

**HIDROGEOLOŠKE PODLAGE ZA PRIDOBITEV VODNEGA DOVOLJENJA
VRTINA Dr-2/16**

(Instalaterstvo Krek d.o.o.)

Datum: maj 2016
Arh. št.: GA 1232/16

Obdelala: Ana Bucalo, u.d.i. hidrogeologije
Andrej Benedik, u.d.i. geologije

Teh. Direktor: Ana Bucalo, u.d.i. hidrogeologije



4.2.2

matična št.: 1828711, ID: SI79765050, TRR: 02 010 0253749541
fax: + 386 1 511 15 90 e-mail: info@geo-aqua.si
mobile: + 386 41 214745, + 386 51 317536
www.geo-aqua.si

UVOD

V skladu z naročilom podjetja Instalaterstvo Krek d.o.o., je inštitut Geo-Aqua pripravil strokovne hidrogeološke podlage za pridobitev vodnega dovoljenja, za eksploatacijo vrtine Dr-2/16, s katero je zajeta podzemna voda razpoklinskega karbonatnega vodonosnika za potrebe lokalnega vodovoda. Strokovne podlage so pripravljene na podlagi terenskih hidrogeoloških raziskav, na podatkih pridobljenih z geomorfološkimi analizami, z hidrogeološkimi in hidrometeorološkimi meritvami, črpalnim preizkusom ter z analizo arhivskih podatkov, pridobljenih z večletnimi raziskavami širšega raziskovanega območja Hom. Le-ti so definirali:

I. del: 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 zajetja
- 1.6 Geodetska izmera ustja vodnjaka

II. del: 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. del: Varovanje vodnega vira

- 3.1 Dosedanje omejitve varstvenega območja in podrobnosti o drugih ukrepih za zaščito vira proti onesnaženju
- 3.2 Obstoječa omejitve varstvenega območja
- 3.2 Tolmač h karti varstvenih pasov s podrobnim opisom prioritete ukrepov za zaščito vira proti onesnaženju

IV. del: Program monitoringa

- 4.1 Namen
- 4.2 Načrt

I. DEL: SPLOŠNE GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

1.1 Predmet vodnega dovoljenja

- objekt izkoriščanja (točka zajetja: izvir, vodnjak, drenaža)
- omejitev vodnega telesa (temeljni topografski načrt, geološki prerez preko točke zajetja)
- predvideno izkoriščanje (namen, količina, način)

I) objekt izkoriščanja

Objekt izkoriščanja je vrtina Dr-2/16, ki je zajela podzemno vodo v razpoklinskem dolomitnem vodonosniku (slika 1).

II) omejitev vodnega telesa

Vodno telo (1007 Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje) zavzema velike površine in ga je lokalno nemogoče opredeliti. Sestavljeno je iz dveh vodonosnikov. Regionalno zavzema celotne Polhograjske dolomite. Njegova površina je ocenjena na 850 km², globina pa ponekod presega 400m (priloga 8).

Zato smo zgoraj omenjeno vodno telo omejili na manjše vodno Draga (DR). Leži v I. vodonosniku, ki ga gradijo triasni dolomiti, v manjši meri tudi dolomitizirani apnenci. Omejili smo ga na podlagi hidrogeoloških, geotektonskih in geoloških parametrov. Ocenjena površina vodnega telesa znaša 0,42 km², povprečna debelina pa se giblje okoli 150m, njegov volumen je torej okoli 63 milijonov m³ (priloga 9).

III) predvideno izkoriščanje (namen, količina, način)

Dani vodni vir, vrtina Dr-2, se nahaja v dolini Suhega potoka. Predvidoma bo načrpana voda gravitacijsko speljana v vodovodni sistem. Povprečno bo načrpano okoli 18.920 m³ podzemne vode, oziroma 0,6 l/s, maksimalno pa do 0,75 l/s.

1.2 Opis obravnavanega območja

- opis širšega območja - geografsko,
- točno mesto zajetja z označeno nadmorsko višino na karti z merilom ne večjim kot 1:5.000.

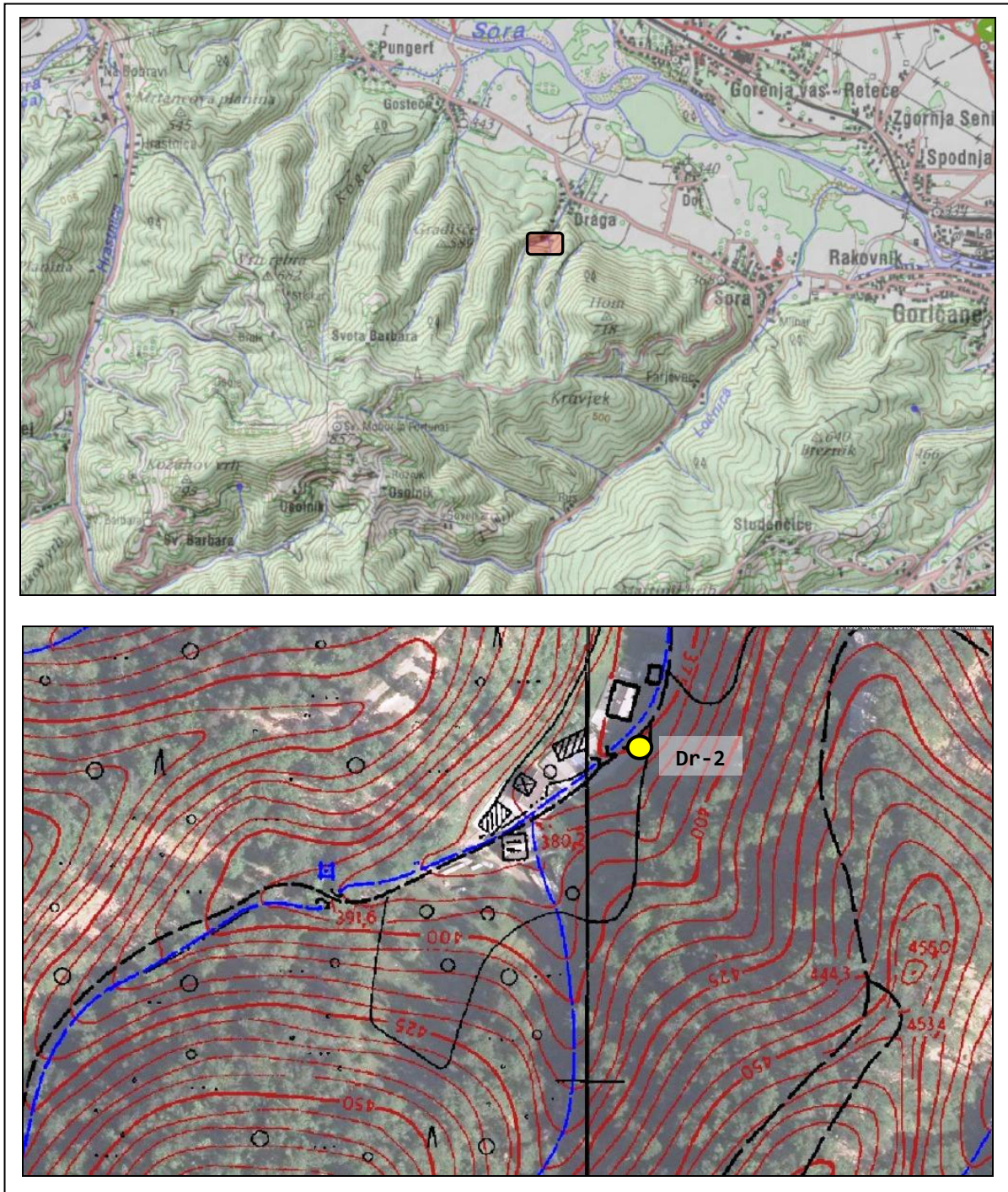
I) opis širšega območja - geografsko

Območje vrtine se nahaja na skrajnem severnem delu Polhograjskega hribovja, ki predstavlja karbonatni masiv in se vleče v smeri zahod-vzhod med Gorenji vasjo na zahodu in Ljubljano na vzhodu. Posamezni vrhovi dosegajo višine nad 1000m.

Vrtina se nahaja na severnem območju masiva Homa, ki je poraščeno večinoma z mešanim gozdom. Na teh površinah prevladuje ekstenzivno gozdarstvo. Na samem ožjem področju vrtin ni nobene industrije, le manjša kmetija.

II) točno mesto zajetja z označeno nadmorsko višino na karti z merilom ne večjim kot 1:5.000

Vrtina je locirana južno od vasi Draga, v dolini Suhega potoka ob vznožju severozahodnega dela masiva Homa (slika 1).



gaus-krugerjeve koordinate:

Dr-2: y= 450415; x= 111324; z= 391,5m

Slika 1: Situacija vrtine Dr-2.

1.3 Historiat

- začetek izkoriščanja, zgodovina izkoriščanja
- dosedanje raziskave

I) začetek izkoriščanja, zgodovina izkoriščanja

Načrtovan začetek izkoriščanja podzemne vode v vrtini Dr-2 je v letu 2016/2017.

II) dosedanje raziskave

Važnejša regionalno-geološka raziskovanja, so geološke karte v merilu 1:75 000, ki so nastale še v času Avstro-Ogrske. Ta dela so služila kasnejšim raziskovalcem kot osnova pri geološkem kartiranju Osnovne geološke karte v merilu 1:100 000, list Kranj v 70-ih in 80-ih letih.

Same geološke in hidrogeološke razmere Sorškega polja in njegovega obrobja so bile podrobno preučene v 60-ih letih. Kasneje posamezne vrtine za pitno vodo prispevale k boljšemu hidrogeološkemu poznavanju danega območja.

1.4 Geologija

- podrobno geološko poročilo o zgradbi in nastanku obravnavanega ozemlja
- stratigrafski opis hidrogeoloških plasti

I) podrobno geološko poročilo o zgradbi in nastanku obravnavanega ozemlja

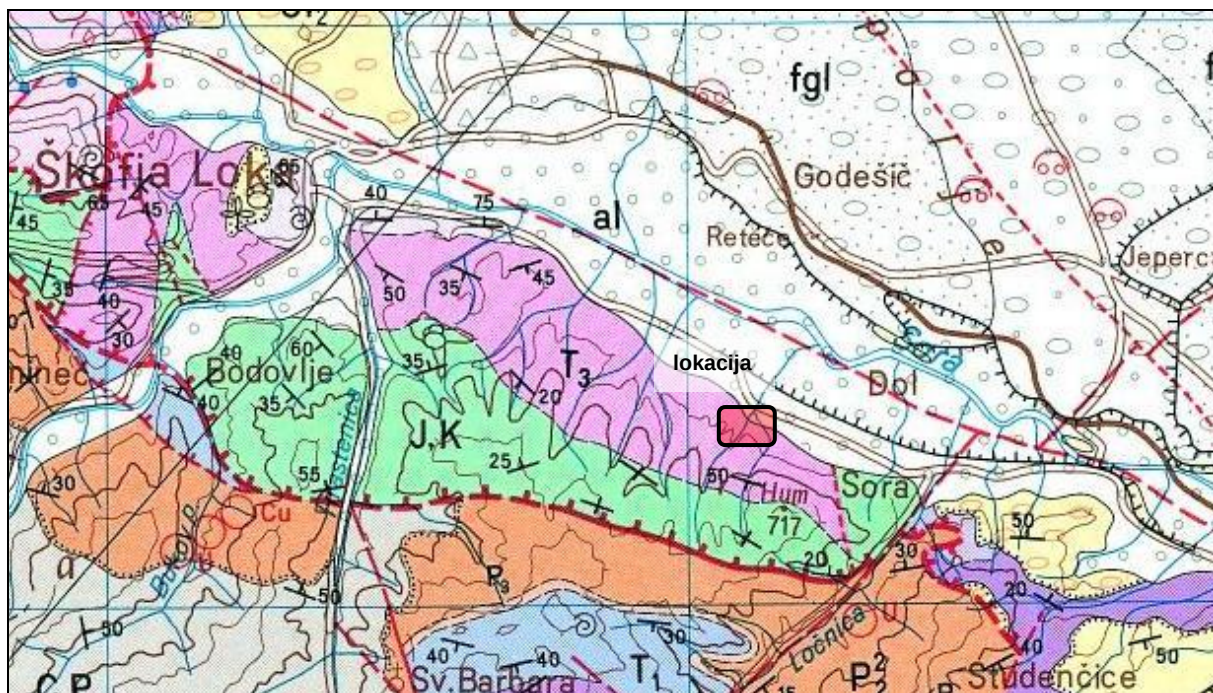
Tektonska zgradba raziskovanega območja je zelo zapletena. Na danem območju je ugotovljenih več narivov in lusk ter številne gube, ki so deloma polegile in pretrgane. Pritiski so prihajali v glavnem s severa. Tudi regionalni prelomi so številni. Ob njih je ozemlje grudasto razkosano (slika 2).

Raziskovano ozemlje med Kranjem in Soro pripada selški enoti, ki je narinjena na škofjeloško trnovski pokrov. Opaziti je inverzen ali subvertikalen položaj plasti. Narivna ploskev škofjeloško-trnovskega pokrova ima precej različen položaj. Med Kranjem, Škofjo Loko in Soro vpada v glavnem proti vzhodu. Selško enoto večinoma gradijo triasne in jurske kamnine, pretežno v karbonatnem razvoju.

Območje severovzhodnega dela raziskovanega območja pripada Ljubljanski kotlini, oziroma Sorškemu polju. Ob prelomih je bilo ozemlje spuščeno. Tako nastala kotlina je zapolnjena severno od Medvod z več sto metrov debelimi oligocenskimi in do 100 m debelimi kvartarnimi sedimenti.

Na območju med Kranjem in Medvodami je na obrobju ponekod še ohranjen oligocenski bazalni konglomerat.

Prelomi so bili aktivni še v kvartarju in so sodeč po potresih še danes.



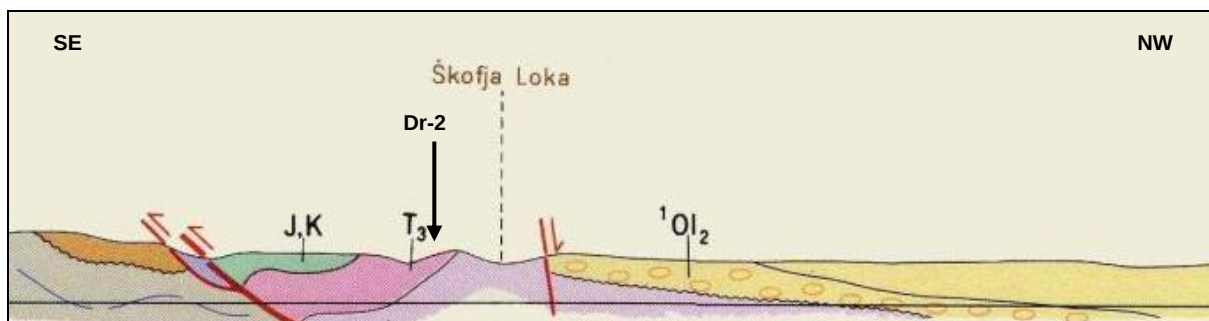
Slika 2: Geološka karta širšega območja in profil v smeri NW-SE.

II) stratigrafski opis hidrogeoloških plasti

-zgornji trias (T₃)

Vrtina Dr-2 je prevrtala kamnine selške cone, ki so na danem terenu razvite kot baški dolomit z manjšimi vložki apneneca. Baški dolomit je ploščast in vsebuje navadno gomolje sivega in temno sivega roženca. Navzgor prehaja v črn ploščast apnenec. V njem hitro narašča količina kremenice, posebno na meji z liadnimi skrilavci. Debelina omenjenih plasti je ocenjena na preko 200m.

Plasti dolomita in apnenca strmo vpadajo proti jugozahodu. Glede na vpade plasti na širšem območju, predvidevamo, da se lokacija vrtnice nahaja na temenu manjše antiklinale (slika 3)



Slika 3: Zgradba selške narivne cone (profil v smeri NW-SE).

Geološki profil na območju vrtine Dr-2 je naslednji:

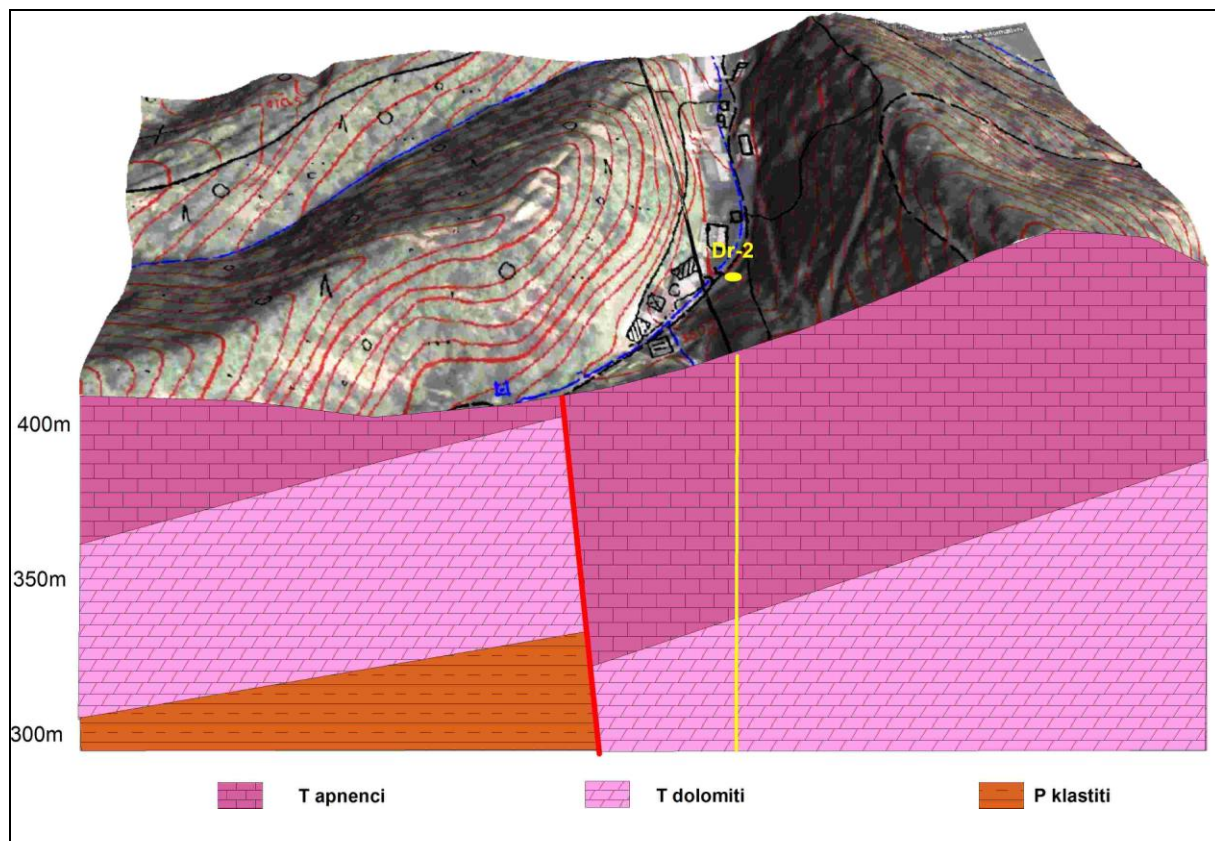
globina (m) starost	litologija	
0-80	apnenec	T ₃
80-150	razpokan dolomit	T ₃

1.4.1 Izvor zajete podzemne vode

- določitev vodonosnika ali vodonosnega sistema, v katerem se nahaja izkoriščano telo podzemne vode

I) določitev vodonosnika ali vodonosnega sistema, v katerem se nahaja izkoriščano telo podzemne vode

Podzemna voda ima svoj izvor v zgornje triasnih plasteh, ki so v glavnem zgrajene iz ploščatega baškega dolomita z sivimi gomolji roženca. Ob lokalnih prelomih je dolomit močno zdrobljen. Razporeditev izvirov nam nakazuje, da prelom po dolini Suhega potoka, v smeri NE-SW, predstavlja na večjem delu bariero za podzemno vodo (milionitna cona).



Slika 4: Geološko profil širše okolice vrtine Dr-2

1.5 Opis izvedbe zajetja

-tehnični opis izvedbe zajetja na ravni idejne zasnove ali projekta izvedenih del

I) tehnični opis izvedbe zajetja na ravni idejne zasnove ali projekta izvedenih del

V tem poglavju podajamo kratek tehnični opis izvedbe raziskovalno-kaptažne vrtine Dr-2/16.

- Uvodna kolona

Uvodna kolona je vrtana z kladivom premera $\varnothing 191\text{mm}$ do globine 6m in je zacevljena z jeklenimi cevmi $\varnothing 168\text{mm}$

- Eksplatacijski kolona

V vrtino so vstavljene vodnjaške cevi in filtri premera $\varnothing 113\text{mm} \times 5\text{mm}$, ter $\varnothing 88 \times 4\text{ mm}$ in sicer:

- od 0 m do 24 m polne PVC cevi $\varnothing 113\text{ mm} \times 5\text{ mm}$,
- od 24 m do 26 m PVC prehodni kos iz 4" na 3"
- od 26 m do 34 m polne PVC cevi $\varnothing 89\text{ mm} \times 5\text{ mm}$,
- od 34 m do 37 m filtri,
- od 37 m do 101 m polne cevi,
- od 101 m do 107 m filtri,
- od 107 m do 146 m polne cevi,
- od 146 m do 149 m filtri,
- od 149 m do 150 m polne cevi (usedalnik).

Na osnovi predvidenih granulometričnih karakteristik vodonosnika in višine mostu filtrov, je za filterni zasip uporabljen granulati velikosti od 1mm do 3mm.

Geotehnični profil vrtin je podan v prilogi 1.

1.6 Geodetska izmera ustja vodnjaka

-tehnični opis stalne in vidno označene točke (ustje vodnjaka oz. piezometra), kjer se izvajajo meritve gladin podzemne vode

I) tehnični opis stalne in vidno označene točke (ustje vodnjaka oz. piezometra), kjer se izvajajo meritve gladin podzemne vode

Vrtina Dr-2 je v pohodnem jašku, na ustju vrtine je prirobnica z ustreznimi odprtinami za namestitev merilne opreme

Piezometer Dr-1 je zaščiten z jekleno cevjo, na ustju vrtine je prirobnica z ustreznimi odprtinami za namestitev merilne opreme.

II. del: POTENCIAL VODNEGA VIRA

2.1 Primernost zajete podzemne vode

2.1.1 Kakovost vode, naravno (izvirno) stanje

- osnovne fizikalno kemijske značilnosti vode

- temperatura vode na viru in temperatura okolja
- suhi preostanek pri 180°C in 260°C
- elektroprevodnost ali upornost z navedeno referenčno temperaturo
- pH (vsebnost vodikovih ionov)
- vsebnosti anionov in kationov
- vsebnosti elementov v neionski obliki
- vsebnosti slednih prvin
- toksičnost določenih elementov v vodi glede na njihove dopustne vrednosti (v primeru naravnih mineralnih vod)

- medsebojna odvisnost značilnosti ozemlja in značilnosti ter tipa mineralnih snovi v vodi (geokemijske značilnosti zajete podzemne vode)

- opis izvora raztopljenih snovi v vodi
- opredelitev naravnega ozadja

I) osnovne fizikalno kemijske značilnosti vode

- **temperatura vode na viru in temperatura okolja**
- **suhi preostanek pri 180°C in 260°C**
- **elektroprevodnost ali upornost z navedeno referenčno temperaturo**
- **pH (vsebnost vodikovih ionov)**
- **vsebnosti anionov in kationov**
- **vsebnosti elementov v neionski obliki**
- **vsebnosti slednih prvin**

Temperatura vode v vrtini znaša okoli 8,9°C, medtem, ko se je srednja letna temperatura na prispevnem območju vrtine v zadnjem desetletju gibala med 6-8°C. To potrjuje, da vrtina zajema podzemno vodo iz razpoklinskega dolomitnega vodonosnika, saj velja, da je temperatura vode dolomitnih izvirov praviloma nekoliko višja od srednje letne temperature zraka na prispevnem območju.

II) medsebojna odvisnost značilnosti ozemlja in značilnosti ter tipa mineralnih snovi v vodi

Že od 80-ih let dalje potekajo bolj ali manj kontinuirane geokemične raziskave Slovenije. V danem primeru zajema vodni vir (Dr-2) podzemno vodo v razpoklinskem dolomitnem vodonosniku, zato smo za našo primerjalno analizo vzeli podatke podzemnih vodnih virov po Sloveniji.

V primerjavi smo upoštevali le tiste snovi oziroma kemične elemente, ki na podlagi statističnih analiz z gotovostjo (na ravni zaupanja 95%) kažejo na sam izvor snovi, kakor tudi, da imajo le-te značilno prostorsko porazdelitev: lokalno in regionalno.

Z našo primerjavo smo tako lahko določili poglobitve trende kemične sestave podzemnih vod. Za lažjo interpretacijo smo več prvin združili v štiri faktorje, ki odražajo iste lastnosti:

- faktor 1: povezuje lantaide (Fe, Mn, Al, Ce, ...)
- faktor 2: nakazuje na vpliv karbonatnih kamnin na sestavo podzemne vode (Ca, Mg, HCO₃, SO₄, Cl, U, ...)
- faktor 3: nakazuje na vpliv magmatskih, metamorfnih kamnin in klastitov na sestavo podzemne vode (Na, Si, K, Cl, NO₃, ...)
- faktor 4: nakazuje na vpliv onesnaženje in preperavanje na sestavo podzemne vode (Zn, Pb, Cd, Ni, Sb, Fe)

V danem primeru za naravno geokemično ozadje širše okolice vodnih virov opazimo, da sta faktorja 1 in 2 nad slovenskim povprečjem ali blizu povprečja, faktorja 3 in 4 pa sta pod povprečjem.

Če vzamemo v obzir še naravno geokemično ozadje za osnovne prvine v podzemni vodi izvirov za to območje (tabela 1), vidimo da gre za vodikov-karbonatni kalcijev tip vode z nizko visoko mineralizacijo. Tip vode nakazuje, da ima podzemna voda svoj izvor v karbonatnih kamninah, kar potrjuje tudi sama geološka sestava terena (fizikalno/kemični parametri kamnine).

Naravno geokemično ozadje ima povišane vrednosti Fe in Mg v vodi, kar je posledica naravnih dejavnikov, saj so lokalno lahko karbonatne kamnine na tem območju limonitizirane.

Tabela 1: Povprečne geokemično ozadje izvirov na širšem območju.

parameter	vrednost
Ca	75.000 - 103.000 µg/l
Mg	10.300 - 15.800 µg/l
Na	3.699 - 7.200 µg/l
K	1.570 µg/l
HCO ₃	293.000 µg/l
SO ₄	34.000 µg/l
Fe	7,3-11,3 µg/l
Mn	7.55 µg/l
pH	7,6
el. prevodnost	462-616 µS/cm

2.2 Ohranjanje telesa podzemne vode

2.2.1 Obseg vodonosnega sistema in značaj hidrodinamskih mej

- velikost (obseg) in položaj vodonosnega sistema
 - opis vodonosne strukture
 - opis posameznih vodonosnih podsistemov (lokalnih vodonosnikov)
- značaj hidrodinamskih mej vodonosnega sistema
 - neprepustne meje
 - meje in območja napajanja
 - tokovnice

I) velikost (obseg) in položaj vodonosnega sistema

- opis vodonosne strukture

V danem vodnem telesu se pojavi razpoklinski tip vodonosnika, ki je zgrajen iz triasnih dolomitov. Le-te so svetlo sivi velikokrat razpokani in spremenjeni v milionit ob prelomnih conah. Voda se je v vrtini začela pojavljati na globini 32m in se je njena količina povečevala vse do končne globine 149m. Največji dotok vode je bilo zaznati na globini med 102m in 105m, ter med 147m in 149m.

- opis posameznih vodonosnih podsistemov (lokalnih vodonosnikov)

/

II) značaj hidrodinamskih mej vodonosnega sistema

- neprepustne meje

Neprepustne meje v vertikalni in horizontalni smeri predstavljajo tektonski kontakti med samimi karbonatnimi kamninami ali kontakti med karbonati in klastiti.

-meje in območja napajanja

Vrtina je zajela podzemno vodo v vodnem telesu Draga, ki smo ga omejili na podlagi hidrogeoloških, gotektonskih in geoloških parametrov (priloga 5). Ocenjena površina vodnega telesa znaša 0,42 km², debelina pa se giblje okrog 150 m, njegov volumen znaša torej okoli 60 milijonov m³ (prilogi 8 in 9).

Ker gre v našem primeru za arteški tip podzemne vode, je potrebno ločiti različne cone napajanja, dreniranja in formiranja pritiska v vodonosnem sistemu. Tako poznamo notranje območje napajanja, ki predstavlja vodno telo, kjer poteka direktna infiltracija meteornih vod v tla. Sledi ji zunanje območje napajanja, ki predstavlja prispevno območje vodenega telesa, kjer se meteorne vode gravitacijsko stekajo na območje vodnega telesa.

Ti dotoki tudi formirajo pritisk v vodnem telesu. Sledi značilno območje podzemnih vod, ki so pod pritiskom (nivo podzemne vode je višji od nivoja vodonosnega sloja), to je del terena med cono napajanja in cono dreniranja vodnega telesa. Tej coni sledi območje dreniranja vodnega telesa in zavzema teren, ki je hipsometrično nižji glede na notranjo cono napajanja. Podzemna voda se tako večinoma drenira v dna rek, oziroma prihaja na površje ob tektonskih prelomnicah.

- tokovnice

Na ožjem območju zajetja se formira nivo podzemne vode, ki je pod pritiskom. Tako le-ta izdaja na površje v številnih izviri, ki se večinoma tektonsko pogojeni. Zato o tokovnicah v klasičnem smislu ne moremo govoriti. Smer pretakanja podzemnih vod je pogojena samo z geomorfologijo območja oziroma morfologijo kontaktnih ploskev med prelomnimi sistemi. Glede na vse znane parametre je smer pretakanja podzemne vode na ožjem območju vrtine iz juga proti severu.

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

- tveganje onesnaženja

- odvisnost kakovosti vode od urbanizacije in druge uporabe prostora
- odvisnost kakovosti vode od režima izkoriščanja (količine črpanja)

- ogroženost vodnega vira z onesnaženji

- razpršeni viri onesnaženja,
- točkovni viri onesnaženja,
- črpanje in dreniranje,
- bogatenje podzemne vode
- posegi v vodonosnik ali prispevno območje, ki spreminjajo naravno občutljivost vodnega telesa,
- obstoječe dejavnosti, ki lahko ogrozijo vodni vir z onesnaženjem ob izrednih dogodkih,
- obstoječe dejavnosti, ki obremenjujejo vodni vir s stalnim onesnaževanjem.

-ranljivost vodnega vira

- vrsta tal nad vodonosnikom in vrsta tal njegovega prispevnega območja,
- kameninska sestava zasičene in nezasičene cone,
- debelina nezasičene cone vodonosnika,
- zgradba in vrsta vodonosnika,
- razporeditev površinskih voda in povezanost z vodonosnikom ter
- morfološke značilnosti vodonosnika in prispevnega območja,
- hitrost prodora morebitnih onesnaženj (razlitij nevarnih snovi) do gladine podzemne vode,
- hitrost in širjenje morebitnega onesnaževala od mesta razlitja do zajetja
- naravna zaščitnost vira pred prodorom in širjenjem onesnaževala v vodonosniku in proti zajetju,
- možnost sanacije ob izrednih dogodkih.

1) tveganje onesnaženja

-odvisnost kakovosti vode od urbanizacije in druge uporabe prostora

Celotno področje vodnega telesa se nahaja na dolomitu. Od površine ga loči lokalno glinena prst ali grušč manjših debelin, zato je kakovost vode zelo odvisna od urbanizacije in drugih oblik uporabe prostora.

- odvisnost kakovosti vode od režima izkoriščanja (količine črpanja)

Osnovni pogoj za ohranitev stabilnosti filtrne cone in njene okolice je ohranitev laminarnega toka v okolici vrtine. Omejevanje vstopnih hitrosti vode v filtrsko konstrukcijo in v vrtino mora zagotoviti, da ne pride do premikanja delcev, oziroma sufozije nabiranja CaCO_3 , MgCO_3 . To se doseže z omejevanjem odvzema vode iz vrtine.

II) ogroženost vodnega vira z onesnaženji

- razpršeni viri onesnaženja

Celotno področje vodnega telesa se nahaja na karbonatnem terenu in ga od površine loči samo lokalno grušč ali glinena prst manjših debelin, zato lahko predstavlja kmetijstvo močan razpršeni viri onesnaženja.

- točkovni viri onesnaženja

Celotno področje vodnega telesa se nahaja na karbonatnem terenu in ga od površine loči samo lokalno grušč ali glinena prst manjših debelin, zato lahko predstavljajo objekti z neurejeno kanalizacijo, divja odlagališča in kamnolomi močan točkovni viri onesnaženja.

-črpanje in dreniranje

Na podlagi gornjih ugotovitev vidimo, da glede na razpoložljive dinamične zaloge vodnega telesa 3,2 l/s, maksimalna črpalna količina iz vrtine, 0,75 l/s, ne ogroža zalog podzemnih vod, saj ta količina predstavlja okrog **24%** celotnih dinamičnih zalog vodnega telesa.

- posegi v vodonosnik, ki spreminjajo naravno občutljivost vodnega telesa

Zaradi relativno velikih dinamičnih zalog vodonosnika so trenutne predvidene količine zajete vode sprejemljive.

Lahko rečemo, da je vodno telo, iz katerega bo z vrtino Dr-2 zajeta podzemna voda srednje ogroženo, saj vodonosnik deloma gradijo dolomiti, v manjši meri pa tudi apnenci, ki so deloma prekriti z tanko preperino (glineno-peščena prst), ali pa izdanjajo direktno na površje.

-obstoječe dejavnosti, ki lahko ogrozijo vodni vir z onesnaženjem ob izrednih dogodkih

Vodni vir lahko ogrozi le izlitje goriva iz prevoznih sredstev.

-obstoječe dejavnosti, ki obremenjujejo vodni vir s stalnim onesnaževanjem

Ker je prispevno območje nenaseljeno ni pričakovati stalnega onesnaževanja vodnega vira.

III) ranljivost vodnega vira

-vrsta tal nad vodonosnikom in vrsta tal njegovega prispevnega območja

Tla nad vodonosnikom in njegovim prispevnim območjem so razvita lokalno kot gruščnata preperina ali glineno-peščena prst majhnih debelin.

- kameninska sestava zasičene in nezasičene cone

Zasičeno in nezasičeno cono v vodonosniku predstavljajo triasne karbonatne plasti. Le-te so sestavljene iz ploščatega baškega dolomita in v apnencev.

- debelina nezasičene cone

Ključnega pomena za določitev ranljivosti odprtega vodonosnika je debelina njegove nezasičene cone (d). Predstavlja jo tisti del vodonosnika, ki nastopa med površino in nivojem podzemne vode. Debelina nezasičene cone v vodonosniku ni enotna in je odvisna od vrste vodonosnika, zunanjih in notranjih mej v vodonosniku in robnih pogojev.

Za določitev ranljivosti zaprtega vodonosnika je pomembna debelina zaščitnega pokrova. Zaščitni pokrov gradijo kamenine, ki so odložene (ležijo) na vodonosniku in so za vodo zelo slabo prepustne do neprepustne. Poleg debeline zaščitnega pokrova ima na stopnjo zaščite velik vpliv tudi mineraloška zgradba peščenih, meljastih in glinastih pokrovov. Na osnovi vrednotenja zaščitne funkcije nezasičene cone (L) vodonosnikov smo podzemne vode razvrstili v sedem ranljivostnih razredov.

Ocena zaščitne funkcije nezasičene cone – L

Zaščitna funkcija nezasičene cone (L), razpoklinskih in kraško - razpoklinskih vodonosnikov, se na območjih vodonosnikov brez objektov in naprav ovrednoti po enačbi 1.1:

$$L = d_0 I_0 + d_1 I_1 + d_2 I_2 + \dots + d_n I_n \quad 1.1$$

Za območja vodonosnikov, za katera ob upoštevanju kamnin, v katerih nastopajo vodonosniki, vrste poroznosti in določene so že zgrajeni objekti in naprave ali so predvidene novogradnje (stanovanjska naselja, industrijske in obrtne cone, skladišča, deponije, prometnice in komunalni vodi), se zaščitna funkcija nezaščiteni cone (L) vodonosnikov ovrednoti po enačbi 1.2.

$$L = d_g I_0 + d_1 I_1 + d_2 I_2 + \dots + d_n I_n, \quad 1.2$$

kjer je:

- d_i = debelina nezasičene cone, $i=1, \dots, n$;

- I_i = indeks, $I_0=1$;

- d_0 =prvi metri zgornjega dela nezasičene cone vodonosnika;

- d_g =globina temeljenja objektov ali globina položitve komunalnih vodov in vodov nevarnih tekočin ali plinov.

Debeline zgornjega dela nezaščiteni cone (d_i) in indeks I_i za kamenine z razpoklionsko poroznostjo so podane v tabeli 2.

Tabela 2: Vrednosti parametrov D in I

KAMNINA	d_i (m)	$I_i=1/d$
-diabazi, laporji	10	0.1
-peščenjaki z vložki in plastmi glinovcev, glinasti in sljundnati skrilavci, filiti	20	0.05
-bazalti in drugi vulkaniti	30	0.034
-drobe, arkoze, meljasti in glinasti peščenjaki	50	0.02
-granit, granodiorit, diorit, sienit	70	0.014
-kvarcit, kremenovi peščenjaki, kremenovi skrilavci, konglomerati	100	0.01
-marmorji, apnenci	200	0.005
-dolomiti*	200	0.005

D_i - ekvivalentna debelina plasti (kamnine), nezasičene cone vodonosnika, pri kateri je podzemna voda v vodonosniku naravno zaščiten.

* - dodatno k DVGW normam. Dolomiti se po svojih hidrogeoloških značilnostih in hidrodinamičnih sposobnostih (nizke hitrosti pretakanja, $v < 10 \text{ m/dan}$, ko lahko za tok podtalnice v njih uporabimo Darcy-jev zakon, ali pri $Re < 10$) lahko uvrščajo med kvarcite in peščenjake. Konglomerati, ki niso zakraseli, so po svojih hidrogeoloških značilnostih in hidrodinamičnih sposobnostih primerljivi z kremenovimi peščenjaki.

Na osnovi zaščitne funkcije nezasičene cone (L) smo območje vodonosnika, iz katerega priteka podzemna voda v smeri vodnjaka, razdelili v sedem stopenj ranljivosti. Pregled pomena in pregledanih dejavnosti na območju določene stopnje ranljivosti je podan v tabeli 3.

Tabela 3: Stopnje ranljivosti vodonosnikov.

RAZRED RANLJIVOST I	ZAŠČITNI UČINEK	OPIS	PRIPOROČENA DEJAVNOST
Prvi	0%	Zelo ranljivi vodonosniki ali deli vodonosnikov ($L=0$). Odprti kraški vodonosniki in razpoklinski vodonosniki z visokimi hitrostimi pretakanja ($v > 10\text{m/dan}$), ko ima tok podtalnice v njih značilnost turbulentnega oziroma kraškega pretoka s časom odtoka $< 12\text{ur}$. Obrežne cone vodonosnikov so v stiku z vodotoki, pri čemer je čas pretoka vode od vodotoka do obrežne cone 5 dni.	Posegi v tla niso dovoljeni, oziroma le izjemoma in pod zelo strogimi zaščitnimi ukrepi. Izgradnja novih bivalnih naselij ni priporočljiva. Izgradnja industrije in obrti ni priporočljiva. Izgradnja komunalnih deponij ni dovoljena. Ta območja niso primerna za razvoj intezivnega kmetijstva. Priporočljivo je bio-kmetijstvo.
Drugi	$< 50\%$	Ranljivi vodonosniki in deli vodonosnikov, $0.5 > L > 0$ za medzrnske in $0.25 > L > 0$ za razpoklinske vodonosnike. Odprti kraški vodonosniki in razpoklinski vodonosniki z visokimi hitrostimi pretakanja ($v > 10\text{m/dan}$), ko ima tok podtalnice v njih značilnosti turbulentnega oziroma kraškega pretoka s časom odtoka $> 12\text{ur}$. Obrežne cone vodonosnikov so v stiku z vodotoki, pri čemer je čas pretoka vode od vodotoka do obrežne cone od 5 do 25 dni.	Posegi v tla (globoki izkopi $> 2\text{m}$ in vrtine) so dovoljeni le izjemoma. Izgradnja bivalnih naselij je priporočljiva le ob upoštevanju najstrožjih zaščitnih ukrepov (neprepustni zajem in odvajanje odpadnih in meteorčnih voda s tega območja). Izgradnja industrije in obrti ni priporočljiva. Izgradnja komunalnih deponij ni dovoljena. Ta območja niso primerna za razvoj intezivnega kmetijstva. Priporočljivo je bio-kmetijstvo.
Tretji	$> 50\%$	Srednje ranljivi vodonosniki ali deli vodonosnikov, $0.8 > L > 0.5$ za medzrnske in $0.45 > L > 0.25$ za razpoklinske vodonosnike. Obrežne cone vodonosnikov so v stiku z vodotoki, pri čemer je čas pretoka vode od vodotoka do obrežne cone od 25 do 40 dni.	Izgradnja bivalnih naselij je priporočljiva le ob upoštevanju zaščitnih hidrotehničnih ukrepov (neprepustna kanalizacija in odvajanje meteorčnih voda s tega območja). Ob upoštevanju zaščitnih ukrepov je priporočljiva le čista industrija in obrt. V kmetijstvu omejena uporaba gnojil in fitofarmacevtskih sredstev.
Četrty	$> 80\%$	Manj ranljivi vodonosniki ali deli vodonosnikov, $0.95 > L > 0.8$ za medzrnske in $0.45 > L > 0.4$ za razpoklinske vodonosnike. Obrežne cone vodonosnikov so v stiku z vodotoki, pri čemer je čas pretoka vode od vodotoka do obrežne cone od 40 do 47 dni.	Ob upoštevanju hidrotehničnih zaščitnih sredstev so ta območja primerna za izgradnjo bivalnih naselij, čiste industrije, obrti. Izgradnja komunalnih deponij dovoljena le ob upoštevanju najstrožjih zaščitnih ukrepov. Območja so primerna za razvoj intezivnega kmetijstva.
Peti	$> 95\%$	Zelo malo ranljivi vodonosniki ali deli vodonosnikov, $1 > L > 0.95$ za medzrnske in $0.5 > L > 0.45$ za razpoklinske vodonosnike. Obrežne cone vodonosnikov so v stiku z vodotoki, pri čemer je čas pretoka vode od vodotoka do obrežne cone od 47 do 50 dni.	Ob upoštevanju hidrotehničnih zaščitnih ukrepov so ta območja primerna za izgradnjo bivalnih naselij, čiste industrije, obrti. Izgradnja komunalnih deponij dovoljena le ob upoštevanju strogih zaščitnih ukrepov. Območja so primerna za razvoj intezivnega kmetijstva.
Šesti	100%	Neogroženi vodonosniki ali deli vodonosnikov, $L > 1$ za medzrnske in $L > 0.5$ za razpoklinske vodonosnike. Obrežne cone vodonosnikov so v stiku z vodotoki, pri čemer je čas pretoka vode od vodotoka do obrežne cone več kot 50 dni.	Ta območja so primerna za širitev urbanih območij -naselja in industrijo ter obrt in ob upoštevanju hidrotehnične zaščite za izgradnjo sanitarnih deponij in skladiščenje nevarnih snovi, za nemoten razvoj intezivnega kmetijstva.
Sedmi		Območja brez vodonosnikov. Območja kamnin, v katerih nastopajo vodonosni horizonti le v pripovršinskih razpokanih conah, izdatnosti omogočajo vodooskrbo le posameznim gospodinjstvom	Ta območja so primerna za širitev urbanih območij -naselja, industrija, izgradnjo sanitarnih deponij, za skladiščenje nevarnih snovi in nemoten razvoj kmetijstva.

- zgradba in vrsta vodonosnika

Na podlagi geološkega popisa ter analize DMR-ja in OGK list Kranj, ugotovimo, da karbonatni vodonosnik gradijo triasni dolomiti. Vodonosnik je zaprtega tipa, ima razpoklinsko poroznost. V njem se formira nivo podzemne vode, ki je pod pritiskom.

- razporeditev površinskih vod in povezanost z vodonosnikom

Na raziskovanem področju je prisoten Suhi potok, ki ima hudourniški značaj in odvodnjava in vzhodni del masiva Homa. Ob razpoklinskih conah v pa se delno napaja tudi s podzemno vodo, ki je pod pritiskom.

- geomorfološke značilnosti vodonosnika in prispevnega območja

Prispevno območje predstavlja del vzhodni del masiva Homa. Okolica vrtine je poraščena z mešanim gozdom. Območje je večinoma nenaseljeno, le na skrajnem severu sega na obrobje manjše kmetije.

- hitrost prodora morebitnih onesnaženj (razlitij nevarnih snovi) do gladine podzemne vode

Ker se podzemna voda nahaja v razpoklinskem vodonosniku, ki ga na površini prekriva relativno tanka preperinska plast in je lokalno močnejše pretrt, je možnost prodora onesnaženja s površja dokaj velika. Sama hitrost infiltracije nevarnih snovi v vodonosnik pa je odvisna od lokalnih razmer- debeline in razpokanosti kamnine na območju razlitja.

- naravna zaščitenost vira pred prodorom in širjenjem onesnaževala v vodonosniku in proti zajetju

Celotno področje vodnega telesa na širšem območju vrtine gradijo karbonatne kamnine, ki so večinoma prekrite z gruščem ali preperino (glineno-peščena prst) manjših debelin, deloma pa izdanjajo direktno na površje. Zato je naravna zaščita majhna, oziroma je slabša na področjih, kjer matična kamnina izdanja direktno na površje.

- možnost sanacije ob izrednih dogodkih

Sanacija ob izrednih dogodkih se lahko izvede v dveh fazah. V prvi fazi, ob samem izlitju nevarnih snovi v tla, je potrebno le-te kemično nevtralizirati, preprečiti njihovo nadaljnjo infiltracijo v tla, v drugi fazi pa zamenjati kontaminirano preperino.

2.3 Dosegljivost vira podzemne vode

- globina do vodonosnega sloja

1) globina do vodonosnega sloja

Vodonosni sloj predstavlja karbonatne kamnine, ki skoraj na celotnem prispevnem območju zajetja izdanjajo na površje. Pregled kot najvišjih izvirov in prelivov v številnih vrtinah nam nakazuje, da je podzemna voda pod pritiskom, nivo le-te pa se giblje na kotah okoli 345m.

2.4 Izkoristljivost vira podzemne vode

2.4.1 Izdatnost vodonosnega sloja

- hidrogeološki parametri vodonosnika
 - transmisivnost
 - debelina vodonosnega sloja
 - prepustnost
 - poroznost
 - koeficient elastičnega skladiščenja
 - radij vpliva (=vplivni polmer)

1) Hidrogeološki parametri vodonosnika: črpalni preizkus v vrtini Dr-2

Za potrebe določitve črpalnih količin je bil izveden črpalni preizkus (step-test) s črpanjem treh različnih količin vode: 0,25 l/s, 0,5 l/s in 0,75 l/s.

Črpalni preizkus je izveden s potopno črpalko (Grundfos SP 14 – 11). Nivo podzemne vode je bil med črpalnim preizkusom merjen s pomočjo ročnega in digitalnega merilca (ELTRATEC GSR 301, merilno območje 4-20mA), pretok vode pa z impulznim števcem pretoka (HT-Hidrotehnic tip 110).

Črpalna je bila vgrajena na globino 110m, sonda pa je bila spuščena v globino 100m. Statični nivo vode v vrtini Dr-2 je bil izmerjen z ročnim merilcem pred in po črpalnem preizkusu:

- pred črpalni preizkusom: 45,15 m pod ustjem terena
- po črpalnem preizkusu: 45,20 m pod ustjem terena

Črpanje je trajalo 2dni (izdelava Marko Lampič s.p.), nato so črpalni preizkus zaustavili.

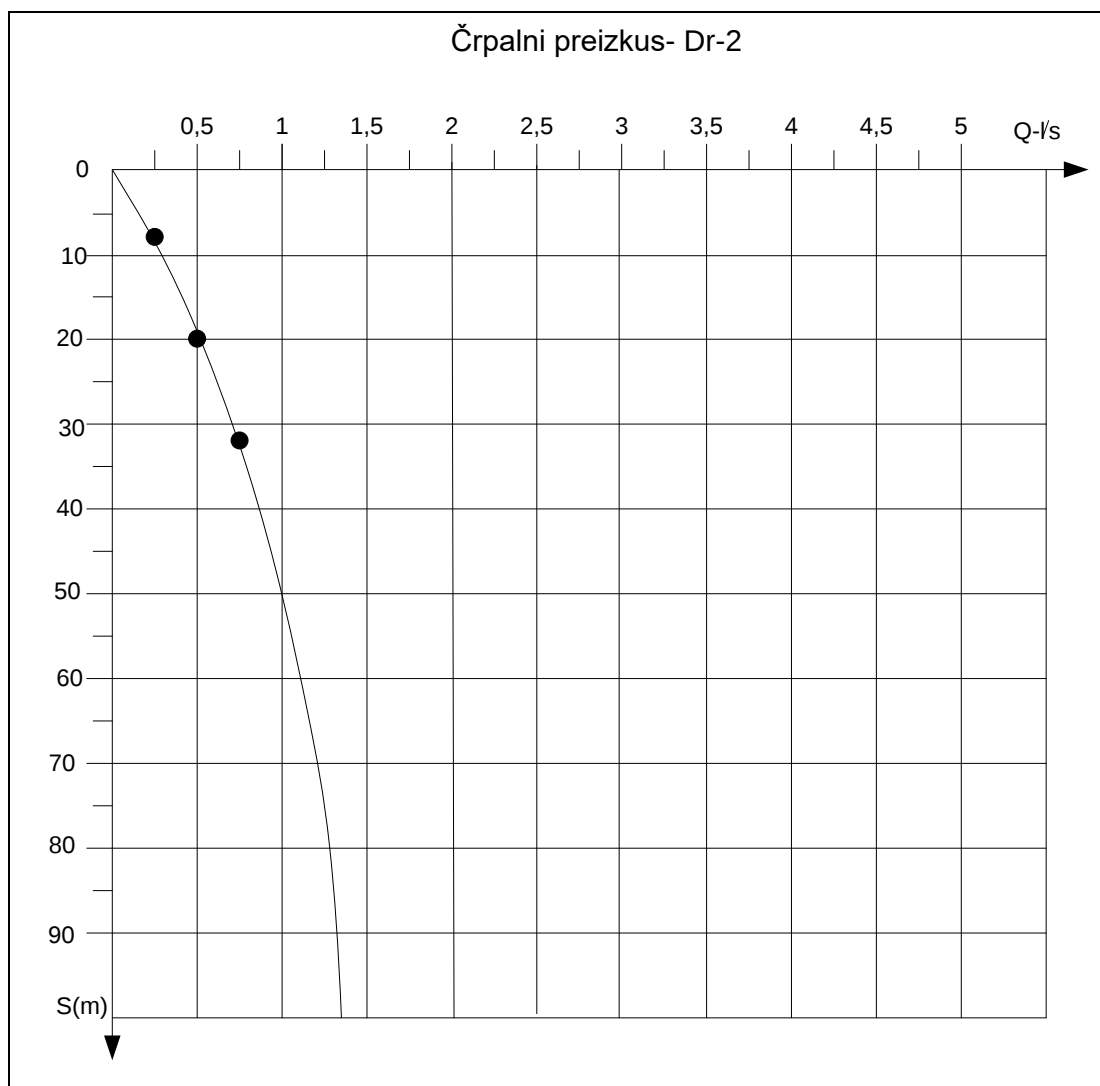
Pri črpanju 0,25 l/s vode, se je nivo ustalil na globini 53,1m. Tako se je nivo med črpalnim preizkusom znižal za 8m. Pri črpanju 0,5 l/s, se je nivo ustalil na globini 65,1m. Tako se je nivo vode med črpalnim preizkusom znižal za 20m. Pri črpanju 0,75 l/s, se je nivo ustalil na globini 77,5m. Tako se je nivo vode med črpalnim preizkusom znižal za 32,4m (slika 5, priloge 2.1 in 2.2).

Iz rezultatov črpanja smo dovolj natančno določili hidrodinamične parametre, približno količino vode ter optimalno količino vode, ki se lahko črpa iz omenjene vrtine. S črpalnim preizkusom smo pridobili tudi ostale podatke, potrebne za izračun hidrogeoloških parametrov. Izračun smo izvršili po metodi Step-testa, Hall Ph. J: »Water well and aquifer test analysis« Water Resources Publication, LLC, Colorado, USA, 1997. Med izvedbo črpalnega preizkusa je bilo ročno izmerjena tudi količina črpane na začetku in konci intervala (tabela 4):

Tabela 4:

interval	Q	Q _{začetek}	Q _{konec}
1	0,25 l/s	0,25 l/s	0,24 l/s
2	0,50 l/s	0,50 l/s	0,48 l/s
3	0,75 l/s	0,75 l/s	0,74 l/s

Hidrodinamični parametri vrtine:



Slika 5: Diagram $S=f(Q)$.

II) Računska ocena radija vpliva vrtine Dr-2

Izračunan je po naslednji enačbi Kusakina:

$$R = 575s \sqrt{H \cdot K} = 200\text{m}$$

kjer je:

H- debelina zajetega dela vodonosnika (115m)

R- vplivni radij vodnjaka (m)

K- koeficient vodoprepustnosti vodonosnika ($0,1 \cdot 10^{-5}$ m/s)

s- znižanje nivoja podzemne vode pri črpanju (32,4m)

Pri črpanju 0,75 l/s vplivni radij znaša okoli 200m.

-debelina vodonosnega sloja

Skupno so z vrtino Dr-2 zajeti trije vodonosni sloji debeline okoli 13m.

-transmisivnost

Na diagramu za določanje reprezentativnih značilnosti poroznosti s poskusnim črpanjem pri nestacionarnih pogojih (priloga 2.3) je izračunana transmisivnost, ki za vrtino Dr-2 znaša $T=0,59 \times 10^{-4}$ m²/s, kar pomeni, da imajo zajete plasti slabo vrednost transmisivnosti.

- prepustnost

Na podlagi črpalnega preizkusa je bil določen koeficient vodoprepustnosti, ki na območju vrtine Dr-2 znaša $K=0,1 \times 10^{-5}$ m/s, kar pomeni, da so zajete plasti slabo do srednje propustne.

- poroznost

Kamnine, ki gradijo vodno telo Draga so predvsem dolomiti. V njih se pojavi razpoklinski tip poroznosti. Tako znaša efektivna poroznost okoli 1,12%. Generalno gledano ima ta tip kamnin skupno poroznost med 3% in 5%. Ker so plasti v katerih je zajeta podzemna voda tektonsko pretrte, se oba tipa poroznosti lahko zelo povečata. V praksi se je izkazalo, da je v takih primerih doseže efektivna poroznost 12%, skupna pa tudi 17%.

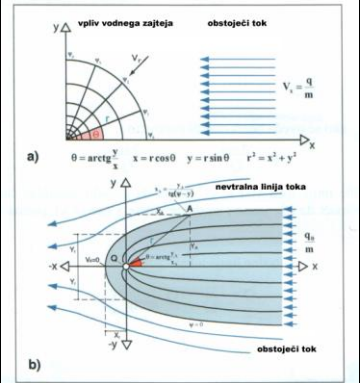
- koeficient elastičnega uskladiščenja

/

III) Določitev cone zajema podzemnih vod z vrtino Dr-2

Za definiranje območja zajema podzemnih vod, je potrebno poleg radija vpliva vodnjaka (slika 6, tabela 5). Da veljajo spodnje enačbe, je potrebno upoštevati naslednje parametre:

- črpalne količine v vrtini so konstantne (Q)
- vodonosne plasti so izotropne in po debelini konstantne (m)
- homogen tok podzemnih vod (q_0)

definiranje pretoka (φ)	$\varphi = -\frac{Q}{2\pi m} \ln \frac{R}{r} + \frac{q}{m} x$; $R = \text{const.}$ $r = \sqrt{x^2 + y^2}$	
komponente hitrosti V_x, V_y	$V_x = -\left(\frac{Qx}{2\pi m r^2} + \frac{q}{m}\right)$; $V_y = -\frac{Qy}{2\pi m r^2}$	
delež količine podzemne vode ki se giblje k vodnemu zajetju ψ_0	$\psi_0 = \frac{Q}{2\pi m} \arctg \frac{y}{x} + \frac{q}{m} y$; za ($x > 0$) $\psi_0 = \frac{Q}{2\pi m} (\pi - \arctg \frac{y}{x}) + \frac{q}{m} y$; za ($x < 0$)	
karakteristične točke na nevtralni liniji (x_r, y_r)	$x_r = -\frac{Q}{2\pi q}$; $y_{r=0} = \pm \frac{Q}{4q}$; $y_{r=\pm} = \pm \frac{Q}{2q}$	

Slika 6: Določitev nevtralne linije toka.

V danem primeru pri konstantnem črpanju, lahko definiramo:

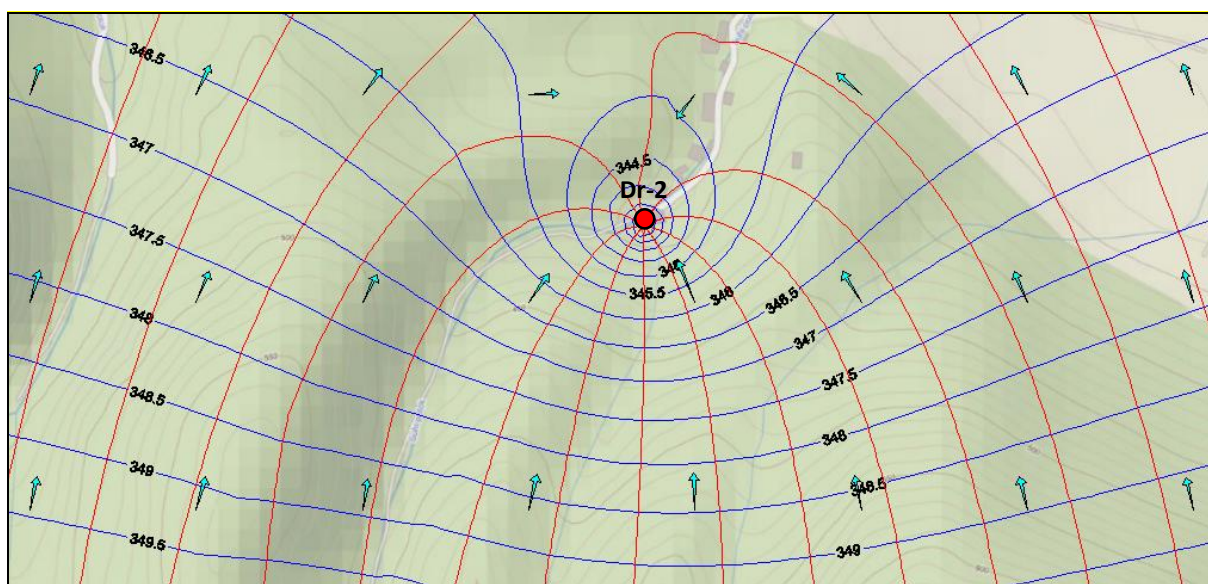
$$Q = 0,75 \text{ l/s}; m = 13 \text{ m}; q_0 = 2,21 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

Iz gornjih parametrov sledi:

Tabela 5:

ČRPALIŠČE	x_r	y_r	y_a
Vrtina Dr-2	54 m	85 m	170 m

Računsko analizo smo prikazali še grafično na sliki 10.



Slika 6: Tokovnice (rdeče) in hidroizohipse (modro) pri črpanju vode (0,75 l/s).

2.4.2 Izdatnost zajetja

- potrebna višina dviganja vode
- dopustne hitrosti vode v sloju in količine črpanja
- največja zmogljivost zajetja

I) potrebna višina dviganja vode

Po končanem črpalnem preizkusu se na vseh vrtinah nivo podzemne vode dvigne na statični nivo po 3 minutah (priloga 2.1).

II) dopustne hitrosti vode v sloju in količine črpanja

Osnovni pogoj za ohranitev stabilnosti filtrne cone in njene okolice je ohranitev laminarnega toka v okolici vrtine. Omejevanje vstopnih hitrosti vode v filtrsko konstrukcijo in v vrtino mora zagotoviti, da ne pride do premikanja delcev, oziroma sufozije nabiranja CaCO_3 , MgCO_3 ter peskanja vrtine. To se doseže z omejevanjem odvzema vode iz vrtine.

V prilogi št. 3 na diagramu $V_d = f(K)$, je prikazano območje dovoljenih vstopnih hitrosti v vrtino z namenom zavarovanja hidravlične stabilnosti prifiltrske cone, kot pogoj za ohranitev nemotenega obratovanja vrtine (zmanjšanja procesa inkrustacije itd.)

Kriterij **Ziharta**, ki se danes pogosto uporablja v praksi, je narejen na osnovi eksperimentalnih raziskovalnih del:

$$V_d = \frac{\sqrt{K}}{15}$$

Sodobni avtorji menijo da je ta kriterij **Ziharta** potrebno modificirati:

$$V_d = \frac{\sqrt{K}}{30}$$

V_d – dovoljena filtrska hitrost (m/s)

K – koeficient filtracije (m/s)

Pri pogojih turbulentnega režima pretoka v prifiltrski coni vrtine, oziroma na vstopu vode v filtrsko konstrukcijo, prihaja do kemijske nestabilnosti ter s tem do nabiranja CaCO_3 , MgCO_3 , kar vpliva na hitrejšo zamašitev filtrske konstrukcije vrtine in zamašitev razpoklin v prifiltrski coni vrtine.

S sodobnim pristopom se uvaja kriterij, ki zagotavlja dolgotrajen oziroma nemoten odvzem vode iz kaptažnega objekta ter preprečuje hitro staranje vrtine. Ta kriterij je med ostalim pogojen z zavarovanjem laminarnega režima pretoka, v prifiltrski coni vrtine, pri najneugodnejših pogojih zajemanja. **Truelsen** priporoča, da se v prifiltrski coni vrtine Reynoldsovo število omeji na vrednost :

$$R_e = \frac{V_{dov} \cdot d_{10}}{\nu} < 6$$

V_{dov} - filtrska (Darcy-jeva) hitrost na konturi filtrske konstrukcije;

d_{10} - karakterističen prečnik poroznega okolja.

$$V_{dov} = \frac{Q}{\pi D_f M}$$

D_f - premer filtrske konstrukcije;

M - višina filtrske konstrukcije;

ν - kinetični koeficient viskoznosti.

Če upoštevamo, da niso znani vsi vhodni parametri za računanje Reynoldsovega števila, se lahko odločimo za modificirani kriterij Ziharta :

Dr-2

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{S_2 - S_1} \log \frac{t_1}{t_2}$$

$$T_{Dr-2} = 0,59 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$K_{Dr-2} = 0,1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$V_{Dr-2} = \frac{\sqrt{K_{Dr-2}}}{15} = 0,66 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$Q_{Dr-2} = 2\pi V r l = 1,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} = 1,1 \text{ l/s}$$

maksimalna izdatnost

$$V_{Dr-2} = \frac{\sqrt{K_{Dr-2}}}{30} = 0,33 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$Q_{Dr-2} = 2\pi V r l = 11 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} = 0,5 \text{ l/s}$$

minimalna izdatnost

$$Q_{Dr-2} = 0,75 \text{ l/s}$$

optimalna izdatnost

Predvidena količina črpanja $Q=0,75 \text{ l/s}$, kar je tudi optimalna količina črpanja.

2.5 Razpoložljivost vira podzemne vode

- ocena zalog vodnega vira (dinamične in statične zaloge)
- ocena bilance hidrogeološkega bazena

I) ocena zalog vodnega vira (dinamične in statične zaloge)

-dinamične zaloge na podlagi specifične izdatnosti vodonosnika

Na podlagi globokih vrtin, ki so zajele podzemno vodo iz karbonatnih vodonosnikov, se je v praksi izkazalo, da lahko zadovoljivo ocenimo dinamične vodne zaloge na podlagi specifične izdatnosti vodonosnika. Podatki so bili pridobljeni na podlagi črpalnega preizkusa v vrtini Dr-2.

Povprečne značilnosti vodonosnika so naslednje:

kjer je:

-specifična izdatnost vodonosnega sloja: $q = 0,026 \text{ l/s/m}$

-vodonosni sloj predstavlja $L = 120 \text{ m}$

Za izračun dinamičnih zalog podzemne vode, v danem primeru lahko privzamemo, da so enake:

$$Q = q \times L$$

Le-te znašajo $Q = 3,2 \text{ l/s}$.

Glede na gornje izračune lahko rečemo, da znašajo povprečne dinamične zaloge vodnega telesa Draga okoli **3,2 l/s**.

Če upoštevamo, da je ekološko še sprejemljiv pretok v sušnih obdobjih $Q_{sp} = 80\%Q$ (za dolgoletno povprečje), predstavlja maksimalna črpna količina $0,75 \text{ l/s}$ okrog **24%** celotnih dinamičnih zalog vodnega telesa.

-statične zaloge izračunane na podlagi volumna vodnega telesa

Vodno telo Draga je sestavni del VD_1007 Cerkljansko, Škofjeloško in Polhograjsko hribovje. Le-to Leži v I. vodonosniku, ki ga gradijo karbonatne kamnine. Omejili smo ga na podlagi hidrogeoloških, geotektonskih in geoloških parametrov. Ocenjena površina vodnega telesa znaša $0,42 \text{ km}^2$, povprečna debelina omočenega dela vodnega telesa pa se giblje okoli 150 m . Tako znaša volumen vodonosnih plasti 63 milijonov m^3 . Statične rezerve vodonosnika se računajo po enačbi:

$$Q = q \times V$$

Kjer je:

V-volumen vodonosnika

q-specifična izdatnost

Pri čem se specifična izdatnost v vodonosnikih z razpoklinsko poroznostjo lahko zamenja z efektivno poroznostjo e , ki za dolomite znaša do 5%. Za tektonsko pretrte kamnine in zakrasele apnenice pa se le-ta dvigne tudi do 17%. Glede na zgornje parametre smo ocenili, da ima vodno telo Draga okoli $3,2 \text{ milijonov m}^3$ statičnih zalog podzemne vode.

I) ocena bilance hidrogeološkega bazena

Hidrogeološki bazen se nahaja v zgoraj omenjenem vodonosniku. V tem primeru gre za vodonosnik, ki zavzema zelo veliko območje in govorimo že o njegovem regionalnem pomenu. Raziskave so potrdile, da je vodonosnik po svoji sestavi sicer dokaj heterogen, zato je iz hidrogeološkega smisla razdeljen na več manjših enot. V praksi se izkazalo, da je nesmiselno delati vodno bilanco na tako velikih področjih, saj velikokrat pride do prevelikih odstopanj in napak. Veliko natančneje je oceniti dinamične zaloge podzemne vode z ustreznimi izračuni hidrodinamičnih parametrov.

2.5.1 Dosedanje ocene razpoložljivosti vodnih zalog

Dosedanje ocene vodne bilance, oziroma razpoložljivih vodnih zalog za karbonatni dolomitni vodonosnik so bile določene na analizi črpalnih preizkusov iz vrtin, ki so zajele vodo v dolomitnih kamninah (Verbovšek, 2008). Za območje Škofjeloškega hribovja se je izkazalo, da je povprečna izdatnost vodonosnika $q = 0,1-0,01$ l/s/m.

2.5.2 Sedanja ocena razpoložljivosti vodnih zalog

Za izračun dinamičnih zalog podzemne vode, v danem primeru, lahko privzamemo, da so enake specifični izdatnosti vrtine. Na podlagi zdajšnjih raziskav danega vodonosnika, vidimo, da dinamične zaloge le-tega znašajo okoli 3,2 l/s, oziroma 0,022 l/s/m.

III. DEL: VAROVANJE VODNEGA VIRA

V sklopu hidrogeoloških raziskav za pridobitev vodnega dovoljenja smo izdelali predlog vodovarstvenih območij za dane vodne vire. Pri tem smo upoštevali »Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS št. 64/04, 5/06, 58/11, 15/16)«.

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

Omejitve ne obstajajo, samo ustje vrtine vrtina je ustrezno zaščiten.

3.2 Obstoječa omejitve varstvenega območja

- pregledna karta vodonosnega sistema z omejenim telesom podzemne vode in z mejami varstvenih pasov in lokacijami zajetij 1:25.000
- karte s potekom meja varstvenih pasov in mesti zajetij v katastrskem merilu 1:5.000

Ustrezne grafične priloge pa so podane v prilogah 7a in 7b.

3.3 Tolmač h karti varstvenih pasov s podrobnim opisom prioritete ukrepov za zaščito vira proti onesnaženju

Tolmač je sestavni del tega poročila in mu je priložen v Dodatku.

- geografski opis poteka varstvenih območij
- hidrogeološki opis poteka varstvenih območij
- opis zaščitnih ukrepov v vsakem varstvenem pasu
- opis (predlog) prioritete ukrepov za zaščito vira proti onesnaženju v vsakem varstvenem pasu

- geografski opis poteka varstvenih območij

I. območje zajetja

Poteka 10x10m okoli vrtine.

II. najozžje vodovarstveno območje – I. Vodovarstveno cona

Poteka okrog vrtine v radiju 54m.

III. ožje vodovarstveno območje – II. vodovarstvena cona

Poteka navzgor po grebenu med manjšimi grapami: grapi potokov Suhi potok in Žebnik, med grebenoma Gradišče in Kera.

IV. širše vodovarstveno območje – III. vodovarstvena cona

Zajema vzhodna pobočja Žabjaka in Zahodna pobočja Homa, ter dolino hudournika Žabjak in delno dolino Suhega potoka.

- hidrogeološki opis poteka varstvenih območij

Tabela 6: Metode določitve VVO.

TIP ZAJETJA	NAZIV ZAJETJA	x	y	z	Tip vodnosnika*	Značilnosti toka podzemne vode**	Uporabljena metoda za določitev VVO***		
							VVO I	VVO II	VVO III
Črpalna vrtina	Dr-2/16	450415	111324	391,5	R	L	2,3,7	2,3,7	1,2,3

* tip vodnosnika, katerega voda je zajeta (M-medzrnski, K-kraški, R-razpoklinski).

** L-značilnosti toka v medzrnskem vodnosniku (laminaren tok), T-značilnosti toka v kraškem vodnosniku (turbulenten tok).

*** metoda, ki je bila uporabljena pri določitvi velikosti vvo:

- 1) ugotavljanja površinskega napajalnega območja po morfologiji površja in rečne mreže,
- 2) ocene geohidravličnih lastnosti pretakanja vode skozi posamezne geološke plasti,
- 3) določanja hidrogeoloških mej na podlagi stratigrafskih, litoloških in tektonskih elementov, dobljenih s terenskimi in fotogrametričnimi geološkimi raziskavami,
- 4) določanja prispevnega območja po ugotavljanju izvora podzemne vode na podlagi presoje hidrogeokemijsko značilnih enot,
- 5) sledilnih poskusov z določanjem hitrosti toka podzemne vode, razredčenja in disperzije onesnaževala,
- 6) grafičnega načrtovanja zunanjih tokovnic in izohron z modeliranjem značilnih točk zunanjih robnih tokovnic – spodnje kulminacijske točke in teoretične širine zajema, ali
- 7) načrtovanja zunanjih tokovnic in izohron z matematičnim modeliranjem,
- 8) določanja zakraselih območij s speleološkimi raziskavami.

I) najožje območje- I. vodovarstvena cona

Je določeno na podlagi matematičnega modela toka podzemne vode. Zajema vplivno območje dotoka podzemnih vod k vrtini v radiu 54m.

II) ožje območje- II. Vodovarstvena cona

Je določeno na podlagi geomorfologije in gravitacije meteornih/podzemnih vod k vrtini: v širino znaša 200m, v dolžino pa 550m (vplivni radij, tektonika in geomorfologija).

III) širše območje- III. Vodovarstvena cona

Je določeno na podlagi geomorfologije, litologije in tektonike ter zajema dolomitni blok v katerem je vrtina Dr-2/16 zajela podzemno vodo.

Tabela 7: Potrditev širšega VVO.

Podatki o vodnem viru			Širše VVO (VVO I + II + III)		
Naziv zajetja	Povprečni pretok odvzema Q(o)	Napajane vodnosnika Q(nap)	Izračunana površna VVO (celotno napajalno območje)	Predlagana velikost VVO	Ustreznost predlagane velikosti (predlagana ≥ izračunana)
	m ³ /s	mm/leto	$P[m^2] = Q(o)/Q_{nap}$	(m ²)	(da/ne)
Vrtina Dr-2	7,5e-4	250	94.608	420.000	da

- opis zaščitnih ukrepov v vsakem varstvenem pasu

Zaščitni ukrepi so opisani v Dodatku.

- opis (predlog) prioritete ukrepov za zaščito vira proti onesnaženju v vsakem varstvenem pasu

V samem prispevnem območju ni večjih onesnaževalcev, zato **nujni** sanacijski ukrepi niso potrebni. Za dolgoročno učinkovito varovanje danega vodnega vira pred onesnaženjem, pa predlagamo, da naj se **preventivni** sanacijski ukrepi izvajajo kot:

- predvsem je potrebno iz VVO odstraniti ves nelegalno odložen material, sanirati morebitna črna odlagališča, kamnolome, greznice, urediti kanalizacijo
- striktno upoštevati omejitve podane v Pravilniku

I. Vodovarstveno območje

-prepovedati je potrebno vsakršno gnojenje travnikov in vse morebitne posege v okolje,
-na meje pasu ob poteh, ki sekajo to območje naj se postavijo opozorilne v skladu z zakonodajo.

II. Vodovarstveno območje

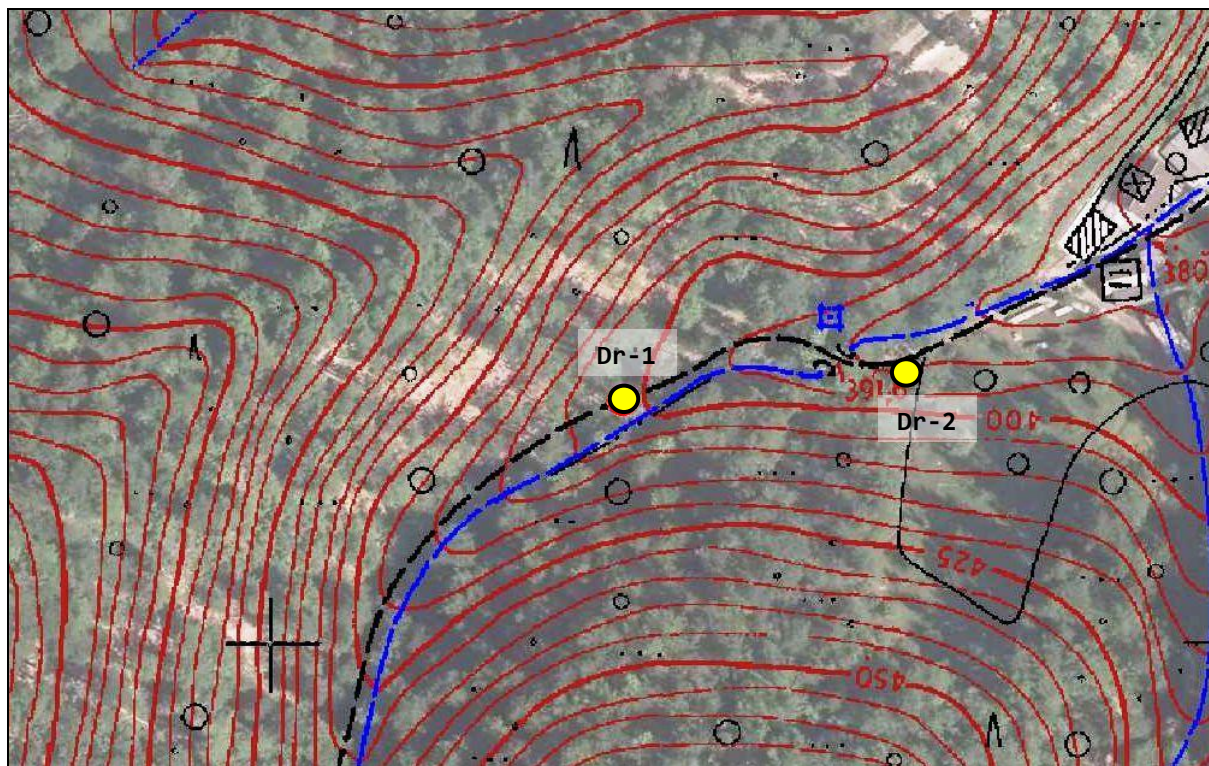
-ker se na tem območju nahajajo predvsem gozdovi in opuščeni kamnolomi, je potrebno prepovedati vsakršno odlaganje odpadkov in vse morebitne posege v okolje brez analize vplivov na podzemne vode,
-prepovedati je potrebno vsakršno gnojenje travnikov in vse morebitne posege v okolje brez analize vplivov na podzemne vode,
-na meje pasu ob poteh, ki sekajo to območje naj se postavijo opozorilne v skladu z zakonodajo.

III. Vodovarstveno območje

-na meje pasu ob poteh, ki sekajo to območje naj se postavijo opozorilne v skladu z zakonodajo,
- ukrepi predvideni po zakonodaji, predvsem preventivno delovanje v smislu kompleksne zaščite okolja.

IV. DEL: PROGRAM MONITORINGA

V okviru raziskav podzemne vode na območju Drage je bila izvrtana tudi raziskovalna vrtina Dr-1, globine 100m, ki bo opremljena kot piezometrična vrtina in bo služila namenom monitoringa podzemne vode (slika 7).



gaus-krugerjeve koordinate:

Dr-1: y= 450341; x= 111313; z= 398,7m

Dr-2: y= 450415; x= 111324; z= 391,5m

Slika 7: Ožje območje raziskav s predvidenima vrtinama.

4.1 Namen

- način kontrole obnavljanja telesa podzemne vode
- način kontrole hidravličnih značilnosti zajetji
- način kontrole temperature in kemijske sestave podzemne vode

I) način kontrole obnavljanja telesa podzemne vode

Za kontrolo obnavljanja vodnega telesa predlagamo spremljanje količine načrpane vode.

II) način kontrole hidravličnih značilnosti zajetji

Za kontrolo hidravličnih značilnosti vrtin se mora spremljati znižanje podzemne vode pri konstantni količini črpane vode.

III) način kontrole temperature in kemijske sestave podzemne vode

Izvaaja naj se v skladu s pravilnikom o pitni vodi.

4.2 Načrt

- objekt(i) izvajanja monitoringa
- parametri, ki so predmet monitoringa
- pogostost opazovanj
- način opazovanj

I) objekt(i) izvajanja monitoringa

Objekta izvajanja monitoringa je črpalna vrtina Dr-2 in piezometer Dr-1.

II) parametri, ki so predmet monitoringa

Parametri monitoringa so naslednji:

- meritev izdatnosti zajetja
- meritve odvzema podzemne vode
- kemične analize podzemne vode
- temperatura vode

III) pogostost opazovanj

Meritve nivojev in količin črpanja naj se odvijajo kontinuirano skozi vse leto, kemične analize in meritve temperature pa se opravljajo v sklopu pravilnika o pitni vodi.

IV) način opazovanj

Monitoring poteka v črpalni in piezometrični vrtini:

- meritve nivojev podzemnih vod: kontinuirano s tlačnimi sondami v vrtinah Dr-1 in Dr-2
- meritve pretokov črpanja: kontinuirano z vodomerni v vrtini Dr-2
- meritve temperature: v sklopu odvzemna vzorcev za kemične analize v vrtini Dr-2
- kemične analize: odvzem in način analize po pravilniku o pitni vodi v vrtini Dr-2

LITERATURA

I) OBJAVLJENA DELA:

- OGK 1: 100 000, list in tolmač Kranj, Zvezni geološki zavod Beograd; VGI, Beograd
- A. Nosan, 1973: Termalni in mineralni vrelci v Sloveniji, Geologija 16, str. 5-81
- B. Filipović, 1980: Metodika hidrogeoloških istraživanja I; Naučna knjiga, Beograd
- M. Komatina, 1986: Hidrogeološka istraživanja, proračunu II; Avala, Beograd
- I. Smolej, 1988: Gozdna hidrologija; Biotehnična fakulteta, Univerza v Ljubljani
- I. Matajč, 1996: Vpliv sušnih in deževnih obdobij na pridelavo kmetijskih rastlin;
Ujma str. 138-142
- V. Dragšič, 1997: Opšta hidrogeologija, Institut za hidrogeologiju, Beograd
- J. Pristov et al, 1998: Vodna bilanca Slovenije; MOP, Ljubljana
- B. Trček, 2002: Lastnosti epikraške cone kraškega vodonosnika in njen pomen v
hidrogeologiji, Geologija 45/2, str. 573-579
- B. Trček et al, 2002: Vloga nezasičene cone v procesu napajanja kraškega vodonosnika,
Geologija 45/2, str. 579-585
- I. Gams, 2003: Kras v Sloveniji v prostoru in času, ZRC, Ljubljana
- F. Driscoll, 2003: Groundwater and wells, Johnson Screens, Minesota
- D. Plut, 2004: Geografske metode preučevanja degradacije okolja, Univerza v Ljubljani
- B. Trček, 2005: Uporaba naravnih sledil pri študiju nezasičene cone kraškega vodonosnika,
Geologija 48/1, str. 141-152
- N. Krešič, S. Vujasinović, I. Matić, 2006: Remediation of groundwater and geological media,
Univerity of Belgrade
- M. Kovač et al, 2007: GOZD IN VODA – rezultati projekta Interreg III A, Gozdarski inštitut
Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije
- T. Verbovšek, 2008: Koeficienti prepustnosti razpok in matriksa v slovenskih karbonatnih
vodonosnikih, Geologija 51/2, str. 245-255
- P. Frantar et al, 2008: Vodna bilanca Slovenije 1971-2000; MOP-ARSO, Ljubljana
- ARSO: Hidrometeorološki in hidrogeološki podatki

II) NEOBJAVLJENA DELA

S. Pirc, 1995: Geokemične značilnosti Slovenije, Geološki zbornik, NTF- Oddelek za Geologijo

N. Kukar, 1998: Diplomski delo-Raziskave geokemičnega kartiranja slovenskega ozemlja z vzorci vode iz izvirov

III) URADNI LIST

1. Zakon o vodah ZV-1 (Uradni list RS št. 67/02, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15)
2. Zakon o rudarstvu ZRud-1-UPB 3 (Uradni list RS št. 14/14)
3. Zakon o varstvu okolja ZVO-1-UPB (Uradni list RS št. 39/06, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16)
4. Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/06, 97/10)
5. Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja podzemne vode (Uradni list RS, št. 53/15)
6. Pravilnik o metodologiji za določanje vodnih teles podzemnih voda (Uradni list RS št. 65/03)
7. Pravilnik o določitvi vodnih teles podzemnih voda (Uradni list RS št. 63/05)
8. Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Uradni list RS, št. 31/09)
9. Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, št. 25/09, 68/12)
10. Pravilnik o vsebini vloge za pridobitev vodnega dovoljenja in o vsebini vloge za pridobitev dovoljenja za raziskavo podzemnih voda (Uradni list RS, št. 79/07)

VSEBINA:

I. del: Splošne geološke in hidrogeološke razmere.....	2
II. del: Potencial vodnega vira.....	8
III. del: Varovanje vodnega vira.....	25
IV. del: Program monitoringa.....	28

PRILOGE:

Priloga 1: Geotehnični profil vrtine Dr-2
 Prilogi 2.1.1 in 2.2: Diagrami črpalnega preizkusa
 Priloga 3: Dovoljene vstopne hitrosti v vrtino
 Priloga 4: Hidrogeološka karta TTN 1: 5000 Priloga 4: Hidrogeološka karta TTN 1: 5000
 Priloga 5: Karta vodnega telesa TTN 1: 5000
 Priloga 6: Karta ranljivosti TTN 1: 5000
 Prilogi 7a in 7b: Karta vodovarstvenih pasov TTN in DKN 1: 5000
 Prilogi 8,9: Opis vodnih teles