

Resultatrapport
Provpumpning vid kv. Renen
VARBERGSTUNNELN



REV 2018-07-16

UPPDRAG 250442, Varbergstunneln, Väst kustbanan, Varberg-Hamra

Titel på rapport: Resultatrapport; Provpumpning vid kvarteret Renen

Datum: 2018-06-11

MEDVERKANDE

Beställare: Trafikverket

Kontaktperson: Jesper Mårtensson

Konsult: Andreas Sellstedt och Sandra Martinsson; Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Britta Hedman, Tyréns AB

Kvalitetsgranskare: Kristina Hargelius, Elisabet Hammarlund, Tyréns AB

SAMMANFATTNING

Vid anläggande av betongtråg och betongtunnel för utbyggnad av Västkustbanan genom Varberg kommer djupa schakter och tillhörande grundvattensänkning att behöva utföras. Ett av de mest påtagligt förorenade områdena i Halland ligger inom kvarteret Renen 13 i närheten av den planerade schakten för betongtunnel och tråg. Schakten kommer att medföra grundvattensänkning som kan innebära risk för förorenings spridning. Aktuella föroreningar är främst klorerade lösningsmedel och dess nedbrytningsprodukter. En riskutvärdering har sedan tidigare redovisats i rapporten "PM Risker avseende föroreningar i samband med schaktarbeten för järnväg väster om Kv. Renen (2016-10-12)". I PM:en görs bedömningen att risken är liten för att förorenings spridning i samband med planerad schaktning och grundvattensänkning. Den fria fasen av klorerade alifater som förekommer bedöms inte vara lätttröglig p.g.a. den aktuella föroreningens egenskaper och de hydrogeologiska förutsättningarna i området. Det är den, i grundvattnet, lösta fasen av klorerade alifater som bedöms transporteras med grundvattenflödet på samma sätt som idag, dock under andra hydrologiska förhållanden, så som högre strömningshastighet och högre vattenomsättning i området.

Tesen inför provpumpningen var att: Ökad vattenomsättning i marklagren innebär kortare kontakttid mellan föroreningarna i källområdet och grundvattnet, vilket kan leda till avtagande halter av löst fas i grundvattnet nedströms Renen 13.

Frågeställningarna inför provpumpning;

1. Hur hög är markens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet)?
2. Hur förändras mobiliteten (rörligheten) av de lösta föroreningar som finns i källområdet när grundvattenflödet ökar?
3. Resultaten av ovanstående frågeställningar bör kunna användas vid spridningsberäkning av kvarvarande klorerade alifatiska kolväten, i samband med kommande schaktarbeten.
4. Studera haltutvecklingen under provpumpningen
5. Hur är korrelationerna mellan olika undersökningsinstrument och laboratorieanalyser för analys av klorerade alifatiska kolväten i det aktuella grundvattnet? Vilka fältmätningssmetoder är rimliga att använda i fältsammanhang under entreprenadtiden?
6. Hur ska vattnet bäst kontrolleras under entreprenadtiden för att undvika långa ledtider för analyser?

Provpumpning utfördes från 2018-03-16 kl.11:00 till 2018-03-23 kl.07:00, med ett kortare avbrott 2018-03-21 från ca kl.06:30 till kl.10:50 p.g.a. underhåll av reningsanläggningen. Pumpningen utfördes med ett konstant flöde på ca 43 l/min. Total uppumpad vattenmängd beräknas till drygt 410 m³.

Ca 1 vecka före pumpstart installerades tio automatiska tryckgivare, så kallade "Divers", i observationsrör för grundvatten på olika avstånd från pumpbrunnen, se Tabell 1 och figur 3. Dagliga kontroller av klorerade lösningsmedel utfördes i elva grundvattenrör. Grundvattenrören var installerade för kontroll av grundvatten i rena jordlager och av grundvatten i gränsskiktet jord/berg. Inför varje kontroll omsattes grundvattenrören med minst en rörvolym med hjälp av en peristaltisk pump. Fältkontroller för klorerade lösningsmedel utfördes 3 ggr/dag med PID på uppumpat grundvatten, 2 ggr/dag togs grundvattenprover för analys i GC-FROG. Grundvattennivåerna kontrollerades vid varje provtagningstillfälle. Varannan dag skickades prover till laboratorium. Under helgen kontrollerades grundvattnet endast en gång per dygn med PID.

En tydlig påverkan på grundvattennivåerna från provpumpningen kan noteras i de intill pumpbrunnen närläggna punkterna 17T330U och 17T325KU samt väster om pumpbrunnen i punkterna 14T3092U, 14T3085U och 14T3091U, se bilaga 1 och Tabell 3.

I observationspunkterna öster om pumpbrunnen, precis nedströms Renen 13, 17T327RU och 17T328RU, syns en knappt märkbar avsänkning motsvarande någon centimeter se figur 2 i bilaga 2 och Tabell 3. Provpumpningen visar på en tydlig skillnad i påverkan i östlig respektive västlig riktning. I öst är grundvattensänkningen i det närmaste obetydlig på ett avstånd av ca 60-70 m från pumpbrunnen, medan grundvattensänkningen på ungefär samma avstånd i västlig riktning uppgår till drygt 1 m.

Detta beror troligen på den ursprungliga grundvattengradienten och grundvattenströmningen, då grundvattenflödet går från öst mot väst. Det kan även bero på en mer begränsad hydraulisk kontakt i östlig riktning jämfört med i västlig riktning.

Korrelationen mellan de två fältanalysmetoderna och laboratorieanalyserna visar att det är en relativt god korrelation. Nedbrutet på typ av fältutrustning visar resultatet att det finns en relativt god korrelation mellan laboratorieanalys - PID och en mycket god korrelation mellan laboratorieanalys - GC-FROG. Det finns fördelar och nackdelar med båda typerna av fältinstrument.

Resultaten från provpumpningen stödjer hypotesen i *PM Risk för förorenings spridning i grundvattnet (2016-02-25)* att risken för ökad spridning av förorening på grund av schaktning inte är trolig. Halterna i grundvattnet kan snarare komma att minska under schaktningsarbetena eftersom grundvattenomsättningen kommer att öka.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND OCH FÖRUTSÄTTNINGAR	7
2	FRÅGESTÄLLNINGAR.....	7
3	LOKALISERING OCH PROVTAGNINGSSOMRÅDE	8
	3.1 PUMPBRUNNEN	8
4	GENOMFÖRANDE.....	8
	4.1 ALLMÄNNA UPPGIFTER.....	8
	4.2 PROVPUMPNING.....	9
	4.3 RENINGSANLÄGGNING	9
	4.4 OBSERVATION AV GRUNDVATTENNIVÅER	11
	4.5 KONTROLLER UNDER PROVPUMPNINGEN.....	12
	4.5.1 FÄLTINSTRUMENT	12
	4.5.2 PROVTAGNINGSS- OCH KONTROLLMETODER.....	13
5	RESULTAT HYDRAULISK UTVÄRDERING AV PROVPUMPNING.....	14
	5.1 GRUNDVATTENMAGASIN, PÅVERKAN OCH HYDRAULISK KONTAKT.....	14
	5.2 HYDRAULISKA PARAMETRAR.....	14
	5.3 GRUNDVATTENSTRÖMNING.....	15
6	RESULTAT HALTUTVECKLING UNDER PROVPUMPNING OCH EFTERKONTROLL.....	16
	6.1 HALTUTVECKLING I UTVALDA GRUNDVATTENRÖR UNDER PROVPUMPNING	16
	6.1.1 PUMPBRUNN	16
	6.1.2 17T330U.....	17
	6.1.3 17T327RU.....	18
	6.1.4 17T328RU.....	20
	6.1.5 0507 ODEX	21
	6.1.6 KORRELATION PID/LAB.....	22
	6.1.7 KORRELATION FROG/LAB	23
7	SLUTSATS OCH BEDÖMNING	24
	7.1 HALTFÖRÄNDRINGAR.....	24
	7.1.1 PUMPBRUNNEN OCH OBS-RÖRET	24
	7.1.2 GRUNDVATTENRÖR JORD/BERG	24
	7.1.3 GRUNDVATTENRÖR JORD.....	24
	7.1.4 OSÄKERHETER	25
	7.2 SLUTSATS.....	25
	7.3 KORRELATION MELLAN FÄLTANALYSER OCH LABORATORIEANALYSER 25	

7.3.1 PID.....	25
7.3.2 GC-FROG	25
7.4 INOMHUSLUFTEN PÅ FÖRSKOLAN BULLERBYN	25
8 REFERENSER.....	26

Bilagor

Bilaga 1	Karta över grundvattenrör som kontrollerades under provpumpningen
Bilaga 2	Diagram grundvattennivåer
Bilaga 3	Diagram provpumpningsutvärdering
Bilaga 4	Sammanställning analyser
Bilaga 5	Analysprotokoll

1 BAKGRUND OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Vid anläggande av betongtråg och betongtunnel för utbyggnad av Väst kustbanan genom Varberg kommer djupa schakter och tillhörande grundvattensänkning att behöva utföras. Ett av de mest påtagligt förorenade områdena i Halland ligger inom kvarteret Renen 13 i närheten av den planerade schakten för betongtunnel och tråg. Schakten kommer att medföra grundvattensänkning som kan innebära risk för föroreningsspridning. De mest påtagliga föroreningar är klorerade alifatiska lösningsmedel och dess nedbrytningsprodukter.

En riskutvärdering har sedan tidigare redovisats i rapporten "PM Risker avseende föroreningar i samband med schaktarbeten för järnväg väster om Kv. Renen (2016-10-12)", i vilket bedömningen görs att risken är liten för att föroreningsspridning i samband med planerad schaktning och grundvattensänkning. Den fria fasen av klorerade alifater som förekommer inom Renen 13 bedöms inte vara lätttrörlig p.g.a. den aktuella föroreningens egenskaper och de hydrogeologiska förutsättningarna i området. Det är den i grundvattnet lösta fasen av klorerade alifater som bedöms transporteras med grundvattenflödet på samma sätt som idag, dock under andra hydrologiska förhållanden, så som högre strömningshastighet och högre vattenomsättning i området. Den tes som rapporten utmynnade i var att "Den ökade vattenomsättningen innebär mindre kontakttid mellan föroreningarna i källområdet och grundvattnet, vilket kan leda till avtagande halter av löst fas i grundvattnet nedströms Renen 13". Förslaget i rapporten, och uppdraget från Trafikverket, var att detta skulle undersökas genom provpumpning nedströms källområdet för klorerade alifater.

Provpumpningen ska vara klar och utvärderad innan anläggningsarbetena kan planeras och påbörjas. Målet är att minimera risken för transport av förorening i fri fas vid en ökad grundvattenomsättning.

Omfattningen på genomförd provtagning togs fram av Tyréns AB i samråd med Trafikverket. I provtagningen ingick grundvattenprovtagning i ett antal brunnar i sprickzoner i berg och jordgrundvatten. Då nya kärnborringar inte har påvisat några betydande vattenförande sprickzoner, installerades istället en pumpbrunn i det mer uppspruckna ytberget. Övergångszonen mellan jord och berg, d.v.s. det mer uppspruckna ytberget tillsammans med den direkt ovanliggande moränen bedöms vara den mest vattenförande horisonten i området.

En överhängande risk som framkom vid riskbedömningen, var det faktum att förskolan Bullerbyn är belägen mellan källområdet inom Renen 13 och pumpbrunnen. Risk för påverkan på inomhusluften har varit en farhåga. Luftmätningar avseende klorerade lösningsmedel skulle kontrolleras inne på förskolan, såväl före, under som efter provpumpningarna.

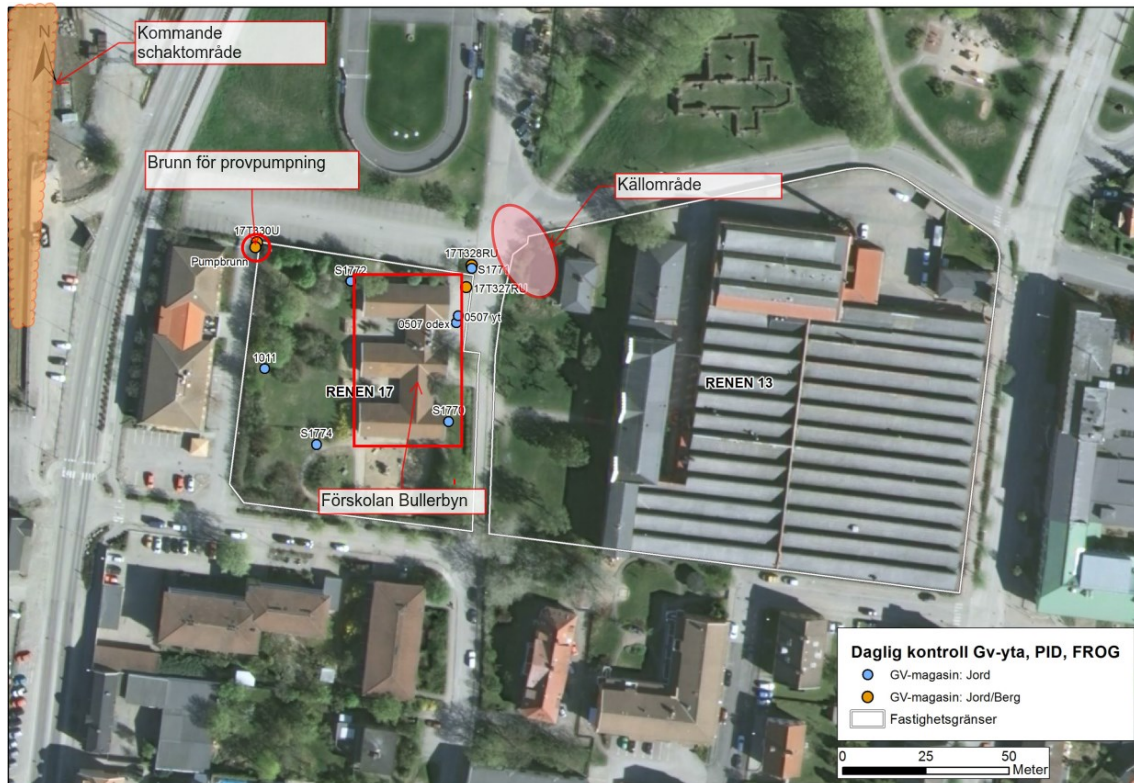
2 FRÅGESTÄLLNINGAR

Frågeställningarna inför utförda undersökningar;

1. Hur hög är markens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet)?
2. Hur förändras mobiliteten (rörligheten) av de lösta föroreningar som finns i källområdet när grundvattenflödet ökar?
3. Resultaten av ovanstående frågeställningar bör kunna användas vid spridningsberäkning av kvarvarande klorerade alifatiska kolväten, i samband med kommande schaktarbeten.
4. Studera haltutvecklingen under provpumpningen.
5. Hur är korrelationerna mellan olika undersökningsinstrument och laboratorieanalyser för analys av klorerade alifatiska kolväten i det aktuella grundvattnet? Vilka fältmätningstekniker är rimliga att använda i fältsammanhang under entreprenadtiden?
6. Hur ska vattnet bäst kontrolleras under entreprenadtiden för att undvika långa ledtider för analyser?

3 LOKALISERING OCH PROVTAGNING SOMRÅDE

Kv. Renen ligger i centrala delarna av Varberg. Föroreningskällan härrör från den västra delen av kvarteret Renen 13. På den angränsande fastigheten, Renen 17, ligger förskolan Bullerbyn. Pumpbrunnen är installerad väster om förskolan, se Figur 1.



Figur 1. Översiktsskarta över aktuella områden för provtagning.

3.1 PUMPBRUNNEN

Pumpbrunnen är installerad med 2 m filter i det ytliga mer uppspruckna berget och det underliggande berget. Det mer uppspruckna ytberget har bedömts vara ca 1 m mäktig i läget för pumpbrunnen enligt borrprotokollen. Enligt borrprotokollen domineras jordlagren av ett relativt finkornigt material, siltig sand/sandig silt, vilket överensstämmer med tidigare genomförda undersökningar i närområdet. Det förhållandevis finkorniga materialet som överlagrar det mer uppspruckna ytberget medför att det bedöms rimligt att betrakta grundvattenmagasinet som ett slutet magasin med läckage.

Mäktigheten på det vattenförande lagret är en osäker parameter. Det bedöms dock i huvudsak vara det mer uppspruckna ytberget som bidrar med vatten samt ytterligare någon meter av det ytliga berget. Ett vattenförande lager om ca 3 m har tidigare bedömts vara en rimlig skattning.

4 GENOMFÖRANDE

4.1 ALLMÄNNA UPPGIFTER

Under v.42 och v.46, 2017 samt v.8 – 11, 2018 genomfördes förberedande provtagningar. Dessa provtagningar utfördes dels för att få en bild av föroreningsituationen innan propumpningens start och dels för att bedöma hur stor arbetsinsats som skulle behövas under propumpningstiden.

Grundvattenprover togs ut från såväl källområdet som från föroreningsplymen påverkansområdet runt Bullerbyns förskola.

Provpumpningen genomfördes under v.11 och v.12, 2018. Efter genomförd provpumpning genomfördes efterkontroll av grundvatten under veckorna 12 - 17.

Vädret innan och efter tiden för provpumpning var dels snörikt och kallt, vilket delvis påverkade resultaten och tiden för pumpningen.

4.2 PROVPUMPNING

Pumpningen utfördes med grundvattenpump i den mer uppspruckna övre horisonten av berget. Pumpbrunnens läge visas i Figur 1.

Under tiden provpumpningen genomfördes noterades dagligen mängden grundvatten som pumpades upp från pumpbrunnen.

Provpumpning utfördes från 2018-03-16 kl.11:00 till 2018-03-23 kl.07:00, med ett kortare avbrott 2018-03-21 från ca kl.06:30 till kl.10:50 p.g.a. underhåll av reningsanläggningen. Pumpningen utfördes med ett konstant flöde på ca 43 l/min. Total uppumpad vattenmängd uppgick till drygt 410 m³.

4.3 RENINGSANLÄGGNING

Grundvattenpump installerades tillsammans med en vattenmätare. Alla ledningar isolerades. Reningsverket med tillhörande uppsamlingstank (15 m³) installerades på parkeringen nordväst om Bullerbyns förskola, se bild 1. Reningsverket bestod av 1 påstryckfilter och 3 seriekopplade kolfilter om vardera 270 l, se bild 2. Flödet genom reningsverket gick enligt följande: Uppumpat grundvatten leddes via flödesmätare till en 15 m³ uppsamlingstank. Från tanken pumpades vattnet till ett påstrycksfilter för partikelavskiljning och vidare till kolfiltren, för rening av klorerade alifatiska kolväten. Från reningsverket släpptes vattnet till dagvattennätet.

På grund av det kalla och blåsiga vädret lades värmemattor för att förhindra frysning av vattnet på toppen av tanken och över flödesmätare. Vattenslang för utgående vatten leddes till närliggande dagvattenledning utan att kör- eller gångbana påverkades, se bild 3.

I samband med installationen uppstod en del problem orsakade av kyla och vind. Alla värmemattor fick förankras efter att de blåst av. Vattenmätaren fick bytas ut efter att den första fryst sönder. Värmematta lades därefter även ovanpå pumpbrunn och vattenmätare.



Bild 1. Reningsverk med tillhörande tank. Värmemattor höll på att läggas på toppen, då nattetemperaturen skulle krypa under -10°C .



Bild 2. Den vänstra bilden visar de 3 kolfiltren och den högra bilden visar påsfiltret.



Bild 3. Utsläppspunkt för renat grundvatten. Vattnet leddes till dagvattensystemet.

4.4 OBSERVATION AV GRUNDVATTENNIVÅER

Cirka en vecka före pumpstart installerades tio automatiska tryckgivare för loggning av grundvattennivåer. Tryckgivarna, så kallade "Divers", installerades i observationsrör på olika avstånd och olika riktningar från pumpbrunnen, se Tabell 1 och figur 3.

Tabell 1. Observationspunkter för tryckmätningar med "Divers".

Beteckning	Grundvattenmagasin	Avstånd till pumpbrunn
17T329U - pumpbrunn	Brunn installerad i ytberg/berg	0 m
17T330U	Grundvattenrör installerat i ytberg/berg	1,5 m
17T325KU	Kärnborrhål i berg	9 m
14T3092U	Grundvattenrör installerat i övergångszonen jord/berg	37 m
14T3085U	Brunn installerad i övergångszonen jord/berg samt övre delen av berget	50 m
17T327RU	Grundvattenrör installerat i bedömt uppsprucket ytberg	65 m
17T328RU	Grundvattenrör installerat i bedömt uppsprucket ytberg	65 m
GA3	Grundvattenrör i jord	79 m
GHB2	Hammarborrhål i berg	97 m
GHB3	Hammarborrhål i berg	129 m
17T338HU	Hammarborrhål i berg	250 m

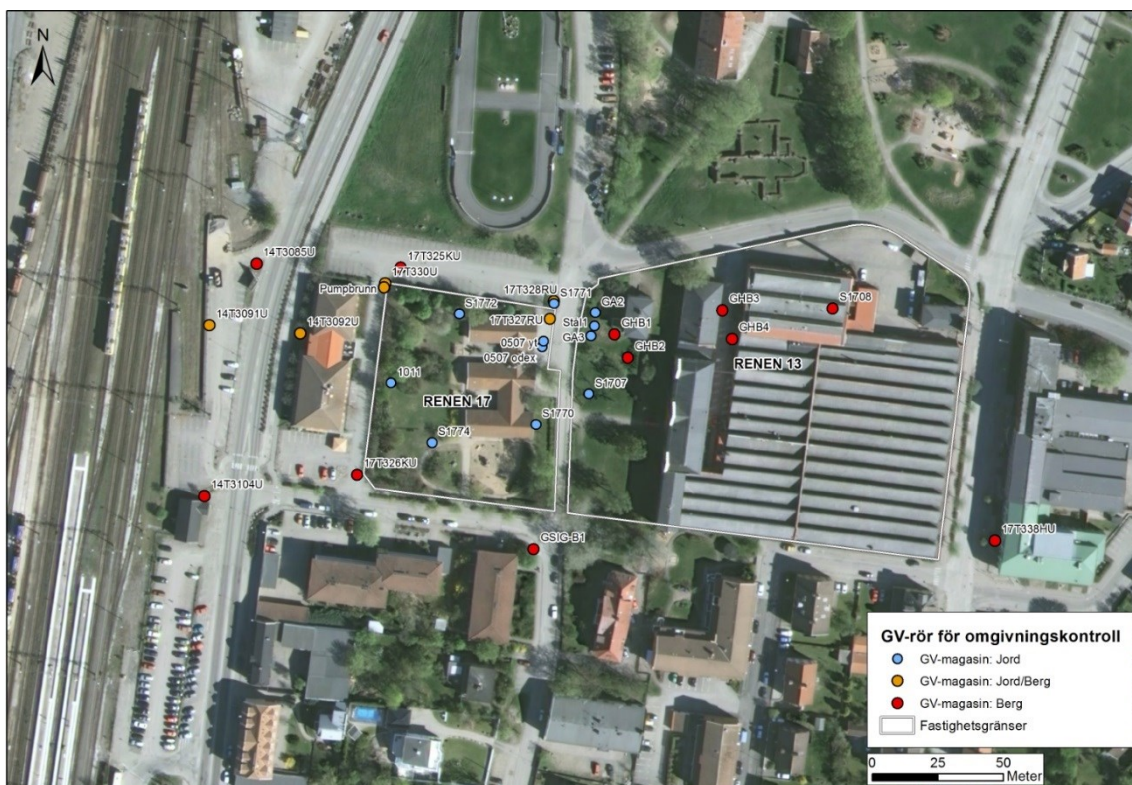
För mätning av lufttryck, installerades en "barometer-diver" i närområdet. Samtliga divers programmerades för tryckmätning med sparad loggning varannan minut.

Förutom automatisk grundvattennivåmätning, utfördes även manuella mätningar av grundvattennivåer i samtliga observationspunkter där divers installerats samt i ytterligare några punkter, se Tabell 2 och Figur 3. En större bild redovisas som Bilaga 1.

Tabell 2. Observationspunkter där endast manuella mätningar utfördes.

Beteckning	Grundvattenmagasin	Avstånd till pumpbrunn
14T3091U	Grundvattenrör installerat i övergångszonen jord/berg	69 m
17T326KU	Kärnbrorrhål i berg	73 m
GHB1	Hammarborrhål i berg	90 m
GHB4	Hammarborrhål i berg	134 m
1708	Hammarborrhål i berg	173 m
GSIG-B1	Hammarborrhål i berg	116 m

Automatisk mätning av grundvattennivåer och lufttryck fortgick i drygt 2 veckor efter att pumpningen avslutats.



Figur 2. Grundvattenrör och brunnar som använts för observation av grundvattennivåer under provpumpningen.

4.5 KONTROLLER UNDER PROVPUMPNINGEN

4.5.1 FÄLTINSTRUMENT

PID (Fotojonisationsdetektor)

Den relativa koncentrationen av lättflyktiga kolväten (VOC) som avges från grundvattnet analyserades med hjälp av ett PID-instrument (MiniRey 2000). Instrumentet är mycket känsligt för föroreningar bestående av exempelvis bensin, dieselolja och aromatiska kolväten samt vissa klorerade kolväten. En PID mäter inte specifika ämnen i gasfasen, utan den totala halten av joniserbara ämnen.

Portabel gaskromatograf (GC-FROG)

Gaskromatografi är en separationsteknik som innebär att, till skillnad från PID, kan halten av specifika ämnen bestämmas. Halter av trikloreten och cis-1,2-dikloeten i grundvattnet analyserades med en FROG-4000.

4.5.2 PROVTAQNINGS- OCH KONTROLLMETODER

Innan grundvattenkontrollerna utfördes, omsattes grundvattenröret med ca en rörvolymer med hjälp av en peristaltisk pump. Fältsmätning av klorerade lösningsmedel utfördes med PID – direkt i fält på uppumpat grundvatten och grundvattenprover togs 2 ggr/dag för analys i GC-FROG. Grundvattennivåerna kontrollerades innan varje provtagning. Varannan dag skickades prover till laboratorium. Vattenprover för GC-FROG och laboratorieanalys togs i glasvialer. Under helgerna kontrollerades grundvattnet endast 1 ggr/dygn med PID och prover togs för laboratorieanalys. I *tabell 1* redovisas vilka kontroller som utfördes i respektive grundvattenrör samt på utgående vatten under provpumpningen. I Figur 2 och bilaga 1 syns läget på samtliga grundvattenrör.

Tabell 1 Kontroller grundvattenrör under provpumpningen.

	LAB	GC-FROG	PID	Grundvattennivå
17T330U	Varannan dag	2 ggr/dag	3 ggr/dag	Dagligen
Pumpbrunn	Varannan dag	2 ggr/dag	3 ggr/dag	Dagligen
17T327RU	Varannan dag	2 ggr/dag	3 ggr/dag	Dagligen
17T328RU	Varannan dag	2 ggr/dag	3 ggr/dag	Dagligen
0507 odex	Varannan dag	2 ggr/dag	3 ggr/dag	Dagligen
0507yt	-	-	3 ggr/dag	Dagligen
S1770	-	-	3 ggr/dag	Dagligen
S1771	-	-	3 ggr/dag	Dagligen
S1772	-	-	3 ggr/dag	Dagligen
S1774	-	-	3 ggr/dag	Dagligen
1011	-	-	3 ggr/dag	Dagligen
14T3104U	-	-	-	Dagligen
14T3091U	-	-	-	Dagligen
14T3085U	-	-	-	Dagligen
14T3092U	-	-	-	Dagligen
GSIG-B1	-	-	-	Dagligen
1708	-	-	-	Dagligen
GHB1	-	-	-	Dagligen
GHB2	-	-	-	Dagligen
GHB3	-	-	-	Dagligen
GHB4	-	-	-	Dagligen
GA2	-	-	-	Dagligen
GA3	-	-	-	Dagligen
Stål1	-	-	-	Dagligen
S1707	-	-	-	Dagligen
17T325KU	-	-	-	Dagligen
17T326KU	-	-	-	Dagligen

Utgående vatten efter rening	Varannan dag		1 ggr/dag	-
-------------------------------------	--------------	--	-----------	---

5 RESULTAT HYDRAULISK UTVÄRDERING AV PROVPUMPNING

5.1 GRUNDVATTENMAGASIN, PÅVERKAN OCH HYDRAULISK KONTAKT

En tydlig påverkan på grundvattennivåerna från provpumpningen kan noteras i de intill pumpbrunnen belägna punkterna 17T330U och 17T325KU samt väst om pumpbrunnen i punkterna 14T3092U, 14T3085U och 14T3091U, se bilaga 2 och Tabell 2.

I observationspunkterna öster om pumpbrunnen, precis nedströms Renen 13, 17T327RU och 17T328RU, syns en knappt märkbar avsänkning motsvarande någon centimeter se figur 2 i bilaga 2 och Tabell 2. Provpumpningen visar på en tydlig skillnad i påverkan i östlig respektive västlig riktning. I öster är grundvattensänkning i det närmast obetydlig inom avståndet 60-70 m från pumpbrunnen, medan grundvattensänkning på motsvarande avstånd i västlig riktning uppgår till drygt 1 m.

Detta beror troligen i första hand på den ursprungliga grundvattengradienten, då grundvattenflödet går från öst mot väst. Det kan även bero på en mer begränsad hydraulisk kontakt i östlig riktning än i västlig riktning.

Studeras påverkan på olika avstånd i västlig riktning förefaller den hydrauliska kontakten vara varierande. I punkten 14T3092U på knappt 40 m avstånd från pumpbrunnen har en avsänkning motsvarande 0,75 m uppmätts, vilket ska jämföras med punkterna 14T3085U samt 14T3091U som ligger på ca 50-70 m avstånd där en större avsänkning, motsvarande 1,1-1,3 m uppmätts. Detta skulle kunna förklaras av att svaghetszoner i berget ger upphov till varierande grad av hydraulisk kontakt.

Tabell 2. Uppmätt avsänkning i pumpbrunn och observationsbrunnar där en påverkan från provpumpningen har noterats.

	Avstånd till pumpbrunn	Uppmätt avsänkning
Pumpb. 17T329U	0 m	2-2,1 m
17T330U	1,5 m	2 m
17T325KR	9 m	2-2,1 m
14T3092U	37 m	0,75 m
14T3085U	50 m	1,3 m
17T327RU	65 m	0,02-0,03 cm
14T3091U	69 m	1,1 m

5.2 HYDRAULISKA PARAMETRAR

Utvärdering av hydrauliska parametrar har gjorts av dataserier från två observationspunkter, 17T330U och 17T3092U. En utvärderingsbar påverkan syns även i punkterna 14T3085U samt 17T325KR, men diverdata från dessa punkter var ej lämpad för utvärdering då divern i det ena fallet hängt i luft då grundvattennivån sänkts av under pumpningen (14T3085U) och i det andra

fallet bedöms diverdata ej vara tillförlitlig då divermätningarna avviker märkbart från de manuella mätningarna (17T325KR).

Både avsänkingsförloppet och återhämtningsförloppet har utvärderats. Utvärderingsresultaten redovisas i Tabell 3 och Tabell 4. Avsänkings- och återhämtningsdata uppritade i logaritmiska respektive semilogaritmiska diagram återfinns i bilaga 3.

Den utvärderade transmissiviteten ligger inom intervallet $7 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Den beräknade hydrauliska konduktiviteten, under antagande om ett vattenförande jordlager med en mäktighet på ca 3 m, blir ca $2 - 7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. Detta är en mera osäker siffra eftersom mäktigheten på det vattenförande lagret är en osäker parameter. Resultatet ligger i linje med resultat från tidigare provpumpning ca 50 m västerut, där den hydrauliska konduktiviteten i övergångszonen jord/berg samt det ytliga berget beräknats till ca $1 - 2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ (Trafikverket, 2016a).

Det kan konstateras att genomsläppligheten är förhållandevis hög. Utvärderingen med typkurvor enligt Hantusch-Jacob styrker bedömningen att grundvattenmagasinet kan betraktas som ett slutet magasin med läckage. De beräknade magasincoefficienterna varierar mellan normala värden för ett slutet magasin med läckage till att i vissa fall indikera mer öppna förhållanden.

Tabell 3. Utvärderade parametrar enligt Cooper-Jacob för respektive observationspunkt, samt ett utifrån T-värdet (transmissivitet) uppskattat K-värde (konduktivitet), baserat på en antagen mäktighet av vattenförande jordlager.

	T (m^2/s)	S (-)	Bedömd vattenförande mäktighet (m)	K (m/s)
14T330U	$1 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-3}$	Ca 3 m	$3 \cdot 10^{-5}$
14T3092U	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	Ca 3 m	$7 \cdot 10^{-5}$

Tabell 4. Utvärderade parametrar enligt Hantusch-Jacob för respektive observationspunkt, samt ett utifrån T-värdet uppskattat K, baserat på en antagen vattenförande mäktighet.

	T (m^2/s)	S (-)	c (s^{-1})	Bedömd vattenförande mäktighet (m)	K (m/s)
14T330U	$7-8 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-3}-1 \cdot 10^{-2}$	$3-5 \cdot 10^{-6}$	Ca 3 m	$2-3 \cdot 10^{-5}$
14T3092U	$8-9 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-8}$	Ca 3 m	$3 \cdot 10^{-5}$

5.3 GRUNDVATTENSTRÖMNING

Grundvattengradienten nedströms Renen har tidigare bedömts till drygt 1 % och enligt den riskbedömning som togs fram inför provpumpningen bedömdes provpumpningen öka gradienten till ca 3 % (Tyréns, 2017). Vidare bedömdes provpumpningen ge upphov till en marginell avsänkning vid fastighetsgränsen till Renen 13, uppskattningsvis 0 - 0,3 m.

Transporthastigheterna i övergångszonen jord/berg har uppskattats till ca 0,1 - 0,2 m/d under rådande förhållanden (Trafikverket, 2016b), och enligt tidigare utredningar uppemot 1 m/d (Trafikverket, 2016c). I samband med planerade schaktarbeten för järnvägen har transporthastigheterna i kontaktzonen jord/berg beräknats till ca 0,2 - 0,5 m/d (Trafikverket, 2016b) och enligt tidigare utredningar uppemot ca 5 m/d, lokalt (Trafikverket, 2016c).

Den uppmätta påverkan i form av grundvattensänkning strax nedströms Renen mycket begränsad och knappt mätbar, ca 0,02 - 0,03 m. I observationspunkter i jord och berg inom Renen 13 syns ingen mätbar påverkan från provpumpningen.

Således har provpumpningen gett upphov till en mindre hydraulisk påverkan än vad som förutsågs i riskbedömningen. Gradienten mot pumpbrunnen under provpumpningen kan uppskattas till ca 4 % baserat på uppmätta grundvattennivåer strax utanför pumpbrunnen respektive strax nedströms Renen. Med en hydraulisk konduktivitet på ca $3 \cdot 10^{-5}$ m/s och en antagen effektiv porositet på ca 5 % kan transporthastigheten via grundvattnet i den mer uppspruckna ytbergshorizonten uppskattas till ca 2 m/d under provpumpningen, vilket ligger i linje med skattningarna av framtida transporthastigheter i samband med planerade schaktarbeten.

6 RESULTAT HALTUTVECKLING UNDER PROVPUMPNING OCH EFTERKONTROLL

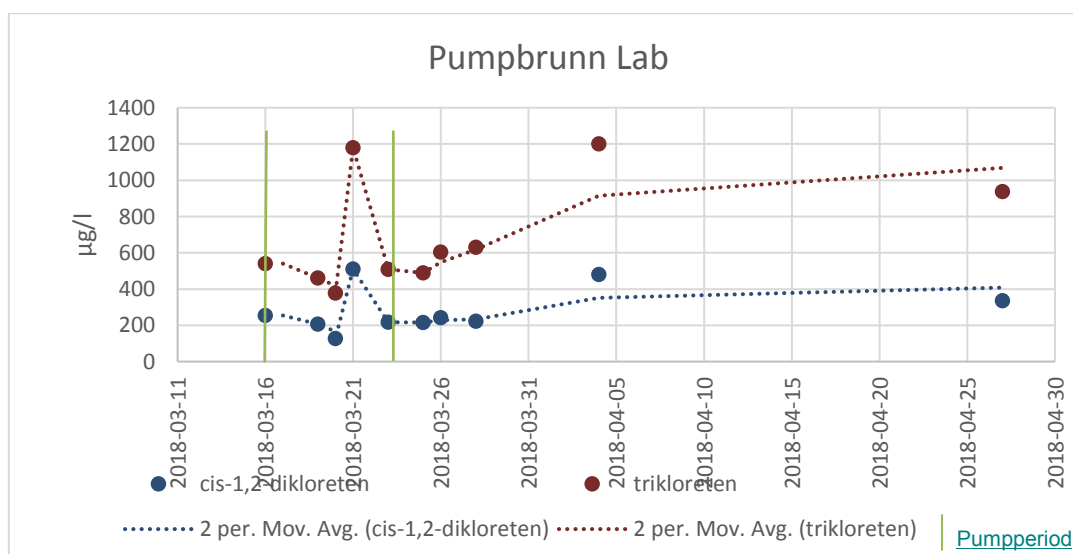
6.1 HALTUTVECKLING I UTVALDA GRUNDVATTENRÖR UNDER PROVPUMPNING

Nedan redovisas de resultat som erhålls vid provpumpningen samt efterföljande kontroll i grundvattenrör: Pumpbrunn, 17T330U, 17T327RU, 17T328RU och 0507 odex. Jämförelser har gjorts på uppmätta halter av cis-1,2-dikloreten och trikloreten från laboratorium och GC-FROG. I bilaga 4 redovisas samtliga erhållna resultat från laboratorium, GC-Frog och PID. I bilaga 5 redovisas samtliga analysprotokoll.

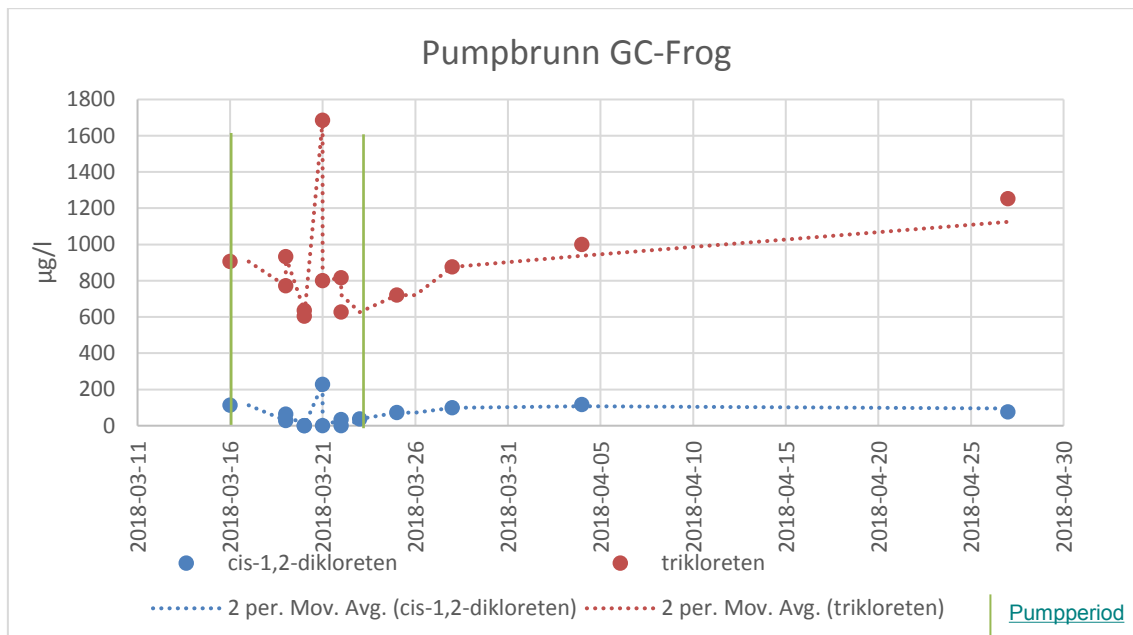
6.1.1 PUMPBRUNN

Innan provpumpningen startades uppmättes halten av cis-1,2-dikloreten till 254 µg/l och trikloreten till 540 µg/l. Det sker en ökning av cis-1,2-dikloreten (510 µg/l) och trikloreten (1180 µg/l) den 21 mars som beror på att provet togs när pumpen var avstängd. När pumpningen påbörjades igen minskar halterna, se figur 3 och figur 4. I pumpbrunnen bedöms halten av cis-1,2-dikloreten och trikloreten minska under tiden provpumpningen genomfördes.

Under efterkontrollen stiger halterna av cis-1,2-dikloreten och trikloreten och har högst halter vid den tredje kontrollen (4 april), cis-1,2-dikloreten 1200 µg/l och trikloreten 480 µg/l. Vid sista kontrollen (27 april) har halterna av cis-1,2-dikloreten och trikloreten minskat till 938 µg/l respektive 336 µg/l.



Figur 3. Pumpbrunn, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, laboratorieanalyser. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.

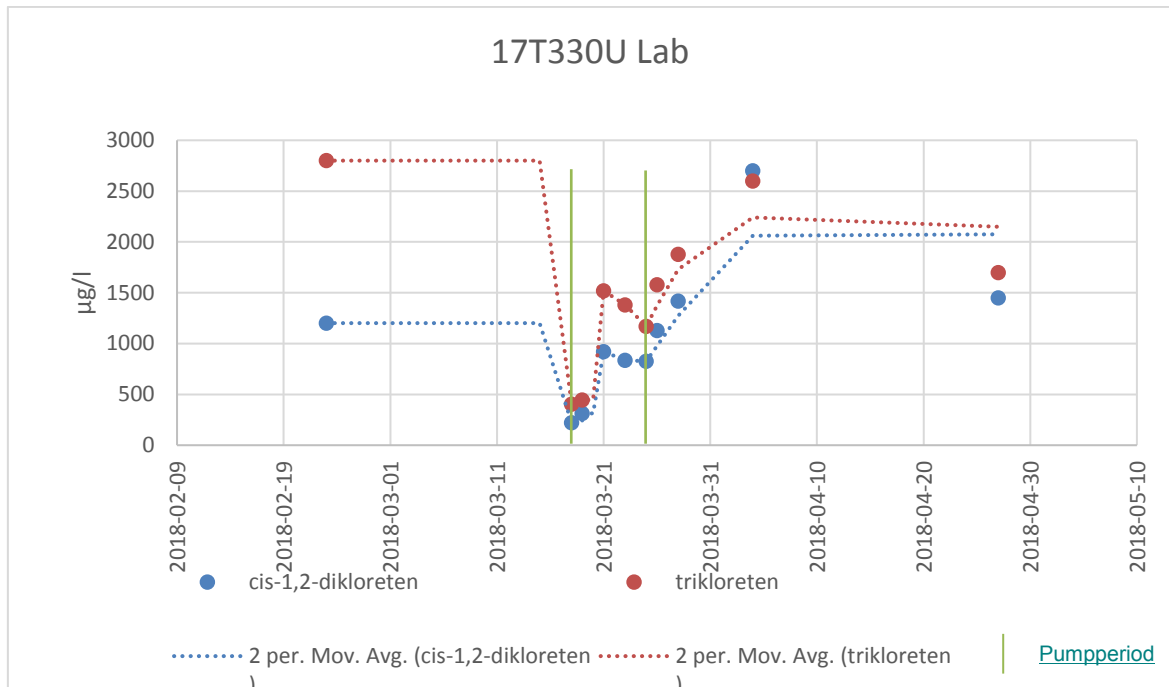


Figur 4. Pumpbrunn, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, GC-Frog. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.

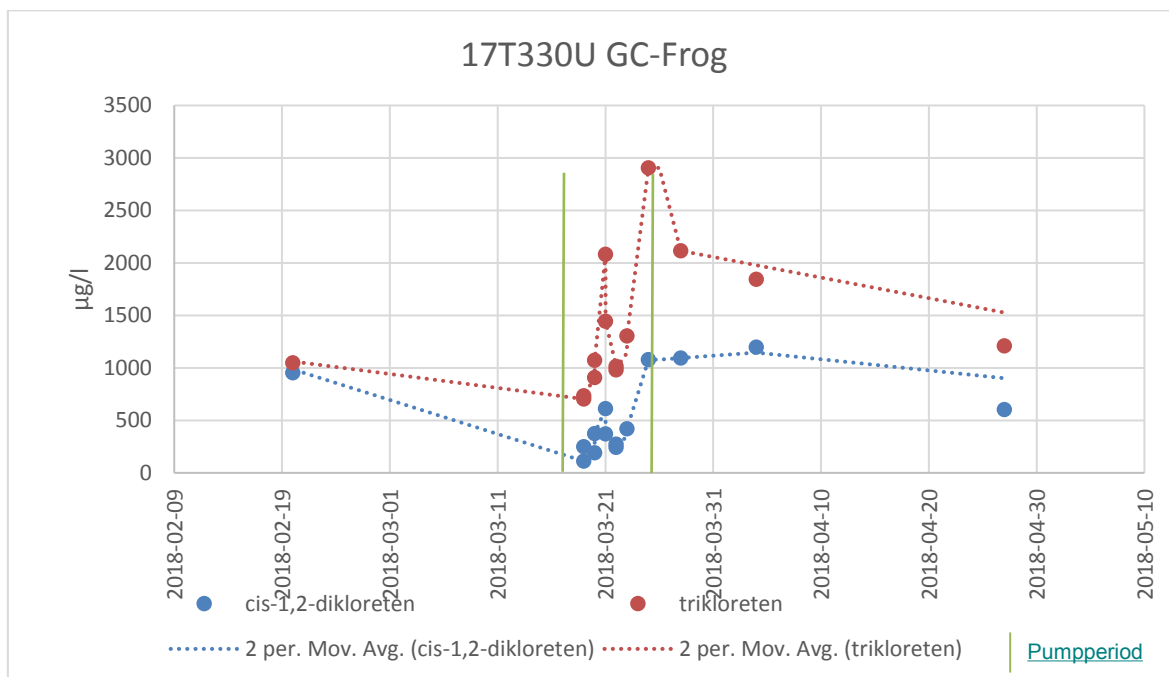
6.1.2 17T330U

Innan provpumpningen startades uppmättes halter av cis-1,2-dikloreten och trikloreten till 1200 µg/l respektive 2800 µg/l. Efter tvådagars pumpning uppmättes halten av cis-1,2-dikloreten och trikloreten till 221 µg/l respektive 404 µg/l. När pumpen är avstängd en kortare period den 21 mars ökar halterna av cis-1,2-dikloreten (920 µg/l) och trikloreten (1520 µg/l). När provpumpningen påbörjas igen minskar halterna, se figur 5 och figur 6. I 17T330U bedöms halten cis-1,2-dikloreten och trikloreten minska under provpumpningen.

Under efterkontrollen stiger halten och de högsta halterna av cis-1,2-dikloreten (2700 µg/l) och trikloreten (2600 µg/l) uppmätts vid den tredje kontrollen. Vid den fjärde kontrollen har halterna av cis-1,2-dikloreten och trikloreten minskat och ligger i nivå med halterna som uppmättes innan provpumpningen påbörjades.



Figur 5. 17T330U haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, laboratorieanalyser. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.



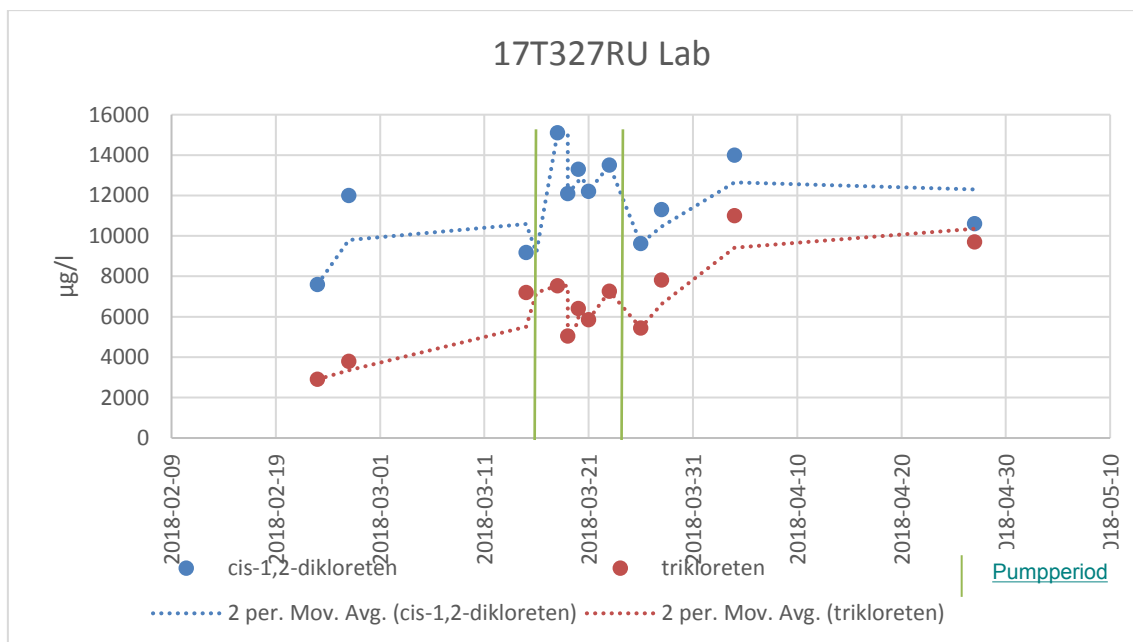
Figur 6. 17T330U, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, GC-Frog. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.

6.1.3 17T327RU

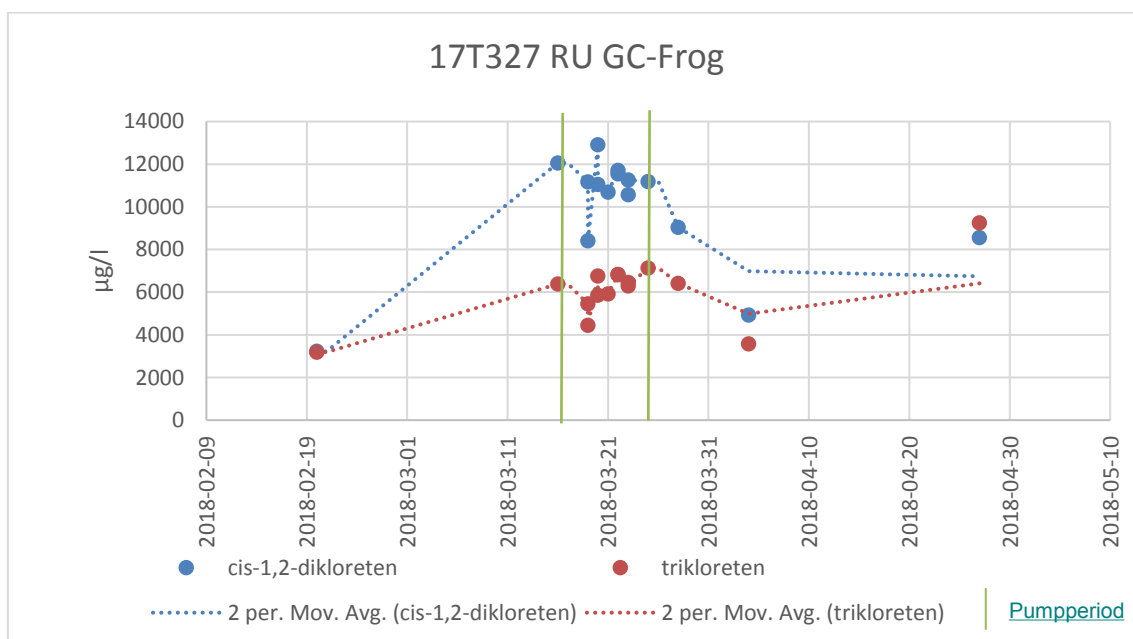
I 17T327RU varierar halterna av cis-1,2-dikloreten under provpumpningen mellan 9180 µg/l upptill som högst 15 100 µg/l och trikloreten. Halten av trikloreten varierar mellan 7540 µg/l ned till 5050 µg/l, se figur 7 och figur 8. När provpumpningen startar ökar halterna cis-1,2-dikloreten och minskar sedan något under resten av provpumpningen. Halten av trikloreten är

relativt stabila under provpumpningen. När pumpen tillfälligt stängs av den 21 mars minskar halterna av cis-1,2-dikloreten och trikloreten.

Under efterkontrollen stiger halterna av cis-1,2-dikloreten och trikloreten och har vid det tredje kontrollen de högsta halter, cis-1,2-dikloreten 14 000 µg/l och trikloreten 11 000 µg/l. Vid det fjärde kontrollen har halterna av cis-1,2-dikloreten och trikloreten minskat, 10 600 µg/l och 9710 µg/l. Vilket är i nivå halter uppmätta under den förberedande provtagningen, se bilaga 3.



Figur 7. 17T327RU, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, laboratorieanalyser. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.

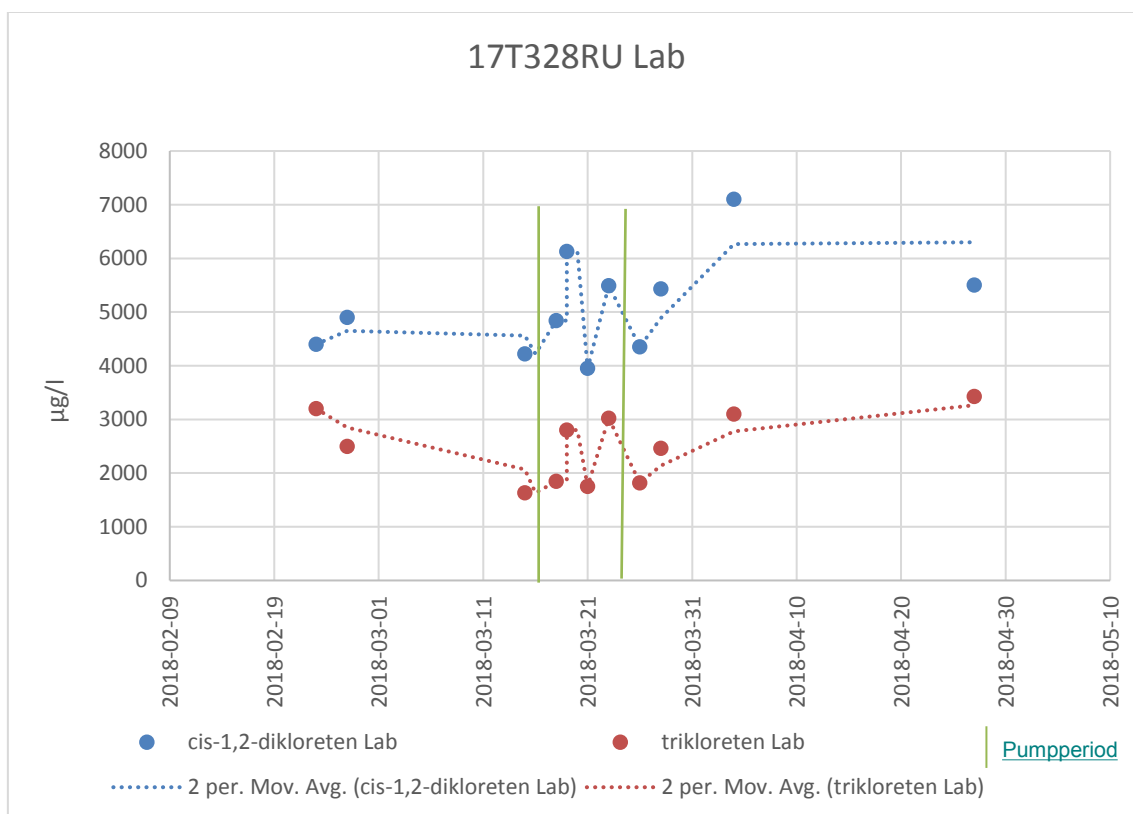


Figur 8. 17T327RU, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, GC-Frog.

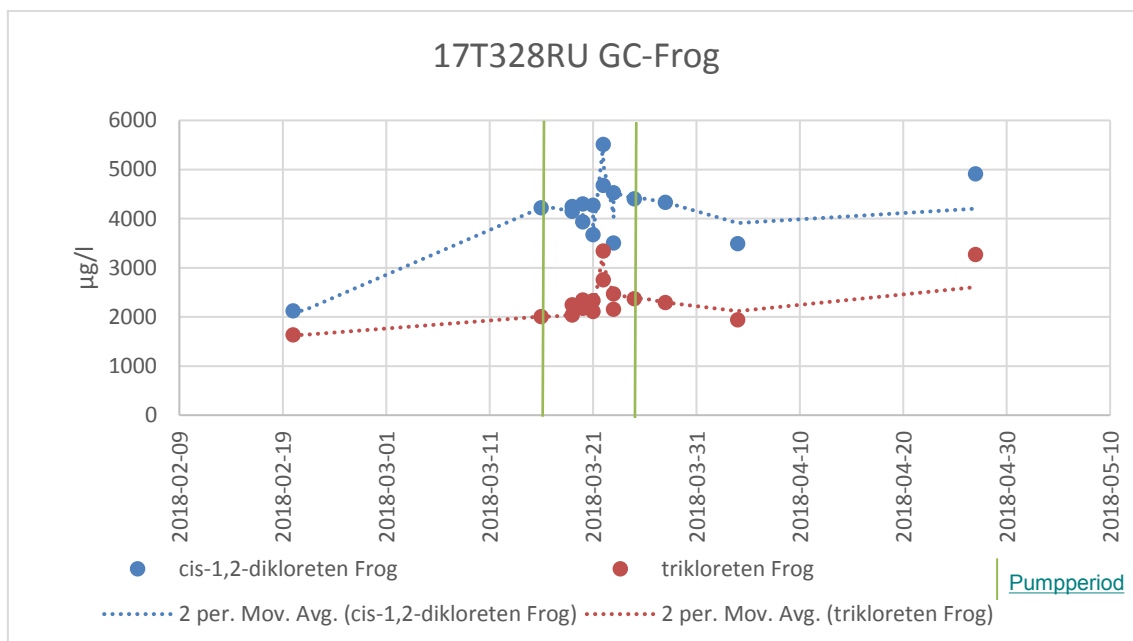
6.1.4 17T328RU

I 17T328RU varierar halten av cis-1,2-dikloreten under provpumpningen mellan 4000 µg/l upptill som högst ca 6000 µg/l. Halten av trikloreten varierar mellan 1600 µg/l upp till som mest 3000 µg/l. När pumpen tillfälligt stängs av den 21 mars minskar halterna av cis-1,2-dikloreten och trikloreten, se figur 9 och figur 10.

Under efterkontrollen stiger halterna av cis-1,2-dikloreten och trikloreten och har vid det tredje kontrollen de högsta halter, cis-1,2-dikloreten 7100 µg/l och trikloreten 3100 µg/l. Vid det fjärde kontrollen har halterna av cis-1,2-dikloreten och minskat till 5500 µg/l och halten trikloreten 3430 µg/l är i ligger i nivå med de halter som uppmättes den 22 februari.



Figur 9. 17T328RU, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning, laboratorieanalyser. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.

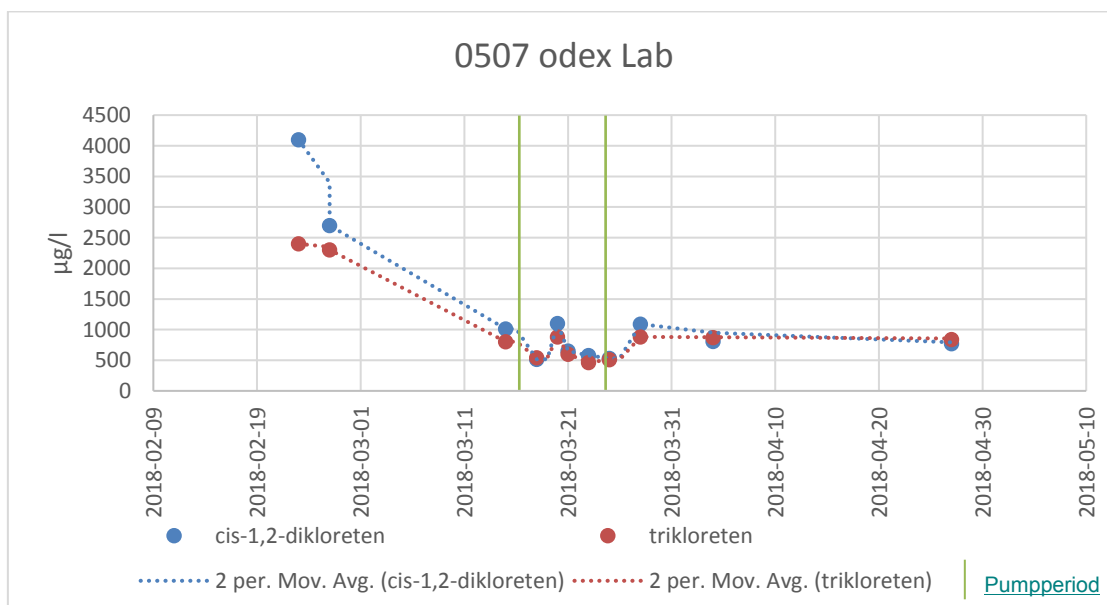


Figur 10. 17T328RU, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, GC-Frog. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.

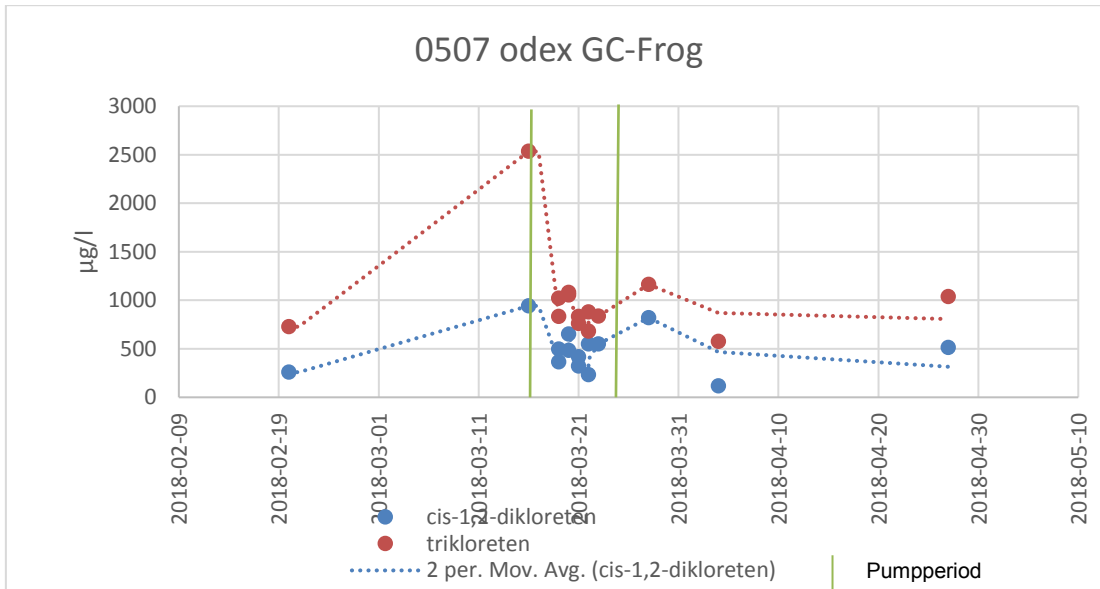
6.1.5 0507 ODEX

I 0507 odex sker inga större förändringar av halten cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpningen. Halten cis-1,2-dikloreten varierar mellan 500 µg/l och 1100 µg/l och halten trikloreten varierar mellan 540 µg/l och 880 µg/l, se figur 11 och figur 12. Vid referensprovtagningen i februari, 2018 uppmättes betydligt högre halter av trikloreten (3-4 gg högre) och cis-1,2-dikloreten (2 gg högre) än under provpumpningen och efterkontrollen.

Under efterkontrollen ligger halten av cis-1,2-dikloreten och trikloreten på de sista två kontrollerna på ca 800 µg/l för respektive ämne.



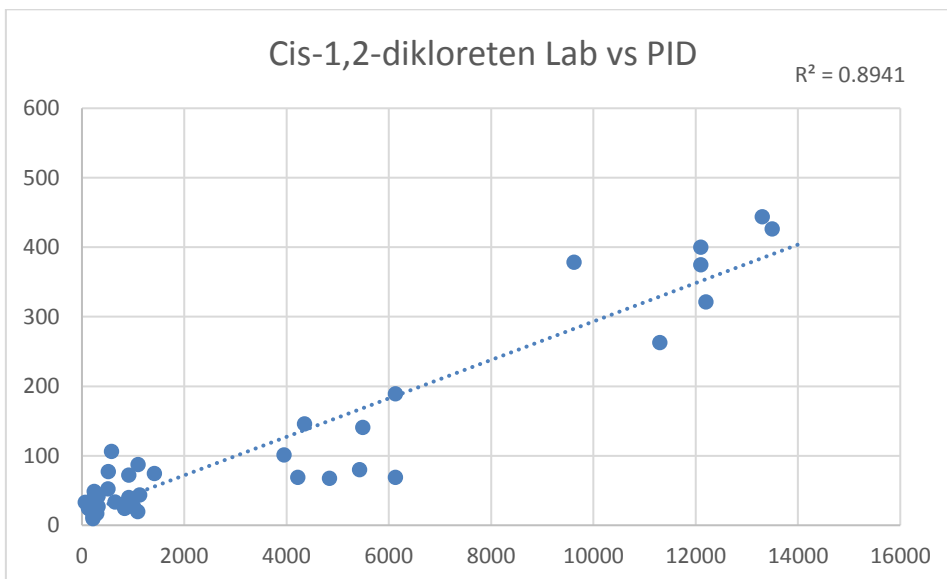
Figur 11. 0507 odex, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, laboratorieanalyser. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.



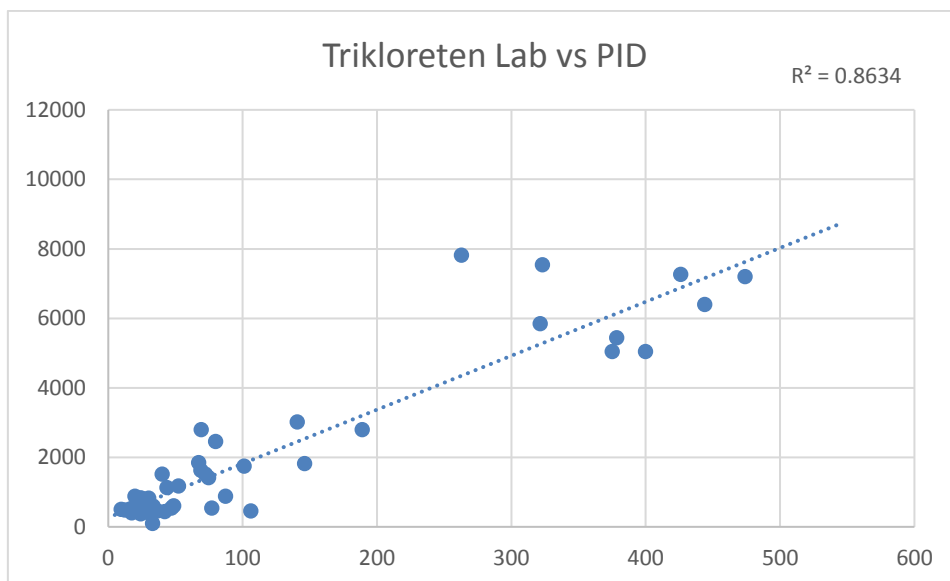
Figur 12. 0507 odex, haltutveckling cis-1,2-dikloreten och trikloreten under provpumpning och efterkontroll, GC-Frog. Streckade linjerna visar trendlinjer med glidande medelvärde.

6.1.6 KORRELATION PID/LAB

Korrelationen har beräknats mellan cis-1,2-dikloreten lab och PID samt trikloreten lab och PID utifrån det underlag som erhållits under provpumpningen, se figur 13 och figur 14. Resultatet visar att det finns en god korrelation mellan lab och PID för både cis-1,2-dikloreten och trikloreten.



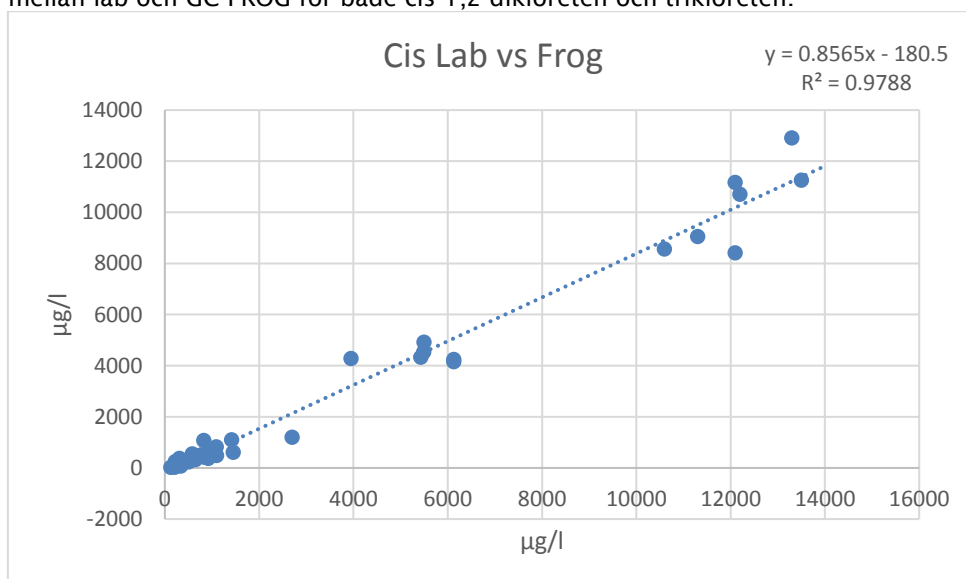
Figur 13. Korrelation cis-1,2-dikloreten lab (µg/l) och PID.



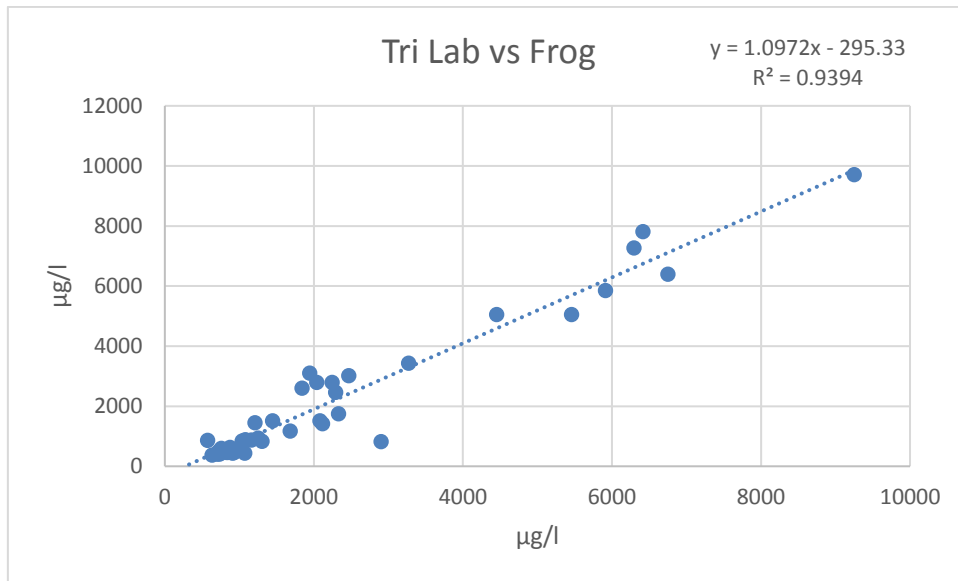
Figur 14. Korrelation trikloretten lab ($\mu\text{g/l}$) och PID.

6.1.7 KORRELATION FROG/LAB

Korrelationen mellan cis-1,2-dikloretten lab och GC-Frog samt korrelationen trikloretten lab och GC-Frog har beräknats för samtliga laboratorieanalyser och GC-FROG där provtagning skett samtidigt, se figur 16 och figur 17. Resultatet visar att det finns en mycket god korrelation mellan lab och GC-FROG för både cis-1,2-dikloretten och trikloretten.



Figur 15. Korrelation cis-1,2-dikloretten lab och GC-Frog.



Figur 16 Korrelation trikloreten lab och GC-Frog.

7 SLUTSATS OCH BEDÖMNING

Resultaten från genomförd provpumpning bygger på förtätad provtagning under provpumpningen och glesare provtagning innan och efter tiden för provpumpningen. Halterna varierar även under perioden innan provpumpningen, men man kan se tendenser under och efter tiden för pumpning.

7.1 HALTFÖRÄNDRINGAR

7.1.1 PUMPBRUNNEN OCH OBS-RÖRET

Halterna av klorerade lösningsmedel i pumpbrunnen och det direkt närliggande OBS-röret 17T330U minskar markant under tiden för provpumpningen sker, för att direkt efter avslutad pumpning, återgå till högre halter. Vid sänkning av grundvattennivån i samband med provpumpning uppstår en sänktratt. Det medför att vatten leds till brunnen radiellt från omgivningen. Detta medför en tillfällig utspädning av halten klorerade lösningsmedel i grundvattnet i brunnens direkta närhet. Under de veckor som efterkontrollen sker ökar halterna de första veckorna men återgår sedan till tidigare nivåer.

7.1.2 GRUNDVATTENRÖR JORD/BERG

Grundvattenrör 17T327RU, 17TU328 är placerade precis nedströms källområdet KV Renen. Analyserna visar att halterna varierar under tiden för provpumpningen. Tendensen är att halterna ökar något efter pumpperioden i den djupa delen som är en del av bergssprickorna. Haltförändringar är så små och ligger i nivå med halter som uppmätts i de förberedande provtagningarna. Förändringarna är så pass små att det ligger inom den vanliga variationen. Det är möjligt att det krävs en längre pumpperiod för att påverka halten i källområdets närhet.

7.1.3 GRUNDVATTENRÖR JORD

I odexrör 0507 som är placerat precis nedströms källområdet KV Renen sker det inte någon ökning av halterna i grundvattnet. Den haltvariation som syns i analysresultatet bedöms motsvara normala variationer. Vilket innebär att genomförd provpumpning inte bedöms ha påverkat föroreningsplymen i det övre grundvattenmagasinet i jordlager ovan berggrund vid källområdet.

7.1.4 OSÄKERHETER

Provpumpningen utfördes under en relativt begränsad tid och grundvattensänkningen i de uppströms liggande rören var mycket marginell.

7.2 SLUTSATS

Resultaten från provpumpningen stödjer hypotesen i *PM Risk för föroreningsspridning i grundvattnet (2016-02-25)* att risken för att föroreningarna ska spridas i större utsträckning på grund av grundvattensänkning inte är trolig. Halterna i grundvattnet kan snarare komma att minska under schaktningsarbetena eftersom grundvattenomsättningen kommer att öka.

7.3 KORRELATION MELLAN FÄLTANALYSER OCH LABORATORIEANALYSER

Korrelationen mellan de två fältanalysmetoderna och laboratorieanalyserna som redovisas i föregående kapitel, visar att det är en relativt god korrelation. Nedbrutet på typ av fältutrustning visar resultatet att det finns en relativt god korrelation mellan laboratorieanalys - PID och en mycket god korrelation mellan laboratorieanalys - GC-FROG. Det finns fördelar och nackdelar med båda typerna av fältinstrument.

7.3.1 PID

Fördelen med PID är att den mycket enkel att använda och lätt att bära med i fält. Nackdelen är den endast mäter totalhalten av lättflyktiga ämnen, vilket innebär att det inte framgår vilken typ av förorening den ger utslag för. Som fältinstrument kan den därför endast vara vägledande. En annan aspekt är att PID är mycket känslig för fukt vid mätning och kan påverkas negativt i mätkroppen om mätning sker mycket direkt på vatten.

7.3.2 GC-FROG

Fördelen med GC-Frog är bland annat att halten av trikloreten och Cis-1,2-dikloreten erhålls inom 10 minuter efter genomförd analys och att haltangivelsen är starkt korrelerade till vad som analyseras på kemiskt laboratorium. Det medför att säkerheten i mätningarna är hög och att tryggheten i mätningarna kan ges på plats. GC-FROG kan även användas för mätning av inomhusluft, vilket är en stor fördel om boende i närheten av föroreningen blir oroliga. Då finns chansen att i med kort inställetid ge svar på lufthalterna. Detta sammantaget innebär att snabba och välgrundade beslut kan fattas om huruvida åtgärder behöver genomföras under entreprenaden.

7.4 INOMHUSLUFTEN PÅ FÖRSKOLAN BULLERBYN

Inomhusluften har inte redovisats i denna rapport. Luften mättes innan, under och efter provpumpningen. Halter av trikloreten precis över detektionsgräns uppmättes i inomhusluften i en avdelning på Bullerbyns förskola under första veckan av provpumpning. Ingen detekterbar halt uppmättes i inomhusluften vid de resterande två mätperioderna.

8 REFERENSER

Tyréns, 2017	PM Provpumpning vid Kv. Renen – kriterier för föroreningar i grundvatten och luft, 2018-02-16
Trafikverket, 2016a	PM Hydrauliska tester, Varbergstunneln, Väst kustbanan, Varberg-Hamra, 101107-08-025-206, 2016-03-31
Trafikverket, 2016b	PM Risker avseende föroreningar i samband med schaktarbeten för järnväg väster om Kv. Renen, Varbergstunneln, Väst kustbanan, Varberg-Hamra, 101107-08-025-108, 2016-10-12
Trafikverket, 2016c	PM Risk för föroreningsspridning i grundvattnet, Varbergstunneln, Väst kustbanan, Varberg-Hamra, 101107-08-025-102, 2016-02-25

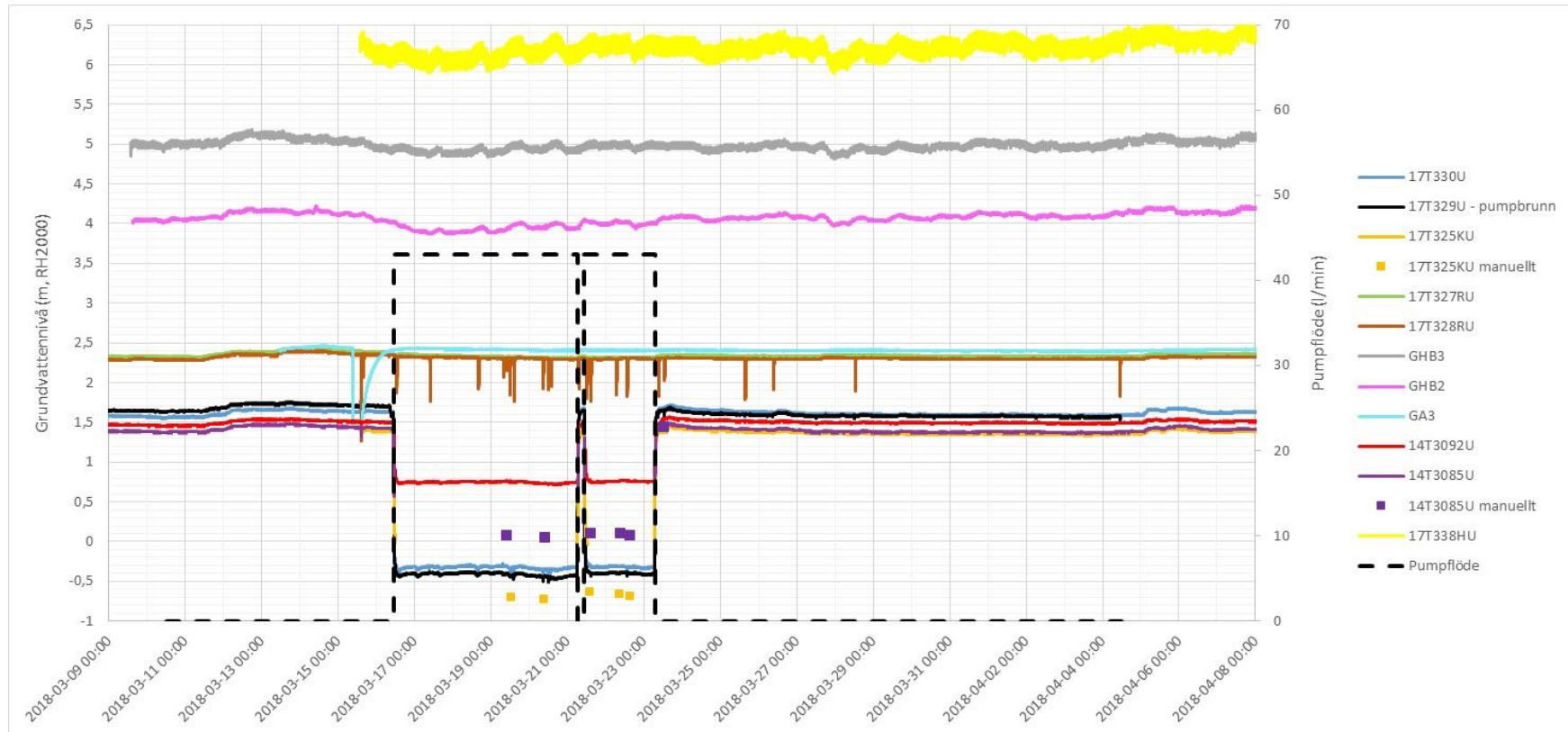
Bilaga 1 - Översiktskarta grundvattenrör



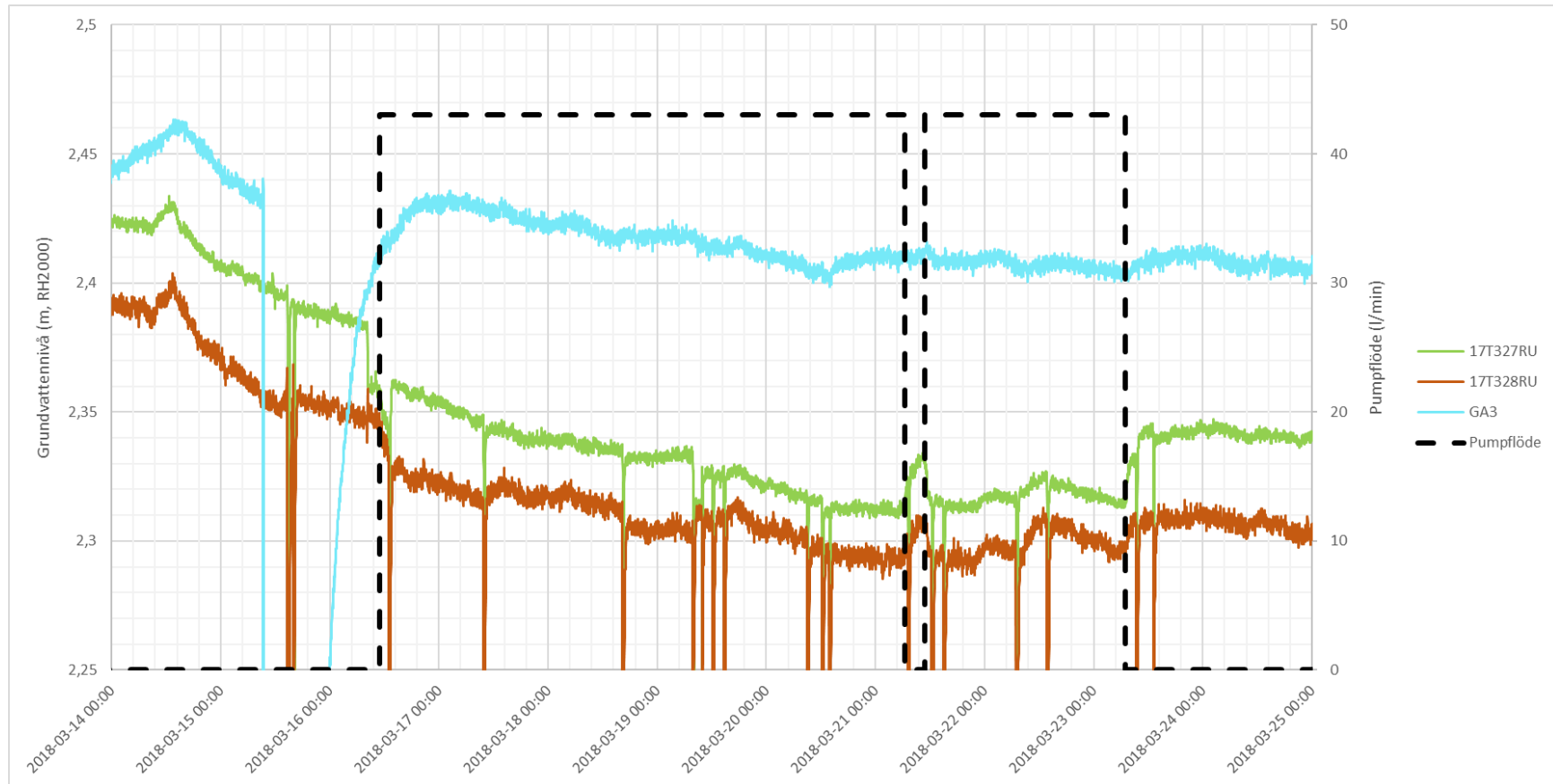
Uppdrag: 250442, Varbergstunneln, Västkostbanan, Varberg-Hamra
Beställare: Trafikverket

Bilaga 2 - Diagram uppmätta grundvattennivåer

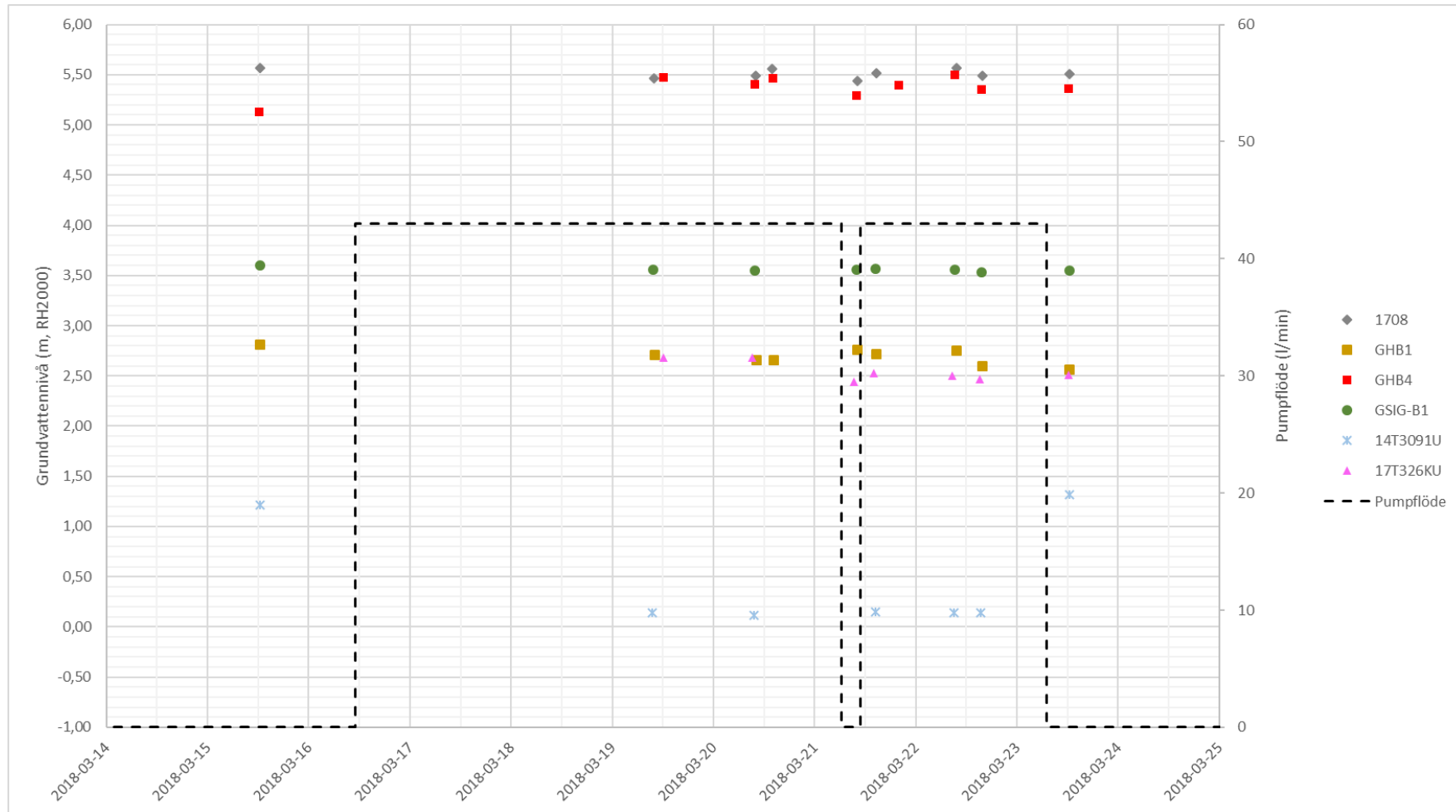
2018-06-11



Figur 1. Grundvattennivåer uppmätta med divers, tillsammans med pumpflöde. Observera att grundvattentytans plusnivå i 17T338HU är något osäker då det saknas manuella mätningar i punkten. Dataserien syftar primärt till att visa på grundvattennivåernas variationer i berg på lite större avstånd från pumpbrunnen. I punkten 14T3085U har divers hängit i luft under provpumpningen varför diverdataserien ersatts med manuella mätningar under provpumpningen. I punkten 17T325KU avviker divermätningarna från de manuella mätningarna under provpumpningen varför diverdata ersatts med manuella mätningar under provpumpningen.



Figur 2. Grundvattennivåer uppmätta med divers i observationspunkter i jord/berg nedströms Renen 13 (17T327RU samt 17T328RU) samt observationsrör i jord inom Renen 13 (GA3). En liten påverkan som bedöms kunna härledas till provpumpningen syns i 17T327RU, framförallt vid återhämtningen, samt möjligen även i 17T328RU. I punkten GA3 syns en påtaglig avsänkning till följd av omsättning och provtagning dagen innan pumpstart.



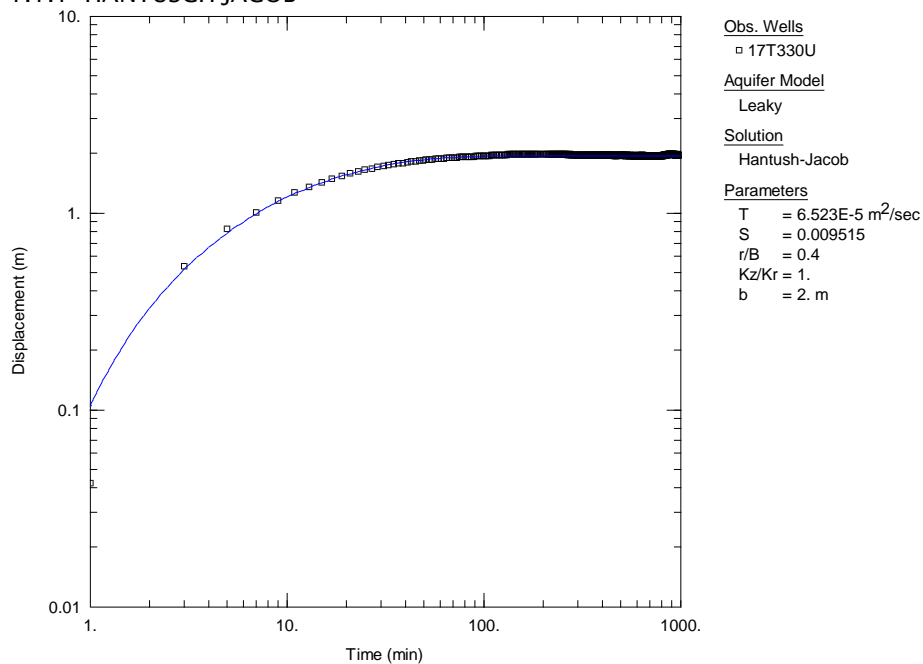
Figur 3. Uppmätta grundvattennivåer i observationspunkter där endast manuella mätningar gjorts, tillsammans med pumpflöde.

BILAGA 2 - DIAGRAM, UTVÄRDERING AV PROVPUMPNING

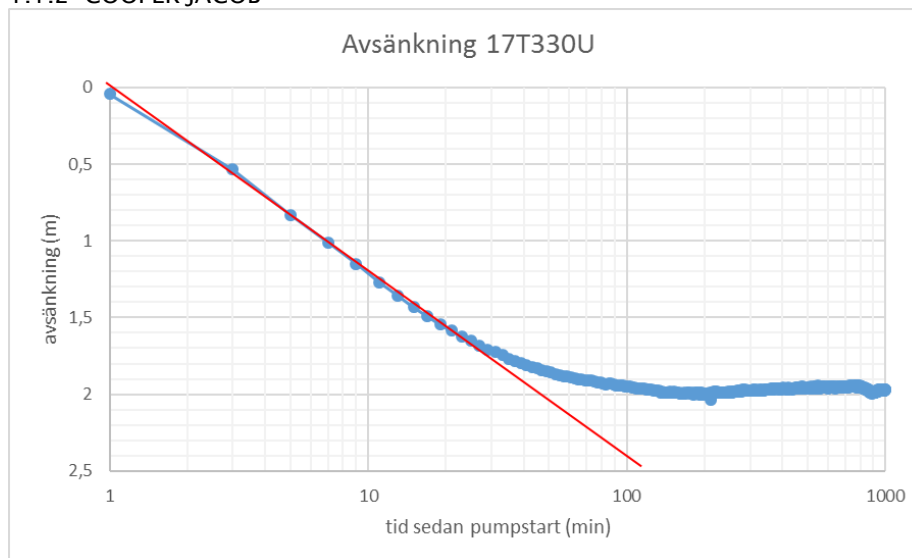
1 17T330U

1.1 AVSÄNKNING

1.1.1 HANTUSCH-JACOB

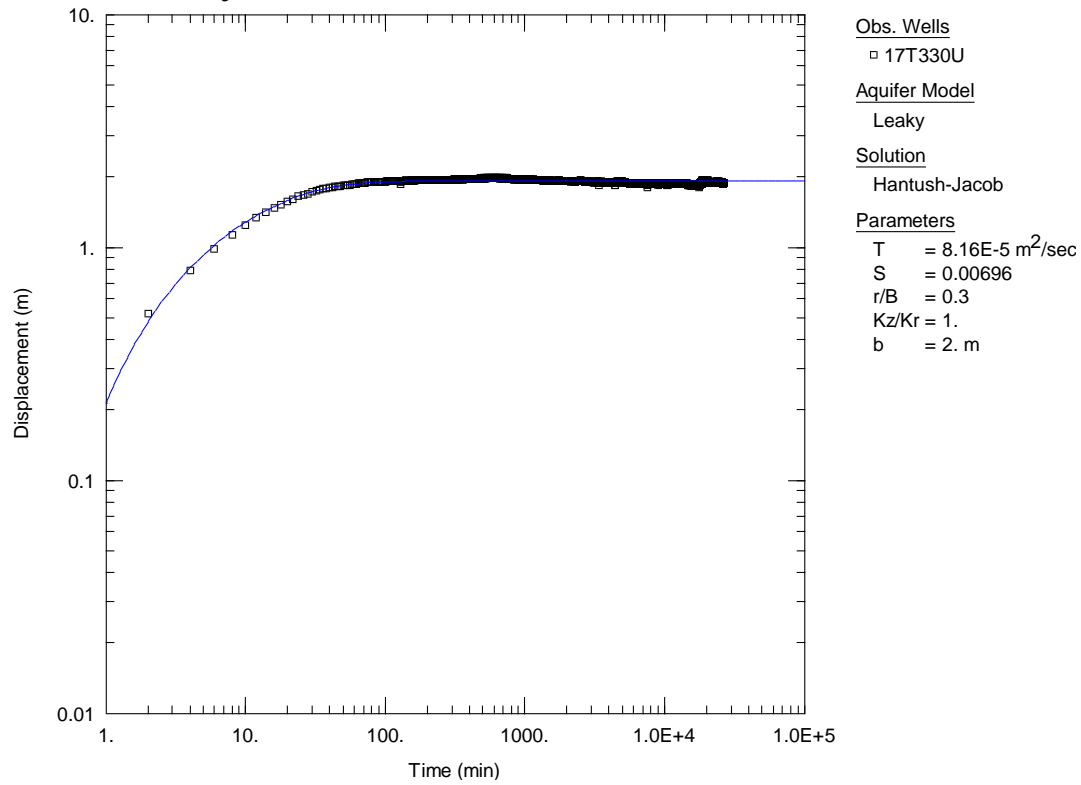


1.1.2 COOPER-JACOB

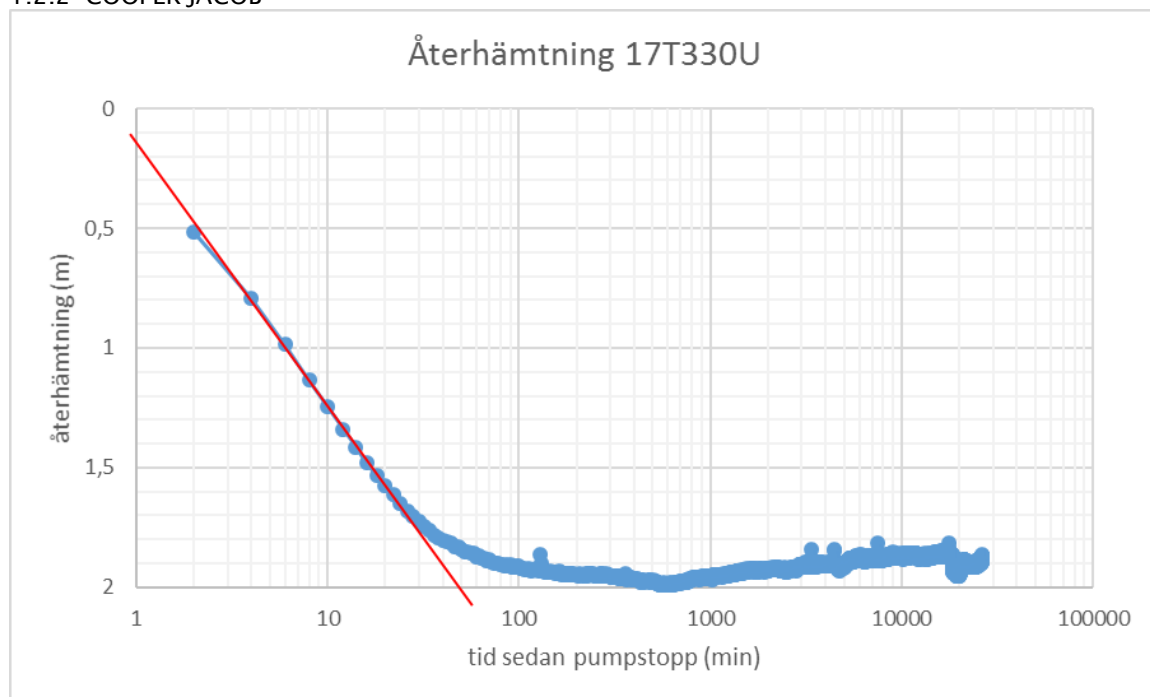


1.2 ÅTERHÄMTNING

1.2.1 HANTUSCH-JACOB



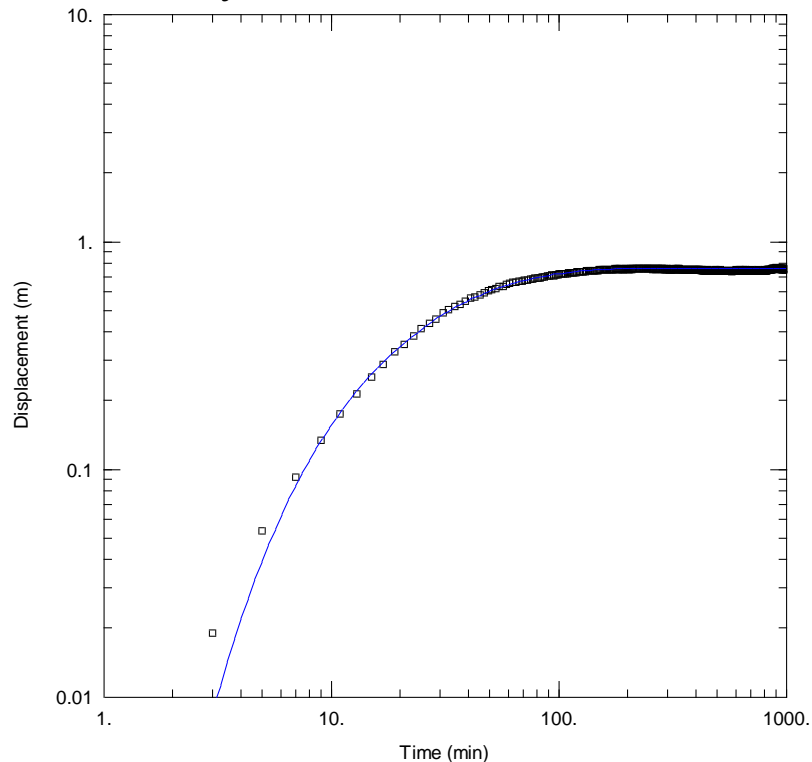
1.2.2 COOPER-JACOB



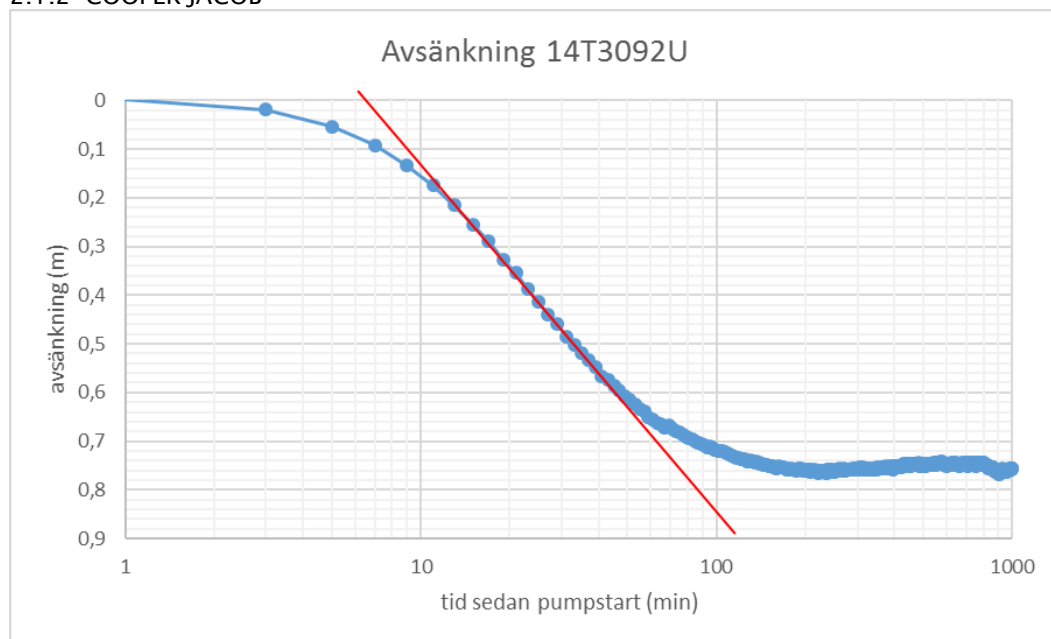
2 14T3092U

2.1 AVSÄNKNING

2.1.1 HANTUSCH-JACOB

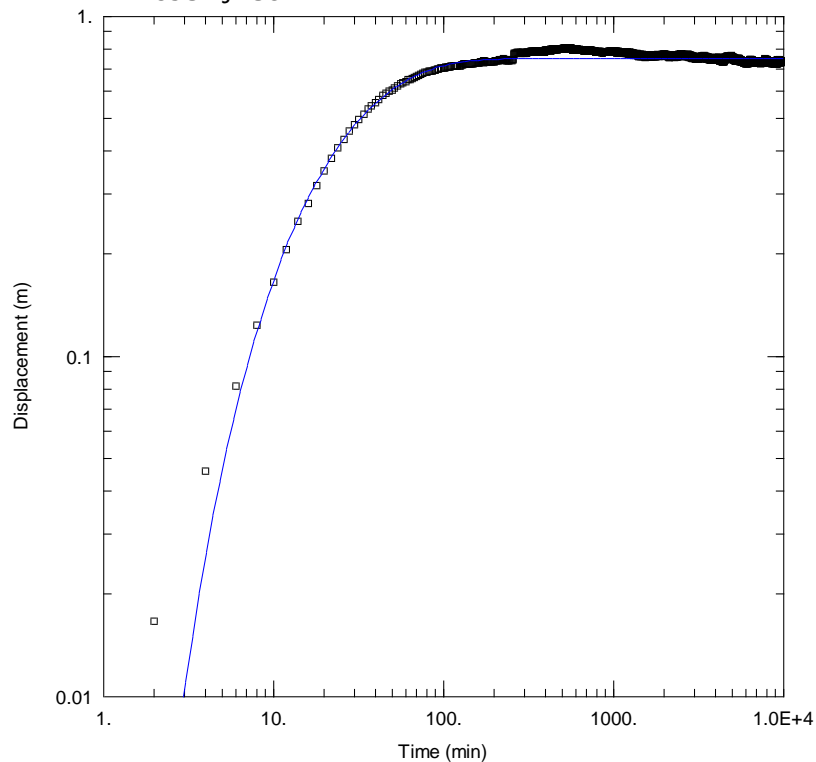


2.1.2 COOPER-JACOB



2.2 ÅTERHÄMTNING

2.2.1 HANTUSCH-JACOB



2.2.2 COOPER-JACOB

