



GEOtermalna energija v vzhodni Sloveniji



Naslov: Geotermalna energija v vzhodni Sloveniji

Avtorji: Nina Rman, Andrej Lapanje, Dušan Rajver, Ada Vengust, Petra Meglič, Joerg Prestor

Grafična zasnova in oblikovanje: Simon Mozetič, Ines Piščanec

Izdal: Geološki zavod Slovenije (GeoZS), Ljubljana, 2019

Tisk: Elektronska izdaja

Publikacija je brezplačna.

Brošura je natisnjena v okviru projekta DARLIGNe, ki ga sofinancirata ESRR in IPA II s pogodbo št. DTP1-099-3.2., ter javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru sredstev programske skupine P-0020 Podzemne vode in geokemija.

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID=301564928

ISBN 978-961-6498-68-5 (pdf)

Geotermalna energija v vzhodni Sloveniji

Geološki zavod Slovenije
2019

Spremna beseda

Geotermični energetski viri nam omogočajo izkoriščanje toplotne energije, ki se nahaja v geoloških plasteh pod površjem tal in se obnavlja s toplotnim tokom iz Zemljine notranjosti. To energijo uvrščamo med obnovljive vire energije strateškega pomena. Zaradi svoje osnovne lastnosti, ker je shranjena v obliki toplote pod trdnim zemeljskim površjem, si jo je težko predstavljati in je še vedno razmeroma slabo izkoriščena. Sedanjó rabo s 13,819 ktoe (tisoč ton ekvivalentne nafte) je možno še bistveno povečati.

Medtem ko se toplotna energija s tehnologijo toplotnih črpalk lahko pridobiva kjerkoli pod površjem tal, je raba termalne vode na voljo le na omejenih območjih v posebnih geoloških strukturah, ki jih geologi imenujejo geotermalni vodonosniki.

Državna rudarska strategija prepoznava, da je približno 16% Slovenije geotermično perspektivnega, s poudarkom na vzhodni Sloveniji. To območje pokriva tudi projekt DARLINGe. V njem kot pridružení partner sodeluje Ministrstvo za infrastrukturo, saj prepoznava, da so z večjo rabo geotermičnih energetskih virov številni cilji strateških dokumentov Republike Slovenije, kot sta npr. Akcijski načrt za obnovljive vire energije za obdobje 2010-2020 in Strategija razvoja Slovenije 2030, lažje uresničljivi.

Izkoriščanje geotermičnih energetskih virov spodbuja prehod v nizkoogljično krožno gospodarstvo, prispeva k večji samooskrbi in neodvisnosti države, ima nizke izpuste in ne potrebuje naprav za skladiščenje in transport, dostopna je vse dni v letu in ob vseh urah dneva (24/7) ter omogoča zaporedno (kaskadno) rabo z zelo visoko energetsko učinkovitostjo.

V brošuri, ki je pred vami, je celovit pregled izredno raznolike rabe termalne vode in geotermalne energije v najbolj perspektivnem delu Slovenije.

mag. Bojan Kumer
Državni sekretar



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

Kazalo

Projekt DARLINGe	1
Informacijski portal DRGIP	3
Geotermalna energija	4
Geotermalni vodonosniki	5
Poznavanje globin	7
Geotermalne vrtine	8
Temperature v globini	9
Raba termalne vode	11
Uporabljeni piktogrami	13
Poenostavljena litostratigrafska zgradba	14
Geološka časovna lestvica	15
Kemijska sestava vode	16
Značilnosti lokacij z rabo termalne vode	17
AFP d.o.o.	19
Bioterme Mala Nedelja	20
Hotel Diana d.o.o.	21
Hotel Sava Rogaška d.o.o., SLKI d.o.o.	22
Ocean Orchids d.o.o.	23
Paradajz d.o.o.	24
Petrol Geo d.o.o.	25
Radenska d.o.o.	26
Terme Banovci	27
Terme Čatež	28
Terme Lendava	29
Terme Maribor	30
Terme 3000 – Moravske Toplice, Grede Tešanovci	31
Terme Olimia	32
Terme Paradiso	33
Terme Ptuj	34
Terme Vivat	35
Terme Zreče	36
Zdravilišče Radenci	37
Upravljanje z geotermalnimi sistemi	38
Načrt upravljanja z vodami	39
Prostorska analiza za nove reinjekcijske vrtine	41

Projekt DARLINGe

Projekt DARLINGe (Danube Region Leading Geothermal Energy; "Podonavje vodi v rabi geotermalne energije") je pridobil sredstva v okviru prvega razpisa Podonavskega transnacionalnega programa (DTP) v skupnem obsegu 2.525.760,70 EUR. Projekt sofinancirata Evropski sklad za regionalni razvoj (1.612.249,99 EUR) in Instrument za predpristopno pomoč II (534.646,60 EUR).

Projekt ima specifičen cilj "Izboljšanje energetske varnosti in energetske učinkovitosti" v okviru tematske prioritete "Bolj povezana in energetske učinkovitejša Podonavska regija". Cilj projekta je **prispevati k energetske varnosti in učinkovitosti v Podonavski regiji** z ozaveščanjem o virih globoke geotermalne energije ter z izboljšanjem učinkovitosti rabe celotnega razpona temperature pridobljene termalne vode.

BOSNA IN HERCEGOVINA



Zvezni zavod za geologijo Sarajevo



Geološki zavod Republike Srbije - Zvornik

HRVAŠKA



Zvezni zavod za geologijo Sarajevo



Zagorska razvojna agencija d.o.o.



HROTE -
Hrvaški operater tržišča energije d.o.o.



Ministrstvo za gospodarstvo, podjetništvo
in obrt (ASP)

MADŽARSKA



Madžarska služba za rudarstvo in geologijo
MBFSZ (vodja projekta)



Mannvit d.o.o.



InnoGeo raziskovalna in neprofitna družba
z omejeno odgovornostjo



Ministrstvo za zunanje zadeve in trgovino



Ministrstvo za inovacije in tehnologijo (ASP)

ROMUNIJA



Geološki inštitut Romunije



S.C. Terratechnik d.o.o.

SRBIJA



Rudarsko geološka fakulteta,
Univerza v Beogradu



Opština Bogatić



Opština Sremski Karlovci

SLOVENIJA



Geološki zavod Slovenije



Lokalna energetska agencija za Pomurje



Ministrstvo za infrastrukturo -
Direktorat za energijo (ASP)



Skupnost občin Slovenije (ASP)



Mestna občina Murska Sobota (ASP)

Geotermalna energija je toplotna energija, ki se obnavlja s toplotnim tokom iz Zemljine notranjosti in je uskladiščena v kamninah in fluidih (podzemni vodi in pari, ki se nahajata v porah in razpokah) v pod površju. Njena raba je lahko dolgoročno trajnostna odločitev, ki prispeva k raznolikosti lokalne preskrbe s toploto. Deleža rabe pa ni moč povečati brez ozaveščanja o potencialu in možnostih razvoja na lokalni, regionalni in državni ravni. S tem namenom je izdelana brošura.

Projekt DARLINGe je nadaljevanje večletnega uspešnega sodelovanja deležnikov s področja raziskav in rabe geotermalne energije v nacionalnem in mednarodnem okolju. Pričetki sodelovanja segajo v obdobje 2005-2008, ko sta Slovenija in Avstrija raziskovali geotermalni potencial obmejne regije v projektu TRANSTHERMAL. Projekt T-JAM se je med letoma 2009 in 2011 osredotočil na še bolj perspektivno geotermalno območje med Slovenijo in Madžarsko. Opredelitev obsega in lastnosti čezmejnih geotermalnih vodonosnikov je bila ena izmed najpomembnejših ciljev projekta TRANSENERGY, v katerem so med letoma 2010 in 2013 sodelovale Avstrija, Madžarska, Slovenija in Slovaška.

Prepoznana potreba o upravljanju s čezmejnimi geotermalnimi vodonosniki ter po spodbujanju trajnostne in učinkovite rabe geotermalnih virov, ki temelji na geoznanstvenih modelih in njihovem količinskem in kakovostnem stanju, je bila povod za projekt DARLINGe, ki poteka med letoma 2017 in 2019. V njem sodeluje šest držav z južnega dela Panonskega bazena: Slovenija, Madžarska, Hrvaška, Bosna in Hercegovina, Srbija in Romunija. Konzorcij 15 partnerjev in sedmih pridruženih partnerjev predstavlja pomembno koncentracijo znanja o pojavih in rabi geotermalne energije v Donavski regiji.

Rezultati projekta DARLINGe kažejo, da se dodaten energetski potencial pri obstoječih uporabnikih skriva predvsem v **izboljšanju učinkovitosti rabe termalne vode s spodbujanjem zaporedne (kaskadne) rabe** in s tem višjega izkoristka toplotne energije ter **v odvzemu le toplotne energije**, kar lahko dosežemo z vzpostavitvijo parov črpalno-reinjekcijskih vrtin. Vsekakor naj ne izostanejo vlaganja v inovativen **zajem še neizkoriščenih geotermalnih virov**, kajti presenečenja so vedno mogoča.

Vzhodna Slovenija je zaradi lege na obrobju Panonskega sedimentacijskega bazena najbolj primerna regija za pospešen razvoj rabe geotermalne energije pri nas. Za to je potrebno usklajeno in **učinkovito delovanje sektorjev** energetike, okolja, kmetijstva, turizma idr., zasledujoč skupne cilje. Stroka in upravni organi morajo pripraviti zanesljive in posodobljene informacije o potencialu, tehnoloških možnostih in upravnih postopkih, s ciljem zmanjševanja tveganj za bodoče investitorje in projektante. Slednji pa se morajo zavedati, da so identifikacija vira, izgradnja geotermalnih vrtin ter dimenzioniranje učinkovitega sistema rabe tvegani in zahtevajo velike vložke časa in denarja, vendar z dokazano izredno z dolgo življenjsko dobo, nizkimi emisijami morebitnih onesnaževal in nizkimi obratovalnimi stroški predstavljajo zelo konkurenčen vir toplote.

Tako bo mogoče uresničiti ambiciozne razvojne energetske načrte in hkrati poskrbeti za vzdržno prihodnost.

Informacijski portal DRGIP

Informacijska platforma DRGIP »Danube Region Geothermal Information Platform« predstavlja enotno vstopno točko, kjer kvalitetni in čezmejno usklajeni vhodni podatki in informacijski servisi v angleškem jeziku omogočajo izmenjavo informacij, pristopov in idej o rabi in potencialu geotermalne energije.

Prost dostop do informacij podpira strateško prostorsko načrtovanje ter oblikovanje politik za nemoteno in učinkovito preskrbo z obnovljivimi viri energije, ki bodo olajšali spopadanje s klimatskimi spremembami ter preprečili morebitne konflikte zaradi raznolike rabe podpovršja. Hkrati je namenjen investitorjem in uporabnikom geotermalne energije, da najdejo nove rešitve za odpravo tveganj pri raziskavah in rabi termalne vode.

Medtem ko vam spletna stran projekta ponuja v branje rezultate v obliki strokovnih poročil, je DRGIP razdeljen na več vsebin: pregledovalnik prostorskih podatkov, knjižnica, primerjalna analiza, zakonodaja, drevo odločanja, preprečevanje tveganj in slovar.

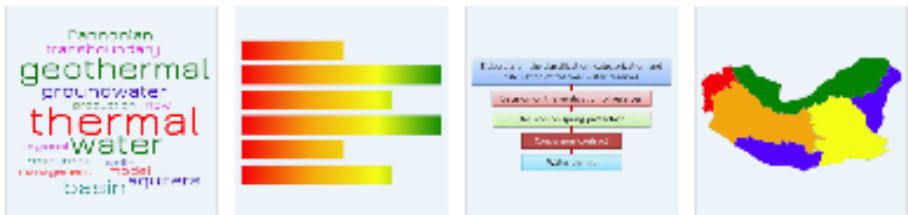


DRGIP is a European Regional Development Fund (ERDF) project

DRGIP is a European Regional Development Fund (ERDF) project. It is a multi-national project that aims to improve the geothermal energy sector in the Danube region. The project is funded by the ERDF and the national governments of the participating countries. The project's main objective is to create a platform for information exchange and cooperation between stakeholders in the geothermal energy sector. The project will also support the development of geothermal energy projects and the implementation of geothermal energy policies.

DRGIP is a European Regional Development Fund (ERDF) project. It is a multi-national project that aims to improve the geothermal energy sector in the Danube region. The project is funded by the ERDF and the national governments of the participating countries. The project's main objective is to create a platform for information exchange and cooperation between stakeholders in the geothermal energy sector. The project will also support the development of geothermal energy projects and the implementation of geothermal energy policies.

DRGIP is a European Regional Development Fund (ERDF) project. It is a multi-national project that aims to improve the geothermal energy sector in the Danube region. The project is funded by the ERDF and the national governments of the participating countries. The project's main objective is to create a platform for information exchange and cooperation between stakeholders in the geothermal energy sector. The project will also support the development of geothermal energy projects and the implementation of geothermal energy policies.



**Spletna stran projekta: <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/darlinge>
DRGIP: www.darlinge.eu**

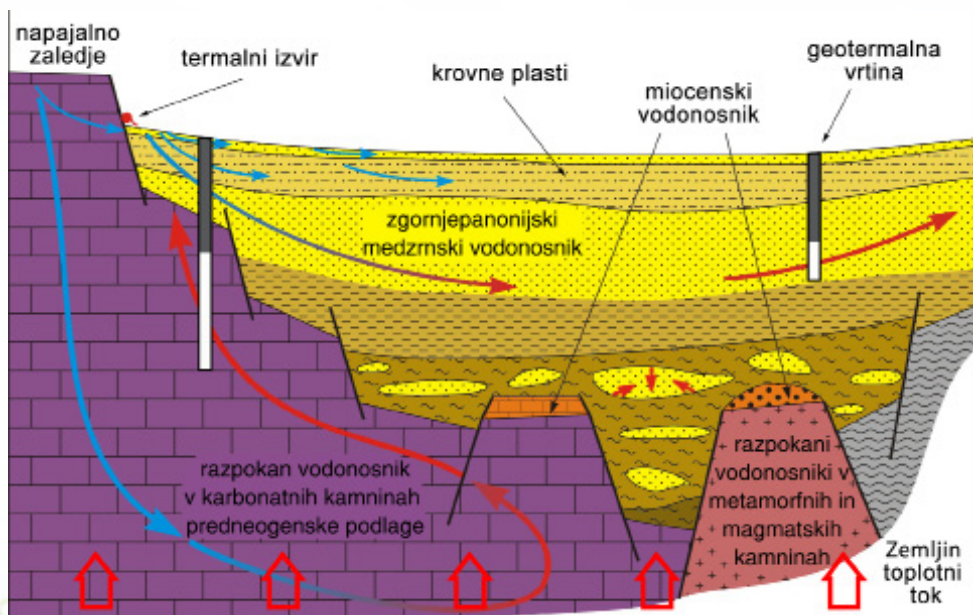
Geotermalna energija

Geotermalna energija je toplotna energija, ki se obnavlja s toplotnim tokom iz Zemljine notranjosti in je uskladiščena v kamninah in tekočini (podzemni vodi) in pari, ki se nahaja v porah in razpokah v podpovršju. V Sloveniji je to najpogosteje **termalna voda**. To je podzemna voda, ki ima na iztoku vsaj 20 °C.

Za pridobivanje geotermalne energije so pomembni trije elementi naravnega geotermalnega sistema: Zemljin toplotni tok, termalna voda in vodonosnik, po katerem se termalna voda pretaka. Če je vodonosnik dovolj prepusten, da omogoča črpanje termalne vode, lahko zajamemo največ geotermalne energije. Dobro je, če je vodonosnik pokrit s slabše prepustnimi krovniimi plastmi, ki preprečujejo prodor hladne vode s površja, ter povezan z oddaljenim višje ležečim površinskim napajalnim območjem. To zagotavlja pretakanje vode v večjih globinah z višjo temperaturo in večje količine termalne vode, ki izteka na površje skozi naravne izvire ali geotermalne vrtine.

Napajanje vodonosnika lahko umetno povečamo z vračanjem (reinjekcijo) toplotno izrabljene termalne vode. S tem pridobimo več geotermalne energije oziroma omogočimo izkoriščanje več uporabnikom. V nasprotnem primeru, če črpamo več termalne vode, kot se je obnavlja, vodonosnika prej ali slej ni več moč uporabljati.

Geotermalna energija je **obnovljiv vir energije**. Primerna je predvsem za zagotavljanje baznih potreb po toploti. Načrtovanje pridobivanja geotermalne energije temelji na iskanju ravnovesja med obnavljanjem in odvzemom toplote iz geotermalnega sistema, kar zagotavlja trajnostno izkoriščanje brez zmanjševanja možnosti za prihodnje generacije.



Shema geotermalnega sistema z dvema geotermalnima vrtinama v različnih vodonosnikih in prikazom pretakanja in obnavljanja termalne vode.

Geotermalni vodonosniki

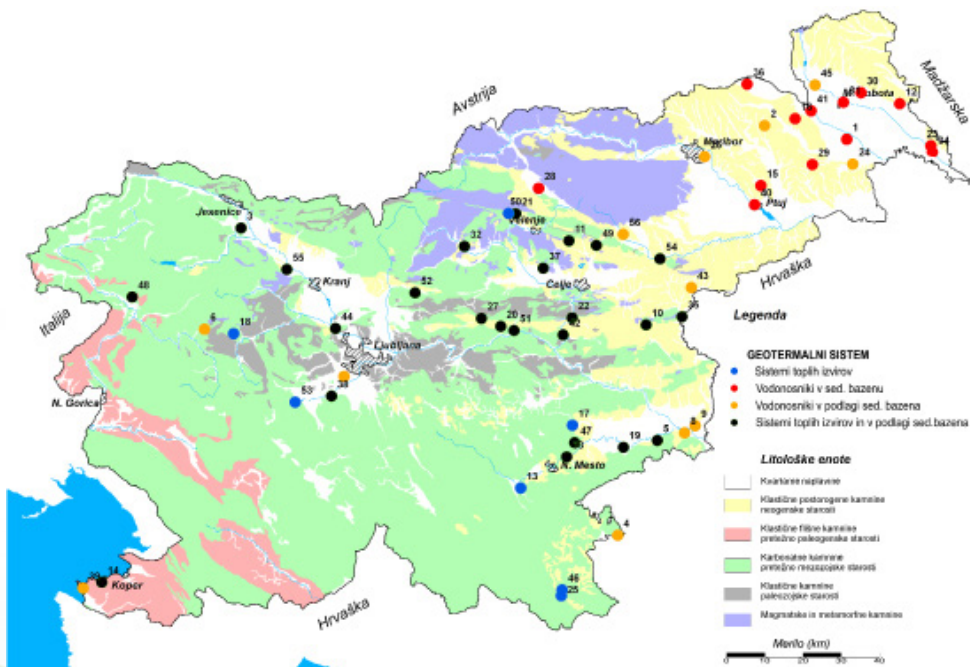
V Sloveniji črpamo termalne vode iz nizkotemperaturnih geotermalnih sistemov, ki jih imenujemo tudi hidrotermalni sistemi ali geotermalni vodonosniki.

Na severovzhodu Slovenije prevladujejo medzrnski regionalni visoko izdatni peščeni vodonosniki v Panonskem **sedimentacijskem bazenu**. V njih se temperatura, vsebnost raztopljenih mineralnih snovi in plinov v vodi z globino dokaj zvezno povečujejo.

Na jugovzhodu, Obali in tudi drugih delih Slovenije so zajeti razpoklinski vodonosniki **v podlagi sedimentacijskih bazenov**, ki prekrivajo te vodonosnike. Temperatura in kemijska sestava vode sta zaradi različnih sistemov razpok v vodonosniku zelo spremenljivi po globini.

Napajanje tako prvih kot drugih vodonosnikov je zelo omejeno, zato lahko pretiran odvzem vode povzroči zniževanje gladine podzemne vode, kasneje pa lahko pride tudi do vdorov plinov ali vod z drugačno kemijsko sestavo in temperaturo.

Na območju presečišč prelomnih con, pretežno v karbonatnih kamninah, so pogosti geotermalni **sistemi toplih izvirov**. Termalna voda je le malo bolj mineralizirana kot običajna podzemna voda in ima ponavadi ugodno temperaturo in kemijsko sestavo. Napajanje je običajno dobro, zato spremembe stanja v vodonosniku ne zaznamo z znižanjem gladine, ampak s spremembo temperature vode.

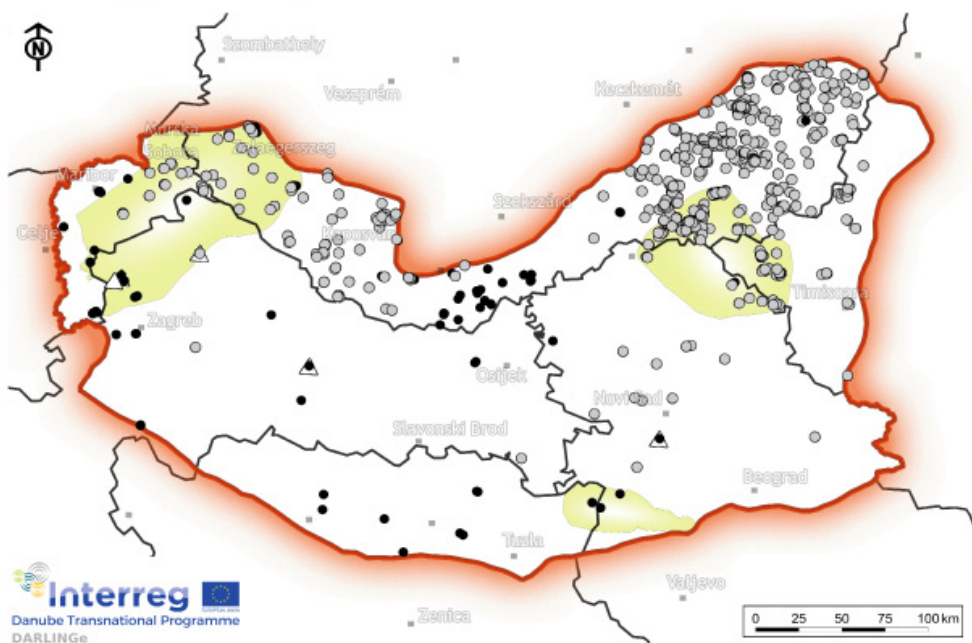


Karta prevladujočih tipov geotermalnih sistemov v Sloveniji odraža različne naravne danosti Slovenije

Termalna voda se na območju projekta DARLINGe pridobiva iz vseh treh tipov geotermalnih sistemov. Zaradi bolj nazornega prikaza smo medzrnske vodonošnike v sedimentacijskih bazenih primerjali z razpoklinskimi vodonošniki v podlagi sedimentacijskih bazenov in njim pridruženimi sistemi toplih izvirov.

V Panonskem bazenu so najbolj razširjeni in izdatni medzrnski **vodonošniki v sedimentacijskih bazenih**, ki so večinoma čezmejni. Vanje posega 87 % vseh vrtin, ki skupaj zagotavljajo približno 70 % vse načrpane termalne vode. Takšen je tudi čezmejni vodonošnik v pontijskih in zgornje panonijskih slabo sprijetih peščenjakih Murske formacije v Mursko-Zalskem bazenu, ki si ga delimo z Madžarsko in Hrvaško. V njem z 21 vrtinami zajemamo termalno vodo na 13 lokacijah. Na Hrvaškem je preplitev, zato ni zajemov vode, na Madžarskem pa vanj posega približno 7 % od več kot 600 popisanih vrtin na projektnem območju.

Ostale geotermalne sisteme predstavljajo a) sistemi toplih izvirov na obrobju Panonskega bazena, b) razpokane metamorfne ali karbonatne sedimentne kamnine v podlagi tega bazena in c) bolj izolirani vodonošniki v srednje miocenskih karbonatnih kamninah v bazenu (predvsem v Bosni in Hercegovini ter na Hrvaškem). V Sloveniji je v takšnih 9 lokacij s skupno 23 vrtinami, od tega so v regionalnem Krško-Brežiškem sedimentacijskem bazenu trije uporabniki.



Načini zajema termalne vode glede na tip geotermalnih vodonošnikov. Rumena polja so pilotna območja s čezmejnimi geotermalnimi vodonošniki.

Poznavanje globin

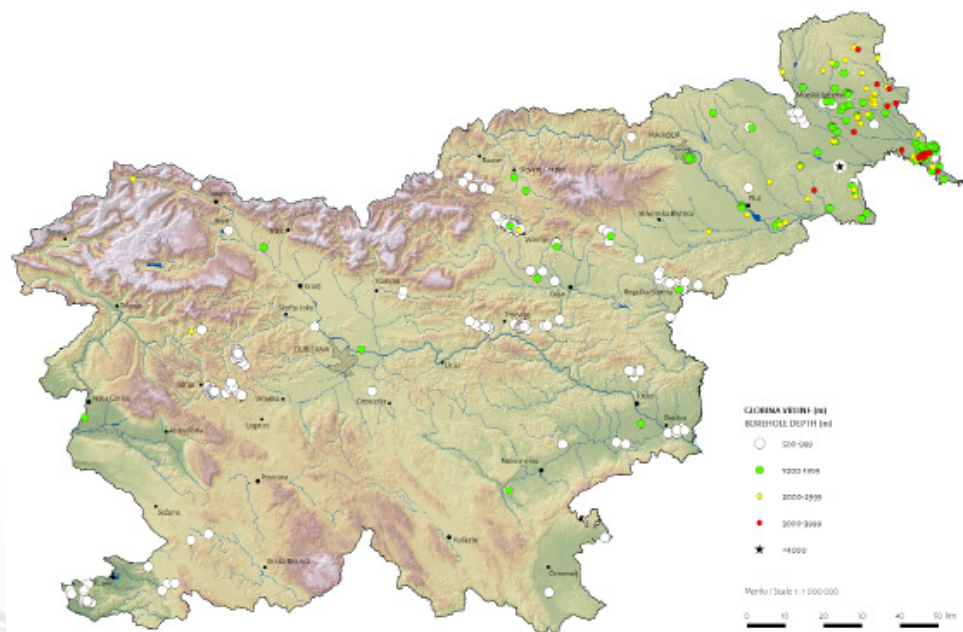
Ustresen način rabe naravnih virov lahko določimo šele, ko poznamo geološko in hidrogeološko zgradbo podpovršja. Iz geoloških kart razberemo kamninsko sestavo površja, raziskave za tridimenzionalni opis struktur, kot npr. geofizikalne raziskave, pa so drage in prostorsko zelo omejene. Običajno globoke vrtine nudijo edine zanesljive informacije o podpovršju, zato so ti podatki izredno dragoceni, lahko bi rekli kar **nacionalnega pomena**.

V Sloveniji je zaenkrat popisanih **551 vrtin, globljih od 500 m**. Leta 1914 je bila pri Hrastniku izvrtana verjetno prva takšna vrtina pri nas. Večina globokih vrtin leži v severovzhodni Sloveniji, saj so bile izdelane predvsem za raziskave nafte in plina v sredini prejšnjega stoletja. Tam je s 4048 m tudi naša najgloblja vrtina, Ljut-1/88 s Kamenščaka pri Ljutomeru.

Prva namenska geotermalna vrtina je bila izvrtana leta 1957 v bližini termalnega izvira v Čatežu. Tam je bila izdelana tudi prva globoka geotermalna vrtina, a šele leta 1971.

Prva geotermalna vrtina v severovzhodni Sloveniji je bila narejena leta 1973 v Ptujju, prej so bile globlje izvrtane le za raziskave nafte in plina. Prva reinjekcijska geotermalna vrtina je bila izvrtana že leta 1993 v Moravskih Toplicah, vendar je bila kasneje spremenjena v črpalno vrtino.

Danes večina aktivnih geotermalnih vrtin v severovzhodni Sloveniji ne presegajo globine 1500 m, izven tega območja pa ne presegajo globine 1000 m z izjemo posameznih vrtin v Cerknem, Rogaški Slatini in Zrečah.



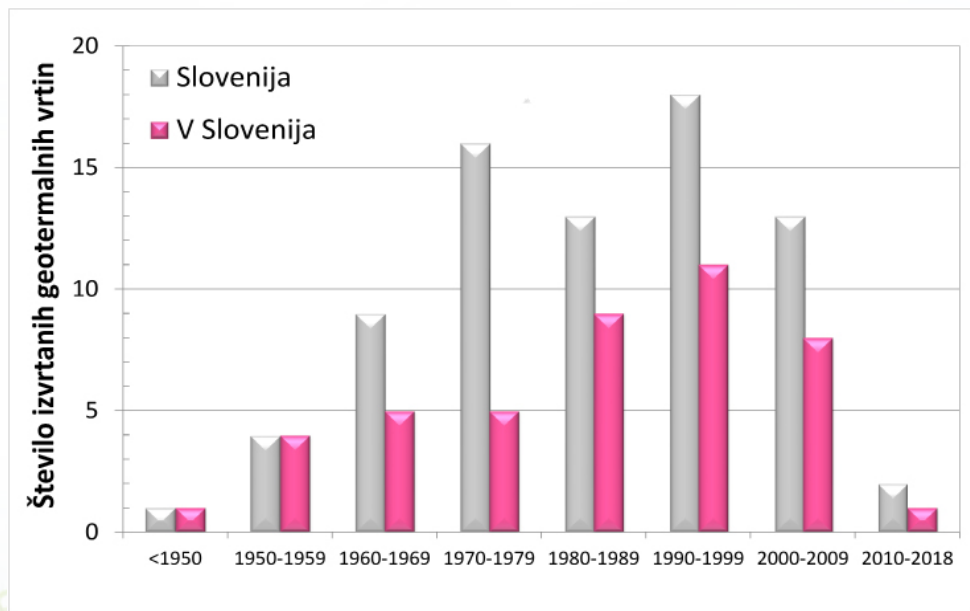
Karta 551 vrtin v Sloveniji, globljih od 500 m (vir: eGeologija)

Geotermalne vrtine

Geotermalne vrtine so prvenstveno namenjene pridobivanju termalne vode. Povprečna globina geotermalnih vrtin na območju projekta DARLINGe je bila določena na 1145 m, največja pa kot 3436 m. Šele v letu 2018 so se pričele uporabljati tudi do 4,8 km globoke vrtine v Veliki Cigleni na Hrvaškem. V slovenskem delu projektnege območja so vrtine krajše, s **povprečno globino približno 990 m**. Za zelo grobo oceno investicijskih stroškov v novo geotermalno vrtino lahko privzamemo, da 1000 m dolžine stane približno 1 milijon evrov.

Povprečna starost vrtin na območju projekta DARLINGe je 46 let. V Sloveniji in njenem delu projektnege območja je nekoliko nižja, **33 let**. Takšna visoka starost aktivnih vrtin dokazuje izjemno dolgoživost razmeroma visoke začetne investicije, saj lahko z nizkimi tekočimi stroški vrtine večinoma uspešno obratujejo desetletja.

Prvi vrh po številu izdelave novih geotermalnih vrtin v projektne območju je bil dosežen okoli leta 1970, drugi okoli leta 1980, tretji pa okoli 2008. Podobno je bilo v Sloveniji. Od leta 2008 je opazen **regionalni upad števila novih vrtin**, kar kaže na potrebo po promociji geotermalnega potenciala, novih tehnoloških rešitev ter finančnih spodbudah za investicije. Ob nenadomeščanju vrtin pričakujemo težave pri zagotavljanju potrebne količine termalne vode v bližnji prihodnosti. Spodbude je potrebno nameniti tudi reinjekcijskim vrtinam za vračanje toplotno izrabljene termalne vode v isti vodonosnik. Te omogočajo energetska rabo brez vpliva na količinsko stanje (gladine in izdatnost) vodonosnikov ter preprečujejo kemijski in temperaturni vpliv na površinske vode, v katere bi sicer izpuščali odpadno termalno vodo.



Prikaz števila novih geotermalnih vrtin po desetletjih v Sloveniji in v njenem vzhodnem delu (V Slovenija)

Temperature v globini

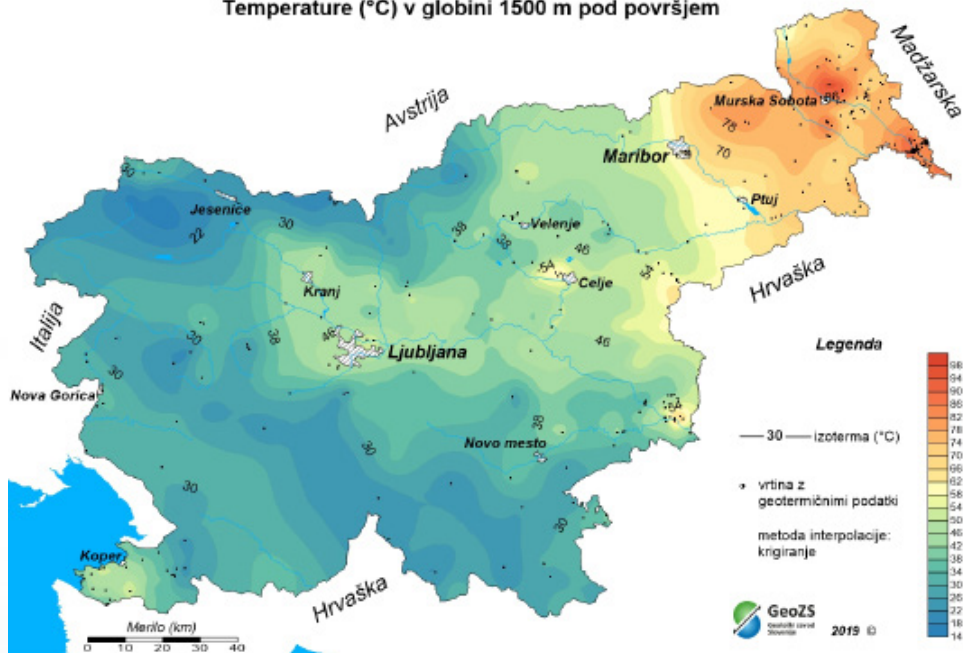
V Sloveniji poznamo 51 mest s pojavi termalne vode ($T > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), vendar se njena **raba vrši le na 31 lokacijah**.

Najvišje temperature v vrtinah so bile izmerjene na območju Panonskega bazena v vzhodni Sloveniji. Tam nekaj sto metrov debel paket slabo prepustnih plasti preprečuje hitro pronicanje hladne padavinske vode v tla, hkrati pa lahko povišan toplotni tok Zemlje zaradi relativno tanke skorje (le približno 30 km) bolj ogreje zelo počasi tekočo podzemno vodo.

Na zahodu in Notranjskem zaradi globljega kroženja hladne infiltrirane padavinske vode temperatura tal narašča bistveno počasneje, zato so pojavi termalne vode redkejši in bolj lokalni, običajno vezani na prelomne strukture.

Izoterma $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ je okvirna meja ekonomske upravičenosti binarnih geotermalnih elektrarn in je **najplitvejša (2-3 km) v severovzhodni Sloveniji**. Pri nas takšnih elektrarn še ni, v bližini, v Veliki Cigleni na Hrvaškem, pa deluje nova od leta 2018. V obalnem delu so te izoterme predvidoma plitveje od 5 km, v osrednji Sloveniji na globini 4-5 km, pod gorami pa tudi nad 6 km. V severovzhodni Sloveniji marsikje v globini 4 km pričakujemo vsaj nad $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, kar potrjuje najvišja izmerjena temperatura pri nas. V vrtini Mg-6/85 pri Lendavi je bila v globini 3739 m določena na $202\text{ }^{\circ}\text{C}$, v Mot-1/76 v Motvarjevcih pa v globini 3760 m tudi visoko, kar $195,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Temperature ($^{\circ}\text{C}$) v globini 1500 m pod površjem

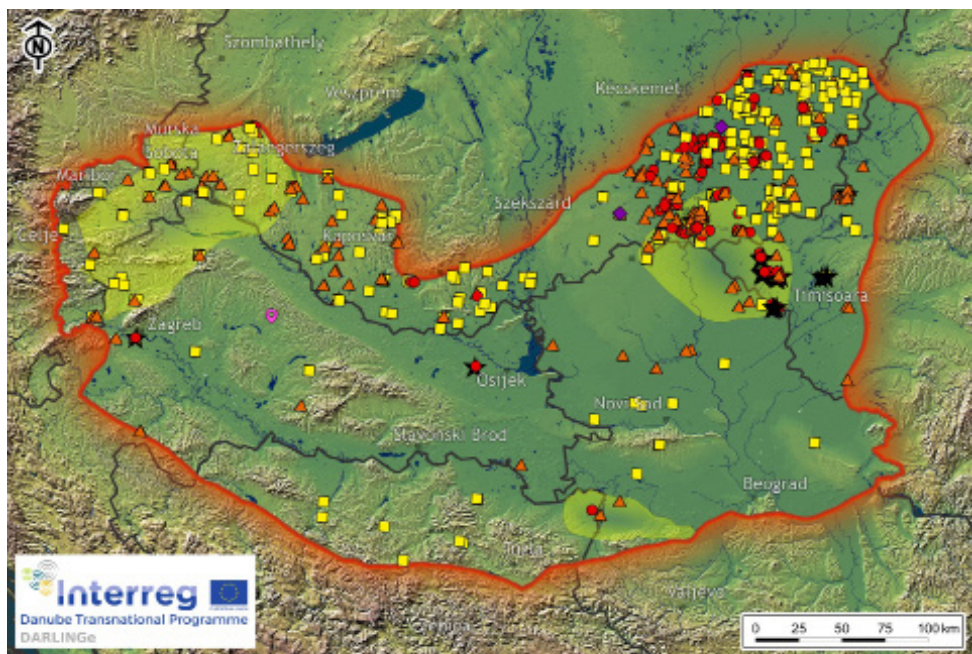


Izračunana porazdelitev temperature podpovršja v globini 1500 m, kar je običajno približno največja načrtovana globina novih geotermalnih vrtin

Temperatura podzemne vode oziroma kamnine v vodonosniku je običajno vsaj nekaj stopinj višja od temperature vode, ki izteka iz vrtine ali izvira. Glede na vrsto kamnine, kvaliteto izvedbe vrtine in pretok vode lahko izgube dosegajo tudi do 15 °C.

Temperatura pridobljene termalne vode na projektnem območju DARLINGe je **v 51% vrtin nad 50 °C**, na Madžarskem dosega do 101 °C, v Veliki Cigleni na Hrvaškem pa celo 170 °C. Temperature nad 50 °C so zelo primerne za zaporedno (kaskadno) rabo toplote, ki izjemno **poveča izkoristek** pridobljene toplotne energije: indirektnem daljinskem ogrevanju lahko sledi ogrevanje individualnih prostorov, nato ogrevanje bazenov in sanitarne vode, za tem klimatizacija prostorov, direktna raba bazenske vode, ogrevanje zelenic ali pločnikov in tako naprej.

Najvišja temperatura vode oziroma vodne pare izmerjena do sedaj v Sloveniji je bila dosežena leta 1988 med testiranjem naše najgloblje vrtine Ljut-1/88 pri Ljutomeru, kjer so med testiranjem odseka v globini 4015 m izmerili temperaturo fluida na ustju približno 148 °C. Danes ima v vzhodni Sloveniji največ aktivnih vrtin termalno vodo s temperaturo med 50 in 59 °C, kar je še posebej značilno za najpogosteje zajeti peščeni vodonosnik v Murski formaciji Mursko-Zalskega bazena. Najvišja temperatura vode, ki se trenutno pridobiva, je približno 75 °C in je dosežena v Moravskih Toplicah. Malo čez 60 °C dosega tudi termalna voda iz dolomitnega vodonosnika v Krško-Brežiškem bazenu, med Dobovo in Čatežem.

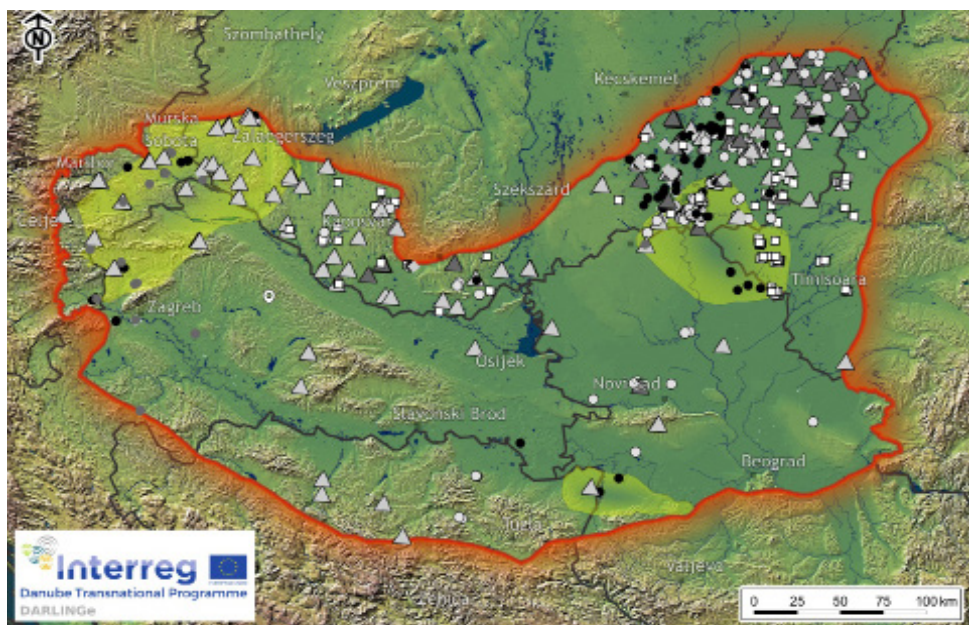


Temperatura termalne vode iz 771 preiskanih vrtin in izvirov na celotnem projektnem območju

Raba termalne vode

Zgodovinska raba termalne vode je vezana na naravne izvire termalne vode, kjer so se razvila kopališča, pralnice za perilo ali zdraviliška dejavnost. Šele z razvojem tehnologije in možnostmi za direktno rabo toplote je raba postala zelo raznolika. Na območju projekta DARLINGe prevladuje **tradicionalna raba za kopanje** v bazenih in balneologijo (24% vrtin in izvirov (objektov); vzhodna Slovenija 30% vrtin). Ponekod je razvita **zaporedna raba** (vzhodna Slovenija 43%). 7% vrtin se uporablja kot vir pitne vode, a le na Madžarskem. Tam za najnižjo temperaturo termalne vode uporabljajo 30 °C in ne 20 °C kot pri nas in v večini sosednjih držav. 5% objektov uporabljajo v industriji ter 2% za opazovanje stanja vodonosnikov.

Daljinsko ogrevanje, ogrevanje sanitarne vode in ogrevanje individualnih prostorov se vrši s 16% objektov, v kmetijstvu in za ogrevanje rastlinjakov se jih rabi 9%. V vzhodni Sloveniji se **samo za ogrevanje** uporablja 27% vrtin. V zadnjih nekaj letih sta zaradi različnih razlogov prenehala delovati daljinska sistema ogravanja v Benediktu in Murski Soboti. Od leta 2018 se s štirimi vrtinami globine med 2,5 in 4,8 km v Veliki Cigleni na Hrvaškem z dubleti pridobiva celo **geotermalna električna energija**. Na projektnem območju je le 5% vrtin namenjenih reinjkciji. Pri nas od treh namenskih **reinjkcjskih vrtin deluje le ena**.



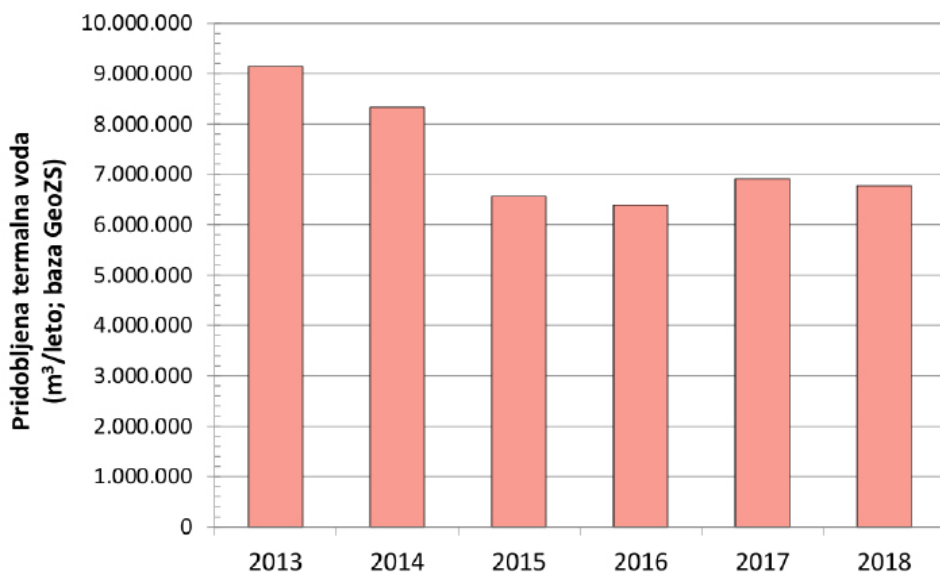
- | | |
|---|---|
| ▲ kopanje in balneologija | ○ druga raba (monitoring, industrija..) |
| ● kopanje in balneologija in ogrevanje | ◆ reinjkcija |
| ● ogrevanje (daljinsko, individualno..) | □ brez podatka |
| ▲ agrikultura | ⊕ geotermalna električna energija |

Posplošeni tipi rabe za 672 preiskanih vrtin in izvirov na projektnem območju

Dovoljenja za rabo termalne vode se med državami bistveno razlikujejo. **Vodne pravice** se podeljujejo na Hrvaškem, Madžarskem in v Sloveniji (skupno 72% objektov na projektnem območju), **rudarske pravice** v Romuniji in Bosni in Hercegovini (6% objektov) ter v Sloveniji, **geotermalne pravice** predvsem v Srbiji (2% objektov), ponekod pa se voda pridobiva brez dovoljenj za rabo. V Sloveniji se le dve vrtini vodita pod rudarsko zakonodajo kot geotermični energetski vir. V tem primeru se mora toplotno izrabljena termalna voda, ki se črpa iz vrtine Le-2g in rabi za daljinsko ogrevanje mesta Lendava, po uporabi 100% reinjektirati v vrtino Le-3g, ki posega v isti vodonosnik. Vse ostale aktivne geotermalne vrtine v Sloveniji imajo podeljeno koncesijo za rabo termalne vode po Zakonu o vodah.

Največja dovoljena količina odvzema termalne vode je javen podatek v slovenskih uredbah za rabo termalne vode, v drugih državah pa je ta informacija zelo težko dosegljiva. Na podlagi dostopnih informacij za (le) 51% objektov smo ocenili celoten dovoljen odvzem na DARLINGE območju na bistveno višji od $62,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ termalne vode letno in je verjetno **vsaj 2-krat višji, kot je trenutni odvzem**. Kaj te količine pomenijo za količinsko in kakovostno stanje geotermalnih vodonosnikov še ni enoznačnega odgovora.

V Sloveniji imajo vsi geotermalni vodonosniki, ki so del vodnih teles podzemne vode, razglašeno **dobro količinsko in kakovostno stanje**. V sklopu ukrepov Načrta upravljanja z vodami I je bila v regionalnih geotermalnih vodonosnikih v Murško-Zalskem in Krško-Brežiškem bazenu uveljavljena prepoved in omejitev rabe termalne vode, saj je bila tam negotovost poznavanja stanja največja, hkrati pa vanju posega več uporabnikov hkrati.



Ocenjeni letni odvzem termalne vode v celotni Sloveniji po letih v obdobju 2013-2018. Spremembe količine so predvsem posledica vse bolj zanesljivih podatkov, saj je od leta 2015 za vse koncesionarje po Zakonu o vodah obvezno spremljanje količine odvzema na objekt natančno.

Uporabljeni piktogrami

Vrsta rabe termalne vode



Ogrevanje individualnih prostorov



Ogrevanje rastlinjakov



Klimatizacija (hlajenje) prostorov



Daljinsko ogrevanje



Ogrevanje sanitarne vode



Reinjekcija odpadne termalne vode



Kopanje in balneologija



Taljenje snega



Zdravstvene dejavnosti (npr. pitne kopeli)

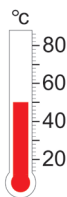


Opazovalna vrtina



Raba plina CO₂

Temperatura vode na ustju posamezne vrtine



Cevitev vrtine

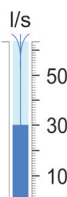


Polna cevitev

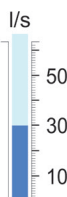


Filtrski/odprt odsek

Izdatnost posamezne vrtine



Arteška vrtina - voda izteka brez uporabe potopne črpalke, včasih je potrebna vzbuditev (aktivacija) vrtine



Za pridobivanje vode je potrebna potopna črpalka v vrtini

Poenostavljena litostratigrafska zgradba

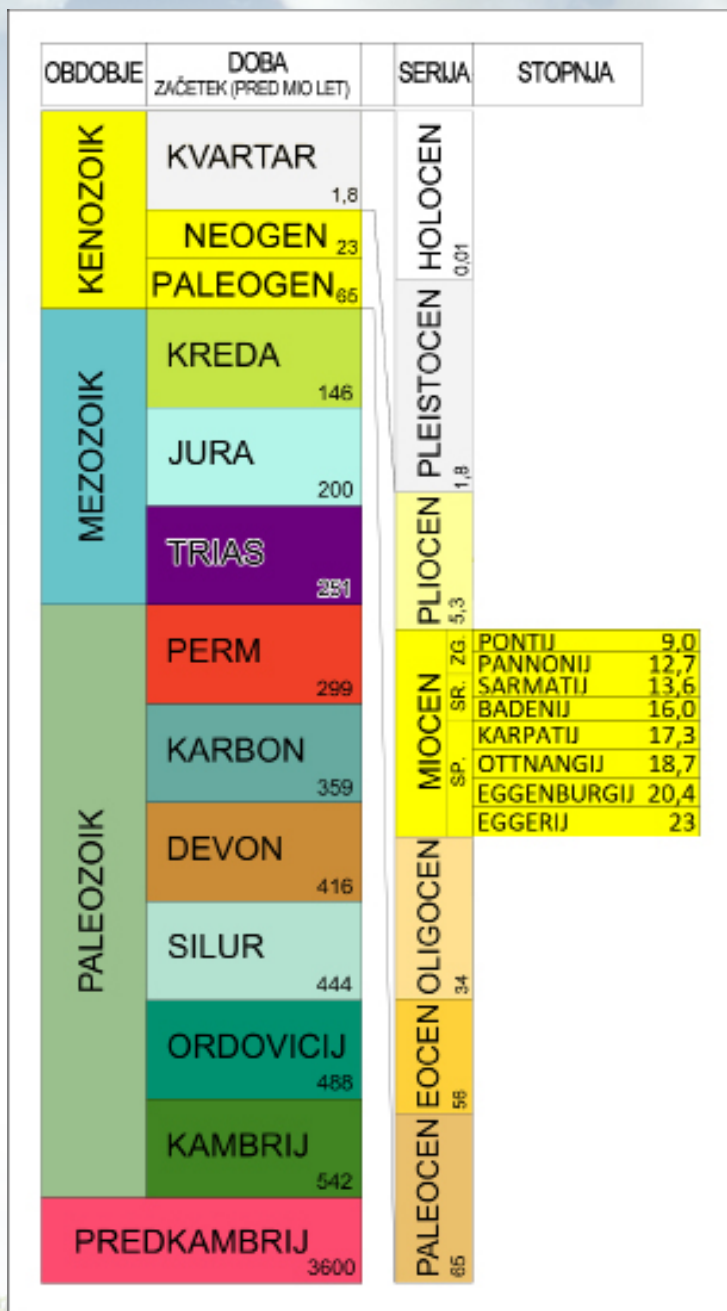
Zgradba Mursko-Zalskega bazena SV Slovenije

LITOLOŠKI OPIS	OBDOBJE	FORMACIJA
rečne naplavine	Q	
prodnat in meljast pesek, peščen in glinast prod, melj in meljasta glina	M ₇ - P ₁	Ptujsko-grajska fm.
glina, melj, meljast in prodnat pesek, peščen prod, premog in ostanki lesa	M ₇ - M ₆	Murska fm. deltna ravnica
pesek, peščenjak, melj, glina in premog	M ₇ - M ₈	Murska fm. deltno čelo
temno siva glina, laporovec, peščenjak, melj, meljevec, glinasti lapor in lapor	M ₇ - M ₈	Lendavska fm.
aljni apnenec, meljast lapor, glinast lapor in lapor z vložki peska	M ₅ - M ₇	Špiljska fm.
konglomerat, peščenjak, peščeni lapor, pesek, muljasta breča, tuf	M ₄ - M ₅	Haloška fm.
kloritni amfibolit in biotitno kloritni skrilavec in filit	Ca	Kobanska in Filitna fm.
gnajs, blestnik, filit, pegmatit, levkofilit, kvarcit, kremenov skrilavec	Pz	Pohorska fm.

Zgradba na preostalih območjih

LITOLOŠKI OPIS	OBDOBJE
rečne naplavine	Q
zaglinjen prod do peščena glina	P ₁ , Q
melj do meljast pesek	M ₅ - M ₇
apnenečev peščenjak in aljni apnenec	M ₄
menjavanje zaglinjenega peska, proda in konglomerata	M ₂
glinast in peščen lapor z vložki peščenjaka in konglomerata	OM
andezitni tuf	Ol ₂
menjavanje glinavca, meljevca, laporovca in peščenjaka	K ₁
masivni apnenec z roženci in lapornat apnenec	J _{2,3} , K
dolomit	T ₃
spilitiziran diabaz in spilitiziran diabazni tuf	T ₂ ³
skrilavi glinavec, peščenjak in dolomitiziran keratofir	T ₂ ²
dolomit	T ₂ ¹
apnenec	T ₂ ¹
muljevec z vmesnimi plastmi dolomita	T ₁
skrilavi meljevec	P, C

Geološka časovna lestvica



Kemijska sestava vode

Stiffovi diagrami grafično prikazujejo hidrogeokemijski tip podzemne vode, ki je določen iz ekvivalentnih koncentracij glavnih ionov. Na levi strani osi so ponazorjeni kationi, na desni pa anioni. Pretvorbe iz koncentracij (mg/l) v ekvivalentne koncentracije (meq/l) naredimo takole:

$$\text{Na} \left[\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Na}^+ \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \cdot 1 \left[\frac{\text{meq}}{\text{mmol}} \right]}{23 \left[\frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right]}$$

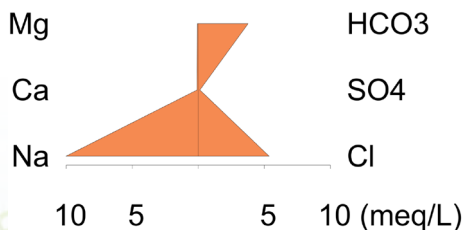
$$\text{Ca} \left[\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Ca}^{2+} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \cdot 2 \left[\frac{\text{meq}}{\text{mmol}} \right]}{40 \left[\frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right]}$$

$$\text{Mg} \left[\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Mg}^{2+} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \cdot 2 \left[\frac{\text{meq}}{\text{mmol}} \right]}{24,3 \left[\frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right]}$$

$$\text{Cl} \left[\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Cl}^- \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \cdot 1 \left[\frac{\text{meq}}{\text{mmol}} \right]}{35,5 \left[\frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right]}$$

$$\text{HCO}_3 \left[\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{HCO}_3^- \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \cdot 1 \left[\frac{\text{meq}}{\text{mmol}} \right]}{45,0 \left[\frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right]}$$

$$\text{SO}_4 \left[\frac{\text{meq}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{SO}_4^{2-} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \cdot 2 \left[\frac{\text{meq}}{\text{mmol}} \right]}{96,1 \left[\frac{\text{mg}}{\text{mmol}} \right]}$$



Primer je voda Na⁺-Cl⁻-HCO₃⁻ tipa. Če diagram prikazuje npr. 10 meq/l parametra, to pomeni:

230 mg/l Na⁺, 200 mg/l Ca²⁺, 122 mg/l Mg²⁺, 355 mg/l Cl⁻, 450 mg/l HCO₃⁻ in 481 mg/l SO₄²⁻.



Značilnosti lokacij z rabo termalne vode



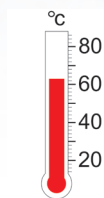
AFP d.o.o.

Sela pri Dobovi 2, 8257 Dobova

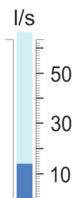
Uporaba termalne vode



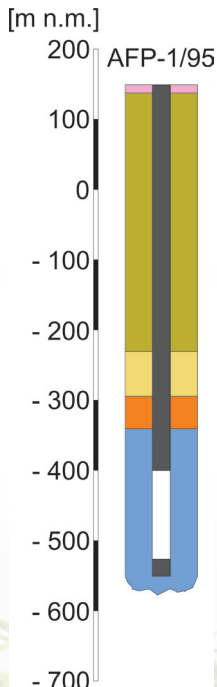
Temperatura vode



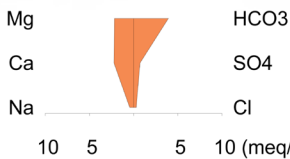
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 400 mg/l skupnih raztopljenih snovi

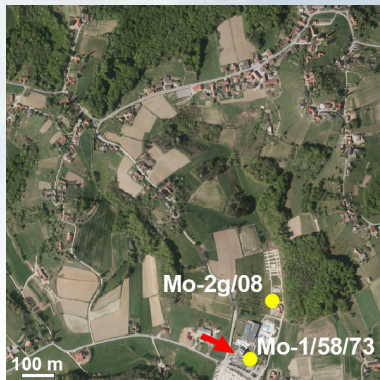
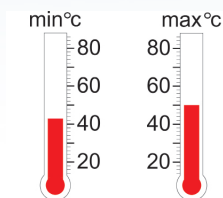
Bioterme Mala Nedelja

Moravci v Slovenskih goricah 34b, 9243 Mala Nedelja

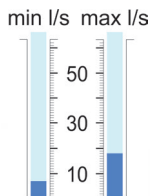
Uporaba termalne vode



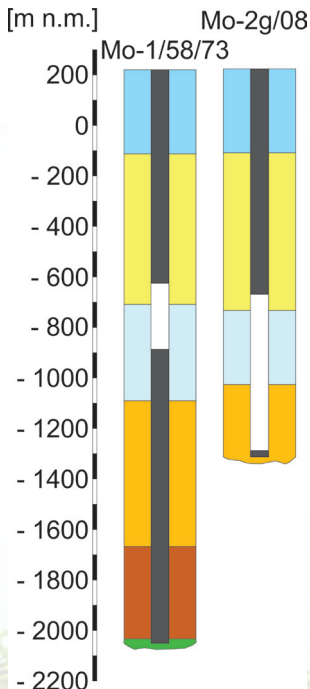
Temperatura vode



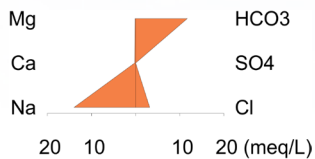
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 800 mg/l skupnih raztopljenih snovi

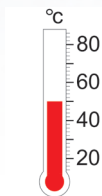
Hotel Diana d.o.o.

Slovenska ulica 52, 9000 Murska Sobota

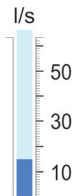
Uporaba termalne vode



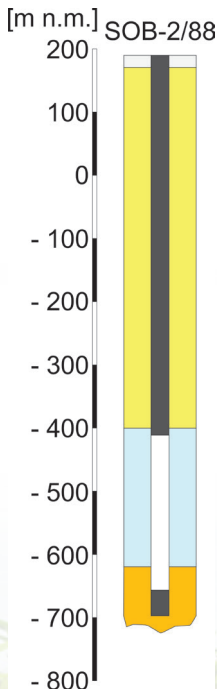
Temperatura vode



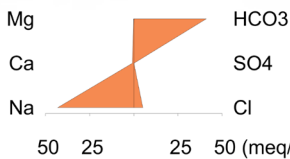
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 4500 mg/l skupnih raztopljenih snovi in veliko prostega CO₂

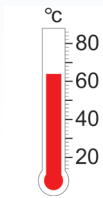
Hotel Sava Rogaška d.o.o., SLKI d.o.o.

Zdraviliški trg 6, 3250 Rogaška Slatina, Zdraviliški trg 11, 3250 Rogaška Slatina

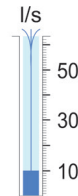
Uporaba termalne vode



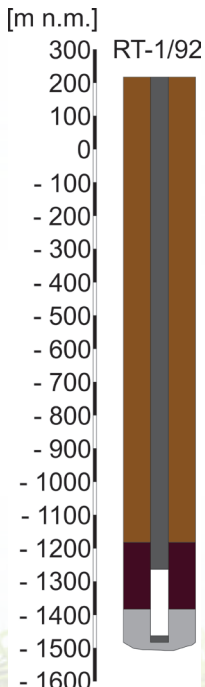
Temperatura vode



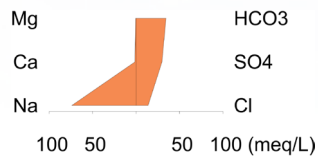
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 6000 mg/l skupnih raztopljenih snovi in veliko prostega CO_2

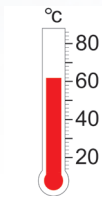
Ocean Orchids d.o.o.

Dobrovnik 115e, 9223 Dobrovnik

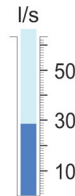
Uporaba termalne vode



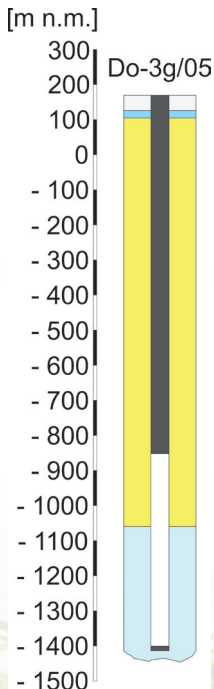
Temperatura vode



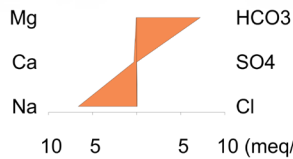
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 600 mg/l skupnih raztopljenih snovi

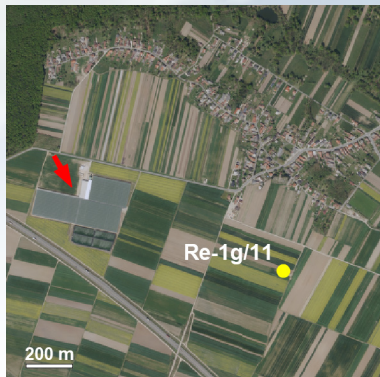
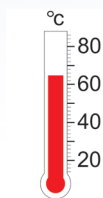
Paradajz d.o.o.

Renkovci 57c, 9224 Turnišče

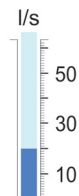
Uporaba termalne vode



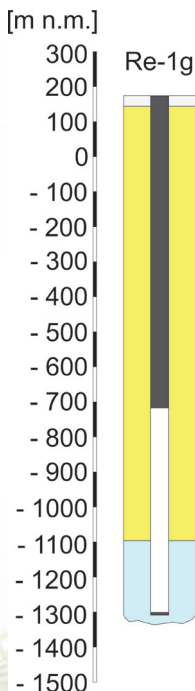
Temperatura vode



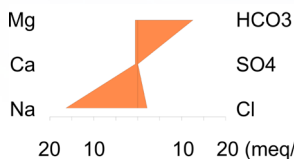
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode

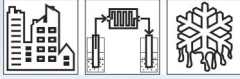


Vsebuje približno 900 mg/l skupnih raztopljenih snovi

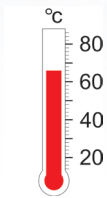
Petrol d.d.

Mlinska ulica 5d, 9220 Lendava

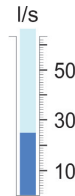
Uporaba termalne vode



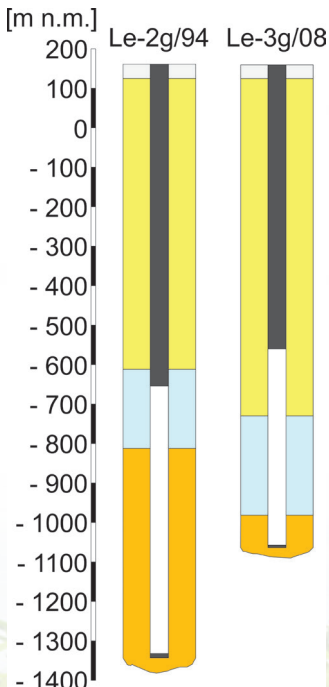
Temperatura vode



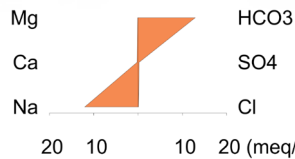
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 1200 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Radenska d.o.o.

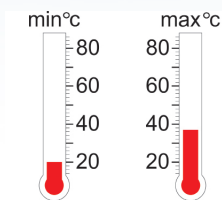
Boračeva 37, 9252 Radenci

Uporaba termalne vode

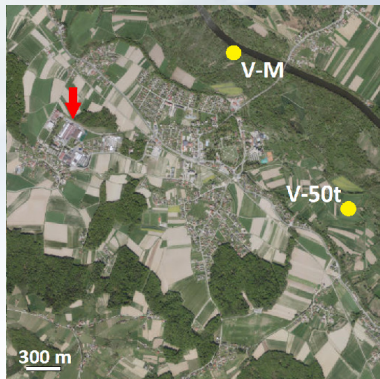
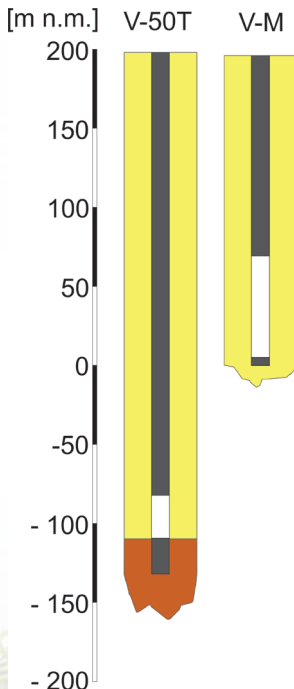


Zdravilišče Radenci
Zdraviliško naselje 12
9252 Radenci

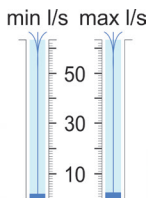
Temperatura vode



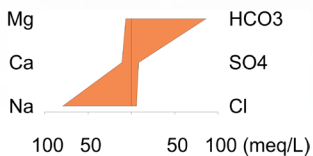
Geotermalni vodonosnik



Izdatnost vodnjaka



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 8500 mg/l skupnih raztopljenih snovi in veliko prostega CO₂

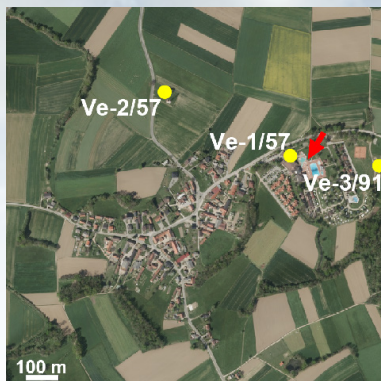
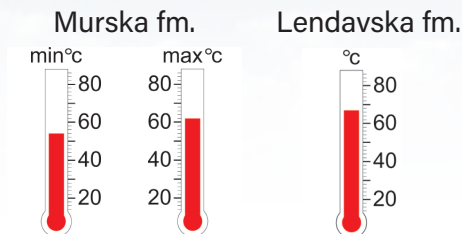
Terme Banovci

Banovci 1a, 9241 Veržej

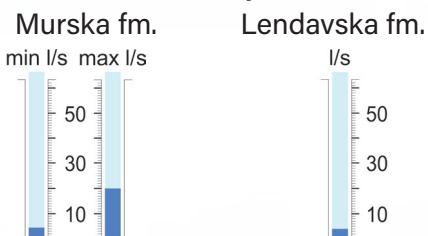
Uporaba termalne vode



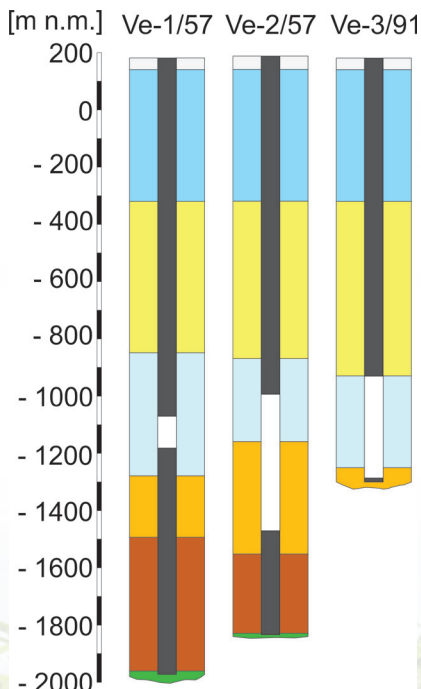
Temperatura vode



Izdatnost vodnjaka

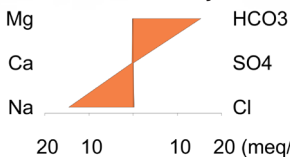


Geotermalni vodonosnik



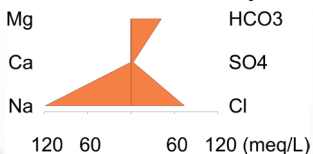
Kemijska sestava vode

Murska formacija



Vsebuje približno 1500 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Lendavska formacija

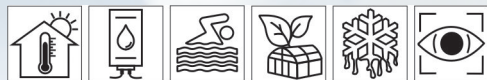


Vsebuje približno 8500 mg/l skupnih raztopljenih snovi

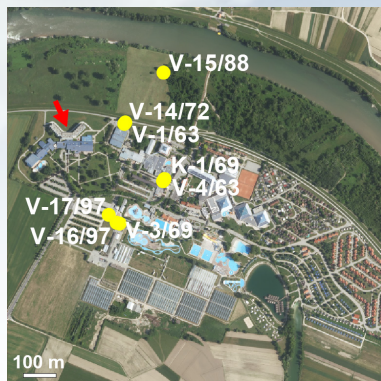
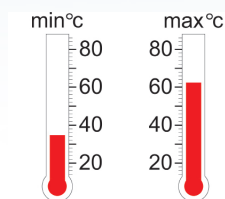
Terme Čatež

Topliška 35, 8251 Čatež ob Savi

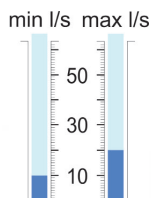
Uporaba termalne vode



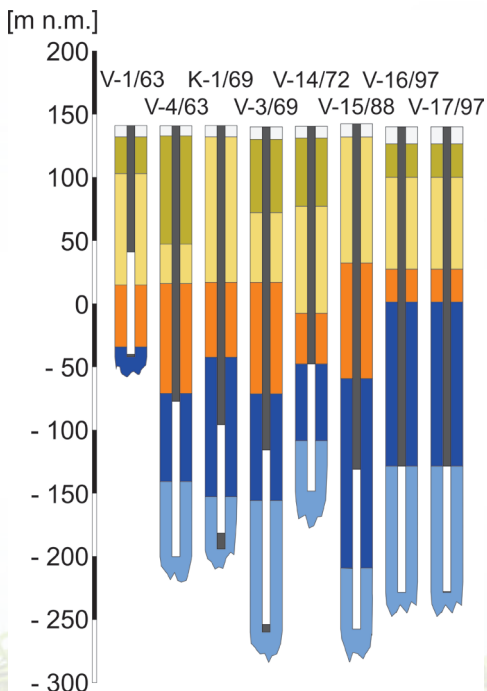
Temperatura vode



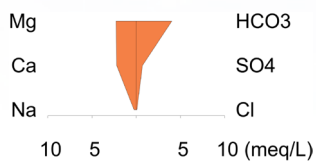
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 400 mg/l skupnih raztopljenih snovi

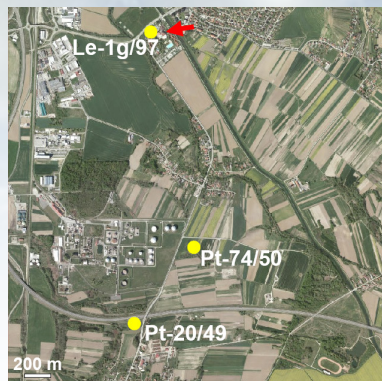
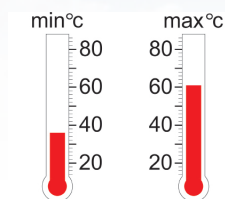
Terme Lendava d.o.o.

Tomšičeva ulica 2a, 9220 Lendava

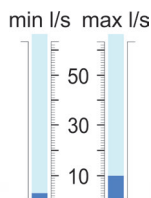
Uporaba termalne vode



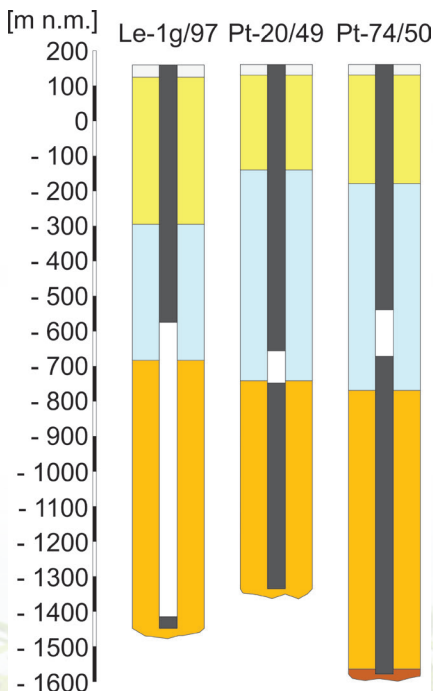
Temperatura vode



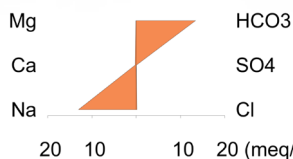
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 1200 mg/l skupnih raztopljenih snovi

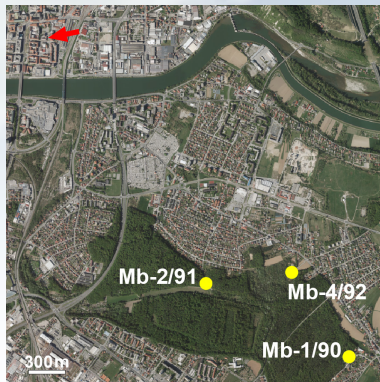
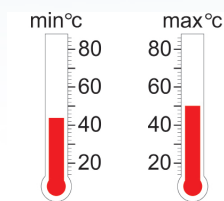
Terme Maribor

Ulica heroja Šlandra 10, 2000 Maribor

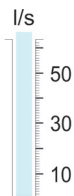
Uporaba termalne vode



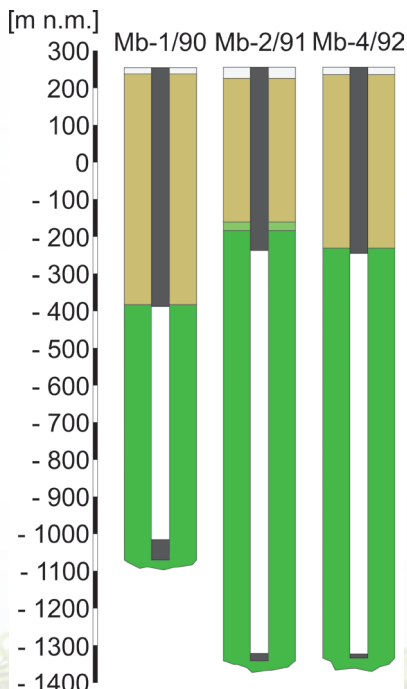
Temperatura vode



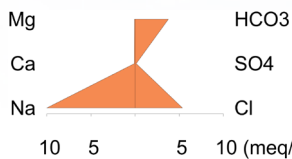
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode




Vsebuje približno 800 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Terme 3000 – Moravske Toplice, Grede Tešanovci

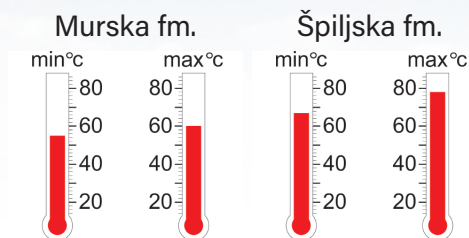
Kranjčeva ulica 12, 9226 Moravske Toplice

Uporaba termalne vode

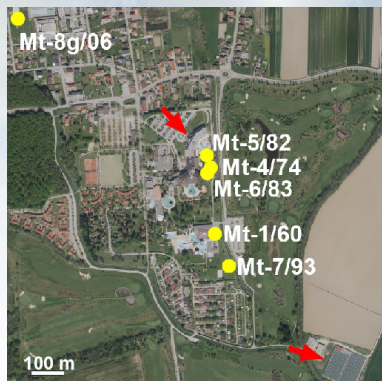
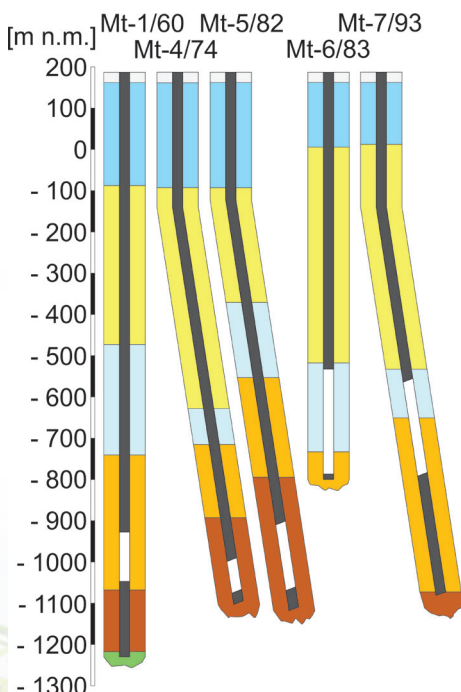


 Grede Tešanovci
Tešanovci 1c
9226 Moravske Toplice

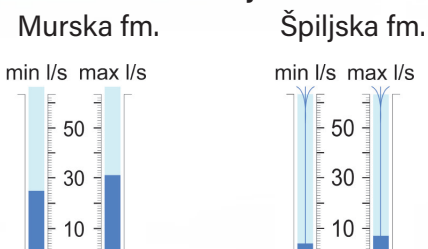
Temperatura vode



Geotermalni vodonosnik

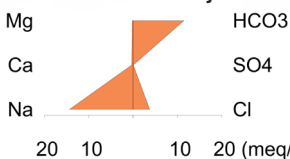


Izdatnost vodnjaka



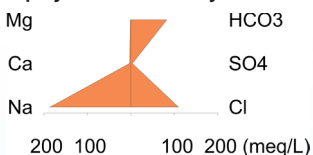
Kemijska sestava vode

Murska formacija



Vsebuje približno 1200 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Špiljska formacija



Vsebuje približno 14000 mg/l skupnih raztopljenih snovi in veliko prostega CO₂

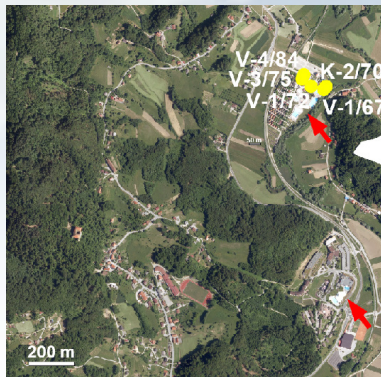
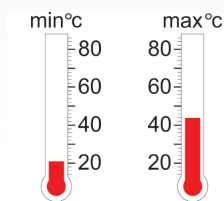
Terme Olimia

Zdraviliška cesta 24, 3254 Podčetrtek

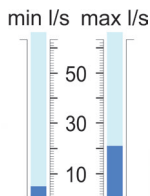
Uporaba termalne vode



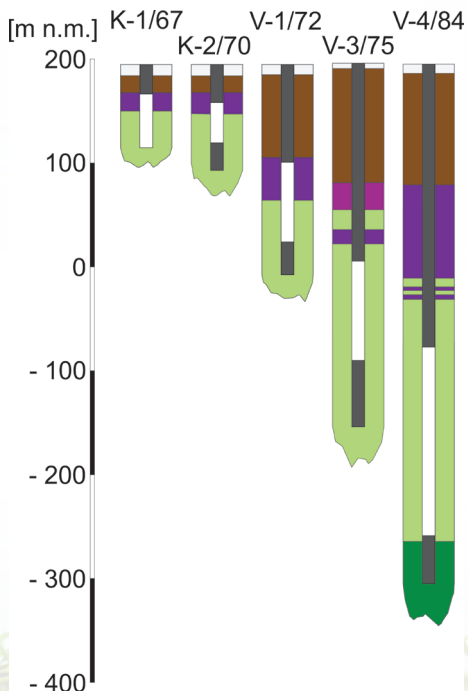
Temperatura vode



Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode



Vsebuje približno 500 mg/l skupnih raztopljenih snovi

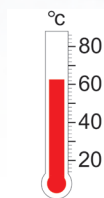
Terme Paradiso

Selska cesta 15b, 8257 Dobova

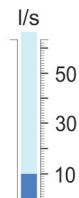
Uporaba termalne vode



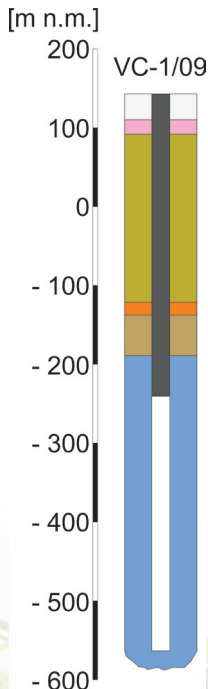
Temperatura vode



Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode

Mg HCO₃

Ca SO₄

Na Cl

10 5 5 10 (meq/L)

Vsebuje približno 400 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Terme Ptuj

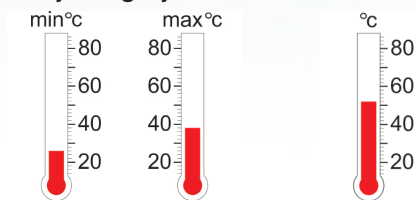
Pot v toplice 9, 2250 Ptuj

Uporaba termalne vode



Temperatura vode

Ptujsko-grajska fm. Murska fm.

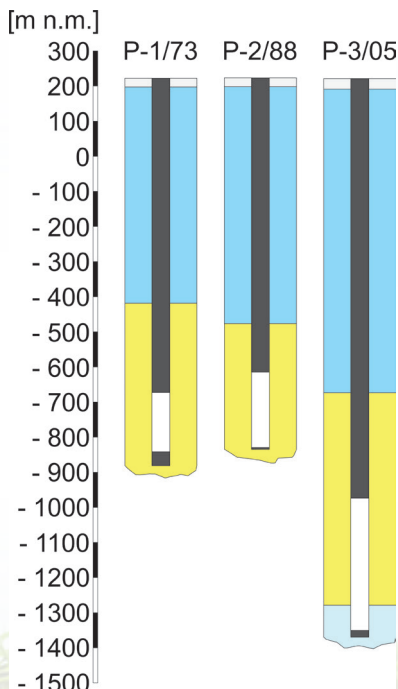


Izdatnost vodnjaka

Ptujsko-grajska fm. Murska fm.



Geotermalni vodonosnik



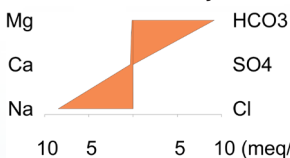
Kemijska sestava vode

Ptujsko-grajska formacija



Vsebuje približno 500 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Murska formacija



Vsebuje približno 800 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Terme Vivat

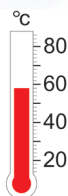
Ulica ob igrišču 3, 9226 Moravske Toplice

Uporaba termalne vode

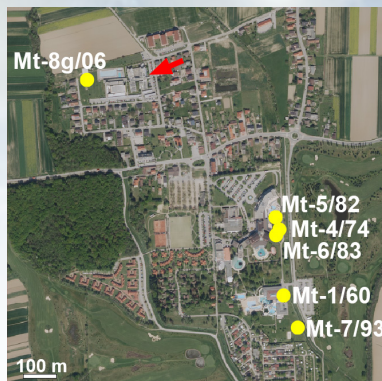
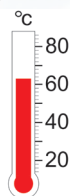


Temperatura vode

Murska fm.

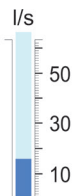


Špiljska fm.



Izdatnost vodnjaka

Murska fm.

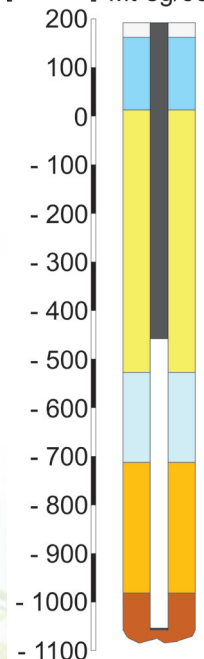


Špiljska fm.



Geotermalni vodonosnik

[m n.m.] Mt-8g/06



Kemijska sestava vode

Murska formacija

Mg HCO₃

Ca SO₄

Na Cl

10 5 5 10 (meq/L)

Vsebuje približno 800 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Špiljska formacija

Mg HCO₃

Ca SO₄

Na Cl

120 60 60 120 (meq/L)

Vsebuje približno 8000 mg/l skupnih raztopljenih snovi in veliko prostega CO₂

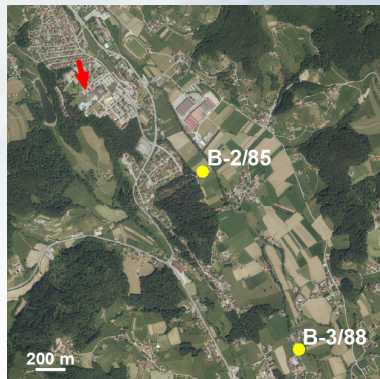
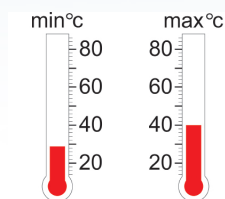
Terme Zreče

Cesta na Roglo 15, 3214 Zreče

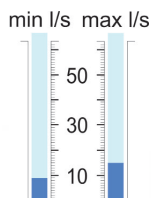
Uporaba termalne vode



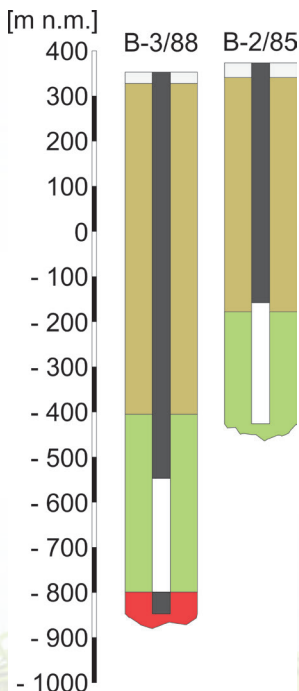
Temperatura vode



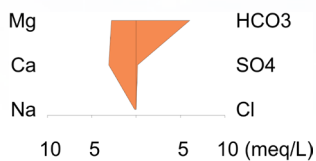
Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode

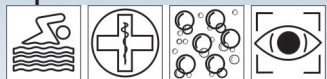


Vsebuje približno 500 mg/l skupnih raztopljenih snovi

Zdravilišče Radenci

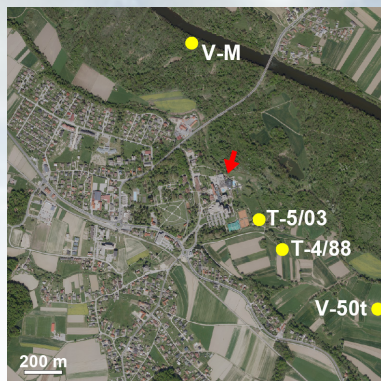
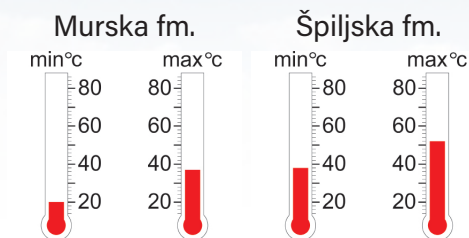
Zdraviliško naselje 12, 9252 Radenci

Uporaba termalne vode

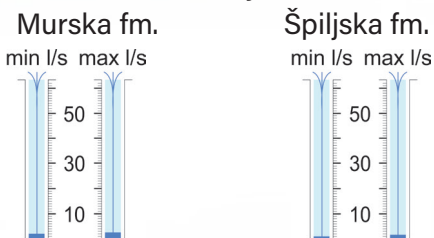


Radenska d.o.o.
Boračeva 37
9252 Radenci

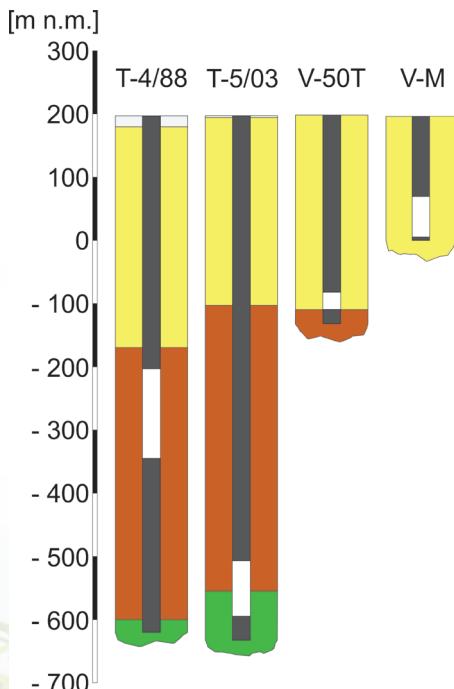
Temperatura vode



Izdatnost vodnjaka



Geotermalni vodonosnik



Kemijska sestava vode

Murska formacija



Vsebuje približno 8500 mg/l skupnih raztopljenih snovi in veliko prostega CO₂

Špiljska formacija



Vsebuje približno 11000 mg/l skupnih raztopljenih snovi in veliko prostega CO₂

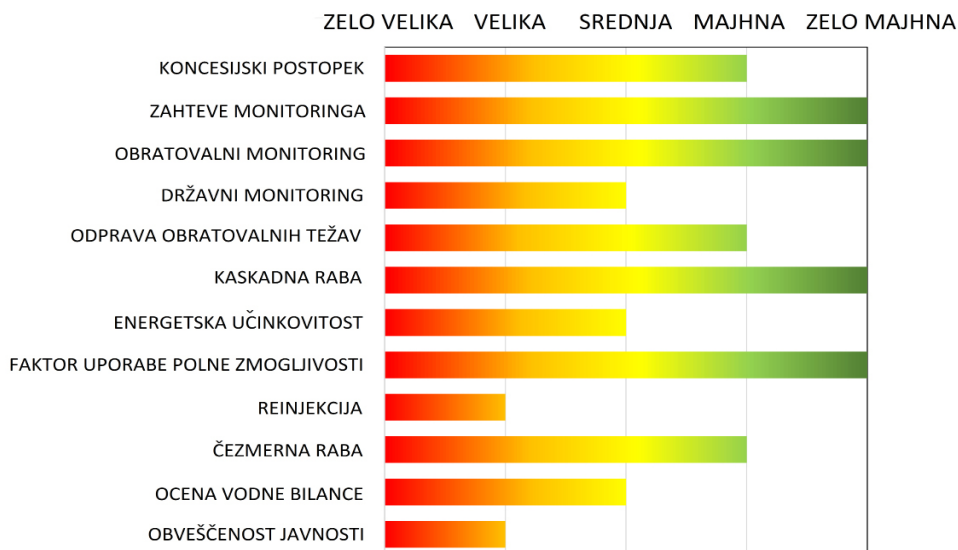
Upravljanje z geotermalnimi sistemi

Geotermalni sistemi predstavljajo veliko **okoljsko premoženje in razvojni kapital**. Čim več je uporabnikov in naprav, tem večje je ekonomsko premoženje, s katerim je potrebno upravljati. Cilj upravljanja je na najboljši način izkoristiti potencial geotermalnih sistemov ter hkrati ohranяти in razvijati to premoženje. V projektu T-JAM smo zato zasnovali primerjalno analizo učinkovitosti upravljanja z geotermalnimi sistemi in jo na območju severovzhodne Slovenije prvič preizkusili leta 2008. To je zelo pripomoglo k ureditvi koncesij v naslednjih letih.

Primerjalna analiza temelji na številčnih ocenah in grafičnem prikazu kazalnikov uspešnosti upravljanja na ravni geotermalnega sistema, regije ali države. Z dvanajst kazalniki stanja okoljskega, ekonomskega in socialnega premoženja ugotovljamo, kaj lahko najbolj izboljšamo in kaj so **prednostne naloge**, da se premoženje ohranja. Tako lahko stalno sledimo potrebe po izboljšanju upravljanja za doseganje okoljskih in energetskega ciljev.

Primerjalno analizo smo nadgradili v okviru projekta TRANSENERGY in z njo med leti 2015-2017 zajeli večino slovenskih uporabnikov. V okviru projekta DARLINGE smo združeno analizirali približno 50 vrtin na treh pilotnih območjih med šestimi državami. Tukaj prikazujemo rezultate le za 26 vrtin na slovenskem ozemlju pilotnega območja, kjer vrtine načrpajo približno 3,8 milijona m³ termalne vode na leto. V zadnjem desetletju so se že pomembno izboljšali številni kazalniki učinkovitosti upravljanja: monitoring, odprava obratovalnih težav, energetska učinkovitost in faktor uporabe polne zmogljivosti, boljša je kaskadna raba ter poznavanje vodne bilance in vzdržna raba vodonosnika. Še vedno smo zelo šibki pri reinjekciji in obveščeniosti javnosti. Slednja je tudi eden izmed razlogov za nastanek te brošure.

POTREBA PO IZBOLJŠANJU UPRAVLJANJA



Grafični prikaz kazalnikov učinkovitosti upravljanja geotermalnih sistemov na slovenskem pilotnem območju DARLINGE

Načrt upravljanja z vodami

Termalne vode so del Vodnih teles podzemne vode (VTPodV), ki jih upravljamo z Načrtom upravljanja z vodami in za njih izpolnjujemo skupne okoljske cilje Evropske skupnosti. Ti so določeni v Vodni Direktivi (2000/60/EC -WFD). Ministrstvo za okolje in prostor vsakih 6 let izda »**Načrt upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja**« s programom ukrepov za naslednje šestletno obdobje. Do danes sta bila pripravljena dva načrta, to je za obdobji 2009 – 2015 (NUV I) in 2016-2021 (NUV II)

Vsak načrt pripravi **oceno trenutnega stanja in tveganja za doseganje okoljskih ciljev** za podzemne in površinske vode. Pri tem se analizira rezultate vseh monitoringov, ki kažejo vplive posegov v okolje na kemijsko, ekološko in količinsko stanje voda. Upošteva se obstoječe in načrtovane posege ter prihodnji razvoj družbe in podnebnih sprememb do naslednjega načrtovalskega obdobja. V primeru, da obstaja tveganje, da okoljski cilji ne bodo doseženi, morajo biti vpeljani dopolnilni ukrepi. Z ekonomsko analizo se ugotavlja učinkovitost ukrepov, oziroma sorazmernost stroškov in koristi. V primeru, da bi bili za doseg ciljev potrebni nesorazmerno visoki stroški, je treba podrobno utemeljiti razloge in opredeliti podaljšanje rokov ali nižje okoljske cilje. Vse to velja tudi za termalne vode.

V NUV I za termalne vode še ni bilo ustreznega monitoringa in podatkov o trendih gladin in o razpoložljivih zalogah termalne vode. Vsi odvzemi termalne vode brez reinjekcije ali brez podatkov o trendu gladine podzemne vode so bili privzeti kot možna tveganje za slabo količinsko stanje termalne vode, saj so bili v nekaterih geotermalnih vrtinah zabeleženi značilni trendi zniževanja gladin podzemne vode. Ker se je potreba po termalni vodi regionalno še povečevala, je bilo negotovo, ali bo možno sedanje izkoriščanje nadaljevati, ali pa bo prišlo do zmanjšanja izdatnosti geotermalnih vrtin in s tem povezanih nepredvidenih stroškov sanacije oziroma opuščanja rabe. Še posebej za termalno vodo v Vodnih telesih Murske in Dravske kotline je bilo ocenjeno, da okoljski cilji do leta 2015 verjetno ne bodo doseženi. Zato so bili sprejeti **dopolnilni ukrepi**:

- Izdelava matematičnega modela toka podzemne vode v SV Sloveniji, ki je namenjen določanju prepovedi, pogojev in omejitev rabe vode iz geotermalnih vodonosnikov.
- Opredelitev in priprava kart globokih vodonosnikov, ki še niso bili dovolj podrobno opredeljeni: Krško-Brežiška termalna voda, Ptuj-globoki, Murska termalna voda in Radgonsko-Vaška termomineralna voda.

Na podlagi tega je naslednji načrt (NUV II) že bolj zanesljivo ocenil vplive odvzemov termalne vode na količinsko stanje in tveganje za Mursko termalno vodo. Glede na cilje Akcijskega načrta za obnovljive vire energije (ANOVE) je bila pričakovana pomembna **rast rabe geotermalne energije** še naprej do leta 2020. Da bi kljub temu prišlo do ustavitve padajočih trendov gladin, je bilo v prvi vrsti priporočeno spodbujanje povečanja toplotnega izkoristka načrpane termalne vode (npr. s kaskadno rabo), saj so se v okolje spuščale energetske zelo slabo izkoriščene vode s temperaturami tudi preko 30 °C.

Poleg tega je bilo ugotovljeno, da je potrebno močno spodbuditi reinjeksijo, zlasti za nove projekte. Stanje v Krško-Brežiškem bazenu takrat še ni bilo analizirano zaradi pomanjkanja podatkov. Za oboje, tako Murske kot Krško-Brežiške termalne vode je bilo ocenjeno, da okoljski cilji do leta 2021 še ne bodo doseženi in da je treba predvsem **izboljšati izvajanje naslednjih temeljnih ukrepov:**

- Ureditve vodnih pravic za vse rabe termalne vode in uskladitev koncesijsko podeljenih količin termalne vode z dejansko rabo. Hkrati pa uskladitev podatkovnih baz in poročanja različnih upravnih organov.
- Izvajanje doslednega nadzora nad rabo vode z obratovalnim monitoringom ter sledenje ključnih kazalnikov uspešnosti upravljanja. Na podlagi tega se lahko prilagodi obseg vodne pravice.
- Vzpostavitev celovitega državnega monitoringa termalnih vod. Priprava posebnega načrta za ustavljanje padajočih trendov s ciljem optimizacije stroškov za investicije, ki so zato potrebne.
- Dodatne spodbude za a) raziskave in izvedbo reinjeksije z opredelitvijo lokacij, kjer bi imela največ učinka za največ uporabnikov in b) kako ob nespremenjeni vodni bilanci omogočiti večji odvzem geotermalne toplote in hkrati večje število uporabnikov.
- Priprava nacionalne strategije za dolgoročni razvoj geotermalnih sistemov in rabe geotermalne energije.

V letu 2015 so bile izdane uredbe o koncesijah za večino uporabnikov termalne vode v Sloveniji. S tem so se koncesionarji zavezali **k sistematičnem izvajanju stalnega monitoringa** s poročanjem količinskega in kakovostnega stanja v njihovih objektih. Zaradi tega se je kakovost podatkov za realno oceno stanja v zadnjih letih izjemno izboljšala. S tem se bo odpravila negotovosti iz prejšnjega NUV. Koncesionarji so postali zavezani dosegati **70% izkoristek toplotne energije** glede na referenčno povprečno letno temperaturo podzemne vode v Sloveniji, ki je 12 °C. Primer dobre prakse kaže, da je možno dosegati izkoristek tudi preko 90 %. Še vedno pa so potrebne predvsem aktivnosti za uspešne projekte in izvedbo reinjeksije. Poleg tega so najbolj potrebne še aktivnosti za večjo energetske učinkovitost, boljše obveščenost javnosti in vzpostavitev državnega monitoringa globokih vodonosnikov.

Na podlagi očitnega napredka v preteklih letih pričakujemo, da bo ob nadaljnjem izvajanju naštetih ukrepov lahko doseženo dobro količinsko stanje globokih vodonosnikov v obdobju NUV III (2022 – 2027).

Prostorska analiza za nove reinjekcijske vrtine

Primerjalna analiza je pokazala na potrebo po izgradnji novih reinjekcijskih vrtin, ki so umeščene v bližino obstoječih uporabnikov. Prvo fazo umeščanja takšnega objekta v prostor lahko izvedemo sami. V ta namen je potrebno zbrati **javne prostorske informacije**, ki vplivajo na izbiro lokacije nove vrtine, in upoštevati vse uredbe, pravilnike in zakone, ki postavljajo pogoje in omejitve za izgradnjo vrtin.

Prostorski dejavniki, ki jih je potrebno upoštevati v analizi, so naslednji:

- vodovarstvena območja (VVO): VVO I je najbližji vodnemu viru in tu je gradnja prepovedana. VVO II ima stroge omejitvene kriterije in večinoma je v njem gradnja prepovedana. VVO III dovoljuje gradnjo pod določenimi pogoji.
- naravovarstvena območja, druga varovana območja in območja Natura 2000: gradnja je možna le s pridobitvijo dodatnih dovoljenj,
- javna infrastruktura: vodovod, kanalizacija, električna napeljava, plinovod idr.: varstveni pas različne dolžine, v katerem je gradnja prepovedana zaradi vzdrževalnih ali drugih del,
- območja poplavne nevarnosti: posebne gradnje z varstvenimi predpisi na območju srednjega razreda nevarnosti, na območju velike poplavne nevarnosti gradnja ni dovoljena,
- območja že podeljenih koncesij za rabo termalne vode z navideznim polmerom okoli filtrske cone vrtine v dolžini 700 m,
- polmer 1000 m okoli filtrske cone vrtin, kjer je pričakovan hidravlični vpliv črpanja,
- kmetijska zemljišča: gradnja v namen raziskovanja podzemnih voda, mineralnih surovin in geotermičnega energetskega vira je dovoljena,
- smer toka podzemne vode v zajetem vodonosniku: gradnja je priporočena dolvodno od črpalnih vrtin,
- debelina in smer raztezanja dobro prepustnih plasti ali struktur: v primeri reinjekcije v medzrnske peščene vodonosnike je priporočljivo, da je posamezna peščena plast debelejša od 30 m.

Ti dejavniki različno vplivajo na izbiro lokacije, zato jih razvrstimo v tri kategorije: 1 - neugodno za izgradnjo vrtine, 2 - izgradnja je omogočena pod določenimi pogoji, in 3 - ni omejitev za izgradnjo reinjekcijske vrtine. Nato z izračunom v GIS določimo, katera območja so najbolj primerna za izgradnjo nove vrtine.

Poleg opisanih prostorskih dejavnikov je potrebno upoštevati še **dodatne zahteve oziroma dovoljenja**, ki jih je potrebno pridobiti pred izgradnjo vrtine. To sta:

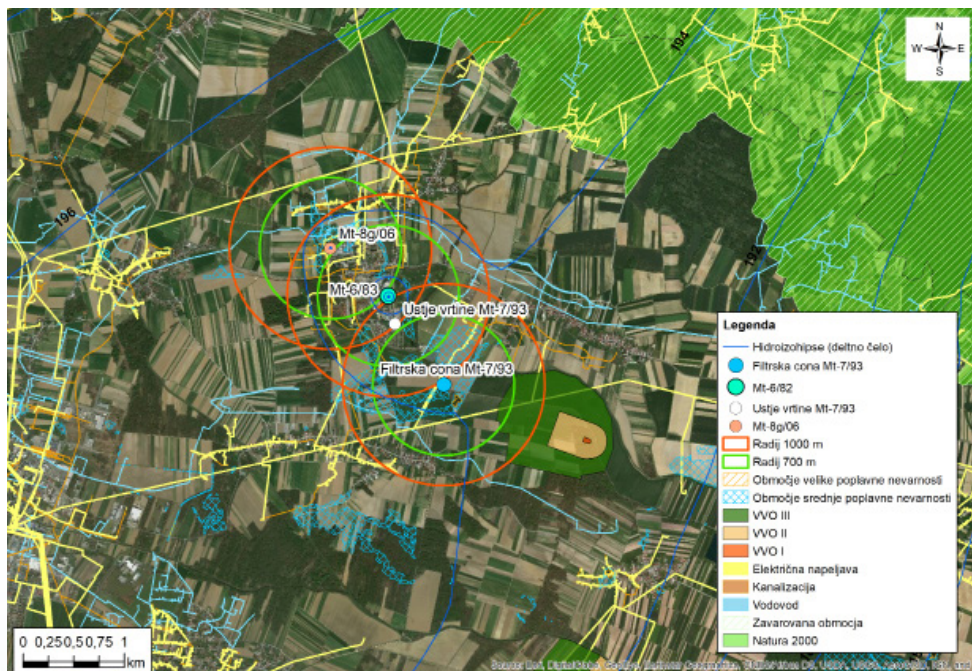
- dovoljenje za raziskavo podzemnih voda, ki zahteva priložen revidiran rudarski projekt skladno z Zakonom o rudarstvu,
- vodno soglasje po Zakonu o vodah, ki zahteva tudi vlogo za pridobitev projektnih pogojev ali pogojev za druge posege v prostor.

Če se po izgradnji in testiranju reinjekcijske vrtine izkaže, da je možno vračati vso (100%) načrpano termalno vodo, je možno pristopiti k spremembi koncesijskega akta za rabo termalne vode po Zakonu o vodah, tako da se črpalna in reinjekcijska vrtina obravnava kot **geotermični energetski vir** po Zakonu o rudarstvu.

Splošna prostorska analiza omejitvenih dejavnikov je bila pripravljena za regionalni in čezmejni medzrnski peščeni geotermalni vodonosnik v deltnem čelu Murske formacije (predlagano VTPodV Murska termalna voda) v severovzhodni Sloveniji. Natančneje sta bili preiskani lokaciji v Moravskih Toplicah (Terme 3000 s črpalnima vrtinama Mt-6 in Mt-7 in Terme Vivat s črpalno vrtino Mt-8g) in v Dobrovniku (Občina Dobrovnik z neaktivno črpalno vrtino Do-1 in Ocean Orchids d.o.o. z aktivno črpalno vrtino Do-3g).

Analiza v Moravskih Toplicah je iskala lokacijo za novo reinjekcijsko vrtino za vračanje toplotno izrabljene termalne vode iz črpalnih vrtin Mt-6/82 in Mt-7/93. Pri tem je bilo potrebno upoštevati, da slednja vrtina ni bila izdelana navpično, ampak je cevitev nagnjena proti jugovzhodu in se njena filtrska (odprta) cona v tlorisu nahaja do približno 800 m stran od ustja vrtine.

Lokacija nove vrtine naj se nahaja znotraj krožnic, ki označujejo polmer vplivnega radija črpalnih vrtin med 700 in 1000 m, da je zagotovljena hidravlična povezava med črpalnimi in reinjekcijsko vrtino s sprejemljivo počasnim tokom vrtnje-ohlajene termalne vode proti črpalnim vrtinam. Tako se bo lahko voda ponovno ogrela. Primernejša lokacija je tudi na mestu, kjer se radiji več črpalnih vrtin prekrivajo, saj je tam največ možnosti za vzpostavitev hidravlične povezave med vrtinami. Ker je naravni regionalni tok podzemne termalne vode usmerjen od SZ proti JV in je zato primernejša lokacija nove vrtine dolvodno od obstoječih črpalnih vrtin, je območje najprimernejših lokacij za izgradnjo nove reinjekcijske vrtine JV od Term 3000. V bližini je nad območjem odprte, filtrske cone vrtine Mt-7 občinsko



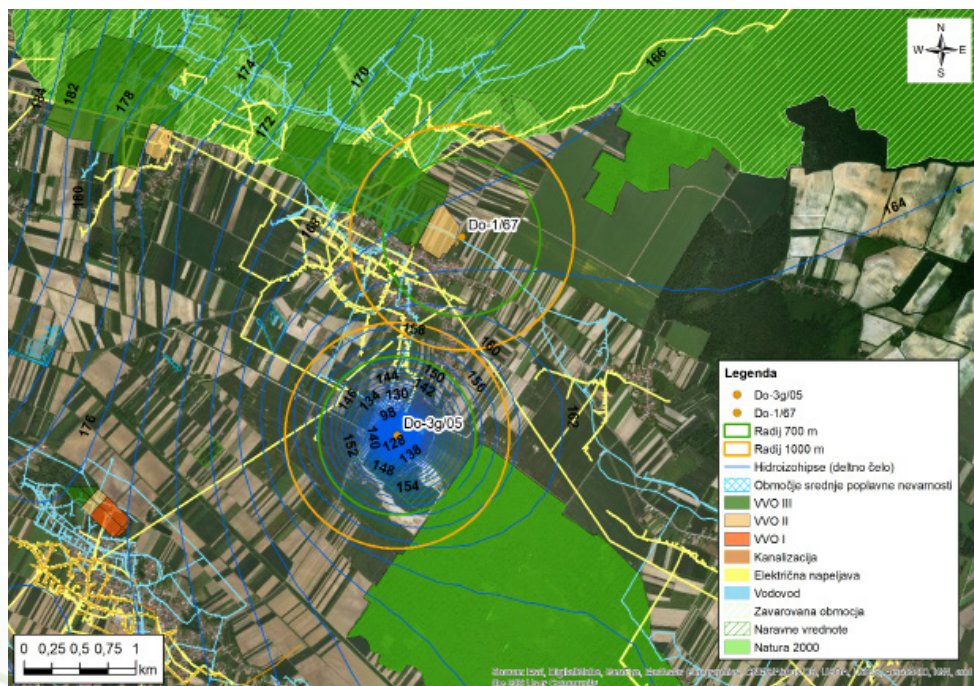
Analiza omejitev v prostoru za izgradnjo nove reinjekcijske vrtine na območju Moravskih Toplic

vodovarstveno območje kategorije III, ki sicer gradnje ne prepoveduje, jo pa omejuje in zahteva dodatne projektne pogoje in dovoljenja za izgradnjo objekta.

Občina Dobrovnik želi aktivirati geotermalno vrtino Do-1/67 za sistem daljinskega ogrevanja Dobrovnika, ki posega v isti regionalni vodonosnik kot vrtine v Moravskih Toplicah. Po veljavnem 8. členu Uredbe o načrtu za upravljanje voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja iz leta 2011, ki močno omejuje podeljevanje vodnih pravic za rabo termalne vode iz Mursko-Zalskega in Krško-Brežiškega bazena zaradi tveganja, da dobro stanje vodonosnikov ne bo doseženo, je za Občino najoptimalnejša rešitev za pridobitev koncesije za pridobivanje geotermalne energije prehod na geotermični energetski vir po Zakonu o rudarstvu. To pomeni, da mora izdelati še reinjekcijsko vrtino. V relativni bližini Do-1 črpalna vrtina Do-3g zagotavlja geotermalno ogrevanje rastlinjaka in tudi ta koncesionar načrtuje izgradnjo nove reinjekcijske vrtine v bližnji prihodnosti.

Dejavniki omejitve rabe prostora so isti kot v primeru Moravskih Toplic. Če jih upoštevamo ter prevzamemo, da je naravni tok podzemne termalne vode v okolici Dobrovnika pretežno od zahoda proti vzhodu, proti Madžarski, je priporočljivo, da se nova reinjekcijska vrtina nahaja vzhodno od obstoječih vrtin.

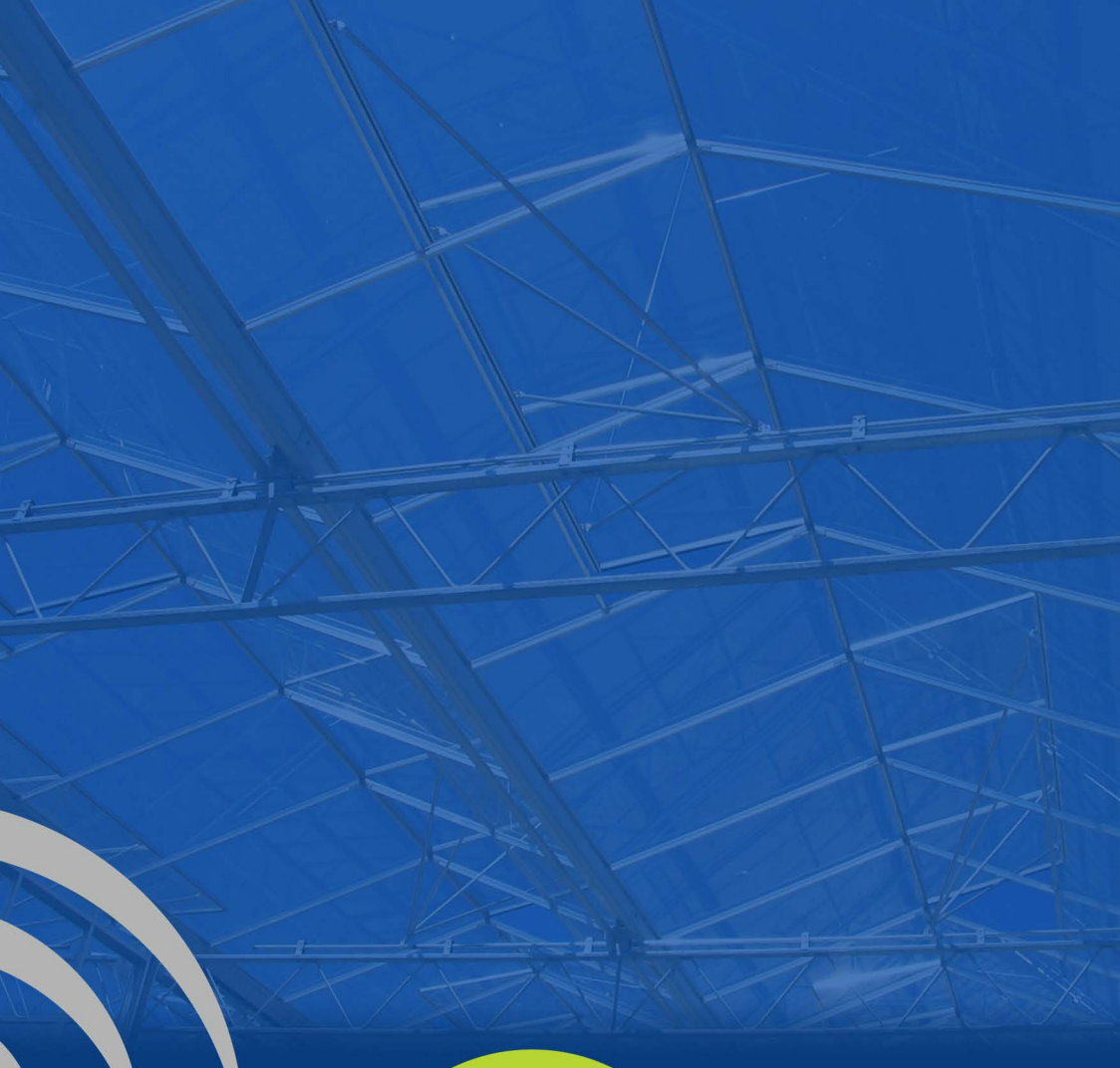
Za natančno lociranje novih vrtin je potrebno v **naslednjih fazah** izdelati prognozni geološki profil, smiselno pa je tudi natančnejši analitični ali numerični izračun tveganja za toplotni preboj v celotnem času delovanja reinjekcijske vrtine.



Analiza omejitev v prostoru za izgradnjo nove reinjekcijske vrtine na območju Dobrovnika

Zapiski





Interreg



Danube Transnational Programme
DARLINGe