

Hidrogeološke preiskave na območju zajetja Peričnik v dolini Vrata

2. faza

Končno poročilo

Ljubljana, junij 2022

Naročnik:	Občina Jesenice, Cesta železarjev 6, 4260 Jesenice
Izvajalec:	GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana
Podizvajalec:	GEOtrans d.o.o., Podmolniška cesta 64, 1264 Ljubljana-Dobrunje
Datum izdaje ponudbe:	5. 10. 2020
Evidenčna številka:	631-166/2022
Število izvodov:	4
Naslov poročila:	Hidrogeološke preiskave na območju zajetja Peričnik v dolini Vrata: 2. faza (končno poročilo)
Datum izdelave:	Junij 2022
Avtorji:	Timotej Pepelnik, dipl. inž. geol. dr. Luka Serianz, mag. inž. geol. Jan Udovč, mag. inž. geol. Tomislav Matoz
Nosilec naloge:	dr. Luka Serianz, mag. inž. geol.
Vodja organizacijske enote:	dr. Nina Rman, univ. dipl. inž. geol.
Direktor:	dr. Miloš Bavec, univ. dipl. inž. geol.
Ključne besede:	Podzemna voda, hidrogeologija, vrtina, zajetje, Peričnik
Datum:	Ljubljana, junij 2022



VSEBINA

1. UVOD	1
2. HIDROGEOLOŠKA IZHODIŠČA	2
2.1. Sestava vodonosnika	2
2.2. Hidrogeološke značilnosti in režim napajanja izvirov	2
3. IZVEDBA VRTIN IN ČRPALNI PREIZKUSI.....	4
3.1. Izvedba vrtin in cevitev.....	5
3.2. Končna ureditev	6
4. ČRPALNI PREIZKUS	7
4.1. Teoretična izhodišča	7
4.2. Potek in rezultati črpalnega preizkusa.....	8
5. HIDROGEOLOŠKI MONITORING	11
5.1. Priprava merilnih mest	11
5.2. Rezultati hidrogeoloških meritev.....	12
5.3. Motnost.....	16
5.4. Padavinski dogodek 1. 11. 2021–4. 11. 2021	16
6. KOMENTAR NA MOŽNE UKREPE IZ 1. FAZE RAZISKAV (2020).....	18
6.1. Filtracija in dezinfekcija	18
6.2. On-line spremljanje motnosti na samem zajetju	18
6.3. Zatesnitev (ali dreniranje) brežine struge Triglavske Bistrice	19
6.4. Analize mikrobiološke neskladnosti	19
6.5. Vodovarstvena območja.....	21
7. SKLEP	24
8. LITERATURA	26

KAZALO SLIK

Slika 1: Območje in lokacije izvedbe sledilnih preizkusov (Serianz in sod., 2020).....	3
Slika 2: Lokacije piezometričnih vrtin, zajetij Peričnik in območje vgrajene merilne late na Triglavski Bistrici – most (TB-M).	4
Slika 3: Izvedba vrtine PZP-2/21.	5
Slika 4: Končna ureditev vrtine PZP-1/21.....	6
Slika 5: Potek črpanja na vrtini PZP-2/21.	8
Slika 6: Iztok podzemne vode med črpanjem iz vrtine PZP-2/21.....	10
Slika 7: Vodomerni profil TB-M.....	11
Slika 8: Napajalno zaledje Triglavske Bistrice in lokaciji vodomernih postaj.	12
Slika 9: Pretoki na M-1 ter količina padavin – Zg. Radovna.	13
Slika 10: Vodostaja (nad sondo) na »merilnih latah« TB-M in M-1.	14
Slika 11: Primerjava nihanj podzemne vode v piezometričnih vrtinah (ročne meritve - svetlomodro).15	
Slika 12: Primerjava pretokov na »merilni lati« M-1, popravljenih meritev motnosti na raztežilniku Mlačca, prikaz vrednosti NTU 1 in NTU 4 ter količino padavin na padavinski postaji Zg. Radovna.....	17
Slika 13: Stojeca površinska voda v bližini zajetij.	20
Slika 14: Veljaven občinski odlok (vir: Atlas voda).	21
Slika 15: Predlagano vodovarstveno območje iz leta 2013 (vir Atlas okolja).....	23

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Geodetski in hidrogeološki podatki o izvedenih piezometrih.....	5
Preglednica 2: Osnovni hidrogeološki podatki na dan črpanja v vrtinah PZP-1/21, PZP-2/21 in PZP-3/21.	9
Preglednica 3: Osnovni nabor terenskih parametrov med črpanjem v PZP-1/21, PZP-2/21 in PZP-3/21.	9
Preglednica 4: Rezultati obdelave črpalnega preizkusa na posamezni vrtini.	10
Preglednica 5: Osnovne statistike za piezometrične vrtine.	14

KAZALO PRILOG

Priloga 1. Grafični prikaz rezultatov črpanja.	
Priloga 2. Grafične obdelave črpalnih preizkusov po metodi Theisa.	
Priloga 3. Litološki popisi in tehnični profili vrtin PZP-1/21, PZP-2/21 in PZP-3/21.	

1. UVOD

Na zajetju Peričnik, ki se nahaja v dolini Vrata, na desnem bregu Triglavske Bistrice, že več let ob intenzivnih padavinah ter izrazito povišanih pretokih površinskih voda prihaja do izrazito povišane motnosti podzemne vode ter hkrati neskladnosti vzorcev mikrobioloških analiz (večinoma koliformne bakterije). Za preverbo in izboljšano oceno izvora pojava motnosti in neskladnosti vzorcev mikrobioloških preiskav podzemne vode na vodnem viru Peričnik smo med aprilom in julijem 2020 izvedli terenske hidrogeološke raziskave (Serianz in sod., 2020). To so bile sploh prve sistematične hidrogeološke raziskave na tem območju, s katerimi smo skušali ugotoviti značilnosti in dinamiko napajanja izvirov, ki so zajeti z vodnim virom Peričnik.

Ugotovili smo, da je napajanje izvirov zelo verjetno v veliki meri povezano s Triglavsko Bistrico. Ta ob normalnih pogojih (nizkem in srednjem vodnem stanju) napaja izvire gorvodno na dovolj veliki razdalji, da se tudi ob nekoliko intenzivnejših padavinah voda zaradi naravnih zadrževalnih sposobnosti v medzrnskem poroznem mediju dobro prečisti. Ob izrazito povišanem vodostaju Triglavske Bistrice pa se nivo vode lahko dvigne in povzroči vdore površinske vode bočno v fluvioglacialne sedimente verjetno tudi v bližini zajetij (Serianz in sod., 2020). Da bi preverili to hipotezo in izboljšali poznavanje lokalne dinamike toka podzemne vode, smo pristopili k drugi fazi preiskav, kjer je bila glavnina aktivnosti usmerjena v izvedbo piezometričnih vrtin v aluvialnem zasipu desnega brega Triglavske Bistrice in hidrogeološki monitoring.

Preliminarni rezultati vrtalnih del in obdelave črpalnih preizkusov so že zbrani v vmesnem poročilu iz leta 2021 (Serianz in sod., 2021). V tem poročilu se zato osredotočamo predvsem na rezultate enoletnega hidrogeološkega monitoringa (zajem različnih vodnih stanj) z interpretacijo nihanja gladin in oceno hidravlične povezave s površinskim tokom Triglavske Bistrice ter sklepne ugotovitve in reinterpretacijo predlaganih možnih ukrepov iz leta 2020.

2. HIDROGEOLOŠKA IZHODIŠČA

2.1. Sestava vodonosnika

Na desnem bregu Triglavske Bistrice prevladujejo nesprijeti sedimenti - tili, na levem bregu pa slabo sprijeti in sprijeti ledeniški nanosi - tiliti. Morfološka oblika, ki jo predstavljajo tili in tiliti, je morena. Debeline teh sedimentov so zelo različne in debelina je odvisna od lokalne topografije in izpostavljenosti eroziji. Največje debeline so po terenskih ocenah tudi več kot 20 m. Značilne so lokalne odebelitve in stanjšanja horizonta.

Aluvialni sedimenti se delijo v dve skupini. Prvo skupino predstavljajo sedimenti, ki so posledica vodne erozije in transporta materiala v grapah. Presedimentiran material predstavlja vršaje večjih grap in je nevezan material, deleži in sestava osnove se spreminjajo na kratkih razdaljah. Drugo skupino predstavljajo nanosi reke Triglavske Bistrice, ki so geološka podlaga objektom in zaradi vodoprepustnosti predstavljajo zgornji horizont odprtega vodonosnika. Sedimenti so slabo sortirani, zaobljeni do srednje zaobljeni in povečini nesprijeti peski in prodi z majhnim deležem osnove. Ponekod so deloma sprijeti in zaglinjeni. Aluvialni sedimenti, ki se pojavljajo v dnu doline, kjer teče Triglavsko Bistrico, predstavljajo dobro prepusten in razmeroma homogen medzrnski vodonosnik. Proti robovom doline se pojavljajo plasti bolj heterogenih glaciofluvialnih sedimentov, ki tudi predstavljajo medzrnski vodonosnik, katerega prepustnost pa se lokalno zelo spreminja.

2.2. Hidrogeološke značilnosti in režim napajanja izvirov

Zajetje Peričnik sestavljajo trije objekti – zajetja, kjer se zajema podzemna voda. Skupna izdatnost izvirov je med 70 in 120 l/s. Glede na predvideno topografsko razvodnico neposredno za zajetjem Peričnik je bilo napajanje izračunano na 13,8 l/s (metoda Turc) oziroma na 10,9 l/s (metoda Kenessey). Povprečna napajalna višina pa za to količino znaša 1.034 m n. m. Izotopske analize sestave kisika in vodika so pokazale, da je povprečna napajalna višina precej višje, preko 1.500 m n. m. Iz tega lahko sklepamo, da se izviri, ki dotekajo v zajetja, napajajo z dotoki vode iz višjih delov doline. Pri tem gre najverjetneje za hidravlično izmenjevanje podzemne vode in površinskega toka Triglavske Bistrice. Rezultati statistične obdelave izotopske separacije hidrograma kažejo, da v vseh treh zajetjih prevladuje voda iz Triglavske Bistrice. Delež le te je najvišji v zajetju 1 (Marijino zajetje) in znaša 84 %, najnižji pa v zajetju 3, kjer znaša 55–60 %. V zajetju 2 je delež Triglavske Bistrice ocenjen na 64–73 %. To se ujema tudi s podatki o izdatnosti posameznih izvirov, ki se v povprečju zmanjšuje od zajetja 1 proti zajetju 3 (Serianz in sod., 2020).

Glede na opravljene sledilne preizkuse iz štirih lokacijah, je bila potrjena zveza (z zajetjem 1 in zajetjem 3) iz sledilnega preizkusa, kjer je bilo sledilo injicirano v Triglavsko Bistrico približno 370 m gorvodno (zračna razdalja) od zajetja 1 (točka 4 -Slika 1). Za potrditev se je sledilni preizkus na tej lokaciji ponovil – sledilo se je ponovno pojavilo v zajetju 1 (ter verjetno tudi v zajetju 2 in zajetju 3). Na podlagi tega lahko ocenimo, da se površinska voda bočno v kvartarne sedimente pretaka v območju nad kočo pri slapu Peričnik, kjer je potekalo injiciranje. To potrjujejo tudi razmerja in vsebnosti posameznih ionov v zajetjih, ki so bolj podobna vzorcu Triglavske Bistrice iz merilnega mesta nad sotočjem s potokom Peričnik kot pa vzorcu na merilnem mestu tik nad zajetji. Voda potoka Peričnik ima nekoliko drugačno razmerje glavnih ionov. Iz tega lahko sklepamo, da je območje zatekanja površinske vode bočno v kvartarne sedimente že v odseku od točke injiciranja sledila ter nekoliko dolvodno od sotočja s Peričnikom, preden se vodi dobro premešata (Serianz in sod., 2020).



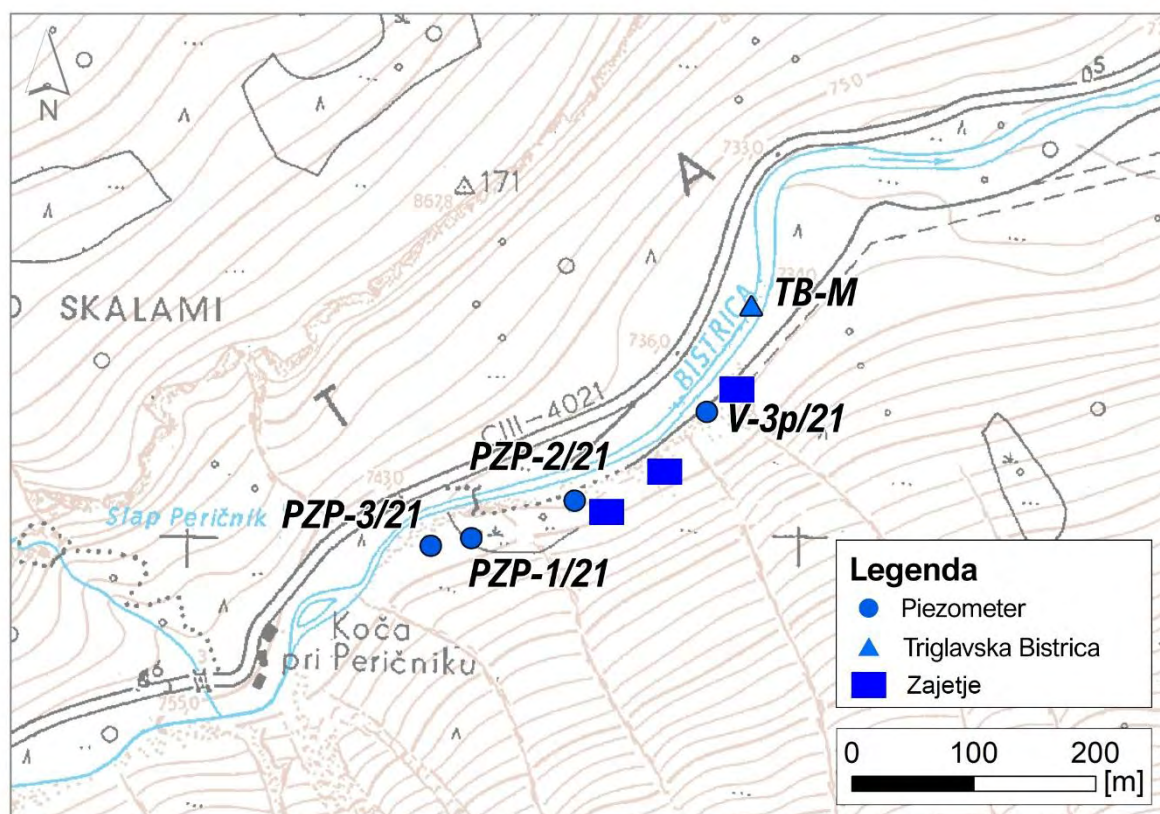
Slika 1: Območje in lokacije izvedbe sledilnih preizkusov (Serianz in sod., 2020).

Rezultati elaborata iz leta 2020 kažejo, da se ob normalnih pogojih (nizkem in srednjem vodnem stanju) napajanje s strani Triglavске Bistrice vrši gorvodno na dovolj veliki razdalji, da se tudi ob nekoliko intenzivnejših padavinah voda zaradi različnih procesov naravnih zadrževalnih sposobnosti v medzrnskem poroznem mediju dobro prečisti. Georadarska meritve nakazujejo, da je gladina podzemne vode med zajetji in Triglavsko Bistrico zvezna ter se nahaja plitvo pod površjem (~ 1 m).

3. IZVEDBA VRTIN IN ČRPALNI PREIZKUSI

Na območju zajetja Peričnik so bile v okviru raziskav II. faze izvedene tri vrtine (Slika 2), ki smo jih opremili z piezometričnimi cevmi. Zajetje Peričnik se nahaja na območju kvartarnega zasipa v dolini Triglavske Bistrice (dolina Vrata), na vodovarstvenem območju varovanem z občinskim odlokom (najožji varstveni pas). Pri načrtovanju vrtin smo se opirali na izhodišča prvih ciljanih hidrogeoloških raziskav, ki smo jih izvedli med aprilom in julijem 2020 (Serianz in sod., 2020), ter podatke iz inženirsko-geološkega kartiranja, izvedenega v sklopu sanacije grape nad glavnim vodnim zajetjem Peričnik v letu 2012 (Peček, 2012).

Izhodišče za izvedbo vrtin so »Strokovne podlage za izdelavo piezometričnih vrtin na območju zajetja Peričnik«, ki jih je pripravil Geološki zavod Slovenije (Serianz in Matoz, 2020). Dne 16. 11. 2020 je Direkcija Republike Slovenije za vode izdala Dovoljenje za raziskavo podzemne vode (DZR št. 35505-164/2020). Lokacija vrtine PZP-3/21 se je glede na DZR spremenila, saj smo med vrtanjem vrtine PZP-2/21 in PZP-1/21 ugotovili, da je s stališča hidrogeoloških razmer bolj smiselna sprememba lokacije. Pri spremembi lokacije smo ostali znotraj parcelnih števil, ki so bile podane v DZR. V preglednici 1 je vključena tudi vrtina V3p/21, ki je bila izvedena v okviru geološko-geomehanskih preiskav za izgradnjo jaška za UV dezinfekcij na vodnem viru Peričnik (Peček, 2021). To vrtino smo po končanih vrtalnih delih opremili z registratorjem in sondo za zvezne meritve gladine in temperature podzemne vode.



Slika 2: Lokacije piezometričnih vrtin, zajetij Peričnik in območje vgrajene merilne late na Triglavski Bistrici – most (TB-M).

Preglednica 1: Geodetski in hidrogeološki podatki o izvedenih piezometrih.

Ime	X (D96)	Y (D96 SLO)	Z (m n. m.)	Globina vrtine	Parc. št.	Št. k. o.	k. o.	Občina
PZP-	415361,42	144986,57	742,4	9,84	1455/363	2171	Dovje	Kranjska Gora
PZP-	415446,22	145017,48	741,0	9,3	1455/120	2171	Dovje	Kranjska Gora
PZP-	415328,26	144980,53	742,71	10,55	1455/120	2171	Dovje	Kranjska Gora
V3p/21	415554,76	145090,22	736,94	10	1455/358	2171	Dovje	Kranjska Gora

3.1. Izvedba vrtin in cevitev

Vrtalna dela so potekala 14. 4. in 15. 4. 2021 z vrtalno garnituro SM-400-2 (Slika 3). Način vrtanja je bil udarno rotacijski, pri čemer se je uporabilo vrtalno krono premera 127 mm. Hkrati pa se je vrtina cevila s sprotno začasno cevitvijo z obložnimi kolonami premera 152/127 mm. Za vrtanje je bil uporabljen komprimiran zrak. Po doseženi končni globini se je posamezno vrtino zacevilo s plastičnimi cevmi premera 114 mm z originalnim čepom na dnu. Po cevitvi se je obložna kolona izvlekla, ustje pa se je primerno uredilo. V vrtino PZP-1/21 se je vgradilo 7 m polnih cevi in 3 m filtrskih cevi, v vrtino PZP-2/21 5 m polnih cevi in 4 m filtrskih cevi ter v vrtini PZP-3/21 5,5 m polnih cevi in 5 m filtrskih cevi. Med vrtanjem smo zagotovili vse ukrepe za preprečitev onesnaženja zaradi samih vrtalnih del. Upravljaivec vodnega vira vpliva vrtanja ni zaznal (npr. kaljenje).

*Slika 3: Izvedba vrtine PZP-2/21.*

3.2. Končna ureditev

Na vrhu PVC cevitve je zaščitna kovinska cevitev s kapo in obešanko (Slika 4).

Zaščitna cevitev in cementacija sta izvedena tako, da je delovna cevitev stabilizirana, ustje pa je zaščiteno pred fizičnimi poškodbami ter preprečuje možnost stekanja onesnaževala, meteorne vode, ali druge tekočine v vrtino skozi cevitev ali v medprostor med vrtanim premerom in cevitvijo.



Slika 4: Končna ureditev vrtine PZP-1/21.

4. ČRPALNI PREIZKUS

4.1. Teoretična izhodišča

Za obdelavo črpalnega preizkusa **po nestacionarni metodi** smo uporabili Theisovo metodo, ki opisuje znižanje podzemne vode v bližini črpanega vodnjaka, kot funkcija črpane količine oddaljenosti od vodnjaka in časa, v katerem je merjeno znižanje:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^{\infty} \frac{e^{-y}}{y} dy$$

kjer sta

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

in

$$T = KD$$

Integral se v prvi enačbi nanaša na Theisovo vodnjakovo funkcijo, opredeljeno z $W(u)$. Tako lahko zapišemo Theisovo enačbo v naslednji obliki:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

$$W(u) = -0,5772 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \dots$$

pri čemer so:

s znižanje v vodnjaku [m]

Q črpana količina [l/s]

T transmisivnost vodonosnika [m^2/s]

K koeficient vodoprepustnosti [m/s]

D debelina vodonosnika [m]

Pri obdelavi črpalnega preizkusa po Theisovi metodi vpeljemo določene predpostavke:

- tok podzemne vode proti vodnjaku je nestacionaren,
- vodonosnik privzamemo za neskončnega,
- vodonosnik je v predvidenem območju vpliva črpanja homogen, izotropen in enakomerne debeline,
- pred preizkusom je v vplivnem območju preizkusa piezometrična gladina horizontalna,
- črpalni preizkus je izveden pri konstantni količini črpanja,
- vodnjak zajema celotno debelino vodonosnika (popolni vodnjak – tok vode proti vodnjaku je horizontalen),
- premer vodnjaka je majhen, kar pomeni, da uskladiščenje v vodnjaku zanemarimo.
- vodonosnik je zaprt, odprt ali puščajoč.

Stacionarne metode obdelave črpalnih preizkusov temeljijo na predpostavki, da je črpanje konstantno in traja dovolj dolgo, da se vzpostavijo ustaljene hidravlične razmere ter se znižanje gladine podzemne vode v vodnjaku oz. vrtini stabilizira. Za obdelavo črpalnih preizkusov po stacionarnem modelnem izračunu smo uporabili metodo Girinski in Babuškin (Filipović in sod., 1980). Ob tem smo predpostavili naslednje pogoje:

- vodonosnik je odprt, neskončen, homogen, izotropen in enakomerne debeline,
- pred preizkusom je v vplivnem območju preizkusa piezometrična gladina horizontalna,
- preizkus je izveden pri konstantni količini črpanja,
- tok podzemne vode proti vodnjaku je stacionaren.

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

$$K = \frac{0,366Q}{ls} \cdot \log \frac{0,66l}{r}$$

pri čemer so:

Q pretok črpanja [m^3/s]

K koeficient vodoprepustnosti vodonosnika [m/s]

s znižanje gladine vode v črpanem vodnjaku [m]

r polmer črpanega vodnjaka [m]

l dolžina filtrskega odseka [m]

4.2. Potek in rezultati črpalnega preizkusa

Črpalni preizkusi v posameznih vrtinah so potekali dne 27. 5. 2021 (Slika 5). Črpanje je potekalo s 3-colsko potopno črpalko in ustrezno opremo. Pretok na črpalki se je uravnavalo z regulacijskim ventilom. Med črpanjem iz vrtine so bili merjeni terenski parametri podzemne vode: temperatura, pH, elektroprevodnost, redoks potencial, vsebnost kisika in motnost. Na podlagi terenskih parametrov je sprememba pred in po črpanju razvidna predvsem v redoks potencialu (Preglednica 3).



Slika 5: Potek črpanja na vrtini PZP-2/21.

V vrtini PZP-1/21 je bila potopna črpalka vgrajena na globino 9,5 m. Skupni čas črpanja s količino 1,33 l/s je bil 45 minut. Izčrpano je bilo 3,59 m³ podzemne vode. Tehnični podatki pred črpanjem in podatki o izmerjenih terenskih fizikalno-kemijskih parametrih za vse vrtine so zbrani v preglednici 2 in 3.

Preglednica 2: Osnovni hidrogeološki podatki na dan črpanja v vrtinah PZP-1/21, PZP-2/21 in PZP-3/21.

Ime objekta	Globina do podzemne vode (m)	Globina vodnjaka (m)	Premer vodnjaka (m)	Višina vodnega stolpca (m)
PZP-1/21	2,23	9,84	0,114	7,61
PZP-2/21	0,74	9,30	0,114	8,56
PZP-3/21	1,79	10,55	0,114	8,76

V vrtini PZP-2/21 je bila potopna črpalka vgrajena na globino 8 m. Skupni čas črpanja s količino 0,59 l/s je bil 15 minut. Izčrpano je bilo 0,531 m³ podzemne vode. V vrtini PZP-3/21 je bila potopna črpalka vgrajena na globino 10 m. Skupni čas črpanja s količino 2,08 l/s je bil 50 minut. Izčrpano je bilo 6,24 m³ podzemne vode.

Preglednica 3: Osnovni nabor terenskih parametrov med črpanjem v PZP-1/21, PZP-2/21 in PZP-3/21.

Ime objekta		T (°C)	pH	EC (μS/cm)	Eh (mV)	O ₂ (%)	O ₂ (mg/L)	Motnost (NTU)
PZP-1/21	Začetek	6,95	8,09	208	198	119,3	13,16	n.m.d*
	Konec	7,06	8,00	203	205	111,4	12,32	n.m.d*
PZP-2/21	Začetek	8,07	8,05	188	204	109,0	11,73	n.m.d*
	Konec	7,42	7,15	191	254	112,0	12,27	n.m.d*
PZP-3/21	Začetek	6,55	7,39	204	231	140,3	15,66	n.m.d*
	Konec	6,46	7,85	203	213	122,9	13,67	n.m.d*

* Nad mejo detekcije

Med črpanjem je iz vseh treh vrtin iztekala zelo motna voda (Slika 6), kar kažejo tudi meritve, ki so kazale vrednosti nad mejo detekcije (> 1000 NTU^{1,2}). Po zaključenem črpanju v posameznih vrtinah se motnost ni bistveno izboljšala, kar nakazuje na zelo visoke vsebnosti finozrnatih frakcij v sicer gruščnatem in prodnatem vodonosniku.

¹ Pravilnik o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17) ima zavedeno motnost kot indikatorski parameter, katere meja je: »Sprejemljiva za uporabnike in brez neobičajnih sprememb« z opombo, da v primeru priprave pitne vode iz površinske vode, **motnost ne sme presegati 1,0 NTU v vodi pri izstopu iz naprave za pripravo pitne vode**. Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije je izgled vode z motnostjo do 4 NTU običajno še sprejemljiv za uporabnike; zaradi mikrobiološke varnosti vode priporočajo čim nižjo vrednost motnosti.

² <https://www.hannainstruments.co.uk/turbidity-meter.html#specifications>



Slika 6: Iztok podzemne vode med črpanjem iz vrtine PZP-2/21.

Obdelava črpalnih preizkusov kaže podobne vrednosti po nestacionarni in stacionarni metodi (Preglednica 4). Najvišjo prepustnost smo od vseh treh vrtin izračunali na mestu vrtine PZP-3/21 in je znašala med $6,28 \times 10^{-5}$ in $7,16 \times 10^{-5}$ m/s, sledi vrtina PZP-1/21, kjer smo izračunali prepustnost med $4,95 \times 10^{-5}$ in $4,16 \times 10^{-5}$ m/s. Najnižjo prepustnost smo izračunali na mestu vrtine PZP-2/21 in je znašala med $1,78 \times 10^{-5}$ in $1,40 \times 10^{-5}$ m/s.

Preglednica 4: Rezultati obdelave črpalnega preizkusa na posamezni vrtini.

Vrtina	$K_{G\&B}$ (m/s)	K_{Theis} (m/s)
PZP-1/21	4,95E-05	4,16E-05
PZP-2/21	1,78E-05	1,40E-05
PZP-3/21	6,28E-05	7,16E-05

Podroben opis črpalnega preizkusa za piezometrično vrtino V3p/21 je podan v elaboratu »Hidrogeološka ocena pričakovanih dotokov v gradbeno jamo za jašek za vgradnjo UV dezinfektorja pri izkopu pod gladino podzemne vode« (Serianz in Udovč, 2022). Prepustnost v tej vrtini je znašala med $6,76 \times 10^{-4}$ in $7,28 \times 10^{-4}$ m/s, kar je višja prepustnost tudi od vrtine PZP-3/21.

5. HIDROGEOLOŠKI MONITORING

5.1. Priprava merilnih mest

V vse tri vrtine, ki so bile izvedene v okviru raziskav II. faze, so vgrajene sonde za zvezne meritve gladine in temperature podzemne vode. V vrtino PZP-1/21 je vgrajen registrator, medtem ko sta v vrtinah PZP-2/21 in PZP-3/21 vgrajena potopna diverja.

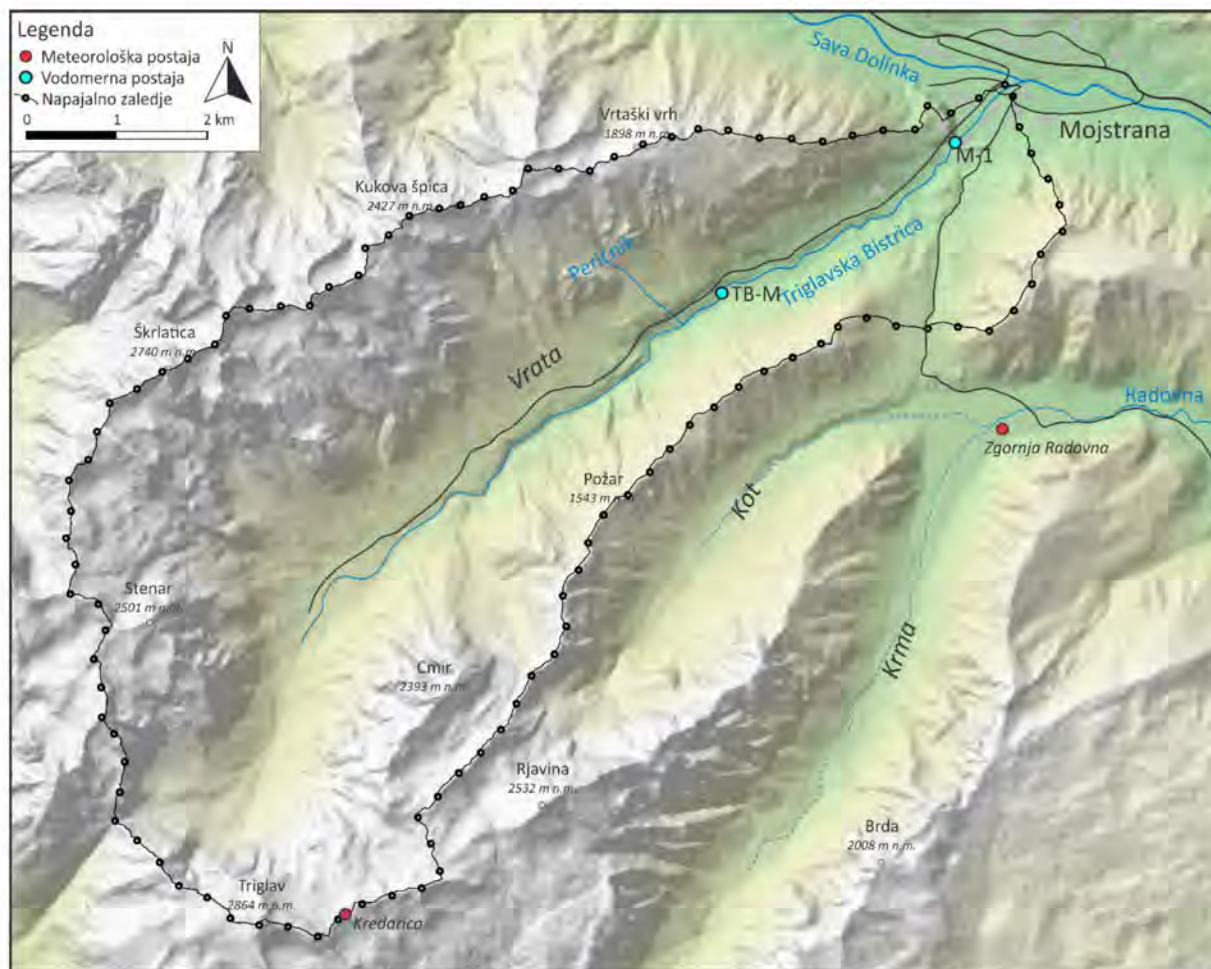


Slika 7: Vodomerni profil TB-M.

Za postavitev vodomernega profila je bistven ustrezen profil struge. V bližini zajetja Peričnik praktično nismo uspeli zagotoviti najbolj primerne mesta, kjer bi zanesljivo lahko pridobili ustrezne meritve pretokov. Pretočno cev za zvezne meritve višine vode v strugi smo zato vgradili na lokaciji pod mostom v bližini zajetij, ki se je glede na terenski ogled območja izkazala kot najbolj ustrezna (Slika 6). V pretočno cev smo vgradili potopni diver, ki meri pretočno višino. Na podlagi treh ročnih meritev pretoka in sočasnega registriranja podatkov iz diverja smo izdelali pretočno krivuljo za oceno pretokov na vodomernem profilu. Izkazalo se je, da je pretočna krivulja še precej negotova (in je zato nismo uporabili), saj v opazovalnem obdobju z ročnimi meritvami nismo uspeli izmeriti višjega vodnega stanja. Poleg tega je bil v obdobju med februarjem in aprilom vodostaj v strugi Triglavске Bistrice izredno nizek, zato tudi meritve v tem obdobju niso bile zanesljive. Med ročnimi meritvami pretoka smo zaznali, da se struga ves čas spreminja, kar v veliki meri vpliva tudi na dejanske meritve višine pretočne višine.

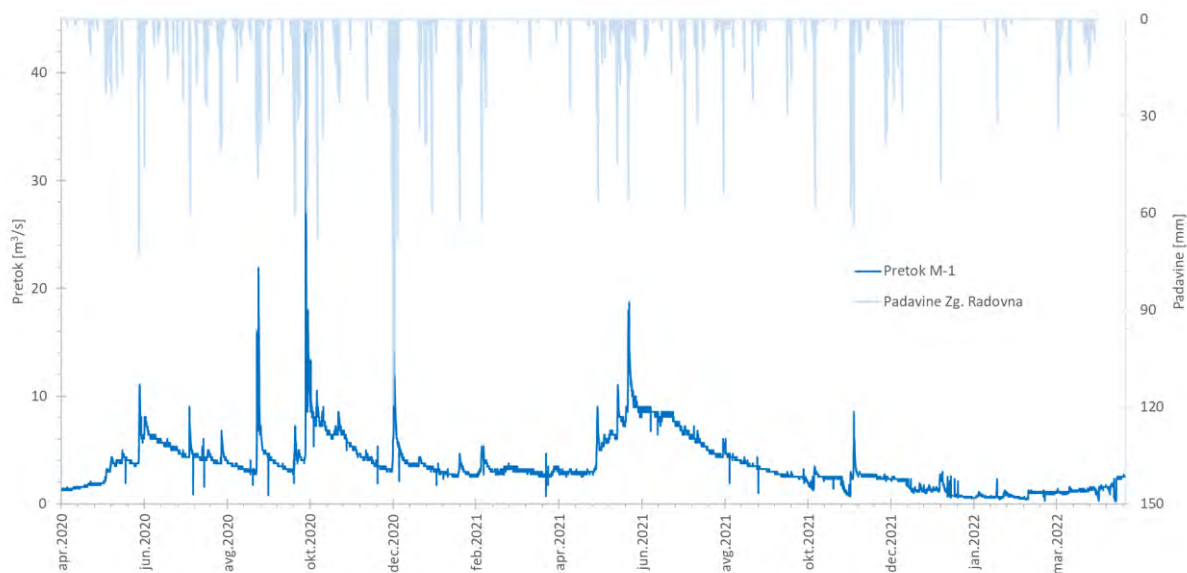
5.2. Rezultati hidrogeoloških meritev

Na sliki (Slika 2) so predstavljene lokacije piezometričnih vrtin, zajetij Peričnik in lokacija vodomernega profila na Triglavski Bistrici – most (TB-M). Meritve na PZP-1/21 izvajamo od 20. 4. 2021, na PZP-2/21 in PZP-3/21 od 27. 5. 2021, na V3p/21 od 26. 8. 2021 ter na vodomernem profilu TB-M od 15. 7. 2021. Najdlje izvajamo meritve na merilnem mestu hidroelektrarna Mojstrana M-1, in sicer od 11. 4. 2020. Izvajanje meritev na M-1 (Slika 8) smo že opisali v letu 2020 (Serianz in sod., 2020).



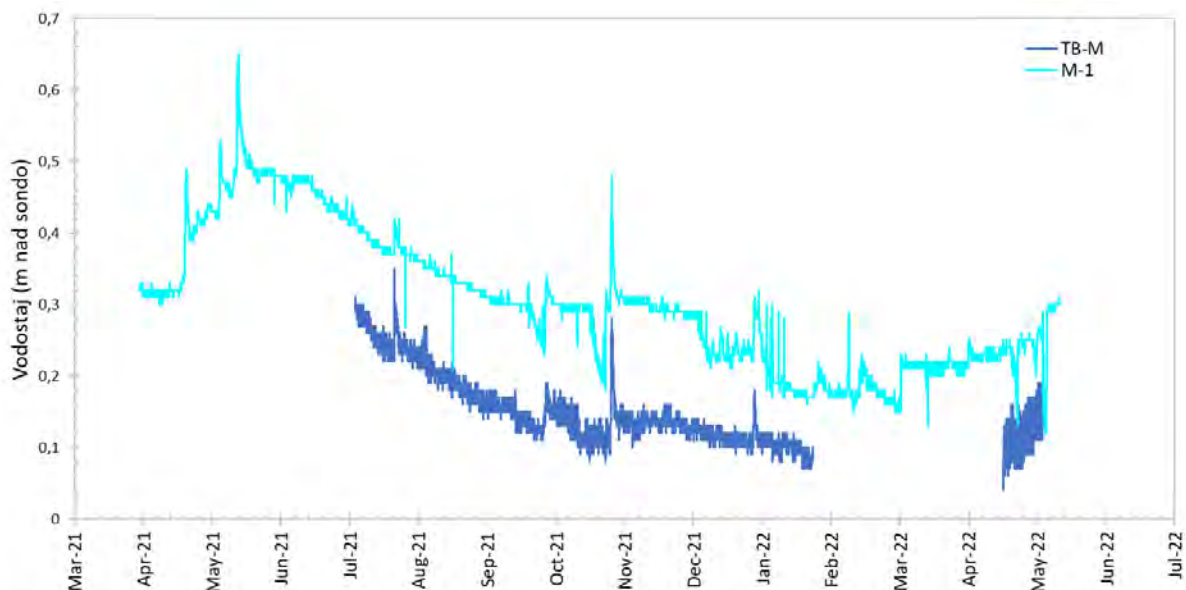
Slika 8: Napajalno zaledje Triglavске Bistrice in lokaciji vodomernih postaj.

Na hidrogramu (Slika 9) so prikazane meritve pretoka Triglavске Bistrice na vodomerni postaji M-1, kjer izvajamo zvezne meritve še iz časa prve faze raziskav (Serianz in sod., 2020). Hidrogram prikazuje preračunane pretoke iz pretočne krivulje. Hkrati so na hidrogram dodane tudi dnevne količine padavin iz merilne postaje Zgornja Radovna ob 7. uri (vir podatkov: <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>). Od začetka meritev smo v začetku junija 2020 izmerili spomladanski višek (taljenje snega) in tri izrazite jesenske viške (konec avgusta, začetek oktobra in začetek decembra). Za leto 2021 lahko razberemo, da imamo izrazit spomladanski višek (taljenje snega), medtem ko se je jesenski višek pojavil razmeroma pozno (začetek novembra). V letu 2022 zaenkrat beležimo nizke pretoke, v začetku maja se je pretok začel povečevati, vendar še ni dosegel spomladanskega viška. Na M-1 smo v času opazovanja izmerili najnižji vodostaj 12. 5. 2022, in sicer 12 cm (nad sondo), kar glede na našo pretočno krivuljo znaša 0,21 m³/s. Najvišji vodostaj smo zabeležili 3. 10. 2020, in sicer 90 cm (nad sondo), kar glede na našo pretočno krivuljo znaša 48,11 m³/s. V času naših meritev znaša torej maksimalen razpon nihanja Triglavске Bistrice pri hidroelektrarni 78 cm ter 47,9 m³/s (Slika 9). Ob tem velja omeniti, da pri pretočni krivulji še vedno ne razpolagamo z dejansko izmerjenimi pretoki nad 10 m³/s. Zato je pretočna krivulja v tem delu, torej ob visokih vodah, še nekoliko negotova.



Slika 9: Pretoki na M-1 ter količina padavin – Zg. Radovna.

Da bi lažje ugotovili medsebojni vpliv Triglavске Bistrice in zajetij Peričnik, smo vzpostavili meritve pretočne višine na Triglavski Bistrici tudi v bližini zajetij (merilno mesto TB-M) (Slika 7). Na sliki (Slika 10) sta prikazana vodostaja (nad sondo) nad vodomernim profilom M-1 in TB-M. Najvišji vodostaj (nad sondo) na TB-M je 35 cm, hkrati pa je bila sonda na suhem skoraj 3 mesece. Iz tega sledi, da je razpon nihanja višine vode vsaj 35 cm, verjetno pa je še višji. V enakem časovnem obdobju je razpon na vodomernem profilu M-1 zelo podoben in znaša 36 cm.



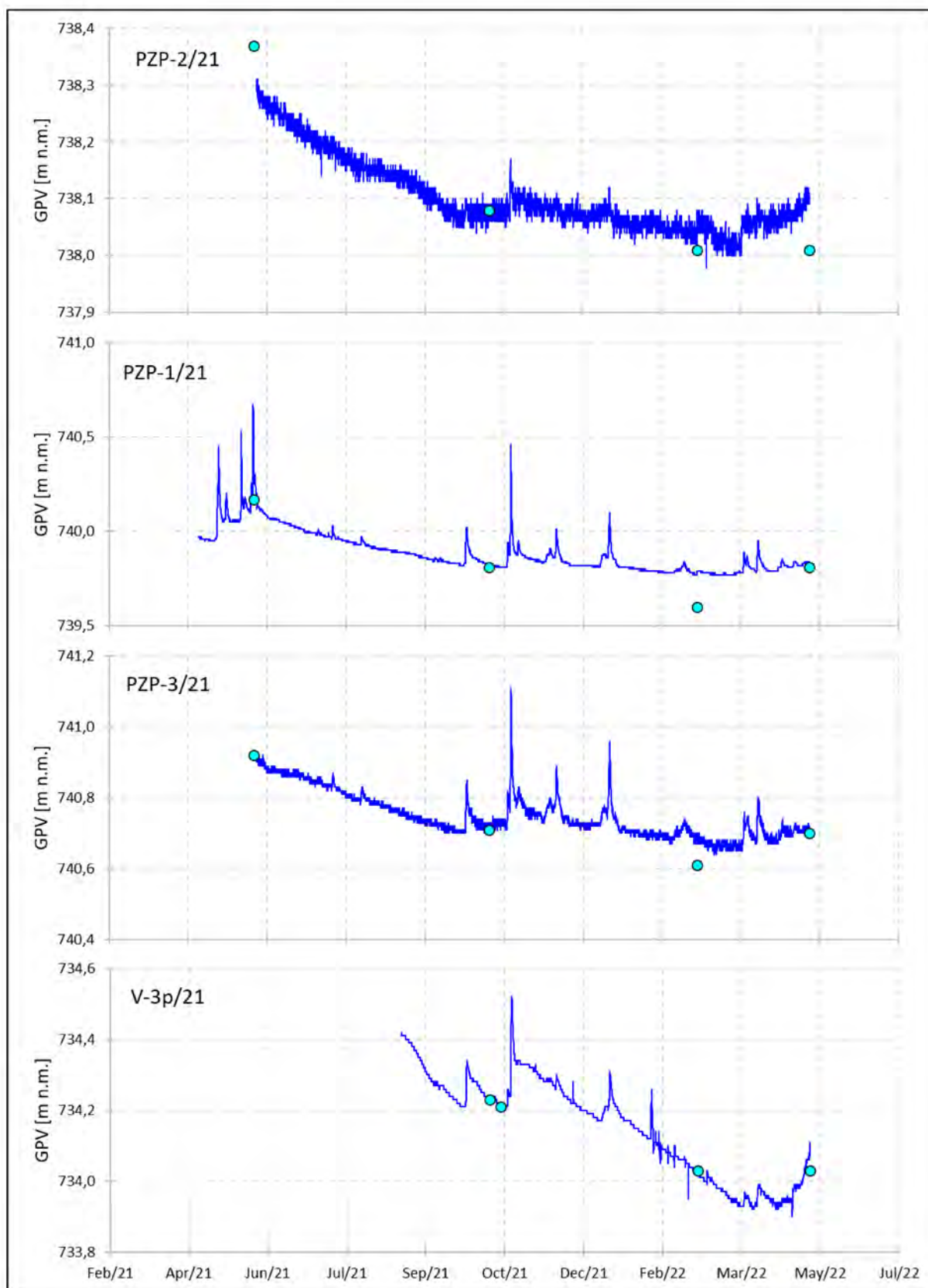
Slika 10: Vodostaja (nad sondo) na »merilnih latah« TB-M in M-1.

V preglednici (Preglednica 5) so podane osnovne statistike nihanja gladine podzemne vode v piezometričnih vrtinah na območju zajetij Peričnik. Na območju vrtine PZP-2/21 se nahaja podzemna voda najbližje površju, smo pa na tej lokaciji zabeležili najmanjše nihanje gladine podzemne vode. V vrtini PZP-2/21 smo izmerili tudi najnižji koeficient prepustnosti (kar pomeni, da so odzivi na zunanje dogodke »počasnejši« in s tem manj intenzivni). Neizrazito nihanja pa je lahko tudi posledica prisotnosti velikih količin drobnozrnate frakcije v glaciofluvialnih sedimentih, zaradi katerih aktivacija vrtine po vrtanju ni bila najbolj uspešna. Najvišje nihanje smo zabeležili na PZP-1/21, in sicer 25. 5. 2021 (ob tem dogodku je to bila edina piezometrična vrtina z vzpostavljenimi avtomatskimi meritvami – če bi začeli z meritvami po tem dogodku (tako kot na drugih piezometričnih vrtinah), bi bila najvišja izmerjena vrednost za 21 cm nižja). Na sliki (Slika 11) primerjamo nihanje gladine podzemne vode v piezometričnih vrtinah.

Preglednica 5: Osnovne statistike za piezometrične vrtine.

Piezometrična vrtina	Najvišja vrednost [m n. m.]	Najnižja vrednost [m n. m.]	Razpon [m]	Povprečje [m n. m.]	Povprečna globina podzemne vode od kote tal [m]
PZP-1/21	740,67	739,77	0,9	739,89	2,51
PZP-2/21	738,31	737,98	0,33	738,10	1,01
PZP-3/21	741,11	740,64	0,47	740,75	1,96
V3p/21	734,52	733,90	0,62	734,16	2,78

Glede na grafe pretokov in vodostajev na »merilni lati« M-1 (Slika 9, Slika 10) je bilo v času od izvedbe piezometričnih vrtin najvišji pretok 25. 5. 2021 (kar vidimo tudi na PZP-1/21). Še višja vodostaja od tega sta bila na »merilni lati« 3. 10. 2020 in 30. 8. 2020. Ker pa 25. 5. 2021 še nismo imeli vzpostavljenih vseh avtomatskih meritev v piezometričnih vrtinah, si bomo podrobneje ogledali padavinski dogodek 4. 11. 2021 (poglavje 5.4.) (dogodek z osmim najvišjim pretokom od vzpostavitve meritev na vodomernem profilu M-1).



Slika 11: Primerjava nihanj podzemne vode v piezometričnih vrtinah (ročne meritve - svetlomodro).

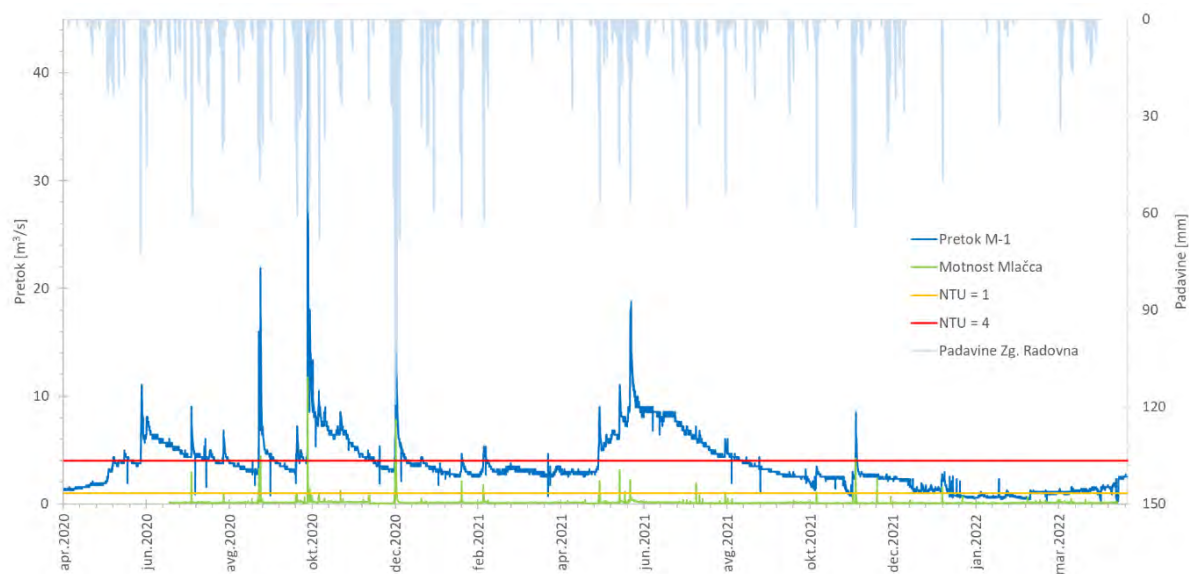
5.3. Motnost

V decembru 2021 je podjetje JEKO vzpostavilo zvezne meritve motnosti na posameznih zajetjih. Pri interpretaciji smo uporabili rezultate meritev za zajetji 1 in 3. Meritve motnosti na raztežilniku Mlačca v Mojstrani pa se izvajajo že od leta 2017. V tem poročilu smo podrobno preverili podatke za raztežilnik Mlačca od 25. 6. 2020. Vrednosti nad 1 NTU (motnost) za Zajetje 1 (Marijino zajetje) so bile presežene 5-krat, za Zajetje 3 (zbirno zajetje) 4-krat v zadnje pol leta. V zadnjih 23 mesecih so bile meritve motnosti nad 1 NTU na raztežilniku Mlačca presežene 46-krat. Ob pregledu podatkov smo izbrisali vse enkratne visoke vrednosti, ki se pojavijo v intervalu 15 minut, saj je takrat predvidoma potekalo čiščenje merilcev, izbrisali pa smo tudi podatke ob menjavi oz. popravilu sond in primeru praznih cevi. To pomeni, da je bila vrednost 1 NTU v zadnje pol leta na Zajetju 1 (Marijino zajetje) presežena **enkrat**, in sicer 9. 4. 2022. Vrednost motnosti 1 NTU na Zajetju 3 (zbiirnem zajetju) **ni bila presežena**. Na raztežilniku Mlačca se je v zadnjih 23 mesecih motnost nad 1 NTU pojavila 17-krat, nad 4 NTU pa 4-krat, in sicer 30. 8. 2020 (najvišja vrednost 4,45 NTU), 3. 10. 2020 (najvišja vrednost **11,75** NTU), 6. 12. 2020 (najvišja vrednost 7,78 NTU) in 4. 11. 2021 (najvišja vrednost 4,22 NTU). Na Zajetju 1 (Marijino zajetje) je bila izmerjena motnost nad 1 NTU zgolj enkrat in je trajala približno 1 uro 50 min. Na raztežilniku Mlačca je motnost nad 1 NTU povprečno (od julija 2020 do maja 2022) povišana približno 4 ure 30 min. Najdlje je motnost nad 1 NTU vztrajala iz 6. 12. 2020 11.25 do 7. 12. 2020 2.55, kar znaša **15 ur 30 min** (še predtem pa je bila motnost iz 5. 12. 2020 na 6. 12. 2020 višja od 1 NTU še za dodatnih 6 ur 35 min. Povišana vrednost nad 4 NTU pa je v zgoraj opisanih meritvah trajala povprečno približno 2 uri. Najdlje je bila motnost nad 4 NTU presežena 3. 10. 2020, in sicer 3 ure 30 min.

Slika 12 prikazuje primerjavo pretokov na »merilni lati« M-1, popravljenih meritev motnosti na raztežilniku Mlačca, prikaz vrednosti NTU 1 in NTU 4 ter količino padavin Zg. Radovna. Vse višje vrednosti motnosti (> 1 NTU) **lahko povežemo s padavinskimi dogodki**. Prav tako se vidi, da je najvišja motnost 11,03 NTU bila zabeležena 3. 10. 2020 ob 19:35 (meritve na 5 min), medtem ko je bil najvišji pretok 43,63 m³/s zabeležen 3. 10. 2020 ob 19:00 (meritve na 1 uro). Vse to kaže na veliko medsebojno interakcijo vodonosnika in Triglavske Bistrice.

5.4. Padavinski dogodek 1. 11. 2021–4. 11. 2021

24-urna vsota padavin ob 7. uri zjutraj je 2. 11. 2021 znašala 58,8 mm, 3. 11. 2021 4,3 mm ter 4. 11. 2021 63,6 mm padavin. Gladina podzemne vode v PZP-1 se je dvignila na koto 740,46 m n. m. ob 8:30 (4. 11. 2021), medtem ko je bila gladina podzemne vode 1. 11. 2021 ob 23:30 na koti 739,81 m n. m. → dvig za **60 cm**. Na PZP-2/21 smo zabeležili samo dvig za **11 cm** (738,06 → 738,17 m n. m.). Na PZP-3/21 je bil zabeležen dvig za **40 cm** (740,71 → 741,11 m n. m.). Na V3p/21 je bil zabeležen dvig za **31 cm** (734,24 → 734,52 m n. m.). Vodostaj na »merilni lati« TB-M se je ob tem padavinskem dogodku zvišal za **20 cm** (732,34 → 732,54 m n. m.). Vodostaj se je na »merilni lati« M-1 zvišal za **30 cm**, oziroma za 7,9 m³/s (0,7 → 8,5 m³/s). Prav tako se je motnost začela dvigovati 2. 11. 2021 in je dosegla 0,98 NTU, nato je začela upadati. Ponoven dvig motnosti se je začel 3. 11. 2021 ob 23.35. Vrednost 1 NTU je bila presežena 4. 11. 2021 ob 1:40. Pod 1 NTU je motnost ponovno padla čez 6 ur 30 min. Najvišja vrednost motnosti **4,22 NTU** je bila dosežena 4. 11. 2021 ob 4.35. Te vrednosti kažejo na nedvoumno medsebojno interakcijo obravnavanega fluvio-glacialnega vodonosnika in Triglavske Bistrice. Ni pa možno potrditi, da bi se ob visokih vodah Triglavska Bistrica infiltrirala bočno v ta vodonosnik na odseku struge, kjer se nahajajo zajetja.



Slika 12: Primerjava pretokov na »merilni lati« M-1, popravljenih meritev motnosti na raztežilniku Mlačca, prikaz vrednosti NTU 1 in NTU 4 ter količino padavin na padavinski postaji Zg. Radovna.

6. KOMENTAR NA MOŽNE UKREPE IZ 1. FAZE RAZISKAV (2020)

6.1. Filtracija in dezinfekcija

Izhodišče

»Kot najbolj optimalen »takojšni« ukrep za uravnavanje motnosti in odstranjevanje mikroorganizmov (patogenov) iz podzemne vode je bil predstavljen postopek (peščene) filtracije, pri katerem se adsorpcija mikroorganizmov pojavi nad zrni filtrirne posode, ki zadrži motnost in nastajanje bakterij. Mehansko obdelana voda pa v določeni meri lahko tudi že zmanjša količino mikroorganizmov. Dodatno se mikrobiološke obremenitve odstrani s postopki dezinfekcije (npr. UV dezinfekcija).«

Ocena ukrepa in priporočilo

Na območju zajetja Peričnik je predvidena postavitve UV dezinfektorja. UV dezinfekcija je predvidoma učinkovita kot samostojni način priprave, če motnost ne presega 1 NTU. Motnost je lahko sestavljena iz koloidne motnosti – delci so velikosti med 1 µm in 1 nm ter so lahko hidrofojni in hidrofilni. Neraztopljene snovi so lahko mineralnega izvora ali organske narave. Za koloidne delce in neraztopljene delce je značilna velika površina, posledično adsorptivna/absorptivna kapaciteta, deloma tudi zaradi ionskega (električnega) potenciala. Koloidni in neraztopljeni delci so privlačni tudi za mikroorganizme. To slednje je tudi razlog, da za motnost ni postavljena mejna vrednost ampak priporočilo. Za **odstranjevanje motnosti je na razpolago več tehnik**, vsaka pa zahteva vzdrževanje in spremljanje (monitoring):

- peščena večstopenjska filtracija (primer Mrzlek³),
- ultrafiltracija (primera Rižana⁴ in Malni⁵). Slednja vključuje UV dezinfekcijo in iz previdnostnega razloga tudi dezinfekcijo z eno od variant aktivnega klora.

6.2. On-line spremljanje motnosti na samem zajetju

Izhodišče

»Kot primeren ukrep je bil prepoznan tudi on-line spremljanje motnosti na samem zajetju. Ta omogoča vnaprejšnjo obveščanje o spremembah kakovosti pitne vode, tako da se lahko sprejmejo ustrezni ukrepi, npr. začasna zaustavitev dobave vode.«

Ocena ukrepa in priporočilo

Od leta 2017 naprej se na vodovodnem sistemu Peričnik izvajajo zvezne meritve motnosti. Merilnik je nameščen v raztežilniku Mlačca v Mojstrani. Ob terenskih meritvah dne 8. 9. 2019 se je ugotovilo, da je najmanjša motnost na zajetju 2 (6,5 NTU) ter največja na zajetju 1 (14 NTU). To kaže na dejstvo, da se posamezna zajetja različno kalijo. Iz tega razloga so se v decembru 2021 merilniki namestili tudi v posamezna zajetja (na zajetju 2 sicer merilnik ne deluje). To sedaj omogoča, da se ob času povišane motnosti lahko zaprejo lopute na posameznih zajetjih (možno tudi daljinsko), kar preprečuje dotok vode s povišano motnostjo. Izvedba ukrepa je po naši oceni primerna tudi z vidika boljše interpretacije interakcije površinske vode in medzrnskega vodonosnika.

³ <https://www.vik-ng.si/nase-dejavnosti/oskrba-z-vodo/vodarna-mrzlek>

⁴ <https://www.rvk.si/si/voda/priprava-pitne-vode/vodarna-rizana>

⁵ <https://www.kolektorwater.com/primeri-iz-prakse/primeri/prenovljena-in-posodobljena-vodarna-malni>

6.3. Zatesnitev (ali dreniranje) brežine struge Triglavske Bistrice

Izhodišče

»Druge možne variante ukrepov so bistveno bolj zahtevne narave in jih je zato potrebno izvajati postopoma. V primeru, da hipoteza o vdorih površinske vode v bližini zajetij drži, se kot potencialen gradbeni ukrep kaže zatesnitev (ali pa dreniranje) brežine struge Triglavske Bistrice. Hipotezo je možno preveriti z izvedbo piezometričnih vrtin v glaciofluvialnem zasipu med zajetjem 1 ali ostalimi zajetji in Triglavsko Bistrico. Na podlagi zveznih meritev nivoja vode se potem oceni možne razpone nihanja in druge pomembne hidrogeološke parametre vodonosnika. Izvedba piezometričnih vrtin je v danih pogojih razmeroma enostavna, saj se glede na podatke georadarskih preiskav podzemna voda nahaja plitvo pod površjem.«

Ocena ukrepa in priporočilo

Razmeroma majhno nihanje pretočne višine Triglavske Bistrice (približno 35 cm) v opazovalnem obdobju ne kaže, da bi površinska voda vdiral v glaciofluvialne sedimente ob zajetjih. Tudi ob padavinskem dogodku (1. 11. 2021–4. 11. 2021) površinska voda na samem območju zajetij najverjetneje ni poplavljala v višini pojava izvirov. V tem času je bila povišana tudi motnost (premeščanje drobne frakcije) na raztežilniku Mlačca preko 4 NTU. Ocenjujemo, da iz tega razloga izvedba zatesnitve (ali dreniranja) v neposredni bližini zajetij ni smiselna. Še vedno pa ne razpolagamo s podatkom o višini gladine podzemne vode in pretočne višine Triglavske Bistrice ob izrednih padavinskih dogodkih, ko se motnost predvidoma dvigne preko 10 NTU, saj se v času hidrogeološkega monitoringa takšne razmere niso pojavile. Vsekakor je smiselno spremljanje stanja glede erozije brežine gorvodno nad zajetjem 1 (Marijino zajetje) in njenega potencialnega vpliva na potek struge ob zajetjih. Zelo verjetno bi približevanje struge Triglavske Bistrice zajetjem lahko neugodno vplivalo na visokovodne razmere in morebitne vdore površinske vode.

6.4. Analize mikrobiološke neskladnosti

Izhodišče

»Največjo težavo pri mikrobiološki neskladnosti vzorcev predstavljajo koliformne bakterije (ne vključujejo bakterij fekalnega izvora), ki se v vodi pojavljajo predvsem kot posledica vplivov okolja – biološke mase, ki jo na območju zajetja Peričnik predstavljajo gozdne in travne površine ter organska masa, vgrajena v strukturo površinskih slojev tal in geoloških podlag. Glede na nova spoznanja o napajanju zajetij bo ponovno potrebno preveriti tudi druge možne dejavnike mikrobioloških obremenitev, katerih prisotnost ni posledica zgolj »naključne« narave. Predlagali smo mikrobiološke analize Triglavske Bistrice na lokaciji gorvodno od zajetij, tudi nad pritokom Peričnik.«

Ocena ukrepa in priporočilo

Upravljavlec vodnega vira JEKO je s pomočjo NLZOH Kranj v letih 2020 in 2021 opravil primerjalno mikrobiološko analizo med reko Triglavsko Bistrico in zajetji Peričnik (Mavrič in Pezdir, 2021). Opravili so pet vzorčenj, in sicer v vseh treh zajetjih Peričnika ter na območju treh lokacij v Triglavski Bistrici, in sicer nad pritokom Peričnik, za pritokom Peričnik ter nad Marijinim zajetjem (Zajetje 1). Ugotovili so, da sta mikrobiološko gledano problematična zajetje II in zajetje III, ne glede na vremenske dogodke, medtem ko Marijino zajetje predstavlja dejavnik tveganja motnosti in mikrobiologije ob izrednih vremenskih dogodkih. V času sušnega obdobja oziroma stabilnih vremenskih razmer so vzorci skladni s Pravilnikom o pitni vodi (Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17). V

Triglavski Bistrici so koliformne bakterije stalno prisotne na vseh treh merilnih mestih reke Triglavske Bistrice, kar je bilo pričakovano, saj gre za površinsko vodo. V zimskem času je bilo izoliranih najmanj bakterij, največ ob obilnih padavinah. Fekalne bakterije so stalno prisotne na merilnem mestu za pritokom Peričnik, medtem ko se na ostalih merilnih mestih pojavljajo pogojeno predvsem z obilnimi padavinami. Na merilnem mestu nad pritokom Peričnik so se v treh meritvah od petih pokazali tudi vplivi starejšega fekalnega onesnaženja, medtem ko se je na točki nad Marijinem zajetjem starejše fekalno onesnaženje pokazalo v dveh meritvah od petih.

V času hidrogeoloških del v letu 2021, ki so podrobno opisane v vmesnem poročilu (Serianz in sod., 2021), se je ob ogledu ožjega zalednega območja – približno 100 m jugozahodno od vrtine PZP-3/21 – nahajala manjša mlaka, ki jo napaja manjši izvir in kjer smo ob večkratnem ogledu opazili, da voda redno zastaja (Slika 13). Takšno zastajanje površinske vode lahko potencialno omogoča vnos morebitnih prisotnih mikrobioloških obremenitev v podzemno vodo. Predlagali smo (Serianz in sod., 2021), da se na tem mestu izvede ustrezno drenažo tako, da bo preprečeno kakršnokoli zastajanje vode iz izvira. Glede na pogovor z upravljavcem vodnega vira smo dobili informacijo, da se je uredila drenaža in da od takrat naprej niso zaznali mikrobioloških neskladij. Potrebno je poudariti, da v tem času ni bilo višjih vod (prav tako nismo zaznali vdora površinske vode ob zajetjih), se je pa izkazalo, da so zvezne meritve motnosti bistvenega pomena za interpretacijo stanja na izvirih in preverjanja učinkovitosti izvedenih ukrepov. V vsakem primeru priporočamo, da se občasno pregleduje ožje zaledje zajetij in se ob morebitnem pojavu zastajanja vode izvede ustrezne ukrepe odvodnje.



Slika 13: Stoječa površinska voda v bližini zajetij.

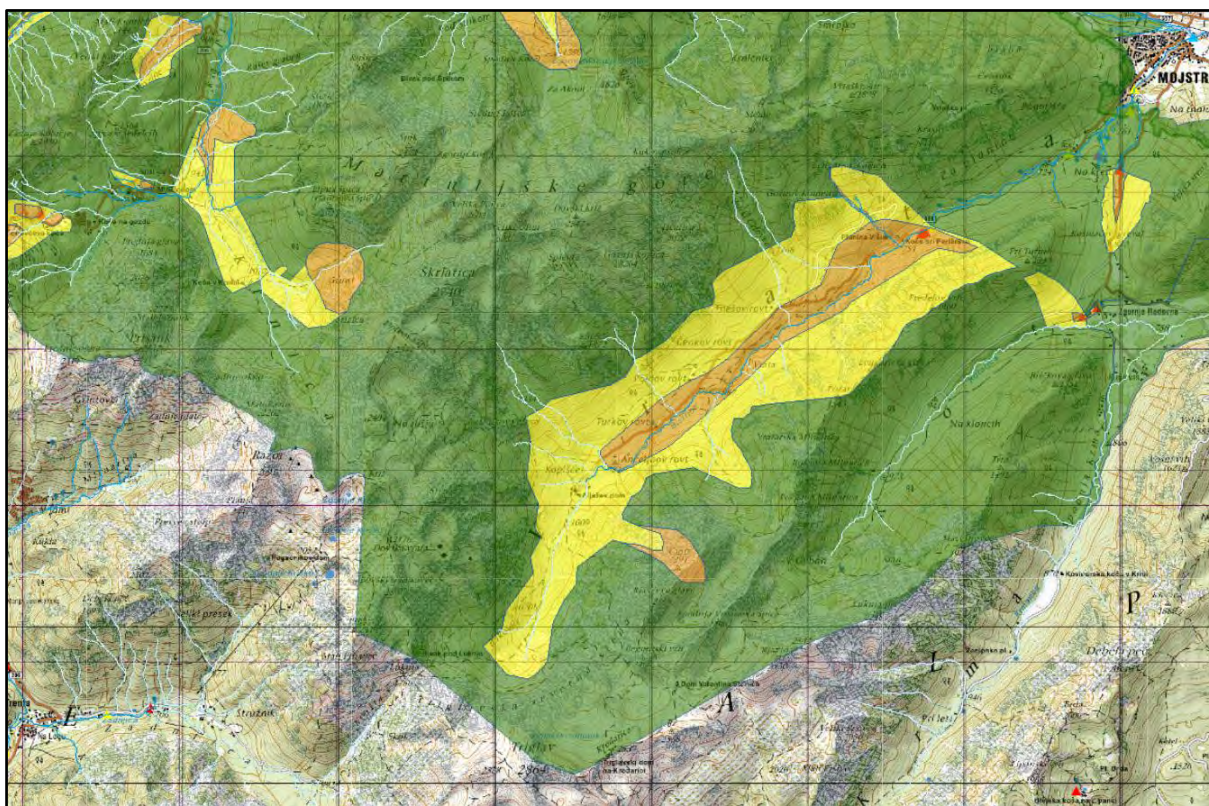
6.5. Vodovarstvena območja

Izhodišče

»Preveri se tudi ustreznost obstoječih strokovnih podlag za določitev vodovarstvenih območij in pripadajočih ukrepov, prepovedi in omejitev. Dodatno se razmisli tudi o izvedbi bolj precizno usmerjenih ukrepov omejevanja in prepovedi na vodovarstvenih območjih. Ti ukrepi so po našem mnenju izvedljivi in bi potencialno lahko pripomogli k izboljšanju obstoječega stanja.«

Ocena ukrepa in priporočilo

V letu 1997 sta Ferjančič in Samar (GETES d.o.o.) pripravila Predlog zaščite vodnih virov v občini Kranjska Gora. V to poročilo so bila zajeta tudi zajetja Peričnik. V letu 1998 je začel veljati občinski Odlok o varstvu vodnih virov in ukrepih za zavarovanje pitnih voda v Občini Kranjska Gora (Uradni vestnik Gorenjske, št. 26/98) s spremembo »Odloka o spremembah odloka o varstvu vodnih virov in ukrepih za zavarovanje pitnih voda v občini Kranjska Gora (UVG 26/1998)« (Uradni vestnik Gorenjske, št. 23/02) ter »Obvezno razlago odloka o varstvu vodnih virov in ukrepih za zavarovanje pitnih voda v Občini Kranjska gora (Uradni vestnik Gorenjske, št. 26/98 in 23/02)« (Uradno glasilo slovenskih občin, št. 22/13) (v nadaljevanju: Odlok Kranjska Gora), s katerim se varujejo zajetja Peričnik. Hkrati se zajetja Peričnik varujejo tudi z Odlokom o varstvu vodnih virov in ukrepih za zavarovanje pitnih voda v Občini Jesenice (Uradni list Republike Slovenije, št. 77/1998; v nadaljevanju Odlok Jesenice). Do dvojnega varovanja je prišlo, ker so zajetja Peričnik po delitveni bilanci last Občine Jesenice. Občina Kranjska Gora ima pravico odvzema 10 l/s – zaradi okvare ali pomanjkanja vode za Mojstrano.



Slika 14: Veljaven občinski odlok (vir: Atlas voda).

Obstoječi varstveni ukrepi, ki izhajajo iz odlokov in so po našem mnenju najpomembnejši s stališča varovanja vodnega vira Peričnik, so naslednji:

- V najožjem varstvenem pasu (cona 1) je prepovedano graditi stanovanjske hiše in poslovne objekte ter gospodarska poslopja, ponikalnice za odpadne vode, nove komunalne in čistilne naprave. Odpadne vode je obvezno odvajati v javno kanalizacijo, fekalne in tehnološke odpadne vode samo z vodotesno izvedbeno kanalizacijo.
- V ožjem varstvenem pasu (cona 2) je prepovedano graditi skladišča nafte, naftnih derivatov, nevarnih in škodljivih snovi, ki so večja kot 5 m³, nove komunalne čistilne naprave, stanovanjske hiše, kjer ni zgrajena kanalizacija oziroma se ne gradi sočasno. V ožjem pasu je obvezno graditi vodotesno izvedbeno kanalizacijsko omrežje in priključiti nanj vse objekte (vodotesnost mora izvajalec dokazati z atestom), obvezno graditi utrjene neprepustne manipulacijske površine z odvodom meteornih voda v kanalizacijah, odvajati v javno kanalizacijo odpadne in tehnološke odpadne vode.
- Na širšem varstvenem pasu (cona 3) je gradnja stanovanjskih in gospodarskih zgradb dovoljena pod pogojem, da je že zgrajena vodotesna kanalizacija ali da se gradi sočasno, prepovedano je odlaganje odpadkov, obstoječa odlagališča je potrebno sanirati v roku 2 let, ni dovoljena gradnja ponikalnice za odpadne vode.
- V celotnem vodovarstvenem območju mora biti rekonstrukcija ceste izvedena tako, da v primeru nesreč morebitne razlite tekočine ne morejo ponikati v podzemno vodo.

Glede na podane ukrepe lahko potencialni vplivi na kakovostno stanje podzemne vode na zajetju Peričnik izhajajo iz:

- Najožje varstveno območje (cona 1): objekti Koča pri Peričniku ter nekaj stanovanjskih hiš (okrog 7), cesta v dolino Vrata in turistično parkirišče.
- Ožje varstveno območje (cona 2): nekaj stanovanjskih objektov (okrog 12), planinska domova (Šlajmerjev dom ter Aljažev dom v Vratih) in turistično parkirišče – manj verjetni.
- Širše varstveno območje (cona 3): planinska domova in planinska bivaka (Triglavski dom na Kredarici, Dom Valentina Staniča pod Triglavom, Bivak pod Luknjo in Bivak IV na Rušju) – najmanj verjetni.

V letu 2004 s kasnejšimi dopolnitvami je v veljavo stopil Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16), na podlagi katerega sta v letu 2012 Juren in Štucin (GeoSi d.o.o. in GEORAZ d.o.o.) pripravila Strokovne podlage za pripravo akta o zavarovanju vodnega telesa vodnega vira Peričnik (Slika 15). Te strokovne podlage je pregledal in podal strokovno oceno o ustreznosti prof. dr. Brenčič (Brenčič in Levičnik, 2013) v letu 2013. Vodovarstvena uredba na podlagi teh strokovnih podlag ni bila sprejeta. Prepovedi, omejitve in ukrepi so v teh strokovnih podlagah zastavljeni blažje: To velja predvsem za VVO III, saj je pod posebnimi pogoji na tem območju bilo predvideno dovoljeno ponikanja odpadnih vod ter gradnja čistilnih naprav. Bistvenih razlik pri postavitvi (vodo)varstvenih območij ni (Slika 14 in Slika 15). V predlogu iz leta 2013 je najožje vodovarstveno območje (VVO I) nekoliko obsežnejše od občinskega odloka, kar pomeni, da so v VVO I skoraj vsi stanovanjski objekti, vključno z velikim parkiriščem in Aljaževim domom v Vratih.



Slika 15: Predlagano vodovarstveno območje iz leta 2013 (vir Atlas okolja)

Vodovarstvena območja sedaj skladno s 74. členom Zakona o vodah (ZV-1) določa Vlada Republike Slovenije. 216. člen Zakona o vodah (ZV-1) določa, da z dnem uveljavitve tega zakona prenehajo veljati predpisi lokalnih skupnosti, ki so bili sprejeti na podlagi 57., 58., 60. in 66. člena zakona o vodah (Uradni list SRS, št. 38/81, 29/86 in Uradni list RS, št. 15/91 ter 52/2000), se pa uporabljajo do sprejetja predpisov iz 209. in 210. člena tega zakona. Državna uredba o vodovarstvenih območjih za območje zajetij Peričnik še ni bila sprejeta, kar pomeni, da sta Odloka Kranjska Gora in Jesenice prenehala veljati, sta pa še vedno v uporabi. To pomeni tudi, da neveljavnega predpisa ni možno več spreminjati, kljub temu da se še uporablja. Navedena dejstva pomenijo, da bodo v prihodnosti lahko določena nova vodovarstvena območja, ob katerih se bo najverjetneje spremenil tudi režim varovanja. Iz tega razloga je smiselno upoštevati nekatera splošna načela glede preventivnih ukrepov zagotavljanja ustreznega kakovostnega stanja vodnega vira Peričnik, to je predvsem na področjih izvajanja gozdne službe, odvajanja odpadnih vod z javnih cest, odvajanja odpadnih voda iz planinskih koč in stanovanjskih objektov. Opozoriti velja tudi, da se prav zdaj prenavlja cesta v dolino Vrata, ki se bo asfaltirala. Do projektne dokumentacije sicer nismo dostopali, ampak glede na to, da se nahaja cesta glede na veljavna Odloka Kranjska Gora in Jesenice skoraj povsem v najožjem varstvenem območju, ter prav tako parkirišče, bi bilo smiselno preveriti projektno dokumentacijo in iz previdnostnega razloga podati oceno predvidenih ukrepov glede preventivnih ukrepov (odvajanje, izredni dogodki ...).

7. SKLEP

Vse tri izvedene vrtine glede na njihov namen **ocenjujemo kot uspešne**. Vrtine so prevrtale srednje prepustne pretežno prodne in gruščnate sedimente, ki vsebujejo velik delež drobnozrnate komponente (melj). Ali je izvor teh drobnozrnatih sedimentov primaren ali sekundaren, ni znano, je pa dejstvo, da s tokom podzemne vode **prihaja do izrazitega premeščanje zrn, kar je po naši oceni glavni vzrok za kaljenje podzemne vode**. To je še posebej izrazito med vzpostavitvijo depresijskega lijaka. V vse tri vrtine, dodatno pa še v kasneje izvedeni vrtini V3p/21, so vgrajene sonde za zvezne meritve tlačne višine, temperature in elektroprevodnosti podzemne vode. Na podlagi enoletnih opazovanj smo podali interpretacijo nihanja gladin in oceno hidravlične povezave s površinskim tokom Triglavske Bistrice.

V zadnjem letu, od vzpostavitve hidrogeološkega monitoringa, je prevladovalo srednje vodno stanje, ki je posledica predvsem spomladanskega taljenje snega. V drugi polovici našega opazovalnega obdobja pa je prevladovalo nizko vodno stanje. Za interpretacijo hidravlične povezave med površinsko vodo Triglavske Bistrice in samim glaciofluvialnim vodonosnikom z zajetji Peričnik je najbolj zanimiv intenzivnejši padavinski dogodek (1. 11. 2021–4. 11. 2021), ki je pretoke Triglavske Bistrice hipoma povišal. Ta dogodek smo zaznali na vseh naših opazovalnih mestih. V tem času se je motnost na raztežilniku Mlačca dvignila čez 4 NTU (meritve motnosti na posameznih zajetjih so se vzpostavile kasneje). Nihanje Triglavske Bistrice in gladine podzemne vode v vrtinah nedvoumno kažejo na **medsebojno interakcijo obravnavanega glaciofluvialnega vodonosnika in Triglavske Bistrice**. Zelo verjetno pa, vsaj kot je razvidno iz tega dogodka, Triglavska Bistrica na odseku struge Triglavske Bistrice, kjer se nahajajo zajetja, ne napaja glaciofluvialnega vodonosnika. To napajanje se vrši višje v strugi, glede na kote nihanja gladine podzemne vode v vrtini PZP-3/21, lahko tudi v bližini te vrtine.

Z izjemo padavinskega dogodka (1. 11. 2021–4. 11. 2021) v obdobju hidrogeološkega monitoringa nismo zajeli izrazito visokega vodnega stanja. Tudi omenjeni padavinski dogodek je ustrežal zgolj osmemu najvišjemu pretoku v zadnjih dveh letih na merilnem mestu M-1. Zaradi tega so napovedi glede možnih vdorov površinske vode na odseku, kjer se nahajajo zajetja, še nekoliko negotove. Iz tega razloga bi bilo smiselno, da se **dosedanji hidrogeološki monitoring v čim večji meri ohrani in podaljša**, vsaj dokler ne zabeležimo še enega visokega vodnega stanja, ki bo povzročil povišano motnost, prav tako pa bi nam pri interpretaciji lahko pomagale od decembra 2021 vzpostavljene meritve motnosti na samih zajetjih. Te so se že izkazale kot ustrezen ukrep, saj omogočajo pravočasno reakcijo v primeru povišanih vrednosti motnosti v izvirih – možnost zapiranja loput na posameznih zajetjih.

Potrebno je poudariti, da je največji problem na zajetjih Peričnik pojavnost koliformnih bakterij, ki pa je predvsem pogojena kot posledica vplivov okolja, ter manj človeka. Vendar se ob striktnem upoštevanju vodovarstvenih ukrepov vsaj vpliv človeka lahko zmanjša. Na dolgi rok predlagamo, da se **preuči možnost vzpostavitve peščene filtracije in UV dezinfekcije** (že v teku). Za samo odstranitev motnosti je poleg vzpostavitve peščene filtracije možna tudi ultrafiltracija. Prav tako pa priporočamo, da se ob morebitni pripravi novih strokovnih podlag za vodovarstvena območja preuči naša priporočila glede režima varstvenih ukrepov. Glede drugih ukrepov priporočamo, da se občasno izvaja **pregled ožjega zaledja zajetij** z namenom ugotavljanja morebitnih pojavov zastajanja vode in takojšnje odvodnje. Gradbeno-tehnični ukrepi na območju zajetij z vidika morebitne zatesnitve brežine po naši oceni **ne bodo bistveno vplivali na zmanjšanje motnosti** podzemne vode, lahko pa vplivajo na približevanje struge Triglavske Bistrice zajetjem, kar bi potencialno lahko še dodatno neugodno vplivalo na povečevanje motnosti v prihodnosti.

Zvezne meritve na raztežilniku Mlačca kažejo, da motnost v vodovodnem sistemu lahko neprekinjeno vztraja tudi več ur. Najdlje je nad 1 NTU vztrajala preko 15 ur. V primeru, da filtracija podzemne vode ne bo možna, potem bo zaradi previdnostnega načela najverjetneje potrebno predvideti izpad vodnega vira Peričnik vsaj za 1 dan. V takem primeru je tehnična rešitev izvedba vodohrana z dovolj veliko kapaciteto ali pa priključitev rezervnega vodnega vira. Za podrobno oceno bo potrebno zajeti intenziven padavinski dogodek in korelirano pojavnost motnosti tudi z meritvami na samih zajetjih. V vodovodnem sistemu Peričnik so kot rezervni vodni vir obravnavana zajetja v cestnem predoru Karavanke. Predlagamo, da se preveri, ali lahko zajetja iz predora Karavanke nadomestijo (količinsko in kakovostno) vodni vir Peričnik za čas povišanih vrednosti motnosti. Glede na državni monitoring kemijskega stanja podzemne vode lahko ta vodni vir opredelimo kot zelo čist, brez onesnaževal. Hkrati je bilo izvedenih več bakterioloških analiz, s katerimi ni bilo identificirane prisotnosti bakterij koliformnega in fekalnega izvora (Pepelnik in Brenčič, 2020). V primeru, da vključitev vodnega vira Karavanke ne bi bila možna, se razmisli o drugem nadomestnem vodnem viru.

8. LITERATURA

Brenčič, M. in Levičnik, L. 2013: Pregled in strokovna ocena o ustreznosti predloženih strokovnih hidrogeoloških podlag glede na določbe Pravilnika (Ur.l. RS 64/04, 5/06 in 58/11) – »Strokovne podlage za pripravo akta o zavarovanju vodnega telesa vodnega vira Peričnik«. Geološki zavod Slovenije

Juren, A. in Štucin, P. 2012: Strokovne podlage za pripravo akta o zavarovanju vodnega telesa vodnega vira Peričnik. GeoSi d.o.o. in GEORAZ d.o.o. Mavrič, E. in Pezdir, M. 2021: Poročilo o mikrobioloških analizah reke Bistrice in zajetij Peričnik. JEKO, javno komunalno podjetje, d.o.o., Jesenice.

Mezga, K. 2014: Natural hydrochemical background and dynamics of groundwater in Slovenia: doktorska disertacija. Nova Gorica, 226 str.

Peček, D. 2012: Poročilo inženirsko geološkega kartiranja. Vodno zajetje Peričnik. Geocenter DP, Mehanika tal.

Peček, D. 2021: Geološko-geomehansko poročilo o rezultatih geomehanskih in hidrogeoloških raziskav za projekt vgradnje UV dezinfektorja na vodnem viru Peričnik, s predlogom varovanja izkopa gradbene jame in podatki za projektiranje. Geocenter DP, Mehanika tal.

Pepelnik, T. in Brenčič, M. 2020: Izdelava revidirane Analize tveganja za onesnaženje vodovarstvenega območja zaradi varnostno-tehnične nadgradnje železniškega predora Karavanke. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

Serianz, L., Pepelnik, T., Cerar, S., Zajc, M. in Udovč, J. 2020: Hidrogeološke preiskave na območju zajetja Peričnik v dolini Vrata. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

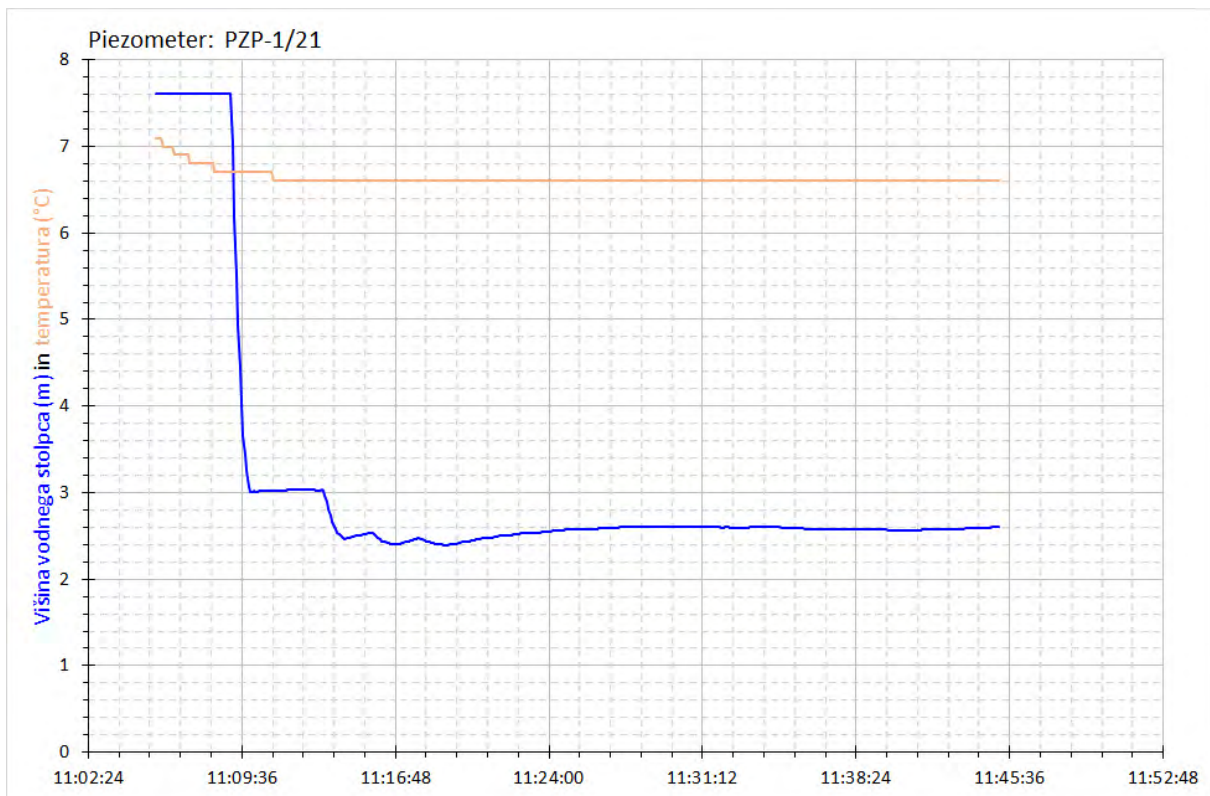
Serianz, L., Udovč, J. in Matoz, T. 2021: Hidrogeološke preiskave na območju zajetja Peričnik v dolini Vrata: 2. faza – vrtalna dela (vmesno poročilo). Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

Serianz, L. in Udovč, J. 2022: Hidrogeološka ocena pričakovanih dotokov v gradbeno jamo za jašek za vgradnjo UV dezinfektorja pri izkopu pod gladino podzemne vode. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

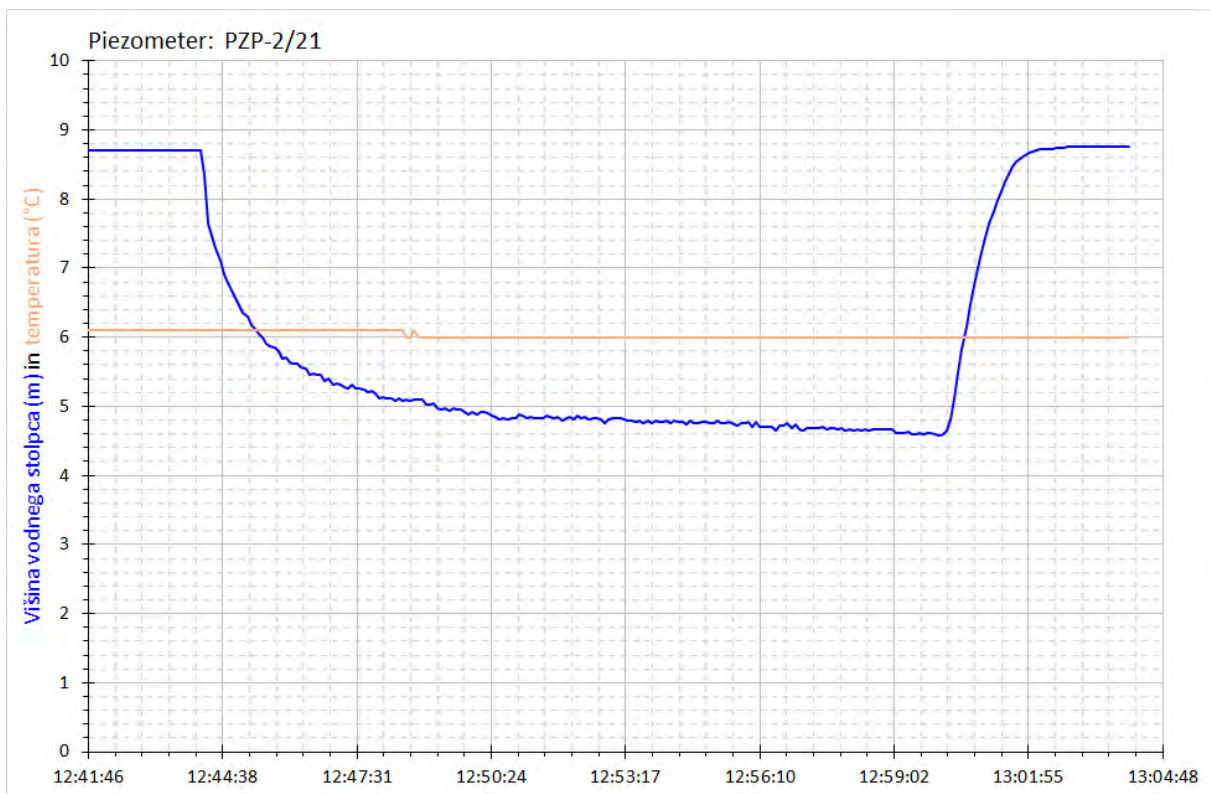
Priloga 1

Grafični prikaz rezultatov črpanja

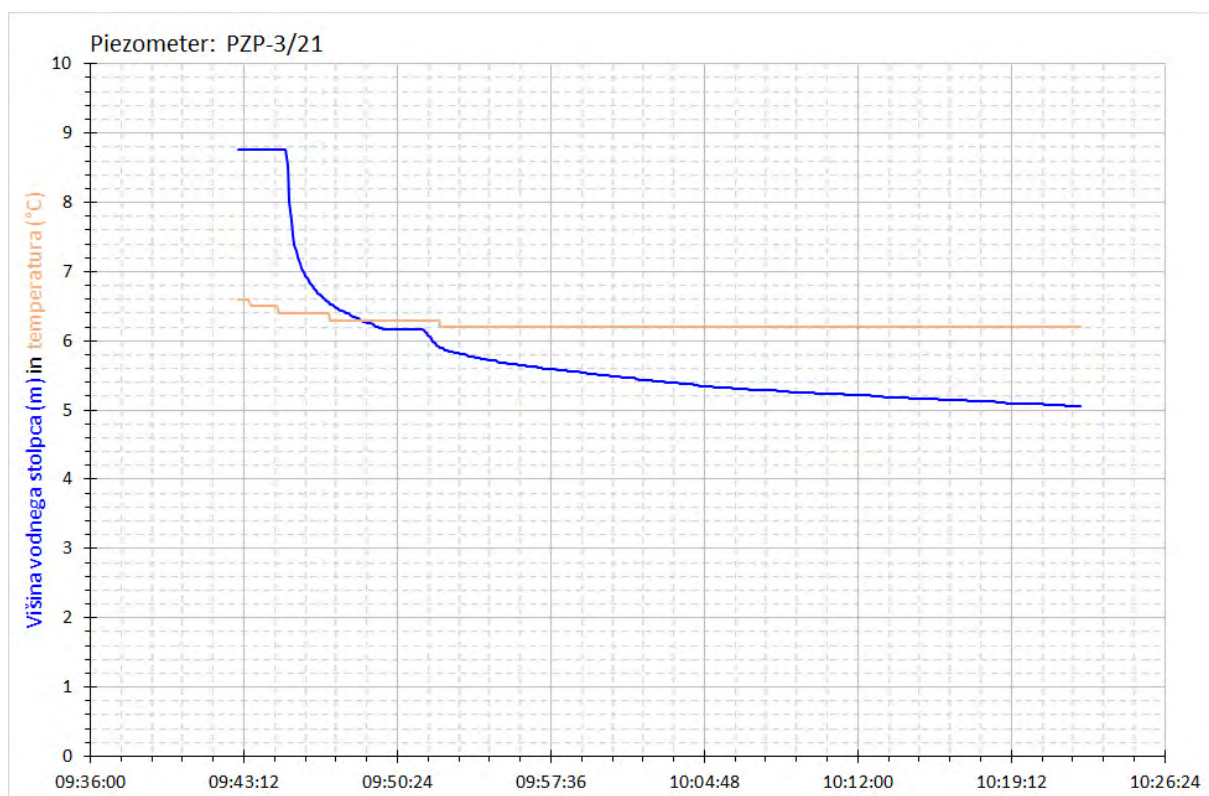
Priloga 1/Slika1: Rezultat črpanja v vrtini PZP-1/21



Priloga 1/Slika 2: Rezultat črpanja v vrtini PZP-2/21

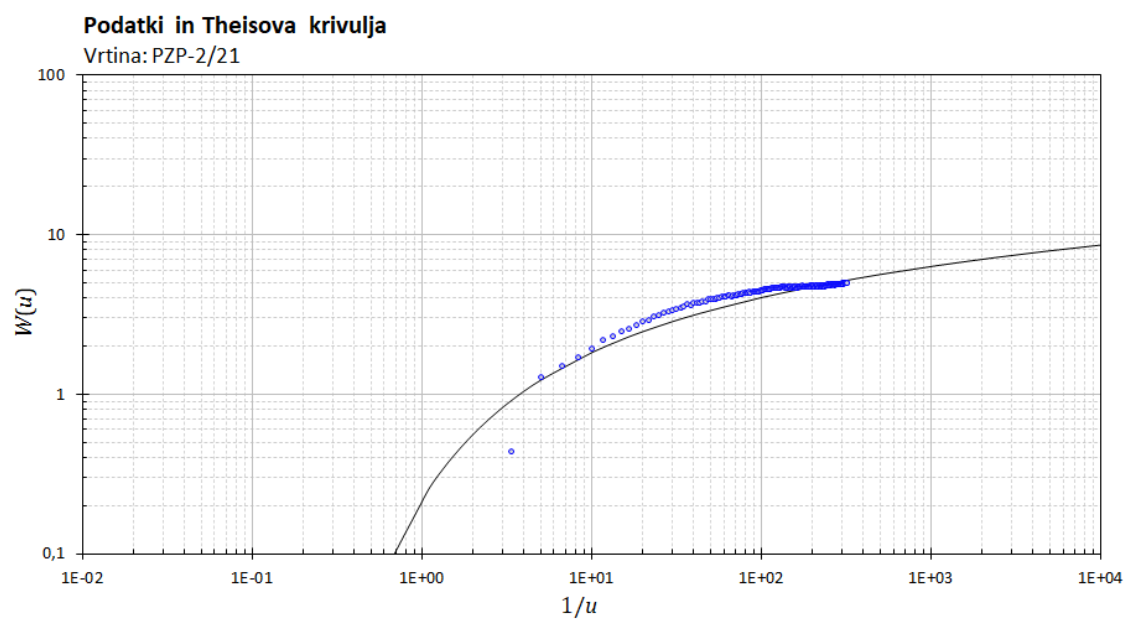
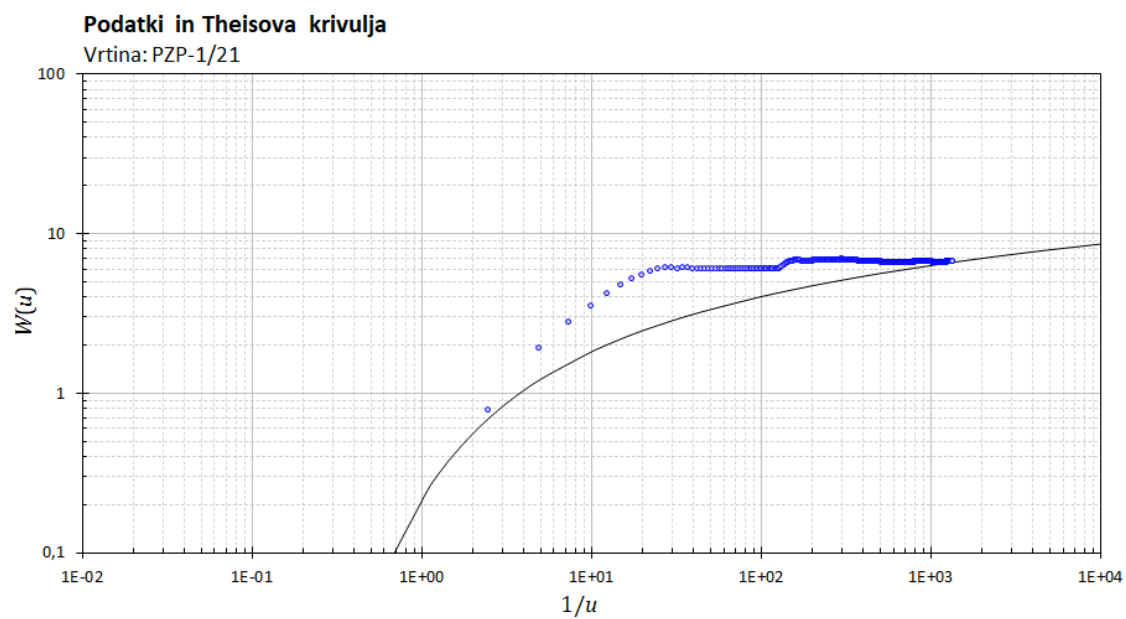


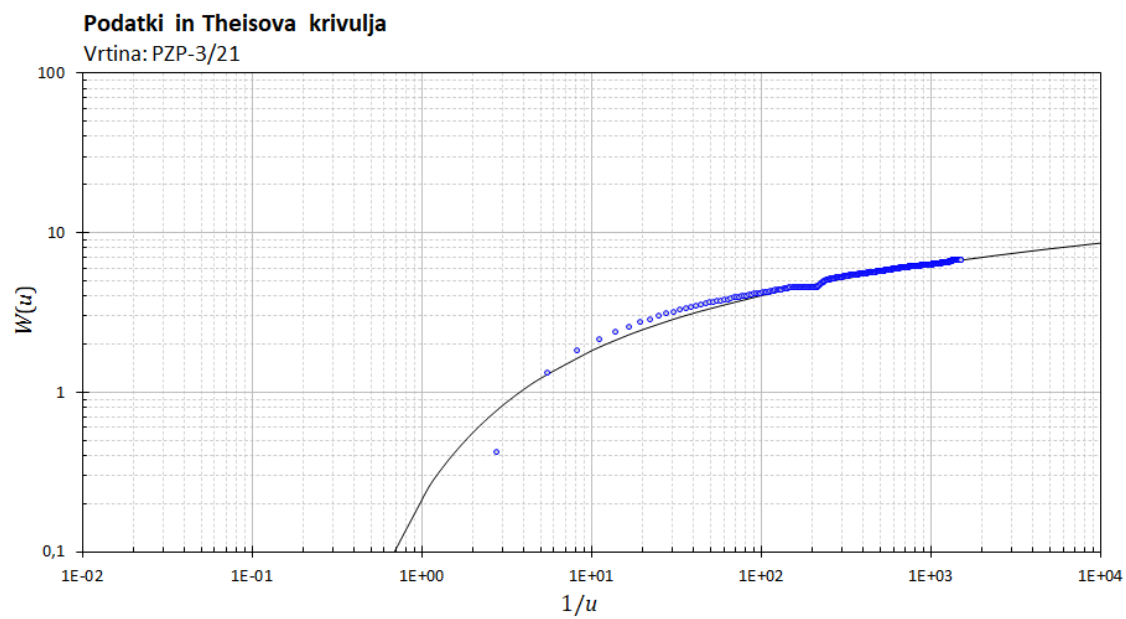
Priloga 1/Slika3: Rezultat črpanja v vrtini PZP-3/21



Priloga 2

Grafične obdelave črpalnih preizkusov po metodi Theisa

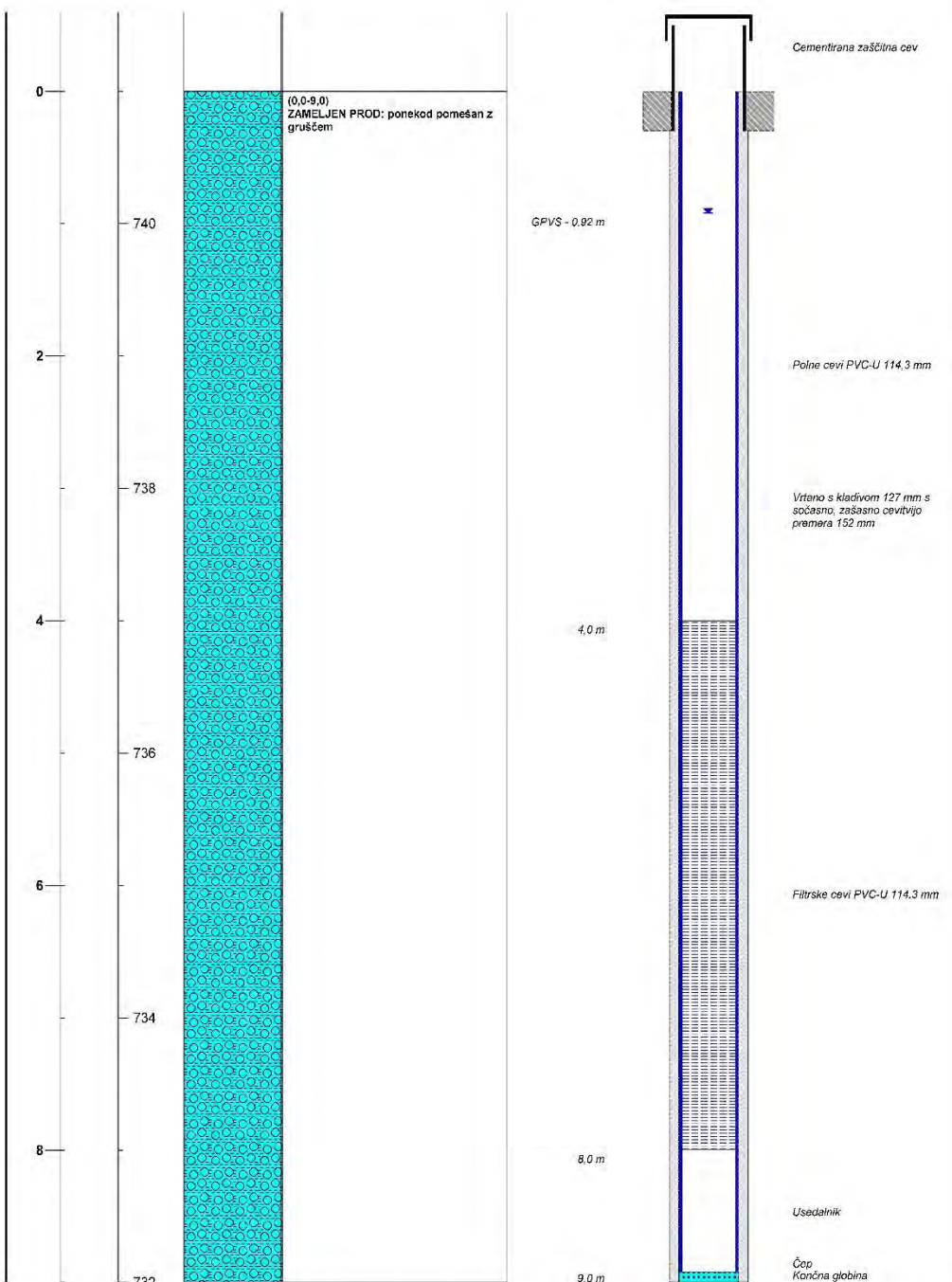




Priloga 3

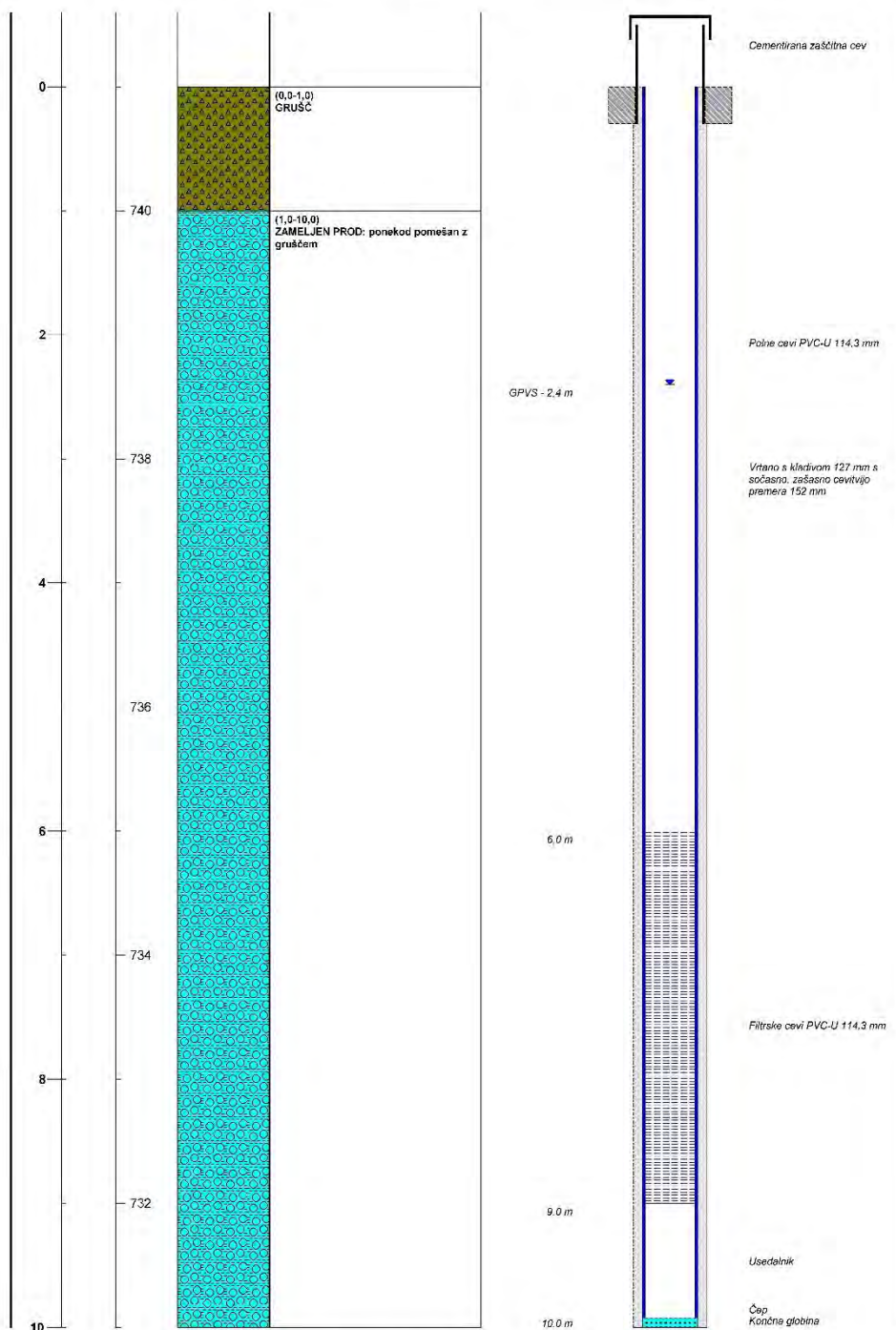
Litološki popisi in tehnični profili vrtin PZP-1/21, PZP-2/21 in PZP-3/21

GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE Dimitčeva ulica 14, 1000 Ljubljana www.geo-zs.si E. mail: www@geo-zs.si Tel. +386 1 280 97 00					
Litološki popis in tehnični profil vrtnice PZP-1/21					
Ime: PZP-1/21		Tip vrtnice: Piezometrična vrtnica		Način vrtanja: Udarno rotacijsko	
Datum: April 2021		GPVS: 0,92 m			
Mesto: Peričnik		X= 144531		Kota terena Z= 741,0	
Kola ustja Z= ?		Y= 415818			
Globina	Kota	Shematski litološki prikaz	Litološki opis	HG pojavi med vrtanjem	Konstrukcija vrtnice



Objekt: Piezometer PZP-1/21		Izvajalec vrtanja: Geotrans d.o.o.		Merilo višin: 1:30	
Poročilo: Hidrogeološke preiskave na območju zajetja Peričnik v dolini vrata: 2. faza – vrtnina dela		Obdelal: L. Serianz, J. Udovč, T. Matoz		Priloga: 3.1	
Naročnik: Jeko, JKP d.o.o.					

GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana www.geo-zs.si E-mail: www@geo-zs.si Tel.: +386 (0)1 280 97 00					
Litološki popis in tehnični profil vrtnice PZP-2/21					
Ime: PZP-2/21		Tip vrtnice: Piezometrična vrtnica		Datum: April 2021	
Mesto: Peričnik		X= 144505		Kota terena Z= 741,0	
Y= 415734		HG pojavi med vrtanjem		Konstrukcija vrtnice	
Globina	Kota	Shematski litološki prikaz	Litološki opis		



Objekt: Piezometer PZP-2/21	Izvajalec vrtanja: Geotrans d.o.o.	Merilo višin: 1:30
Poročilo: Hidrogeološke preiskave na območju zajetja Peričnik v dolini vrata: 2. faza – vrtnišna dela	Obdelal:	
Naročnik: Jeko, JKP d.o.o.	L. Serianz, J. Udovč, T. Matoz	
		Priloga: 3.2

