



NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O NAČRTU

Načrt in številčna oznaka načrta: **Tehnično poročilo**

Investitor/Naročnik: **GEOTECH d.o.o.**
Opekarska ulica 16
8250 BREŽICE

Naslov naloge: **Hidrogeološko poročilo o opravljeni raziskavi**
podzemne vode na parcelah št. 1223/1 in 1224/2,
k.o. 2191 – Želeče, občina Bled

Vrsta dokumentacije: **ELABORAT - POROČILO**

Št. načrta: **2019118**

Za gradnjo: **NOVOGRADNJA**

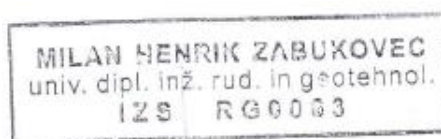
Projektna organizacija: **GEOTERM d.o.o.**
Radovlja 019, 8220 Šmarješke Toplice

Direktor: **Milan H. Zabukovec**



Izdelala: **Milan H. Zabukovec, univ. dipl. inž. rud. in**
geotehnol., IZS RG-0063

Podpis in osebni žig.....



Oliver Pavc, univ. dipl. inž. geol

Podpis in osebni žig.....

Kraj in datum izdelave načrta: **Šm. Toplice, julij 2019**



Geoterm d.o.o.
Radovlja 19
8220 Šmarješke Toplice

Datum: 8.7.2019
št. poročila: 2019118

HIDROGEOLOŠKO POROČILO
o opravljeni raziskavi podzemne vode za potrebe bodočega
medgeneracijskega centra Vezanine Bled, na parcelah št. 1223/1 in 1224/2,
k.o. 2191 – Želeče, občina Bled

Naročnik: **GEOTECH d.o.o.**
Opekarska ulica 16
SI -8250 Brežice

Direktor Geoterm d.o.o.
Milan Zabukovec

GEOTERM
Storitve v energetiki in rudarstvu, d.o.o.
Radovlja 19, 8220 Šmarješke Toplice



Poročilo pripravila:

Oliver Pavc, univ.dipl.inž.geol.

Milan H. Zabukovec, univ.dipl.inž. rud in geot.



KAZALO VSEBINE POROČILA

I. SPLOŠNE GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

- 1.1. Predmet vodnega dovoljenja**
- 1.2. Opis obravnavanega območja**
- 1.3. Historiat**
- 1.4. Geologija**
- 1.5. Opis izvedbe vrtin**
- 1.6. Geodetska izmera ustja vrtine**

II. POTENCIAL VODNEGA VIRA

- 2.1. Primernost zajete podzemne vode**
- 2.2. Ohranjanje telesa podzemne vode**
- 2.3. Dosegljivost vira podzemne vode**
- 2.4. Izkoristljivost vira podzemne vode**
- 2.5. Razpoložljivost vira podzemne vode**

III. PREDLOG PROGRAMA MONITORINGA

IV. VIRI

V. PRILOGE



I. SPLOŠNE GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

1.1. Predmet vodnega dovoljenja

Na podlagi Dovoljenja za raziskavo podzemnih voda št. 35505-1/2019 izdanega dne 6.2.2019 ter Vodnega soglasja št. 35507-112/2019-2 iz dne 5.3.2019 je bila na parcelah 1223/1 in 1224/2, obe k.o. 2191-Želeče (občina Bled) konec junija 2019 ta raziskava tudi dejansko izvedena. Izdelani sta bili vrtini, poimenovani Bl-1č/19 in Bl-1p/19, iz prve je v sklopu raziskave potekalo preizkusno črpanje, v drugo pa nalivanje vode, saj bo prva ob pridobljenem vodnem dovoljenju dejansko služila za črpanje, druga pa za ponikanje te načrpane vode. Namen rabe vode je namreč ogrevanje in hlajenje bodočega objekta s toplotno črpalko voda/voda.

V času delovanja sistema se bo iz črpalne vrtine črpalo z maksimalnim pretokom do 4,0 l/s (14,4 m³/h) in isti pretok skozi ponikalno vrtino ponikalo. Pri času delovanja sistema letno 2.000 ur bi to pomenilo skupno prečrpano količino 28.800 m³ v enem letu. Dejanska količina načrpane vode bo nekoliko nižja in bo detaljno predstavljena v Tehničnem poročilu.

Predmet tega poročila so splošne geološke razmere na območju raziskave oz. bolj podrobne hidrogeološke, ki se tičejo samega zajetega vodonosnika. V poročilu so sicer tudi podani rezultati osnovne kemijske sestave odvzetega vzorca vode.

1.2. Opis obravnavanega območja

Območje raziskave je na topografskih kartah v manjšem in večjem merilu prikazano v prilogi 1, na zračnem posnetku v še večjem merilu pa v prilogi 2. Torej se nahaja na območju naselja Bled, približno 700 m vzhodno od samega Blejskega jezera. Širše gledano je to območje severozahodni rob Ljubljanske kotline, ki se razteza vse od Ljubljanskega barja na jugu pa do obronkov Kamniško-Savinjski Alp in Karavank na severu. Najbližji vzpetini v oklici raziskave sta Grajski hrib, severno od jezera in hrib Straža, južno od njega. Zahodno od jezera pa se začnejo sprva blaga pobočja planote Pokljuke.

Ožje območje izvedene raziskave je ravnina (z nadmorsko višino okrog 500 m), ki se nekaj sto metrov zahodneje »prelomi« v blago pobočje, nagnjeno proti jezeru (to z nadmorsko višino 475 m), proti zahodu pa čez nekaj deset metrov oddaljen potok Rečica nadaljuje vse do



soteske Save Dolinke, kjer se ostro konča. Sava Dolinka skupaj s Savo Bohinjko, preden se obe združita v (enotno) Savo, predstavlja največji površinski tok v zgornjem delu Gorenjske. Obravnavano področje je na zračnem posnetku prikazano v prilogi 2. Na posnetku je razvidna tudi lokacija vrtin v naravi, podane pa so tudi koordinate posamezne vrtine.

1.3. Historiat

Da bi do zdaj raba podzemne vode na širšem področju omenjenih parcel (t.j. v zaključenem območju zdajšnje trgovsko-obrtne cone) ni znano. Seveda pa je na zahodni strani jezera bilo izdelanih več raziskovalnih vrtin. Podatki iz teh, recimo, da je nivo podzemne vode višji od nivoja jezera ter globina do predkvartarne podlage okoli 50 m ali več, so bili uporabni pri načrtovanju vrtin Bl-1č/18 in Bl-1p/18.

1.4. Geologija

Ljubljanska kotlina, tudi obravnavani del, je sproti s pogrezanjem v kvartarju bil seveda zapolnjen tudi s kvartarnimi sedimenti. Na Gorenjskem so ti večinoma (tri) pleistocenski konglomeratni zasipi, ki jih v splošnem prekriva holocenski prodni zasip. Na samem območju raziskave verjetno konglomeratni kar umanjajo, saj, kot sledi nižje, v vrtinah ni bilo zaznati nobenih konglomeratov. Ti, najverjetneje mladopleistocenski in/ali holocenski sedimenti so odloženi v obliki rečnih teras (na geološki karti v prilogi 3 oznaka zanje t), pod njimi je predkvartarna podlaga – gre za terciarno (oligocensko) laporno glino ali sivico – zabeležena na globini 42 m. Proti zahodu v podlagi sivica izklini in je direkten prehod v permske apnenca ali triasne dolomite. Tudi globina do njih ne preseže 100 m, seveda se še bolj proti zahodu zmanjšuje in te kamnine tako gradijo »izdanke« iz kvartarnih sedimentov, kot je Grajski hrib (grajen iz permskega apnenca), Straža in ostali (grajeni iz dolomita).

V vrtinah, katerih geološki (in tudi tehnični) profil sicer podan s prilogama 4 in 5, je sicer na posameznih globinah ugotovljena enaka litološka sestava, tako v globlji Bl-1č/18:

0-1 m:	peščeno-glinasta preperin
1-12 m:	prod z glino
12-38 m:	(skoraj čist) karbonatni prod
38-41 m:	pesek
41 – 42 m:	laporna glina



Zadnja je, kot že omenjeno terciarne, vsi višji sedimenti pa seveda kvartarne starosti.

Sedimenti so nasičeni z vodo od globine približno 17 m. V širšem smislu ta voda pripada Vodnemu telesu Savska kotlina in Ljubljansko barje in sicer prvemu njegovemu vodonosniku: Prodno peščenim zasipom reke Save in njenih pritokov.

1.5. Opis izvedbe vrtin

Izdelava vrtin je potekala z udarno-rotacijskim vrtanjem, t.j. z vrtalnim kladivom, na katerega je pritisk izvajal zrak, dovajan iz kompresorja in obložnimi cevmi. Slednje so preprečevale sprotno zasipanje vrtine v sipkem produ. Komprimiran zrak je ravno tako (kot izplaka) iznašal navrtanino na površje.

Vrtina Bl-1č/18 je globoka 42 m. Prvih 6 m vrtine je vgrajena jeklena zaščitna kolona premera 169/160 mm, prostor med cevitvijo in ostenjem vrtine je zapolnjen s cementom. Skozi omenjeno jekleno cev je nadalje potekalo vrtanje po obložnem sistemu vrtanja, na koncu pa so se vgradile PVC vodnjaške cevi premera 125/112 mm, ki so filtrske oz. »narezane« z 1,5 - 2 mm režami na odseku 26-38 m. Polne PVC vodnjaške cevi so vgrajene na odseku med 26 m do kote terena.

Enaka zaščitna kolona, prav tako cementirana, je vgrajena v 36 m globoko vrtino Bl-1p/19, v katero vgrajene tudi enake vodnjaške cevi, le da je filtrski del v njih na globini 23-35 m.

V črpalno vrtino bo vgrajena potopna črpalka (ki bo dejansko zagotavljala vodo za potrebe toplotne črpalke) in sicer s svojim vrhnjim delom na globino 25,0 m. Črpala bo skozi dvocolske, bodisi plastične (polietilenske ali PVC) bodisi kovinske (pocinkane) cevi.

Izdelava obeh vrtin je potekala z udarno-rotacijsko metodo, pri čemer je kot delovno in izplačno sredstvo poslužil zrak, dovajan pod pritiskom iz kompresorja. Zrak je služil kot delovno sredstvo za delovanje vrtalnega kladiva in hkrati služil za iznašanje navrtanine na površjino. Ves profil vrtanja so bile uporabljene tudi jeklene obložne cevi, ki so preprečevale sprotno zasipanje vrtine v nekoherentnem sedimentu.

V črpalno vrtino se bo predvidoma na globino 25,0 m vgradila potopna črpalka, n.pr. Grundfos, tip SP 14-7 moči 2,2 kW ali ekvivalentne.



1.6. Geodetska izmera ustja vrtine

Dejanski ustji vrtin v času raziskave (takoj po dokončanju vrtin) je bil zaključek njihovih vodnjaških cevi, odrezanih dva, tri decimetre nad površjem okrog vrtin. Prav ta kota bo torej *kota z* (v metrih nadmorske višine) vrtin (podana v sledeči tabeli), od nje so sicer tudi podani vsi nivoji podzemne vode, ki sledijo v nadaljevanju.

Koordinate vrtin v horizontalni ravnini pa so Gauss-Krügerjeve:

Vrtina	y	x	z
Bl-1č/18	432.446	136.700	501,40
Bl-1p/18	432.454	136.650	501,10

Tabela 1.6. Koordinate posamezne vrtine v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu ter nadmorska višina *z* (v metrih) njenega ustja.

II. POTENCIAL VODNEGA VIRA

2.1. Primernost zajete podzemne vode

Temperatura črpane vode je znašala 12 °C. To je edini izmed fizikalno-kemijskih parametrov, ki je bil določen na licu mesta, ostali so bili namreč določeni v laboratoriju kranjske izpostave Nacionalnega laboratorija za zdravje, okolje in hrano. V času izdelave predmetnega poročila še niso bili znani rezultati kemijske analize odvzetega vzorca vode. Ko bodo rezultati znani bomo z njimi seznanili investitorja, dobavitelja toplotnih črpalk in dopolnili predmetno poročilo.

2.2. Ohranjanje telesa podzemne vode

Dne 27.6.2019 je statični nivo vode v posamezni vrtini ugotovljen na globini oziroma absolutni višini:



Vrtina	Bl-1č/18	Bl-1p/18
Nadmorska višina ustja - v_u (m)	501,40	501,10
Globina do nivoja vode - d (m)	17,47	17,19
Nadmorska višina nivoja vode - v_v (m)	483,93	483,91

Tabela 2.2. Nadmorska višina ustja (v_u) vrtnice, globina do (d) in nadmorska višina (v_v) nivoja vode v vrtini.

Glede na dobljene podatke o absolutnih višinah vode je tako možno trditi, da je njen nivo južneje nižje, to pa nikakor ne pomeni, da teče tudi dejansko proti jugu, za natančno določitev smeri toka bi potrebovali še tretjo točko. Tako je prav možno, da je tok usmerjen proti jugozahodu (kot prikazano na sliki v prilogi 6), t.j. proti jezeru, saj so nivoji vode v vrtinah ob jezeru zabeleženi na malenkost nižji nadmorski višini. V tem primeru bi bil hidravlični gradient (naklon podtalnice) majhen, t.j. bi znašal 0,00074.

Nivo vode je v vsakem primeru prosto stoječ znotraj dobro prepustnih prosov, kar pomeni, da je ta *medzrnski* vodonosnik tudi *odprtega* tipa. Navzgor je torej omejen prav z gladino vode, navzdol pa (z veliko slabše prepustnim) peskom na 38 m, tako njegova debelina znaša 20,5 m oz. $H = 20,5 \text{ m}$.

Nivo, s tem pa tudi debelina, v odvisnost od padavin lahko niha, no zelo verjetno tudi v najbolj sušnem obdobju nivo ne bo padel na globino več kot 20 m. Ker je nivo podzemne vode na tem območju za približno 50 m nad nivojem Save Dolinke v njeni strugi, se v splošnem ne napaja iz površinskih tokov (izjema je lahko Rečica), temveč zgolj direktno iz padavin.

Omenjena spodnja meja vodonosnika pesek je arbitrarna, saj se lahko ne glede na ta lokalni kriterij (gotovo se na krajši razdalji pesek tudi izklini) lahko kot talnina vodonosnika posplošeno vodi kar sivica (prepustnost te namreč spet nekaj 1.000 krat manjša od peska).

2.3 Dosegljivost vira podzemne vode

Ker gre za odprt vodonosnik je globina do vodonosnika enaka globini do nivoja podzemne vode. Za uspešno izkoriščanje vodonosnika, ga je potrebno zajeti v zadostni debelini, v konkretnem primeru kar po celotnem njegovem (vertikalnem) profilu.

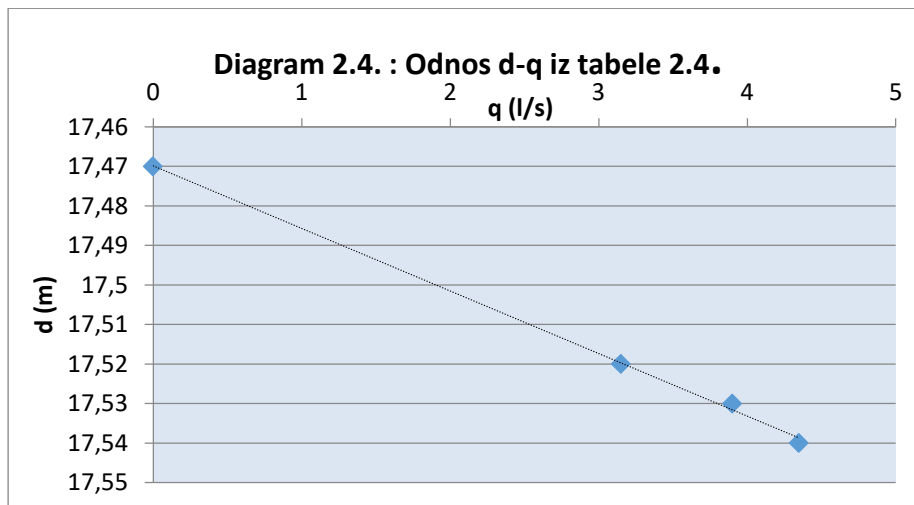
2.4 Izkoristljivost vira podzemne vode

Dne 27.6.2019 se je začelo tudi preizkusno črpati iz vrtine **Bl-1č/18**. Ker je pri manjših dveh pretokih (3,15 l/s in 3,9 l/s) ugotovljena zelo hitra stabilizacija nivoja vode, se je ocenilo, da je z njim sprejemljivo črpati razmeroma kratek čas, z vsakim po pol ure. Kot sledi iz grafa v prilogi 7, se je nadaljevalo črpati še s pretokom 4,35 l/s. Zaradi večje preglednosti je prikazano le tri ure črpanja s tem, saj se tudi v nadaljevanju nivo ni več spreminjal (črpanje sicer trajalo še naslednja dva dni). Razmeroma precej razpršene vrednosti nivojev na grafu so posledica napak tlačne sonde, no logično je sklepati, da so prave vrednosti srednje, kar tudi potrjeno z ročnim nivometrom. Tako je dobljena naslednja odvisnost nivo-pretok:

q (l/s)	d (m)	s (cm)
0	17,47	0
3,15	17,52	5
3,9	17,53	6
4,35	17,54	7

Tabela 2.4. Bl-1č/18: Ustaljeni nivo vode (d) pri določenem pretoku črpanja (q)

in pri tem nastalo znižanje (s).



Odnos med parametroma je torej (v grobem) linearen, kot tudi bilo pričakovati za medzrnski vodonosnik.

Po koncu črpanja je, logično, sledila tudi dokaj hitra ustalitev nivoja na statični vrednosti (17,47 m), kot sledi iz diagrama v prilogi 8.

Po koncu zgolj črpanja je sledilo tudi **nalivanje** v vrtino **Bl-1p/18** in sicer s pretokom **4,35 l/s**. Kot to sledi iz diagrama v prilogi 9, se je kljub dolgemu obdobju do popolne ustalitve (cca 700 min) nivo v končni fazi le malo dvignil in sicer na globino **16,92 m**, kar je 27 cm nad začetno vrednostjo (17,19 m).

Diagram v prilogi 10 pa kaže trend padanja nivoja po koncu tega nalivanja.

Tudi pri črpanju s pretokom 4,35 l/s iz Bl-1č/19 ni bilo čutiti vpliva na 50,6 m oddaljeni vrtini Bl-1p/19, s tem pa je tudi v praksi dokazano, da vplivno območje črpanja znaša manj kot to razdaljo oz. $R < 50,6$ m. Glede na dejstvo o izredno majhnem znižanju nivoja v točki črpanja oz. njegovi hitri ustalitvi pa je sklepati, da vpliv znaša veliko manj oz. zelo verjetno ne preseže niti 10 m (**$R < 10$ m**).

Zaradi obeh omenjenih dejstev tudi ni mogoč drugačen izračun koeficienta prepustnosti vodonosnika kot z metodo po *Babuškinu*. Ta namreč omogoča izračun *koeficienta prepustnosti* zgolj na podlagi ene vrednosti znižanja nivoja v točki črpanja in sicer pri stacionarnih pogojih črpanja v medzrnskem odprtem vodonosniku.



Koeficient prepustnosti K se tako izračuna:

$$K = \frac{0,366Q}{ls} \log \frac{1,32l}{r},$$

kjer posamezne oznake pomenijo:

Q – pretok črpanja

l – dolžino filtrskega dela cevi

s – znižanje nivoja pri pretoku Q

r – polmer vrtine

$$K = \frac{0,366 * 4,35 * 10^{-3} m^3 s^{-1}}{12m * 0,07m} \log \frac{1,32 * 12m}{0,063m}$$

$$K = 4,55 * 10^{-3} ms^{-1}$$

Upošteva je *debelino vodonosnika (H)*, je potemtakem **transmisivnost T** :

$$T = K * H$$

$$T = 4,55 * 10^{-3} ms^{-1} * 20,5 m$$

$$T = 9,33 * 10^{-2} m^2 s^{-1}$$

Prav zaradi ugotovljene linearne odvisnosti nivo-pretok je z gotovostjo možno trditi, da se iz črpalne vrtine lahko črpa tudi s pretokom 5,0 l/s, kolikor še tehnično možno oz. kolikor še da štiricolska potopna črpalka, ki jo je še moč vgraditi v vrtino danega premera.



2.5. Razpoložljivost vira podzemne vode

Zaradi načrtovane rabe vode se bilanca vodonosnika ne bi prav nič spremenila, saj bi se vsa načrpana voda (sicer ohlajena) vrnila v vodonosnik.

III. PREDLOG PROGRAMA MONITORINGA

Pri opisani raziskavi podzemne vode je ugotovljeno majhno znižanje nivoja vode pri črpanju iz črpalne vrtine oz. majhno zvišanje pri nalivanju v ponikalno vrtino. Bolj kot zaradi črpanja se bo nivo bolj spreminjal »sam od sebe«, t.j. njegova statična vrednost (v odvisnosti od padavin). Za določitev te vrednosti pa je zadostna meritev zgolj v eni vrtini, najbolje kar črpalni Bl-1č/18.

Najprimernejša za tovrstne meritve bi bila tlačna sonda, ki bi dejansko beležila vodni stolpec, posredno (preračunano) pa tudi nivo vode, in bi ta podatek v sebi tudi shranjevala. Ena meritev na 1 uro bi zadostovala, saj bi se iz tako pogostih podatkov dalo sklepati, kdaj gre za statični in kdaj za dinamični nivo vode.

Za prikazovanje količine in trenutnega pretoka črpanja pa bi bil najprimernejši vodomernik z *loggerjem*, ki bi tudi shranjeval podatke za nazaj na poljubno nastavljen interval. Podatki bi se nato enkrat letno prenesli in uredili v primerni obliki.

Ker je pri rabi predviden fizikalno polzaprt sistem, torej takšen, ki bi dovoljeval pretok energije in ne tudi snovi, spremljava kemijske sestave vode ni potrebna, saj se bo ta v vodonosnik vračala po sestavi povsem enaka. Bo pa njena temperatura spremenjena in sicer ohlajena za največ 4 °C; kar pa ne more globalno vplivati na temperaturo obsežnega vodonosnika, tako se tudi sistematično beleženje tega parametra ne zdi potrebno.

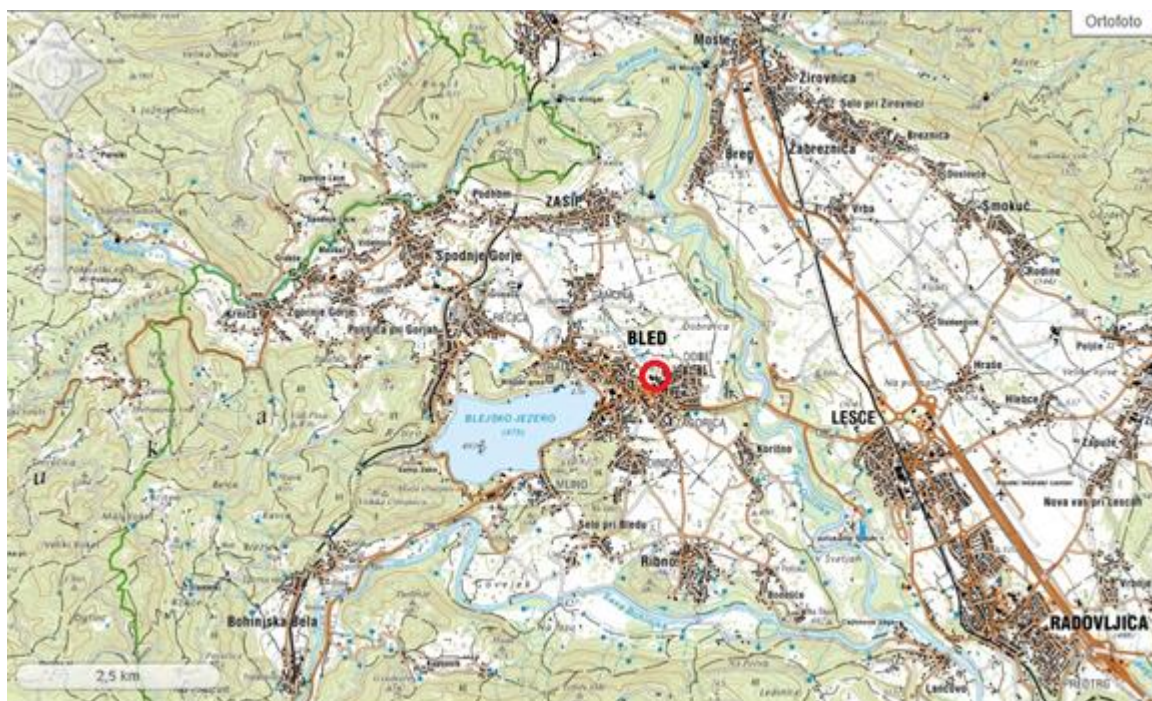
VI. VIRI

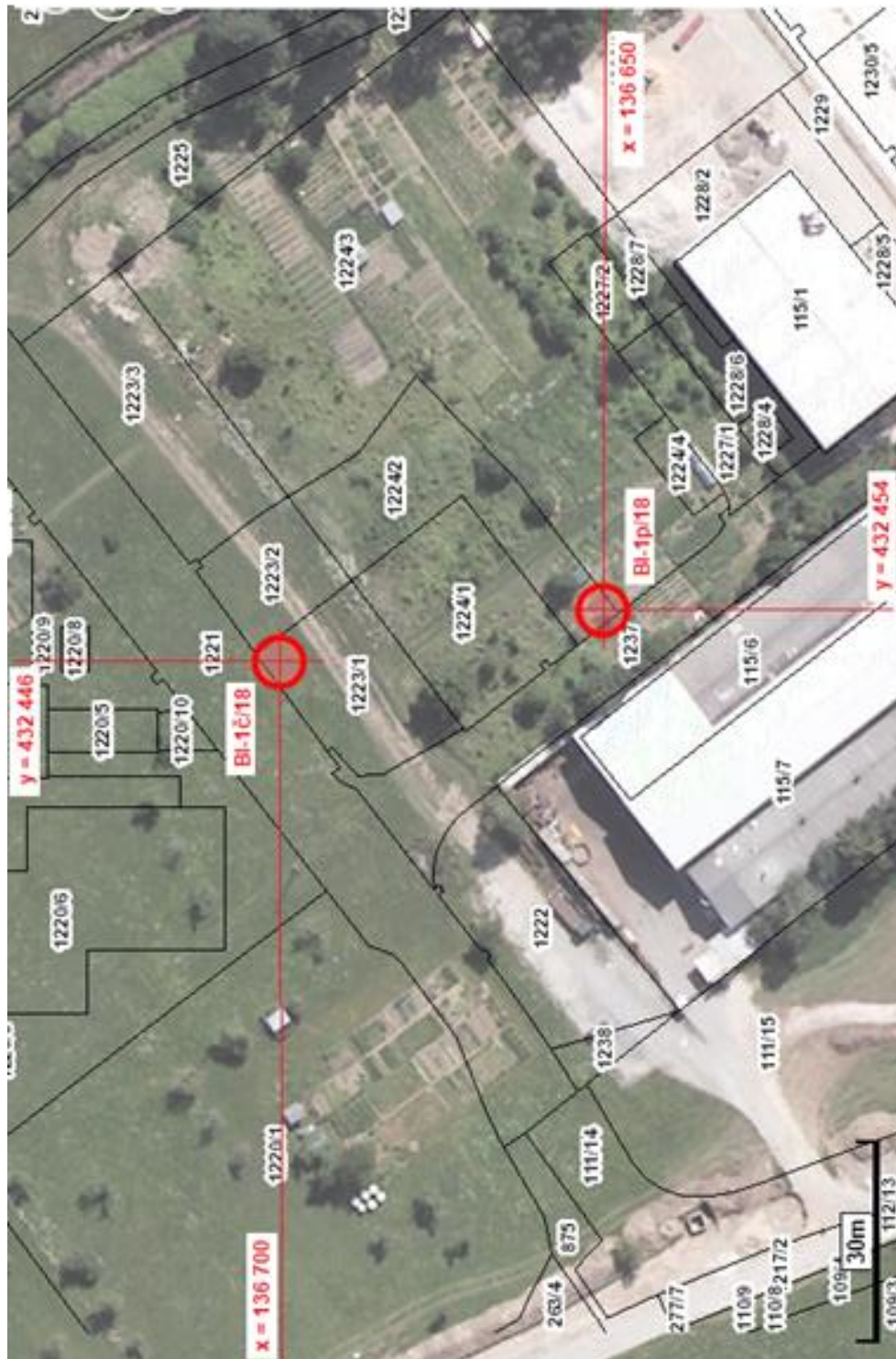
- internetna stran: <http://www.geopedia.si>
- internetna stran: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>
- Osnovna geološka karta. Tolmač za list Celovec. Zvezni geološki zavod, 1980.



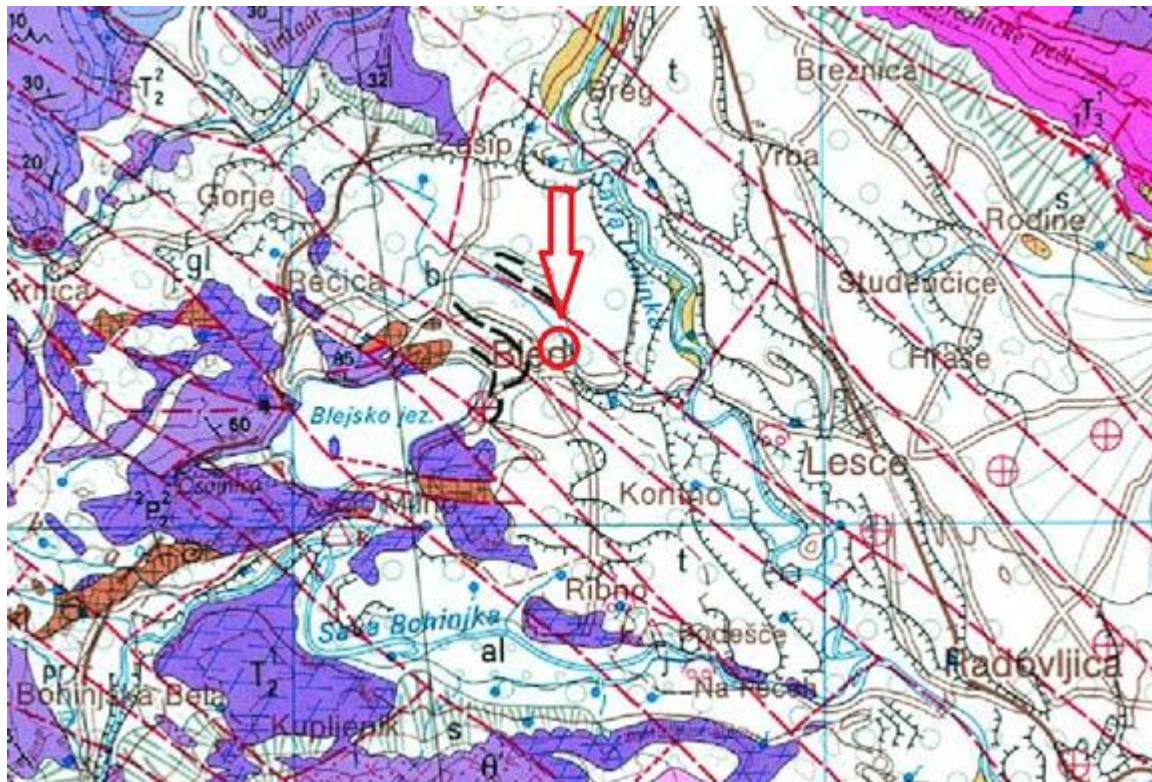
V. PRILOGE

Priloga 1: Območje raziskave na topografski karti z označeno lokacijo posega




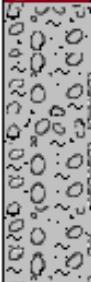

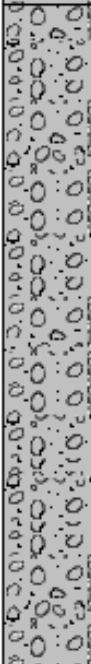
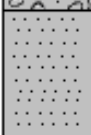











Priloga 3: Območje raziskave prikazano na izseku OGK




Priloga 4: Geološki in tehnični profil vrtine BI-1č/18












Globina (m)	Litološki opis		Hidrogeološki opis		Stratigrafija	Cevitev vrtine	
0,0							
1		preperina					jeklena uvodna kolona Ø 169/160 mm
12		zaglinjen prod					cement
						6 m	
38		prod		17,48 m	KVARTAR		PVC polne cevi Ø 125/112 mm
						26 m	
41		pesek					PVC filtrske cevi Ø 125/112 mm
42		laporna glina			TERCIAR	38 m	

Legenda pri hidrogeološkem opisu:

-  medzrnska poroznost, dobro prepustno za vodo
-  medzrnska prepustnost, srednje prepustno za vodo
-  praktično neprepustno za vodo

 statični nivo podzemne vode dne 27.6.2019

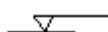
Priloga 5: Geološki in tehnični profil vrtine BI-1p/18

Globina (m)	Litološki opis		Hidrogeološki opis			Stratigrafija	Cevitev vrtine	
0,0								
1		preperina				KVARTAR		jeklena uvodna kolona Ø169/160 mm
12		zaglinjen prod						cement
							6 m	
		prod				KVARTAR		PVC polne cevi Ø 125/112 mm
							23 m	
								PVC filtrske cevi Ø 125/112 mm
36						KVARTAR		35 m

Legenda pri hidrogeološkem opisu:

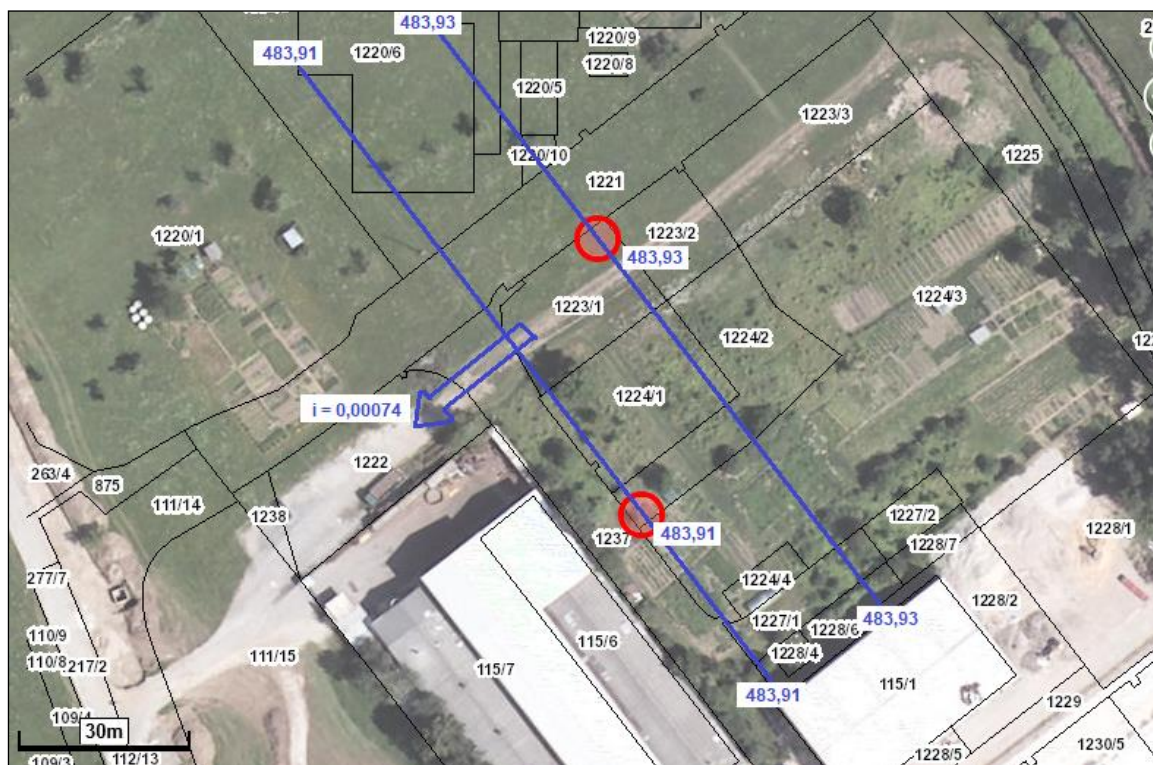


medzrnska poroznost, dobro prepustno za vodo



statični nivo podzemne vode dne 27.6.2019

Priloga 6: Območje raziskave prikazano na zračnem posnetku z vrisanimi hidrogeološkimi elementi



Legenda:

483,93 - nadmorska višina (v metrih) nivoja podzemne vode

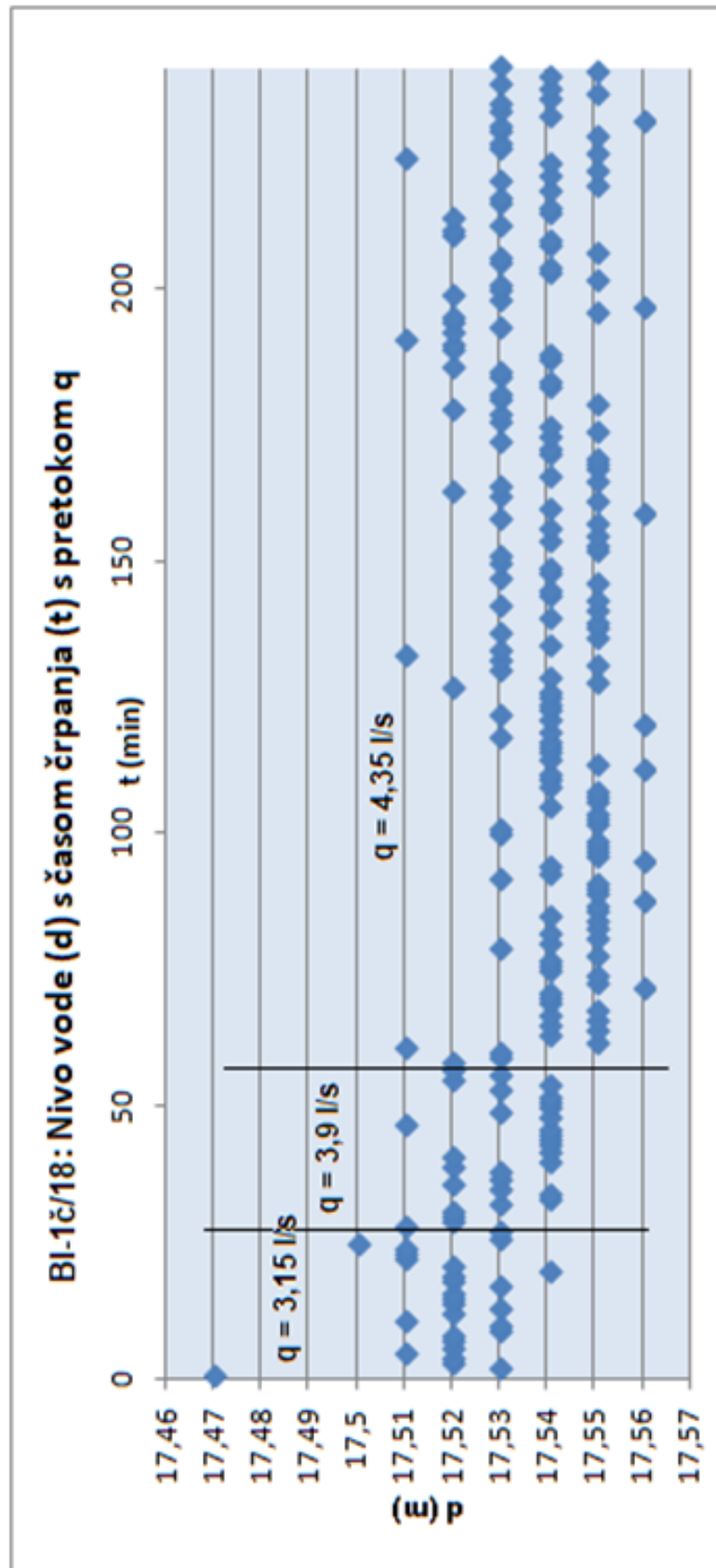


- (približen) potek hidroizohipse

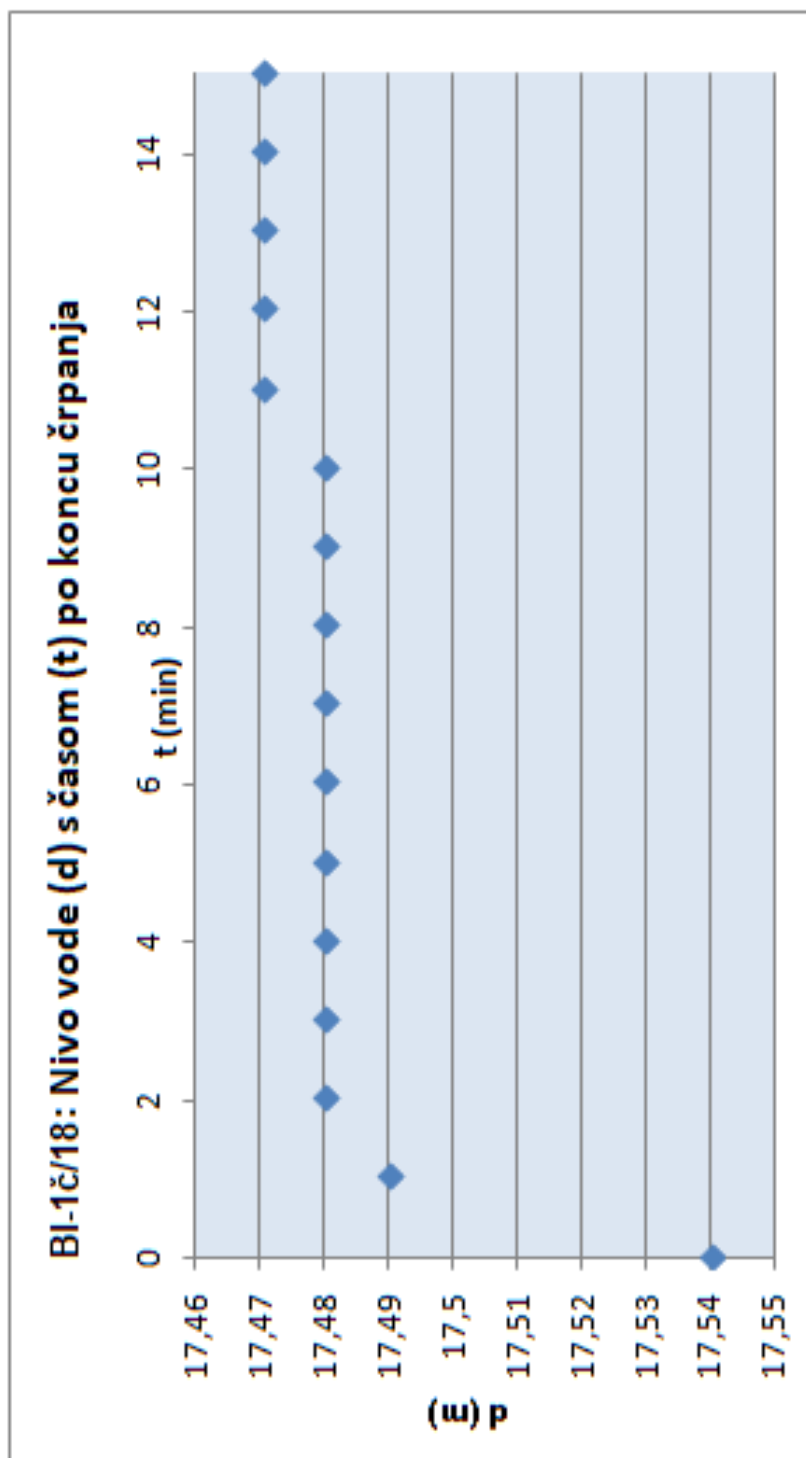


- (približna) smer toka podzemne vode

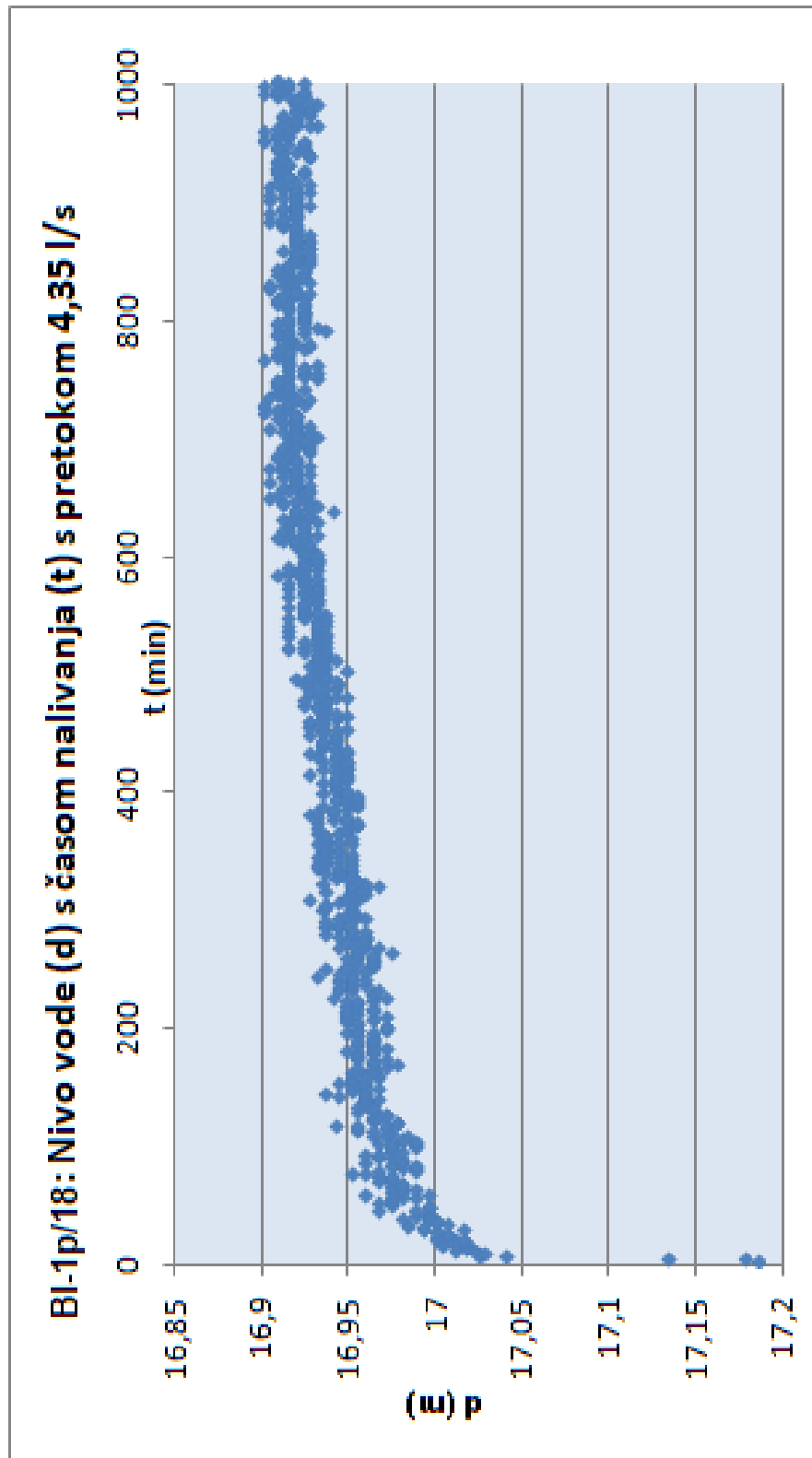
Priloga 7: Nivo vode v vrtini BI-1č/18v odvisnosti od časa črpanja z različnimi pretoki



Priloga 8: Dvig nivoja vode v odvisnosti od časa po zaključku črpanja BI-1č/18



Priloga 9: Nivo vode v vrtini Bl-1p/18v odvisnosti od časa nalivanja



Priloga10: Nivo vode v vrtini Bl-1p/18 v odvisnosti od časa po zaključku nalivanja

