča, P. 2016: Chemical and isotopic characteristics of groundwater-dominated Radovna River (NW Slovenia). *Environmental earth sciences* 75/18: 1-18.

Trček, B., Leis, A. 2017: Overview of isotopic investigations of groundwaters in a fractured aquifer system near Rogaška Slatina, Slovenia. *Geologija* 60/1, 49-60.

Žlebnik, L. 1977: Karta termalnih in mineralnih vod Slovenije v merilu 1 : 200 000, letno poročilo. Geološki zavod Ljubljana.

Žlebnik, L. 1979: Tolmač h karti termalnih in mineralnih vod Slovenije v merilu 1 : 500 000. Geološki zavod Ljubljana.