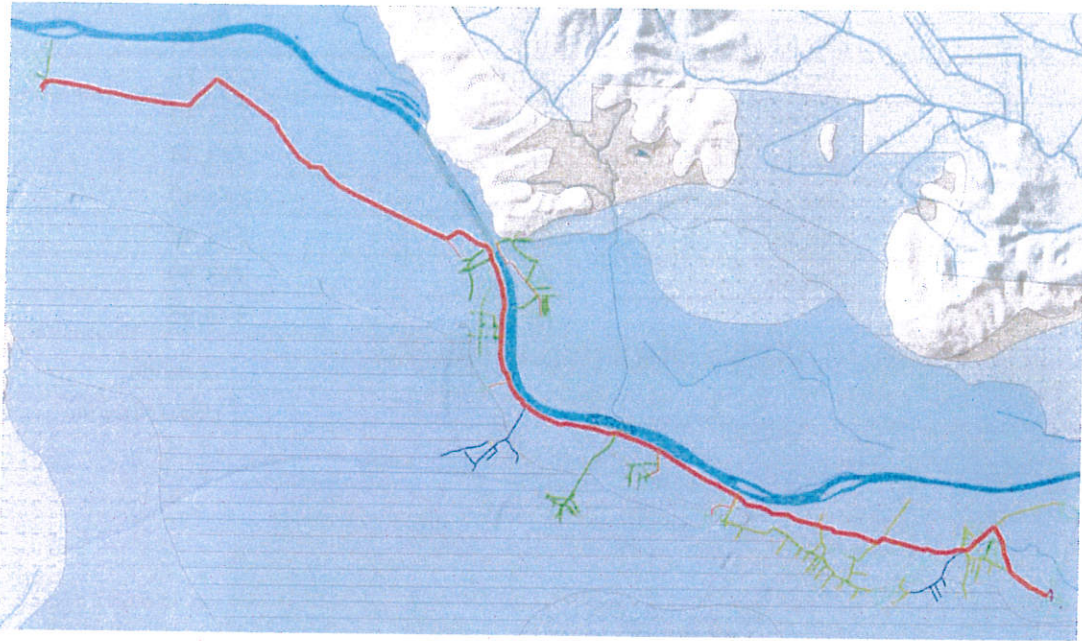


Naročnik:	JAVNO PODJETJE Vodovod-Kanalizacija d.o.o. Vodovodna cesta 90, 1000 Ljubljana
Izvajalec:	GEOLOŠKI ZAVOD SLOVENIJE Dimičeva ulica 14, 1001 Ljubljana
Št. naročilnice/pogodbe:	Naročilnica št.:4500160112, Ponudba št.: 25-1160/2017
Arhivska številka:	K-II-30d/c-1/1894
Naloga:	Program zaščite podzemne vode v času gradnje povezovalnega cevovoda C0
Datum izdelave:	12. 1. 2018
Avtorji:	mag. Joerg Prestor, univ. dipl. inž. geol. dr. Mitja Janža, univ. dipl. inž. geol. Simona Pestotnik, univ. dipl. inž. v. k. i.
Dinamika plačil:	30 dni od izdaje računa
Datum izdaje ponudbe:	15. 2. 2017
Vodja OE Podzemne vode – Hidrogeologija:	dr. Nina Rman, univ. dipl. inž. geol.
Direktor:	dr. Miloš Bavec, univ. dipl. inž. geol.
Vodno telo podzemne vode:	VT PodV 1001 Savska kotlina in Ljubljansko Barje
Vodonosni sistem:	Ljubljansko polje
Vodonosnik:	Prvi vodonosnik ali skupina vodonosnikov: Peščeno-prodni zasipi reke Save in njenih pritokov
Ključne besede:	Vodovarstveno območje, analiza tveganja, kanalizacija
Datum:	15. 1. 2018



Slika 5. Potek kanala C0 med reko Savo in mejo med nizko savsko teraso (modro nešrafirano območje) in visoko savsko teraso (modro z vodoravnimi črtami) (izsek iz karte krovnih plasti).

Globina do podzemne vode pod traso kanala C0

Ob visokih vodah je trasa kanala C0 blizu gladine podzemne vode, večinoma od 1 m do 5 m glede na spodnjo koto revizijskih jaškov. Na nekaterih delih lahko pričakujemo, da je visoka gladina podzemne vode tudi nad koto dna revizijskih jaškov (Slika 6).

Pri analizi hidrogeoloških podatkov je ugotovljeno, da bodo določeni jaški (Preglednica 4) v visokem vodnem stanju pod gladino podzemne vode.

Na odsekih med jaški RJ 135-136 in RJ 118-129 je predvidoma kota podlage vodonosnika nad nivojem spodnjih kot jaškov. Nad podlago vodonosnika se lahko na teh mestih ustvari omočen sloj. Zaradi pomanjkanja vrtin na tem območju je napoved dejanske oblikovanosti slabo prepustne podlage vodonosnika negotova, vendar se lahko pričakuje pojav gladine podzemne vode nad spodnjo koto določenih jaškov.

Na območju odseka med jaškoma z oznakama RJ 1 in RJ 15 je ob visokih vodah simulirana gladina podzemne vode nad spodnjo koto jaškov. Takšni pogoji so bili v preteklosti v povprečju 15 dni na leto, na skrajnem odseku (RJ 1 in RJ 11) pa 117 dni na leto.

Preglednica 4. Predvidene spodnje kote jaškov za pregled in preveritev glede odpornosti na vzgon.

Oznaka jaška	Predvidena spodnja kota jaška (m)	Oznaka jaška	Predvidena spodnja kota jaška (m)
RJ 135	287,80	RJ 1	272,65
RJ 136	288,04	RJ 2	272,67
RJ 118	285,22	RJ 3	272,82
RJ 119	285,32	RJ 4	272,86
RJ 120	285,44	RJ 5	272,90
RJ 121	285,47	RJ 6	273,04
RJ 122	285,57	RJ 7	273,14

RJ 123	285,61
RJ 124	285,80
RJ 125	285,95
RJ 126	286,11
RJ 127	286,26
RJ 128	286,55
RJ 129	286,56

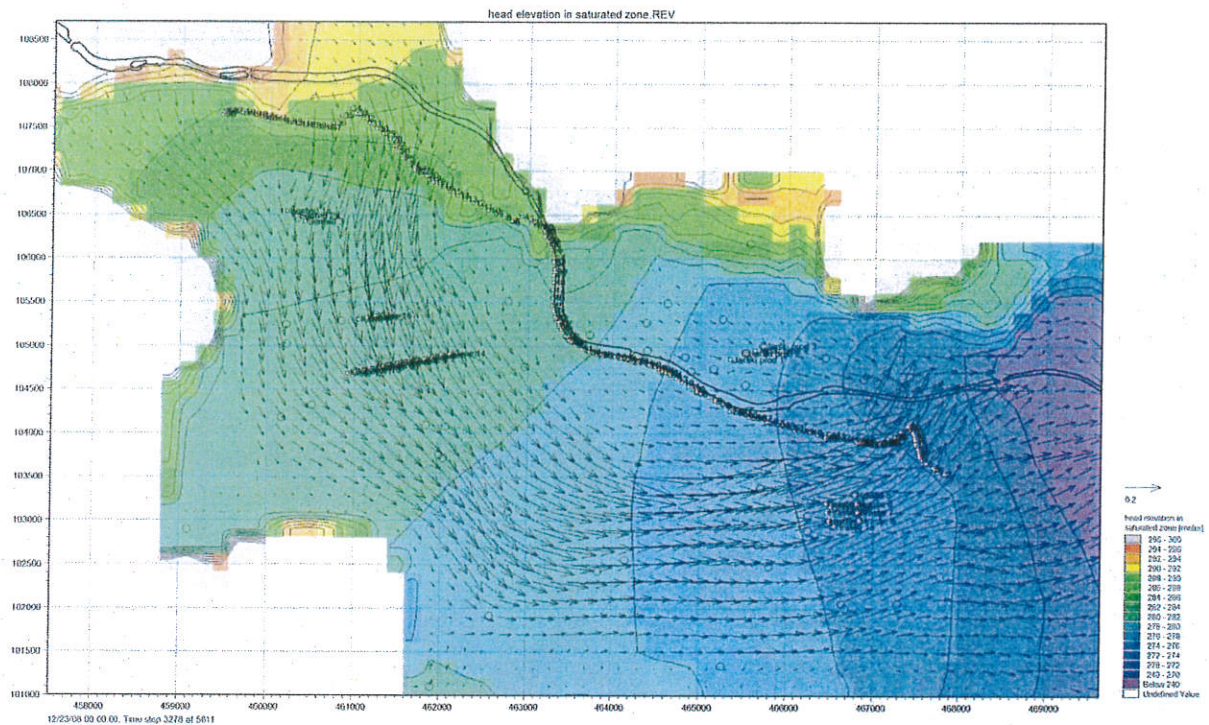
RJ 8	273,20
RJ 9	273,25
RJ 10	273,30
RJ 11	273,34
RJ 12	273,40
RJ 13	273,44
RJ 14	273,50
RJ 15	273,55



Slika 6. Globina od dna revizijskih jaškov do visoke gladine podzemne vode.

Hitrosti in smeri toka podzemne vode

Smeri toka podzemne vode potekajo v zahodnem delu od kanala C0 proti vodnjakom v vodarnah Šentvid in Kleče, zatem pa se v osrednjem delu polja obrnejo proti jugovzhodu. Na vzhodnem delu se obrnejo proti vzhodu in potekajo proti vodarni Hrastje, deloma proti Savi in deloma proti sotočju Save in Ljubljanice (Slika 7).



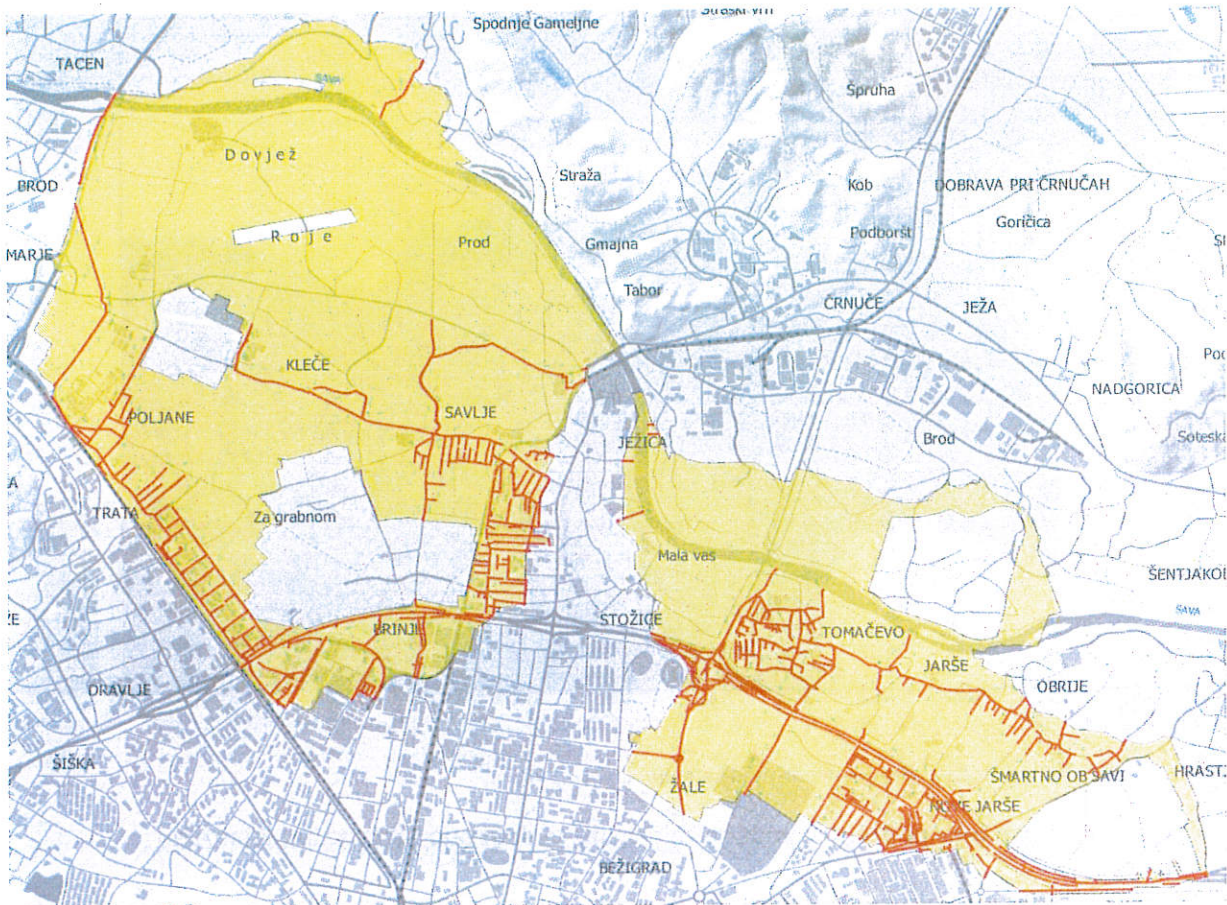
Slika 7. Smeri in hitrosti toka podzemne vode med kanalom C0 in črpališči.

Pričakovane hitrosti toka podzemne vode so zelo velike in dosegajo tudi več kot 20 m/dan.

1.3.2 Preučitev projektne dokumentacije, priprava podatkov in scenarijev modeliranja

1.3.2.1 Razlika med sedanjim in končnim stanjem

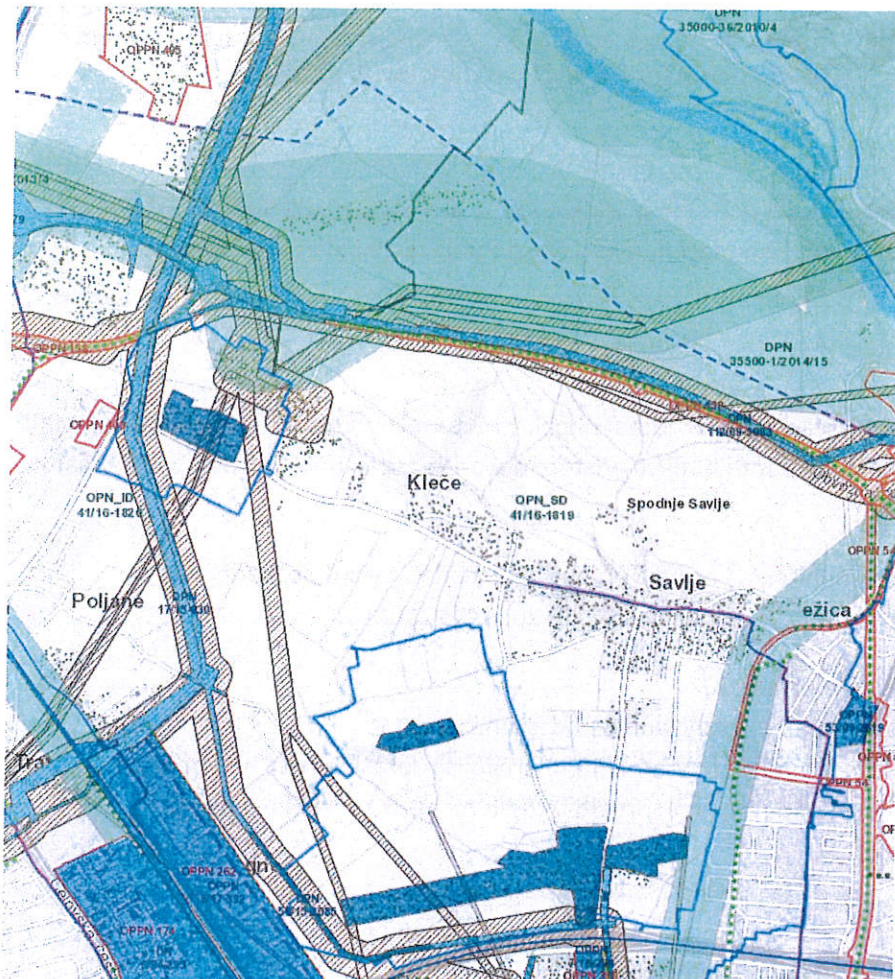
V sedanjem stanju je na vodovarstvenem območju IIA za vodarne Kleče, Šentvid in Hrastje (Slika 8) dobrih 52 % kanalizacije iz betonskega materiala in 22 % iz plastike. Po starosti je 45 % kanalizacije iz obdobja 1975 do 1995. 17 % kanalizacije je še izpred leta 1975. Največji delež kanalizacije je v mešanem sistemu, to je 39 % (Priloga 4, str. 57). Na vodovarstvenem območju IIA za vodarni Kleče, Šentvid (Slika 8) so modelirane izgube iz te kanalizacije 8,5 l/s.



Slika 8. Vodovarstvena območja IIA (rumen poligon) in kanalizacija stanje 2017 (rdeče linije).

Drugi večji posegi, ki predstavljajo pomembne obremenitve na varnost zaledja vodarn Šentvid in Kleče na sedanje in končno stanje, so (Slika 9):

1. Prehod 220 kV omrežja na 400 kV Beričevo–Divača
2. Hidroelektrarne na srednji Savi
3. Ljubljansko železniško vozlišče
4. Prenosni plinovod M3/1 Kalce-Vodice
5. Prenosni plinovod R52 Kleče–Toplarna Šiška (TOŠ)
6. Prenosni plinovod M5/R51 na odseku od Vodice do Termoelektrarne Toplarna Ljubljana
7. Navezovalna cesta Jeprca–Stanežiče–Brod
8. OPPN 158: Severna tangenta
9. OPPN 405: Brod
10. OPPN 400: Šentvid Miheličeva
11. OPPN 262: Stegne
12. OPPN 386: Poslovna cona Litostroj



Slika 9. Posegi v prostor po DPN in OPPN v zaledju vodarn Šentvid in Kleče (URBINFO).

Načrtovano končno stanje v tem prostoru je že precej obremenjeno z navedenimi posegi, z ozirom na to, da gre za ožje vodovarstveno območje ključnega vodnega vira Ljubljane (Slika 9). Zaradi tega se je nujno izogniti nadaljnjim tovrstnim posegom, oziroma jih umikati iz zaledja vodarn. Za obstoječe posege je treba izdelati načrt vzdrževanja in obnove z jasno izkazanim zmanjševanjem obremenitev in tveganj.

Najpomembnejši del zmanjševanja onesnaževanja in tveganja sta integrirani ter ekološki način kmetovanja, zmanjšanje preoravanja travinja, intenzivnega gnojenja in rabe sintetičnih organskih pesticidov ter redna obnova kanalizacijskega omrežja.

Obnova kanalizacijskega omrežja mora biti načrtovana po prednostnem redu glede na tveganje za vodnjake v oskrbi s pitno vodo. Najpomembnejša je obnova betonske kanalizacije z (praviloma) največ poškodbami in slabimi stiki ter kanalizacije izdelane pred letom 1995, saj so po tem letu standardi vgradnje bistveno boljši.

1.3.2.2 Scenariji možnih dogodkov z vplivi na podzemno vodo

Med gradnjo:

Izlitje nevarnih snovi med gradnjo

- Izlitje goriva iz delovnih strojev v tla ob nesrečah ali neustreznem ravnanju, neustreznem vzdrževanju strojev in uporaba neprimernih snovi in materialov za gradnjo.

Izpiranje onesnaženih tal

- Ob izkopu onesnaženih tal zaradi preteklih dejavnosti, v preteklosti odloženega materiala, ali zasipanja izkopov z onesnaženim materialom pride do pojava ali povečanja spiranja onesnaževal v podzemno vodo.

Med obratovanjem:

Obremenitve predstavljajo že puščanja vodov zaradi napak v materialih in napak pri vgradnji v mejah pričakovanih odstopanj, oziroma tudi sprejemljiva odstopanja pri vgradnji in tehničnem preizkušanju z upoštevanjem standardov.

Do večjih ali prekomernih obremenitev pa prihaja ob puščanju vodov zaradi poškodb med obratovanjem, to je poškodb zaradi izrednih in nesrečnih dogodkov kot so:

1. anomalije v stabilnostnih razmerah,
2. povečan vzgon zaradi izredno visoke gladine podzemne vode,
3. preobremenitev zaradi (prometnih obremenitev) prevoza pretežkih vozil ali strojev,
4. fizično poškodovanje (pri obnovi cest in drugih izkopih na mestu/v bližini voda ali pri njegovem vzdrževanju, ...),
5. nepravilna vgradnja,
6. napake v materialih,
7. poškodbe zaradi preraščanja drevesnih korenin,
8. napake pri nerednem vzdrževanju (dotrajanost materiala, tesnil na spojih, ipd.)
9. premik temeljnih tal zaradi potresa
10. namerno povzročene poškodbe (vandalizem, terorizem, ipd).

Ob potresu intenzitete VII-VIII EMS z zmernimi do močnimi poškodbami bi lahko prišlo do loma in drugih poškodb komunalne infrastrukture (vodovod, kanalizacija, toplovod, plinovod ...) ⁵, v takem primeru tudi kanala C0.

1.3.2.3 Ocena verjetnosti poškodb kanala C0

Sprejemljivost tveganja za onesnaženje se po verjetnostni analizi tveganja ugotavlja na podlagi verjetnosti dogodka, zaradi katerega pride do onesnaženja vodnega telesa ⁶.

Ocene verjetnosti dogodka z nesrečo in izlitjem onesnaževal med gradnjo nismo ovrednotili. Ocena verjetnosti je narejena za primer poškodb, ki povzročijo puščanje kanala C0. Za armirani poliester (GRP - Glass fiber-reinforced plastics) nismo našli študije verjetnostne analize za napake. Zaradi tega je bilo odločeno, da se upošteva obstoječe študije za PVC cevi. Ocena verjetnosti je narejena na podatkih, ki se ne nanašajo na dani primer in lahko služijo le kot vodilo pri načrtovanju ukrepov.

⁵ MOP, 2015. Ocena tveganja za potres, številka: 351-29/2015, datum: september 2015, verzija 1.0 (str. 56, 3. odstavek).

⁶ Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16), 49. člen.

Ility Engineering⁷ navaja oceno napak iz katerihkoli vzrokov za naftovode in sicer v povprečju 0,33 poškodb na leto na 1.000 km (vsake 3 leta ena poškodba na 1.000 km, oziroma $3,3 \times 10^{-7}$ poškodb/m/leto). Isti vir navaja podatek 5×10^{-7} (0,5 napake na milijon ur obratovanja) za verjetnost napake za stike in spoje, to je 1 napaka na vsaka dva stika na vsakih 114 let. Če privzamemo, da ima vsak jašek dva priključka in tri cevi z dvema stikoma, so na vsak jašek 4 stiki oziroma priključki. To bi pomenilo, da pride na vsak jašek in odsek med jaškoma po ena napaka na vsakih 28,5 let.

Najverjetnejše napake so posledica nepravilne vgradnje, napake materiala, posledice dreves (korenin) in možne poškodbe zaradi prometnih obremenitev. Najpogostejše poškodbe so vzdolžne razpoke in napake na stikih (Priloga 3, str. 55). Iz te ocene sledi, da bi bilo treba odpraviti eno poškodbo na vsakih 18 do 57 let na 2.500 m dolgem kritičnem odseku.

Po HSE (Priloga 3, str. 55) je verjetnost poškodbe pri nadzemnem cevovodu ($6,5 \times 10^{-9}$) približno 100-x manjša kot pri vkopanem cevovodu ($4,7 \times 10^{-7}$).

Zaradi gradnje na potresnem območju je bilo naročniku predlagano⁸, da se projektiranje in izgradnja izvedeta v skladu s standardom ISO:16134:2006⁹, pri vgradnji pa se po potrebi kot dodatni ukrep izvede utrjevanje zemljine v območju odkopa. Kot scenarij najslabše možnosti privzemamo, da bi v primeru potresa intenzitete VIII EMS z močnimi poškodbami (povratna doba 475 let) lahko prišlo do širše odprte razpoke v kanalu C0 (širine > 50 mm po celotnem obodu kanala).

1.3.3 Konceptualni model

1.3.3.1 Scenarij normalnega razvoja dogodkov

Za največji pretok v kanalu C0 privzamemo količino 930 l/s (glej poglavje 1.1.1 Tehnično poročilo, str. 4 v tem poročilu). Del te vode predstavlja padavinska voda, ki jo je potrebno odvesti v zbiralnik C0 na začetnem odseku (na Brodu) zaradi obstoječega mešanega sistema kanalizacije. Od tega se vodi v kanal 400 l/s neposredno, ostalo količino se zadrži v predvidenem zadrževalnem bazenu Brod.

Na odseku Brod-Črnuče je skupni odtok (padavinska voda in odpadna voda) v količini cca. 850 l/s, od tega je 400 l/s padavinske vode. Razlika, 450 l/s predstavlja odpadno vodo, ki vključuje sušni odtok in tujo vodo v višini 100% sušnega odтока, kar pomeni da je dejanskega dnevnega povprečnega sušnega odтока 225 l/s. To so podatki iz Idejnega projekta VOKA, v PGD projektu so količine zelo podobne, odstopanja so do 10 l/s.

Če privzamemo, da je z meritvami možno kontrolirati izgube v merski napaki nad 1%, se lahko od celotne količine pretoka 930 l/s nezaznavno izgublja do 9,3 l/s vode.

Na poteku kanala C0 je predvidenih 179 jaškov. Če izgube enakomerno porazdelimo na vse jaške, so nezaznavne izgube v povprečju 0,052 l/s na jašek. Na poteku kanala C0 čez najbolj občutljiv tok podzemne vode v zaledju vodarn Šentvid in Kleče je med jaškoma RJ 138 in RJ 172 skupno 34 jaškov.

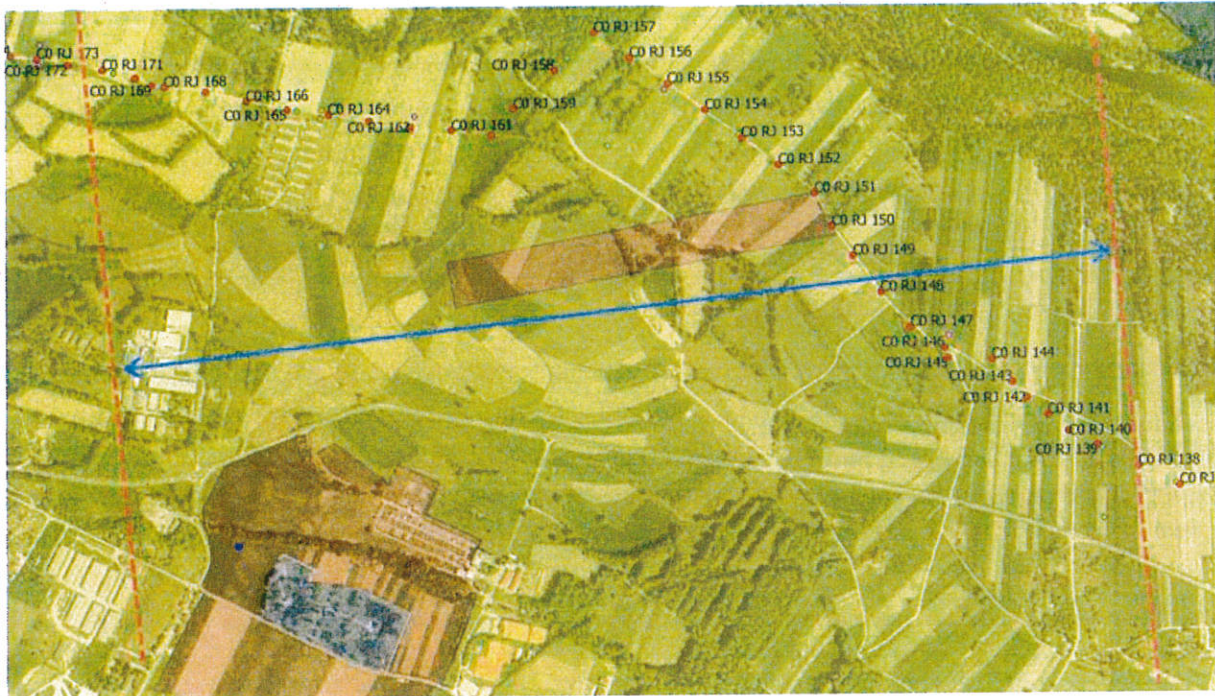
⁷ ility Engineering, 1998, 2000. (FailureRatesRezerv.xls - Pipework) ility Engineering, Nasilinnankatu 30-B32, 33200 Tampere, Finland (e-mail: ility@sci.fi).

⁸ »Ocena potresne varnosti za na trasi zbiralnika C0; št. dok.: H/GV-03/2017 september 2017; HGEM, d.o.o.«

⁹ ISO 16134:2006 Earthquake and subsidence resistant design of ductile iron pipelines

Za model takih »nezaznavnih« izgub privzamemo, da se v širini toka podzemne vode približno 2,2 km izgublja 1,8 l/s odpadne vode (34 x 0,052 l/s).

Za izgube 0,052 l/s bi zadoščala prečna razpoka širine 0,087 mm po izračunu izgub za delež zapolnitve preseka cevi 7% - 43% - 48% za sušni – dežni – nalivni odtok (Preglednica 5).



Slika 10. Potek kanala C0 čez najbolj občutljiv tok podzemne vode v zaledju vodarn Šentvid in Kleče je med jaškoma RJ 138 in RJ 172.

Predpostavimo, da z dolgoletnim obratovanjem pride do povečanja nekaterih mikrorazpok oziroma vrzeli, ki pa ob vidnem pregledu še niso obravnavane kot poškodbe za sanacijo. Privzamemo, da se izgube skozi take razpoke povečajo na skupno do 5 %. Če gre za razpoke širine 0,5 mm, so izgube skozi tako razpoko 0,296 l/s (po modelu v preglednici - Preglednica 5). Za model takih izgub v času obratovanja privzamemo, da se v širini zgoraj omenjenega najbolj občutljivega dela toka podzemne vode v zaledju Šentvida in Kleč izgublja 10 l/s odpadne vode (34 x 0,296 l/s).

1.3.3.2 Scenarij najslabše možnosti

Točkovni prodor onesnaževala s trenutnim izpustom nevarne snovi (goriva, maziva iz delovnega stroja) v količini 200 l.

Točkovni prodor onesnaževala pri večji fizični poškodbi cevovoda s prodorom odpadne vode v vodonosnik. Zaradi poškodbe pride do točkovnega iztekanja odpadne vode v količini 30 l/s v trajanju 7 ali 50 ali 400 dni od nastanke poškodbe do odkritja in sanacije.

Ocena količine izgub iz poškodovanega kanala je izvedena z uporabo podatkov iz Hidravličnega izračuna podanega v projektni dokumentaciji (3_4_10_HIDRAVLIKA_CO_PRANDT.PDF) (Priloga 2, str. 54). Privzeli smo, da pride do razpoke širine 5 cm (0,05 m). Po taki oceni bi v zelo dobro prepustni prodni sloj iztekalo v povprečju 30 l/s vode (Preglednica 5). Pri dvakrat širši razpoki so tudi izgube dvakrat večje, to je 60 l/s. To velja za delež zapolnitve preseka cevi 7% - 43% - 48% za sušni – dežni – nalivni odtok (Preglednica 6).

Preglednica 5. Ocena izgub skozi razpoko zaradi poškodbe cevi na kanalu C0 na odseku med Brodom in Črnučami.

Površina razpoke - P:			
$P=l*\xi$			
Omočeni obod - l:			
$l=d*\text{acos}(1-2*f)$			
f... delež polnitve cevi	$f=h/d$		
š... širina razpoke	0,05 m		
d... premer cevi	1,175 m		
Skupna povprečna ekfiltracija za posamezno razpoko:			
$q_{\text{razpoke}}=k_{\text{sušni}}*A_{\text{razpoke}}*l_{\text{sušni}}*146/365+k_{\text{dežni}}*A_{\text{razpoke}}*l_{\text{dežni}}*218/365+k_{\text{naliv}}*A_{\text{razpoke}}*l_{\text{naliv}}*1/365 =$			29,6 l/s
Parameter	Enota	Max	
Debelina biofilma (oblog)	[m]	0,00015	
K - ocena prepustnosti biofilma pri sušnem odtoku	[m/s]	1,50E-05	
f - delež polnitve kanalskih cevi ob sušnem odtoku	[-]	0,07	C0 RJ176
K - ocena prepustnosti biofilma pri dežnem odtoku	[m/s]	1,15E-04	
f - delež polnitve kanalskih cevi ob dežnem odtoku	[-]	0,43	C0 RJ176
K - ocena prepustnosti biofilma pri nalivnem odtoku	[m/s]	1,10E-02	
f - delež polnitve kanalskih cevi ob nalivnem odtoku	[-]	0,48	C0 RJ123

Preglednica 6. Ocena izgub skozi različne širine razpok zaradi morebitnih poškodbe cevi na kanalu C0 (po enačbi - Preglednica 5).

Širina razpoke [m]	Premer cevi [m]	l sušni [m]	l dežni [m]	l naliv [m]	Ocenjena površina sušni [m2]	Ocenjena površina dežni [m2]	Ocenjena površina naliv [m2]	Povprečna ekfiltracija [l/s/napako]
0,0005	1,175	0,63	1,68	1,80	3,15E-04	8,40E-04	8,99E-04	0,3
0,05	1,175	0,63	1,68	1,80	3,15E-02	8,40E-02	8,99E-02	29,7
0,0001	1,175	0,63	1,68	1,80	6,29E-05	1,68E-04	1,80E-04	0,059
0,1	1,175	0,63	1,68	1,80	6,29E-02	1,68E-01	1,80E-01	59,5
0,02	1,175	0,63	1,68	1,80	1,26E-02	3,36E-02	3,60E-02	11,9

Koncentracije onesnaževal v iztekajoči odpadni vodi:

Dušik

Po podatkih JP VO-KA 2007 do 2011 so koncentracije dušika na vtoku CČN spremenljive (med 28 in 69 mg/l) (Preglednica 7).

Preglednica 7. Značilne koncentracije dušika na vtoku v CČN po podatkih JP VO-KA 2007 do 2011.

Datum	04.12.2007	23.06.2008	25.11.2008	1.6.2009	9.9.2009	6.7.2010	12.10.2010	17.5.2011	17.10.2011	Povp.
Lab. št.	3507-01	4989-01	5954-01	8141-01	8736-01	10754-01	11391-01	2011/2179	2011/4867	
Dotok (m ³ /dan)	73200	67300	93000	67700	7000	86500	73700	62100	57800	
Celotni dušik mg/l	45	39	49	69	32	28	45	52	58	46

Povprečna dnevna koncentracija celotnega dušika merjena na dotoku na CČN v času enega dneva od 11. 1. 2017 8:00 do 12. 1. 2017 8:00 je bila 70 mg/l.

Onesnaževala, ki se pretežno pojavljajo v koncentracijah nad uporabljeno mejo zaznavanja

Preglednica 8. Koncentracije onesnaževal v dotoku na CČN in povprečne vrednosti brez upoštevanja vrednosti pod mejo zaznavanja.

	datum	27.09.12	14.05.13	21.10.13	25.05.14	24.09.14	09.04.15	27.10.15	24.05.16	16.10.16	Povpr.
	lab. št.	2012/4266	2013/2511	2013/6076	2014/2812	2014/5361	2015/1887	2015/6474	2016/3137	2016/6647	
Dotok na CČN	m ³ /d	83100	79700	59600	56900	70700	62500	58312	65148	50194	
Arzen in spojine (kot As)	mg/l		((0,007))	((0,007))	0,0005	0,00076	0,001	0,00080	0,00093	0,0018	0,000965
Kobalt	mg/l			((0,003))	0,00096	0,0016	0,0022	0,0015	0,0024	0,0048	0,002243
Krom in spojine (kot Cr)	mg/l	0,027	0,016	0,011	0,011	0,039	0,041	0,021	0,026	0,049	0,026778
Baker in spojine (kot Cu)	mg/l	0,022	0,041	0,30	0,012	0,061	0,068	0,040	0,060	0,18	0,087111
Živo srebro in spojine (kot Hg)	mg/l	((0,00015))	0,00025	0,00079	0,00032	0,00014	0,00019	0,00013	0,00011	0,0080	0,001241
Mangan (kot Mn)				<0,10	0,043	0,054	0,064	0,058	0,057	0,11	0,064333
Nikelj in spojine (kot Ni)	mg/l	0,049	0,015	0,063	0,0073	0,018	0,044	0,011	0,021	0,033	0,029033
Svinec in spojine (kot Pb)	mg/l	0,0078	0,015	0,029	0,01	0,018	0,016	0,010	0,018	0,060	0,020422
Cink in spojine (kot Zn)	mg/l	0,14	0,19	0,35	0,21	0,18	0,25	0,20	0,24	0,61	0,263333
Vanadij (kot V)	mg/l				0,0014	0,0016	0,0075	0,0025	0,0030	0,0075	0,003917
Halogenirane organske spojine (kot AOX)	mg Cl/l	0,042	0,170	0,066	<0,1	0,068	<0,1	<0,08	0,13	0,16	0,106
Di-(2-etilheksil) ftalat (DEHP) ftalne kisline dietilheksilester	ug/l	5,3	8,4	0,6	0,016	0,043	0,0042	0,010	0,0088	0,023	1,600544
Fenoli (kot fenolni index) kot C ₆ H ₅ OH	mg fenol/l	0,092	0,055	0,15	0,086	0,046	0,080	0,075	0,091	0,060	0,081667
Celotni organski ogljik (TOC) (kot celotni C ali KPK/3)	mg/l	72	120	110	214	152					133,6
Kloridi (kot celotni Cl)	mg/l	93	140	130	106	122	117	106			116,2857

Preglednica 9. Koncentracije onesnaževal v dotoku na CČN s popravki vrednosti pod mejo zaznavanja za izračun povprečja.

	datum	27.09.12	14.05.13	21.10.13	25.05.14	24.09.14	09.04.15	27.10.15	24.05.16	16.10.16	Povpr.
Arzen in spojine (kot As)	mg/l				0,0005	0,00076	0,001	0,00080	0,00093	0,0018	0,000965
Kobalt	mg/l				0,00096	0,0016	0,0022	0,0015	0,0024	0,0048	0,002243
Krom in spojine (kot Cr)	mg/l	0,027	0,016	0,011	0,011	0,039	0,041	0,021	0,026	0,049	0,026778
Baker in spojine (kot Cu)	mg/l	0,022	0,041	0,30	0,012	0,061	0,068	0,040	0,060	0,18	0,087111
Živo srebro in spojine (kot Hg)	mg/l	0,000075	0,00025	0,00079	0,00032	0,00014	0,00019	0,00013	0,00011	0,0080	0,001112
Mangan (kot Mn)					0,05	0,043	0,054	0,064	0,058	0,057	0,11062286
Nikelj in spojine (kot Ni)	mg/l	0,049	0,015	0,063	0,0073	0,018	0,044	0,011	0,021	0,033	0,029033
Svinec in spojine (kot Pb)	mg/l	0,0078	0,015	0,029	0,01	0,018	0,016	0,010	0,018	0,060	0,020422
Cink in spojine (kot Zn)	mg/l	0,14	0,19	0,35	0,21	0,18	0,25	0,20	0,24	0,61	0,263333
Vanadij (kot V)	mg/l				0,0014	0,0016	0,0075	0,0025	0,0030	0,0075	0,003917
Halogenirane organske spojine (kot AOX)	mg Cl/l	0,042	0,170	0,066	0,050	0,068	0,050	0,040	0,13	0,16	0,086222
Di-(2-etilheksil) ftalat (DEHP) ftalne kisline dietilheksilester	ug/l	5,3	8,4	0,6	0,016	0,043	0,0042	0,010	0,0088	0,023	1,6
Fenoli (kot fenolni index) kot C ₆ H ₅ OH	mg fenol/l	0,092	0,055	0,15	0,086	0,046	0,080	0,075	0,091	0,060	0,081667
Celotni organski ogljik (TOC) (kot celotni C ali KPK/3)	mg/l	72	120	110	214	152					133,6
Kloridi (kot celotni Cl)	mg/l	93	140	130	106	122	117	106			116,3

JP VO-KA je odvzel tudi vzorce odpadne vode na sistemih, ki se bodo kasneje stekali v kanal C0 in v preglednici (Preglednica 9) je podana primerjava koncentracij posameznih onesnaževal na iztoku v CČN 2012 – 2016 in pričakovanih koncentracij v kanalu C0.

Da bi bili na varni strani, smo pri izračunih relativne občutljivosti za pričakovane koncentracije privzeli najvišje koncentracije med tistimi izmerjenimi na dotoku na CČN in pričakovanimi koncentracijami v kanalu C0 (Poglavje 1.3.5.1, str. 31).

Preglednica 10. Koncentracije onesnaževal v dotoku na CČN in povprečne vrednosti brez upoštevanja vrednosti pod mejo zaznavanja.

Parameter	Enota	Popvprednje na CČN 2012 - 2016	Napoved za C0
Arzen in spojine (kot As)	mg/l	0,000965	<0,001
Kobalt	mg/l	0,002243	0,00172
Krom in spojine (kot Cr)	mg/l	0,026778	<0,01
Baker in spojine (kot Cu)	mg/l	0,087111	0,03722
Živo srebro in spojine (kot Hg)	mg/l	0,001112	0,000081
Mangan (kot Mn)		0,062286	0,05722
Nikelj in spojine (kot Ni)	mg/l	0,029033	0,03503
Svinec in spojine (kot Pb)	mg/l	0,020422	0,01544
Cink in spojine (kot Zn)	mg/l	0,263333	0,24444
Vanadij (kot V)	mg/l	0,003917	0,00154
Halogenirane organske spojine (kot AOX)	mg Cl/l	0,086222	0,07289
Di-(2-etilheksil) ftalat (DEHP) ftalne kisline dietilheksilester	ug/l	1,6	
Fenoli (kot fenolni index) kot C6H5OH	mg fenol/l	0,081667	0,09389
Celotni organski ogljik (TOC) (kot celotni C ali KPK/3)	mg/l	133,6	210,8
Kloridi (kot celotni Cl)	mg/l	116,3	66,9

Novodobna onesnaževala

V letu 2017 so bili na dotoku na CČN analizirani še parametri, ki so v monitoringu podzemne vode MOL nad mejo poročanja vsaj enkrat v zadnjih letih ter je njihov izvor lahko izguba iz kanalizacije. Prav tako je JP VO-KA odvzel tudi vzorce odpadne vode na sistemih, ki se bodo kasneje stekali v C0, na podlagi katerih je podal napoved pričakovanih koncentracij v kanalu C0 (Preglednica 11).

Preglednica 11. Koncentracije v podzemni vodi zaznanih novodobnih onesnaževal na vtoku v CČN ob vzorčenju 13.1.2017 in vzorčenje na predvidenem dotoku C0.

Parameter	Enota	Koncentracija CČN		Napoved koncentracij za C0	
Acetilsalicilna kislina	mg/l	0,087		0,07263	
Bisfenol A	mg/l	0,0048			<0,010
Di-(2-etilheksil)-ftalat	mg/l	0,024		0,02223	
Dibutil ftalat	mg/l		<0,00024	0,00338	
Diklofenak	mg/l		<0,00013	0,00122	
Estradiol	mg/l		<0,00005		<0,00005
Estron	mg/l		<0,00005	0,000054	
Karbamazepin	mg/l	0,00034		0,00177	
Kofein	mg/l	0,17		0,11989	
Propranolol	mg/l	0,000051			<0,00005
Teofilin	mg/l	0,0054		0,00642	
4-Nonilfenol (mešanica razvejanih izomerov)	mg/l		<0,002		<0,0050
4-Nonilfenol monoetoksilat (mešanica razvejanih izomerov)	mg/l		<0,01		<0,0036

1.3.4 Matematični model

1.3.4.1 Opis modela

Opredelitev transportnih poti in ostalih izračunov smo izvedli s pomočjo hidrološkega modela, ki temelji na obstoječem modelu, ki smo ga dopolnili z novjšimi podatki meritev. Uporabili smo skrajne hidrološke pogoje za nizko (26. 9. 2000) in visoko (29. 1. 2001) vodno stanje. Za izračun koncentracij smo simulirali najbolj neugodne razmere. Privzeli smo, da bo ob iztoku odpadne vode iz kanala prišlo do neposrednega vnosa v zasičeno cono vodonosnika in se bo simulirani oblak onesnaženja gibal s hitrostjo toka podzemne vode. Degradacije in retardacije onesnaževala nismo upoštevali.

Numerično modeliranje toka podzemne vode je bilo izvedeno s programskim paketom MIKE SHE. Program je integriran sistem komponent ali modulov in omogoča modeliranje najpomembnejših procesov celotnega hidrološkega kroga. Hidrološki procesi so opisani z diferencialnimi enačbami, ki jih program rešuje numerično z metodo končnih razlik.

V nadaljevanju so opisane osnovne enačbe, ki jih uporablja model za simuliranje toka podzemne vode in transport sledila (onesnaženja) v zasičeni coni. Pri izračunu so bile uporabljene uveljavljene računske metode, ki temelje na metodi končnih razlik. Rezultate vseh izračunov in simulacij hranimo v arhivu Geološkega zavoda Slovenije.

1.3.4.2 Teoretična izhodišča

Matematični model toka podzemne vode v zasičeni coni temelji opisuje Darcy-jev zakon. Za izotropni medij zakon izrazimo z zapisom:

$$Q = KS \frac{dh}{ds}$$

kjer so:

Q	pretok [L^3T^{-1}]
K	koeficient prepustnosti [LT^{-1}]
h	hidravlični potencial [L]
S	preseki [L^2]
dh/ds	sprememba hidravličnega potenciala na določeni razdalji

Enačba:

$$q = \frac{Q}{S}$$

definira specifični pretok oz. "Darcy-jevo hitrost" [LT^{-1}], pri čemer je hitrost vode v porah definirana kot

$$v = \frac{q}{n_e}$$

kjer je:

n_e efektivna poroznost.

Splošno enačbo toka v poroznem mediju, ki jo dobimo z združenjem Darcy-jevega zakona in zakona o ohranitvi mase, rešimo s pomočjo numeričnih metod. Za izotropen medij pri stacionarnem toku velja:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left[K \frac{\partial h}{\partial x_j} \right] = 0$$

kjer sta x_i in x_j razdalji v smereh osi i in j [L].

Transport snovi

Transport snovi je odvisen od različnih parametrov. Opišemo ga lahko s sledečo enačbo za tridimenzionalni tok snovi:

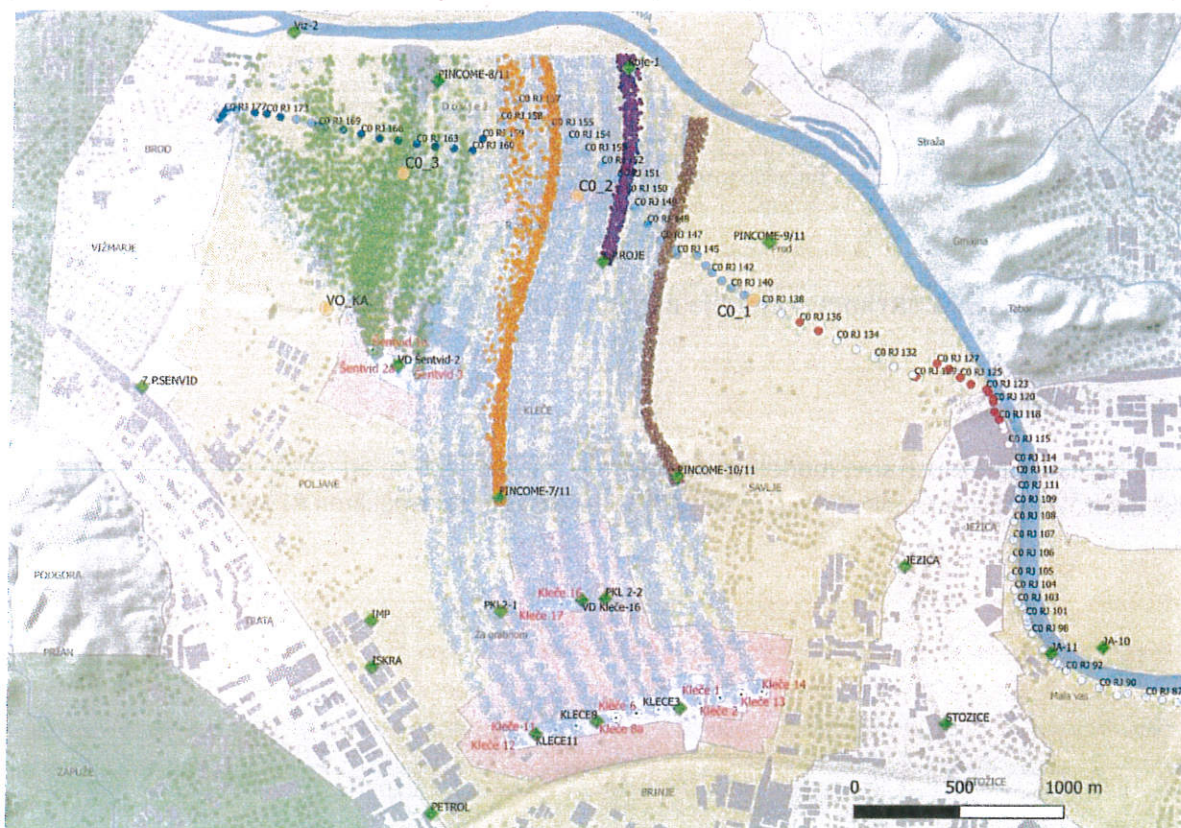
$$\frac{\partial C}{\partial t} = \underbrace{-\frac{\partial}{\partial x_i}(v_i C)}_{\text{advекcija}} + \underbrace{\frac{\partial}{\partial x_i}(D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j})}_{\text{dispерzija}} + \underbrace{\frac{q_s}{n_e} C_s}_{\text{izvor / ponor}} + \underbrace{\frac{\rho_b}{n_e} \frac{\partial \bar{C}}{\partial t} - \lambda(C + \frac{\rho_b}{n_e} \bar{C})}_{\text{reakcije (sorpcija in razpad prvega reda)}}$$

kjer so:

C	koncentracija raztopljenе snovi [ML ⁻³]
x_i	razdalja po osi [L]
v_i	porna hitrost [LT ⁻¹]
D_{ij}	tenzor hidrodinamske disperzije [L ² T ⁻¹]
q_s	pretok vode v pritokih/odtokih na volumsko enoto vodonosnika [T ⁻¹]
n_e	efektivna poroznost [-]
C_s	koncentracija pritokov/odtokov [ML ⁻³]
ρ_b	gostota poroznega medija [ML ⁻³]
\bar{C}	koncentracija substance, ki se sorbira na matriks [-]
λ	konstanta reakcije prvega reda ali razpada [T ⁻¹]

1.3.4.3 Rezultati modeliranja hitrosti in smeri tokov podzemne vode

Modelirane smeri in poti sledenja delcev od vodnjakov v Klečah in Šentvidu vzdolžno proti kanalu C0 in proti reki Savi so prikazane na sliki (Slika 11).



Slika 11. Modelirane poti sledenja delcev od vodnjakov v Klečah in Šentvidu vzdolžno proti kanalu C0.

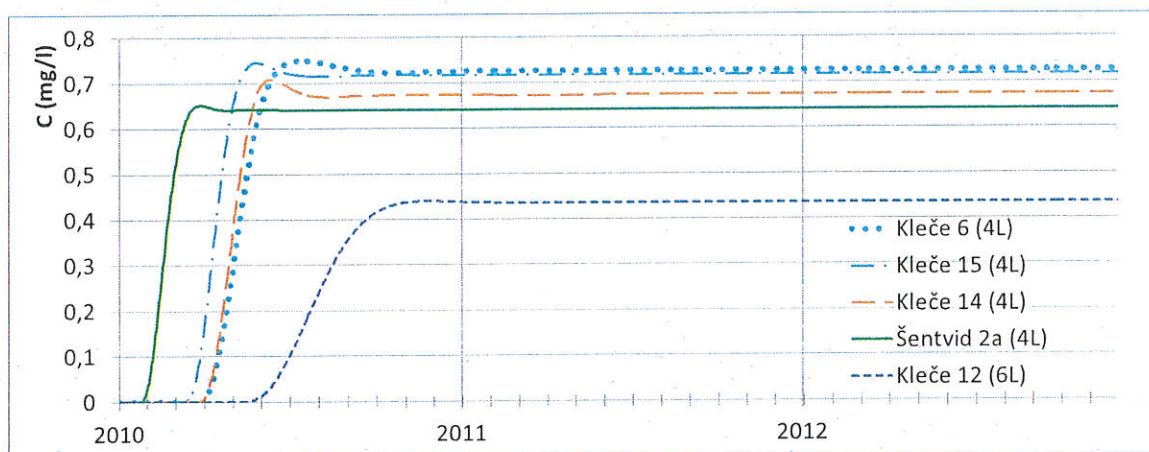
Čas dospelja morebitnega onesnaženja (najvišjih koncentracij) iz jaška RJ-162 do vodnjaka Šentvid 2a je 40 dni (razdalja 1000m), $v=25\text{m/dan}$. Od jaška RJ-152 do vodnjaka Kleče 16 pa je čas dospelja 90 dni (razdalja 200m), $v=22\text{m/dan}$.

1.3.4.4 Rezultati modeliranja scenarija normalnega razvoja dogodkov (NRD)

Pri modeliranju smo privzeli, da so na odseku načrtovanega kanala C0, ki je v neposrednem zaledju vodarn Šentvid in Kleče med jaškoma RJ 138 in RJ 172, izgube odpadne vode 10 l/s. Pri modeliranju smo uporabili nizko vodno stanje in ob privzeti koncentraciji dušika v odpadni vodi 70 mg/l vnos 60,5 kg/dan dušika. Modeliranje tega vnosa prispeva koncentracije dušika v podzemni vodi na mestih posameznih vodnjakov vodarn Šentvid in Kleče kot so prikazane v preglednici (Preglednica 12).

Preglednica 12. Modelirane koncentracije dušika v vodnjakih, kot posledica izgub odpadnih vod (scenarij normalnega razvoja dogodkov).

vodnjak	Šentvid 2a	Kleče 6	Kleče 12	Kleče 14	Kleče 15
koncentracija (mg/l)	0,65	0,75	0,71	0,44	0,71

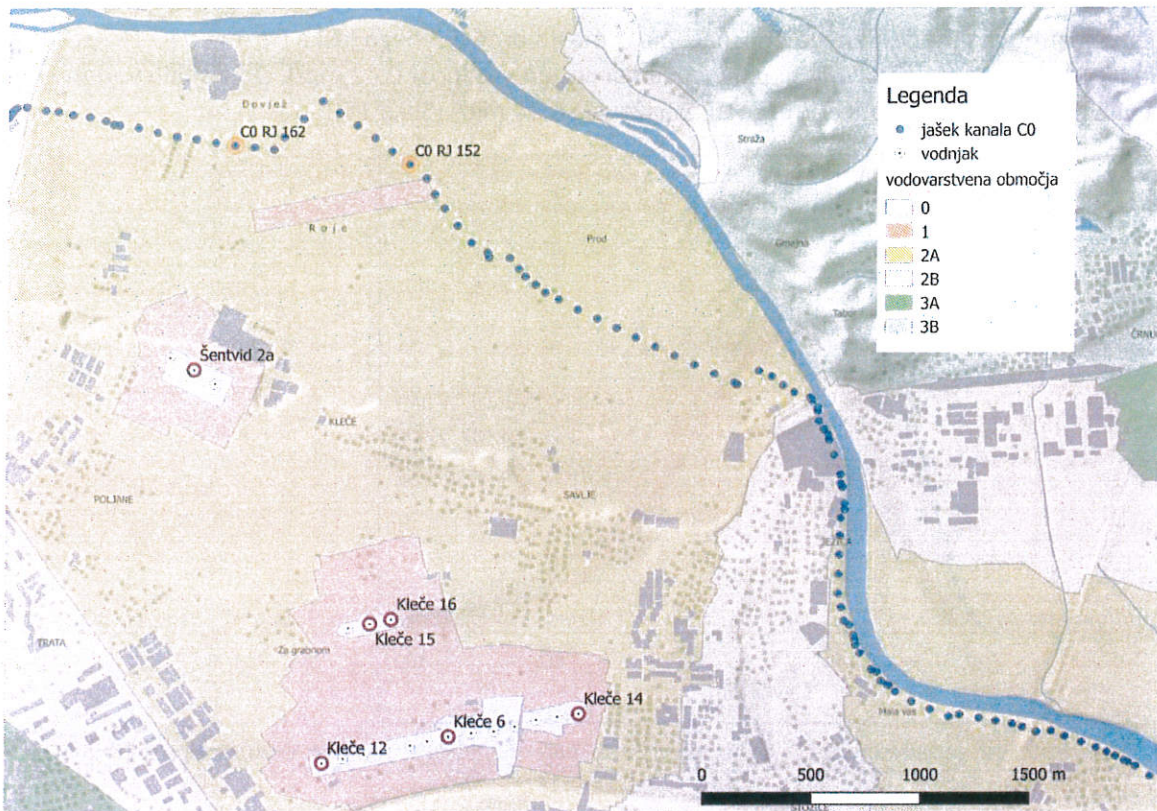


Slika 12. Simulacija vpliva izgub 10 l/s s koncentracijo dušika 70 mg/l vzdolž kanala C0 v neposrednem zaledju vodarn na podzemno vodo v vodnjakih v Klečah in Šentvidu (oznaka »4L« pomeni 4. računski sloj v modelu).

1.3.4.5 Rezultati modeliranja scenarija najslabše možnosti (NM)

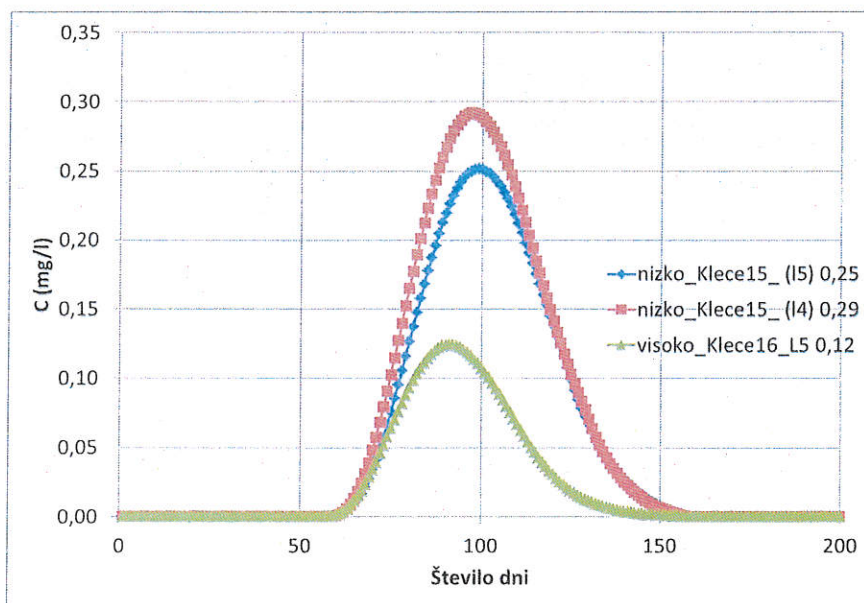
Enkratni vnos (NM-EV)

Scenarij najslabše možnosti smo modelirali s točkovnim vnosom 200 kg onesnaževala na dveh mestih vzdolž načrtovane trase kanala C0, na mestih predvidenih jaškov z oznakama RJ 152 in RJ 162 (Slika 13).



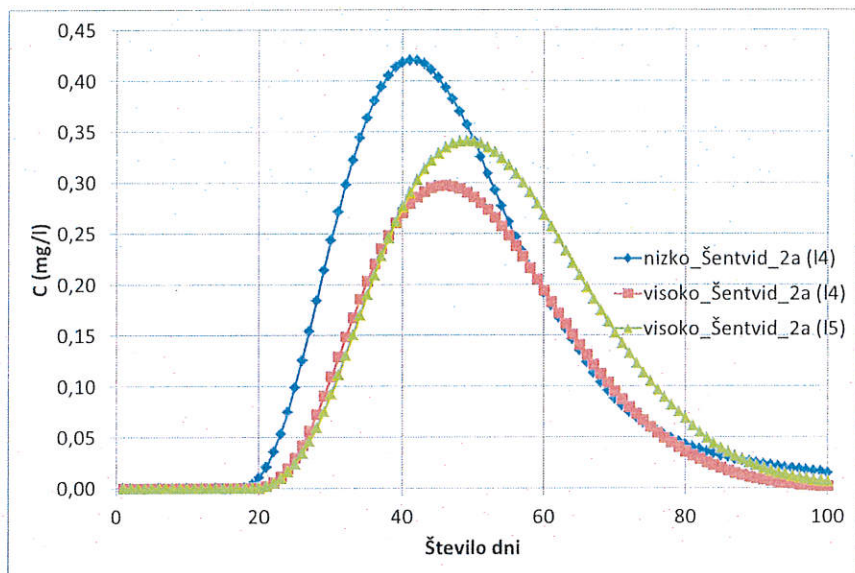
Slika 13. Mesta simuliranega vnosa onesnaževala in opazovanih koncentracij (scenarij najslabše možnosti).

Simulacija vnosa onesnaževala v podzemno vodo na mestu jaška z oznako RJ 152 ob nizkih vodah povzroči najvišje koncentracije onesnaževala v vodnjaku Kleče 15 po 97 dneh, ko dosežejo vrednost 0,29 mg/l. Ob visokih vodah pa se pojavi najvišja koncentracija onesnaževala v vodnjaku Kleče 16, 90 dni po vnosu onesnaževala in doseže vrednost 0,12 mg/l (Slika 14).



Slika 14. Simulacija vpliva trenutnega izliva onesnaževala v podzemno vodo na mestu jaška z oznako RJ 152 (oznaka »I5« ali »I4« pomeni 5. računski sloj v modelu).

Najvišje koncentracije modeliranega onesnaženja iz mesta predvidenega jaška z oznako RJ 162 se pojavijo v vodnjaku Šentvid 2a, 40 dni po vnosu in dosežejo vrednost 0,42 mg/l. Ob visokih vodah doseže najvišja modelirana koncentracija onesnaževala 0,34 mg/l (Slika 15).



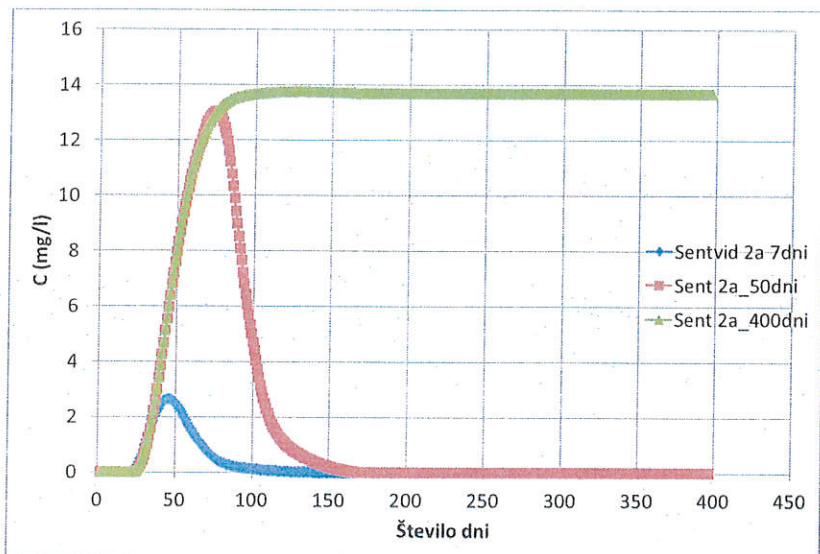
Slika 15. Simulacija vpliva trenutnega izlitja onesnaževala v podzemno vodo na mestu jaška z oznako RJ 162 (oznaka »I5« ali »I4« pomeni 5. računski sloj v modelu).

Točkovno iztekanje (NM-TI)

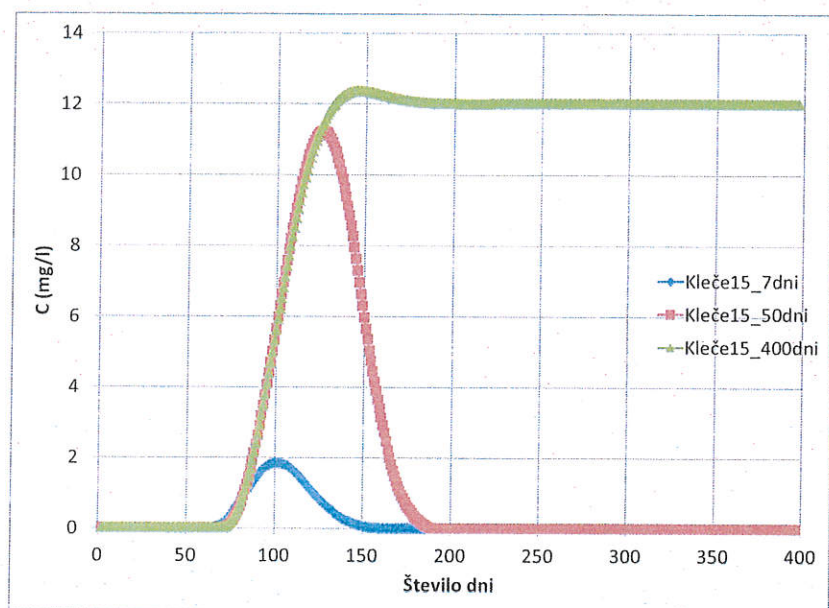
Točkovno iztekanje odpadne vode, zaradi poškodb cevodov, v količini 30 l/s in trajanju 7, 50 in 400 dni smo simulirali na mestih prej omenjenih jaškov (RJ 152 in RJ 162). Izračuni so izvedeni za onesnaženje z dušikom in privzeto koncentracijo dušika v odpadni vodi 70 mg/l. Najvišje modelirane koncentracije v vodnjakih ob nizkem vodnem stanju so podane v preglednici (Preglednica 13).

Preglednica 13. Modelirane koncentracije dušika v vodnjakih, kot posledica izgub odpadnih vod zaradi poškodb (scenarij najslabše možnosti).

Mesto iztekanja	Vodnjak	Trajanje iztoka (dni)	C (mg/l)
RJ 162	Šentvid 2a (Slika 13, Slika 16)	7	2,6
		50	13,0
		400	13,7
RJ 152	Kleče 15 (Slika 13, Slika 17)	7	1,9
		50	11,2
		400	12,4



Slika 16. Simulacija vpliva izgub onesnaževala na mestu jaška z oznako RJ 162 na podzemno vodo v vodnjaku Šentvid 2a.



Slika 17. Simulacija vpliva izgub onesnaževala na mestu jaška z oznako RJ 152 na podzemno vodo v vodnjaku Kleče 15.

1.3.5 Interpretacija in vrednotenje rezultatov modeliranja

1.3.5.1 Izračun relativne občutljivosti vodnega vira za izgradnjo in obratovanje kanala C0

Z matematičnim modeliranjem smo ocenili, da bi nekatera značilna onesnaževala iz kanala C0 na kritičnem odseku povzročila zaznaven vpliv v vodnjakih že v primeru vzdolžnih izgub 10 l/s, nekatera onesnaževala pa le v primeru točkovnega iztekanja 30 l/s. Pri tem smo kot naravne zadrževalne sposobnosti vodonosnika upoštevali le razredčenje.

Preglednica 14. Pričakovane najvišje povprečne koncentracije značilnih onesnaževal v kanalu C0 (Napoved C0), izračun njihovih razredčenj v primeru vzdolžnih izgub 10 l/s (NRD) in točkovnega iztekanja 30 l/s (NM-TI) iz kanala C0 ter primerjava z najvišjimi koncentracijami teh onesnaževal v vodnjakih VD Kleče 8a in VD Šentvid 2a (izmerjenih v obdobju 2010 - 2016).

	Napoved C0	NRD	NM-TI	VD Kleče 8a	2010-2016	VD Šentvid 2a	Parameter
	CČN / C0	100	5	Max	LOD/LOQ	Max	
µg/l	0,965	0,010	0,193		<0,8		Arzen in spojine (kot As)
µg/l	2,243	0,022	0,449	0,088	<0,5	0,12	Kobalt
µg/l	26,778	0,268	5,356	2,8	[0,20]	2,9	Krom in spojine (kot Cr)
µg/l	87,111	0,871	17,422	7,7	<1	0,77	Baker in spojine (kot Cu)
µg/l	1,112	0,01112	0,222	0,034	<0,005	0,068	Živo srebro in spojine (kot Hg)
µg/l	62,286	0,623	12,457	37	<0,2		Mangan (kot Mn)
µg/l	35,033	0,350	7,007	2	<0,4	2	Nikelj in spojine (kot Ni)
µg/l	20,422	0,204	4,084		<0,2		Svinec in spojine (kot Pb)
µg/l	263,333	2,633	52,667	46	<5	2,5	Cink in spojine (kot Zn)
µg/l	3,917	0,039	0,783	1,7	<0,2	2,3	Vanadij (kot V)
µg/l	86,222	0,862	17,244	11	[2]	6	Halogenirane organske spojine (kot AOX)
µg/l	1,600	0,016	0,320				Di-(2-etilheksil) ftalat (DEHP) ftalne kisline dietilheksilester
µg/l	93,889	0,939	18,778				Fenoli (kot fenolni index) kot C6H5OH
mg/l	210,800	2,108	42,160	0,5	[0,1]	1,1	Celotni organski ogljik (TOC) (kot celotni C ali KPK/3)
mg/l	116,300	1,163	23,260	13		37	Kloridi (kot celotni Cl)
µg/l	87,000	0,870	17,400	0,13	[0,010]	0,032	Acetilsalicilna kislina
µg/l	4,800	0,048	0,960		[0,01]		Bisfenol A
µg/l	24,000	0,240	4,800	0,14	[0,05]	0,13	Di-(2-etilheksil)-ftalat
µg/l	3,378	0,034	0,676		[0,05]		Dibutil ftalat
µg/l	1,220	0,012	0,244		[0,010]		Diklofenak
µg/l	0,050	0,001	0,010		[0,010]		Estradiol
µg/l	0,054	0,001	0,011		[0,010]		Estron
µg/l	1,766	0,018	0,353	0,025	[0,010]	0,011	Karbamazepin
µg/l	170,000	1,700	34,000	0,13	[0,0020]	0,22	Kofein
µg/l	0,051	0,001	0,010		[0,010]		Propranolol
µg/l	6,422	0,064	1,284	0,03	[0,010]		Teofilin
µg/l	2,000	0,02	0,4	0,02	[0,010]	0,03	4-Nonilfenol (mešanica razvejanih izomerov)
µg/l	3,600	0,036	0,72		[0,010]		4-Nonilfenol monoetoksilat (mešanica razvejanih izomerov)

Izračun vpliva, oziroma spremembe referenčnega stanja (ΔR), je narejen na podlagi primerjave najvišjih koncentracij značilnih parametrov zabeleženih v vodnjakih VD Kleče 8a in VD Šentvid 2a ter izračunanih razredčenj onesnaževal iz izgub in točkovnega iztekanja iz kanala C0. Če so izračunane razredčene koncentracije višje od najvišjih koncentracij izmerjenih v vodnjakih, smo privzeli, da gre za zaznaven vpliv (Preglednica 14 – označeno z rdečo). Privzeti podatki so predstavljeni v preglednicah (Preglednica 10 in Preglednica 11).

Podatki o kemijskih analizah iz vodnjakov VD Kleče 8a in VD Šentvid 2a so pridobljeni iz baze podatkov združenih monitoringov JP VO-KA, MOL in ARSO. Izpis iz baze je bil narejen 7. 12. 2017 in je shranjen v datoteki »CO_kemija_VD_parametri.xlsx«.

Preglednica 15. Povprečne vrednosti, privzete kot referenčne koncentracije (R) za podzemno vodo na območju vodarn Kleče in Šentvid (Preglednica 2).

Parameter ($\mu\text{g/l}$)	Povprečne vrednosti
4-nonilfenol	0,037
4-Nonilfenol monoetoksilat	
Acetilsalicilna kislina	0,040
AOX	
Arzen	
Baker	1,230
Bisfenol A	
Cink	1,955
Cr (skupno)	1,903
Cr 6+	
Cr-filt.	1,220
Dibutilftalat	0,06
Dietilheksilftalat	0,097
Diklofenak	
Estradiol	
Estron	
Karbamazepin	0,020
Kloridi (mg/l)	11,478
Kobalt	0,125
Kofein	0,095
Mangan (mg/l)	0,02
Ni	0,545
Propranolol	
Svinec	
Teofilin	0,030
TOC (mg/l)	0,220
Vanadij	1,195
Živo srebro	0,050

Za referenčne vrednosti (R) so privzete vrednosti iz preglednice (Preglednica 15). Namesto manjkajočih vrednosti so privzete polovične vrednosti meje zaznavanja ali določanja (Preglednica 16).

Relativna občutljivost (S) iz 48. člena Pravilnika¹⁰ je razmerje med opazovano novo vrednostjo stanja vode zaradi ogroženosti in referenčnim stanjem in je izračunana za scenarija normalnega razvoja dogodkov in scenarija najslabše možnosti po enačbi $S = (R + \Delta R) / R$ (Preglednica 16).

¹⁰ Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16)

Preglednica 16. Izračun relativne občutljivosti $S=(R+\Delta R)/R$ za znana onesnaževala iz kanala C0. Privzeti vhodni podatki so predstavljeni v preglednicah (Preglednica 10 in Preglednica 11).

		$\Delta R(\text{NRD})$	$\Delta R(\text{NM-TI})$					$S = (R+\Delta R)/R$			2010-2016	1/2
								R	S	S		
		100	5							LOD/LOQ		
Arzen in spojine (kot As)	$\mu\text{g/l}$	0,010	0,193	SA	SA	4	4	0,4	1,0	1,5	0,8	0,4
Kobalt	$\mu\text{g/l}$	0,022	0,449	SA	SA	4	4	0,125	1,2	4,6	0,5	0,25
Krom in spojine (kot Cr)	$\mu\text{g/l}$	0,268	5,356	SA	SB	4	2	1,903	1,1	3,8	0,2	0,1
Baker in spojine (kot Cu)	$\mu\text{g/l}$	0,871	17,422	SA	SB	4	2	1,23	1,7	15,2	1	0,5
Živo srebro in spojine (kot Hg)	$\mu\text{g/l}$	0,01112	0,222	SA	SB	2	2	0,05	1,2	5,4	0,005	0,0025
Mangan (kot Mn)	$\mu\text{g/l}$	0,623	12,457	SA	SB	4	2,5	20	1,0	1,6	0,2	0,1
Nikelj in spojine (kot Ni)	$\mu\text{g/l}$	0,350	7,007	SA	SB	4	2	0,545	1,6	13,9	0,4	0,2
Svinec in spojine (kot Pb)	$\mu\text{g/l}$	0,204	4,084	SA	SB	4	2	0,1	3,0	41,8	0,2	0,1
Cink in spojine (kot Zn)	$\mu\text{g/l}$	2,633	52,667	SA	SB	4	2	1,955	2,3	27,9	5	2,5
Vanadij (kot V)	$\mu\text{g/l}$	0,039	0,783	SA	SA	4	4	1,195	1,0	1,7	0,2	0,1
Halogenirane organske spojine (kot AOX)	$\mu\text{g/l}$	0,862	17,244	SA	SB	2	1,5	1	1,9	18,2	2	1
Di-(2-etilheksil) ftalat (DEHP) ftalne kisline dietilheksilester	$\mu\text{g/l}$	0,016	0,320	SA	SB	2	2	0,025	1,6	13,8	0,05	0,025
Fenoli (kot fenolni index) kot C6H5OH	$\mu\text{g/l}$	0,939	18,778	SB	SB	2	1,5	0,025	38,6	752,1	0,05	0,025
Celotni organski ogljik (TOC) (kot celotni Cali KPK/3)	mg/l	2,108	42,160	SB	SB	2	1,5	0,22	10,6	192,6	0,1	0,05
Kloridi (kot celotni Cl)	mg/l	1,163	23,260	SA	SB	2	1,5	11,2	1,1	3,1	0,5	0,25
Nitrati ($\text{mg NO}_3/\text{l}$)	mg/l	0,000	0,000	SA	SA	2	1,5	13,9	1,0	1,0	0,1	0,05
Acetilsalicilna kislina	$\mu\text{g/l}$	0,870	17,400	SB	SB	2	2	0,04	22,8	436,0	0,01	0,005
Bisfenol A	$\mu\text{g/l}$	0,048	0,960	SA	SB	2	2	0,005	10,6	193,0	0,01	0,005
Di-(2-etilheksil)-ftalat	$\mu\text{g/l}$	0,240	4,800	SA	SB	2	2	0,097	3,5	50,5	0,05	0,025
Dibutil ftalat	$\mu\text{g/l}$	0,034	0,676	SA	SB	2	2	0,06	1,6	12,3	0,05	0,025
Diklofenak	$\mu\text{g/l}$	0,012	0,244	SA	SB	2	2	0,005	3,4	49,8	0,01	0,005
Estradiol	$\mu\text{g/l}$	0,001	0,010	SA	SA	2	2	0,005	1,1	3,0	0,01	0,005
Estron	$\mu\text{g/l}$	0,001	0,011	SA	SA	2	2	0,005	1,1	3,2	0,01	0,005
Karbamazepin	$\mu\text{g/l}$	0,018	0,353	SA	SB	2	2	0,02	1,9	18,7	0,01	0,005
Kofein	$\mu\text{g/l}$	1,700	34,000	SB	SB	2	2	0,095	18,9	358,9	0,002	0,001
Propranolol	$\mu\text{g/l}$	0,001	0,010	SA	SA	2	2	0,005	1,1	3,0	0,01	0,005
Teofilin	$\mu\text{g/l}$	0,064	1,284	SB	SB	2	2	0,03	3,1	43,8	0,01	0,005
4-Nonilfenol (mešanica razvejanih izomerov)	$\mu\text{g/l}$	0,02	0,4	SA	SB	2	2	0,037	1,5	11,8	0,01	0,005
4-Nonilfenol monoetoksilat (mešanica razvejanih izomerov)	$\mu\text{g/l}$	0,036	0,72	SA	SB	2	2	0,005	8,2	145,0	0,01	0,005

Iz izračuna relativne občutljivosti sledi, da tveganje za onesnaženje zaradi gradnje kanala C0 ni sprejemljivo z običajnimi ukrepi, ki veljajo za gradnjo takih objektov izven vodovarstvenega območja. Potrebni so dodatni ukrepi. Zlasti za organska onesnaževala (farmacevtske učinkovine) sledi iz izračuna, da je relativna občutljivost presežena tudi v primeru puščanja skozi stike, ki ne bi bili tesnjeni, oziroma bi bile vrzeli v stikih širine 0,1 mm. Izpostaviti velja tudi izračunane visoke koncentracije TOC. Koncentracije TOC nad 4 mg/l v splošnem nakazujejo antropogeni vpliv oziroma onesnaženje, ki lahko ogrozi oskrbo s pitno vodo¹¹. Z obdelavo vode se lahko koncentracija raztopljenega organskega ogljika učinkovito zniža, vendar pa reakcije s klorom v procesu dezinfekcije lahko vodijo do nastanka kancerogenih produktov. nakazujejo Literaturni viri¹² navajajo, da koncentracije TOC nad 2 mg/l lahko povzroči težave pri dezinfekciji vode. S kloriranjem lahko

¹¹ Regan, S., Hynds, P. & Flynn, R. 2017: An overview of dissolved organic carbon in groundwater and implications for drinking water safety. Hydrogeology Journal (25/4), pp 959–967, <https://doi.org/10.1007/s10040-017-1583-3>.

¹² (npr. https://www.epa.ie/pubs/advice/drinkingwater/DrinkingWaterGuide4_v8.pdf)

nastanejo triklorometani, ki so zdravju škodljivi. Odvisno od kombinacije TOC in alkalnosti je treba TOC iz vode pred uporabo odstraniti.

Iz primerjave izračunanih koncentracij onesnaževal za scenarij najslabše možnosti s točkovnim iztekanjem (NM-TI) in mejnimi vrednostmi, ki so podane za pitno vodo, sledi, da onesnaževala ne bi presegla mejne vrednosti. Lahko pa bi prišlo do neobičajnih sprememb TOC (Preglednica 17).

Preglednica 17. Primerjava izračunanih koncentracij onesnaževal v scenariju najslabše možnosti s točkovnim iztekanjem (NM-TI) in mejnimi vrednostmi.

ΔR scenarij najslabše možnosti NM-TI (mg/l)	Mejna vrednost Pravilnik o pitni vodi WHO	Parameter
0,193	10	Arzen in spojine (kot As)
5,356	50	Krom in spojine (kot Cr)
17,422	2000	Baker in spojine (kot Cu)
0,222	1	Živo srebro in spojine (kot Hg)
12,457	50	Mangan (kot Mn)
7,007	70	Nikelj in spojine (kot Ni)
4,084	10	Svinec in spojine (kot Pb)
42,16	Brez neobičajnih sprememb	Celotni organski ogljik (TOC) (kot celotni C ali KPK/3)
23,26	250	Kloridi (kot celotni Cl)

1.3.5.2 Mikrobiološko onesnaženje

Mikroorganizmi se ohranijo v vodi vsaj nekaj dni. Čas ohranitve je zelo različen za različne vrste mikroorganizmov.

Patogeni mikroorganizmi iz blata iz komunalnih čistilnih naprav preživijo v tleh različno dolgo. Jajčeca helmintov imajo čas preživetja več mesecev, bakterije najpogosteje 10 do 20 in ne več kot 70 dni, virusi pa najpogosteje 20 in ne več kot 100 dni (Panjan 2004, Poglavlje 3.6, str. 19, Tabela 3.18).

V medzrnskih vodonosnikih in razpoklinskih vodonosnikih z značilnostmi laminarnega toka je najožje območje zato omejeno s 50 dnevno izohrono. Vendarle se nekateri lahko ohranijo tudi več kot 50 dni. Z daljšim časom pretakanja vode in izrazito boljšo infiltracijo v medzrnskih in razpoklinskih vodonosnikih je možnost ohranitve mikroorganizmov že bistveno zmanjšanja, oziroma omejena.

Glede na to, da so časi dospelja od kanala C0 do vodnjakov v Šentvidu in Klečah 40 dni in 90 dni, je treba računati tudi z možnostjo pojava mikrobiološkega onesnaženja iz morebitnega puščanja kanala C0. S to možnostjo je treba računati tudi zaradi možnih preferenčnih poti v prodnem zasipu ali kavernoznem konglomeratu, ki jih danes morda še ne poznamo. Taka onesnaženja lahko predstavljajo nevarnost obolenj, če bi se pojavila v vodnjakih, ne da bi jih pravočasno zaznali.

1.3.5.3 Pričakovana pogostost odpravljanja napak

Če iz verjetnostne ocene sledi, da je treba pričakovati na vsak jašek in odsek med jaškoma po eno napako na vsakih 28,5 let in če je na kritičnem odseku 34 jaškov, to pomeni, da je treba kanal C0 vsaj na kritičnem odseku kontrolirati vsaj enkrat letno.

Iz ocene verjetnosti sledi, da je treba računati, da bo treba odpraviti eno poškodbo na vsakih 18 do 57 let na 2.500 m dolgem kritičnem odseku.

1.3.5.4 Alternativni scenarij

Alternativni scenarij zajema dodatne ukrepe, s katerimi se zagotovi ustrezna varnost, ki je s predvidenimi ukrepi, kot sledi iz analize tveganja, ni možno zagotoviti.

Na podlagi rezultatov analize tveganja je za izgradnjo kanala C0 treba z dodatnimi ukrepi zagotoviti:

1. da je cevovod popolnoma vodotesen,
2. da ne pride do razpok, oziroma vrzeli ob stikih, ki bi bile širše od 0,1 mm tudi v času celotne življenjske dobe kanala C0,
3. da se takoj sanira vrzeli na stikih ali razpoke, ki bi dosegle širino 1 mm,
4. da se kakršnakoli poškodba sanira prej kot v 20 dneh od nastanka (Slika 16).

1.4 Pregled možnih tehničnih zaščitnih ukrepov z analizo stroškov in koristi

1.4.1 Nabor možnih ukrepov

Za izbor najbolj stroškovno učinkovitih ukrepov, oziroma kombinacije ukrepov na najbolj občutljivem odseku cevovoda med jaškoma RJ 142 in RJ 166 je bil obravnavan nabor naslednjih ukrepov:

1. samodejne meritve za odkrivanje morebitnih izgub iz kanala
2. dvojna cevitev kanala
3. dvojna cevitev kanala in opozorilni sistem za samodejno zaznavanje puščanja
4. posteljica iz glinastega materiala
5. enojna cev in zaščitni ovoj iz neprepustne varjene folije
6. enojna cev in obbetoniranje stikov
7. cev kanala vgrajena v galerijo z možnostjo vidnega pregleda puščanja
8. enojna cevitev z vsakoletnimi pregledi in takojšnja sanacija vidnih razpok.
9. monitoring vpliva puščanja na posebnih opazovalnih vrtinah in vodnjakih

Pojasnila k zgornjim točkam:

- 1) Samodejne meritve izgub iz kanala na kritičnem odseku med revizijskima jaškoma RJ 142 in RJ 166 z namenom hitrega zaznavanja puščanja in zmanjšanja tveganja večjega in dolgotrajnejšega iztoka odpadne vode v vodonosnik. Možen način samodejnih meritev so zvezne meritve pretokov v kanalu na začetku in koncu kritičnega odseka. Kljub omejeni absolutni natančnosti bi dolgoročne meritve in analiza podatkov meritev na različnih odsekih bile koristne za ugotavljanje relativne razlike med mesti meritev in posledično zaznavanje morebitnih izgub odpadne vode.

Za zaznavanje izgube se izbere najprimernejši način meritev pretoka, ki omogoča uporabo različne metode ocene izgub kot so znane iz literature (npr., skupni vsaj 21 dnevni pretok, skupni dnevni pretok, hidrograf suhih dni, nočni pretok, ...) ¹³. Uporabi se lahko tudi druge

¹³ Hey, G., Jönsson, K., Mattsson, A. 2016. The impact of infiltration and inflow on wastewater treatment plants: A case study in Sweden. RapportNr.06 (http://vav.griffel.net/filer/C_VA-teknikSodra2016-06.pdf)

znane načine meritev in metod ocene izgub (glej isti literaturni vir, str. 4), če omogočajo večjo natančnost in stroškovno učinkovitost.

- 2) Vgradnja dvojne cevi v odseku z največjo občutljivostjo v neposrednem zaledju vodarn Šentvid in Kleče, kar se sklada tudi s standardom za gradnjo in preskušanje kanalizacijskih cevi (SIST EN 1610).
- 3) Vgradnja dvojne cevi v kritičnem odseku ter senzorji v vmesnem prostoru med cevema za zaznavanje morebitnega puščanja.
- 4) Vgradnja cevi v posteljico iz glinastega materiala z bistveno nižjo prepustnostjo kot za običajne posteljice. Za učinkovito tesnitev bi bilo v posteljico treba vgraditi material s prepustnostjo približno 1×10^{-6} m/s. Tak materiala bi moral imeti 10 % delež zrn manjših od 0,015 mm, oziroma 20 % delež zrn manjših od 0,03 mm (Preglednica 18).

Preglednica 18. Zrnavost materiala za tesnilno posteljico.

Presejek	Velikost zrn [mm]	Enačba	Prepustnost [m/s]
d ₁₀ mm	0,015	Hazen	$2,11 \times 10^{-6}$
d ₁₀ mm	0,015	Bekmetev	$3,21 \times 10^{-6}$
d ₁₀ mm	0,015	Terzaghi	$6,6 \times 10^{-7}$
d ₂₀ mm	0,03	USBR	$1,13 \times 10^{-6}$

- 5) Enojna cevitev iz materiala odpornega na potresno nevarnost in posedanje ter ovaj iz neprepustne folije (PEHD), ki bi imel učinek, če bi bila folija ovita okoli in okoli cevi ter zavarjena, ob jaških zavarjena na jaške.
- 6) Enojna cevitev in obbetoniranje stikov bi pomenila dodatno varnost in tesnitev na najbolj občutljivih delih, to je na stikih med cevi in na stikih med cevmi in jaški.
- 7) Cev kanala vgrajena v galerijo z vidnimi pregledi puščanja je najbolj varna rešitev. Praktično enako varnost predstavlja tudi nadzemni vod. Statistično gledano je pri dvojni cevitvi verjetnost poškodbe obeh cevi hkrati bistveno nižja kot verjetnost poškodbe enojne nadzemne cevi, oziroma kolektorja v galeriji. Vendarle pa je kontrola in odprava napake pri slednjem bistveno lažja.
- 8) Enojna cevitev iz materiala odpornega na potresno nevarnost in posedanje s kontrolnimi pregledi s kamero in tlačnimi preizkusi (1-x na leto) in takojšnja sanacija vidnih razpok.
- 9) Monitoring za posredno ugotavljanje vplivov morebitnega puščanja na posebnih opazovalnih vrtinah in vodnjakih.

1.4.2 Usklajevanje s projektantom

Projektant je glede nabora možnih ukrepov in glede njihove izvedljivosti, oziroma stroškovne učinkovitosti, dal mnenje po naslednjih točkah, ki se navezujejo na točke v poglavju 1.4.1 Nabor možnih ukrepov:

- 1) Samodejne meritve pretoka v kanalu bi bile sicer možne, vendar je natančnost meritev z odstopanjem do 5 % premajhna, da bi to zagotavljalo dovolj zanesljiv podatek, ali gre dejansko za puščanje. Pri pretokih 350 l/s do 750 l/s bi bila napaka v razponu do 18 l/s – 38 l/s.
- 2) Kot najbolj primerna je bila izkazana vgradnja dvojne cevi v odseku z največjo občutljivostjo v neposrednem zaledju vodarn Šentvid in Kleče, kar se sklada tudi s standardom za gradnjo in

preskušanje kanalizacijskih cevi (SIST EN 1610). Projektant je zato skušal pridobiti reference proizvajalca cevi (HOBAS) ali katerekoli druge primere za že izvedene gradnje z dvojno cevjo. Izkazalo se je, da referenčnih objektov z vgradnjo dvojne cevi tako velikega premera dejansko ni. Problematična bi bila tudi vgradnja tako velikih cevi, saj bi bilo težko zanesljivo zatesniti stike notranjih cevi.

3) Glej točko 2) ter:

Proizvajalec HOBAS ima v programu dvojno cev izdelano iz enakega materiala (GRP), kot je predvidena cev za izgradnjo zbiralnika CO.

Dvojna cev ima sledeče pomanjkljivosti:

- Proizvajalec cevi nima referenčnih projektov, ki bi bili primerljivi s predvideno izgradnjo zbiralnika CO, zato ni mogoče pridobiti informacij o izkušnjah pri gradnji, obratovanju in vzdrževanju.
- Proizvajalec dvojnih cevi nima izdelanih vseh detajlov, ki so potrebni za projektiranje. Določene elemente cevovoda bi bilo potrebno namensko konstruirati za kanal CO.
- Dvojna cev je zaradi bolj togih spojev manj odporna na potresne sunke, kot je razvidno iz študije »Ocena potresne varnosti za na trasi zbiralnika CO; št. dok.: H/GV-03/2017 september 2017; HGEM, d.o.o.«.

Dvojna cevitev kanala je lahko tehnično problematična še iz naslednjih vzrokov:

- Ni kontrole nad zunanjim plaščem /zunanjo cevjo.
- Lahko pride do poškodbe zunanje cevi, voda ki bi tekla po notranjem prostoru pa bi kazala na puščanje notranje cevi.
- Pregled zunanjega plašča/zunanje cevi s TV kamero ni možen, ker so med notranjo in zunanjo cevjo distančniki.
- Težje polaganje oz., sama izvedba.
- Visoki stroški.

4) Posteljico iz gline je možno izvesti, vendar pa bi morala biti glina v neposrednem stiku s cevjo v vsaj spodnji polovici oboda cevi, če hočemo doseči bistveno zmanjšanje iztoka iz morebitne razpoke ali slabo zatesnjenega stika.

Vgradnja gline je dražja in zahtevnejša, vendar pa učinek ni ustrezen. *Ker ima projektirani kanal majhen padec približno 0,15 %, lahko pride do posedkov – sifonov. Če je med cevjo in glino prazen prostor ali pa peščena posteljica, ki mora biti sicer standardno v podlagi cevi, potem s tem ne bi bilo zagotovljeno zmanjšanje morebitnega puščanja.*

5) Ovoj iz neprepustne folije (PEHD) bi imel učinek, če bi bila folija ovita okoli in okoli cevi ter zavarjena. Ob jaških bi morala biti zavarjena na jaške. Zaščita stikov s privarjeno neprepustno folijo bi pomenilo večjo dodatno varnost kot obbetoniranje cevi.

Med možnimi zaščitnimi ukrepi je ovoj iz nepropustne folije tehnično sprejemljiva in izvedljiva rešitev.

6) Obbetoniranje stikov bi pomenilo dodatno varnost in tesnitev na najbolj občutljivih delih, to je na stikih med cevmi in na stikih med cevmi in jaški. Vendar je taka tesnitev toga in podvržena nastanku razpok. Težavna je tudi kontrola dobre izvedbe. Zaradi tega ta možnost ne prispeva bistveno k večji varnosti, oziroma zanesljivosti preprečevanja izgub.

7) Cev kanala vgrajena v galerijo z možnostjo vidnega pregleda puščanja ali nadzemna izvedba kanala v danih okvirih projekta ni bila predvidena. Z gradnjo galerije bi posegali v zemljišča kjer ni pridobljena pravica graditi, hkrati bi vrednost projekta z gradnjo galerije večkrat preseгла finančni okvir. Gradnja galerije bi zaradi velikosti posega in tehnologije izvedbe bistveno bolj ogrozila vodne vire.

8) Enojna cevitev¹⁴ iz materiala odpornega na potresno nevarnost in posedanje s kontrolnimi pregledi s kamero in tlačnimi preizkusi (1-x na leto) in takojšnja sanacija vidnih razpok je izvedljiva. Za tesnitev stikov je treba zahtevati, da je dvojna tesnilna guma v celotni širini spojke integrirana na koncu cevi ter je fiksna in kompaktna, kar zmanjšuje tveganje poškodb in posledično netesnosti pri samem postopku stikovanja cevi zaradi nepazljivosti izvajalca del.

9) Monitoring za posredno ugotavljanje vplivov morebitnega puščanja na posebnih opazovalnih vrtinah in vodnjakih je izvedljiv.

1.4.3 Analiza stroškov in koristi

Za analizo stroškov in koristi v PZI so ključne tri možne rešitve na najbolj občutljivem odseku kanala C0 med revizijskima jaškoma RJ 144 in RJ 164 skupno 21 jaškov z varnostno razširitvijo dva jaška na vsako stran, to je med jaškoma RJ 142 in RJ 166 skupno 25 jaškov v dolžini 2,1 km (Slika 18).

1) Cevovod v galeriji

Največjo varnost zagotavlja vgradnja cevovoda v galerijo, kjer se opravljajo dovolj pogosti vidni pregledi. Morebitno puščanje je takoj vidno in ne more uhajati v vodonosnik. Monitoring podzemne vode med obratovanjem ni potreben v celotni življenjski dobi kanala C0. Med gradnjo je monitoring potreben podzemne vode le v času gradnje kritičnega odseka.

+	-
Največja varnost v času delovanja (izvajani dovolj pogosti vidni pregledi, morebitno puščanje je takoj vidno in odpadna voda ne more uhajati v vodonosnik)	Največja izpostavljenost v fazi gradnje
Monitoring podzemne vode med obratovanjem ni potreben v celotni življenjski dobi	Največji poseg v prostor
Niso potrebni letni pregledi cevovoda s kamero, oziroma tlačni preizkusi	
Kontrolne meritve pretoka, oziroma izgub, niso potrebne	

¹⁴ Projektant je posredoval po elektronski pošti dne 4. 9. 2017 krivulje staranja za primer HOBAS cevi.

2) Cevovod z dvojno cevovodno

Vgradnja vkopanih dvojnih cevi je varna rešitev. Potreben je opozorilni sistem za samodejno zaznavanje puščanja in avtomatske meritve pretokov v kanalu za odkrivanje morebitnih izgub. Monitoring podzemne vode med obratovanjem ni potreben v celotni življenjski dobi kanala CO. Monitoring se pripravi za izvedbo le za primere ugotovljenih izgub ali onesnaženja v vodnjakih, dokler se ne izvede in zaključi sanacija. Med gradnjo je hidrogeološki monitoring potreben le v času gradnje kritičnega odseka.

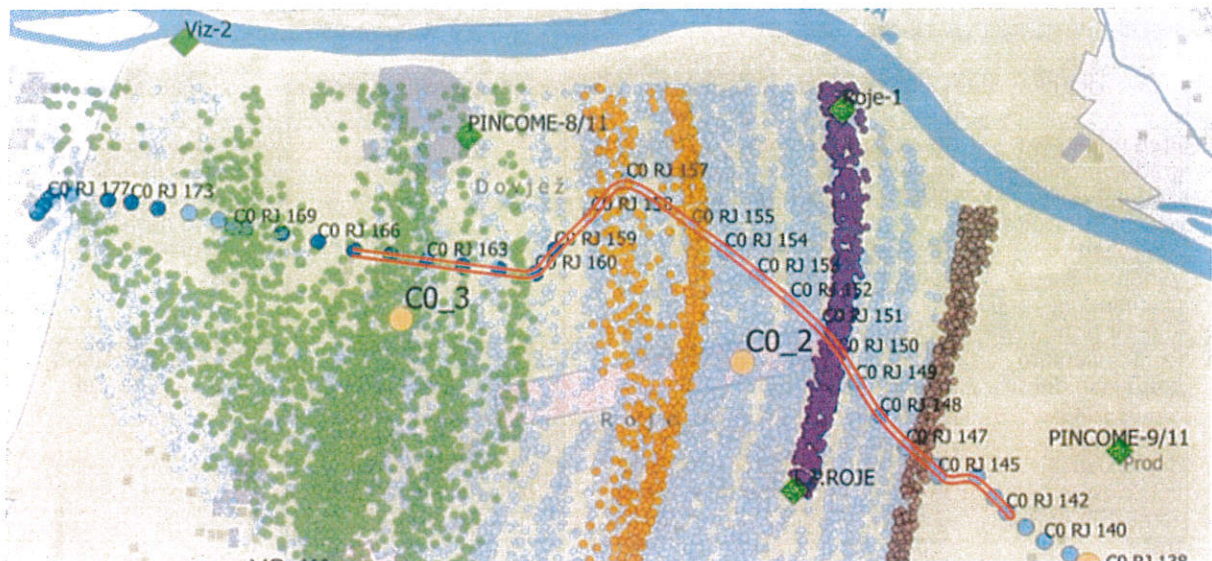
+	-
Monitoring podzemne vode med obratovanjem ni potreben v celotni življenjski dobi – potreben le v primerih ugotovljenih izgub, dokler se ne izvede in zaključi sanacija	Pomanjkanje referenčnih objektov in izkušenj pri vgradnji dvojnih cevi večjih dimenzij
	Potreben opozorilni sistem za samodejno zaznavanje puščanja

3) Cevovod z enojno cevovodno in monitoringom

Cevovod z enojno cevovodno z ovojem iz neprepustne folije (PEHD) ovite okoli cevi (celoten obseg) ter zavarjene, ob jaških zavarjena na jaške, je možna izvedba, ki je najmanj varna in najmanj zanesljiva. Potrebne so samodejne meritve za odkrivanje morebitnih izgub ter najmanj 1- x letno pregledi tesnosti. Potreben je stalni monitoring podzemne vode v celotni življenjski dobi obratovanja (30 let).

+	-
Manj zahteven poseg – časovno in prostorsko	Monitoring podzemne vode* med obratovanjem potreben v celotni življenjski dobi
	Potreben opozorilni sistem za samodejno zaznavanje puščanja (meritve pretokov v kanalu za odkrivanje morebitnih izgub ali druge metode, npr. temperature)
	Varnostni načrt z vključitvijo zahtevnejših ukrepov v primeru onesnaženj.

* Monitoring zajema izgradnjo opazovalnih objektov, redna vzorčenja v opazovalnih objektih in črpalnih vodnjakih, analitiko, splošno interpretacijo.



Slika 18. Najbolj občutljivi odsek kanala C0 z varnostno razširitvijo med revizijskima jaškoma RJ 142 in RJ 166 skupno 25 jaškov v dolžini 2,1 km.

1.5 Načrt stroškovno učinkovitih ukrepov

1.5.1 Priprava tehničnega poročila za projektanta

Vsi zapisani dodatni ukrepi veljajo za odsek kanalizacijskega zbiralnika med jaškoma RJ 142 in RJ 166 skupno 25 jaškov v dolžini 2,1 km.

Ker gre za gradnjo cevovoda, pomeni da se gradbišče pomika vzdolž načrtovane trase.

Ukrepi s protokoli in navodili izvajanja morajo biti zapisani v elaboratu Varovanje podzemne vode v času gradnje povezovalnega kanala C0, ki mora biti sestavni del projekta za izvedbo (PZI) in za čas obratovanja kanalizacijskega zbiralnika C0 v projektu izvedenih del (PID).

1.5.1.1 Predlog projektanta o stroškovno najučinkovitejši rešitvi za PZI

V fazi usklajevanja je projektant menil, da bo stroškovno najučinkovitejša rešitev enojna cevitev iz materiala odpornega na potresno nevarnost in posedanje *in zaščitni ovoj iz neprepustne varjene folije ovite okoli in okoli cevi, ter zvarjena*. Ob jaških mora biti *folija* zavarjena na jaške. Za tesnitev stikov je treba zahtevati, da je dvojna tesnilna guma v celotni širini spojke integrirana na koncu cevi ter je fiksna ter kompaktna, kar zmanjšuje tveganje poškodb in posledično netesnosti pri samem postopku stikovanja cevi zaradi nepazljivosti izvajalca del.

Ob taki izvedbi se predvidijo naslednji ukrepi v času izvajanja del in v času obratovanja (Preglednica 19, Preglednica 20):

Preglednica 19. Ukrepi v času izvajanja del.

	UKREP	AKTIVNOSTI, KI SE IZVEDEJO V SKLOPU UKREPA	VSEBINA V ELABORATU	OPOMBA
1	Pred pričetkom gradbenih del se izvajalca del in nadzor informira o ranljivosti vodonosnika Ljubljanskega polja, ki je vir pitne vode	Izvede se sestanek, v katerem se predstavi pomen vodonosnika, po katerem poteka gradbišče za oskrbo s pitno vodo, in mehanizme onesnaženja podzemne vode.		V fazi uvajanja v delo se izvajalcem in nadzoru poda informacija, zakaj je potrebno dosledno izvajati predpisane ukrepe.
2	Pred pričetkom gradbenih del se izvede popis dosedanjih dejavnosti in aktivnosti na zemljiščih vzdolž trase	Stanje na trasi se dokumentira pisno v obliki zapisnika in posnetka s kamero oziroma fotografijami. Popisati in oceniti je potrebno obstoječe potencialne nevarnosti na trasi (gramoznica Dovjež, skladišča). Če se ugotovi, da so bile na trasi uporabljene ali skladiščene nevarne snovi, se mora z geološkimi raziskavami natančno preiskati kakovost zemljine in preprečiti morebiten vdor starih onesnaženj v podzemno vodo in črpališča pitne vode.	Zapisati se mora protokol, kako se izvaja pregled, kdo je prisoten pri predhodnem ogledu trase, katere geološke raziskave in preizkusne metode se uporabi. Zapisati je potrebno, kaj se mora narediti, če se ugotovi onesnaženje.	Zahteva v PGD. Ukrep izvede izvajalec del.
3	Parkirišča za delovne stroje in naprave	Lokacije parkirišč za delovne stroje in naprave so izven območja izkopa na utrjeni nepropustni površini, kjer se lahko zadrži celotna količina pretočenega goriva za oskrbo delovnih strojev.	Tehnološki načrt mehanizacije se priloži pred pričetkom gradnje in je priloga Elaboratu. V Elaboratu se določi lokacije ob trasi cevovoda, ki so primerne za pripravo parkirišč in postopek izvedbe neprepustne površine.	Menimo, da je varneje če mehanizacija za izkope ostane v bližini lokacije, kjer potekajo dela na urejenem in neprepustnem parkirišču, kakor da se premika na neko oddaljeno parkirišče po neurejenih dostopnih cestah.
4	Pregled delovnih strojev, vozil in naprav	Vsak dan se pred pričetkom dela pregleda mehanizacija in dotoči gorivo. Vsak pregled se zabeleži v gradbeni dnevnik. Če se zazna puščanje goriva se takoj prične z ukrepi...	Zapisati protokol izvajanja pregleda. Določene morajo biti osebe, ki izvajajo pregled s strani izvajalca in osebe, ki to nadzirajo s strani nadzora del.	Pregled opravlja občasno tudi zunanji nadzor in hidrogeološki nadzor.
5	Pretakanje goriva	Pretakanje se izvaja le na v Elaboratu določenih lokacijah in utrjenih površinah. Vsako točenje goriva se zabeleži v gradbeni dnevnik.	Zapisati protokol točenja goriva in osebe, ki to nadzirajo s strani izvajalca del.	
6	Ukrepanje v primeru razlitja nevarne snovi ali goriva	Mesto razlitja potresti z nevtralizacijskim sredstvom, zbrati onesnaženo zemljino in jo deponirati na za to določeno lokacijo.	Zapisati postopke in vrstni red ukrepanja v primeru razlitja. V gradbenem dnevniku morajo biti zapisani vsi kontakti in tel številke, ki jih je potrebno poklicati v primeru razlitja (JP VO-KA, 112, pooblaščenec za odvoz onesnažene zemljine).	

	UKREP	AKTIVNOSTI, KI SE IZVEDEJO V SKLOPU UKREPA	VSEBINA V ELABORATU	OPOMBA
7	Izvajanje izkopa gradbene jame	Gradbena dela se izvajajo po odsekih, da izkopan odsek ni dalj časa izpostavljen padavinam. Izkop gradbene jame se ne sme izvajati v času intenzivnih padavin. V času gradnje se mora preprečiti onesnaženje tal. Deponiranje prsti se izvede tako, da ne pride do onesnaženja s škodljivimi snovmi ali manj kvalitetnim materialom ter da se ohrani njena rodovitnost in količina. Pri prekrivanju cevi se zemljino vrača v ustreznem vrstnem redu.	V Elaboratu se določi mejo, pri katerih padavinskih dogodkih se ustavi izkop gradbene jame.	Izkop gradbene jame spremlja hidrogeološki nadzor, ki lahko na lokaciji prekine delo zaradi premočnih padavin, Geološko hidrogeološki nadzor spremlja deponiranje prsti in prekrivanje.
	Geološko geomehanske preiskave	Na lokacijah, ki so bile v študiji »Ocena potresne varnosti na trasi kanalizacijskega zbiralnika C0« prepoznane, da lahko ob potresu pride do likvifikacije (od jaška C0 RJ 10-C0 RJ 75), se izvedejo geomehanske preiskave.	Na odseku jaška C0 RJ10 do jaška C0 RJ75 se izvedejo geomehanske preiskave: SPT, odvzem vzorcev za ciklični strižni preizkus in sejalne analize, če so izpolnjeni pogoji: 1. nasičena plast sedimenta (gladina podzemne vode) ≤ 25 m pod površjem, 2. povprečna velikost zrn $D_{50} \leq 10$ mm, 3. glede na % delcev majhnega premera (granulacija premera $\leq 0,075$ mm) $\leq 30\%$.	
8	Začasne dostopne poti do gradbišča	Transport materiala in promet delovnih strojev in naprav poteka le po z Elaboratom določenih dostopnih poteh,(samo obstoječe poti).	V Elaboratu se v grafični obliki določijo dostopne poti ter zapiše, kako morajo biti urejene in kdo je odgovorna oseba, ki nadzira izvajanje tega ukrepa.	Dostopne poti morajo biti vključene v načrt gradbišča.
9	Odseki trase kanalizacijskega zbiralnika, kjer je visoka gladina podzemne vode	Kanalizacijski zbiralnik mora biti zaradi visokih podzemnih voda zgrajen iz sodobnih materialov in vodotesen. Pri projektiranju in izvedbi je potrebno zaradi tega upoštevati možnost pojave vzgona.	V Elaboratu se opredeli odseke, kjer ta možnost obstaja.	V PZI se izvede preveritev odpornosti kanala in revizijskih jaškov proti vzgonu in proti dodatnim posedkom za jaške, za katere obstaja možnost, da bodo pod gladino podzemne vode (Slika 4). Kritična mesta s preveri s preiskovalnimi vrtinami.
10	Pregled cevi pred vgradnjo	Vsaka posamezna cev, cevni element in jašek se pregleda pred vgradnjo, notranjost in zunanost ¹⁵ .	Določiti je potrebno protokol pregleda cevi.	Obveznost izvajalca del
11	Pregled cevovoda kanalizacijskega zbiralnika C0	Pred predajo cevovoda kanalizacijskega zbiralnika upravljavec sistema JP VO-KA pregleda odsek s TV kamero.		Izvede upravljavec sistema JP VO-KA

¹⁵ Proizvajalec cevi naj izda zagotovilo, da so cevi brezhibne na podlagi testiranja vsake cevi in fazonskega kosa posebej na vodotesnost, neustrezne pa izločene.

	UKREP	AKTIVNOSTI, KI SE IZVEDEJO V SKLOPU UKREPA	VSEBINA V ELABORATU	OPOMBA
12	Preizkus vodotesnosti kanalizacijskega zbiralnika	V PZI projektu se določi material cevovoda in zahteva po vodotesnosti tako materiala kot sistema. Določi se način preizkušanja z navedbo standarda in opisom tlačnega preizkusa, ter kdo ga lahko izvaja.	V Elaborat se zapiše zahteva, da se po vgradnji pregleda stanje cevi in naredi test vodotesnosti od jaška do jaška.	Določi se pogostost, način rednih pregledov ter kriterije za sanacijo.
13	Ravnanje z odpadki	Neuporabne preostanke gradbenih odpadkov in gradbenih odpadkov iz zemeljskih izkopov se mora odlagati na ustrezne lokacije.	V Elaboratu se določi lokacija zbiranja odpadkov, kjer deponije ne sme biti in način zbiranja in odvoza ter omeji obdobje, do kdaj je deponija lahko na tej lokaciji.	Izvajalec del pripravi načrt gospodarjenja z odpadki.
14	Izdelava vrtin za izvajanje monitoringa	Izdelajo se piezometri dolvodno od trase kanalizacijskega zbiralnika C0, ki bodo omogočali spremljanje vplivov gradnje in obratovanja C0 na kakovost podzemne vode.	V Elaborat se zapišejo lokacije, kjer je potrebno izdelati dodatne vrtine, ki bodo omogočale izvajanje monitoringa vplivov na kakovost podzemne vode.	Preveri se, kje so zemljišča v lasti MOL.
15	Monitoring vplivov v času izvajanja gradbenih del na trasi kanalizacijskega zbiralnika C0	Vzorčevanje in fizikalno-kemijske analize podzemne vode na objektih, ki so določeni v Elaboratu.	V Elaboratu se zapišejo objekti, frekvenca izvajanja monitoringa in obseg parametrov, ki se spremljajo v sklopu monitoringa.	
16	Informiranje lastnikov o poteku kanalizacijskega zbiralnika	Lastnikom zemljišč, po katerih poteka kanalizacijski zbiralnik, se po končanih delih preda informacija v pisni in grafični obliki o poteku in globini cevi in jaškov zbiralnika C0.		

Preglednica 20. Ukrepi v času obratovanja.

	UKREP	AKTIVNOSTI, KI SE IZVEDEJO V SKLOPU UKREPA	VSEBINA V ELABORATU	OPOMBA
1	Monitoring kakovosti podzemne vode	Vzorčevanje in fizikalno-kemijske analize podzemne vode na objektih, ki so določeni v Elaboratu.	V Elaboratu se določijo točke in frekvenca kjer se izvaja monitoring kakovosti podzemne vode.	
2	Pregled vodotesnosti kanalizacijskega zbiralnika C0	1x letno se s kamero po odsekih, od jaška do jaška, pregleda stanje cevi. Pri detekciji kakršne koli poškodbe se takoj prične s sanacijo.	V Elaboratu se zapiše protokol izvajanja pregleda in izvedbe sanacije.	
3	Opozorilni sistem za samodejno zaznavanje puščanja	Namestitev sistema zaznavanja puščanja (po metodi kontrole pretoka) ¹⁶	V Elaboratu se določi sistem zaznavanja in protokol izvedbe meritev.	
4	Scenariji in varnostni ukrepi v vodarni Kleče v primeru onesnaženja	Izdela se varnostni načrt obratovanja vodarn Kleče in Šentvid v primeru onesnaženja.	Zahteva po izdelavi varnostnega načrta.	Izdela JP VO-KA

¹⁶ Hey, G., Jönsson, K., Mattsson, A. 2016. The impact of infiltration and inflow on wastewater treatment plants: A case study in Sweden. RapportNr.06 (http://vav.griffel.net/filer/C_VA-technikSodra2016-06.pdf)

2 II. del – PROGRAM MONITORINGA VPLIVOV POVEZOVALNEGA CEVOVODA C0 NA KAKOVOST PODZEMNE VODE

2.1 Načrt spremljanja stanja pred in med gradnjo ter v času obratovanja

2.1.1 Hidrogeološki monitoring

2.1.1.1 Nove vrtine za monitoring

Nove vrtine za monitoring obratovanja kanala C0 (Slika 19):

1. C0_1 (PC0-1/18) – Nova opazovalna vrtina – v območju vzhodne meje toka podzemne vode od kanala C0 do vodnjakov v Klečah,
2. C0_2 (PC0-2/18) – Nova opazovalna vrtina – v predvidenem območju nalivalnih vodnjakov aktivne zaščite,
3. C0_3 (PC0-3/18) – Nova opazovalna vrtina – v območju zahodne meje toka podzemne vode od kanala C0 do najbolj zahodnega vodnjaka v vodarni Šentvid,
4. VO-KA (PŠ-1/17) – Že obstoječa vrtina SZ od vodarne Šentvid, ki bo omogočala monitoring podzemne vode pred dotokom v vodarno Šentvid (Program varstva okolja MOL, Poročilo o realizaciji Programa varstva okolja za MOL 2007–2013, Str. 63 in Priloga 5, str. 60),



Slika 19. Površine parcel, ki so v lasti MOL (modri poligoni) in predvidena mesta novih opazovalnih vrtin (oranžni krogi).

Preglednica 21. Predvidene kote podlage in globine ter koordinate treh novih opazovalnih vrtin za nadzor vplivov kanala C0 na vodarni Šentvid in Kleče.

Ime	Predvidena kota podlage (m)	Predvidena globina (m)	x	y
CO_1	275	17	462026	106783
CO_2	240	54	461089	106943
CO_3	270	27	460176	107343

2.1.1.2 Izvajanje monitoringa v času obratovanja kanala C0

Vrtina CO_1 (PC0-1/17) je namenjena ugotovitve dejanske globine do podlage, ki je na tem območju negotova, oziroma je lahko podlaga višja od uporabljene v projektni dokumentaciji. To bi vplivalo na gradnjo zaradi izkopa v hribino namesto v zemljino ter tudi zaradi pričakovane višje gladine podzemne vode. Vrtina je ključna tudi za določitev vzhodne mejne tokovnice toka podzemne vode proti vzhodnemu robu vodarne Kleče. Vrtina CO_2 (PC0-2/17) je namenjena spremljanju stanja podzemne vode med obratovanjem kanala C0 za ugotavljanje ozadja ali neposrednega vpliva puščanja v smeri toka proti osrednjemu delu vodarne Kleče. Vrtina CO_3 (PC0-3/17) je namenjena spremljanju stanja podzemne vode za ugotavljanje ozadja ali neposrednega vpliva puščanja v smeri zahodne mejne tokovnice s kritičnega odseka kanala C0 proti zahodnem delu vodarne Šentvid. Vrtina VO-KA (PŠ-1/17) je namenjena spremljanju stanja podzemne vode med obratovanjem kanala C0 za ugotavljanje ozadja z zahodnega roba vodarne Šentvid.

Vrtine PC0-2/17, PC0-3/17, PINCOME-7/11, PINCOME-10/11, LP Roje so namenjene opozorilnemu zaznavanju morebitnih onesnaževal znotraj območja toka podzemne vode izpod najbolj kritičnega odseka kanala C0. S predvidenim načinom vzorčenja (Preglednica 21 in Preglednica 22) omogočajo pomoč pri prilagajanju režima črpanja v primeru prihajajočih onesnaževal iz točkovnih virov, oziroma iztokov.

Preglednica 22. Vodnjaki v Klečah in Šentvidu ter piezometri, predvideni za izvajanje vzorčenja v okviru obratovalnega monitoringa.

	Vodnjaki	Pogostost		Piezometri	Pogostost
1	VD Kleče 8a	1/mesec	1	PC0-1/17	4/leto
2	VD Kleče 12	1/mesec	2	PC0-2/17	4/leto
3	VD Kleče 14	1/mesec	3	PC0-3/17	4/leto
4	VD Kleče 15	1/mesec	4	PŠ-1/17	4/leto
5	VD Kleče 16	1/mesec	5	PINCOME-7/11	4/leto
6	VD Kleče 17	1/mesec	6	PINCOME-10/11	4/leto
7	VD Šentvid 1a	1/mesec	7	LP Roje	4/leto
8	VD Šentvid 2a	1/mesec	8	PKL2-1	2/leto

Odvzete vzorce se analizira na naslednje parametre:

Preglednica 23. Nabor parametrov za obratovalni monitoring med obratovanjem kanala C0.

	Parameter
1	Arzen in spojine (kot As)
2	Kobalt
3	Krom in spojine (kot Cr)
4	Baker in spojine (kot Cu)

5	Živo srebro in spojine (kot Hg)
6	Mangan (kot Mn)
7	Nikelj in spojine (kot Ni)
8	Svinec in spojine (kot Pb)
9	Cink in spojine (kot Zn)
10	Vanadij (kot V)
11	Halogenirane organske spojine (kot AOX)
12	Di-(2-etilheksil) ftalat (DEHP) ftalne kisline dietilheksilester
13	Fenoli (kot fenolni index) kot C6H5OH
14	Celotni organski ogljik (TOC) (kot celotni C ali KPK/3)
15	Kloridi (kot celotni Cl)
16	Acetilsalicilna kislina
17	Bisfenol A
18	Di-(2-etilheksil)-ftalat
19	Dibutil ftalat
20	Diklofenak
21	Estradiol
22	Estron
23	Karbamazepin
24	Kofein
25	Propranolol
26	Teofilin
27	4-Nonilfenol (mešanica razvejanih izomerov)
28	4-Nonilfenol monoetoksilat (mešanica razvejanih izomerov)

Poleg zgoraj navedenih kemijskih parametrov je potrebno analizirati tudi prisotnost mikrobiološkega onesnaženja fekalnega izvora.

Med obratovanjem se trikrat letno odvzame vzorce vode iz kanala C0 in analizira na navedene parametre. Vzorce se odvzame enkrat v sušnem obdobju, enkrat v dežnem in enkrat v času nalivov, tako, da je možno opredeliti pomembna onesnaževala in tako optimizirati tudi analize v vodnjakih in piezometrih.

2.1.1.3 Izvajanje monitoringa v času gradnje kanala C0 čez kritično območje

Pogostost predvidenega vzorčenja je podana v Preglednici 23.

Preglednica 24. Vodnjaki in Šentvidu ter piezometri, predvideni za izvajanje vzorčenja med gradnjo kanala C0 čez kritično območje.

	Vodnjaki	Pogostost		Piezometri	Pogostost
1	VD Kleče 8a	1/teden	1	PC0-1/18	1/teden
2	VD Kleče 12	1/teden	2	PC0-2/18	1/teden
3	VD Kleče 14	1/teden	3	PC0-3/18	1/teden
4	VD Kleče 15	1/teden	4	PŠ-1/17	1/teden
5	VD Kleče 16	1/teden	5	PINCOME-7/11	1/teden
6	VD Kleče 17	1/teden	6	PINCOME-10/11	1/teden
7	VD Šentvid 1a	1/teden	7	LP Roje	1/teden
8	VD Šentvid 2a	1/teden	8	PKL2-1	

Z odvzemom vzorcev se prične 1 mesec pred selitvijo del na kritični odsek in 4 mesece po končanih delih na tem odseku. Odvzete vzorce se analizira na naslednje parametre (Preglednica 24):

Preglednica 25. Nabor parametrov za obratovalni monitoring med gradnjo kanala C0 čez kritično območje.

	Parameter
1	Arzen in spojine (kot As)
2	Kobalt
3	Krom in spojine (kot Cr)
4	Baker in spojine (kot Cu)
5	Živo srebro in spojine (kot Hg)
6	Mangan (kot Mn)
7	Nikelj in spojine (kot Ni)
8	Svinec in spojine (kot Pb)
9	Cink in spojine (kot Zn)
10	Vanadij (kot V)
11	Celotni organski ogljik (TOC) (kot celotni C ali KPK/3)
12	Mineralna olja
13	PAH
14	BTX

2.1.2 Monitoring onesnaženosti tal

Podrobnejša navodila za monitoring onesnaženosti tal so podana v prilogi 6, str. 61.

Izvajati je treba sprotni popis lastnosti tal in zemeljskega izkopa. Med spremljavo gradnje je treba biti pozoren na spremembe v podtalju oziroma prisotnost umetnega nasutja ali odpadkov, kot so npr. opeka, plastika, kovinski ostanki, itd). Tako območje je treba zaščititi pred spiranjem, ko je izkop odprt. Če se ugotovi, da ne gre za odlagališče odpadnega materiala, se to zasuje nazaj v skladu z ukrepi, ki so predvideni za tla (najprej mrtva tla in nad njimi živa tla). Naravne razmere se ne smejo spremeniti. Tekom spremljave odkopnih del za novo kanalizacijsko povezavo predlagamo, da se odvzamejo dodatni vzorci tal, ki niso bili predvideni v sklopu te naloge, če obstaja sum za potencialno onesnaženje tal.

Na podlagi potencialnih izvorov onesnaženja je predlaganih 10 lokacij za odvzem vzorcev zemeljskih izkopov oziroma podtalja (Priloga 6, str. 61). Poleg predlaganih lokacij je potrebno dodatno odvzeti vzorce podtalja na lokacijah, kjer bi bila med spremljavo zaznana prisotnost umetnega nasutja ali odpadkov v zemljini. Torej skupno najmanj 10 vzorcev. Odvzeti je potrebno kompozitne vzorce, pri čemer naj bo posamezni vzorec sestavljen iz vsaj 5 podvzorcev in ustrezno dokumentiran. Skupna teža posameznega vzorca mora biti vsaj 5 kg.

Za karakterizacijo zemljine se analizirajo standardi kakovosti za zemeljske izkope, ki so predpisani v Prilogi 1 Uredbe o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Uradni list RS, št. 34/08 in 61/11). Zemeljski izkop je odpadek, sestavljen iz prsti, mineralnih sedimentov in kamenja, ki nastane pri izkopavanju ali odkrivanju tal ali podtalja.

Med standarde kakovosti (Uradni list RS, št. 34/08 in 61/11) spadajo kovinske anorganske snovi (As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Hg in Zn) ter organske snovi, in sicer celokupni organski ogljik (TOC), ogljikovodiki (C10-C40), lahkohlapni aromatski ogljikovodiki (BTEX), policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH), poliklorirani bifenili (PCB) in adsorbiljivi organski halogeni (AOX). Za omenjene parametre je potrebno določiti celokupne vrednosti po uveljavljenih standardnih metodah in vrednosti v vodnem izlužku (L/S = 10 l/kg) po standardu EN 12457-4.

V kolikor bodo parametri v zemeljskem izkopu pod mejnimi vrednostmi standardov kakovosti (v prilogi 1, Uradni list RS, št. 34/08 in 61/11), zemeljski izkop ne predstavlja tveganja podzemne vode za onesnaženje in obratno. V primeru, da se ugotovijo povišane vrednosti, je potrebno ugotoviti, ali gre za umetni nasip in v kolikšnem obsegu ter kako vpliva na podzemno vodo in ali oziroma, kaj je potrebno z njim storiti.

2.2 Načrt alarmiranja in ukrepanja

- 1) V primeru, da meritve pretoka voda čez kritični odsek kažejo izgube, se pristopi k natančnejši kontrolni meritvi, do ugotovitve mesta izgub.
- 2) V primeru ukrepov brez meritev pretoka se načrt prične z naslednjo točko.
- 3) V primeru, da se ugotovi odstopanja vrednosti analiziranih parametrov v katerem od vodnjakov v vodarnah Kleče ali Šentvid ali opazovalnih piezometrih, se pristopi k natančnejšim meritvam izgub iz kanala C0 na podlagi meritve pretokov kot je navedeno v točki 1. Če izgube ali poškodbe kanala C0 niso ugotovljive, oziroma vidne, se izvor onesnaženja ugotovi v največji možni meri na podlagi do takrat opravljenih analiz, trenda in znanih tokovnic iz načrta hidroizohips in numeričnega modela, tako da je možnost izvora iz kanala C0 zanesljivo lahko izključena. Če onesnaženje ne izzveni, z drugimi načini pa ni možno locirati vira onesnaženja, ki ni kanal C0, je treba z dodatnimi piezometri in analizami podzemne vode dokazati, da onesnaženje ne izvira iz kanala.
- 4) V primeru izrednih dogodkov (potres, naravne nesreče, fizične poškodbe kanala C0) je najprej potreben temeljit pregled in tlačni preizkus kanala, da se ugotovi poškodovanost. V piezometrih in vodnjakih dolvodno od poškodb se pogosti odvzem vzorcev 1-krat na teden ali po potrebi pogosteje, da se ustrezno napove prehod in dinamiko onesnaženja proti vodnjakom, tudi s pomočjo numeričnega modela. Rezultate te napovedi se uporabi v okviru varnostnega načrta obratovanja vodarne Kleče in Šentvid v primeru onesnaženja (Preglednica 20).

3 III. del – NAČRT IZVAJANJA HIDROGEOLOŠKEGA NADZORA MED GRADNJO

- 1) Spremljati morebitne pojave podzemne vode na odsekih, kjer je gladina blizu dna jaškov.
- 2) Spremljati sestavo materiala in njegove zrnivosti v izkopu za oceno prepustnosti.
- 3) Obdelava podatkov o gladinah podzemne vode in priprava načrtov hidroizohips, da je za delovišče sprti znano njegovo vplivno območje za vodnjake v vodarnah.
- 4) Spremljava in testiranje novih piezometrov.

1 PRILOGA – Pregled predložene dokumentacije

Preglednica 26. Preglednica predloženih grafičnih datotek.

Ime datoteke	Velikost	Vsebina datoteke
0_8_2_1_1_LOKACIJSKI_PODATK,DWF	136,013	Načrt parcel 1
0_8_2_1_2_LOKACIJSKI_PODATK,DWF	152,609	Načrt parcel 2
0_8_2_2_LOKACIJSKI_PODATKI0,DWF	59,424	Načrt parcel z vrisanim posegom 1, 2
0_8_2_2_LOKACIJSKI_PODATKI1,DWF	99,777	Načrt parcel z vrisanim posegom 3, 4
0_8_2_2_LOKACIJSKI_PODATKI2,DWF	105,021	Načrt parcel z vrisanim posegom 5, 6
0_8_2_2_LOKACIJSKI_PODATKI3,DWF	62,862	Načrt parcel z vrisanim posegom 7
0_8_2_3_CO_KARAKTERISTI_NI_,DWF	39,467	Karakteristični prečni prerez
0_8_2_4_PRIKAZ_PRIKLJU_KOV_,DWF	99,126	Situacija vodovodnega priključka
0_8_2_5_LOKACIJSKI_ZUNANJA_,DWF	664,390	Situacija zunanje ureditve
0_8_2_6_LOKACIJSKI_PODATKI0,DWF	60,499	Zakoličbena situacija 1, 2
0_8_2_6_LOKACIJSKI_PODATKI1,DWF	101,515	Zakoličbena situacija 3, 4
0_8_2_6_LOKACIJSKI_PODATKI2,DWF	106,097	Zakoličbena situacija 5, 6
0_8_2_6_LOKACIJSKI_PODATKI3,DWF	63,567	Zakoličbena situacija 7
0_8_2_7_LOKACIJSKI_PODATKI0,DWF	63,365	Območje gradbišča 1, 2
0_8_2_7_LOKACIJSKI_PODATKI1,DWF	108,203	Območje gradbišča 3, 4
0_8_2_7_LOKACIJSKI_PODATKI2,DWF	110,922	Območje gradbišča 5, 6
0_8_2_7_LOKACIJSKI_PODATKI3,DWF	65,369	Območje gradbišča 7
3_5_1_1_CO_PREGLEDNA_KARTA_,DWF	1,291,796	Potek kanalizacije (po listih)
3_5_1_2_CO_PREGLEDNA_KARTA_,DWF	6,738,024	Prispevna območja kanalizacije
3_5_1_3_CO_KARTA_POPLAVNIH_,DWF	5,228,136	Karta poplavnih razredov z vrisanim posegom
3_5_1_4_CO_KARTA_POPLAVNE_N,DWF	5,266,492	Karta poplavne nevarnosti z vrisanim kolektorjem
3_5_2_CO_SITUACIJA_REVA_SI0,DWF	823,986	Kolektor, navezave, kanalizacijsko omrežje fekalno in meteorno - Situacija 1, 2
3_5_2_CO_SITUACIJA_REVA_SI1,DWF	859,140	Kolektor, navezave, kanalizacijsko omrežje fekalno in meteorno - Situacija 11, 12
3_5_2_CO_SITUACIJA_REVA_SI2,DWF	372,028	Kolektor, navezave, kanalizacijsko omrežje fekalno in meteorno - Situacija 13, 14
3_5_2_CO_SITUACIJA_REVA_SI3,DWF	547,636	Kolektor, navezave, kanalizacijsko omrežje fekalno in meteorno - Situacija 15
3_5_2_CO_SITUACIJA_REVA_SI4,DWF	496,959	Kolektor, navezave, kanalizacijsko omrežje fekalno in meteorno - Situacija 3, 4
3_5_2_CO_SITUACIJA_REVA_SI5,DWF	672,239	Kolektor, navezave, kanalizacijsko omrežje fekalno in meteorno - Situacija 5, 6
3_5_2_CO_SITUACIJA_REVA_SI6,DWF	943,785	Kolektor, navezave, kanalizacijsko omrežje fekalno in meteorno - Situacija 7, 8
3_5_2_CO_SITUACIJA_REVA_SI7,DWF	442,911	Kolektor, navezave, kanalizacijsko omrežje fekalno in meteorno - Situacija 9, 10
3,5,2 CO Situacija-revA,DWG	5,903,128	Situacija posega z visokovodnimi kotami Q 100

3_5_3_CO_ZBIRNIK_REVA_SIT_0,DWF	197,586	Zbirnik komunalnih vodov 1, 2
3_5_3_CO_ZBIRNIK_REVA_SIT_2,DWF	384,418	Zbirnik komunalnih vodov 11, 12
3_5_3_CO_ZBIRNIK_REVA_SIT_3,DWF	22,450	Zbirnik komunalnih vodov 3, 4
3_5_3_CO_ZBIRNIK_REVA_SIT_4,DWF	244,947	Zbirnik komunalnih vodov 13, 14
3_5_3_CO_ZBIRNIK_REVA_SIT_5,DWF	92,137	Zbirnik komunalnih vodov 5, 6
3_5_3_CO_ZBIRNIK_REVA_SIT_6,DWF	441,634	Zbirnik komunalnih vodov 15
3_5_3_CO_ZBIRNIK_REVA_SIT_7,DWF	233,583	Zbirnik komunalnih vodov 7, 8
3_5_3_CO_ZBIRNIK_REVA_SIT_9,DWF	221,070	Zbirnik komunalnih vodov 9, 10
3,5,4,CO vzdolžni 1-18-revA,DWG	1,432,478	Vzdolžni prerezi 1, 2 in 3 (0-1 km, 1-2 km in 2-3 km)
3_5_4_1_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	17,972	Vzdolžni prerezi 1
3_5_4_2_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	17,084	Vzdolžni prerezi 2
3_5_4_3_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	15,932	Vzdolžni prerezi 3
3_5_4_4_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	16,858	Vzdolžni prerezi 4
3_5_4_5_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	16,400	Vzdolžni prerezi 5
3_5_4_6_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	16,883	Vzdolžni prerezi 6
3_5_4_7_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	16,769	Vzdolžni prerezi 7
3_5_4_8_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	15,897	Vzdolžni prerezi 8
3_5_4_9_CO_VZDOLZNI_1_18_RE,DWF	15,152	Vzdolžni prerezi 9
3_5_4_10_CO_VZDOLZNI_1_18_R,DWF	14,744	Vzdolžni prerezi 10
3_5_4_11_CO_VZDOLZNI_1_18_R,DWF	17,066	Vzdolžni prerezi 11
3_5_4_12_CO_VZDOLZNI_1_18_R,DWF	15,180	Vzdolžni prerezi 12
3_5_4_13_CO_VZDOLZNI_1_18_R,DWF	17,253	Vzdolžni prerezi 13
3_5_4_14_CO_VZDOLZNI_1_18_R,DWF	16,528	Vzdolžni prerezi 14
3_5_4_15_CO_VZDOLZNI_1_18_R,DWF	15,255	Vzdolžni prerezi 15
3_5_4_16_CO_VZDOLZNI_1_18_R,DWF	16,105	Vzdolžni prerezi 16
3_5_4_17_CO_VZDOLZNI_1_18_R,DWF	15,163	Vzdolžni prerezi 12 (moral bi biti 17)
3,5,5, CO precni 1-11,dwg	630,124	Prečni prerezi 1 - 11
3_5_5_1_PRECNI,DWF	12,873	Prečni prerezi 1 - 1
3_5_5_2_PRECNI,DWF	25,790	Prečni prerezi 2 - 2
3_5_5_3_PRECNI,DWF	25,398	Prečni prerezi 3 - 3
3_5_5_4_PRECNI,DWF	26,359	Prečni prerezi 4 - 4
3_5_5_5_PRECNI,DWF	25,416	Prečni prerezi 5 - 5
3_5_5_6_PRECNI,DWF	25,389	Prečni prerezi 6 - 6
3_5_5_7_PRECNI,DWF	24,762	Prečni prerezi 7 - 7
3_5_5_8_PRECNI,DWF	25,809	Prečni prerezi 8 - 8
3_5_5_9_PRECNI,DWF	13,774	Prečni prerezi 9 - 9
3_5_5_10_PRECNI,DWF	13,775	Prečni prerezi 10 - 10
3_5_5_11_PRECNI,DWF	24,360	Prečni prerezi 11 - 11
DETAJLI_PLINOVODI_DETAJL_P0,DWF	139,656	Detajl prečkanja prenosnega plinovoda 10000 s kanalom Ježica in M3A s kolektorjem C0
DETAJLI_PLINOVODI_DETAJL_P1,DWF	165,963	Detajl prečkanja prenosnega plinovoda 10000 in 10700 s kolektorjem C0

Preglednica 27. Preglednica predloženih besedilnih datotek.

Ime datoteke	Velikost	Vsebina
0_CO_VODILNA_MAPA_REVA_PO_S.PDF	535.130	
3_1_CO_CEVOVOD_NASLOVNA_ZVE.PDF	77.248	Naslovna stran zvezka 2: Situacije in zbirniki, 3/1 Načrt gradbenih konstrukcij in drugi gradbeni načrti - kolektor CO
3_1_CO_CEVOVOD_REVA.PDF	373.295	NAČRT GRADBENIH KONSTRUKCIJ ŠT, 60-1689-00-2012 - Tehnično poročilo in seznam risb
3_4_10_HIDRAVLIKA_CO_PRANDT.PDF	21.734	Hidravlični izračuni (Prandtl-Colebrook) za cevovode (za kolektor CO in sekundarne kanale)
3_4_11_1_DN_250_CO_CEVOVO.PDF	147.238	Statični izračuni za cevovod 7
3_4_11_2_DN_250_CO_CEVOVO.PDF	147.264	Statični izračuni za cevovod 8
3_4_11_3_DN_400_CO_CEVOVO.PDF	147.246	Statični izračuni za cevovod 5
3_4_11_4_DN_400_CO_CEVOVO.PDF	147.287	Statični izračuni za cevovod 6
3_4_11_5_DN_500_CO_CEVOVO.PDF	146.778	Statični izračuni za cevovod 3
3_4_11_6_DN_500_CO_CEVOVO.PDF	147.244	Statični izračuni za cevovod 4
3_4_11_7_DN_1200_CO_CEVOV.PDF	146.754	Statični izračuni za cevovod 1 l
3_4_11_8_DN_1200_CO_CEVOV.PDF	146.813	Statični izračuni za cevovod 2
CO_SOGL_DARS.PDF	819.732	DARS - zahteva za ureditev služnosti
CO_SOGL_DRSC.PDF	996.377	DRSC - zahteva za ureditev služnosti
CO_SOGL_ELEKTROLJ.PDF	382.048	Elektro Ljubljana
CO_SOGL_ELES.PDF	432.971	Elektro Slovenije - projektni pogoji za križanje štirih daljnovodov
CO_SOGL_ENERGETIKALJ.PDF	832.237	Energetika Ljubljana - zahteva za sočasnost gradnje plinovoda in povezovalnega kanala CO
CO_SOGL_GOZDOVI.PDF	784.181	Zavod za gozdove Slovenije - zahteva za prestavitev trase preko gozda k,o, Ježica 2162 in 2340 je odpravljena
CO_SOGL_MOL.PDF	413.089	Mestna občina Ljubljana - zahteva za upoštevanje ureditev kolesarske povezave v poteku trase in za prestavitev ceste JP2 št, 716191
CO_SOGL_MOPNARAVA.PDF	1.621.298	MOP ARSO - zahteve za varovana območja po Zakonu o ohranjanju narave: 1 - gradnja v suhih razmerah, 2- ohranitev obrežne vegetacije, 3- trasa vpeta v obstoječe utrjene površine, 4- ohranitev neutrnjenih tal
CO_SOGL_MOPVODA.PDF	2.877.820	MOP ARSO - zahteva za ureditev služnosti na vodnih zemljiščih, pogoji za VVO in poplavna zemljišča v izreku soglasja niso izrecno podani

Ime datoteke	Velikost	Vsebina
CO_SOGL_PLINOVODI.PDF	688.046	PLINOVODI - zahteva za omogočeno gradnjo plinovodov na več določenih mestih prečkanja preko C0
CO_SOGL_T2.PDF	290.931	T-2 d,o,o, - zahteva za upoštevanje projektnih pogojev 13/2013/T-2
CO_SOGL_TELEKOM.PDF	387.640	Telekom Slovenije -
CO_SOGL_VOKA.PDF	1.438.618	Vodovod - kanalizacija, d,o,o, - zahteva za pridobitev soglasja v PZI za križanja z vodovodom
CO_SOGL_ZELEZNICE.PDF	960.511	Slovenske železnice - dve križanji z železnico pod prvo in drugo razpinitino mosta čez Savo
CO_SOGL_ZVKD.PDF	1.347.888	Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije - zahteve za predhodne raziskave za arheološka območja Roje, Hrastje, Tomačevo, Črnuče

2 PRILOGA - Hidravlični izračun »3_4_10_HIDRAVLIKA_C0_PRANDT.PDF«

hidravlični izračuni (Prandtl-Colebrook) kolektor C0

naselje	hidr. točka	RJ	št. preb.	Rd	% Q _d	Q _{max,h}	2 Q _{max,s}	Q _{max}	DN	i	k	v _{pol}	Q _{pol}	Q _{max} Q _{pol}	polnitev
			150	I/DAN	%	l/h	l/s	l/s	mm	‰	mm	m/s	l/s		%
								400							
Sušni dotok	1	C0 RJ176	58000	8700000,00	7,40	643703,51	347,60	747,60	1175	2,4	0,500	1,834	1987	0,38	43,0%
Gamejgne			2700	405000,00	13,66	55339,41	29,88								
Vodice	2	C0 RJ174	6295	944250,00	11,54	108928,14	58,82	836,30	1175	2,4	0,500	1,834	1987	0,42	45,7%
ČRP Črnuča	3	C0 RJ123					90,00	926,30	1175	2,5	0,500	1,872	2029	0,46	47,7%
ČRP Mala Vas	4	C0 RJ99					50,00	976,30	1175	2,5	0,500	1,872	2029	0,48	49,0%
Stožice	5	C0 RJ93					26,00	1002,30	1175	1,5	0,500	1,446	1567	0,64	58,0%
	6	C0 RJ81						1002,30	1175	6,1	0,500	2,935	3181	0,32	39,2%
	7	C0 RJ75						1002,30	1175	28,3	0,500	6,345	6876	0,15	26,1%
ČRP Tomačevo	8	C0 RJ74					34,00	1036,30	1167	1,5	0,500	1,440	1539	0,67	60,1%
ČRP Jarše	9	C0 RJ63					60,00	1096,30	1167	1,5	0,500	1,440	1539	0,71	62,7%
ČRP Sneberska	10	C0 RJ36					60,00	1156,30	1167	1,5	0,500	1,440	1539	0,75	65,4%
Sneberje	11	C0 RJ28	1000	150000,00	16,67	25000,20	13,50	1169,80	1167	1,5	0,500	1,440	1539	0,76	66,1%