



# INFO-GEOTHERMAL

Podpiranje učinkovite kaskadne uporabe geotermalne energije z dostopom do uradnih in javnih informacij /

Supporting efficient cascade use of geothermal energy by unlocking official and public information /

Unterstützung einer effizienten Kaskadennutzung geothermischer Energie durch den Zugang zu offiziellen und öffentlichen Informationen

## Informacijske table o učinkoviti in kaskadni uporabi geotermalne energije

## Info boards on efficient and cascade use of geothermal energy

## Informationstafeln zur effizienten Kaskadennutzung der geothermischen Energie

Ljubljana, April 2024



Aktivnost C 6 Izobraževalna gradiva / Educational materials

Dosežek C 6.1 Informacijske table o učinkoviti in kaskadni uporabi geotermalne energije /

Info boards on efficient and cascade use of geothermal energy / Informationstafeln zur effizienten Kaskadennutzung der geothermischen Energie

Naslov:

Informacijske table o učinkoviti in kaskadni uporabi geotermalne energije

Info boards on efficient and cascade use of geothermal energy

Informationstafeln zur effizienten Kaskadennutzung der geothermischen Energie

Avtorji / Authors / Autoren: Nina Rman, Ines Piščanec, Andrej Lapanje, Dušan Rajver

Grafično oblikovanje / Graphic design / Grafikdesign: Staša Čertalič, Ines Piščanec

Lektoriranje angleškega jezika / Proofreading of English language / Korrekturlesen der englischen Sprache: Randall Morgan Greene

Lektoriranje nemškega jezika / Proofreading of German language / Korrekturlesen der deutschen Sprache: Lenka Stermecki

Prevod v italijanski jezik / Translation into Italian language / Übersetzung ins Italienische Sprache: Mariella Mehle

Elektronski izvod / Electronic copy / Elektronische Kopie

© Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenia

Licenca / License / Lizenz:



Projekt INFO-GEOTHERMAL sofinancirajo Islandija, Lihtenštajn in Norveška s sredstvi Finančnega mehanizma EGP v višini 1.073.529,41 €. Namen projekta je podpiranje učinkovite kaskadne uporabe geotermalne energije z dostopom do uradnih in javnih informacij.

Ta dokument je nastal s finančno podporo Finančnega mehanizma EGP. Za vsebino tega dokumenta so odgovorni izključno avtorji, navedi zgoraj, in zanj v nobenem primeru ne velja, da odraža stališča Nosilca programa Blaženje podnebnih sprememb in prilagajanje nanje.



The project INFO-GEOTHERMAL benefits from a 1,073,529.41 € grant from Iceland, Liechtenstein and Norway through the EEA Grants. The aim of the project INFO-GEOTHERMAL is to support efficient cascade use of geothermal energy by unlocking official and public information.

This document was created with financial support from the EEA Financial Mechanism. The content of this document is solely the responsibility of GeoZS and shall in no case be considered to reflect the views of the Programme Promoter.

Das INFO-GEOTHERMAL-Projekt wird mit Mitteln des EWR-Finanzierungsmechanismus von Island, Liechtenstein und Norwegen in Höhe von 1.073.529,41 € kofinanziert. Ziel des Projekts ist es, die effiziente Kaskadennutzung der geothermischen Energie durch den Zugang zu offiziellen und öffentlichen Informationen zu unterstützen.

Dieses Dokument wurde mit finanzieller Unterstützung des EWR-Finanzierungsmechanismus erstellt. Der Inhalt dieses Dokuments liegt ausschließlich in der Verantwortung der oben aufgeführten Autoren und spiegelt in keiner Weise die Ansichten des Programms zur Anpassung an die Folgen und Eindämmung des Klimawandels wider.

Kataložni zapis o publikaciji (CIP)  
pripravili v Narodni in univerzitetni  
knjižnici v Ljubljani  
[COBISS.SI-ID 197084419](#)  
ISBN 978-961-6498-79-1 (PDF)



# Terme Banovci

## GEOLOŠKA ZGRADBA

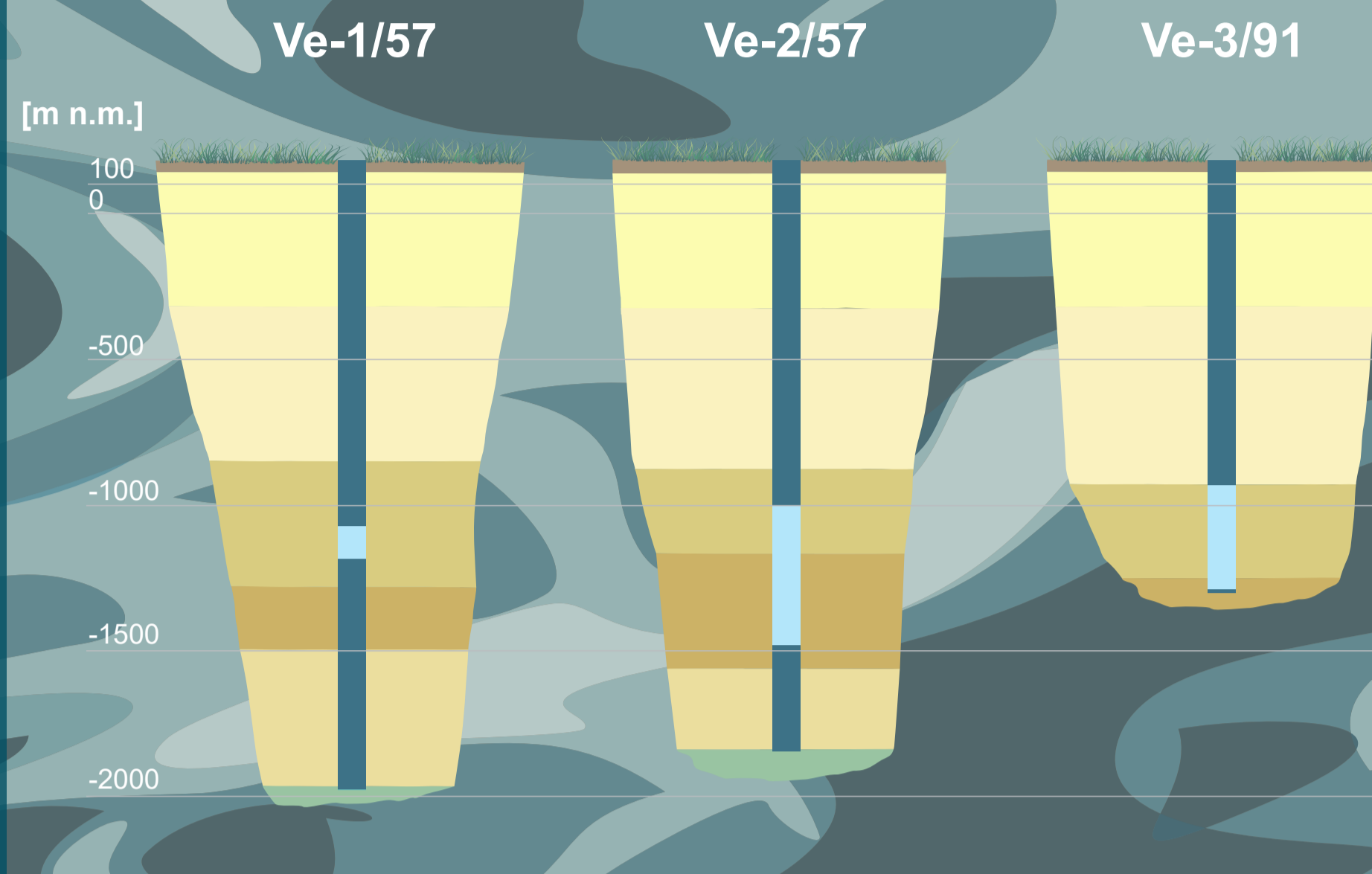
Na območju Panonskega bazena najplitvejši slabo prepustni klastični sedimenti preprečujejo hitro pronicanje hladne padavinske vode v tla. Zato lahko povišan Zemljin toplotni tok bolj ogreje zelo počasi pretakajočo se podzemno vodo.

Podzemna voda v pliocenskih meljih, peskih in prodih Ptujsko-grajske formacije je vir pitne vode. Pod njo se nahaja geotermalni vodonosnik zgornjemiocenske Murske formacije, ki je nastala v Panonskem jezeru. V vrhnjem delu prevladujejo melji z lečami premoga, nastali v deltni ravnici . Večina termalne vode je uskladiščena v slabo sprijetih peskih deltnega čela , nekaj pa se je pridobi tudi iz globokomorskih turbiditnih peskov Lendavske formacije . Pod njo se nahajajo peščenjaki plitvomorske Špiljske formacije in metamorfne kamnine Pohorske formacije . Tu so izvrtane tri cevljene vrtnice in voda vanje priteka skozi nastreljene odprtine oziroma filtrski odsek .

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termomineralne vode iztekajo s temperaturo med 56 in 64 °C in so stare vsaj 22.000 let. Voda iz Ve-2 je z 9,2 g/l skupnih raztopljenih snovi najbolj mineralizirana in Na-Cl-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa. Ima 3,0 g/l natrijevih, 3,2 g/l kloridnih in 2,9 g/l hidrogenkarbonatnih ionov.

Vodi iz Ve-1 in Ve-3 sta Na-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa. Ve-1 vsebuje 6,5 g/l skupnih raztopljenih snovi, največ je natrijevih (1,9 g/l) in hidrogenkarbonatnih (4,1 g/l) ionov. Voda iz Ve-3 je z 1,3 g/l najmanj mineralizirana. Vsebuje 300 mg/l natrijevih, 15 mg/l kloridnih in 900 mg/l hidrogenkarbonatnih ionov.



**Regionalni in čezmejni geotermalni vodonosnik v Murski formaciji zajemajo tudi sosednje terme in kopališča na Hrvaškem in Madžarskem.**

**Glede na pitno vodo so termomineralne vode obogatene z natrijem, fluoridom, amonijem, CO<sub>2</sub> in organskimi snovmi, tudi parafinom in CH<sub>4</sub>. Te so dokaz naravne prisotnosti ogljikovodikov.**

**V globini 1450 m so v vrtnici Ve-3 izmerili 75,8 °C. V vrtnici Ve-2 pa 79,7 °C v globini 1500 m in 89,5 °C v globini 1700 m.**

**Raba geotermalne energije je kaskadna – večstopenjska. V letu 2020 so z energetsko prenovo sistema bistveno zmanjšali potrebo po termalni vodi.**

## GEOLOGICAL SETTINGS

In the Pannonian Basin, the poorly permeable clastic sediments near the surface prevent the rapid infiltration of cold rainwater into the ground. Consequently, the Earth's increased heat flow can more intensely heat the groundwater that flows very slowly.

The groundwater in the Pliocene clays, sands and gravels of the Ptuj-Grad Formation is a source of drinking water. Below, the Upper Miocene Mura Formation was deposited in the Lake Pannon and now forms a geothermal aquifer. Its upper part is dominated by clays with coal fragments formed in the delta plain environment . Most of the thermal water is stored in the poorly cemented sands formed in the delta front environment , but some is also extracted from the deep-sea turbidite sands of the Lendava Formation . The underlying Špilje Formation sandstones formed in the shallow seawater are deposited on the metamorphic rocks of the Pohorje Formation . The three drilled boreholes have iron casing and water flows into them through filter sections .

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermo-mineral waters outflow at temperatures between 56 and 64 °C and are at least 22,000 years old.

The water from Ve-2 is the most mineralized with 9.2 g/l total dissolved solids and is of the chemical type Na-Cl-HCO<sub>3</sub>. It contains 3.0 g/l sodium, 3.2 g/l chloride and 2.9 g/l bicarbonate ions.

The waters from Ve-1 and Ve-3 are of the chemical type Na-HCO<sub>3</sub>. Ve-1 contains 6.5 g/l of total dissolved solids, with the highest content of sodium (1.9 g/l) and bicarbonate ions (4.1 g/l). The water from Ve-3 is the least mineralized at 1.3 g/l. It contains 300 mg/l sodium, 15 mg/l chloride and 900 mg/l bicarbonate ions.

**The regional and cross-border geothermal aquifer in the Mura Formation also provides thermal water to neighboring health resort, and spas, also in Croatia and Hungary.**

**At a depth of 1450 m, 75.8 °C was measured in well Ve-3. In borehole Ve-2, 79.7 °C was measured at 1500 m and 89.5 °C at 1700 m.**

**As for drinking water, thermo-mineral waters are enriched with sodium, fluoride, ammonium, CO<sub>2</sub> and organic substances, including paraffin and CH<sub>4</sub>. This is linked to natural occurrence of hydrocarbons.**

**The use of geothermal energy is cascaded - in several stages. In 2020, the refurbishment of the system with new energy efficient technology significantly reduced the thermal water demand.**

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Im Pannonischen Becken verhindern die schlecht durchlässigen klastischen Sedimente in Oberflächennähe ein schnelles Einsickern des kalten Regenwassers in den Boden. Deswegen kann der verstärkte Wärmestrom der Erde das sehr langsam fließende Grundwasser intensiver erwärmen.

Das Grundwasser in den pliozänen Tonen, Sanden und Kiesen der Ptuj-Grad-Formation ist eine Trinkwasserquelle. Darunter befindet sich die obermiozäne Mura-Formation, die in der Pannonischen See abgelagert wurde und heute einen geothermischen Grundwasserleiter bildet. Sein oberer Teil wird von Tonen mit Kohlefragmenten dominiert, die in der Deltaebene entstanden sind . Der größte Teil des Thermalwassers ist in den schlecht zementierten Sanden der Deltafront gespeichert, ein Teil wird jedoch auch aus den Tiefseeturbidit-Sanden der Lendava-Formation gewonnen. Die darunter liegenden Sandsteine der Špilje-Formation bildeten sich im flachen Meerwasser und lagerten sich auf den metamorphen Felsen der Pohorje-Formation ab. Die drei gebohrten Bohrlöcher sind mit Rohren ausgestattet , und das Wasser fließt durch Filterstrecken in sie hinein.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das thermomineralische Wasser fließt bei Temperaturen zwischen 56 und 64 °C ab und ist mindestens 22.000 Jahre alt.

Das Wasser aus Ve-2 ist mit insgesamt 9,2 g/l gelöster Feststoffe am stärksten mineralisiert und gehört zum chemischen Typ Na-Cl-HCO<sub>3</sub>. Es enthält 3,0 g/l Natrium-, 3,2 g/l Chlorid- und 2,9 g/l Bikarbonationen.

Die Wässer aus Ve-1 und Ve-3 haben den chemischen Typ Na-HCO<sub>3</sub>. Ve-1 enthält 6,5 g/l gelöste Feststoffe, mit dem höchsten Gehalt an Natrium (1,9 g/l) und Bikarbonationen (4,1 g/l). Das Wasser aus Ve-3 ist mit 1,3 g/l am wenigsten mineralisiert. Es enthält 300 mg/l Natrium, 15 mg/l Chlorid und 900 mg/l Bikarbonationen.

**Der regionale und grenzüberschreitende geothermische Grundwasserleiter in der Mur-Formation versorgt auch die benachbarten Kurorte und Heilbäder, auch in Kroatien und Ungarn mit Thermalwasser.**

**Im Bohrloch Ve-3 wurde in 1450 m Tiefe eine Temperatur von 75,8 °C gemessen. Im Bohrloch Ve-2 wurden 79,7 °C in 1500 m und 89,5 °C in 1700 m Tiefe gemessen.**

**Was das Trinkwasser betrifft, so sind thermomineralische Wässer mit Natrium, Fluorid, Ammonium, CO<sub>2</sub> und organischen Stoffen, einschließlich Paraffin und CH<sub>4</sub>, angereichert. Dies hängt mit dem natürlichen Vorkommen von Kohlenwasserstoffen zusammen.**

**Die Nutzung der Geothermie erfolgt in mehreren Stufen. Im Jahr 2020 wurde durch die Sanierung des Systems mit einer neuen energieeffizienteren Technologie der Bedarf an Thermalwasser deutlich reduziert.**

# geotermalna energija

## Geothermal Energy Geothermische Energie

Uporaba termalne vode

Marsikje v Pomurju so potekale raziskave za zajem ogljikovodikov, a so z vrtnami namesto njih zajeli termalno vodo. Tako je bilo tudi pri Veržejju. Leta 1957 so izvrtali 2154 m globoko vrtno Ve-1 in 2015 m globoko vrtno Ve-2, ki sta bili zaradi prevelike količine vode razglašeni za neuspešni. Danes lahko proizvajata termomineralno vodo iz globin 1,2-1,6 km in sta v senci leta 1991 izvrtane bolj izdatne geotermalne vrtnice Ve-3, globoke 1481 m.

Prvi bazen oziroma »banovski vrelce« so postavili ob Ve-1 leta 1968. Danes večino toplote zagotovi Ve-3, iz katere priteka voda s 56 °C. Preko toplotnih izmenjevalcev se najprej ogrejejo hotelski in bazenski kompleks ter apartmajsko naselje. Nato se vodo uporabi za predgretje sanitarne vode in bazenov, del pa je doteka direktno v termalne bazene. Vrtnica Ve-1 se uporablja le ob povišani potrebi po toploti, Ve-2 pa je opazovalna vrtnica.

## Use of Thermal Water

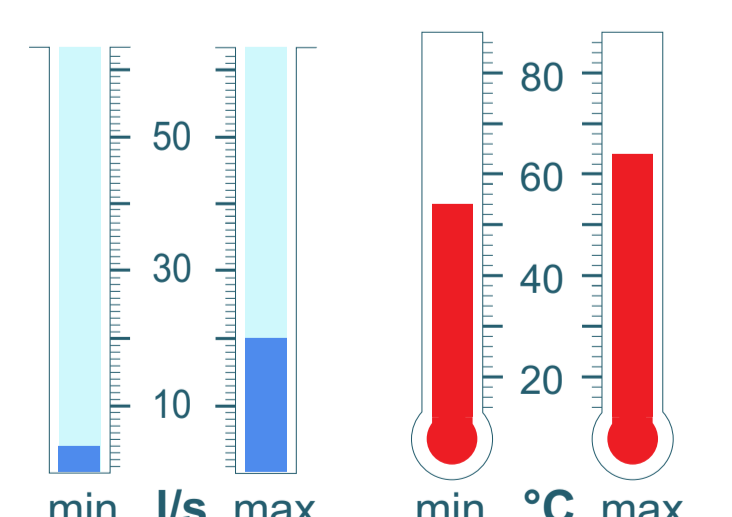
Many places in Pomurje were explored for hydrocarbons but found thermal water. This was also the case in Veržej. In 1957, the 2154 m deep Ve-1 and 2015 m deep Ve-2 wells were drilled, but they were declared unsuccessful due to too much water. Today, these wells can produce thermo-mineral water from a depth of 1.2-1.6 km and are overshadowed by the more productive Ve-3 geothermal well, which was drilled in 1991 at a depth of 1481 meters.

The first swimming pool in Banovci was built at Ve-1 in 1968. Today, most of the heat is supplied by Ve-3, which has a water temperature of 56 °C. The hotel, pool complex and apartment complex are initially heated by heat exchangers. Thermal water is then used to preheat the sanitary water and swimming pools, and some of it flows directly into the thermal pools. Borehole Ve-1 is only used when there is an increased demand for heat, while Ve-2 is a monitoring borehole.

## Thermalwassernutzung

An vielen Orten in Pomurje wurde nach Kohlenwasserstoffen gesucht, aber nur Thermalwasser gefunden. Dies war auch in Veržej der Fall. Im Jahr 1957 wurden die 2154 m tiefen Bohrungen Ve-1 und 2015 m tiefen Bohrungen Ve-2 abgeteuft, die jedoch wegen zu viel Wasser für erfolglos erklärt wurden. Heute können diese Bohrungen thermomineralisches Wasser aus einer Tiefe von 1,2 bis 1,6 km fördern und stehen im Schatten der produktiveren geothermischen Bohrung Ve-3, die 1991 in einer Tiefe von 1481 m niedergebracht wurde.

Das erste Schwimmbad in Banovci wurde 1968 in Ve-1 gebaut. Heute wird ein größter Teil der Wärme von Ve-3 geliefert, die eine Wassertemperatur von 56 °C hat. Zuerst werden das Hotel, der Schwimmbadkomplex und der Apartmentkomplex durch Wärmetauscher beheizt. Dann wird das Thermalwasser zur Vorwärmung des Brauchwassers und der Schwimmbäder verwendet, wobei ein Teil davon direkt in die Thermalbecken fließt. Die Bohrung Ve-1 wird nur bei erhöhtem Wärmebedarf genutzt, während Ve-2 eine Kontrollbohrung ist.



# Hotel Cerknno

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Geotermalni vodonosnik v Cerknem tvorijo zakraseli in razpokani jurski apnenci in dolomiti ter triasni dolomiti, ki so za vodo dobro prepustni. Raztezajo se na širšem območju Cerknega, do masiva Blegoša (1562 m) in Logaške planote (500 m), ki tvorita približno 30 km<sup>2</sup> veliko območje iz karbonatnih kamnin in s številnimi viri pitne vode. Termalna voda v Cerknem je nastala, ker te kamnine prekriva približno 550 m debel pokrov slabo vodoprepustnih klastičnih kamnin (skrilavi glinavci in muljevci, kremenovi peščenjaki, tufi, keratorfirji) karbonsko-permske starosti ter triasne Psevdoziljske formacije. Te kamnine delujejo kot toplotni izolator in preprečujejo hiter tok mrzle padavinske vode v večje globine, zato se podzemna voda globoko pod površjem lahko segreva in nastane termalna voda. Cevljene geotermalne vrtnice so opremljene tudi s filtri za dotok vode.

Na globini 2 km pričakujemo temperaturo 47,5 °C. V Prekmurju bi na tej globini izmerili 92-107 °C, torej je v zahodni Sloveniji geotermični gradient več kot enkrat nižji.



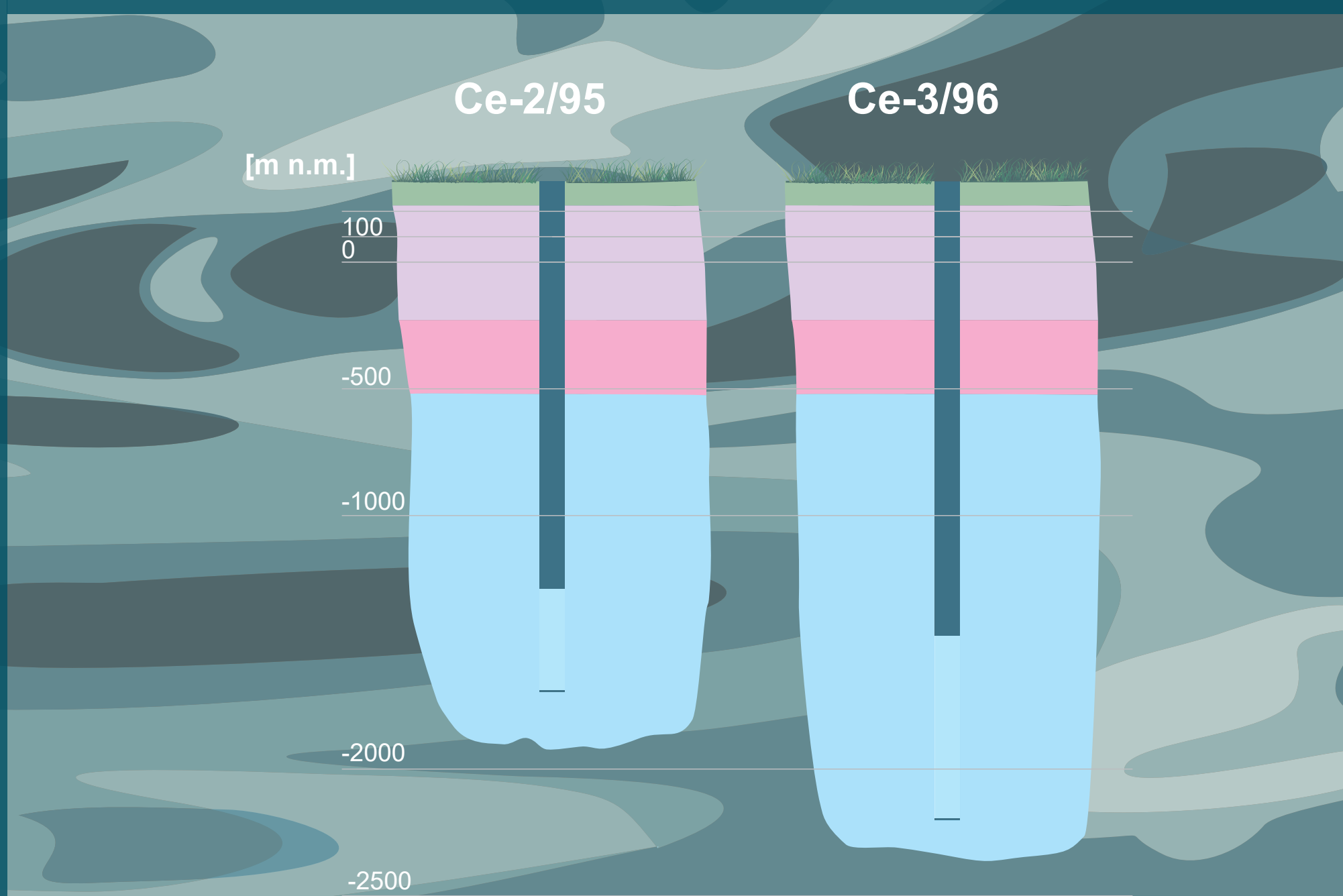
V Cerknem uporabljajo tudi plitvo geotermalno energijo. Polje 12 geosond globine 96 m pri Centru šolskih in občinskih dejavnosti Cerknno proizvaja s toplotno črpalko (89,2 kW grelne moči in 30 kW hladilne moči) 128 MWh/leto energije za ogrevanje in 4 MWh/leto za hlajenje. To prihrani več kot 11.000 l kurilnega olja na leto.

Ce-2/95 je najgloblja delujoča geotermalna vrtnica v zahodni Sloveniji.

Termalni izvir Topličar v dolini Kopačnica s temperaturo okrog 20 °C se napaja iz istega geotermalnega vodonosnika, kot ga zajema vrtnica Ce-2/95 v Cerknem.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termalna voda s povprečno temperaturo 27,8 °C sama priteka iz vrtnice na površje, saj je pod arteškim tlakom 27 barov. Je nizko mineralizirana in vsebuje le približno 225 mg/l raztopljenih snovi ter je rahlo bazična (pH 7,9), kar je značilno za vode iz karbonatnih kamnin. Voda je Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa in večinoma ustreza kriterijem pitne vode. Izstopa visoka koncentracija fluorida, ki ga vsebuje 3,5 mg/l, običajne pitne vode pa ga imajo do 1,5 mg/l.



## GEOLOGICAL SETTINGS

The geothermal aquifer consists of karstified and fissured Jurassic limestone and dolomite and Triassic dolomite, which are highly permeable. They extend over an area of about 30 km<sup>2</sup> in size from Cerknno to the Blegoš massif (1,562 m) and the Logatec plateau (500 m). It is formed of carbonate rocks and has numerous drinking water springs. The thermal water in Cerknno forms because these rocks are overlain by an approximately 550 m thick cover of poorly permeable clastic rocks (shale and mudstone, quartz sandstone, tuff, keratophyre) from the Carboniferous-Permian period and of the Triassic Pseudozilian Formation. Clastic rocks act as a thermal insulator and prevent the rapid drainage of cold rainwater to greater depths. So, the groundwater can be heated into thermal water. Some cased geothermal wells are equipped with filters for the water inflow.

A temperature of 47.5 °C is expected at a depth of 2 km. In Prekmurje, a temperature of 92-107 °C is measured at this depth, so the geothermal gradient in western Slovenia is more than twice as low.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermal water has an average temperature of 27.8 °C and outflows to the surface under an artesian wellhead pressure of 27 bar. It is slightly mineralized and contains only about 225 mg/l of total dissolved solids. It is slightly alkaline (pH 7.9), which is typical for water from carbonate rocks. The water is of the chemical type Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> and largely meets the official criteria for drinking water. It has a high fluoride concentration of 3.5 mg/l, compared to up to 1.5 mg/l in typical drinking water.



Cerknno also uses shallow geothermal energy. A field of 12 geoprobes at a depth of 96 m in the Cerknno center for school and extracurricular activities generates 128 MWh of energy per year for heating and 4 MWh per year for cooling with a heat pump (89.2 kW heating capacity and 30 kW cooling capacity). This saves more than 11,000 liters of heating oil per year.

Ce-2 is the deepest active geothermal well in western Slovenia.

The Topličar thermal spring in the Kopačnica valley with a temperature of around 20 °C is fed from the same geothermal aquifer as the Ce-2 well.

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Der geothermische Grundwasserleiter besteht aus verkarstem und zerklüftetem jurassischem Kalkstein und Dolomit und triassischem Dolomit, die sehr durchlässig sind. Sie erstrecken sich über eine Fläche von etwa 30 km<sup>2</sup> von Cerknno bis zum Blegoš-Massiv (1.562 m) und dem Logatec-Plateau (500 m), die aus Karbonatgesteinen bestehen und über zahlreiche Trinkwasserquellen verfügen. Das Thermalwasser in Cerknno entsteht, weil diese Gesteine von einer etwa 550 m dicken Decke aus schlecht durchlässigen klastischen Gesteinen (Schiefer und Tonstein, Quarzsandstein, Tuff, Keratophyre) aus der Karbon-Perm-Periode und der triassischen Pseudozilian-Formation überlagert sind. Klastische Gesteine wirken als Wärmeisolator und verhindern das schnelle Abfließen von kaltem Regenwasser in größere Tiefen. So kann das Grundwasser tief unter der Oberfläche zu Thermalwasser erwärmt werden. Einige verrohrte Geothermiebohrungen sind mit Filtern für den Wasserzufluss ausgestattet.

In einer Tiefe von 2 km wird eine Temperatur von 47,5 °C erwartet. In Prekmurje wird in dieser Tiefe eine Temperatur von 92-107 °C gemessen, so dass der geothermische Gradient in Westslovenien mehr als einmal niedriger ist.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das Thermalwasser hat eine durchschnittliche Temperatur von 27,8 °C und fließt unter einem artesischen Druck von 27 bar an die Oberfläche. Es ist leicht mineralisiert und enthält nur etwa 225 mg/l an gelösten Stoffen. Es ist leicht alkalisch (pH 7,9), was für Wasser aus Karbonatgesteinen typisch ist. Das Wasser ist vom chemischen Typ Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> und entspricht weitgehend den offiziellen Kriterien für Trinkwasser. Es weist eine hohe Fluorkonzentration von 3,5 mg/l auf, im Vergleich zu typischem Trinkwasser mit bis zu 1,5 mg/l.



Cerknno nutzt auch flache (oberflächennahe) Geothermie. Ein Feld von 12 Erdsonden in einer Tiefe von 96 m im Zentrum für schulische und außerschulische Aktivitäten in Cerknno erzeugt mit einer Wärmepumpe (89,2 kW Heizleistung und 30 kW Kühlleistung) 128 MWh Energie pro Jahr zum Heizen und 4 MWh pro Jahr zum Kühlen. Dies spart mehr als 11.000 Liter Heizöl pro Jahr.

Ce-2 ist die tiefste aktive geothermische Bohrung in Westslovenien.

Die Topličar-Thermalquelle im Kopačnica-Tal mit einer Temperatur von rund 20 °C wird aus demselben geothermischen Grundwasserleiter gespeist wie die Ce-2-Bohrung.

Na Rajdi je bila leta 1994 izvrtana prva vrtnica za ugotovitev geotermičnega gradienta v občini Cerknno, Ce-1 z globino 134 m. Leto kasneje je bila pri hotelu izvrtana 2004 m globoka geotermalna vrtnica Ce-2. Leta 1996 je bila 25 m južneje izdelana 2500 m globoka vrtnica Ce-3, ki se uporablja kot opazovalna vrtnica.

Leta 2016 je bil odprt prenovljen bazenski kompleks Hotela Cerknno. Termalna voda arteško izteka na površje s približno 28 °C, zato se jo pred dodajanjem v bazen dogreje. Preostanku vode tri toplotne črpalke odvzamejo energijo za indirektno ogrevanje prostorov, sanitarne in bazenske vode, s čimer jo ohladijo do 14 °C. Termalna voda se uporablja tudi kot sanitarna voda.

## Use of Thermal Water

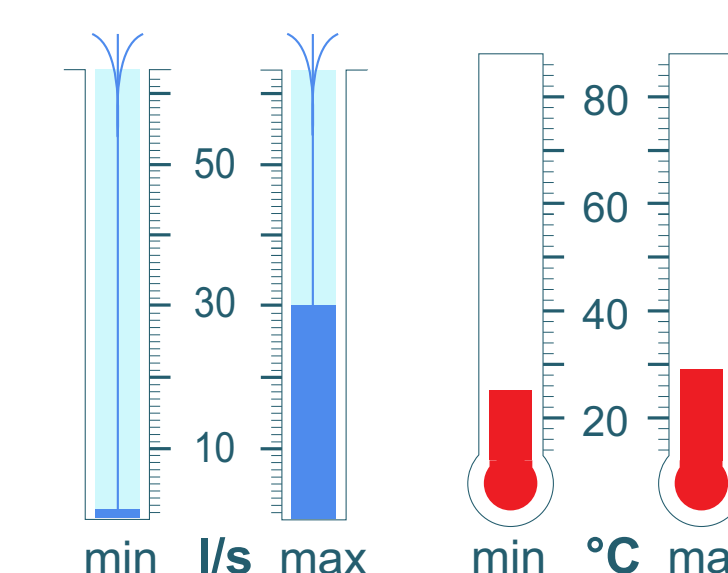
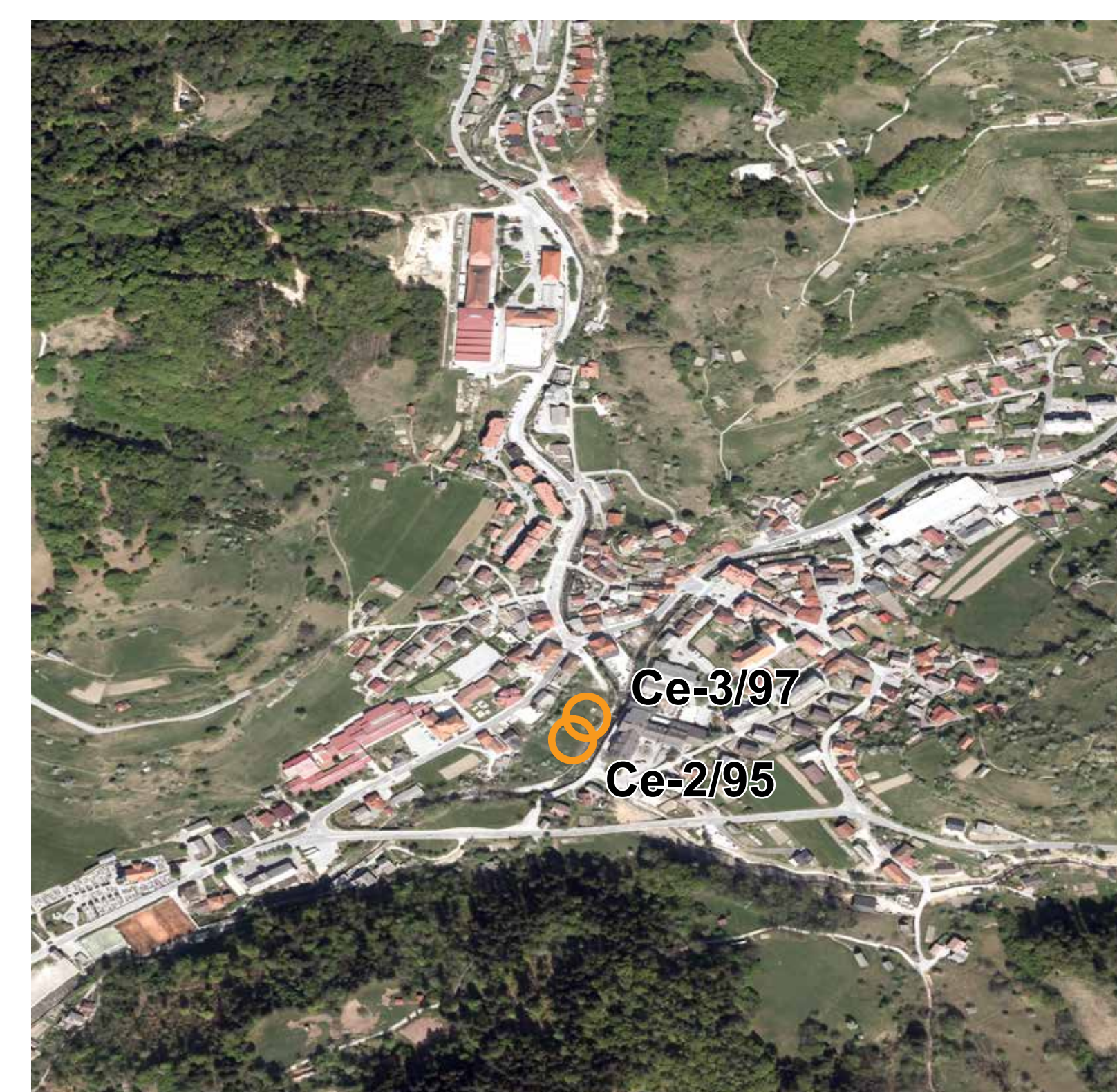
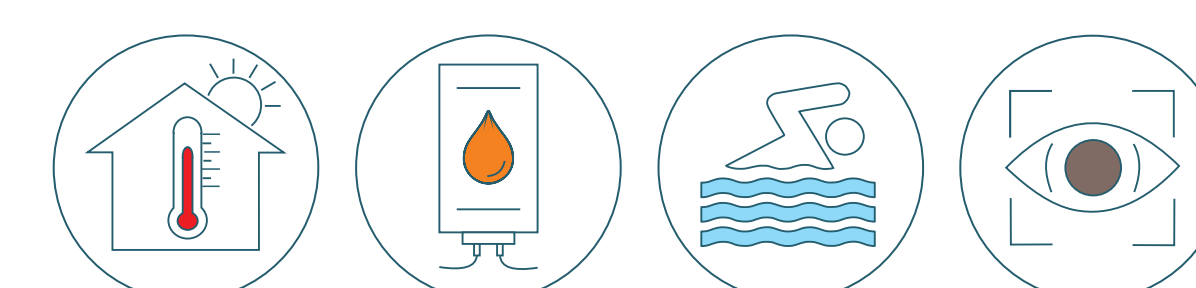
In 1994, the first borehole Ce-1 was drilled in Rajda to investigate the geothermal gradient in the municipality of Cerknno, at a depth of 134 m. A year later, the Ce-2 geothermal well was drilled near the hotel, at a depth of 2004 m. In 1996, a 2500 m deep Ce-3 well was drilled 25 m to the south, which is used as an observation well.

In 2016, the renovated swimming pool complex of Hotel Cerknno was opened. The artesian thermal water outflows at a temperature of around 28 °C and is heated before being fed into the pool. Three heat pumps extract energy from the remaining thermal water to indirectly heat the hotel, sanitary and pool water and, therewith, cool it down to 14 °C.

## Thermalwassernutzung

Im Jahr 1994 wurde die erste Bohrung Ce-1 in Rajda niedergebracht, um den geothermischen Gradienten in der Gemeinde Cerknno in einer Tiefe von 134 m zu untersuchen. Ein Jahr später wurde die geothermische Bohrung Ce-2 in der Nähe des Hotels in einer Tiefe von 2004 m niedergebracht. 1996 wurde 25 m südlich noch eine 2500 m tiefe Bohrung Ce-3 niedergebracht, die als Beobachtungsbohrung dient.

Im Jahr 2016 wurde der renovierte Schwimmbadkomplex des Hotels Cerknno eröffnet. Das Thermalwasser tritt mit einer Temperatur von etwa 28 °C aus und wird erwärmt, bevor es in den Pool geleitet wird. Drei Wärmepumpen entziehen dem verbleibenden Thermalwasser Energie, um das Hotel-, Sanitär- und Poolwasser indirekt zu erwärmen, wodurch es auf bis zu 14 °C abgekühlt wird. Das Thermalwasser wird auch als Sanitärwasser genutzt.



# geotermalna energija

## Geothermal Energy

## Geothermische Energie



# Terme Dolenjske Toplice

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Okolico Dolenjskih Toplic gradijo zakrasele karbonatne kamnine s številnimi izviri hladne vode. Zaradi posebne geološke zgradbe je mogoč tudi nastanek termalne vode, ki se segreva v globini, večji od 1500 m. To je globlje od obstoječih vrtin. Termalna voda se pretaka proti površini skozi razpokane kredne apnence (v globini več kot 750 m) in višje ležeče triasne dolomite in jurske apnence. Na globini okrog 750 m je nariv, ob katerem so starejše kamnine porinjene na mlajše in na stiku tako zdrobljene, da ne omogočajo hitrega pronicanja hladne deževnice navzdol. Zato se v razpokah pod narivom uskladiščena podzemna voda lahko segreva in nastaja termalna voda. V coni, kjer nariv sekata preloma, so kamnine tako razpokane, da omogočajo iztok termalne vode v izvire. Ker ima ogreta voda manjšo gostoto kot okoliška hladna voda, izteka arteško. Čeprav je najgloblja vrtina V-8/76 globoka kar 1000 m, se danes termalna voda pridobiva s črpanjem iz šestih cevjenih vrtin, ki zajemajo vodo iz razpok v odprtih odsekih/filtrih v globini od 3,5 m do 500 m.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

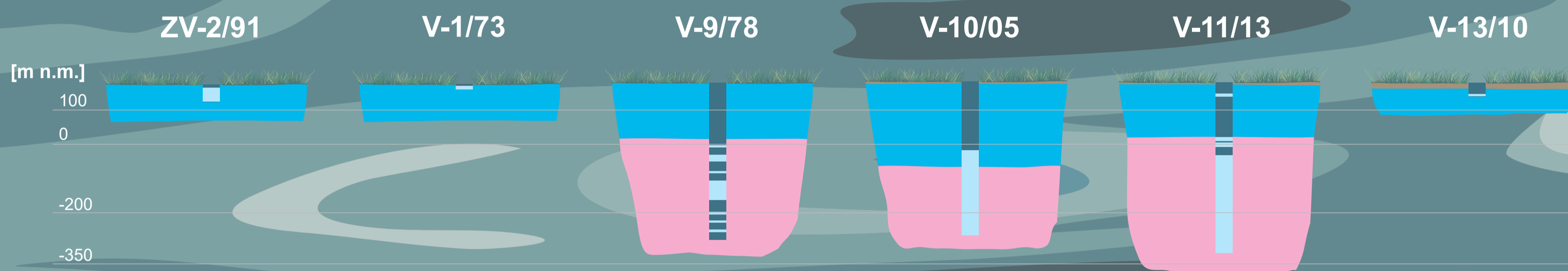
Termalna voda v Dolenjskih Toplicah je nizko mineralizirana in ustreza kriterijem za pitno vodo. V povprečju vsebuje 375 mg/l raztopljenih snovi. V vodi prevladujejo kalcijevi (65 mg/l), magnezijevi (18 mg/l) in hidrogenkarbonatni (250 mg/l) ioni, zato je Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa. Voda je rahlo bazična, kar je tipično za vodo iz karbonatnih kamnin.

Iz geotermalnih vrtin se pridobiva voda s povprečno temperaturo med 23 in 35 °C.



Na dobro količinsko stanje geotermalnega vodonosnika kaže več kot 10 aktivnih naravnih termalnih izvirov ob strugi Sušice.

Termalna voda v izvirih dosega do 36 °C, kar je skoraj enaka temperatura, kot jo ima termalna voda iz vrtin, čeprav so te precej globlje.



## GEOLOGICAL SETTINGS

The area around Dolenjske Toplice consists of karstified carbonate rock with numerous cold-water springs. A special geological structure enables the formation of thermal water here, which is heated at a depth of more than 1500 m. The thermal water flows to the surface through fissured limestone from the Cretaceous period, found at depths of more than 750 m. Above, the Upper Triassic dolomite and Jurassic limestone lay. At a depth of around 750 m there is a thrust zone, where older rocks were moved onto the younger ones. Their contact is crushed to such an extent that they do not allow the cold rainwater to seep down quickly. As a result, the groundwater stored in the fractures beneath the thrust zone can heat up and become thermal water. In the area where the faults intersect this thrust, the rock is so fissured that thermal water can outflow into the springs. The artesian spring water has a lower density than the surrounding cold groundwater. Although the deepest borehole V-8 is 1000 m deep, today the thermal water is extracted from six cased wells with open sections/filters at depths between 3.5 and 500 m.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermal water in Dolenjske Toplice is slightly mineralized and meets the official criteria for drinking water. On average, it contains 375 mg/l of total dissolved solids. The water is dominated by calcium (65 mg/l), magnesium (18 mg/l) and bicarbonate ions (250 mg/l) and is therefore of the chemical type Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>. The water is slightly alkaline, which is typical for water from carbonate rock.

Geothermal wells produce water with an average temperature of between 23 and 35 °C.



More than 10 active natural thermal springs along the Sušica River indicate the good quantitative condition of the geothermal aquifer.

The thermal water in the springs reaches a temperature of up to 36 °C. This is almost the same temperature as the thermal water from the wells.

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Das Gebiet um Dolenjske Toplice besteht aus verkarsteten Karbonatgesteinen mit zahlreichen Kaltwasserquellen. Eine besondere geologische Struktur ermöglicht hier die Bildung von Thermalwasser, dass in einer Tiefe von mehr als 1500 m erwärmt wird. Das Thermalwasser fließt durch zerklüfteten Kalkstein aus der Kreidezeit, der sich in einer Tiefe von mehr als 750 m befindet, an die Oberfläche. Darüber lagen Obertrias-Dolomit und Jurakalk. In einer Tiefe von etwa 750 m befindet sich eine Überschiebungszone, wo ältere Gesteine auf die jüngeren geschoben wurden. Die Gesteine am Kontakt sind so stark zerkleinert, dass sie das kalte Regenwasser nicht schnell versickern lassen. Infolgedessen kann sich das in den Klüften unter der Überschiebungszone gespeicherte Grundwasser zu Thermalwasser erhitzen. In dem Bereich, in dem die Bruchzonen diese Überschiebung schneiden, ist das Gestein so zerklüftet, dass Thermalwasser in die Quellen abfließen kann. Das artesische Quellwasser hat eine geringere Dichte als das umgebende kalte Grundwasser. Obwohl das tiefste Bohrloch V-8 1000 m tief ist, wird das Thermalwasser heute aus sechs verrohrten Brunnen mit offenen Abschnitten/Filtern in Tiefen zwischen 3,5 und 500 m gefördert.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das Thermalwasser in Dolenjske Toplice ist leicht mineralisiert und erfüllt die offiziellen Kriterien für Trinkwasser. Im Durchschnitt enthält es 375 mg/l an gelösten Feststoffen. Das Wasser wird von Kalzium- (65 mg/l), Magnesium- (18 mg/l) und Bikarbonationen (250 mg/l) dominiert und ist daher vom chemischen Typ Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>. Das Wasser ist leicht alkalisch, was typisch für Wasser aus Karbonatgesteinen ist.

Geothermische Bohrungen fördern Wasser mit Temperaturen zwischen 23 und 35 °C.



Mehr als 10 aktive natürliche Thermalquellen entlang des Flusses Sušica weisen auf den guten quantitativen Zustand des geothermischen Grundwasserleiters hin.

Das Thermalwasser in den Quellen erreicht eine Temperatur von bis zu 36 °C. Das ist fast die gleiche Temperatur wie im Thermalwasser aus den Bohrungen, die ziemlich tiefer reichen.

Prve znane omembe Dolenjskih Toplic pod imenom Toplica so iz 13. stoletja. Do leta 1664 so bili topli vreli dostopni vsem. Termalna voda izvira iz skalnih razpok. Kopati se je bilo možno neposredno na izvirih. Leta 1664 je rodbina Auersperg zajela najmočnejši izvir in zgradila bazen »knežja kopal«. Leta 1767 je bila postavljena nova kopališka stavba, kar štejemo za začetek zdraviliškega turizma v Dolenjskih Toplicah. Termalna voda se je le iz zajetih izvirov uporabljala vse do 70. let 20. stoletja, ko so s sistematičnimi hidrogeološkimi raziskavami zajeli termalno vodo z vrtinami.

Voda se uporablja zelo raznoliko. Z njo se direktno polni bazene in izvaja balneoterapijo ter indirektno ogreva stavbe, sanitarno vodo in bazensko vodo ter hladi prostor. Za to služi več toplotnih črpalk.

## Use of Thermal Water

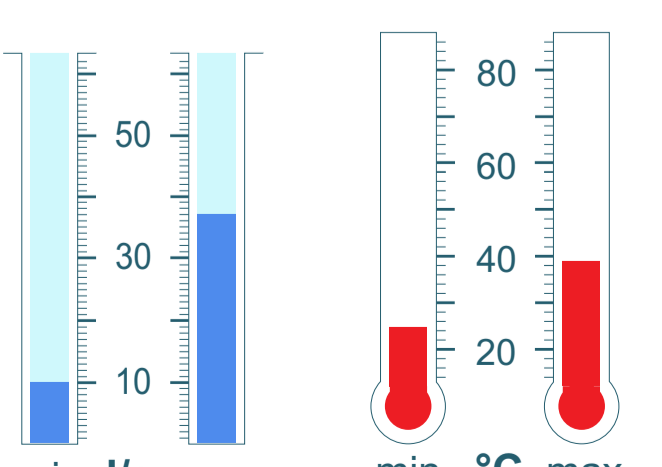
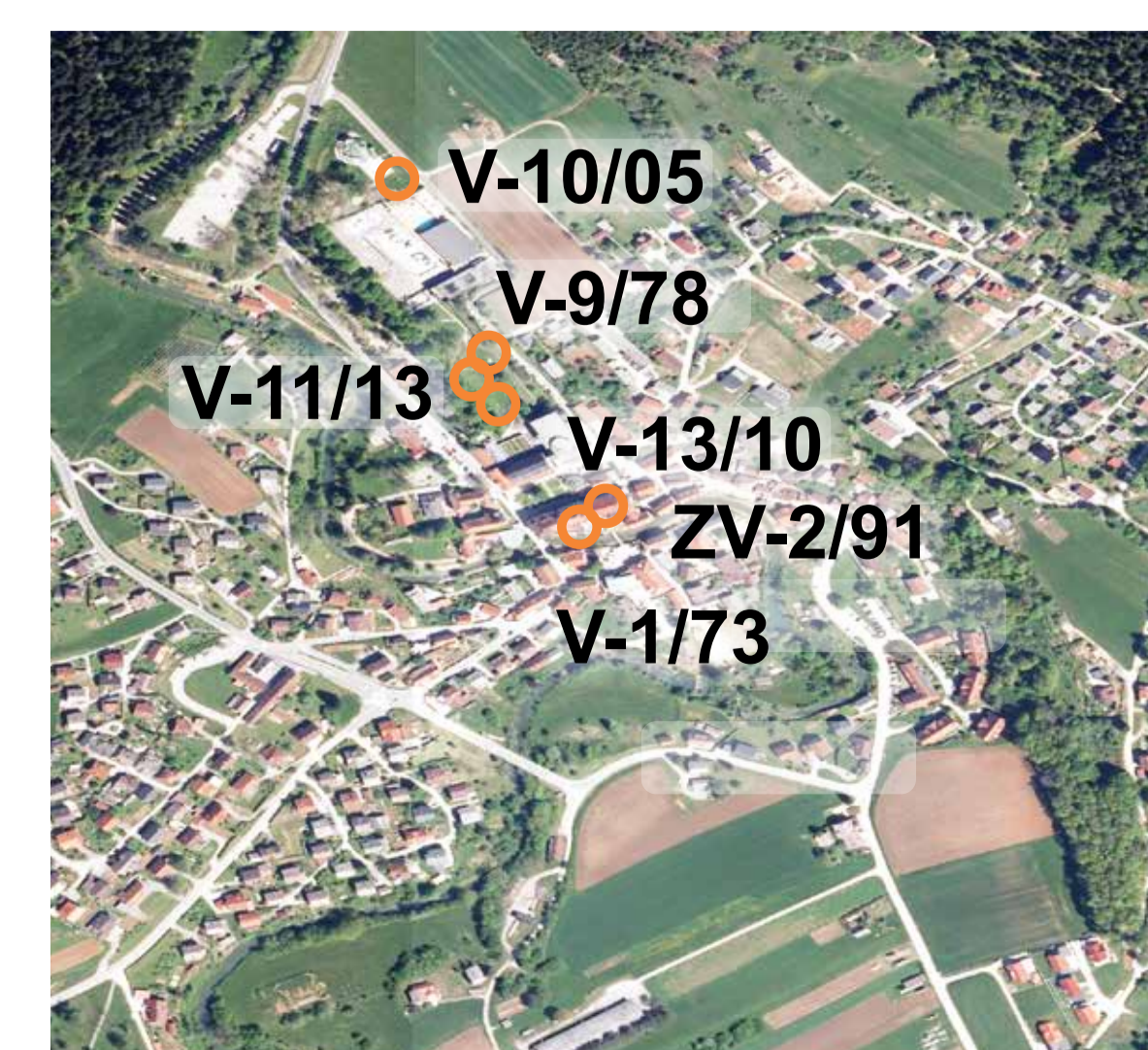
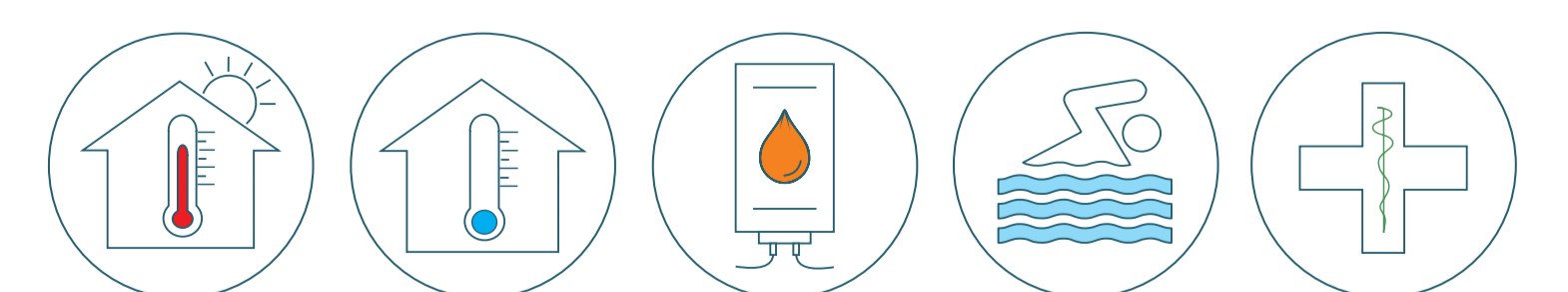
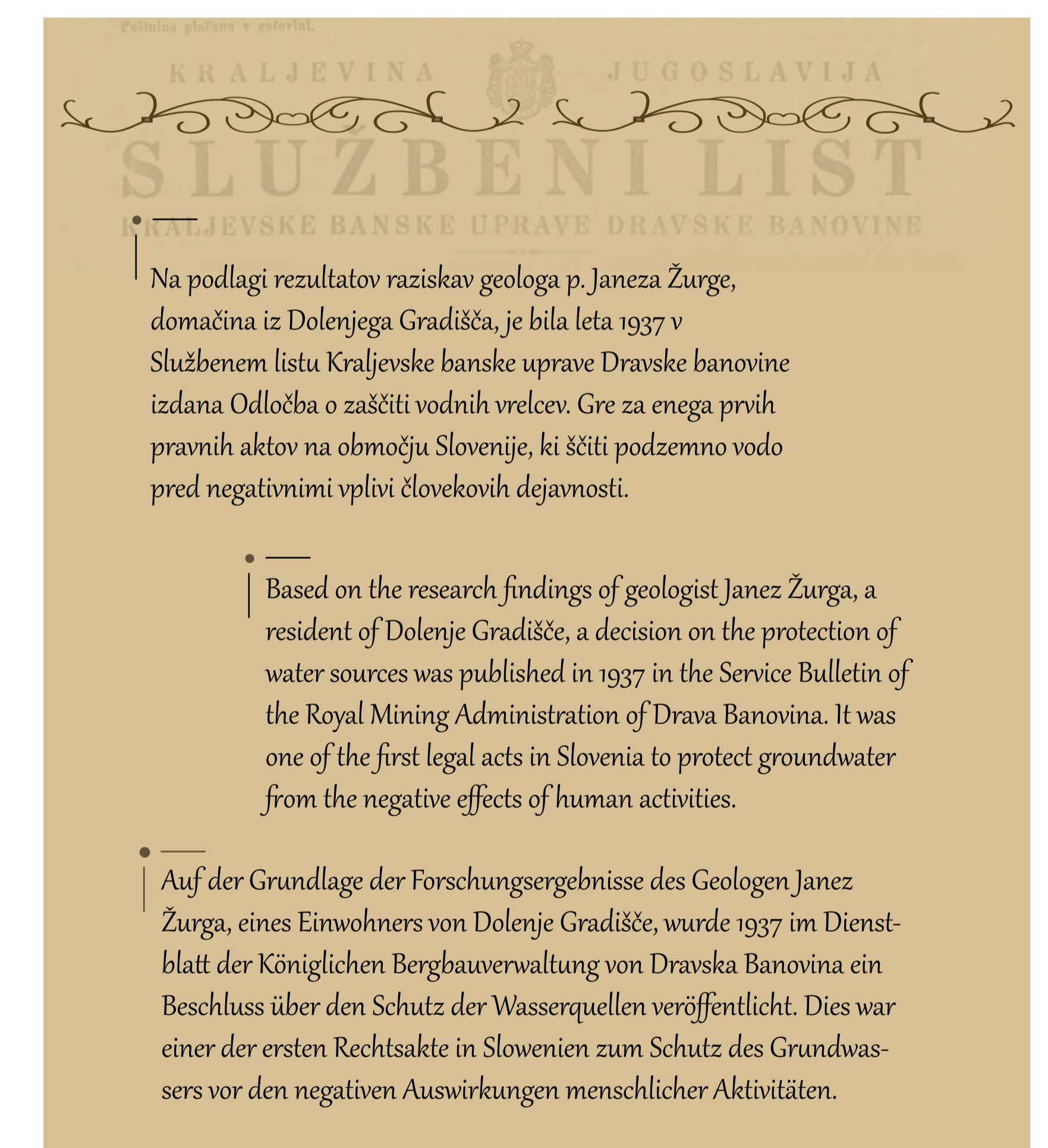
The first known references to Dolenjske Toplice under the name Toplica date back to the 13<sup>th</sup> century. Thermal springs were open to the public until 1664 and it was possible to bathe directly in them. In 1664, the Auersperg family owned the most powerful of the springs and built the "royal pool". In 1767, a new spa building was built and this is considered the beginning of spa tourism in Dolenjske Toplice. Until 1973, the thermal water was only used from the captured springs until systematic hydrogeological investigations utilized the thermal water via boreholes.

The water is used in a variety of ways. It is used directly to fill swimming pools and for balneotherapies. Heat pumps are used to indirectly heat buildings, sanitary water and swimming pool water as well as for air conditioning with thermal water.

## Thermalwassernutzung

Die ersten Erwähnungen von Dolenjske Toplice unter dem Namen Toplica stammen aus dem 13. Jahrhundert. Bis 1664 waren die Thermalquellen für die Öffentlichkeit zugänglich. Im Jahr 1664 besaß die Familie Auersperg die mächtigste der Quellen und baute das »königliche Bad«. Im Jahr 1767 wurde ein neues Kurhaus gebaut, das als Beginn des Kurtourismus in Dolenjske Toplice gilt. Bis 1973 wurde das Thermalwasser nur aus den gefassten Quellen genutzt, bis systematische hydrogeologische Untersuchungen das Thermalwasser über Bohrflöcher nutzbar machten.

Das Wasser wird auf vielfältige Weise genutzt. Es wird direkt zur Befüllung von Schwimmbädern und für Balneotherapien verwendet. Wärmepumpen werden zur indirekten Beheizung von Gebäuden, Brauchwasser und Schwimmbadwasser sowie zur Klimatisierung mit Thermalwasser eingesetzt.



## geotermalna energija

## Geothermal Energy

## Geothermische Energie



# LifeClass Hotels & Spa, Istrabenz Turizem d.d.

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Širše področje Portoroža na površini gradijo zelo slabo prepustne eocenske flišne sedimentne kamnine – glinavec, laporvec, peščenjak, apnenčev peščenjak in breča, kot jih opazujemo v Strunjanskem klifu. Te tvorijo termično izolativni pokrov, ki preprečuje hitro ponikanje hladne padavinske vode v večje globine, preprečuje ohlajanje in s tem omogoča nastanek termalne vode.

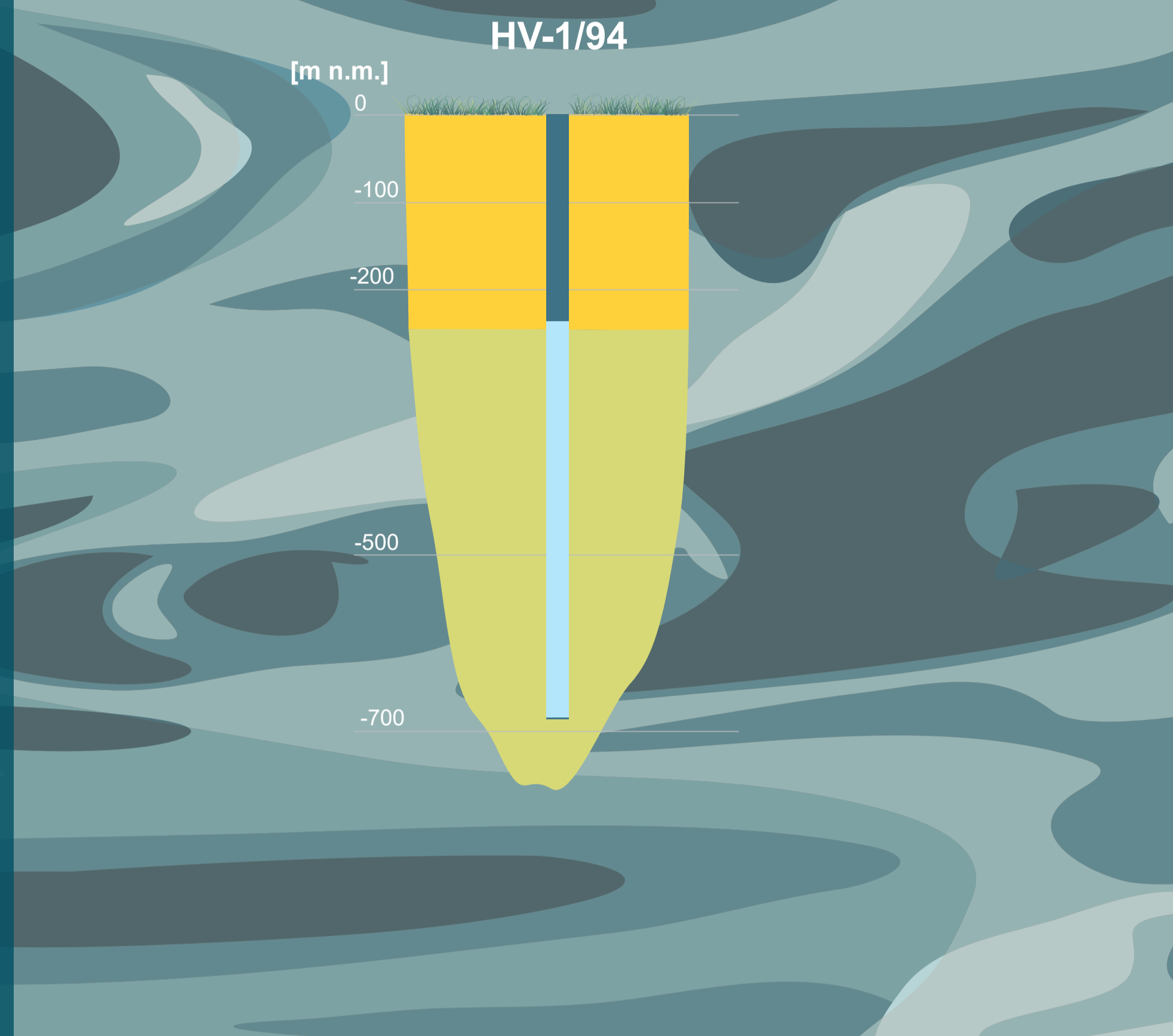
Pod njim ležeči razpokani in zakraseli apnenci tvorijo geotermalni vodonosnik. Najplitvejši so paleocensko – eocenski apnenci s foraminiferami, sledijo jim paleocenski apnenci s premogom in najgloblje zgornjekredni apnenci. Apnenci v dvignjeni, antiklinalni strukturi tvorijo morsko dno, v katerem je med Izolo in rtom Ronek poznanih vsaj 12 podmorskih žvepljenih termalnih izvirov.

Vrtina HV-1 je v zgornjem delu cevljena, spodaj je odprta in ne potrebuje železnih cevi, saj se zaradi kompaktne kamnine ne poruši. Največ vode priteka skozi razpoke med 610 in 630 m globine, manjši dotoki pa se pojavljajo že pod 330 m.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Voda iz vrtine HV-1 je termomineralna, saj je ogreva na do 22 °C in vsebuje 9,8 -11,6 g/l skupnih raztopljenih snovi. Po sestavi je Na-Cl do Na-(Ca)-Cl-(SO<sub>4</sub>) kemijskega tipa in vsebuje 2,8 g/l natrija, 0,3 g/l kalcija in 0,2 g/l magnezija, 5,3 g/l klorida, 0,7 g/l sulfata in 0,3 g/l hidrogenkarbonata. Sestava se v odvisnosti od črpanja nekoliko spreminja.

Voda se opazno razlikuje od pitnih voda. Njena specifična sestava je rezultat mešanja zelo stare kraške podzemne vode in morske vode v večjih globlinah. Podzemna voda je nastala iz padavin, ki so imele ob infiltraciji v tla približno 6 °C, in se pretaka iz severovzhoda proti jugozahodu.



Med tokom skozi bituminozne apnenice, bogate z organskimi snovmi, voda postaja vse bolj reduktivna, zato se ji povečuje količina železovih in amonijevih ionov, H<sub>2</sub>S in celo CH<sub>4</sub>. Zaradi primesi morske vode je tudi obogatena z mikroelementi (Br, F, Li, B...).

Gladina vode v vrtini ob črpanju je tudi do 170 m pod morsko gladino.

Izdatnost vrtine je nizka, pod 1 l/s.

## COSTRUZIONE GEOLOGICA E ALIMENTAZIONE IDRICA

Il suolo dell'area di Portorose è caratterizzato da rocce sedimentarie poco permeabili di flysch dell'Eocene - argilla, marna, arenaria, arenaria calcarea e breccia, visibile sulla falesia di Strugnano. Esse formano una calotta termicamente isolante, che impedisce all'acqua piovana fredda di infiltrarsi rapidamente nel profondo sottosuolo, generando l'acqua termale.

Le crepe e spaccature dei calcari sottostanti formano l'acquifero geotermico. I calcari meno profondi con foraminiferi datati nel Paleocene-Eocene, sono seguiti da quelli con carbone del Paleocene e infine i più profondi del Cretaceo superiore. I calcari dell'anticlinale formano il fondale marino, dove tra Isola e punta Ronco sono state rilevate almeno 12 sorgenti termali sulfuree.

Il punto di estrazione HV-1 è sito nella parte superiore del dotto, mentre alla sua base c'è una sezione aperta priva di tubi in ferro, poiché la compattezza della roccia ne mantiene l'integrità. Il flusso idrico giunge dalle fessure tra i 610 e i 630 m di profondità, con afflussi minori già sotto i 330 m.

## GEOLOGICAL SETTINGS

The wider surroundings of Portorož are built on the surface of very poorly permeable flysch sedimentary rocks from the Eocene stone, marlstone and sandstone, calcareous sandstone and breccia, as can be observed on the Strunjan cliff. These form a thermally insulating cap that prevents cold rainwater from rapidly infiltrating to greater depths, and therewith cooling of groundwater that is heated into thermal water.

The underlying fissured and karstified limestones form a geothermal aquifer. The limestones from the Paleocene and Eocene with foraminifera are the shallowest, followed by the limestones with coal from the Paleocene, and the deepest limestones from the Upper Cretaceous. The limestones form an uplifted anticlinal structure in the seabed where at least 12 submarine sulfur thermal springs are known between Izola and Cape Ronek.

The upper part of HV-1 has casing while at the well's base, there is an open section that does not require iron pipes since it remains intact owing to the compact rock formation, preventing well collapse. Most of the water flows through the fractures between 610 and 630 m depth, with smaller inflows occurring below 330 m.

## PROPRIETÀ DELL'ACQUA TERMALNE

L'acqua estratta dell'HV-1 è termo-minerale, in quanto misura 22 °C e contiene 9,8-11,6 g/l di solidi disciolti. La sua composizione chimica varia da Na-Cl a Na-(Ca)-Cl-(SO<sub>4</sub>), nello specifico 2,8 g/l di sodio, 0,3 g/l di calcio e 0,2 g/l di magnesio, 5,3 g/l di cloruro, 0,7 g/l di solfato e 0,3 g/l di bicarbonato. La composizione varia in base al pompaggio.

L'acqua termale differisce sostanzialmente da quella potabile. La sua composizione specifica è la miscela di acque sotterranee carsiche ataviche e di acqua marina profonda. La falda acquifera ha avuto origine dalle precipitazioni, che al momento dell'infiltrazione avevano circa 6 °C e scorre da nord-est a sud-ovest.

Scorrendo attraverso calcari bituminosi ricchi di materia organica, l'acqua diventa sempre più riduttiva e aumenta il contenuto di ioni di ferro e ammonio, H<sub>2</sub>S e persino CH<sub>4</sub>. L'aggiunta dell'acqua marina inoltre, l'arricchisce con oligoelementi (Br, F, Li, B...).

La superficie dell'acqua nel pozzo si trova fino a 170 m sotto il livello del mare.

La resa del pozzo è bassa, inferiore a 1 l/s.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The water from HV-1 is thermo-mineral, as it is heated to 22 °C and contains 9.8-11.6 g/l total dissolved solids. It is of the chemical type Na-Cl to Na-(Ca)-Cl-(SO<sub>4</sub>) and contains 2.8 g/l sodium, 0.3 g/l calcium and 0.2 g/l magnesium, 5.3 g/l chloride, 0.7 g/l sulfate and 0.3 g/l bicarbonate. The composition varies slightly depending on the pump capacity.

The water differs significantly from drinking water. Its specific composition is the result of the mixing of very old karst groundwater and seawater at greater depths. The groundwater is the result of precipitation that was around 6 °C at the time it penetrated the groundwater-table and flows from the north-east to the south-west.

When it flows through bituminous limestones rich in organic matter, the water becomes increasingly reductive and increases the content of iron and ammonium ions, H<sub>2</sub>S and even CH<sub>4</sub>. The addition of seawater also enriches it with trace elements (Br, F, Li, B...).

The water level in the borehole is up to 170 m below sea.

The well yield is low at less than 1 l/s.

Uporaba termalne vode

Zajem termalne vode za popestritev zimske sezone je bila dolgotrajna želja portoroških turističnih delavcev, zato so se v letu 1989 na morju in obali med Portorožem in Lucijo izvedle geofizikalne raziskave. Z njimi so določili najprimernejša mesta za raziskovalne vrtnice. V letu 1994 so izvrtali dve: 801 m globoko vrtno Lu-1 v Luciji in 705 m globoko vrtno HV-1 za Hotelom Palace v Portorožu. Uporablja se le slednja.

Termomineralna voda z 22 °C iz HV-1 se uporablja za polnjenje bazenov. Zaradi specifične in za uporabo zelo zahtevne kemijske sestave se jo najprej ustrezno pripravi, nato pa v kotlovnici s plinskim bojlerjem dogreva in meša z morsko vodo. Z mešanico kopalne vode direktno polnijo bazene, ki imajo temperaturo najmanj 30 °C.

## Cenni storici sull'uso dell'acqua termale

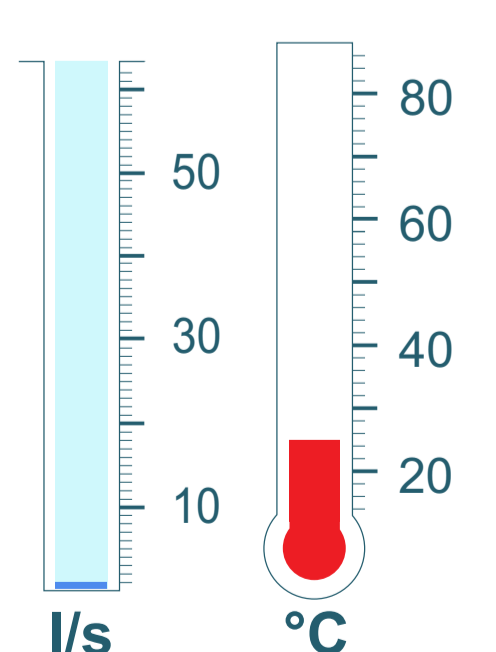
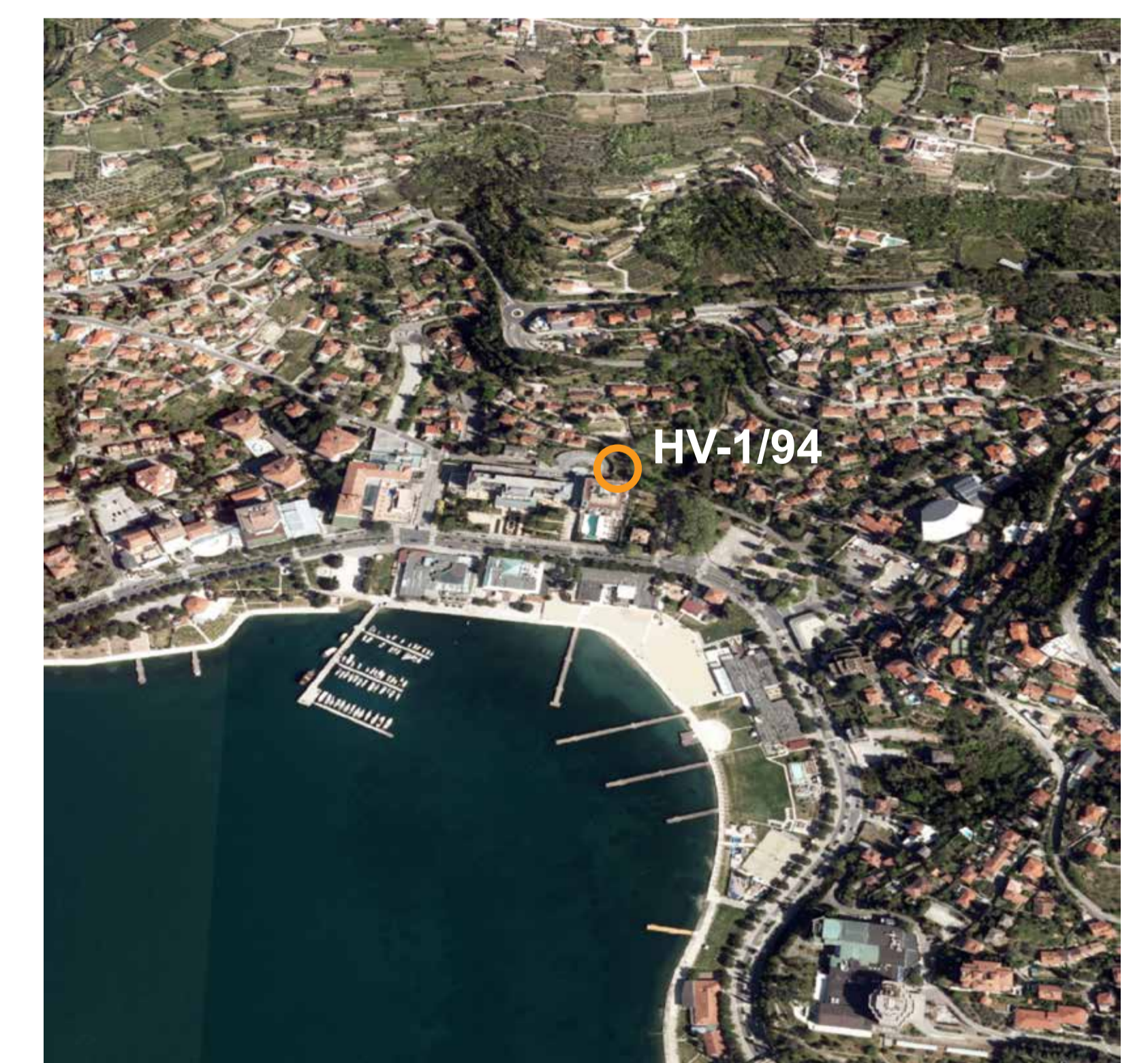
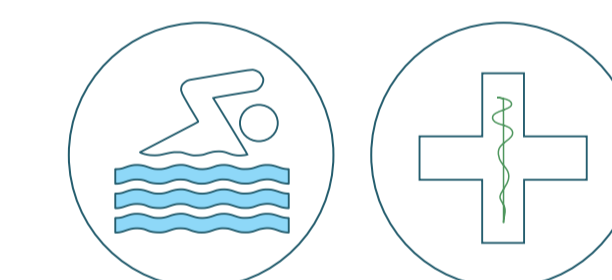
È da tempo che gli operatori turistici di Portorose puntano sull'offerta dell'acqua termale per ravvivare la stagione invernale, per cui nel 1989 hanno svolto indagini geofisiche lungo la costa tra Portorose e Santa Lucia, individuando i punti più idonei per le trivellazioni. Nel 1994 hanno eseguito due perforazioni, a Santa Lucia la Lu-1 a una profondità di 801 m e a Portorose dietro l'Hotel Palace la HV-1 a 705 m, attualmente in funzione.

L'acqua termo-minerale di 22°C estratta dalla HV-1, per la composizione chimica specifica e il suo utilizzo, viene innanzitutto debitamente trattata, quindi riscaldata in una caldaia a gas, miscelata con l'acqua marina e infine travasata nelle vasche alla temperatura di almeno 30°C.

## Use of Thermal Water

The aspiration to extract thermal water for the purpose of revitalizing the winter season has been a longstanding goal among Portorož tourism agencies. In 1989, geophysical surveys were carried out in the sea and on the coast between Portorož and Lucija. The most suitable locations for exploratory drilling were identified. In 1994, two boreholes were drilled: the 801 m deep Lu-1 in Lucija and the 705 m deep HV-1 behind the Hotel Palace in Portorož. Only the latter well is still in operation.

The 22 °C thermo-mineral water from HV-1 is used to fill swimming pools. Due to its specific and very demanding chemical composition, it is first treated and then heated with a gas boiler and then mixed with seawater. The bathing water mixture is used directly to fill swimming pools at a temperature of at least 30 °C.



geotermalna energija  
acqua termale  
Geothermal Energy



# Klevevška Toplica

## GEOLOŠKA ZGRADBA

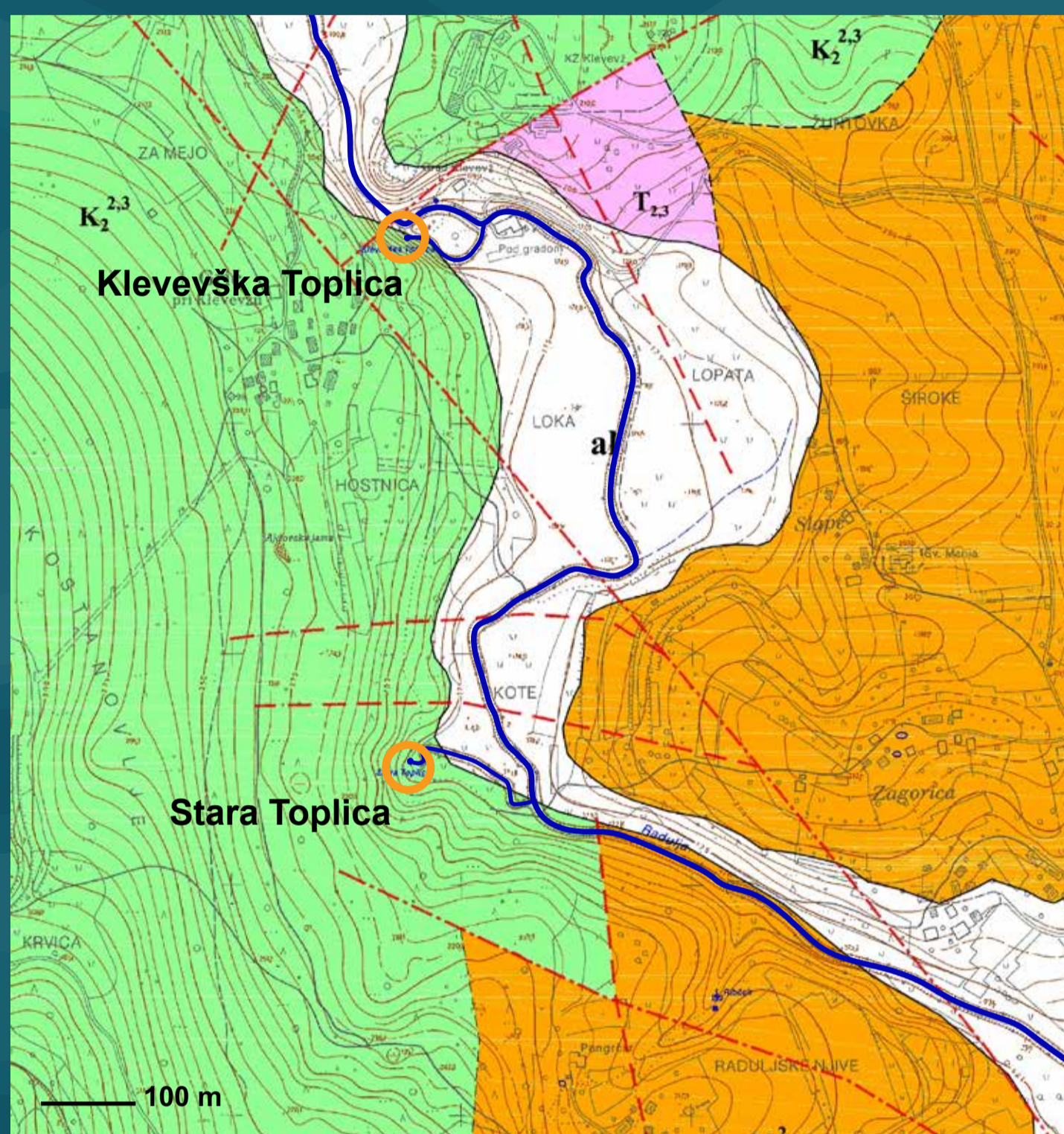
Širšo okolico Šmarjeških Toplic gradi predvsem razpokan triasni dolomit. V plitvejših delih tvori obsežen regionalni vodonosnik pitne vode, globlje pa geotermalni vodonosnik. Na območju Klevevža je ta dolomit prekrit z apnencem in brečo kredne starosti, ki sta razpokana in zakrasela, ter zelo slabo prepustnim miocenskim laporovcem in peščenjakom.

Termalna voda v Klevevški Toplici je padavinskega izvora. Ko se deževnica infiltrira v razpokane in zdrobljene apnenice in brečo v prelomnih conah, počasi pronica v globino do dolomitnega geotermalnega vodonosnika in se segreva. Ko v globini približno 1,5 km priteče do sečišča več prelomnih con, ki so za vodo zelo dobro prepustne, lahko kot termalna voda izteka na površje.

Termalnih izvirov je več. Poleg Klevevške Toplice se termalna voda nahaja tudi v bližnjem podzemnem sistemu Klevevških jam ter subtermalnem izviru Stara Toplica (18 °C), približno 500 m južneje. Iz bazena izteka vsaj 8 l/s, skupna količina iztoka pa je ocenjena na vsaj 15 l/s.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termalna voda je tipična podzemna voda iz zgornjetriasnega dolomita, s prevladujočimi magnezijevimi, kalcijevimi in hidrogenkarbonatnimi ioni, zato je Mg-Ca-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa. Je skoraj nevtralna (pH = 7,3) in vsebuje približno 500 mg/l skupno raztopljenih snovi. Ne vsebuje antropogenih onesnaževal, niti presežnih količin železa in mangana, zato je zelo preprosta za uporabo. Termalna voda se skozi geotermalni vodonosnik pretaka nekaj sto let.



Temperatura termalne vode niha med 21 in 25,2 °C v odvisnosti od količine padavin in vodostaja Radulje. Zaradi slabe povezave s plitvo podzemno vodo termalna voda tudi ob večjih padavinah le redko postane motna.

Voda je zelo podobna pitni vodi iz Jezera pri Družinski vasi in termalni vodi iz Šmarjeških Toplic.

Mehurčki v termalni vodi so zapolnjeni z zrakom in kažejo na stalen iztok iz dna bazena.

## GEOLOGICAL SETTINGS

The wider surroundings of Šmarješke Toplice are mainly made up of fractured Triassic dolomite, which forms an extensive regional aquifer of drinking water in the shallower parts and a geothermal aquifer at greater depths. In Klevevž, this dolomite is overlain by fractured and karstified limestone and breccia of Cretaceous age, and Miocene marlstone and sandstone.

The thermal water in Klevevška Toplica originates from precipitation. After rainwater infiltrates into the fractured and crushed limestone and breccia in the fracture zones it slowly percolates down to the dolomitic geothermal aquifer. There it is heated. At a depth around 1.5 km the thermal water reaches the intersection of several highly permeable fracture zones. Within these zones, it can flow to the surface in a thermal water spring.

In addition to Klevevška Toplica, thermal water is also found in the nearby underground Klevevž Caves system and in the sub-thermal spring Stara Toplica (with 18 °C), located about 500 m to the south. At least 8 l/s of thermal water is discharged from the swimming pool and the total discharge of the system is estimated to be at least 15 l/s.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

Thermal water is typical groundwater from Upper Triassic dolomite, with magnesium, calcium and bicarbonate ions predominating, hence of the Mg-Ca-HCO<sub>3</sub> chemical type. It is almost neutral (pH = 7,3) and contains approximately 500 mg/l of total dissolved substances. It does not contain anthropogenic pollutants, nor excess amounts of iron and manganese, and it is therefore very easy to use. Thermal water has been flowing through the geothermal aquifer for several hundred years.



The temperature of the thermal water varies between 21 °C and 25.2 °C, depending on the amount of rainfall and the river water level of Radulja. Due to the poor connection with the shallow groundwater, the thermal water rarely becomes turbid, even with high rainfall.

The water is very similar to the drinking water from Jezero near Družinska vas and to the thermal water at Šmarješke Toplice.

The bubbles in this thermal water are filled with air and indicate a constant outflow from the bottom of the pool.

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Die weitere Umgebung von Šmarješke Toplice besteht hauptsächlich aus zerklüftetem Obertrias-Dolomit, der in den flacheren Teilen einen ausgedehnten regionalen Grundwasserleiter mit kaltem Trinkwasser und in größeren Tiefen einen geothermischen Grundwasserleiter bildet. Im Klevevž wird dieser Dolomit von Kalkstein und Brekzien aus der Kreidezeit überlagert, die zerklüftet und verkarstet sind, und mit miozäner Mergel und Sandstein.

Das Thermalwasser in Klevevške Toplice ist Niederschlagswasser. Das Regenwasser sickert in die zerklüfteten Kalksteine und Brekzien in den Bruchzonen ein, versickert langsam in den dolomitischen geothermischen Grundwasserleiter und wird erwärmt. Wenn es in einer Tiefe von etwa 1,5 km den Schnittpunkt mehrerer Bruchzonen, die sehr wasserdurchlässig sind, erreicht, kann es als Thermalwasser an die Oberfläche fließen.

Es gibt mehrere Thermalquellen. Neben Klevevške Toplice gibt es auch Thermalwasser im nahe gelegenen unterirdischen Höhlensystem Klevevška jama und in der subthermalen Quelle Stara Toplica (mit 18 °C), etwa 500 m südlich. Mindestens 8 l/s fließen aus dem Becken ab, und der Gesamtabfluss wird auf mindestens 15 l/s geschätzt.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das Thermalwasser ist ein typisches Grundwasser aus Obertrias-Dolomit, in dem Magnesium-, Kalzium- und Bikarbonationen vorherrschen, daher der chemische Typ Mg-Ca-HCO<sub>3</sub>. Es ist nahezu neutral (pH = 7,3) und enthält etwa 500 mg/l an gelösten Stoffen. Es enthält weder anthropogene Verunreinigungen noch übermäßige Mengen an Eisen und Mangan und ist daher sehr leicht zu handhaben. Das Thermalwasser fließt bereits seit mehreren hundert Jahren durch den geothermischen Grundwasserleiter.



Die Temperatur des Thermalwassers schwankt zwischen 21 °C und 25,2 °C, abhängig von der Niederschlagsmenge und dem Wasserstand des Baches Radulja. Aufgrund der schlechten Verbindung mit dem flachen Grundwasser wird das Thermalwasser auch bei starken Regenfällen nur selten trüb.

Das Wasser ist dem Trinkwasser aus dem Jezero bei Družinska vas und dem Thermalwasser aus Šmarješke Toplice sehr ähnlich.

Die Blasen im Thermalwasser sind mit Luft gefüllt und deuten auf einen ständigen Abfluss aus dem Beckenboden hin.

V jugovzhodni Sloveniji je več subtermalnih (s temperaturo vode vsaj 16 °C) in termalnih (s temperaturo vode vsaj 20 °C) izvirov. Nekateri, na primer na Otočcu in pri Kostonjavi na Krki, so skoraj pozabljeni. Nasprotno sta termalna izvira Klunove toplice v Bušehi vasi in Klevevška Toplica dobro poznana ter z urejenim naravnim kopalščem.

Klevevško Toplico je leta 1689 omenjal že Janez Vajkard Valvasor v Slavi vojvodine Kranjske. Izvir je danes ograjen v kopalni bazen, skozi katerega termalna voda s temperaturo do 25,2 °C stalno preliha. Manjši del vode je zajet in speljan do bližnje stanovanjske hiše. Ta se ogreva na geotermalno energijo - termalna voda skozi toplotni izmenjevalec ogreva plin, ki v sekundarnem krogu preko toplotne črpalke ogreva tekočino za talno grejete.

## Use of Thermal Water

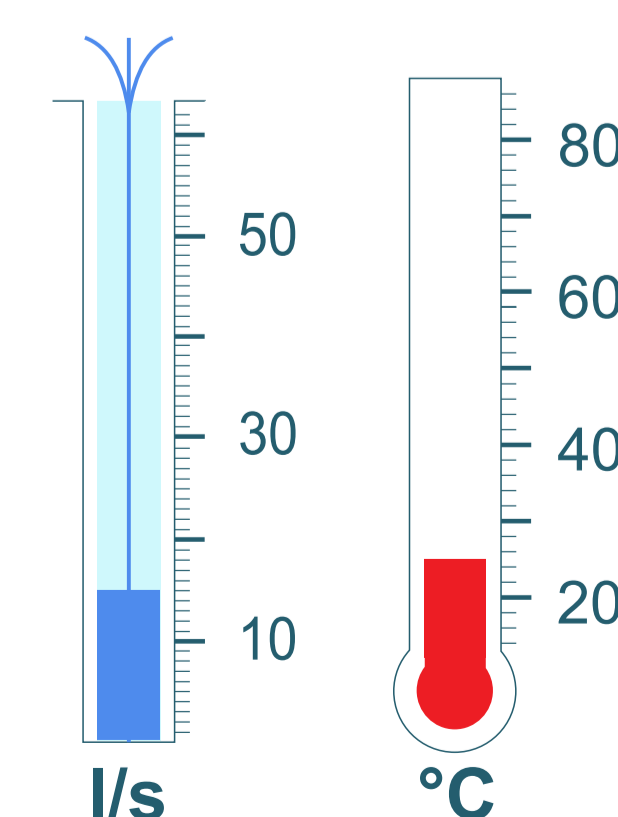
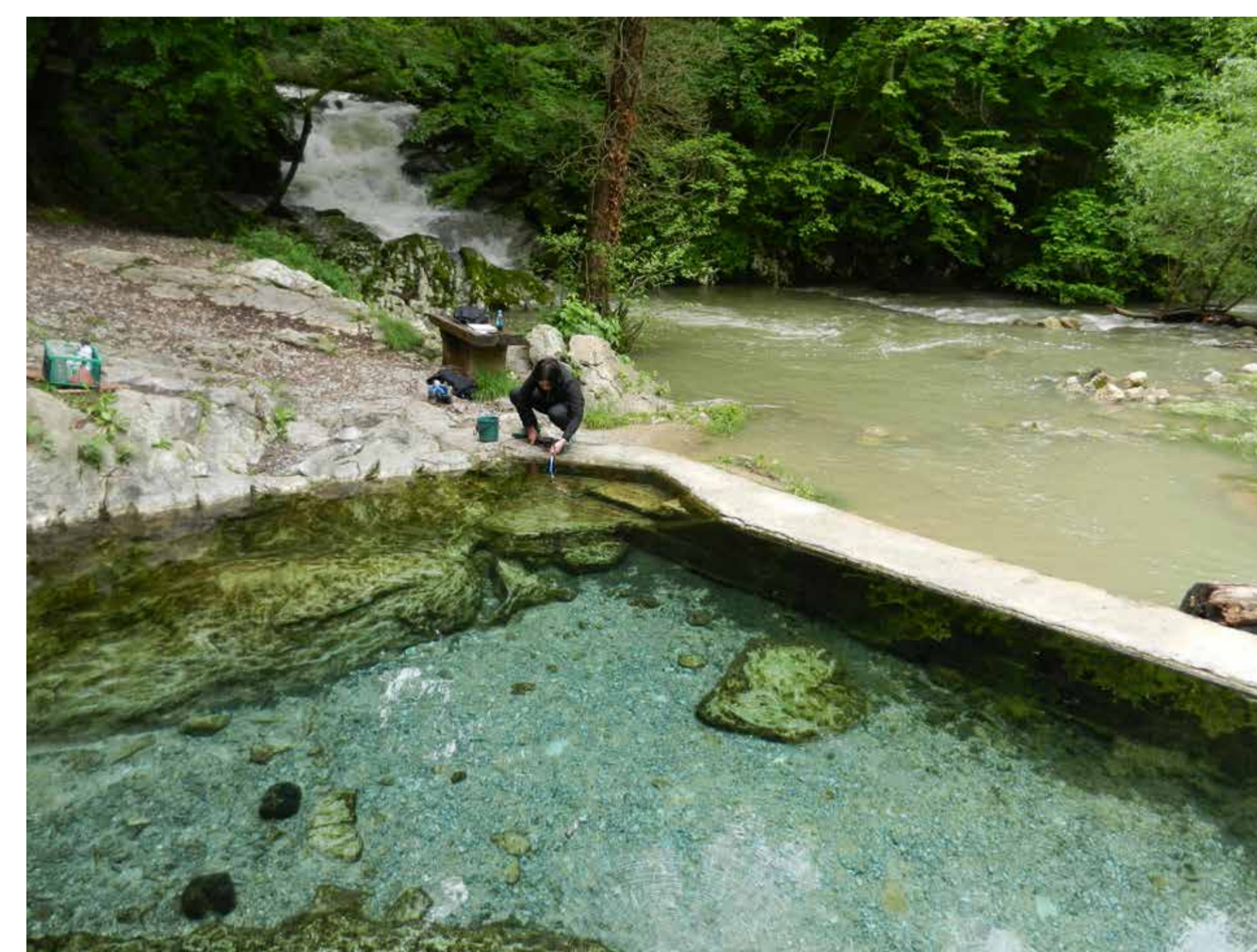
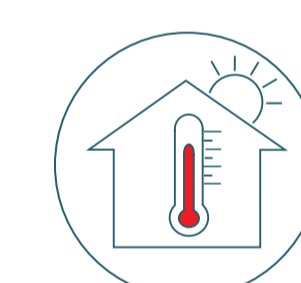
In south-eastern Slovenia, there are several sub-thermal springs (with a water temperature of at least 16 °C) and thermal springs (with a water temperature of at least 20 °C). Some of these springs, such as those at Otočec and Kostonjevica na Krki, are almost forgotten. In contrast, the thermal springs of Klunove toplice in Bušeča vas and Klevevška Toplica are well known and have well-visited natural baths.

Klevevška Toplica was mentioned by Janez Vajkard Valvasor in the book The Glory of the Duchy of Carniola from 1689. Today, the spring is enclosed in a bathing pool, through which thermal water with a temperature of up to 25.2 °C flows continuously. A small part of this water is captured and piped to a nearby residential house which is directly heated by geothermal energy. The thermal water heats the gas through a heat exchanger. In a secondary circuit, this gas heats the fluid for floor heating via a heat pump.

## Thermalwassernutzung

Im Südosten Sloweniens gibt es mehrere subthermale (mit einer Wassertemperatur von mindestens 16 °C) und thermale (mit einer Wassertemperatur von mindestens 20 °C) Quellen. Einige, wie die Quellen von Otočec und Kostonjevica na Krki, sind fast vergessen worden. Im Gegensatz dazu sind die Thermalquellen von Klunove toplice in Bušeča vas und Klevevška Toplica sehr bekannt und verfügen über einen natürlichen Badebereich.

Klevevška Toplica wurde von Janez Vajkard Valvasor in seinem encyklopedischen Werk ab 1689 mit dem Titel Die Ehre dess Hertzogthums Crain erwähnt. Heute ist die Quelle in ein Badebecken eingeschlossen, aus dem ständig Thermalwasser mit einer Temperatur von bis zu 25,2 °C sprudelt. Ein kleiner Teil des Wassers wird aufgefangen und zu einem nahe gelegenen Wohnhaus geleitet, das mit Erdwärme beheizt wird. Das Thermalwasser erwärmt über einen Wärmetauscher das Gas, das in einem zweiten Kreislauf über eine Wärmepumpe die Fußbodenheizungsflüssigkeit erwärmt.



# geotermalna energija

## Geothermal Energy Geothermische Energie





# BIOTERME Mala Nedelja

## GEOLOŠKA ZGRADBA

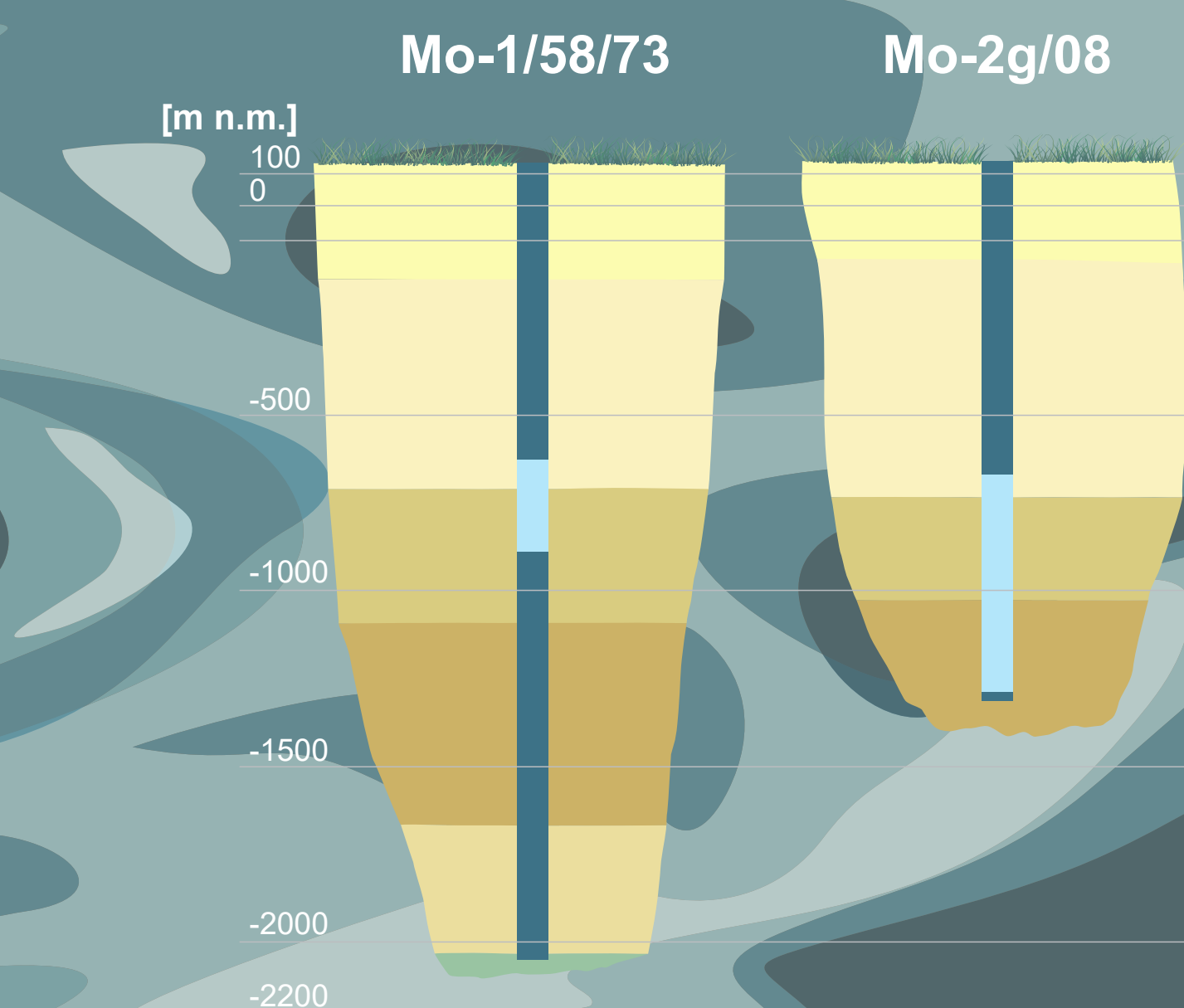
V Panonskem bazenu se že več kot 16 milijonov let odlagajo sedimenti, ki so z globino vse bolj sprjeti in slabše prepustni. Z naraščanjem globine se zvišuje temperatura in s tem tudi temperatura podzemne vode, hitrost toka podzemne vode pa upada.

Na površini izdanzajo pliocenski prodi, peski in melji Ptujsko-grajske formacije ●, ki je nastala v rečnem okolju in iz katere se pridobiva pitna voda. Sledijo jim zgornjemiocenski peščeni melji z lečami in plastmi premoga, ki so nastali v delni ravnici Murske formacije ● in niso ekonomsko zanimivi. Termalna voda je ogreta šele v delnem čelu Murske formacije, ki je nastala v jezerskem okolju. Te nekaj sto metrov debele plasti slabo sprjetih kremenovih peskov in meljev ● se bolj ali manj zvezno raztezajo še na Madžarsko, Hrvaško in Avstrijo. Vanje posegajo odprtine, t.i. filtri ●, na obeh cevljenih ● geotermalnih vrtinah. Globlja, Mo-2g pridobi manjši del termomineralne vode, ki je toplejša in bolj mineralizirana od vode iz plitvejših Murske formacije, iz turbiditnih peščenjakov Lendavske formacije ●, ki so nastali v globljih delih Panonskega jezera. Zaprt del vrtnice Mo-1 je posegal skozi plitvomorske sedimente Špiljske formacije ● in končal v metamorfih kamninah Kobanske formacije ●.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Iz vrtin se črpata nekoliko različni podzemni vodi. Z globino se podaljšuje njun zadrževalni čas in raste količina raztopljenih snovi in plinov. Po izvoru sta več kot 15.000 let stari deževnici iz ene izmed medledenih dob.

V obeh prevladujejo natrijevi (276 mg/l) in hidrogenkarbonatni (722 mg/l) ioni, zato sta Na-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa. Ne vsebujeta skoraj nič kalcija, magnezija in sulfata. Razlikujeta se po vsebnosti raztopljenih snovi, saj jih voda iz plitvejših Mo-1 vsebuje le približno 800 mg na liter, voda iz globlje Mo-2g pa 1200 mg/l, zato jo že imenujemo termomineralna voda. Glede na običajno pitno vodo sta obogatena z natrijem, amonijem in organskimi snovmi. Zato se pred uporabo za bazensko vodo podzemna voda ustrezno pripravi.



“ Za večji toplotni izkoristek se uporablja toplotna črpalka. Vodi iz toplega dela akumulacije bazenske vode s temperaturo 31 °C odvzamemo 5 °C in s pridobljeno energijo ogrevajo prostore ter sanitarno vodo. Termomineralna voda vsebuje tudi nekaj metana in ogljikovega dioksida, ki pa ne povzročata obratovalnih težav. ”

## GEOLOGICAL SETTINGS

The sediments have been depositing in the Pannonian Basin for more than 16 million years. They become more compacted and less permeable with increasing depth. With increasing depth, the temperature rises and with it the temperature of the groundwater, and its flow velocity decreases.

The Pliocene gravels, sands and clays of the Ptuj-Grad Formation ●, which was formed in a fluvial environment and from which drinking water is extracted, are outcropping. This is followed by sandy silt from the Upper Miocene with lenses and coal seams, which originate from the deltaic plain of the Mura Formation ● and are of no economic interest. The thermal water is only heated in the deltaic front of the Mura Formation, which was formed in a lacustrine environment. These layers of poorly cemented quartz sands and silts ● are several hundred meters thick and extend more or less continuously as far as Hungary, Croatia and Austria. They are penetrated by openings, filters ●, in the two iron-cased ● geothermal wells. The deeper one, Mo-2g, yields a smaller part of the thermo-mineral water from the turbiditic sandstones of the Lendava Formation ● formed in the deeper parts of the Pannonian Lake. This water is warmer and more mineralized than the water from the shallower Mura Formation. The confined part of Mo-1 penetrated the shallow marine sediments of the Špilje Formation ● and ended in the metamorphic rocks of the Kobansko Formation ●.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The boreholes produce slightly different groundwater. Their residence time, and the amount of dissolved substances and gasses increase with depth. They are both more than 15,000 years old and originate from interglacial rainwater.

Both are dominated by sodium (276 mg/l) and bicarbonate (722 mg/l) ions and therefore belong to the chemical type Na-HCO<sub>3</sub>. They contain almost no calcium, magnesium or sulfate. They differ in their dissolved solids content, as the shallower Mo-1 water contains only about 800 mg per liter, while the deeper Mo-2g water contains 1200 mg per liter and is therefore referred to as thermo-mineral water. Compared to typical drinking water, they are enriched with sodium, ammonium and organic substances. Before the thermal water can be used as swimming pool water, it must therefore be properly treated.

“ A heat pump is used to increase thermal efficiency. The energy from 5 °C difference is taken from the warm part of the 31 °C pool water storage tank and is used to heat the rooms and the sanitary water. Thermo-mineral water also contains some methane and carbon dioxide which do not cause any operational problems. ”

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Die Sedimente lagern sich im Pannonischen Becken seit mehr als 16 Millionen Jahren ab. Sie werden mit zunehmender Tiefe immer kompakter und weniger durchlässig. Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur und damit auch die Temperatur des Grundwassers, seine Fließgeschwindigkeit nimmt aber ab.

Die pliozänen Kiese, Sande und Tone treten in der Ptuj-Grad-Formation ● aus, die sich in einer fluvialen Umwelt gebildet hat und aus der Trinkwasser gewonnen wird. Daran schließen sich sandige Schluffe aus dem Oberen Miozän mit Linsen und Kohleschichten an, die aus dem Deltagebiet der Mura-Formation ● stammen und wirtschaftlich uninteressant sind. Das Thermalwasser erwärmt sich erst in der Deltafront der Mura-Formation, die in einer Stillwasser-Umgebung gebildet wurde. Diese Schichten aus schlecht zementierten Quarzsanden und Schluffen ● sind mehrere hundert Meter dick und erstrecken sich mehr oder weniger kontinuierlich bis nach Ungarn, Kroatien und Österreich. Sie werden durch Öffnungen, s.g. Filter ●, in den beiden verrohrten ● geothermalen Brunnen durchdrungen. Die tiefere, Mo-2g, fördert einen kleineren Teil des thermomineralischen Wassers aus den turbiditischen Sandsteinen der Lendava-Formation ●, die sich in den tieferen Teilen der Pannonischen See gebildet haben. Dieses Wasser ist wärmer und stärker mineralisiert als das Wasser aus der flacheren Mura-Formation. Der begrenzte Teil von Mo-1 drang in die flachen marinen Sedimente der Špilje-Formation ● ein und endete in den metamorphen Gesteinen der Kobansko-Formation ●.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Aus den Bohrlöchern wird leicht unterschiedliches Grundwasser gefördert. Ihre Verweildauer und die Menge der gelösten Stoffe und Gase nehmen mit der Tiefe zu. Sie sind beide mehr als 15.000 Jahre alt und stammen aus interglazialen Regenwasser.

Beide werden von Natriumionen (276 mg/l) und Hydrogenkarbonationen (722 mg/l) dominiert und gehören daher zum chemischen Na-HCO<sub>3</sub> Typ. Sie enthalten fast kein Calcium, Magnesium oder Sulfat. Sie unterscheiden sich in ihrem Gehalt an gelösten Feststoffen, da das flachere Mo-1-Wasser nur etwa 800 mg pro Liter enthält, während das tiefere Mo-2g-Wasser 1200 mg pro Liter enthält und daher als thermo-mineralisches Wasser bezeichnet wird. Im Vergleich zu normalem Trinkwasser sind sie mit Natrium, Ammonium und organischen Substanzen angereichert. Bevor das Thermalwasser als Schwimmbadwasser verwendet werden kann, muss es daher entsprechend aufbereitet werden.

“ Zur Steigerung der thermischen Effizienz wird eine Wärmepumpe eingesetzt. Die Energie von 5 °C Differenz wird dem warmen Teil des 31 °C warmen Poolwasserspeichers entnommen und zur Beheizung der Räume und des Brauchwassers verwendet. Thermomineralisches Wasser enthält auch etwas Methan und Kohlendioxid, die jedoch keine betrieblichen Probleme verursachen. ”

# geotermalna energija

## Geothermal Energy

## Geothermische Energie

Uporaba termalne vode

Med iskanjem nafte in plina v Moravcih v Slovenskih gorah so v letu 1958 namesto ogljikovodikov navrtali termalno vodo. Kar 2273 m globoko vrtno Mo-1 so razglasili za neuspešno in zapečatili. Skupščina občine Ljutomer je na pobudo Krajevne skupnosti Bučkovci v letu 1973 naročila njeno preureditev v geotermalno vrtno. Od tedaj je Mo-1 globoka 1124 m in proizvaja termalno vodo z do 34 °C. Ob njej so zgradili dva bazena, ki ju danes ni več.

V letu 2002 je kopalnišče zamenjalo lastnika in se razvilo v termalni kompleks. Ogrevanje hotela, sanitarne in bazenske vode temelji na 1537 m globoki vrtni Mo-2g, ki je bila izvrtana leta 2008. Njena termomineralna voda ima temperaturo do 51 °C. Voda iz Mo-1 pa se, ker ima nižjo temperaturo, uporablja le še za polnjenje manjše bazena poleti.

## Use of Thermal Water

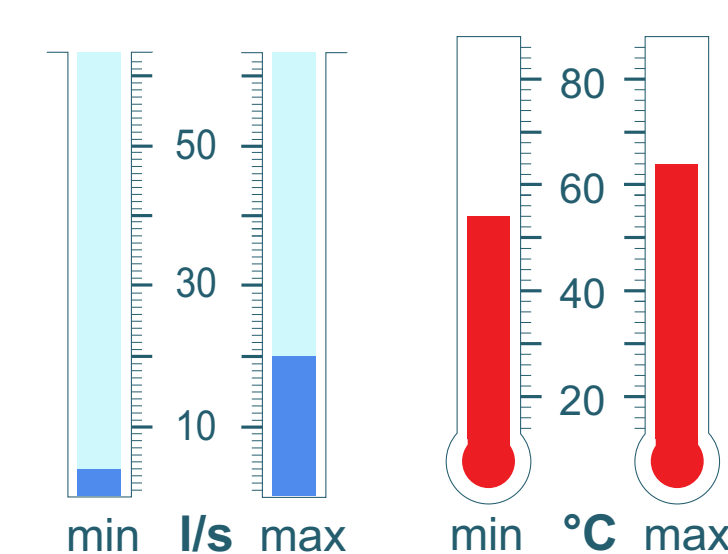
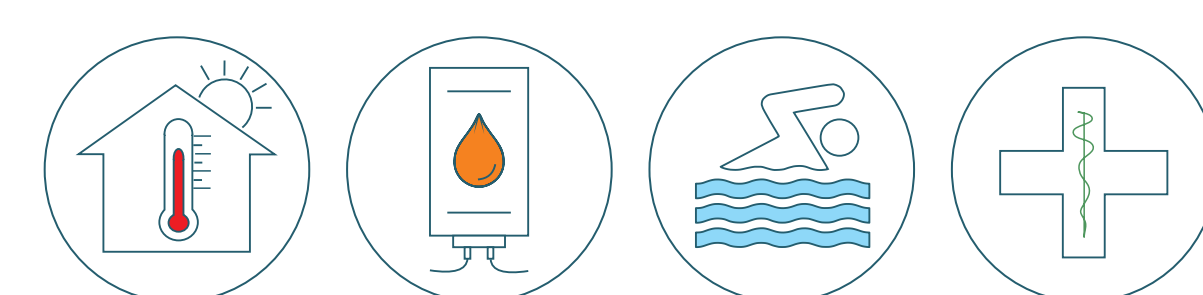
In 1958, oil and gas exploration in Moravci in Slovenian gorges found thermal water instead of hydrocarbons. The 2273 m deep Mo-1 well was declared unsuccessful and sealed. In 1973, on the initiative of the local community of Bučkovci, the parliament of the municipality of Ljutomer ordered its conversion into a geothermal well. Since then, Mo-1 has been 1124 m deep and produces thermal water with a temperature of up to 34 °C. Two pools were built next to it, which no longer exist today.

In 2002, the baths changed ownership and were developed into a thermal complex. The hotel's heating, sanitary and pool water heating is provided by the 1537 m deep Mo-2g well, which was drilled in 2008. Its thermo-mineral water has a temperature of up to 51 °C. However, the lower temperature of the water from Mo-1 is only used in summer to fill the small swimming pool.

## Thermalwassernutzung

1958 stieß man bei Öl- und Gasexplorationen in Moravci in Slovenske gorice auf Thermalwasser anstelle an Kohlenwasserstoffe. Die 2273 m tiefe Bohrung Mo-1 wurde für erfolglos erklärt und versiegelt. Im Jahr 1973 ordnete die Versammlung der Gemeinde Ljutomer auf Initiative der Lokalgemeinschaft Bučkovci die Umwandlung der Bohrung in eine geothermische Brummen an. Seitdem ist Mo-1 1124 m tief und fördert Thermalwasser mit einer Temperatur von bis zu 34 °C. Daneben wurden zwei Becken gebaut, die heute nicht mehr in Betrieb sind.

Im Jahr 2002 wechselten die Bäder den Besitzer und wurden zu einem Thermalkomplex ausgebaut. Die Heizung, die Sanitäranlagen und das Beckenwasser des Hotels werden aus dem 1537 m tiefen Brunnen Mo-2g gespeist, der 2008 gebohrt wurde. Sein thermo-mineralisches Wasser hat eine Temperatur von bis zu 51 °C. Das Wasser aus Mo-1 mit der niedrigeren Temperatur wird jedoch nur noch im Sommer in einem kleinen Schwimmbad genutzt.





# Terme Ptuj

## GEOLOŠKA ZGRADBA

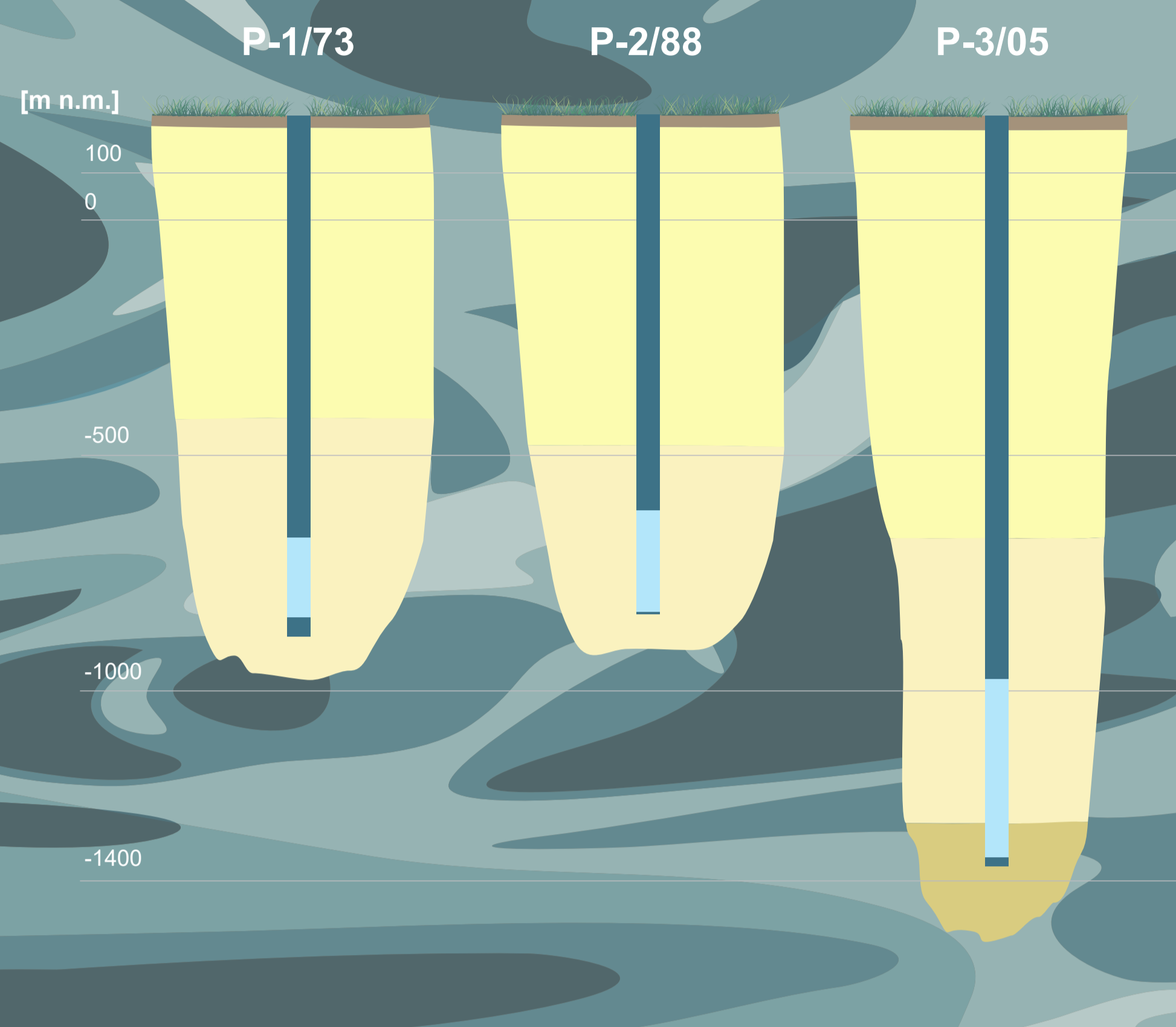
V Panonskem bazenu se že več kot 16 milijonov let odlagajo sedimenti, ki so z globino vse bolj sprjeti in slabše prepustni. Z naraščanjem globine se zvišuje temperatura in s tem tudi temperatura podzemne vode, hitrost toka podzemne vode pa upada.

Najpljitveje, do 30 metrov globine, se nahaja kvartarni prodni vodonosnik s pitno vodo. Pliocenski prodi, peski in melji Ptujsko-grajske formacije, ki je nastala v rečnem okolju, poleg nje vsebujejo tudi ogreto, termalno vodo. Pod njimi se nahajajo zgornje miocenski meljno peščeni sedimenti z ležaji premoga, nastali v deltni ravnici Murske formacije. Geotermalne vrtnice pridobivajo termalno vodo skozi filtre oziroma odprtine v železni cevovodi. Večinoma posegajo v regionalni geotermalni vodonosnik delnega čela iste formacije iz slabo sprjetih kremenovih peskov, ki se raztezajo še na Madžarsko, Hrvaško in v Avstrijo. Južno od Ptuja je njihov obseg zelo omejen, saj so ob regionalnem Ljutomerskem prelomu prej vodoravne plasti zdaj stisnjene in potisnjene v navpični položaj.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Z globino se podaljšuje zadrževalni čas podzemne vode in raste količina raztopljenih snovi. Za razliko od številnih drugih termalnih voda v SV Sloveniji ne vsebuje večjih količin plinov, zato je nezahtevna za uporabo.

Termalna voda je Na-HCO<sub>3</sub> tipa in ustreza kriterijem pitne vode. Izjema je le presežek amonija v vodi iz P-3, ki pa se uporablja predvsem za ogrevanje. Termalna voda s 30 °C ima približno 415 mg raztopljenih snovi na liter ter vsebuje nekoliko več kalcija (28 mg/l) in magnezija (14 mg/l) kot voda iz globlje vrtnice P-3. Slednja dosega temperaturo do 53 °C in ima povprečno 816 mg/l raztopljenih snovi. Največ ima natrija (203 mg/l) in hidrogenkarbonatnega iona (538 mg/l).



*Termalna voda na Ptujju ima nizko mineralizacijo v primerjavi z drugimi vodami v SV Sloveniji (Banovci, Lendava, Maribor, Moravci v Slovenskih goricah, Moravske Toplice, Radenci). Slednje so termomineralne vode, z več kot 1000 mg/l raztopljenih snovi in temperaturo nad 20 °C.*

*Termalna voda je po izvoru več kot 15.000 let stara deževnica iz ene izmed medledenih dob. Takrat je bilo podnebje hladnejše, kot je sedanje, saj je imela ob infiltraciji v tla le 5-6 °C.*

*P-1/73 je bila prva namenska geotermalna vrtnica na območju severovzhodne Slovenije.*

## GEOLOGICAL SETTINGS

The sediments have been depositing in the Pannonian Basin for more than 16 million years. They become more compacted and less permeable with increasing depth. With increasing depth, the temperature rises and with it the temperature of the groundwater, and its flow velocity decreases.

The shallowest aquifer, reaching up to 30 meters below the ground, is a Quaternary gravel aquifer with drinking water. The Pliocene gravels, sands and clays of the Ptuj-Grad Formation were formed in a fluvial environment and also contain warm thermal water. Below this lie Upper Miocene clay-sand sediments with coal lenses, which were formed in the deltaic plain of the Mura Formation. Cased geothermal wells pump the thermal water through filters or openings in the iron pipes. They mostly penetrate the regional geothermal aquifer of the deltaic front of the same formation, which consists of poorly lithified quartz sand that also extends into Hungary, Croatia and Austria. South of Ptuj, its extent is very limited, as the formerly horizontal layers are now compressed and shifted vertically along the regional Ljutomer Fault.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

With increasing depth, the residence time and the quantity of dissolved substances in the groundwater increase. In contrast to many other thermal waters in northern Slovenia, thermal water does not contain large quantities of gasses and is therefore undemanding to use.

The thermal water is of the Na-HCO<sub>3</sub> type and meets the official criteria for drinking water. The only exception is the excess of ammonium in the P-3 water, which is mainly used for heating. The shallower thermal water with average temperature of 30 °C has about 415 mg total dissolved solids per liter and contains slightly more calcium (28 mg/l) and magnesium (14 mg/l) than the water from the deeper P-3, which reaches a temperature of up to 53 °C and has an average of 816 mg/l total dissolved solids. Its highest concentrations are sodium (203 mg/l) and bicarbonate ions (538 mg/l).

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Die Sedimente lagern sich im Pannonischen Becken seit mehr als 16 Millionen Jahren ab. Sie werden mit zunehmender Tiefe immer kompakter und weniger durchlässig. Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur und damit auch die Temperatur des Grundwassers, seine Fließgeschwindigkeit nimmt aber ab.

Der flachste Grundwasserleiter, der bis zu 30 m unter die Erde reicht, ist ein quartärer Kiesgrundwasserleiter mit Trinkwasser. Die pliozänen Kiese, Sande und Tone der Ptuj-Grad-Formation sind in einem fluvialen Umfeld entstanden und enthalten auch warmes Thermalwasser. Darunter liegen obermiozäne Ton- und Sandablagerungen mit Kohlelinsen, die sich in der Deltaebene der Mur-Formation gebildet haben. Verrohrte geothermische Bohrungen pumpen das Thermalwasser durch Filter oder Öffnungen in den Eisenrohren. Sie dringen meist in den regionalen geothermischen Grundwasserleiter der Deltafront derselben Formation aus schwach verfestigtem Quarzsand, die sich auch nach Ungarn, Kroatien und Österreich erstreckt. Südlich von Ptuj ist ihre Ausdehnung sehr begrenzt, da die ehemals horizontalen Schichten heute entlang der regionalen Ljutomer-Störungszone komprimiert und vertikal verschoben sind.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Mit zunehmender Tiefe nehmen die Verweilzeit und die Menge der gelösten Stoffe im Grundwasser zu. Im Gegensatz zu vielen anderen Thermalwassern in Nordslowenien enthält das Thermalwasser keine großen Mengen an Gasen und ist daher anspruchlos in der Nutzung.

Das Thermalwasser ist vom Typ Na-HCO<sub>3</sub> und erfüllt die offiziellen Kriterien für Trinkwasser. Die einzige Ausnahme ist der Ammoniumüberschuss im P-3-Wasser, das hauptsächlich zum Heizen verwendet wird. Das flachere Thermalwasser mit einer durchschnittlichen Temperatur von 30 °C hat etwa 415 mg gelöste Feststoffe pro Liter und enthält etwas mehr Kalzium (28 mg/l) und Magnesium (14 mg/l) als das Wasser aus dem tieferen P-3, das eine Temperatur von bis zu 53 °C erreicht und durchschnittlich 816 mg/l gelöste Feststoffe aufweist. In den höchsten Konzentrationen kommen Natrium (203 mg/l) und Bikarbonationen (538 mg/l) vor.

Raziskave za zajem termalne vode pri Ptujju so se začele razmeroma pozno, saj na površini ni bilo indikacij njenega obstoja. Globoka naftna raziskovalna vrtnica Ha-1 v Turnišču pri Hajdini je leta 1959 prva nakazala na obstoj termalne vode. Bila je povod za prvo geotermalno raziskovalno vrtnico P-1, ki še obratuje. Z njeno pomočjo so se poleti leta 1975 odprle Ptujске toplíce, sedaj Terme Ptuj.

Danes se termalna voda pridobiva iz treh vrtin, 1104 m globoke P-1, 1058 m globoke P-2 in 1,6 km globoke P-3. Največ vode se načrta poleti za direktno polnjenje zunanjih bazenov in njihovo indirektno ogrevanje preko toplotnih izmenjevalcev. Uporabljajo jo tudi za ogrevanje hotelskih prostorov in sanitarne vode.

## Use of Thermal Water

Due to the absence of surface evidence, investigations for the extraction of thermal water near Ptuj started relatively late. The deep oil exploration borehole Ha-1 in Turnišče near Hajdina drilled in 1959 gave the first indication of the existence of thermal water. Ha-1 was the catalyst for the first geothermal exploration well P-1, which is still in operation. It was the source for opening the Ptuj Thermal Spa in the summer of 1975, today's Terme Ptuj.

Today, thermal water is extracted from three wells, the 1104 m deep P-1, the 1058 m deep P-2 and the 1.6 km deep P-3. Most of the thermal water is extracted in summer for the direct filling of outdoor pools and their indirect heating via heat exchangers. The thermal water is also used to heat hotel rooms and sanitary water.

## Thermalwassernutzung

Die Untersuchungen zur Gewinnung von Thermalwasser in der Nähe von Ptuj wurden relativ spät durchgeführt, da es auf der Oberfläche keine Hinweise darauf gab. Die tiefe Ölexplorationsbohrung Ha-1 in Turnišče bei Hajdina, die 1959 niedergebracht wurde, gab den ersten Hinweis auf die Existenz von Thermalwasser. Ha-1 war der Auslöser für die erste geothermische Forschungsbohrung P-1, die noch immer in Betrieb ist. Sie war der Grund für die Eröffnung des Thermalbads Ptuj (der heutigen Terme Ptuj) im Sommer 1975.

Heute wird das Thermalwasser aus drei Bohrungen gewonnen, der 1104 m tiefen P-1, der 1058 m tiefen P-2 und der 1,6 km tiefen P-3. Der größte Teil des Thermalwassers wird im Sommer für die direkte Befüllung von Freibädern und deren indirekte Beheizung über Wärmetauscher entnommen. Das Thermalwasser wird auch für die Beheizung von Hotelzimmern und für das Sanitärwasser verwendet.



*The thermal water in Ptuj has a low mineral content compared to other waters in eastern Slovenia (Banovci, Lendava, Maribor, Moravci in Slovenskih gorice, Moravske Toplice, Radenci). The latter are thermo-mineral waters with more than 1,000 mg/l of dissolved substances and a temperature of over 20 °C.*

*The thermal water is more than 15,000 years old and originates from rainwater from one of the interglacial periods. At that time, the climate was colder than today, with an average temperature of only 5-6 °C.*

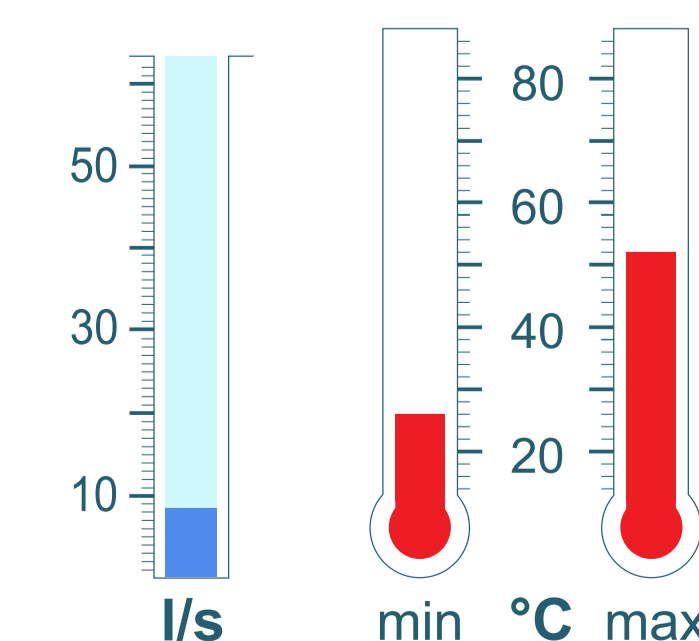
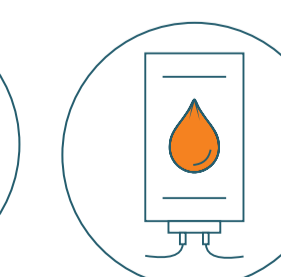
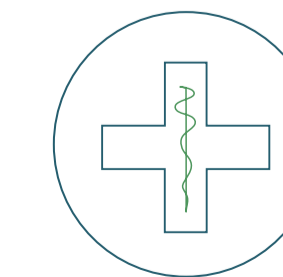
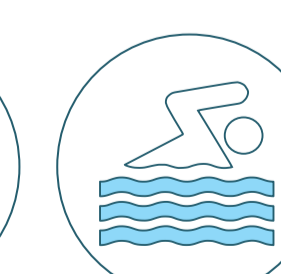
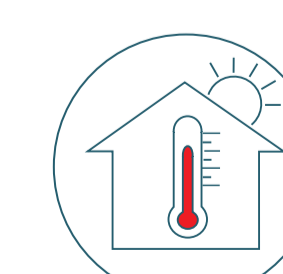
*P-1/73 was the first geothermal well in north-eastern Slovenia.*



*Das Thermalwasser in Ptuj hat einen geringen Mineralgehalt im Vergleich zu anderen Gewässern in Ostslowenien (Banovci, Lendava, Maribor, Moravci in Slovenskih gorice, Moravske Toplice, Radenci). Die letzteren sind thermomineralische Wässer mit mehr als 1.000 mg/l gelöster Stoffe und einer Temperatur von über 20 °C.*

*Das Thermalwasser ist mehr als 15.000 Jahre alt und stammt von Regenwasser aus einer der Zwischeneiszeiten. Damals war das Klima kälter als heute, mit einer Durchschnittstemperatur von nur 5-6 °C.*

*P-1/73 war die erste geothermische Bohrung im Nordosten Sloweniens.*



# geotermalna energija

## Geothermal Energy

## Geothermische Energie





# GRAND HOTEL SAVA\*\*\*\*sup ROGAŠKA SLATINA

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Vrtina RT-1 je v nasprotju z vrtinami za mineralno vodo izvrtana južno od regionalno izjemno pomembne Šoštanjske zmožne prelomne cone. Posega v tektonsko zelo razpokano območje, katerega geološka zgradba se popolnoma razlikuje od severnega dela, iz katerega se pridobiva voda Donat.

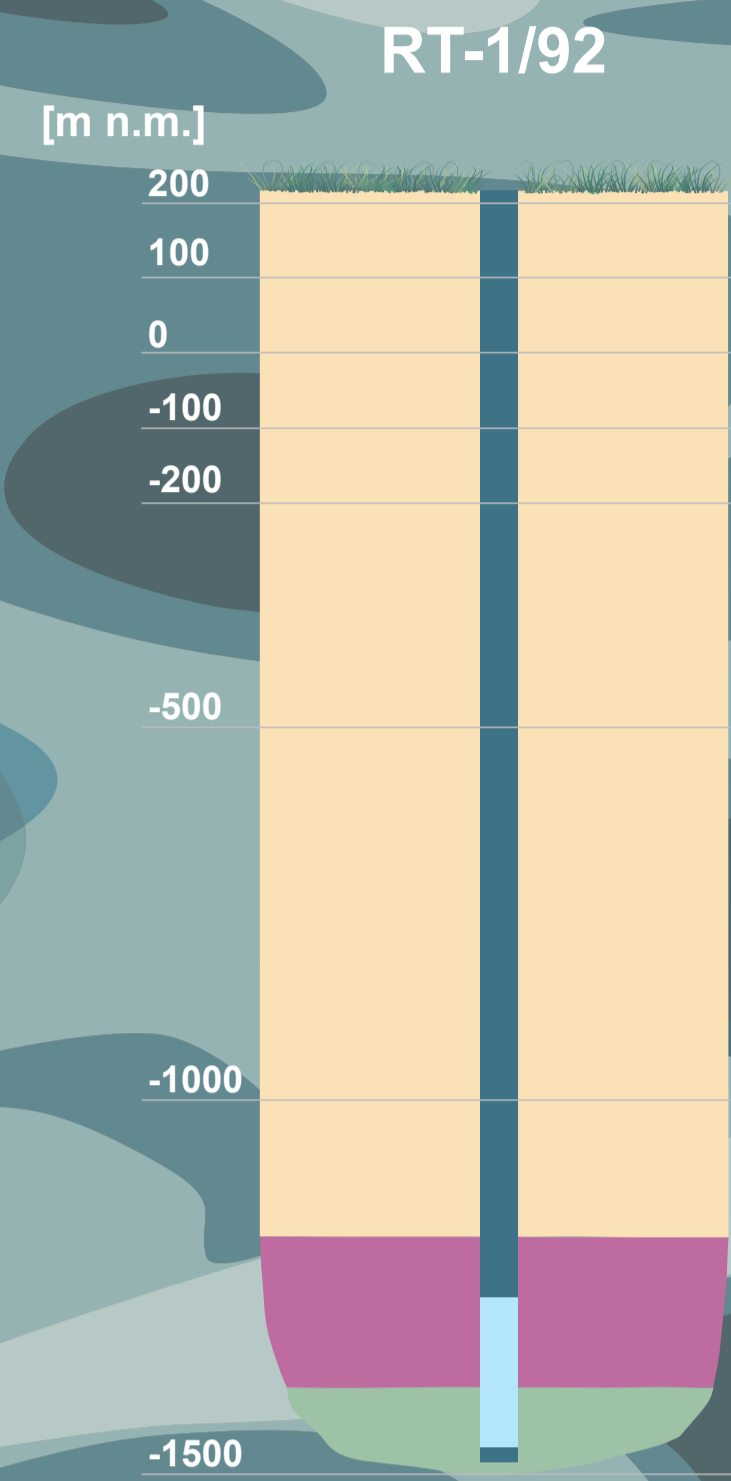
Najpljitveje se raztezajo kvartarne rečne naplavine. Do globine 1399 m sledijo klastične sedimentne kamnine oligo-miocenske starosti - glinasti in peščeni lapor z vložki peščenjaka in konglomerata. Geotermalni vodonosnik tvorijo razpokane srednjetriasne klastične in vulkanske kamnine - peščenjak, dolomitiziran keratofir in skrilavi glinavec. Na globini 1568 m je bila navrtana podlaga - zelo slabo vodoprepusten glinast meljevec permske in karbonske starosti.

Voda doteka v cevčico vrtino RT-1 skozi filterni odsek. Največ je priteče iz razpok med 1399 in 1568 m globine.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termomineralna voda s povprečno temperaturo dobrih 55 °C vsebuje 5,3 g/l skupnih raztopljenih snovi in je skoraj nevtralnega pH. Je bistveno drugačna od pitnih in mineralnih voda v okolici, saj ima povišane vsebnosti natrija, železa, amonija, kremenice in sulfata ter je obogatena z mikroelementi.

Po sestavi je Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> kemijskega tipa in vsebuje 1,6 g/l natrija, 1,9 g/l hidrogenkarbonata, 1,3 g/l sulfata in 0,5 g/l klorida. Vsebuje tudi 300 mg/l prostega CO<sub>2</sub>, kar je bistveno manj kot mineralna voda Donat.



Pred uporabo se vodi odstrani železo, saj ga vsebuje 270 µg/l.

Termomineralna voda priteka na površje sama, z arteškim pritiskom 2,3 bar. Za povečanje izdatnosti vrtine je na ustju vgrajena centrifugalna "booster" črpalka.

Termomineralna voda je zelo stara deževnica, ki se je infiltrirala v tla pred približno 15.000 leti. Je starejša od mineralne vode in izhaja iz časa relativno toplih klimatskih pogojev, podobnih današnjim.

## GEOLOGICAL SETTINGS

In contrast to the mineral water wells, the RT-1 well is drilled south of the regionally significant Šoštanj Fault Zone. It penetrates a strongly tectonically fractured area whose geological structure is completely different from the northern part from which the Donat water is extracted.

The shallowest part of the area consists of alluvial deposits from the Quaternary period. Clastic sedimentary rocks from the Oligo-Miocene follow down to a depth of 1399 m - clayey and sandy marlstone with intercalations of sandstone and conglomerate. The geothermal aquifer consists of fissured clastic and volcanic rocks from the Middle Triassic - sandstone, dolomitized keratophyre and shale. At a depth of 1568 m, a very poorly permeable clayey siltstone from the Permian and Carboniferous periods was drilled.

The water flows into the cased RT-1 through the filter section. Most of the water flows from fractures between 1399 and 1568 m depth.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermo-mineral water with an average temperature of just over 55 °C contains 5.3 g/l of total dissolved solids and has an almost neutral pH value. It differs significantly from the drinking and mineral waters in the region and has an increased sodium, iron, ammonium, silicic acid and sulfate content and is enriched with trace elements.

It is of the chemical type Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> and contains 1.6 g/l sodium, 1.9 g/l bicarbonate, 1.3 g/l sulfate and 0.5 g/l chloride. It also contains 300 mg/l of free CO<sub>2</sub>, which is significantly less than Donat mineral water.



Iron is removed from the thermal water before its use as it contains 270 µg/l.

The thermo-mineral water flows to the surface under an artesian pressure of 2.3 bar. To increase the capacity of the well, a centrifugal pump was installed at the wellhead.

Thermo-mineral water is very old rainwater that penetrated the ground around 15,000 years ago. It is older than mineral water and comes from a time with relatively warm climatic conditions, similar to today.



Das Thermalwasser enthält 270 µg/l Eisen, das vor der Verwendung aus entfernt wird.

Das thermomineralische Wasser fließt unter einem artesischen Druck von 2,3 bar an die Oberfläche. Um die Kapazität der Bohrung zu erhöhen, wurde eine Zentrifugal-Booster-Pumpe an der Mündung installiert.

Das Thermomineralwasser ist sehr ein altes Regenwasser, das vor etwa 15.000 Jahren in den Boden eingedrungen ist. Es ist älter als das Mineralwasser und stammt aus einer Zeit mit relativ warmen klimatischen Bedingungen, ähnlichen wie heute.

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Im Gegensatz zu den Mineralwasserbohrungen wird die Bohrung RT-1 südlich der regional bedeutsamen Šoštanj-Störungszone gebohrt. Sie dringt in ein stark tektonisch zerklüftetes Gebiet ein, dessen geologische Struktur sich völlig von dem nördlichen Teil unterscheidet, aus dem das Donat-Wasser gewonnen wird.

Der flachste Teil des Gebiets besteht aus alluvialen Ablagerungen aus dem Quartär. Bis zu einer Tiefe von 1399 m folgen klastische Sedimentgesteine aus dem Oligozän und Miozän, das ist der tonige und sandige Mergelstein mit Einschließungen von Sandstein und Konglomerat. Der geothermische Grundwasserleiter besteht aus zerklüfteten klastischen und vulkanischen Gesteinen aus der mittleren Trias, das sind der Sandstein, der dolomitisierte Keratophyr und der Schiefer. In einer Tiefe von 1568 m wurde ein sehr schlecht durchlässiger toniger Schluffstein aus der Perm- und Karbonzeit erbohrt.

Das Wasser fließt durch die Filterstrecke der verrohrten RT-1 Bohrung. Der größte Teil des Wassers fließt aus Klüften in der Tiefe von 1399 bis 1568 m.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das thermomineralische Wasser mit einer Temperatur von knapp über 55 °C enthält 5,3 g/l gelöste Feststoffe und hat einen nahezu neutralen pH-Wert. Es unterscheidet sich deutlich von den Trink- und Mineralwässern der Region und weist einen erhöhten Gehalt an Natrium, Eisen, Ammonium, Kieselsäure und Sulfat auf und ist mit Spurenelementen angereichert.

Es ist vom chemischen Typ Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> und enthält 1,6 g/l Natrium, 1,9 g/l Bikarbonat, 1,3 g/l Sulfat und 0,5 g/l Chlorid. Außerdem enthält es 300 mg/l freies CO<sub>2</sub>, was deutlich weniger ist als bei dem Mineralwasser Donat.

Rogaška Slatina je poznana po z magnezijem in sulfatom bogati mineralni vodi Donat, ki izvira iz vulkanskih, andezitnih kamnin. Sčasoma so želeli raziskati tudi globlje vire, zato so v letih od 1988 do 1990 potekale sistematične geološke in geofizikalne raziskave za izvedbo geotermalne raziskovalne vrtine. V letu 1992 je bila do globline 1701 m izvrtana vrtina RT-1, ki je uspešno zajela termomineralno vodo.

Termomineralna voda s povprečno temperaturo 55,4 °C se uporablja za balneologijo in rekreacijo v kar 800 m oddaljenem Grand hotelu SAVA\*\*\*\*sup. Z njo se ali se je izvajalo direktno polnjenje in s tem tudi ogrevanje bazenov v hotelu, kjer ima bazenska voda med 31 in 36 °C. Odpadna bazenska voda se deklorira in odvaja v javni kanalizacijski sistem.

## Use of Thermal Water

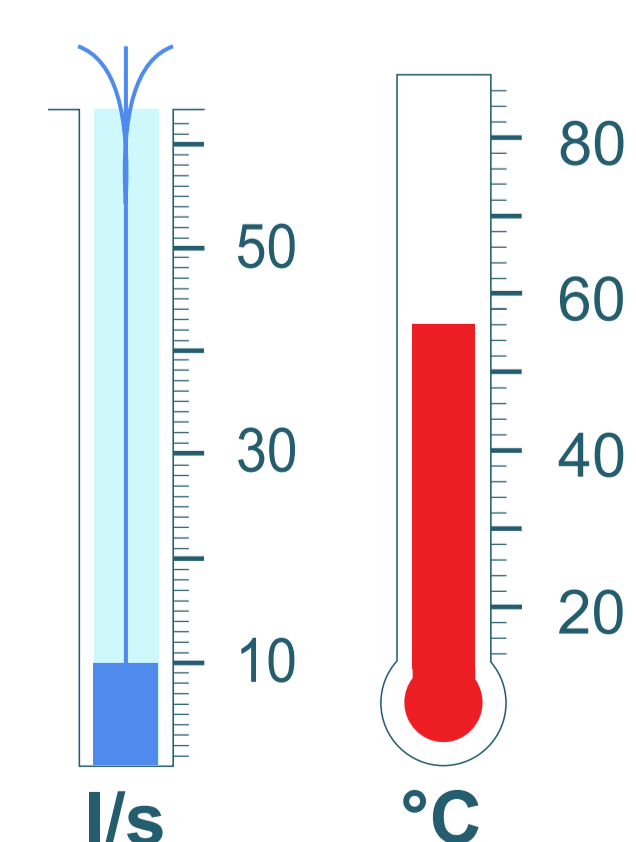
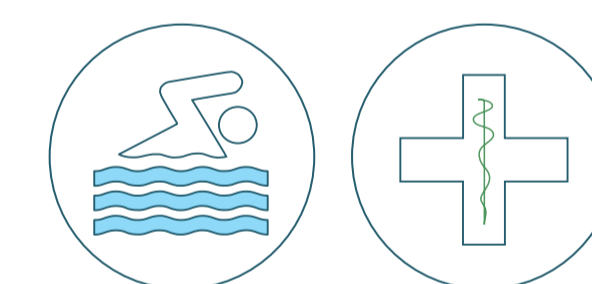
Rogaška Slatina is known for its magnesium- and sulfate-rich Donat mineral water, which is extracted from volcanic andesite rock. These resources inspired an exploration of deeper layers, leading to the implementation of systematic geological and geophysical investigations between 1988 and 1990 to drill a geothermal exploratory well. In 1992, the RT-1 well was drilled to a depth of 1701 m and successfully encountered thermo-mineral water.

The thermo-mineral water with an average temperature of 55.4 °C is used for balneology and recreation in the Grand Hotel SAVA\*\*\*\*sup, 800 m away. It is or was used directly for the filling and heating of the swimming pools in the hotel where the pool water has a temperature of between 31 and 36 °C. The wastewater from the pools is dechlorinated and discharged into the public sewage system.

## Thermalwassernutzung

Rogaška Slatina ist bekannt für sein magnesium- und sulfatreiches Mineralwasser Donat, das aus vulkanischem Andesitgestein gewonnen wird. Diese Ressourcen gaben den Anstoß zur Erkundung tieferer Schichten, so dass zwischen 1988 und 1990 systematische geologische und geophysikalische Untersuchungen durchgeführt wurden, um eine geothermische Forschungsbohrung durchzuführen. Im Jahr 1992 wurde die Bohrung RT-1 bis zu einer Tiefe von 1701 m niedergebracht und stieß erfolgreich auf thermomineralisches Wasser.

Das thermomineralische Wasser mit einer Durchschnittstemperatur von 55,4 °C wird im 800 m entfernten Grand Hotel SAVA\*\*\*\*sup zur Balneologie und Erholung genutzt. Es wird bzw. wurde direkt für die Befüllung und Beheizung der Schwimmbäder im Hotel verwendet, wo das Beckenwasser eine Temperatur zwischen 31 und 36 °C hat. Die Abwässer aus den Schwimmbecken werden entchlort und in die öffentliche Kanalisation eingeleitet.



# geotermalna energija

## Geothermal Energy

## Geothermische Energie



# Terme Šmarješke Toplice

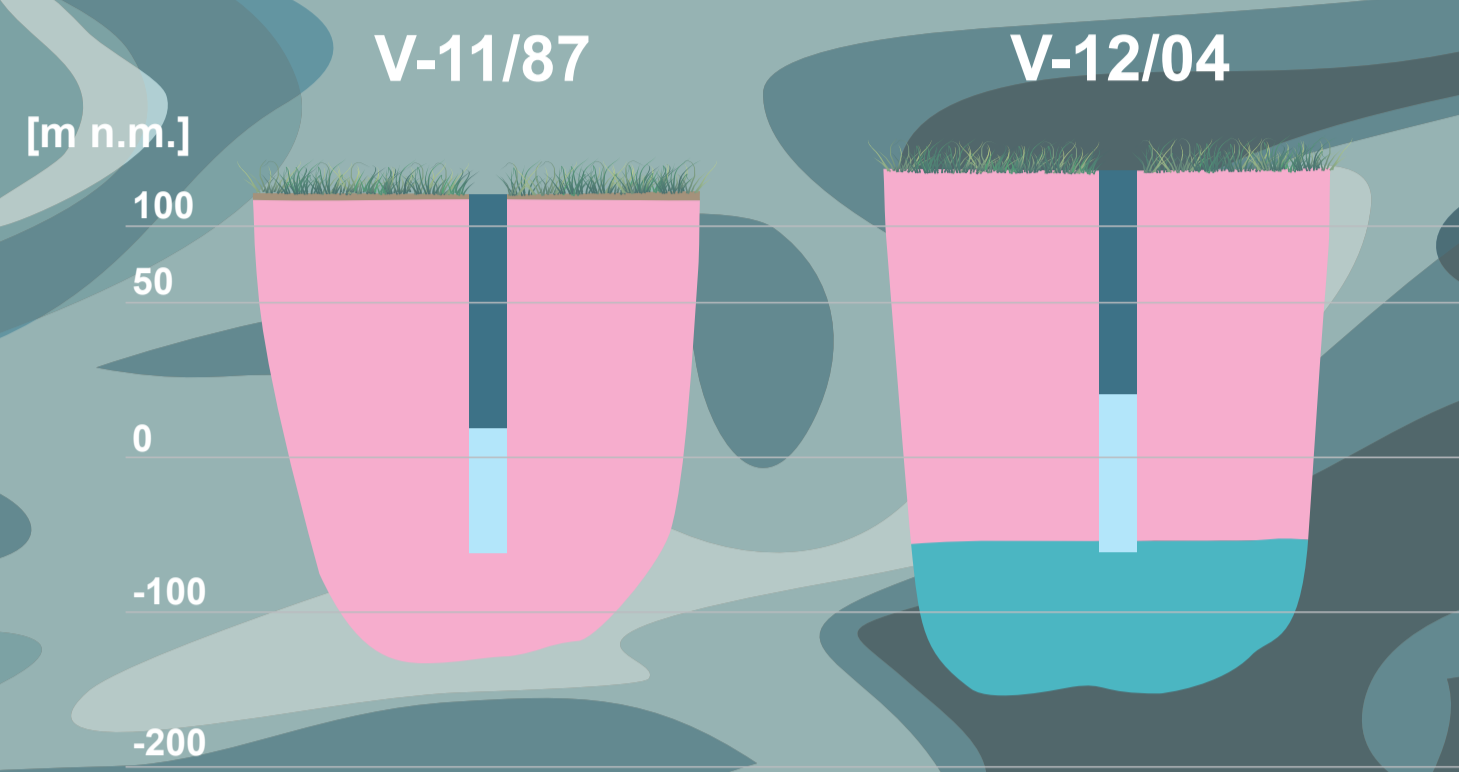
## GEOLOŠKA ZGRADBA

Okolice Šmarjeških Toplic gradi predvsem razpokan triasni dolomit, ki tvori obsežen regionalni vodonosnik. Ob nastajanju Alp je bil narinjen na mlajše, jurske in kredne apnenice, vmes pa je nastala zdobljena, za vodo zelo slabo prepustna narivna cona. Ta preprečuje hitro pronicanje hladne padavinske vode, zato se podzemna voda lahko ogreje. Pretaka se dober kilometer globoko in vsaj nekaj sto let preden priteče na površje kot termalna voda. Izteka skozi zelo prepustna sečišča prelomnih con, ob katerih so nastali tudi termalni izviri v Šmarjeških Toplicah, Klevežu in Jezeru pri Družinski vasi.

Najpomembnejši je Topliški prelom, po katerem je oblikovana struga potoka Toplica. V njegovem zahodnem delu sta bili ob še vedno delujočem izviru leseni bazen izvrtani vrtini V-11/87 in V-12/04, ki sta deloma cevljeni, voda pa priteka skozi spodnji, necevljeni del. Vzhodneje, na sotočju s potokom Prinovec se nahajajo termalni izviri Bajer in nekdanje kopele. Te so opustili, saj se ob padavinah poveča motnost in zniža temperatura vode pod 32 °C. Vrtini teh težav nimata.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termalna voda v Šmarjeških Toplicah je srednje mineralizirana, srednje trda in vsebuje 434 mg/l raztopljenih snovi. V njej prevladujejo kalcijevi (57 mg/l), magnezijevi (30 mg/l) in hidrogenkarbonatni (298 mg/l) ioni, zato je Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa. S pH 7,4 je tipična podzemna voda iz karbonatnih kamnin in po vseh parametrih ustreza kriterijem za pitno vodo. Temperatura vode je 33-35 °C in ni pogojena od intenzivnosti padavin.



*Skrozi Bajer in nekdanje kopele pod parkiriščem še vedno naravno izteka več kot 10 l/s termalne vode. Temperatura vode je med 22 in 32 °C in se zniža ob padavinah.*

*V Jezeru pri Družinski vasi se podzemna voda s temperaturo do 20 °C naravno meša s hladno podzemno vodo. Ta arteški vir pitne vode se uporablja za vodooskrbo novomeške regije.*

## GEOLOGICAL SETTINGS

The area around Šmarješke Toplice consists mainly of fractured Triassic dolomite, which forms an extensive regional aquifer. During the formation of the Alps, it was overlain by younger Jurassic and Cretaceous limestone. In between, there is a fissured and very poorly permeable thrust zone. It prevents cold rainwater from seeping to greater depths quickly so that the groundwater can warm up. It flows for a kilometer deep and at least several hundred years before it outsprings as thermal water. This happens at highly permeable intersections of fault zones where the thermal springs in Šmarješke Toplice, Klevež and Jezero near Družinska vas occur.

The most important is the Toplica Fault, which defines the bed of the Toplica stream. In its western part, next to the still outflowing wooden pool spring, two wells with casing V-11 and V-12 were drilled and gain inflow through the lower open part. Further east, at the confluence with the Prinovec stream, are the Bajer thermal spring and the former baths. They have been abandoned as the turbidity increases and the water temperature drops below 32 °C when it rains. The two boreholes do not suffer from these problems.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermal water in Šmarješke Toplice is moderately mineralized and moderately hard, and contains 434 mg/l of total dissolved substances. It is dominated by calcium (57 mg/l), magnesium (30 mg/l) and bicarbonate (298 mg/l) ions and therefore belongs to the Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> chemical type. With a pH value of 7.4, it is typical of groundwater from carbonate rock and meets the official criteria for drinking water. Its temperature is 33-35 °C and is not dependent on the intensity of precipitation.



*More than 10 l/s of thermal water still discharges naturally in the springs Bajer and the former baths under the parking lot. Their water temperature is between 22 and 32 °C and decreases during rainfall.*

*In Jezero near Družinska vas, groundwater with a temperature of up to 20 °C mixes naturally with cold groundwater. This artesian source is used to supply drinking water to Novo mesto.*



*Mehr als 10 l/s Thermalwasser treten noch immer auf natürliche Weise in den Quellen Bajer und den ehemaligen Bädern unter dem Parkplatz aus. Ihre Wassertemperatur liegt zwischen 22 und 32 °C und nimmt bei Regen ab.*

*In Jezero near Družinska vas, groundwater with a temperature of up to 20 °C mixes naturally with cold groundwater. This artesian source is used to supply drinking water to Novo mesto.*

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Das Gebiet um Šmarješke Toplice besteht hauptsächlich aus zerklüftetem triassischem Dolomit, der einen ausgedehnten regionalen Grundwasserleiter bildet. Während der Entstehung der Alpen wurde er von jüngerem Kalkstein aus dem Jura und der Kreide überlagert. Dazwischen befindet sich eine zerklüftete und sehr schlecht durchlässige Überschiebungszone. Sie verhindert, dass kaltes Regenwasser schnell in größere Tiefen versickern und sich das Grundwasser erwärmen kann. Es fließt einen Kilometer tief und mehrere hundert Jahre lang, bevor es als Thermalwasser austritt. Dies geschieht an hochgradig durchlässigen Überschneidungen von Störungszonen, wo die Thermalquellen in Šmarješke Toplice, Klevež und Jezero bei Družinska vas entspringen.

Die wichtigste ist die Toplica-Störungszone, die das Bett des Toplica-Bachs definiert. In ihrem westlichen Teil, neben der noch immer sprudelnden Holzbadquelle, wurden zwei verrohrte Bohrungen V-11 und V-12, niedergelegt, die durch den unteren offenen Teil Zufluss finden. Weiter östlich, am Zusammenfluss mit dem Bach Prinovec, befinden sich die Thermalquelle Bajer und die ehemaligen Bäder. Sie wurden aufgegeben, da die Trübung bei Regen zunimmt und die Wassertemperatur unter 32 °C sinkt. Die beiden Bohrörter haben diese Probleme nicht.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das Thermalwasser in Šmarješke Toplice ist mäßig mineralisiert und mäßig hart und enthält insgesamt 434 mg/l an gelösten Stoffen. Es wird von Kalzium- (57 mg/l), Magnesium- (30 mg/l) und Bikarbonationen (298 mg/l) dominiert und gehört damit zum chemischen Typ Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>. Mit einem pH-Wert von 7,4 ist es typisches Grundwasser aus Karbonatgestein und erfüllt die offiziellen Kriterien für Trinkwasser. Seine Temperatur liegt bei 33-35 °C und ist nicht von der Intensität der Niederschläge abhängig.

Termalni izviri v Šmarjeških Toplicah so zajeti že stoletja. Razvoj zdraviliškega turizma se je pričel po 1. svetovni vojni, ko so obnovili lesen bazen (Marijina kopalnica) in dodali Petrovo in Aleksandrovo kopalnico oziroma mali in veliki pokriti bazeni. Znanstvene raziskave za zajem termalne vode z vrtinami so se pričele leta 1957 in izvrtanih je bilo 19 plitvih ter 18 globljih vrtin. Najgloblja s 517 metri je neaktivna vrtina V-8 iz leta 1973, katere ustje je še vidno med sotočjema potokov Toplica in Prinovec.

Danes se termalna voda uporablja iz dveh vrtin. Leta 1987 je bila izvrtana 227 m globoka vrtina V-11, ki se od leta 2010 uporablja za bazensko in sanitarno vodo ter ogrevanje kompleksa term. Leta 2004 je bila le 60 m stran izvrtana V-12, ki je od leta 2014 speljana do Wellness centra Otočec, kjer polni bazene in ogreva hotel. Le 18 m globoka V-9 iz leta 1975 je opazovalna vrtina.

## Use of Thermal Water

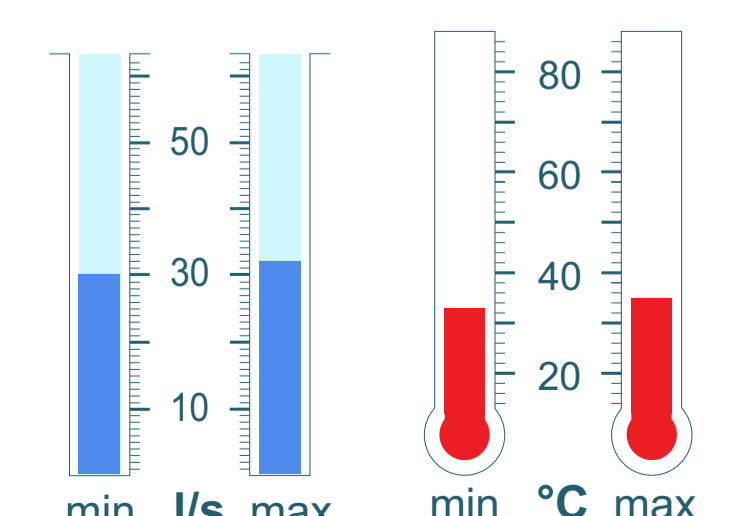
The thermal springs in Šmarješke Toplice are used for centuries. The development of spa tourism began after the First World War when the wooden pool (Mary's Bath) was renovated and the Peter's and Alexander's Baths, the small and large indoor pools, respectively, were constructed. Scientific research for extraction of thermal water by drilling began in 1957 and 19 shallow and 18 deeper boreholes were drilled. The deepest one with a depth of 517 meters is the inactive V-8 from 1973, the wellhead of which is still visible between the confluence of the Toplica and Prinovec streams.

Today, the thermal water from two wells is used. In 1987, the 227 m deep well V-11 was drilled, which has been used in swimming pools as sanitary water and for heating the spa complex since 2010. In 2004, V-12 was drilled just 60 m away, which has been used since 2014 at the Otočec Wellness Center, where it fills the swimming pools and heats the hotel. The V-9, which was drilled in 1975 and is only 18 m deep, is an observation well.

## Thermalwassernutzung

Die Thermalquellen in Šmarješke Toplice werden seit Jahrhunderten genutzt. Die Entwicklung des Kurtourismus begann nach dem Ersten Weltkrieg, als das hölzerne Becken (Marienbad) renoviert und das kleine und das große Hallenbad (Peter- und Alexanderbad) gebaut wurden. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Gewinnung von Thermalwasser durch Bohrungen begannen 1957, und es wurden 19 flache und 18 tiefere Bohrlöcher niedergebracht. Die tiefste Bohrung mit einer Tiefe von 517 Metern ist die inaktive V-8 aus dem Jahr 1973, deren Bohrlochmündung noch immer zwischen dem Zusammenfluss der Bäche Toplica und Prinovec zu sehen ist.

Heute wird das Thermalwasser aus zwei Bohrungen genutzt. Im Jahr 1987 wurde die 227 m tiefe V-11 gebohrt, die seit 2010 in Schwimmbädern und als Brauchwasser sowie zur Beheizung des Kurortes genutzt wird. Im Jahr 2004 wurde in nur 60 m Entfernung die Bohrung V-12 gebohrt, die seit 2014 im Wellnesszentrum Otočec genutzt wird, wo sie die Schwimmbäder füllt, und das Hotel beheizt. Die V-9, die 1975 gebohrt wurde und nur 18 m tief ist, ist eine Beobachtungsbohrung.



# geotermalna energija

Geothermal Energy  
Geothermische Energie



# Terme Snovik

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Geotermalni vodonosnik Vaseno-Snovik tvori razpokan srednjetriasni dolomit. Na območju geotermalnih vrtin ga pod tankim nanosom proda z glino do globine 120 m in več prekrivajo skrilavi glinavci in muljasti peščenjaki srednjetriasne Psevdoziljske formacije. Te slabo vodoprepustne kamnine predstavljajo termični pokrov, ki preprečuje hitro pronicanje hladne podzemne vode v večje globine in tako omogoča nastanek termalne vode. Severno, v vrtini V-15 je nad temi kamninami navrtan še peščen lapor miocenske starosti.

Termalna voda se pretaka proti vzhodu in je vezana na območje zelo razpokanih prelomnih con. Na površje izteka iz globine okoli 1500 m, najlaže na sečišču več prelomnih con. Tako so nastali tudi termalni izviri ob potoku Nevljica, ki se pojavljajo od mostu pri žagi do opuščene kovačnice. Uporabljene vrtine so cevljene, z odprtim odsekom oziroma filtri za dotok vode.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

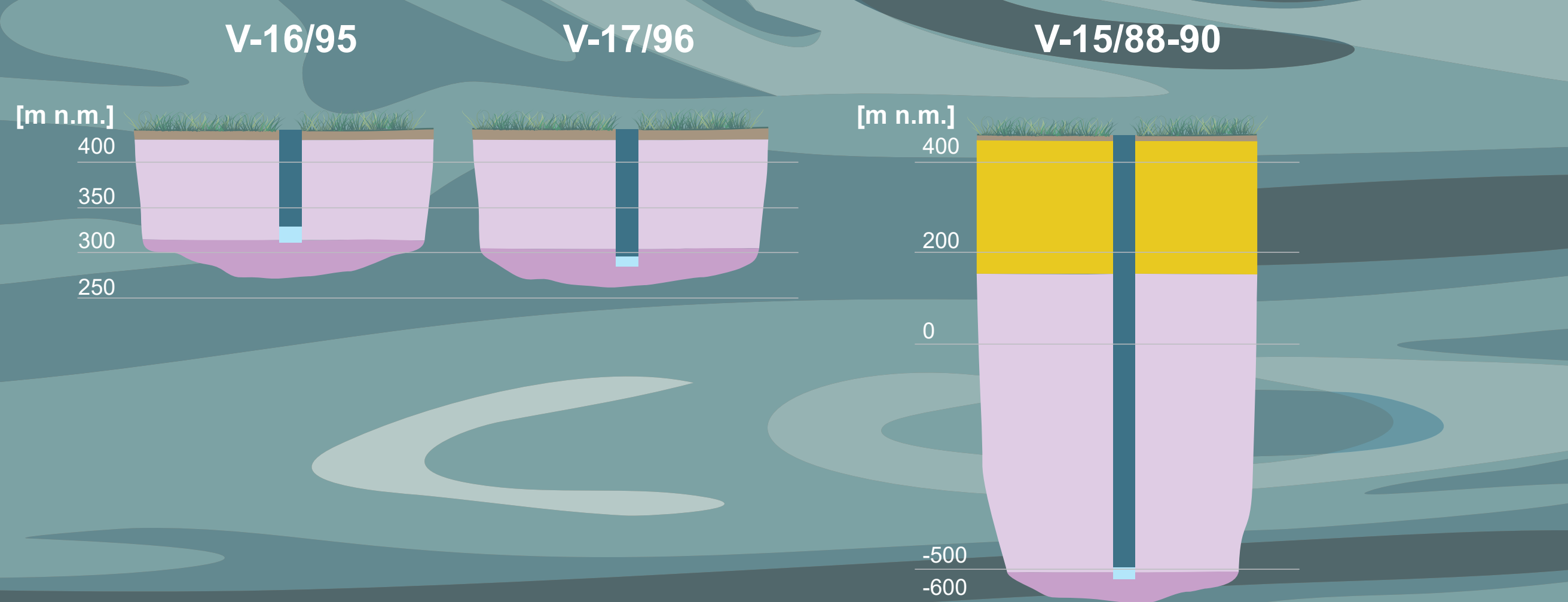
Termalna voda s temperaturo 28 do 30 °C je pitna voda. Vsebuje približno 350 mg/l skupnih raztopljenih snovi, kar jo uvršča med srednje mineralizirane vode. V termalni vodi prevladujejo kalcijevi (40 mg/l), magnezijevi (24 mg/l) in hidrojenkarbonatni (275 mg/l) ioni, zato pripada Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> kemijskemu tipu vode. Vsebuje tudi 15 mg/l sulfatnega iona. Njena sestava kaže, da raztaplja predvsem dolomit.

Termalna voda je po izvoru deževnica, ki je imela v času infiltracije v tla temperaturo 8,4 ± 0,6 °C.

“**Termalna voda se meša s svežo, plitvo podzemno vodo. Ko je veliko padavin ali je črpanje veliko, se ji temperatura zniža tudi le na 20 °C.**

**Večina so vrtine imele dotoke z najvišjo temperaturo vode blizu površja. Z globino in oddaljenostjo od prelomnih con se njena temperatura znižuje. To se zgodi, ko vrtina prevrta prelomno cono z aktivnim tokom termalne vode in gre še globlje. Tak primer je vrtina V-14 iz leta 1983, kjer je bilo na 140 m globine izmerjenih 29,6 °C, na 270 m pa le še 23,7 °C.**

**Preliv iz 104 m globoke arteške vrtine V-11 iz leta 1973 je speljan do izletniške točke, kjer je prosto dostopna za pitje.**



## GEOLOGICAL SETTINGS

The Vaseno-Snovik geothermal aquifer consists of fissured Middle Triassic dolomite. At geothermal wells, it is overlain to a depth of 120 m and more by shale and muddy sandstone of the Middle Triassic Pseudozilian Formation under a thin layer of gravel with clay. These poorly permeable rocks form a thermally insulating cap that prevents the rapid percolation of cold groundwater to greater depths and thus enables the formation of thermal water. In the north, in V-15, sandy marl from the Miocene period is drilled in between.

The thermal water flows to the east and is associated with highly fractured fault zones. It outflows to the surface from a depth of around 1.5 km, most easily at the intersection of several fault zones. Thermal springs along the Nevljica stream occurred this way, which occur from the bridge by the sawmill to the abandoned smithy. The cased wells have an open section or filters for water inflow.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

Thermal water with a temperature of 28 to 30 °C is drinking water quality. It contains about 350 mg/l of total dissolved solids, which classifies it as moderately mineralized water. It is dominated by calcium (40 mg/l), magnesium (24 mg/l) and bicarbonate (275 mg/l) ions and therefore belongs to the chemical type Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> water. It contains 15 mg/l of sulfate ions. Its composition shows that it mainly dissolves dolomite.

The thermal water is originally a rainwater that had a temperature of 8.4 ± 0.6 °C at the time it entered the ground.

“**Most wells had inflows with the highest water temperatures near the surface. The temperature decreases with depth and distance from the fault zones. This happens when a well penetrates a fault zone with an active thermal water flow and goes even deeper. An example is V-14 from 1983, where 29.6 °C was measured at a depth of 140 m and only 23.7 °C at a depth of 270 m.**

**Thermal water is mixed with fresh shallow groundwater. When it rains a lot or is over-pumped, its temperature drops to as low as 20 °C.**

**The artesian outflow from the 104 m deep well V-11 from 1973 is freely accessible for drinking at a view point.**

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Der geothermische Grundwasserleiter Vaseno-Snovik besteht aus zerklüftetem Dolomit aus der mittleren Trias. Bei den geothermischen Bohrungen wird er bis zu einer Tiefe von 120 m und mehr von Schiefer und schlammigem Sandstein der mitteltriassischen Pseudozilian-Formation unter einer dünnen Schicht aus Kies mit Ton überlagert. Diese schlecht durchlässigen Gesteine bilden eine wärmeisolierende Decke, die das schnelle Versickern von kaltem Grundwasser in größere Tiefen verhindert und so die Bildung von Thermalwasser ermöglicht. Im Norden, in der Bohrung V-15, wird dazwischen sandiger Mergel aus dem Miozän erbohrt. Das Thermalwasser fließt in Richtung Osten und ist mit stark zerklüfteten Störungszonen verbunden. Es strömt aus einer Tiefe von etwa 1,5 km an die Oberfläche, am leichtesten am Schnittpunkt mehrerer Störungszonen. Auf diese Weise entstanden Thermalquellen entlang des Baches Nevljica, die von der Brücke beim Sägewerk bis zur verlassenen Schmiede reichen. Die verrohrten Brunnen haben einen offenen Abschnitt oder Filter für den Wasserlauf.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das Thermalwasser mit einer Temperatur von 28 bis 30 °C hat Trinkwasserqualität. Es enthält etwa 350 mg/l an gelösten Feststoffen, was es als mäßig mineralisiertes Wasser einstuft. Es wird von Kalzium- (40 mg/l), Magnesium- (24 mg/l) und Bikarbonationen (275 mg/l) dominiert und gehört daher zum chemischen Typ Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Wasser. Es enthält auch 15 mg/l an Sulfationen. Seine Zusammensetzung zeigt, dass es hauptsächlich Dolomit auflöst.

Bei dem Thermalwasser handelt es sich ursprünglich um ein Regenwasser, das zum Zeitpunkt seines Eintretens in den Boden eine Temperatur von 8,4 ± 0,6 °C hatte.

“**Die meisten Brunnen hatten Zuflüsse mit den höchsten Wassertemperaturen nahe der Oberfläche. Die Temperatur nimmt mit der Tiefe und der Entfernung von den Störungszonen ab. Dies geschieht, wenn eine Bohrung in eine Störungszone mit einem aktiven Thermalwasserfluss eindringt und noch tiefer geht. Ein Beispiel ist dafür die Bohrung V-14 aus dem Jahr 1983, wo in 140 m Tiefe 29,6 °C und in 270 m Tiefe nur noch 23,7 °C gemessen wurden.**

**Das Thermalwasser wird mit frischem, flachem Grundwasser vermischt. Wenn es viel regnet oder zu viel gepumpt wird, sinkt seine Temperatur auf bis zu 20 °C.**

**Der artesianische Abfluss aus der 104 m tiefen Bohrung V-11 aus dem Jahr 1973 ist zu einem Aussichtspunkt geleitet und als Trinkstation frei zugänglich.**

Prve meritve temperature termalne vode in izdelava plitvih, ročnih vrtin na območju naravnih termalnih izvirov v Vasenu so potekale v letu 1953. Med letoma 1972 in 1990 je bilo izvrtnih 15 raziskovalnih vrtin. Najgloblja ima 983 m in to je V-15 iz leta 1990. Leta 1994 so v Snoviku postavili prvi, leseni bazen. Leta 1995 so v naselju Potok pri Vasenu izvrtali 124 m globoko vrtino V-16, leta 1996 pa še 151 m globoko V-17, z vodo temperature do 30 °C. Leta 2001 je bil odprt notranji termalni bazen, leta 2003 pa še nov zunanji bazen.

Termalna voda iz vrtin V-16 in V-17 se uporablja za balneologijo in bazensko vodo, iz V-15 pa kot sanitarna in pitna voda. Pred uporabo se vsa termalna voda dogreva na 32-55 °C, odvisno od potrebe. Toplotna črpalka voda – voda s toploto odpadne bazenske vode dogreva bazene. Večino toplote za ogrevanje term, sanitarne in bazenske vode se pridobi iz kotlovnice na biomaso in sončnih vakuumskih sprejemnikov. Toplotna črpalka zrak – voda ogreva prostore z rekuperacijo toplote iz zraka.

## Use of Thermal Water

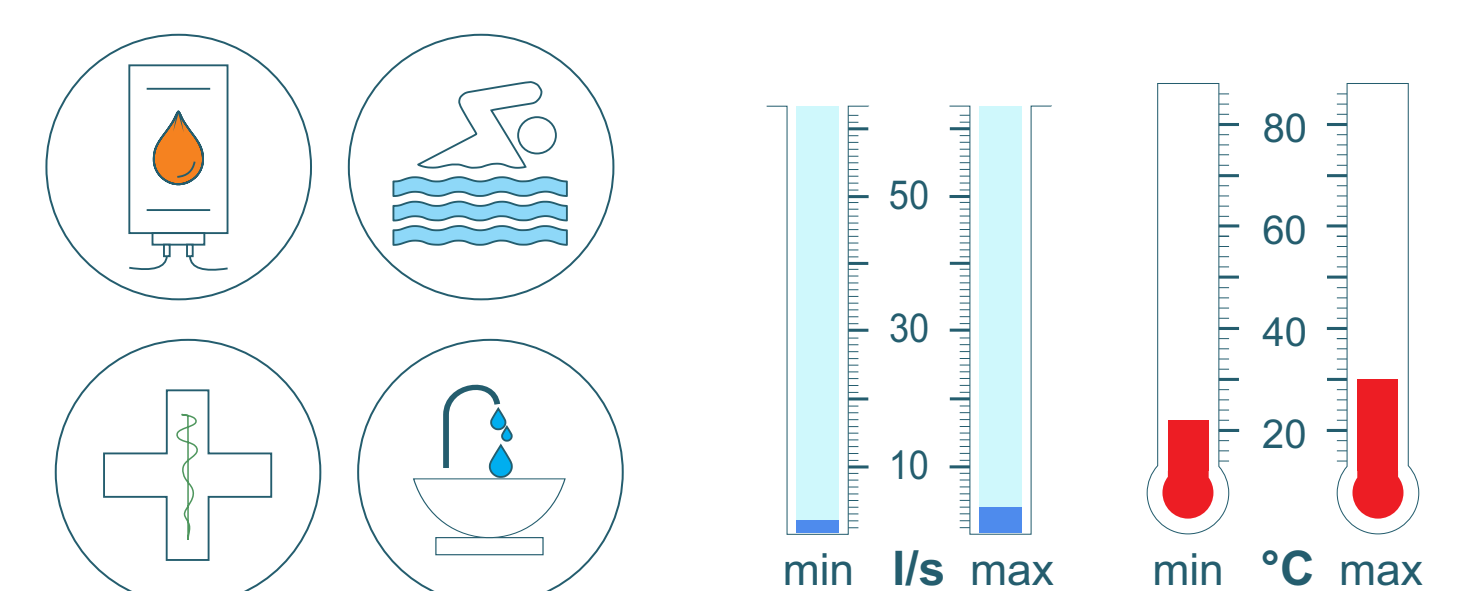
In 1953, researchers conducted the first measurements of thermal water temperature and dug shallow wells in the surroundings of the natural thermal springs in Vaseno. Between 1972 and 1990, 15 exploratory wells were drilled. The deepest one is 983 m deep, V-15 from 1990. In 1994, the first wooden swimming pool was built in Snovik. In 1995, the 124 m deep well V-16 was drilled in Potok near Vaseno and in 1996 the 151 m deep V-17 with water temperatures of up to 30 °C. An indoor thermal pool was opened in 2001 and a new outdoor pool was added in 2003.

The thermal water from wells V-16 and V-17 is used for balneology and in swimming pools, while the water from V-15 is used as sanitary and drinking water. Before use, all the thermal water is heated to 32-55 °C. The heat pump heats the pools with the heat from the previous pool wastewater. Most of the heat for heating the spa, sanitary and pool water is obtained from the biomass boiler and the solar vacuum receivers. The air-water heat pump heats the rooms by recovering heat from the ambient air.

## Thermalwassernutzung

Im Jahr 1953 führten Forscher die ersten Messungen der Temperatur des Thermalwassers durch und bohrten in der Umgebung der natürlichen Thermalquellen in Vaseno flache Bohrlöcher. Zwischen 1972 und 1990 wurden 15 Forschungsbrunnen niedergebracht. Die tiefste Brunnen V-15 aus dem Jahr 1990 ist 983 m tief. 1994 wurde das erste Holzschwimmbad in Snovik gebaut. 1995 wurde die 124 m tiefe Brunnen V-16 in Potok bei Vaseno niedergebracht und 1996 die 151 m tiefe V-17 mit Wassertemperaturen von bis zu 30 °C. Im Jahr 2001 wurde ein Thermalhallenbad eröffnet und 2003 kam ein neues Außenbecken hinzu.

Das Thermalwasser aus den Brunnen V-16 und V-17 wird für die Balneologie und in Schwimmbädern verwendet, während das Wasser aus V-15 als Sanitär- und Trinkwasser genutzt wird. Vor der Nutzung wird das gesamte Thermalwasser auf 32-55 °C erwärmt. Die Wärmepumpe heizt die Becken mit der Wärme des vorherigen Beckenabwassers. Der größte Teil der Wärme für die Erwärmung des Spa-, Sanitär- und Poolwassers wird aus dem Biomassekessel und den Solar-Vakuumreceivern gewonnen. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe heizt die Räume durch Rückgewinnung der Wärme aus der Umgebungsluft.



geotermalna energija  
Geothermal Energy  
Geothermische Energie

# Terme 3000

## GEOLOŠKA ZGRADBA

V Panonskem bazenu se že več kot 16 milijonov let odlagajo sedimenti, ki so z globino vse bolj sprjeti in slabše prepustni. Z naraščanjem globine se zvišuje temperatura pod površja in s tem tudi temperatura podzemne vode, hitrost toka podzemne vode pa upada.

Najpljitveje, do 15 m globine se nahaja kvartarni prodni vodonosnik s pitno vodo. Sledijo mu pliocenski peski in melji Ptujsko-gradjske formacije, ki je nastala v rečnem okolju in iz katere se pridobiva tehnološka voda. Zgornjemiocenski peščeni melji z lečami in plastmi premoga, ki so nastali v deltni ravnici Murske formacije, niso ekonomsko zanimivi. Termalna voda je opazno ogreta šele v deltnem čelu Murske formacije, ki je nastala v jezerskem okolju. To so nekaj sto metrov debele plasti slabo sprjetih kremenovih peskov in meljev, ki se bolj ali manj zvezno raztezajo še na Madžarsko, Hrvaško in Avstrijo. Vanje posegajo odprtine, t.i. filtri, treh geotermalnih vrtin, iz katerih se pridobiva t.i. »bela voda«. Tri globlje cevljene vrtine segajo v globljemorske turbiditne peščenjake Lendavske formacije in peščene apnenice Špiljske formacije, ki so nastali v plitvem Panonskem morju. Iz njih arteško priteka črna termo-mineralna voda. V teh plasteh se v majhni količini nahajata tudi nafta in zemeljski plin. Pod to plastjo pa se nahajajo metamorfne kamnine Kobanske formacije.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

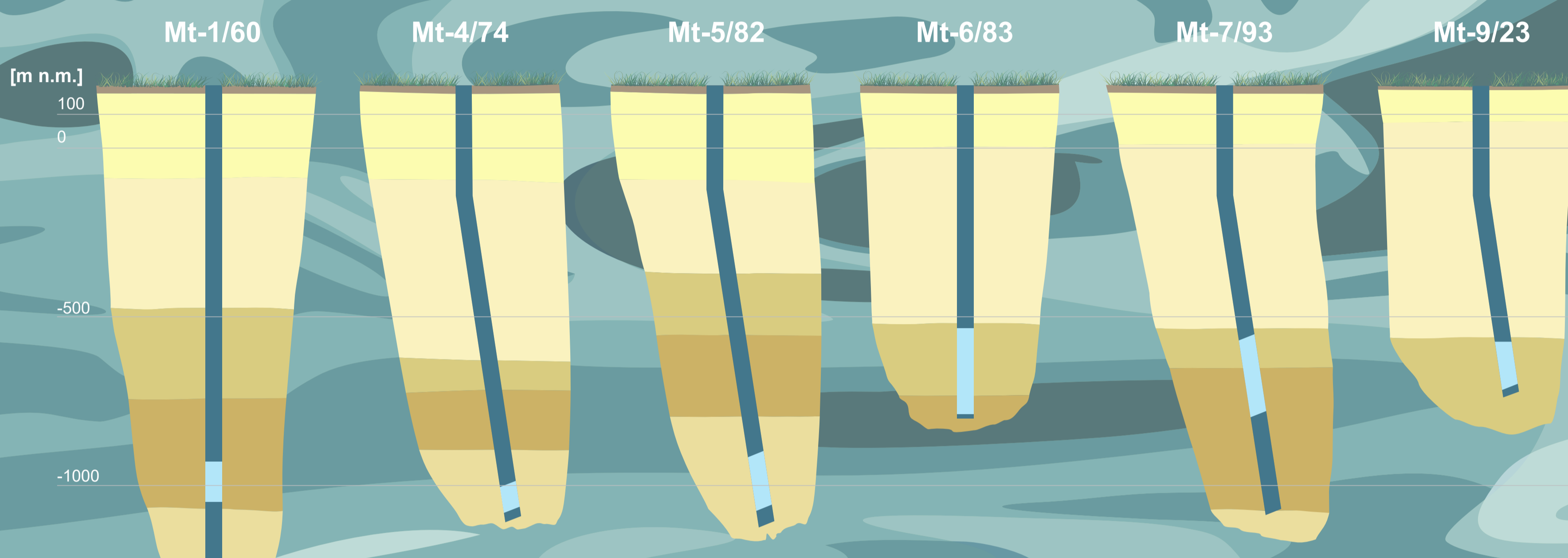
Z globino se podaljšuje zadrževalni čas podzemne vode in raste količina raztopljenih snovi in plina. »Bela« voda z do 60 °C je Na-HCO<sub>3</sub> tipa in vsebuje do približno 1.200 mg raztopljenih snovi na liter in le malo prostih plinov, kar jo že uvršča med termo-mineralne vode. Stara je nekaj deset tisoč let.

Črna termo-mineralna voda s 75 °C je še starejša razredčena slanica Na-Cl-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa. Vsebuje do 15 g/l skupnih raztopljenih snovi, nekaj nafte in drugih ogljikovodikov ter zelo veliko prostega CO<sub>2</sub>. Tega pred uporabo vode odstranjujejo z razplinjevalci, ob tem pa se pogosto izloča oborina kalcita.



Črna termo-mineralna voda je bila že leta 1964 razglašena za naravno zdravilno sredstvo. Ko pride v stik z atmosfero, se zaradi oksidacije tvorijo značilni temni kosmi železovega sulfida, ki ji dajo črno barvo.

Vas Moravci so leta 1983 zaradi rabe termo-mineralne vode in razvoja term preimenovali v Moravske Toplice.



## GEOLOGICAL SETTINGS

The sediments have been depositing in the Pannonian Basin for more than 16 million years. They become more compacted and less permeable with increasing depth. With increasing depth, the temperature rises and with it the temperature of the groundwater also, and its flow velocity decreases.

The shallowest 15 m form the Quaternary gravel aquifer with drinking water. It is followed by the Pliocene sand and clay of the Ptuj-Grad Formation, which was formed in a fluvial environment and from which water for industrial use is extracted. The Upper Miocene sandy silt contains lenses and seams of coal and was formed in the deltaic plain of the Mura Formation and holds no economic interest. Only in the delta front Mura Formation, which was formed in a lacustrine environment, is the thermal water noticeably heated. These several hundred-meter-thick layers of poorly lithified quartz sand extend continuously to Hungary, Croatia and Austria. It is penetrated by the producing - filter zone of three geothermal wells from which the so-called white water is extracted. The three cased wells penetrate deeper aquifers: the deep marine turbiditic sandstone of the Lendava Formation and the sandy limestone of the Špilje Formation, which was formed in the shallow Pannonian Sea. Black thermo-mineral water flows artesian from them. These layers also contain small quantities of crude oil and natural gas. Below this layer, there are metamorphic rocks of the Kobansko Formation.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The residence time and the amount of total dissolved solids and gases in groundwater increase with depth. White water with up to 60 °C is of the Na-HCO<sub>3</sub> type and contains up to about 1,200 mg of total dissolved solids per liter, which already classifies it as thermo-mineral water, and has very little free gas. It is several tens of thousands of years old.

The black thermo-mineral water with 75 °C is an even older diluted brine of the chemical type Na-Cl-HCO<sub>3</sub>. It contains up to 15 g/l of dissolved solids, some crude oil and other hydrocarbons and a lot of free CO<sub>2</sub>. This is removed by degassing before the water is used, often causing calcite scaling.



Black thermo-mineral water was declared a natural remedy as early as 1964. When it comes into contact with the atmosphere, oxidation produces the characteristic dark iron sulfide flakes that give it its black color.

Moravci was renamed Moravske Toplice in 1983. The reason for this was the use of thermo-mineral water and the development of thermal baths.

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Die Sedimente lagern sich im Pannonischen Becken seit mehr als 16 Millionen Jahren ab. Sie werden mit zunehmender Tiefe immer kompakter und weniger durchlässig. Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur und damit auch die Temperatur des Grundwassers, seine Fließgeschwindigkeit nimmt aber ab.

Die obersten 15 m bilden den quartären Schottergrundwasserleiter mit Trinkwasser. Daran schließt sich der pliozäne Sand und Ton der Ptuj-Grad-Formation an, die in einem fluvialen Umfeld entstanden ist und aus der Wasser für die industrielle Nutzung gewonnen wird. Der sandige Schluff mit Kohlelinsen und -schichten aus dem oberen Miozän, entstand in der Deltaebene der Mur-Formation und ist wirtschaftlich uninteressant. Nur in der Deltafront der Mur-Formation, die sich in einer Stillwasserumgebung gebildet hat, ist das Thermalwasser deutlicher erwärmt. Diese mehrere hundert Meter mächtigen Schichten aus schwach verfestigtem Quarzsand erstrecken sich kontinuierlich bis nach Ungarn, Kroatien und Österreich. Sie werden von der Förder- und Filterzone dreier geothermischer Bohrungen durchdrungen, aus denen das so genannte »Weißwasser« gewonnen wird. Die drei verrohrten Bohrungen dringen in tiefere Grundwasserleiter ein: in den tiefen marinen turbiditische Sandstein der Lendava-Formation und in den sandigen Kalkstein der Špilje-Formation, der im flachen Pannonischen Meer entstanden ist. Aus ihnen fließt artesisches schwarzes thermomineralisches Wasser. Diese Schichten enthalten auch geringe Mengen an Erdöl und Erdgas. Unterhalb dieser Schichten befinden sich metamorphe Gesteine der Kobansko-Formation.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Die Verweilzeit und die Menge der gesamten gelösten Feststoffe und Gase im Grundwasser nehmen mit der Tiefe zu. Das Weißwasser mit bis zu 60 °C ist vom Typ Na-HCO<sub>3</sub> und enthält bis zu etwa 1.200 mg gelöste Feststoffe pro Liter und sehr wenig freies Gas, was es bereits als thermomineralisches Wasser klassifiziert. Es ist mehrere zehntausend Jahre alt.

Das schwarze thermomineralische Wasser mit 75 °C ist eine noch ältere verdünnte Salzlösung des chemischen Typs Na-Cl-HCO<sub>3</sub>. Es enthält bis zu 15 g/l gelöste Feststoffe, etwas Erdöl und andere Kohlenwasserstoffe und viel freies CO<sub>2</sub>. Dieses wird durch Entgasung entfernt, bevor das Wasser verwendet wird, was häufig zu Kalkablagerungen führt.



Das schwarze thermomineralische Wasser wurde bereits 1964 zum Naturheilmittel erklärt. Wenn es mit der Atmosphäre in Berührung kommt, entstehen durch Oxidation die charakteristischen dunklen Eisensulfid-flocken, die seine schwarze Farbe bestimmen.

Das Dorf Moravci wurde 1983 aufgrund der Verwendung von thermomineralischem Wasser und der Entwicklung von Thermalbädern in Moravske Toplice umbenannt.

Uporaba termalne vode

Temeljni kamen Moravskih Toplic sega v leto 1960, ko so pri iskanju nafte na globini do 1467 m naleteli na termo-mineralno vodo. Vrtina Mt-1 še vedno obratuje in je zavarovana kot spominsko mesto slovenske naftne industrije. Naslednji dve vrtini sta bili izvrtani poševno, kar je v Sloveniji izredno redko. Leta 1983 je bila izvrtana prva namenska geotermalna vrtina v Moravskih Toplicah - Mt-6. V letu 1993 izvrtana vrtina Mt-7 je bila prva vrtina v Sloveniji, namenjena vračanju energetske izrabljene termalne vode; danes se uporablja za proizvodnjo termalne vode. Leta 2003 se je odprl bazenski kompleks in Terme Moravske Toplice se je preimenovalo v Terme 3000.

Terme imajo zelo zanimivo zaporedno energetsko izrabo termalne vode. V prvi fazi preko toplotnih izmenjevalcev ogreva zdraviliški in kopališki kompleks. V drugi fazi del ohlajene vode s 45 °C neposredno ogreva natur in termalne bazene, katerih odpadna voda ima manj kot 30 °C. Odpadna termalna voda se pred izpustom v okolje prečisti in ohladi. Preostanek ohlajene vode preko toplotnih izmenjevalcev posredno ogreva preostale bazene in predgreva sanitarno vodo ter zrak. Ta odpadna voda ima približno 40 °C in v tretji fazi ogreva 1 ha rastlinjaka paradižnika GREDE d.o.o. V letu 2023 je bila zgrajena nova reinjekcijska vrtina Mt-9, ki bo del odpadne termalne vode vračala nazaj v vodonosnik.

## Use of Thermal Water

In 1960, Moravske Toplice thermal area was founded upon the discovery of thermo-mineral water at depths of up to 1467 meters during oil exploration. The Mt-1 well is still in operation and is protected as a memorial to the Slovenian oil industry. The next two wells were drilled at an angle, which is extremely rare in Slovenia, still looking for hydrocarbons. In 1983, the first geothermal well was drilled - Mt-6. The well Mt-7 was drilled in 1993, being the first one in Slovenia planned to return energy-depleted thermal water back into the aquifer. Today it is used for thermal water production. In 2003, a swimming pool complex was opened and Terme Moravske Toplice was renamed Terme 3000.

The thermal baths have a very interesting cascade use. In the first phase, thermal water heats the spa and bath complex via heat exchangers. In the second phase, part of the energy depleted water with 45 °C directly heats the natural and thermal pools. This wastewater is below 30 °C and is treated and cooled before being discharged into the environment. The rest of the water with 45 °C indirectly heats the other pools via heat exchangers and preheats the sanitary water and air. In a third stage, the wastewater with a temperature of around 40 °C heats 1 ha of the tomato greenhouse of GREDE Ltd. In 2023, a new reinjection well Mt-9 was drilled.

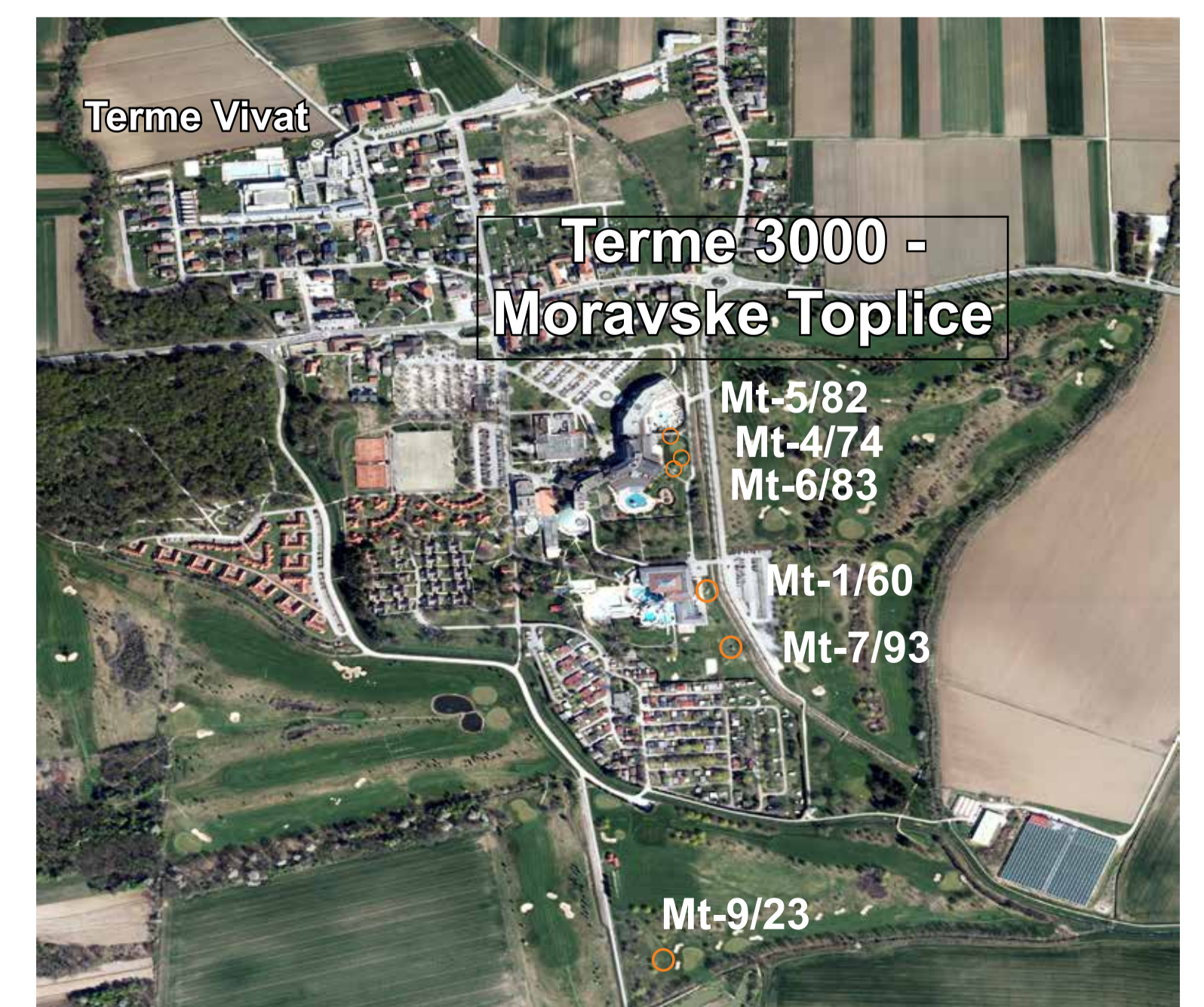
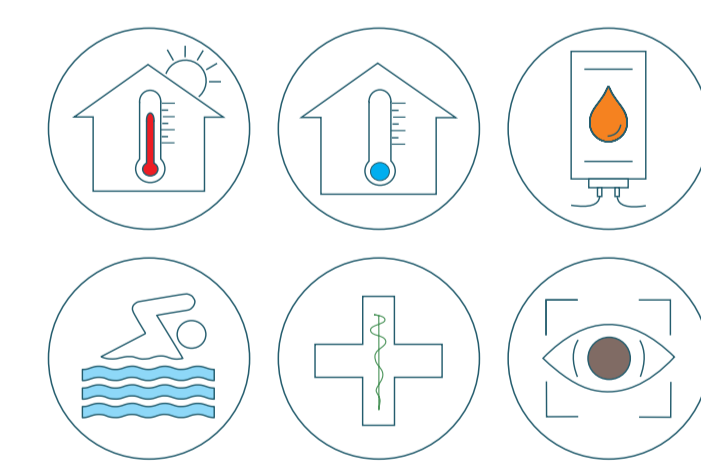
## Thermalwassernutzung

Das Thermalgebiet Moravske Toplice wurde 1960 gegründet, als bei Erdölbohrungen in einer Tiefe von bis zu 1467 Metern thermomineralisches Wasser entdeckt wurde. Die Bohrung Mt-1 ist noch immer in Betrieb und steht als Denkmal für die slowenische Ölindustrie unter Schutz. Die nächsten beiden Bohrungen wurden unter einem Winkel gebohrt, was für Slowenien äußerst selten ist. Im Jahr 1983 wurde die erste geothermische Bohrung - Mt-6 - niedergebracht. Die Bohrung Mt-7 wurde 1993 niedergebracht und war die erste Bohrung in Slowenien, die dazu diente, energiearmes Thermalwasser in den Grundwasserleiter zurückzuführen. Heute wird sie für die Produktion von Thermalwasser genutzt. Im Jahr 2003 wurde ein Schwimmbadkomplex eröffnet und die Terme Moravske Toplice wurde in Terme 3000 umbenannt.

Die Thermalbäder verfügen über eine sehr interessante Energienutzung des Thermalwassers in mehreren Stufen. In der ersten Stufe wird der Kur- und Badekomplex über Wärmetauscher beheizt. In der zweiten Stufe beheizt ein Teil des energiearmen Wassers mit 45 °C direkt die Natur- und Thermalbecken. Dieses Abwasser hat eine Temperatur von weniger als 30 °C und wird aufbereitet und abgekühlt, bevor es in die Umwelt abgeleitet wird. Der Rest des 45 °C warmen Wassers beheizt indirekt über Wärmetauscher die anderen Becken und wärmt das Sanitärwasser und die Luft vor. In einer dritten Stufe beheizt das Abwasser mit einer Temperatur von etwa 40 °C 1 ha des Tomatengewächshauses GREDE Ltd. Im Jahr 2023 wurde eine neue Reinjektionsbohrung Mt-9 niedergebracht.

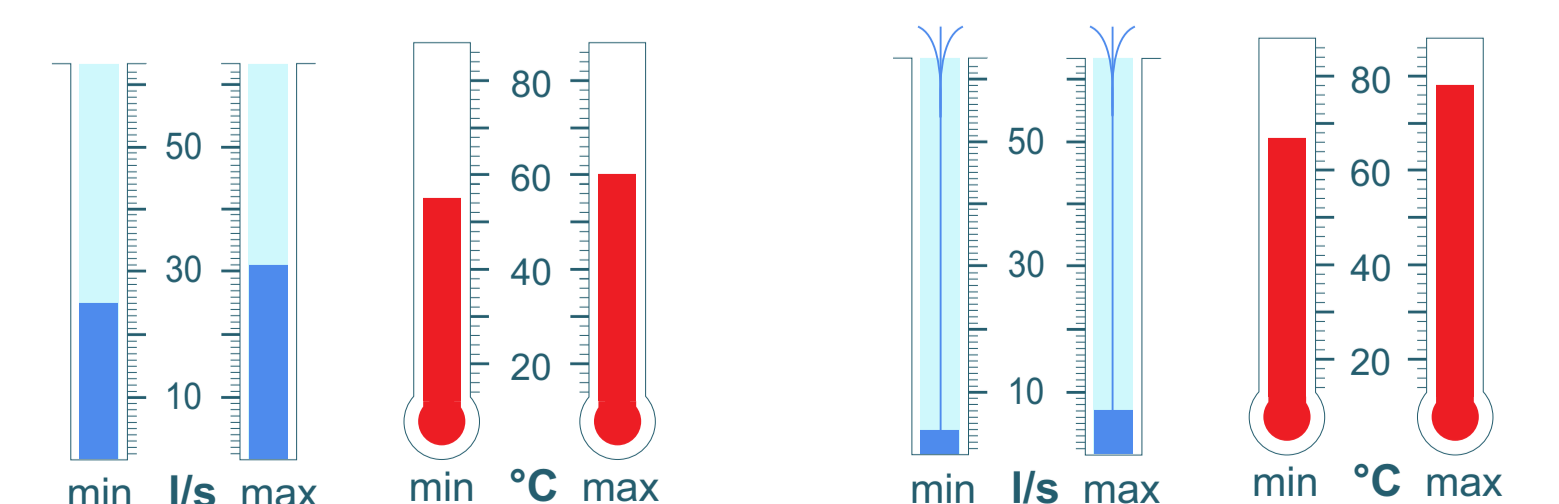
Terme 3000 - Moravske Toplice

GREDE Tešanovci d.o.o.



Murska formacija / Mura Formation / Mur Formation

Špiljska formacija / Špilje Formation / Špilje Formation



# geotermalna energija

## Geothermal Energy

## Geothermische Energie



# Terme Čatež

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Geotermalni vodonosnik predstavlja več kot 1000 m debel paket razpokanega zgornjetriasnega dolomita, ki se razteza na celotnem območju Krškega in Brežiškega polja. Vanj posegajo številne geotermalne vrtine, ki so v zgornjem delu cevljene, spodaj pa ne, oziroma imajo filtre. V Čatežu zajemajo termalno vodo v globinah od 195 do 400 m, proti Dobovi pa se vodonosnik poglablja in zato so tam vrtine globoke do 700 m.

Dolomit prekrija paket mlajših in slabše prepustnih kamnin, ki preprečuje hitro pronicanje hladne padavinske vode in deluje kot toplotni izolator. Z vrtnanjem je bilo ugotovljeno, da se pod kvartarnimi naplavinami (peski in prod) nahaja miocenski meljast pesek, pod njim pa v globinah med 40 in 130 m miocenski peščenjak in apnenec, ki tvori plitvejši, sekundarni geotermalni vodonosnik. Pod njim se do glavnega vodonosnika izmenjujejo plasti miocenskega zaglinjenega peska, proda in konglomerata, ki so odložene na jursko-kredni apnenec.

Termalna voda izteka na površje skozi zelo prepustna sečišča prelomnih con, ob katerih so nastali naravni izviri, kot je Perišče.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termalna voda ima do 61,5 °C in po sestavi ustreza kriterijem za pitno vodo. Vsebuje približno 400 mg/l raztopljenih snovi, kar jo uvršča med srednje mineralizirane vode. Ker raztaplja predvsem dolomit, v njej prevladujejo kalcijevi (42 mg/l), magnezijevi (26 mg/l) in hidrojenkarbonatni (245 mg/l) ioni, zato pripada Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tipu vode. Ima tudi nekaj sulfata (35 mg/l).

Termalna voda je deževnica, ki je bila infiltrirana v tla v bistveno hladnejšem podnebj. Danes podzemno vodo doseže deževnica s povprečno temperaturo 10,9 °C, ta, ki je postala termalna voda, pa je imela temperaturo približno 7,3 °C.

**Tukaj je leta 1962 pričel obratovati prvi rastlinjak, ogret z geotermalno energijo v Sloveniji. Gojili so paradižnik in cvetje. Deloval je do leta 2019.**

**Termalna voda ponekod še vedno izteka arteško, brez pomoči črpalik.**

**Plitvejše vrtine imajo večji delež hladne podzemne vode, zato imajo nižjo temperaturo vode (okoli 40 °C) in več kalcija.**

**V naselju Čatež ob Savi je izvirala termalna voda s temperaturo med 25 in 28 °C na kraju imenovanem (Stara) Toplica, kjer je služila za kopanje in kot perišče. Od tod tudi krajevno ime Perišče. Iz izvira Perišče je topla termalna voda iztekala vse do izgradnje olimpijskega bazena Term Čatež (otvoritev leta 1967).**

Uporaba termalne vode

Izviri tople vode so poznani že od nekdaj. Ljudje so v pesku in prodju kopali plitve jame in se v njih kopali in prali. Za začetek Čateških toplic šteje leto 1854, ko je bilo zgrajeno prvo kopalnišče z lesenim bazenom. V letu 1860 je bila zgrajena kopalniška zgradba. V letih 1924/25 so kopalnišče modernizirali, zgrajen je bil Zdraviliški dom. Takrat so termalno vodo s temperaturo med 37 in 54 °C zajemali s pomočjo plitvih vodnjakov. Med letoma 1957 in 1972 so se izvajale sistematčne hidrogeološke raziskave z najglobljo vrtino s 463 m. Notranji in prvi zunanji bazen sta bila zgrajena leta 1965.

Termalna voda s 53 do 62 °C se danes uporablja kaskadno - večstopenjsko. Najprej se preko izmenjevalcev ogrevajo prostori hotelskega kompleksa s klimati in izvede predgreteje sanitarne vode. Istotčasno gre del termalne vode v direktno gretje in dopolnjevanje bazenov z 32 do 36 °C. Nato s 45 °C ogrevajo zelenico nogometnih igrišč ter s 40 °C in toplotno črpalko še hiške v kampu. V zadnji fazi se zopet direktno ogreva bazene.

## Use of thermal water

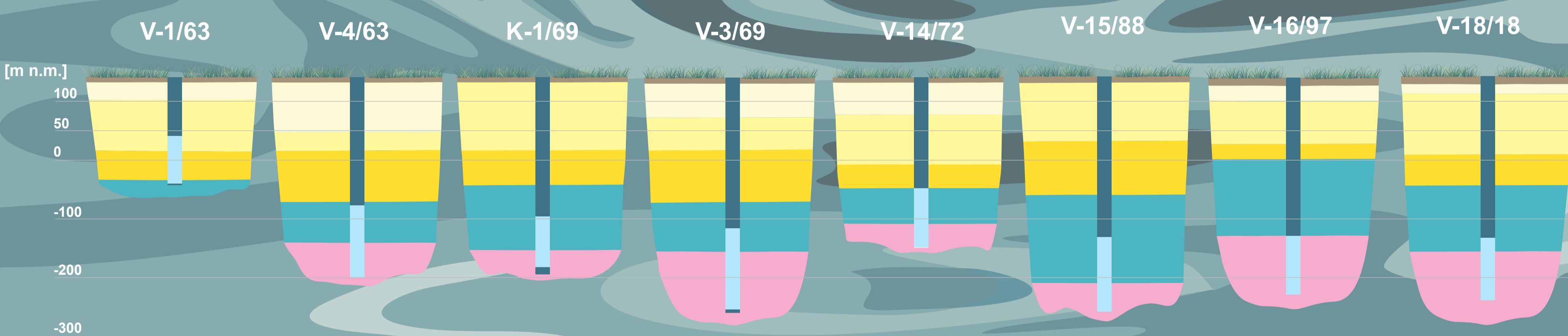
Thermal springs have been known for ages, with people excavating shallow dug holes in sand and gravel to bath and wash. The establishment of Čatež Spa dates back to 1854, marked by the construction of the first wooden bathing pool. Subsequently, a bathhouse was erected in 1860 to further facilitate spa activities. From 1924 to 1925, the bathhouse was modernized and the spa center was built. At that time, the thermal water was produced from shallow wells at a temperature of 37-54 °C. Systematic hydrogeological exploration was carried out between 1957 and 1972, with the deepest borehole drilled to 463 m. The indoor pool and the first outdoor pool were built in 1965.

Today, the 53 to 62 °C thermal water is used in a cascading, multi-stage process. Firstly, the hotel complex is heated via heat exchangers and air conditioning, and the sanitary water is preheated. At the same time, some of the thermal water is used to directly fill and heat the swimming pools to 32-36 °C. Waste thermal water with 45 °C is then used to heat the grass of the soccer pitch while the one with 40 °C to heat the camping houses by a heat pump. In the final phase, the pools are heated directly again.

## Thermalwassernutzung

Thermalquellen sind schon seit langem bekannt, als die Menschen flache Löcher in Sand und Kies gruben, um zu baden und sich zu waschen. Die Gründung des Bades Čatež geht auf das Jahr 1854 zurück, als das erste hölzerne Badebecken gebaut wurde. In der Folge wurde 1860 ein Badehaus errichtet. Von 1924 bis 1925 wurde das Badehaus modernisiert und das Kurzentrum gebaut. Damals wurde das Thermalwasser mit einer Temperatur von 37-54 °C mit Hilfe von flachen Brunnen gefördert. Zwischen 1957 und 1972 wurden systematische hydrogeologische Erkundungen durchgeführt, wobei die tiefste Bohrung 463 m betrug. 1965 wurden das Hallenbad und das erste Freibad gebaut.

Heute erfolgt die Nutzung des 53 bis 62 °C warmen Thermalwassers in mehreren Stufen. Zuerst wird der Hotelkomplex über Wärmetauscher und Klimaanlage beheizt und das Sanitärwasser vorgewärmt. Gleichzeitig wird ein Teil des Thermalwassers zur direkten Befüllung und Erwärmung der Schwimmbäder auf 32-36 °C verwendet. Das 45 °C warme Abwasser wird dann zur Beheizung des Rasens auf dem Fußballplatz verwendet, während das 40 °C warme Wasser mit einer Wärmepumpe zur Beheizung der Campinghäuser genutzt wird. In der letzten Phase werden die Pools wieder direkt beheizt.



## GEOLOGICAL SETTINGS

The geothermal aquifer is a package of fissured dolomite from the Upper Jurassic with a thickness of more than 1000 m. It which extends over the entire area of the Krško and Brežice. It is penetrated by a series of geothermal wells with casing in the upper part and with filters in the lower part. In Čatež, the thermal water is tapped at a depth 195-400 m, while the aquifer is deeper in the direction of Dobova and there tapped at up to 700 m.

The dolomite is overlain by a package of younger and less permeable rocks that prevent cold rainwater from penetrating quickly and act as a thermal insulator. Drilling has revealed that Miocene silty sand underlie the Quaternary alluvium (sand and gravel) of the Sava River. Miocene sandstone and limestone lie at depths between 40 and 130 m, forming a shallower, secondary geothermal aquifer. Below this, layers of silty sand, gravel, and conglomerate from the Miocene alternate, covering the Jurassic-Cretaceous limestone.

The thermal water flows to the surface through intersections of highly permeable fault zones, where natural springs such as the Perišče have formed.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermal water has a temperature of up to 61.5 °C and its chemical composition meets the official criteria for drinking water. It contains around 400 mg/l of total dissolved solids, which classifies it as moderately mineralized water. As it mainly dissolves dolomite, it is dominated by calcium (42 mg/l), magnesium (26 mg/l) and bicarbonate (245 mg/l) ions and therefore belongs to the Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> water type. The thermal water also contains sulfate (35 mg/l).

The source of the thermal water is rainwater that has infiltrated into the ground in a much colder climate. Today, rainwater reaches the water table at an average temperature of 10.9 °C, while the rainwater that became thermal water had a temperature of around 7.3 °C.

**In 1962, the first greenhouse heated with geothermal energy in Slovenia was put into operation in Čatež. Tomatoes and flowers were grown here. It was in operation until 2019.**

**Shallow wells have a higher proportion of cold groundwater, lower water temperatures (around 40 °C) and more calcium.**

**In some places, the thermal water still outflows artesian, without the help of submersible pumps.**

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Der geothermische Grundwasserleiter ist ein mehr als 1000 m mächtiges Paket aus zerklüftetem Dolomit aus dem Oberjura. Er erstreckt sich über das gesamte Gebiet von Krško und Brežice. Er wird von einer Reihe von geothermischen Bohrungen durchdrungen, die im oberen Teil verrohrt sind und im unteren Teil nicht verrohrt sind bzw. mit Filtern ausgestattet sind. In Čatež wird das Thermalwasser in einer Tiefe von 195-400 m entnommen, während der Grundwasserleiter in Richtung Dobova tiefer liegt und dort das Thermalwasser in bis zu 700 m Tiefe entnommen wird.

Der Dolomit wird von einem Paket jüngerer und weniger durchlässiger Gesteine überlagert, die ein schnelles Eindringen von kaltem Regenwasser verhindern und als Wärmeisolator dienen. Bohrungen haben ergeben, dass miozäner schluffiger Sand unterlagert. Sandstein und Kalkstein aus dem Miozän liegen in einer Tiefe zwischen 40 und 130 m und bilden einen seichteren sekundären geothermischen Grundwasserleiter. Darunter wechseln sich Schichten aus schluffigem Sand, Kies und Konglomerat aus dem Miozän ab, die den Kalkstein aus der Jura-Kreidezeit bedecken.

Das Thermalwasser strömt durch hochdurchlässige Störungszonen an die Oberfläche, wo sich natürliche Quellen wie die Quelle Perišče gebildet haben.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

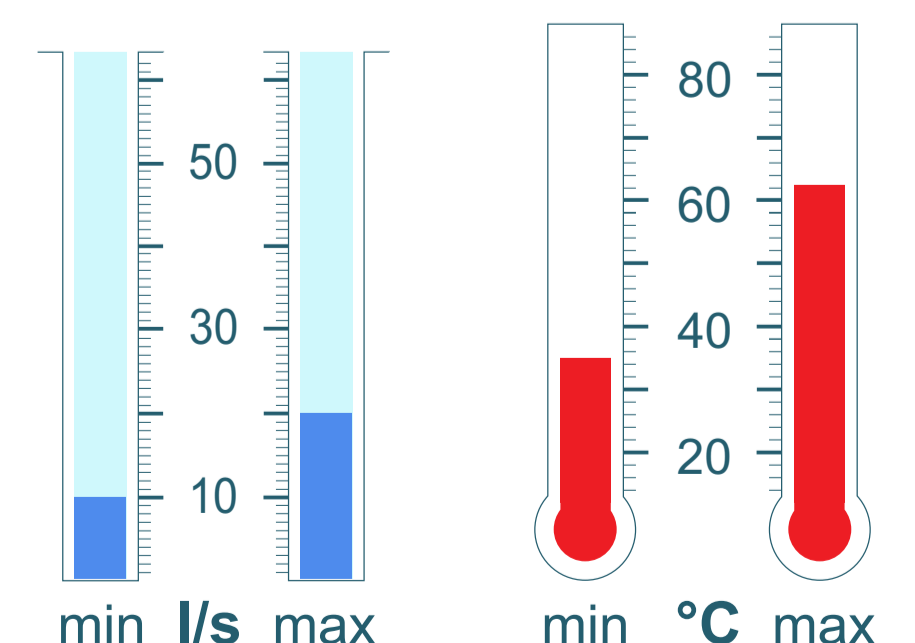
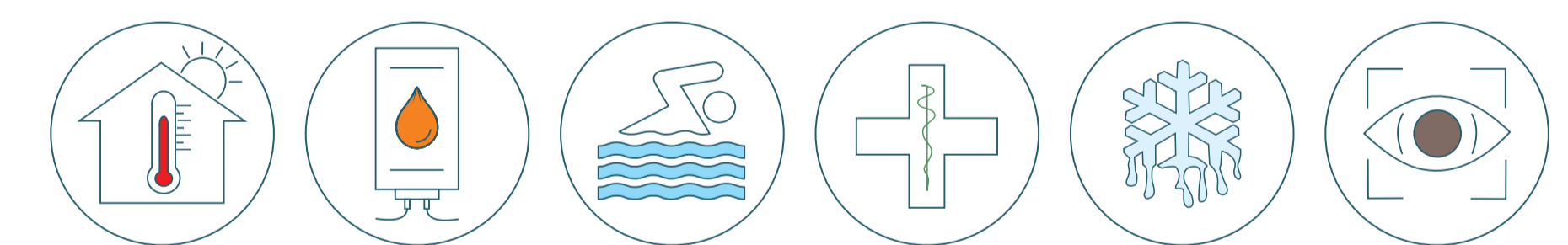
Das Thermalwasser hat eine Temperatur von bis zu 61,5 °C und entspricht in seiner chemischen Zusammensetzung den offiziellen Kriterien für Trinkwasser. Es enthält etwa 400 mg/l an gelösten Feststoffen und ist damit als mäßig mineralisiertes Wasser einzustufen. Da es hauptsächlich Dolomit auflöst, wird es von Calcium- (42 mg/l), Magnesium- (26 mg/l) und Bikarbonationen (245 mg/l) dominiert und gehört daher zum Wassertyp Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>. Das Thermalwasser enthält auch Sulfat (35 mg/l).

Das Thermalwasser stammt aus Regenwasser, das in einem viel kälteren Klima in den Boden versickert ist. Heute erreicht das Regenwasser den Grundwasserspiegel mit einer durchschnittlichen Temperatur von 10,9 °C, während das Regenwasser, das zu Thermalwasser wurde, eine Temperatur von etwa 7,3 °C hatte.

**1962 wurde in Čatež das erste mit geothermischer Energie beheizte Gewächshaus in Slowenien in Betrieb genommen. Hier wurden Tomaten und Blumen angebaut. Es war bis 2019 in Betrieb.**

**Flachbrunnen haben einen höheren Anteil an kaltem Grundwasser, niedrigere Wassertemperaturen (um 40 °C) und mehr Kalk.**

**An einigen Stellen fließt das Thermalwasser noch artesisch, also ohne Hilfe von Tauchpumpen.**



geotermalna energija  
Geothermal Energy  
Geothermische Energie



# Terme Dobrna

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Naravni termalni izvir Zdraviliški dom se nahaja severno od naselja Dobrna. Termalna voda priteka neposredno iz eocenskega Loškega apnenca izpod hriba Kurjek. S severne strani doteka po dolini hladna pripovršinska voda, ki se v okolici termalnega izvira v različnih razmerjih meša s toplo vodo.

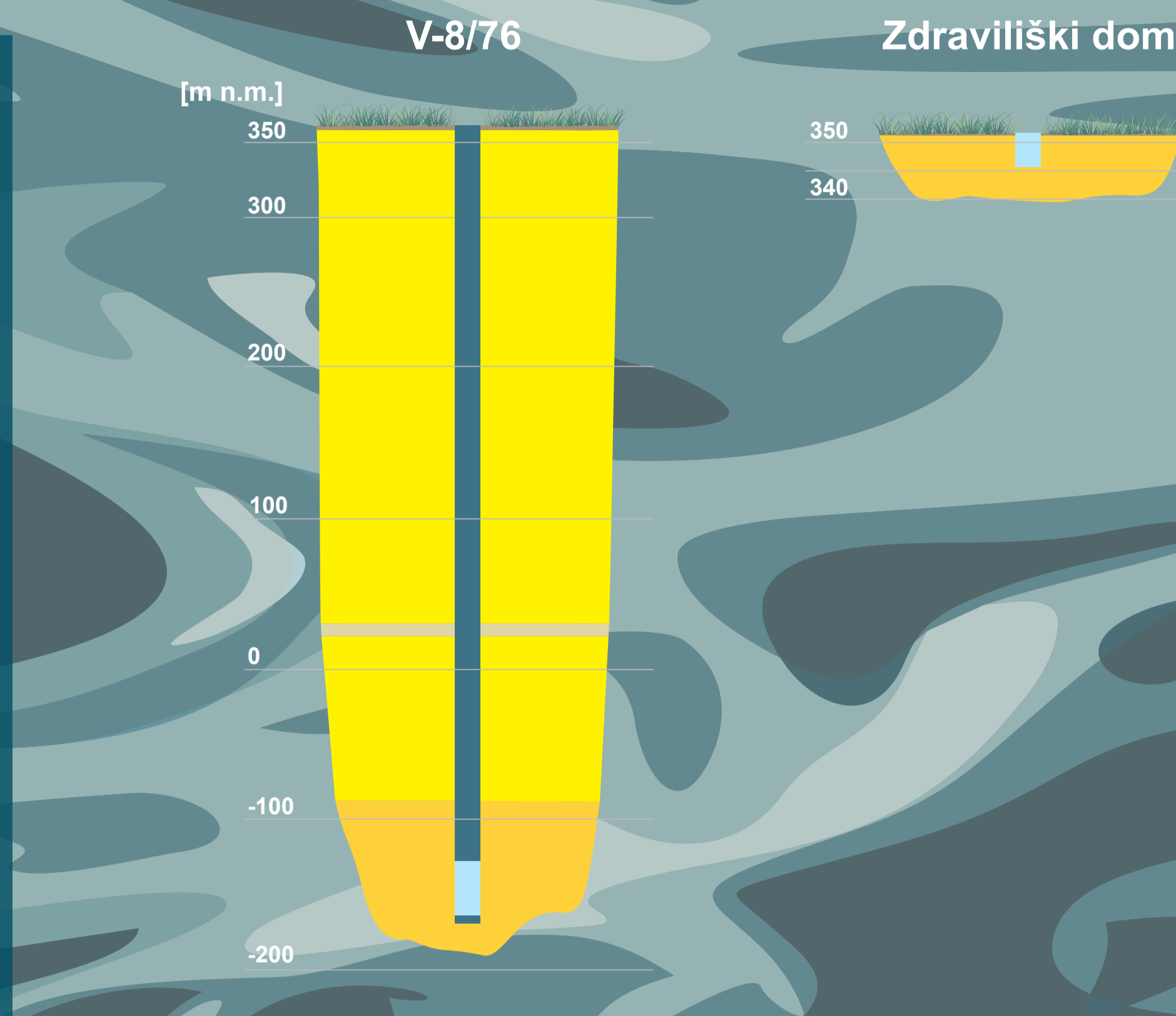
Pri le 330 m oddaljeni V-8 je geotermalni vodonosnik do globine 449 m prekrit z miocenskim Dobrniškim laporjem, z vmesno plastjo peščenjaka. Na vrhu pa se nahaja peščena glina. Dobrniški lapor je zelo slabo prepustna kamnina, ki predstavlja termični pokrov in omogoča nastanek termalne vode. Njen iztok je vezan na zelo razpokano stično cono dveh prelomov, kjer so razpoke ponekod razširjene v jame. Termalna voda doteka iz globine več kot 1000 m v smeri od vzhoda proti zahodu. Vrtina V-8 je cevljena in v proizvodnem delu opremljena s filtri za dotok vode.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termalna voda v Dobrni je zelo homogena, v izviru in vrtini V-8 je skoraj identična in ustreza kriterijem za pitno vodo.

Vsebuje približno 430 mg/l raztopljenih snovi in je srednje mineralizirana. Je tipična podzemna voda iz dolomitnih kamnin. V njej prevladujejo kalcijevi (64 mg/l), magnezijevi (22 mg/l) in hidrogenkarbonatni (310 mg/l) ioni, zato je Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> kemijskega tipa.

Po izvoru je deževnica. Verjetno je stara nekaj sto let, vendar ima primešano tudi svežo, manj kot 60 let staro podzemno vodo.



**Terme Dobrna so najstarejše neprekinjeno delujoče slovensko termalno zdravilišče.**

**Izvir Zdraviliški dom in vrtina V-8 sta hidravlično povezana. Če se iz vrtine odvzema več kot 7 l/s termalne vode, se zniža količina iztoka iz izvira.**

**Ogrevanje prostorov in sanitarne vode ter klimatizacija Spa Suite Dobrna in Hotela Švicarija se izvajajo s tehnologijo plitve geotermalne energije. Skupaj 30 geosond dosega največjo globino 150 m.**

**Termalna voda iz arteške vrtine V-8 ima zelo stalno temperaturo, povprečno 35,2 °C. Temperatura izvira niha v odvisnosti od padavin - med 33,9 °C, doseženimi po ujmi avgusta 2023, in 35,8 °C v sušnih poletjih.**

## GEOLOGICAL SETTINGS

The natural thermal spring Zdraviliški dom is located north of Dobrna. The thermal water flows directly from the Eocene Loka limestone under the Kurjek hill. Cold surface water flows down the valley from the north and mixes with warm water in varying proportions near the thermal spring.

At only 330 meters distant well V-8, the geothermal aquifer is overlain by the Miocene Dobrnik marl, with an intermediate layer of sandstone, to a depth of 449 meters. At the top of the aquifer is sandy clay. The Dobrnik marl is a poorly permeable and forms a thermal cap that enables the formation of thermal water. Its outflow is associated with a highly fissured contact zone between two faults, where the fissures sometimes widen into caves. The thermal water outflows from a depth of more than 1,000 m in an east-west direction. The cased well V-8 is equipped with filters in the production area.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermal water in Dobrna is very homogeneous, almost identical in the spring and in well V-8. This water meets the official criteria for drinking water.

It contains about 430 mg/l of dissolved substances and is moderately mineralized. It is typical groundwater from dolomitic rock. It is dominated by calcium (64 mg/l), magnesium (22 mg/l) and bicarbonate ions (310 mg/l) and therefore belongs to the chemical type Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>.

The thermal water in Dobrna is primarily rainwater. It is probably several hundred years old, but also contains fresh groundwater that is less than 60 years old.



**Terme Dobrna is the oldest continuously operating Slovenian thermal spa.**

**Space heating, sanitary water heating and air conditioning in the Spa Suite Dobrna and Hotel Švicarija are provided by shallow geothermal energy technology. A total of 30 geoprobes reach a maximum depth of 150 meters each.**

**The Zdraviliški dom spring and the well V-8 are hydraulically connected. If more than 7 l/s of thermal water is withdrawn from the well, the flow rate from the spring is reduced.**

**The thermal water from the artesian well V-8 has a very constant temperature of 35.2 °C on average. The temperature of the spring fluctuates depending on precipitation - between 33.9 °C, reached after the storm in August 2023, and 35.8 °C in dry summers.**

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Die natürliche Thermalquelle Zdraviliški dom befindet sich nördlich von Dobrna. Das Thermalwasser fließt direkt aus dem eozänen Loka-Kalkstein unter dem Kurjek-Hügel. Kaltes Oberflächenwasser fließt von Norden her in das Tal hinunter und vermischt sich in der Nähe der Thermalquelle in unterschiedlichen Anteilen mit warmem Wasser.

In nur 330 Metern Entfernung vom Brunnen V-8 wird der geothermische Grundwasserleiter vom miozänen Dobrnik-Mergel überlagert, mit einer Zwischenschicht aus Sandstein, die bis in eine Tiefe von 449 Metern reicht. Im oberen Teil des Grundwasserleiters befindet sich sandiger Ton. Der Mergel von Dobrnik ist schlecht durchlässig und bildet eine thermische Decke, die die Bildung von Thermalwasser ermöglicht. Sein Abfluss ist mit einer stark zerklüfteten Kontaktzone zwischen zwei Bruchzonen verbunden, wo sich die Klüfte manchmal zu Höhlen erweitern. Das Thermalwasser strömt aus einer Tiefe von mehr als 1.000 m in Ost-West-Richtung aus. Die verrohrte Bohrung V-8 ist mit Filtern im Produktionsbereich ausgestattet.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das Thermalwasser in Dobrna ist sehr homogen, an der Quelle und im Brunnen V-8 ist es fast identisch und erfüllt die Kriterien für Trinkwasser.

Es enthält etwa 430 mg/l an gelösten Stoffen und ist mäßig mineralisiert. Es handelt sich um typisches Grundwasser aus Dolomitgestein. Es wird von Kalzium- (64 mg/l), Magnesium- (22 mg/l) und Bikarbonationen (310 mg/l) dominiert und gehört somit zum chemischen Typ Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>.

Das Thermalwasser in Dobrna wurde hauptsächlich aus Regenwasser gespeist. Es ist wahrscheinlich mehrere hundert Jahre alt, enthält aber auch frisches Grundwasser, das weniger als 60 Jahre alt ist.

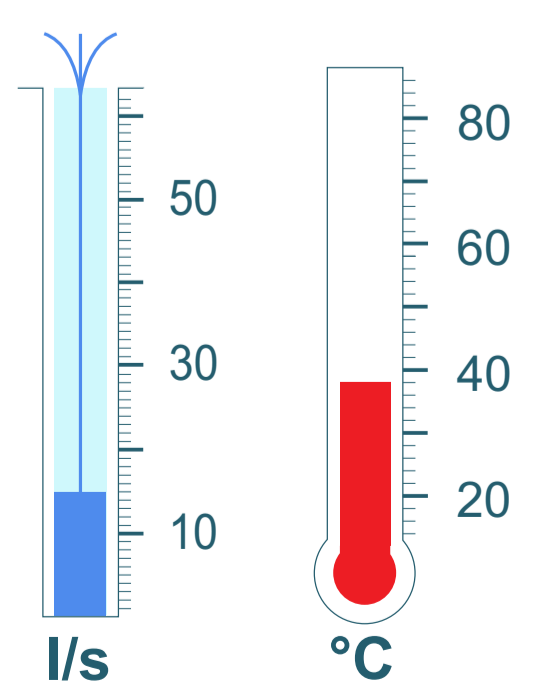


**Die Terme Dobrna ist das älteste durchgehend betriebene slowenische Thermalbad.**

**Raumheizung, Brauchwassererwärmung und Klimatisierung in der Spa Suite Dobrna und im Hotel Švicarija werden mit flacher (oberflächennahen) Geothermie betrieben. Insgesamt 30 Erdsonden erreichen eine maximale Tiefe von jeweils 150 Metern.**

**Die Quelle Zdraviliški dom und der Brunnen V-8 sind hydraulisch miteinander verbunden. Wenn mehr als 7 l/s Thermalwasser aus dem Brunnen entnommen werden, wird die Durchflussmenge aus der Quelle reduziert.**

**Das Thermalwasser aus dem artesischen Brunnen V-8 hat eine sehr konstante Temperatur von durchschnittlich 35,2 °C. Die Temperatur der Quelle schwankt je nach Niederschlag - zwischen 33,9 °C, die nach dem Sturm im August 2023 erreicht wurden, und 35,8 °C in trockenen Sommern.**



Uporaba termalne vode

Terme Dobrna so bile prvič pisno omenjene leta 1403, čeprav so bile poznane že v rimskih časih. Prva zdraviliška stavba je bila postavljena nad termalnim izviro leta 1624. Danes tam stoji Zdraviliški dom, v katerem se nahaja istoimenski izvir, ki je bil poglubljen v 6 m globok vodnjak v obliki dvanajstkotnika. Med letoma 1963 in 1976 so med sistematičnimi hidrogeološkimi raziskavami izvrtli številne vrtnice. Danes se uporablja 531 m globoka vrtina V-8 iz leta 1976 in izvir Zdraviliški dom, ki dosega temperaturo vode do 36 °C.

Termalna voda iz izvira se uporablja za kadi v apartmajih, termalne tuše in ogrevanje Zdraviliškega doma s toplotno črpalko. Termalna voda iz V-8 je na voljo za pokušino v pitniku v parku ter polni bazene hotela Vita. Odpadna bazenska voda preko toplotne črpalke dodatno ogreva prostore in sanitarno vodo.

## Use of Thermal Water

The history of Dobrna, a spa town, dates back to 1403, with its origins tracing further back to Roman times. The first spa house was constructed above the thermal spring in 1624. It now houses the spring Zdraviliški dom, which is a hexagon-shaped, 6-meter deep well. Between 1963 and 1976, extensive hydrogeological investigations led to the drilling of a series of boreholes. Today, the 531-meter deep V-8 well from 1976, along with the Zdraviliški dom spring, operate with water temperatures reaching up to 36 °C.

The thermal water from the spring is used for baths in the apartments, thermal showers and for heating the spa building with assistance from a heat pump. The thermal water from V-8 well is available for tasting in a drinking fountain in the park and fills the Hotel Vita pools. The wastewater from the pools provides additional heating for the rooms and the sanitary water by a heat pump.

## Thermalwassernutzung

Die Geschichte des Kurortes Dobrna geht auf das Jahr 1403 zurück, wobei die Ursprünge des Ortes noch weiter in die Römerzeit zurückreichen. Das erste Kurhaus wurde 1624 oberhalb der Thermalquelle errichtet. Heute steht dort das Kurhaus Zdraviliški dom, in dem sich eine Quelle mit demselben Namen befindet und zu einem zwölfseitigen, 6 Meter tiefer Brunnen vertieft wurde. Zwischen 1963 und 1976 wurden im Rahmen umfangreicher hydrogeologischer Untersuchungen eine Reihe von Bohrungen durchgeführt. Heute wird der 531 Meter tiefe V-8-Brunnen aus dem Jahr 1976 zusammen mit der Quelle Zdraviliški dom mit Wassertemperaturen von bis zu 36 °C betrieben.

Das Thermalwasser aus der Quelle wird für die Bäder in den Apartments, die Thermalduchen und für die Beheizung des Kurhauses mit Hilfe einer Wärmepumpe verwendet. Das Thermalwasser aus dem Brunnen V-8 steht in einem Trinkbrunnen im Park zur Verkostung bereit und füllt die Becken des Hotels Vita. Das Abwasser aus den Becken dient der zusätzlichen Beheizung der Hotelzimmer und des Sanitärwassers mit Hilfe einer Wärmepumpe.

# geotermalna energija

Geothermal Energy

Geothermische Energie



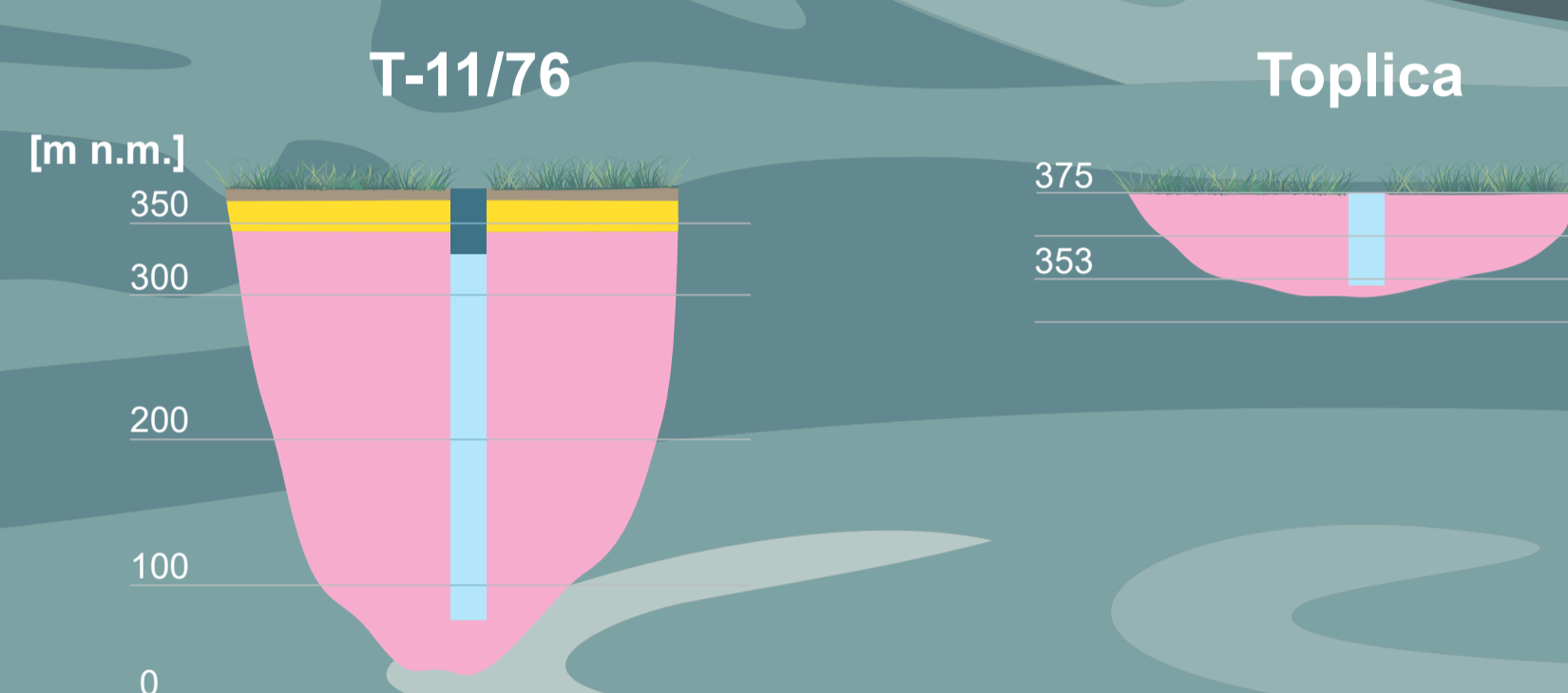


# Terme Topolšica

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Geotermalni vodonosnik tvori razpokana srednje in zgornje triasni apnenec in dolomit. Termalna voda se pretaka po dobro vodoprepustni coni Topolškega preloma, v kateri so nekatere razpoke razširjene v kaverne, druge pa zapolnjene z rjavo glino. Prelom usmerja tok termalne vode iz globine, večje od 1100 m, in od vzhoda proti zahodu, iz smeri Raven in Lajš v Topolšico. Tu karbonatne kamnine prekrivajo pliocenski lapor, peščenjak in konglomerat. Najpljitveje se nahajata kvartarna peščena glina in grušč. Termalni izviri v strugi potoka Toplica in v zajetem izviru Toplica so na mestu, kjer je dolomit najpljitveje in izdanja izpod slabše vodoprepustnih sedimentov.

Cevljene raziskovalne vrtnice so navrtale najvišjo temperaturo vode blizu površja. To je značilno za geotermalne sisteme, vezane na poševne prelomne cone. Voda v vrtnice priteka skozi odprti del oziroma filtre.



## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termalna voda ima povprečno temperaturo 30,6 °C, ki v odvisnosti od hidroloških pogojev niha med 28,7 in 33,6 °C. Ti vplivajo tudi na izdatnost izvira, ki je med 20 in 60 l/s in se poveča ob večjem deležu hladne podzemne vode. Ta doteka iz območja kraških izvirov izpod hriba Lom, ki dosegajo pretoke nad 100 l/s.

Termalna voda vsebuje približno 340 mg/l raztopljenih snovi, kar jo uvršča med srednje mineralizirane vode. Po sestavi je tipična podzemna voda iz dolomita, kar pomeni, da v njej prevladujejo kalcijevi (56 mg/l), magnezijevi (15 mg/l) in hidrogekarbonatni (216 mg/l) ioni, povišan pa je tudi sulfatni ion (39 mg/l). Zato jo uvrščamo v Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-(SO<sub>4</sub>) tip voda.

Voda po vseh kriterijih ustreza pitni vodi.



**Večje črpanje iz vrtnic povzroči znižanje izdatnosti in temperature termalne vode. To se je zgodilo tudi leta 1986, ko so testirali 250 m globoko vrtnico TVD-10 v Lajšah. Ob veliki količini črpanja se ji je temperatura vode iz začetnih 48 °C znižala, hkrati pa je znižala tudi gladino v 2 km oddaljenem termalnem izviru Toplica.**

**Terme Topolšica so edino naravno zdravilišče v Sloveniji, kjer se termalna voda še vedno rabi le iz termalnega izvira.**

## GEOLOGICAL SETTINGS

The geothermal aquifer consists of fissured limestone and dolomite from the Middle and Upper Triassic. The thermal water flows through the highly permeable zone of the Topolšica Fault, in which some fissures are extensive caverns and others are filled with brown clay. The fault directs the flow of thermal water from a depth of more than 1.1 km and from east to west, from the direction of Ravne and Lajše to Topolšica. Here, the carbonate rocks are overlain by marl, sandstone and conglomerate from the Pliocene. Sandy clay and scree from the Quaternary are the shallowest. The thermal springs in the Toplica streambed and in the Toplica tapped spring are located where the dolomite is shallowest and outcrops from under the less permeable sediments.

In the cased wells, the highest water temperature was drilled close to the surface. This is typical of geothermal systems associated with inclined fault zones. The water flows through the open part or filters into the wells.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermal water has an average temperature of 30,6 °C, which fluctuates between 28,7 and 33,6 °C depending on the hydrological conditions. These conditions also affect the discharge of the spring, which is between 20 and 60 l/s and increases when the proportion of cold groundwater increases. The karst springs below the Lom hill can have a discharge of over 100 l/s.

The thermal water contains around 340 mg/l of total dissolved solids, which classifies it as moderately mineralized water. In terms of composition, it is a typical dolomite groundwater, i.e. calcium (56 mg/l), magnesium (15 mg/l) and bicarbonate (216 mg/l) ions dominate, with an increased sulfate ion content (39 mg/l). It is therefore classified as Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-(SO<sub>4</sub>) type water.

The water fulfills all criteria for drinking water.



**Excessive pumping from the wells results in a reduction in both the volume and temperature of the thermal water. This phenomenon was also observed in 1986 during testing of the 250 m deep borehole TVD-10 in Lajše. The significant pumping led to a decrease in water temperature from the original 48 °C, and it also caused a drop in the groundwater of the Toplica thermal spring located 2 km away.**

**Terme Topolšica is the only natural spa in Slovenia that still uses only water from the thermal spring.**

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Der geothermische Grundwasserleiter besteht aus zerklüftetem Kalkstein und Dolomit aus der mittleren und oberen Trias. Das Thermalwasser fließt durch die stark durchlässige Zone der Topolšica-Störungszone, in der einige Klüfte zu Kavernen ausgedehnt und andere mit braunem Ton gefüllt sind. Die Störungszone lenkt den Fluss des Thermalwassers aus einer Tiefe von mehr als 1,1 km und von Osten nach Westen, aus Richtung Ravne und Lajše nach Topolšica. Hier werden die Karbonatgesteine von Mergel, Sandstein und Konglomerat aus dem Pliozän überlagert. Am flachsten befinden sich Sandiger Ton und Geröll aus dem Quartär. Die Thermalquellen im Bachbett der Toplica und in der angezapften Quelle der Toplica befinden sich dort, wo der Dolomit am flachsten ist und unter den weniger durchlässigen Sedimenten hervortritt.

Bei den verrohrten Bohrungen wurde die höchste Wassertemperatur nahe der Oberfläche erbohrt. Dies ist typisch für geothermische Systeme in Verbindung mit geneigten Störungszone. Das Wasser fließt durch den offenen Teil oder die Filter in die Bohrungen.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das Thermalwasser hat eine Durchschnittstemperatur von 30,6 °C, die je nach den hydrologischen Bedingungen zwischen 28,7 und 33,6 °C schwankt. Diese Bedingungen wirken sich auch auf den Abfluss der Quelle aus, der zwischen 20 und 60 l/s liegt und mit zunehmendem Anteil an kaltem Grundwasser steigt. Die Karstquellen unterhalb des Lom-Gebirges können einen Abfluss von über 100 l/s aufweisen.

Das Thermalwasser enthält rund 340 mg/l an gelösten Stoffen und ist damit als mäßig mineralisiertes Wasser einzustufen. Von der Zusammensetzung her handelt es sich um ein typisches Dolomit-Grundwasser, d. h. es dominieren Kalzium- (56 mg/l), Magnesium- (15 mg/l) und Bikarbonationen (216 mg/l). Erhöht ist aber auch der Sulfationengehalt (39 mg/l). Es wird daher als Wasser des Typs Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-(SO<sub>4</sub>) eingestuft.

Das Wasser erfüllt alle Kriterien für Trinkwasser.



**Übermäßiges Abpumpen aus den Bohrungen führt zu einer Verringerung sowohl des Volumens als auch der Temperatur des Thermalwassers. Dieses Phänomen wurde auch 1986 bei der Erprobung des 250 m tiefen Bohrlochs TVD-10 in Lajše beobachtet. Das starke Abpumpen führte zu einem Absinken der Wassertemperatur von ursprünglich 48 °C und bewirkte auch ein Absinken des Wasserspiegels der 2 km entfernten Thermalquelle Toplica.**

**Die Terme Topolšica ist das einzige Naturbad in Slowenien, das noch immer ausschließlich Wasser aus der Thermalquelle verwendet.**

Prvi zapisi o termalnem izviru Florjanove toplice, sedaj imenovanem preprosto Toplica, so poznani iz leta 1617. Za javnost so bile toplice z dvema bazenoma odprte leta 1838. Leta 1919 so odprli prvi sanatorij za zdravljenje tuberkuloze v Sloveniji, ki se je stalno širil. Leta 1993 je zdravilišče postalo samostojna enota. Med letoma 1970 in 1976 je bilo v želji po dodatnih virih termalne vode v sistematičnih hidrogeoloških raziskavah izvrtanih 12 vrtnic, najgloblja je dosegla 455 m globine. Leta 1976 je bila izvrtana 296 m globoka T-11, ki služi za rezervo izviru Toplica. Vse vrtnice so imele nižjo izdatnost in temperaturo vode od 2 m globoko zajetega izvira Toplica.

Termalna voda z do 34 °C se uporablja za balneologijo, bazensko vodo in ogrevanje prostorov. Zaradi prenizke temperature se bazensko termalno vodo pozimi dogreva ali preko lastne toplotne črpalke ali preko daljinskega ogrevanja iz TEŠ.

## Use of Thermal Water

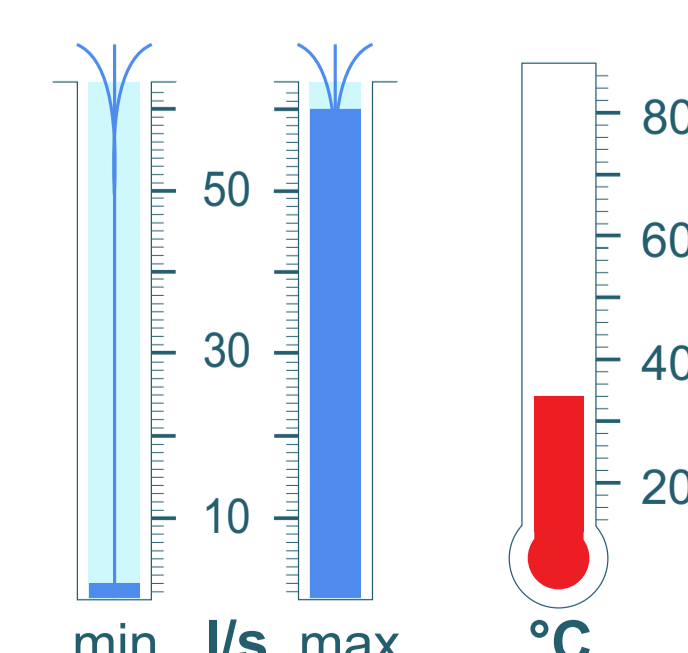
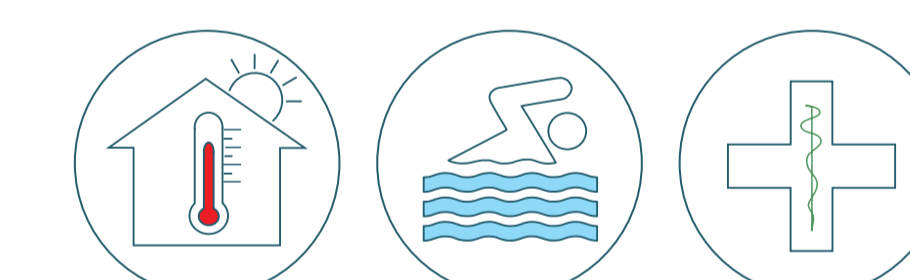
The first records of the thermal spring of Florjanove toplice, today simply called Toplica, date back to 1617. The thermal baths with two pools were opened to the public in 1838. In 1919, the first sanatorium for the treatment of tuberculosis in Slovenia was opened, which was constantly expanded. To find more thermal water, 12 boreholes were drilled between 1970 and 1976 as part of systematic hydrogeological research, the deepest of which reached a depth of 455 meters. In 1976, the 296 m deep T-11 was drilled and now serves as a backup well. All wells had a lower yield and water temperature than the 2 m deep Toplica spring.

The thermal water with a temperature of up to 34 °C is used for balneology, in swimming pools and for space heating. Due to the low temperature, the water for filling pools is heated with heat pump. In winter, pre-heating of thermal water for pools and space heating is done either by own heat pump or by district heating system of Thermal Power Plant Šoštanj.

## Thermalwassernutzung

Die ersten Aufzeichnungen über die Thermalquelle von Florjanove toplice, heute einfach Toplica genannt, stammen aus dem Jahr 1617. Die Thermalbäder mit zwei Becken wurden 1838 für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Im Jahr 1919 wurde das erste Sanatorium für die Behandlung von Tuberkulose in Slowenien eröffnet, das ständig erweitert wurde. Um weiteres Thermalwasser zu finden, wurden zwischen 1970 und 1976 im Rahmen einer systematischen hydrogeologischen Untersuchung 12 Bohrungen durchgeführt, von denen die tiefste eine Tiefe von 455 m erreichte. Im Jahr 1976 wurde die 296 m tiefe Bohrung T-11 niedergebracht, die heute als Reserv Bohrung dient. Alle Bohrungen hatten eine geringere Ergiebigkeit und Wassertemperatur als die 2 m tiefe Toplica-Quelle.

Das Thermalwasser mit einer Temperatur von bis zu 34 °C wird für die Balneologie, in Schwimmbädern und zur Raumheizung verwendet. Aufgrund der niedrigen Temperatur wird das Wasser zum Füllen von Schwimmbädern mit einer Wärmepumpe erwärmt. Im Winter erfolgt die Vorwärmung des Thermalwassers für die Schwimmbäder und die Raumheizung Entweder durch Eigene Wärmepumpe oder durch das Fernwärmesystem des Wärmekraftwerks Šoštanj.



# geotermalna energija

## Geothermal Energy

## Geothermische Energie

# Terme Thermana Laško

## GEOLOŠKA ZGRADBA

Razpokan zgornjetriasni dolomit tvori prostorsko razmeroma omejen geotermalni vodonosnik. Razteza se v širino največ 200 m in zelo strmo vpada proti jugu. S severa je omejen z zelo slabo prepustnimi paleozojskimi peščenjaki in glinavci, na jugu pa z zgornjetriasnimi laporovci.

Termalna voda nastane tako, da padavinska voda najprej pronica skozi razpoke karbonatne kamnine približno 1500 m globoko. Vmes se segreje in nato zaradi manjše teže teče iz juga proti severu skozi zelo prepustno prelomno cono proti coni termalnih izvirov, kjer so danes tudi vrtnice. Dolomit na območju zdravilišča prekriva nekaj metrov debel nanos kvartarnih rečnih naplavin Savinje in Rečice , pod njim pa se na nekaterih delih nahaja zgornjetriasni skrilavi glinavec . Termalna voda se pridobiva iz globine med 74 in 163 m. Vrtnice so cevljene in večinoma opremljene s filtri za dotok vode.

## LASTNOSTI TERMALNE VODE

Termalna voda iz vrtnic ima najvišjo temperaturo 34,4 °C in po svoji čistosti ustreza kriterijem za pitno vodo. Njena sestava je posledica pretakanja podzemne vode skozi dolomit, zato v njej prevladujejo kalcijevi (43 mg/l), magnezijevi (25 mg/l) in hidrogenkarbonatni (260 mg/l) ioni in je Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>(-SO<sub>4</sub>) kemijskega tipa. Značilno za te kamnine je tudi povišan sulfatni ion, ki ga je kar 47 mg/l. Skupna vsebnost raztopljenih snovi je 375 mg/l, kar jo uvršča v srednje mineralizirane vode.

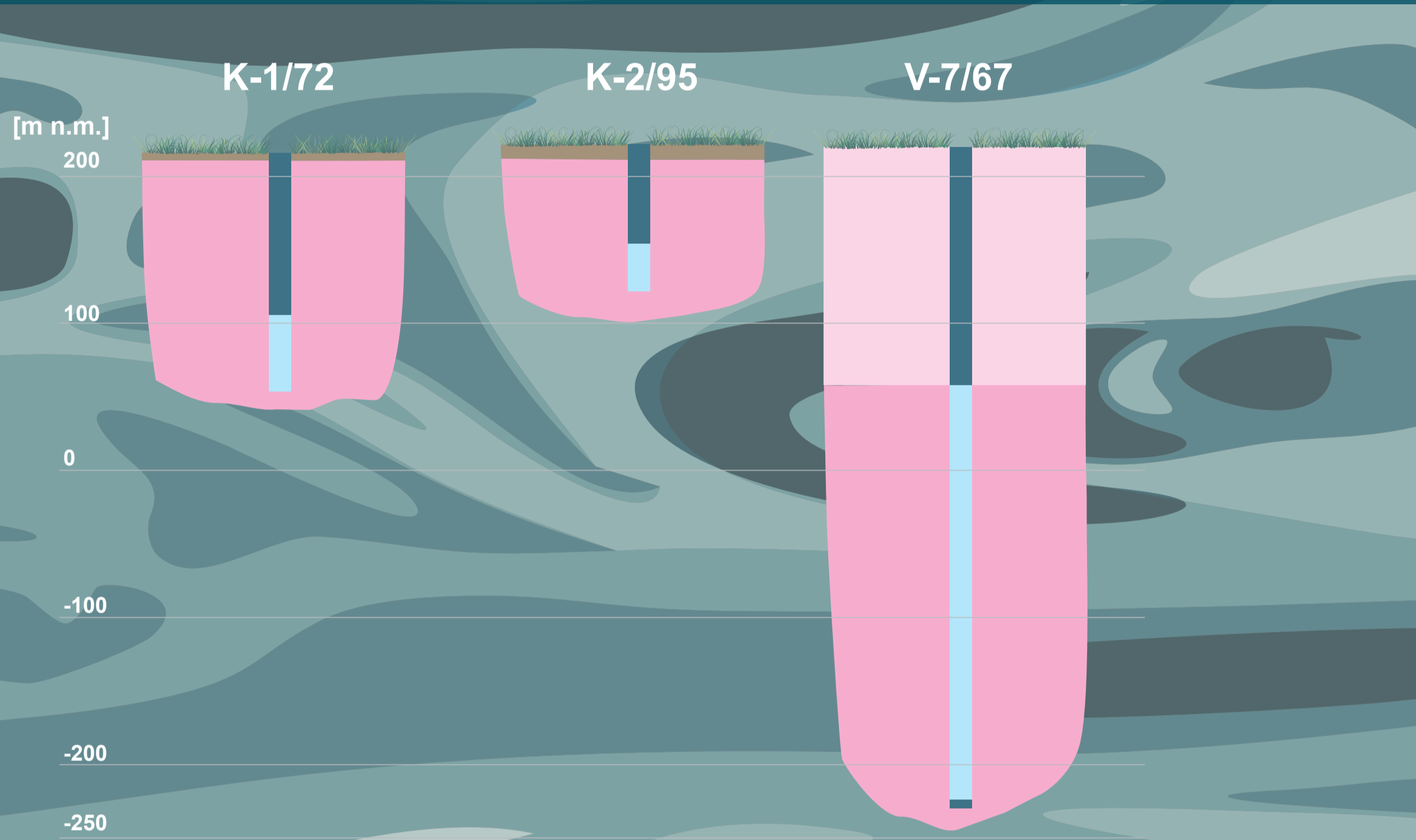
Termalna voda je po izvoru deževnica, verjetno stara nekaj sto let.

“ Med leti 1852 in 1953 so imeli lokalni prebivalci ugodnost znižanega plačila za kopanje v toplicah.

Po letu 1882 so nekaj časa višek termalne vode oddajali laški pivovarni, ki je varila termalno pivo Sanitärbiere.

Vrtnica V-7 iz leta 1967, ki je globoka 448 m, se uporablja kot opazovalna vrtnica. Najvišja temperatura 34,6 °C je bila izmerjena v globini 334 m in se je do dna vrtnice znižala na 32,7 °C. To potrjuje prostorsko zelo omejen dotok termalne vode po prelomni coni.

Geotermalni vodonosnik in reka Savinja sta hidravlično povezana, pri čemer je gladina termalne vode višja od rečne. Višji vodostaj Savinje povzroči večji pretok (sub)termalnih izvirov (18-21 °C), ki so še vedno opazni na vzhodnem bregu Savinje. Hkrati zaradi mešanja voda znižata temperaturo termalne vode v nekaterih geotermalnih vrtnicah.



## GEOLOGICAL SETTINGS

Fissured Upper Triassic dolomite forms a relatively limited geothermal aquifer. It extends over a maximum width of 200 m and dips steeply to the south. It is bounded to the north by poorly permeable Palaeozoic sandstone and mudstone and to the south by the Upper Triassic marlstone.

The thermal water is created by rainwater seeping through fissured carbonate rock at a depth of around 1500 m. During this process, the water warms up. Then, due to its lower density, it flows from south to north through a highly permeable fracture zone to the thermal springs and wells. The dolomite in the spa area is overlain by a several meters thick Quaternary alluvium of the Savinja and Rečica rivers . In some parts, it is underlain by Upper Triassic shale . The thermal water is extracted from depths of 74-163 m. The wells have casing and are often equipped with filters for the water inflow.

## PROPERTIES OF THERMAL WATER

The thermal water from the wells has a maximum temperature of 34.4 °C and its purity meets the criteria for drinking water. Its composition is the result of the groundwater flowing through the dolomite and is therefore dominated by calcium (43 mg/l), magnesium (25 mg/l) and bicarbonate ions (260 mg/l) and is of the chemical type Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>(-SO<sub>4</sub>). The water is also characterized by an increased sulfate content (47 mg/l). The total dissolved solids content is 375 mg/l, which classifies it as a medium mineralized water.

The thermal water is rainwater that is probably several hundred years old.

“ Between 1852 and 1953, residents of Laško benefited from reduced fees for bathing in the thermal baths. For a time after 1882, part of the thermal water was supplied to the Laško brewery to brew the Medical beer.

Well V-7, which was drilled in 1967 and is 448 m deep, is used as an observation well. The maximum temperature of 34.6 °C was measured at a depth of 334 m and dropped to 32.7 °C at its bottom. This confirms the spatially very limited flow of thermal water through the fault zone.

The geothermal aquifer and the Savinja River are hydraulically connected, with the thermal water level being higher than the river water level. The elevated river water level causes a higher discharge of (sub)thermal springs (18-21 °C), which are still visible on the eastern bank of the Savinja. At the same time, the mixing of waters lowers the temperature of the thermal water in some wells.

## GEOLOGISCHE STRUKTUR

Der zerklüftete Dolomit aus der Obertrias bildet einen relativ begrenzten geothermischen Grundwasserleiter. Er erstreckt sich über eine maximale Breite von 200 m und fällt steil nach Süden hinab. Er wird im Norden durch schlecht durchlässigen paläozoischen Sand- und Tonstein und im Süden durch Mergelstein der Obertrias begrenzt.

Das Thermalwasser entsteht durch das Versickern von Regenwasser durch das zerklüftete Karbonatgestein in einer Tiefe von etwa 1500 m. Auf seinem Weg wird das Wasser erwärmt und dadurch leichter, deswegen fließt es anschließend von Süden nach Norden durch eine hochgradig durchlässige Bruchzone zu den Thermalquellen und -brunnen. Der Dolomit im Kurgebiet wird von einem mehrere Meter dicken quartären Alluvium der Flüsse Savinja und Rečica überlagert. In einigen Teilen ist er von Schiefer aus der oberen Trias überlagert.

Das Thermalwasser wird aus einer Tiefe von 74-163 m gewonnen. Die Brunnen sind verrohrt und häufig mit Filtern für den Wasserzufluss ausgestattet.

## EIGENSCHAFTEN DES THERMALWASSERS

Das Thermalwasser aus den Brunnen hat eine Höchsttemperatur von 34,4 °C und entspricht in seiner Reinheit den Kriterien für Trinkwasser. Seine Zusammensetzung ist das Ergebnis des durch den Dolomit fließenden Grundwassers und wird daher von Kalzium- (43 mg/l), Magnesium- (25 mg/l) und Bikarbonationen (260 mg/l) dominiert und ist vom chemischen Typ Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>(-SO<sub>4</sub>). Diese Wasser zeichnen sich auch durch einen erhöhten Sulfatgehalt (47 mg/l) aus. Der Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen beträgt 375 mg/l, wodurch es als mittelmäßig mineralisiertes Wasser eingestuft wird.

Bei dem Thermalwasser handelt es sich um Regenwasser, das wahrscheinlich mehrere hundert Jahre alt ist.

“ Nach 1882 wurde eine Zeit lang ein Teil des Thermalwassers an die Brauerei Laško geliefert, um das „Sanitärbiere“ zu brauen.

Die 1967 gebohrte, 448 m tiefe Bohrung V-7 wird als Beobachtungsbohrung genutzt. Die maximale Temperatur von 34,6 °C wurde in 334 m Tiefe gemessen und fiel an der Bohrlochsohle auf 32,7 °C ab. Dies bestätigt den räumlich sehr begrenzten Fluss von Thermalwasser durch die Störungszone.

Zwischen 1852 und 1953 zahlten die Einwohner von Laško einen ermäßigten Eintritt für die Thermalbäder.

Der geothermische Grundwasserleiter und der Fluss Savinja sind hydraulisch miteinander verbunden, wobei der Thermalwasserspiegel höher liegt als der Flusswasserspiegel. Der höhere Wasserstand des Flusses führt zu einem höheren Abfluss der (sub)thermischen Quellen (18-21 °C), die am Ostufer der Savinja noch sichtbar sind. Gleichzeitig wird durch die Vermischung des Wassers die Temperatur des Thermalwassers in einigen Brunnen gesenkt.

Uporaba termalne vode

Termalni izviri v Laškem so poznani že stoletja. Zgodnja kopališka zajetja so s prodnim nanosom zasule poplavne vode Savinje in Rečice, da so padla v pozabo. V začetku 19. stoletja so termalne izvire zajeli z improviziranimi lesenimi konstrukcijami, v letih 1852-1854 pa je bil izdelan kamniti vodnjak. Do leta 1965 so v zdravilišču uporabljali termalno vodo le iz tega zajetja, ki so ga opustili šele leta 1996. Med letoma 1965 in 1972 so bile izvedene sistematične hidrogeološke raziskave s številnimi vrtnicami. Danes se največ uporablja 163 m globoka vrtnica K-1 iz leta 1972, 100 m globoka K-2 iz leta 1995 pa je rezervna vrtnica.

V Thermana Parku Laško in Zdravilišču Laško se termalna voda uporablja v pitnikih, za bazensko vodo in ogrevanje prostorov in bazenske vode. Vodi za ohlajevalne bazene odvzemajo toploto s toplotnimi črpalkami in jo uporabijo za ogrevanje toplih bazenov, na isti način se izkorišča toploto odpadne vode.

## Use of Thermal Water

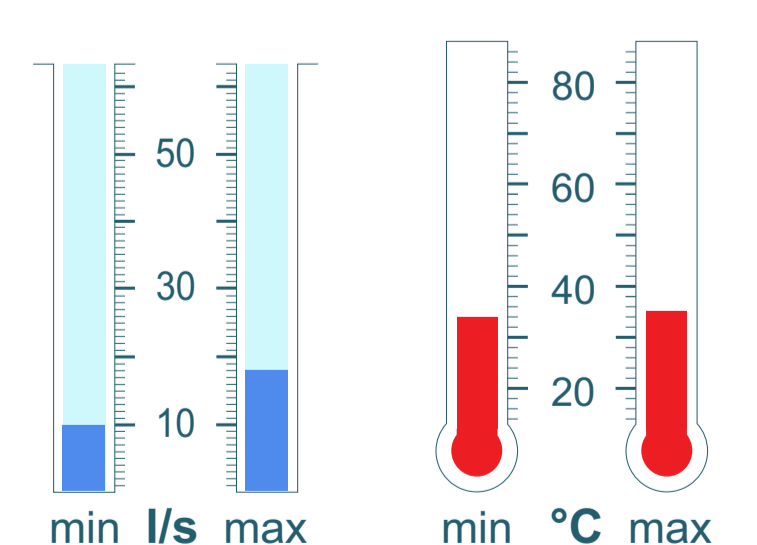
The thermal springs in Laško have been known for centuries. The early bathing springs were inundated with gravel by the floods of the Savinja and Rečica rivers and were lost. At the beginning of the 19<sup>th</sup> century, the thermal springs were protected by wooden frames and a dug well protected by cut stone was built in 1852-1854. Until 1965, the spa used only thermal water from this stone well, which was abandoned in 1996. Between 1965 and 1972, systematic hydrogeological exploration was carried out by drilling a series of boreholes. Today, the 163 m deep well K-1 from 1972 is the most used one. The 100 m deep well K-2 which was drilled in 1995 is a backup well.

The thermal water is used in Thermana Park Laško and Zdravilišče Laško for drinking water, pool water, space heating and pool water heating. Heat from the water for the cooling pools is used to heat up the warm pools by heat pumps. The heat from the wastewater is used in the same way.

## Thermalwassernutzung

Die Thermalquellen in Laško sind schon seit Jahrhunderten bekannt. Die frühen Badequellen wurden durch die Überschwemmungen der Flüsse Savinja und Rečica mit Kies überschüttet und gingen verloren. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden die Thermalquellen durch Holzrahmen geschützt, und 1852-1854 wurde ein Steinbrunnen gebaut. Bis 1965 nutzte der Kurort nur Thermalwasser aus diesem Steinbrunnen, der erst 1996 aufgegeben wurde. Zwischen 1965 und 1972 wurde eine systematische hydrogeologische Forschung durch eine Reihe von Bohrungen durchgeführt. Heute ist der 163 m tiefe Brunnen K-1 aus dem Jahr 1972 der am meisten genutzte. Der 100 m tiefe Brunnen K-2, der 1995 gebohrt wurde, dient als Reservebrunnen.

Das Thermalwasser wird im Thermana Park Laško und im Kurbad Laško für Trinkwasser, Beckenwasser, Raumheizung und Beckenwassererwärmung verwendet. Die Wärme aus dem Wasser für die Kühlbecken und die Wärme des Abwassers wird zum Aufheizen der warmen Becken durch Wärmepumpen genutzt.



# geotermalna energija

## Geothermal Energy Geothermische Energie