



RIKTLINJER FÖR NYA BERGVÄRMEANLÄGGNINGAR INOM DEL AV HALVORSTORP, TROLLHÄTTAN

Innehåll

1 Bakgrund och syfte	3
2 Föroreningsituationen	3
2.1 Inom saneringsområdet	3
2.2 Grundvatten i närområdet	5
2.3 Berggrundvatten i omgivningen	6
3 Platsspecifika riktvärden i berggrundvatten	6
3.1 Allmänt	6
3.2 Hälsoriskbaserade riktvärden	7
Exponeringsanalys	7
Humantoxikologiska riktvärden	8
Beräkningsresultat	8
3.3 Miljöriskbaserade riktvärden	9
Exponeringsanalys	9
Ytvattenkriterier	9
Beräkningsresultat	10
3.4 Sammanvägda riktvärden	10
4 Riskbedömning	10
5 Reviderat restriktionsområde	11

1 Bakgrund och syfte

Trollhättans stad är huvudman för sanering av en f d kemptvätt på fastigheten Järnsågen 3 i Halvorstorp i östra delen av tätorten, se *figur 1*. Åtgärderna har omfattat konventionell schaktsanering av jord förorenad av klorerade lösningsmedel (främst perkloreten, PCE) ned till berg 2016-2017 och en in-situ sanering av underliggande berggrund 2017-2018. För närvarande sker uppföljande kontrollprovtagningar av grundvattnet inom fastigheten och i omgivningen. Trollhättans stad har sedan föroreningen upptäcktes inte tillåtit installation av nya bergvärmeanläggningar i fastighetens närområde inom ett restriktionsområde. Mot bakgrund av att omfattande åtgärder nu genomförts har Trollhättans stad gett Relement Miljö Väst AB i uppdrag att ta fram riktlinjer för framtida bergvärmeanläggningar i området. Syftet med uppdraget är att förse staden med ett underlag till beslut om vilka krav som ska gälla vid installation av nya bergvärmeanläggningar inom ett framtida restriktionsområde.

Figur 1 Lokalisering av fastigheten Järnsågen 3 (flygfoto från 2012).



Uppdraget har genomförts av civilingenjör Anders Bank som fungerat som stadens beställarstöd vid projektering och sanering av objektet

2 Föroreningssituationen

2.1 Inom saneringsområdet

Saneringen har omfattat urschaktning av sammanlagt 14 000 ton förorenade massor ned till berg. Mer än 99 % av mängderna av klorerade lösningsmedel avlägsnades. Alla mätbara åtgärdsområden uppfylldes förutom att en begränsad mängd förorenad jord tvingades kvarlämnas på mer än 8 m djup invid Tunhemsvägen. Det finns maximalt något enstaka kilo klorerade lösningsmedel kvar på stort jorddjup inom objektet. I *figur 2* redovisas foton från schaktsaneringen.



Figur 2 Foton från schaktsaneringen 2016-2017.

Den termiska in-situ saneringen avlägsnade ytterligare 250 kg PCE från berggrunden ned till 20 m djup. Uppmätta halter i berggrundvattnet inom fastigheten har minskat med mer än 99 % och de mätbara åtgärdsmålen i saneringsområdet är uppfyllda med stor marginal. I *tabell 1* visas uppmätta halter av klorerade lösningsmedel i berggrundvattnet inom saneringsområdet före och efter sanering. Beräknade medelvärden av uppmätta halter av perkloreten (PCE) och trikloreten (TCE) i 15 grundvattenprover inom det 500 m² stora saneringsområdet jämförs med det mätbara åtgärdsålet på 5 200 µg/l. I tabellen anges även de maximalt uppmätta halterna vid varje provtagningsomgång. De ämnen som förekommer i berggrundvattnet inom saneringsområdet är perkloreten (50 %), trikloreten (20 %) samt cis 1,2 DCE (30 %).

Tabell 1 Beräknade medelvärden och maximalt värde av uppmätta halter av PCE och TCE i 15 berggrundvattenbrunnar inom saneringsområdet (µg/l).

Datum	Medel Σ PCE + TCE	Max Σ PCE + TCE
Hösten 2017 (Innan sanering)	52 000	156 000
Maj 2018	3 400	28 000
Oktober 2018	290	1 700
December 2018	410	2 500
Feb 2019	780	6 100
Maj 2019	540	4 300
Mätbart åtgärds mål	5 200	-

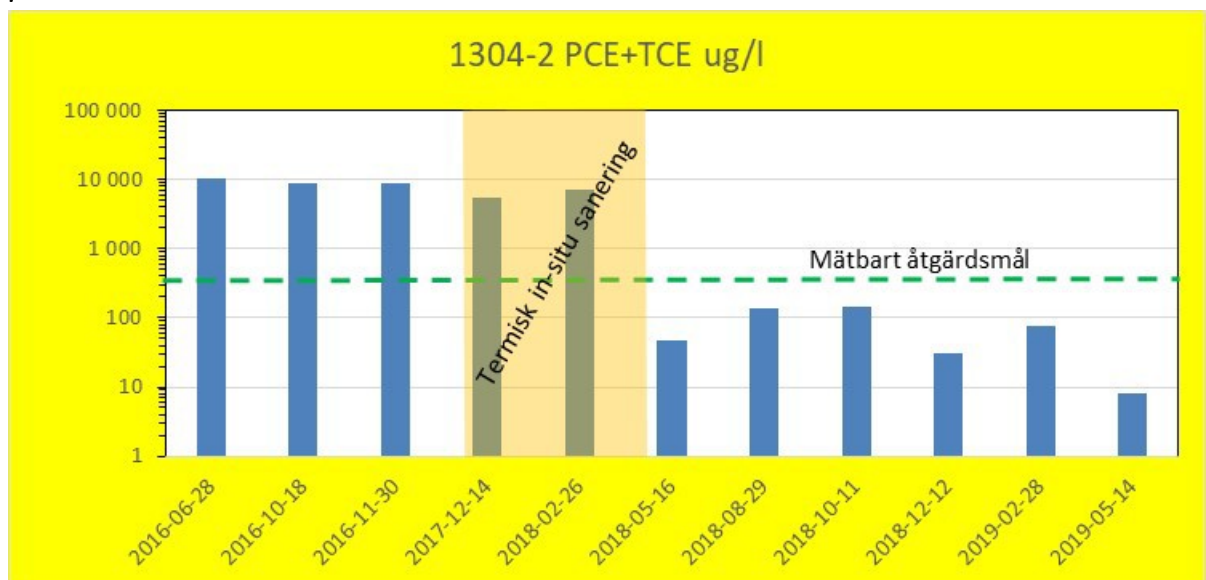
Av tabellen framgår att medelvärdet har minskat med ca 99 % och har legat förhållandevis stabilt de senaste fyra mätomgångarna. Även de maximalt uppmätta halterna inom det sanerade området har reducerats väsentligt och är ca 98 % lägre nu

än innan sanering. Om halterna i berggrundvattnet är proportionella mot kvarvarande mängder beräknas det finnas kvar maximalt några kilo klorerade lösningsmedel i berggrunden inom saneringsområdet.

Sammantaget mängderna och halterna av klorerade lösningsmedel i jord och berg ha reducerats med >99 % och det finns i nuläget maximalt några enstaka kilo lösningsmedel kvar på stort djup inom det sanerade området. Samtliga mätbara åtgärds mål bedöms sammantaget vara uppfyllda med stor marginal.

2.2 Grundvatten i närområdet

Halterna av klorerade lösningsmedel i grundvatten strax utanför saneringsområdet har också sjunkit väsentligt efter saneringen. Nära nog samtliga mätbara åtgärds mål uppfylldes vid den senaste provtagningsomgången i maj 2019. I figur 3 visas uppmätta halter av klorerade lösningsmedel i berggrundvatten ca 10 m nedströms saneringsområdet. Observera den logaritmiska skalan. Av figuren framgår att uppmätta halter av PCE + TCE sjunkit med 99 % efter saneringen. Tendensen är densamma i övriga provtagningspunkter.



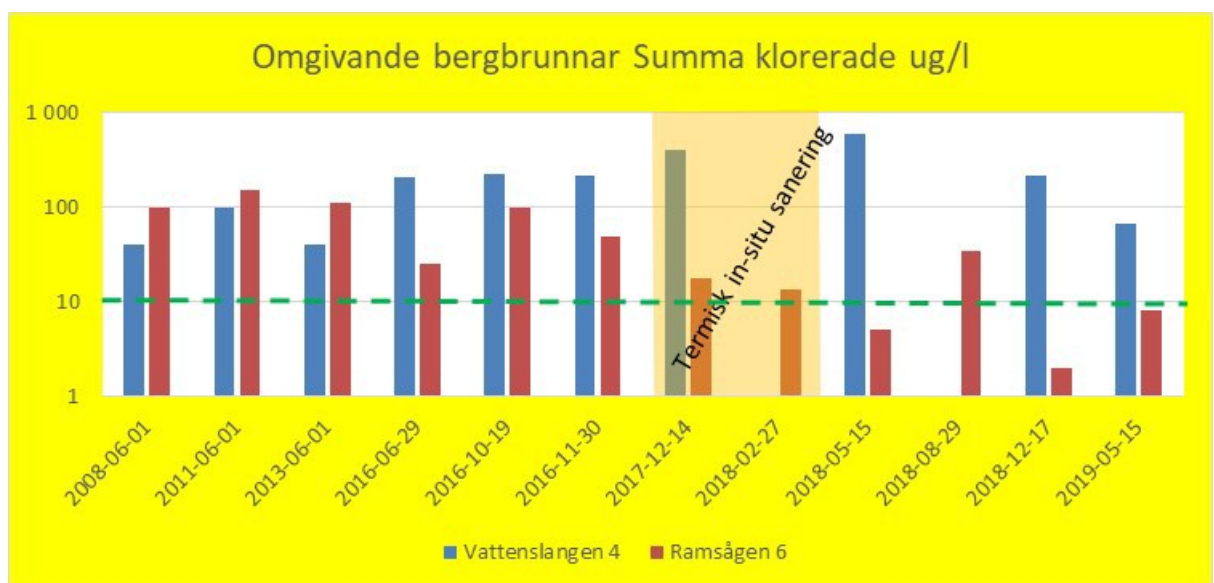
Figur 3 Uppmätta halter av klorerade lösningsmedel i grundvatten i en bergbrunn ca 10 m nedströms saneringsområdet

De klorerade lösningsmedel som förekommer i grundvattnet i närområdet är främst cis-1,2 dikloreten (cis-DCE) och till mindre del perkloreten (PCE), trikloreten (TCE) och vinylklorid (VC). Det förekommer också spår av andra klorerade lösningsmedel såsom trans 1,2 dikloreten, 1,1 dikloreten, dikloreten men halterna är så låga att man kan bortse från dessa.

2.3 Berggrundvatten i omgivningen

Hittills genomförda provtagningar av berggrundvatten på större avstånd (ca 100 m) från Järnsågen 3 är svårare att tolka. Det är naturligt eftersom det tar tid att omsätta eller byta ut berggrundvattnet mellan saneringsområdet och respektive bergbrunn. Uppmätta halter av klorerade lösningsmedel har dock minskat avsevärt i en befintlig brunn som finns på fastigheten Ramsågen 6 i sydväst, se *figur 4*. Minskningen kan emellertid också kopplas till att brunnen inte använts på senare år och den naturliga strömningsriktningen för berggrundvatten i området är nordlig. Det är dock positivt att åtgärds målet är uppfyllt de senaste två mätomgångarna. I bergbrunnen ca 100 m norrut (Vattenslangen 4) har halterna av klorerade lösningsmedel visserligen sjunkit de senaste mätomgångarna men åtgärds målet är inte uppfyllt ännu.

I omgivande brunnar dominerar TCE och cis DCE. PCE förekommer fortfarande men andelen tenderar att minska efter saneringen.



Figur 4 Uppmätta halter av klorerade lösningsmedel i berggrundvatten ca 100 m sydväst och norr om saneringsområdet

3 Platsspecifika riktvärden i berggrundvatten

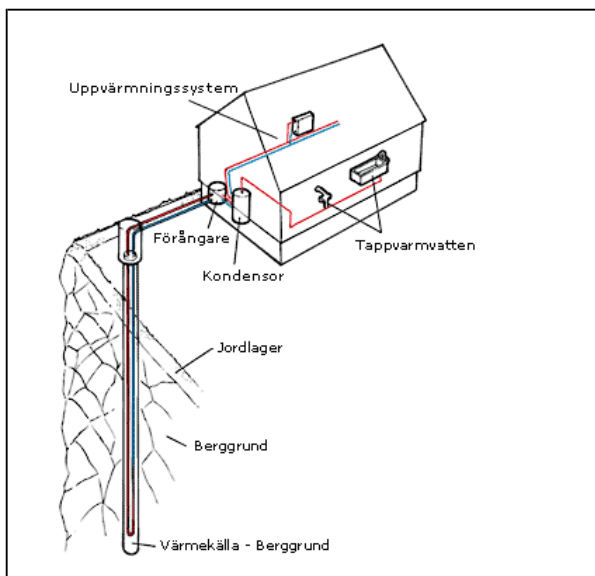
3.1 Allmänt

Det är populärt att installera bergvärme i såväl gamla som nya småhus och flerbostadshus. Vid installationen borrar det djupa hål i berggrunden (100 – 200 m). Vid borrhningsarbetet och installation av kollektorrör kommer berggrundvatten upp till markytan varvid människor (främst boende och borrhningspersonal) i delar av Halvorstorp kan utsättas för skadliga halter av klorerade lösningsmedel som avdunstar från vattnet. Vattnet avleds under installationen till dagvatten och recipient där ytvattenlevande organismer kan påverkas negativt. Ett exempel på ett färdigt bergvärmsystem illustreras i *figur 5* nedan (hämtat från Svenska Värmepumpföreningen - <http://www.svepinfo.se/>).

Riktvärden för fyra klorerade lösningsmedel (PCE, TCE, cis DCE samt VC) har beräknats dels för skydd av människor som riskerar att exponeras för förorenat berggrundsvatten under installationsarbeten, dels för skydd av ytvattenlevande organismer som riskeras exponeras för förorenat berggrundsvatten som släpps ut under installationen. Det områdesspecifika riktvärdet blir det lägsta av det "hälsoriskbaserade" värdet och det "miljöriskbaserade" värdet.

Aktuella klorerade lösningsmedel är visserligen långlivade i mark och grundvatten men de är inte särskilt långlivade i miljön. På grund av deras flyktighet avdunstar de relativt snabbt från ytvattendrag och de ackumuleras inte heller i bottensediment eller i organismer. Halveringstiden för TCE och VC i strömmande ytvatten är som exempel 3 h respektive 1 h (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>). Även i atmosfären är de flesta klorerade lösningsmedel kortlivade. De bryts ned fotokemiskt med typiska halveringstider på några dygn till en vecka.

Riktvärden för skydd av människor och miljö för klorerade lösningsmedel behöver således inte ta hänsyn till att ämnena bioackumuleras eller att ämnena är långlivade i miljön.



Figur 5 Principbild över ett bergvärmsystem med kollektorslangar.

Vidare kan borrhingsarbeten leda till att klorerade alifater temporärt sprids i större omfattning eller i andra riktningar från saneringsområdet.

3.2 Hälsoriskbaserade riktvärden

Exponeringsanalys

Under den tid personal borrar och installerar kollektorslang etc. kan människor exponeras via inandningsluften för klorerade alifater som avdunstar från berggrundsvattnet. Exponeringen bedöms maximalt vara 8 – 10 h per dag under några arbetsdagar. I figur 6 nedan visas foton från borrhining för bergvärme.

För att kunna beräkna riktvärden måste halterna av klorerade lösningsmedel i luften kring arbetsområdet uppskattas under den tid bergvärmsystemet installeras. Halten i luften omedelbart kring det uppumpade grundvattnet har uppskattats enligt nedanstående formel (NV Rapport 4639):

$$C_{\bar{a}} = H \cdot C_w$$

$C_{\bar{a}}$ Koncentrationen av ämnet i ångfas ovan vattenytan

C_w Koncentrationen av ämnet i vattnet

H Henrys konstant (ämnesspecifik konstant)

Utspädningen av ämnet i omgivningsluft innan människor inandas luften antas till i genomsnitt 100 ggr. Detta bedöms vara ett konservativt antagande och den verkliga utspädningen är vid de flesta väderförhållanden sannolikt betydligt högre. Även avdunstningen från vattnet kan vara överskattat då den ämnesspecifika konstanten H gäller vid 20 grader Celsius och berggrundvatten normalt håller ca 10 grader.

$$C_{ii} = C_{\bar{a}}/100$$

C_{ii} Genomsnittlig koncentration av ämnet i inandningsluften



Figur 6 Borrning för bergvärme. (hämtat ur <http://www.hus.se/galleri/galleri606.html>)

Humantoxikologiska riktvärden

Arbetsmiljöverkets hygieniska nivågränsvärden för luftföroreningar vid 8 h arbetsdag

(<https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvardena-afs-20181-foreskrifter/>) bedöms vara lämpliga riktvärden för borrarpersonal som kan exponeras för de klorerade lösningsmedlen. För att beakta samverkans effekter har de hygieniska gränsvärdena delats med en faktor 4, se tabell 2.

Tabell 2 Riktvärden för halter av klorerade lösningsmedel i luft vid installation av bergvärme (i mg/m^3)

	PCE	TCE	1,2 DCE	VC
RV_Luft	17,5	13,5	17,5 ¹⁾	0,6

1) Gränsvärde saknas. Uppskattas ha ungefär samma toxicitet som PCE

Beräkningsresultat

Den ofarliga koncentrationen (hälsoriskbaserade riktvärden i berggrundvatten - $RV_{\text{Hälsa-GV}}$) av klorerade lösningsmedel i berggrundvatten har beräknats utifrån exponeringsanalysen och riktvärdena i luft enligt nedanstående formler:

$$C_{ii} = RV_{\text{Luft}} \quad (\text{mg}/\text{m}^3)$$

$$RV_{\text{Hälsa-GV}} = 100 \cdot RV_{\text{Luft}}/H \quad (\mu\text{g}/\text{l})$$

Resultaten av beräkningar visas i tabell 3. Värdena har avrundats nedåt.

Tabell 3 Beräknade riktvärden i berggrundvatten för skydd av borrhäls hälsa (i µg/l).

	PCE	TCE	Cis 1,2 DCE	VC
RV _{Hälsa-GV}	2 000	3 000	10 000	50

3.3 Miljöriskbaserade riktvärden

Exponeringsanalys

Under och strax efter borrhälsarbeten avleds berggrundvatten normalt via en container för partikelavskiljning till dagvatten och vidare till ytvattenrecipient eller direkt till ytvattenrecipient. I foton nedan i figur 7 visas exempel på vattenhantering.

De organismer som lever i recipienten (i detta fall Göta älv eller Stallbackaån) exponeras således kortvarigt (akut) för de klorerade alifater som finns i berggrundvattnet. Det kan handla om 8 – 10 h per dag under några dagar. Vid beräkning av riktvärden för skydd av ytvattenlevande organismer antas att ingen utspädning, avdunstning eller nedbrytning av ämnena sker i recipienten. Recipienten förutsätts vara en sötvattenrecipient. Antagandet om att ingen utspädning/avdunstning sker är konservativt och i verkligheten kommer en minskning av halterna ske relativt snabbt i yt-vattenrecipienten främst beroende på avdunstning.



Figur 7 Foton som visar container för partikelavskiljning av uppumpat berggrundvatten (hämtat ur <http://www.hus.se/galleri/galleri606.html>).

Ytvattenkriterier

Det saknas svenska ytvattenkriterier för korttids- och långtidsexponering av klorerade lösningsmedel. Akuttoxiska referenskoncentrationer för ytvatten för aktuella ämnen har därför hämtats från en amerikansk databas som finns tillgänglig på Internet (Risk Assessment Information System - <http://rais.ornl.gov/>). De värden som har valts är "EPA Region 4 Acute Surface Water Screening Benchmark" för skydd av sötvattenlevande organismer. För de klorerade lösningsmedel där värden saknas har en uppskattning skett utifrån jämförelser med andra typer av riktvärden och ett antagande om att ämnena har liknande toxiska effekter. I tabell 4 visas använda ytvattenkriterier för skydd av vattenlevande organismer vid kortvarig (akut) exponering. I tabellen anges också för vilka klorerade lösningsmedel egna uppskattningar gjorts eftersom det saknas data. Värdena har avrundats nedåt.

Tabell 4 Använda ytvattenkriterier för skydd av ytvattenlevande organismer vid kortvarig exponering (i µg/l).

	PCE	TCE	Cis 1,2 DCE	VC
RV _{ytvatten}	500	210 ¹⁾	13 500	9300 ¹⁾

1) Värdet är beräknat som 10 ggr ytvattenkriteriet för långtidsexponering.

Beräkningsresultat

Riktvärdena för klorerade lösningsmedel i berggrundvatten för skydd av ytvattenlevande organismer motsvarar enligt exponeringsanalysen (ingen utspädning) ovan i *tabell 4* redovisade ekotoxikologiska referenskoncentrationer för skydd av ytvattenlevande organismer vid akut exponering.

3.4 Sammanvägda riktvärden

De sammanvägda riktvärdena för klorerade lösningsmedel i berggrundvattnet är det lägsta av det beräknade riktvärdet för skydd av människors hälsa respektive ytvattenlevande organismer. Riktvärdena, som avrundats något, redovisas i *tabell 5*.

Tabell 5 Sammanvägda riktvärden av klorerade lösningsmedel i berggrundvatten i Halvorstorp (µg/l).

	PCE	TCE	Cis 1,2 DCE	VC
RV_ytvatten	500	210 ¹⁾	13 500	9 300 ¹⁾
RV_Hälsa	2 000	3 000	10 000	50
Riktvärde	500	200	10 000	50

4 Riskbedömning

Vid jämförelse av riktvärdena i tabell 5 och uppmätta halter av klorerade lösningsmedel i berggrundvatten inom och omkring fastigheten Järnsågen 3 kan man konstatera att medelvärdena av uppmätta halter av PCE och TCE inom saneringsområdet ligger i nivå med de beräknade riktvärdena. Ställvis inom saneringsområdet överskrider dock de uppmätta halterna riktvärdena och en viss risk för människors hälsa föreligger inom fastigheten Järnsågen 3. Sannolikt kommer denna risk kvarstå under relativt lång tid.

I berggrundvattnet strax utanför saneringsområdet är halterna av vinylklorid ställvis i nivå med det föreslagna riktvärdet och inte heller där kan risker uteslutas i nuläget. Sannolikt kommer dock halterna här att avta över tid och på sikt understiga riktvärdena.

På större avstånd från fastigheten Järnsågen 3 är underlaget för bedömning i nuläget begränsat men resultaten från de två bergbrunnar som finns ca 100 m från saneringsområdet tyder på att halterna i berggrundvattnet i omgivningen understiger riktvärdena med bred marginal. Ytterligare provtagningar i fler bergbrunnar är dock önskvärda innan definitiva slutsatser om risker kan dras.

När det gäller riskerna för allvarlig spridning av klorerade lösningsmedel från saneringsområdet om bergbrunnar installeras i omgivningen så bedöms den sammantaget i dagsläget vara mycket liten. Motiven till bedömningen är dels att vattenuttagen vid installation av bergvärme är begränsad i volym och tid, dels att föroreningskällan i nuläget är mycket liten och att den potentiella skadan vid spridning därmed är begränsad. Av genomförda mätningar framgår att det maximalt kan handla om några kilo klorerade lösningsmedel som finns kvar i saneringsområdet. Det är inte heller sannolikt att det sker mer än en bergvärmeinstallation åt gången.

5 Reviderat restriktionsområde

Mot bakgrund av utredningens resultat förändras restriktionsområdet enligt nedan (se även *figur 8*):

- Installation av ny bergvärme tillåts tills vidare inte på fastigheterna Järnsågen 3 och 4 samt norra delen av Järnsågen 2.
- I angränsande kvarter väster, norr och öster om Järnsågen 3 och 4 tillåts ny bergvärme under följande förutsättningar:

Alternativ 1

- Entreprenören utgår från att det finns eller kan finnas klorerade lösningsmedel över riktvärdena och bör använda erforderlig personlig skyddsutrustning vid borrhingsarbeten.
- Berggrundvattenprov analyseras m a p klorerade lösningsmedel på ackrediterat laboratorium.
- Berggrundvatten behandlas med aktivt kolfilter innan utsläpp till dagvatten. Ett vattenprov på behandlat vatten ska analyseras m a p klorerade lösningsmedel på ackrediterat laboratorium.

Alternativ 2

- Entreprenören anlitar en miljökonsult som vid borrhning kontrollerar berggrundvattnets innehåll av klorerade lösningsmedel med PID-instrument. Mätning görs av miljökonsult i fält på vattenprov. Borrvattnet släpps ej ut innan miljökontroll.
- Om PID-värden på kallt prov visar <1 ppm och <10 ppm i rumstemperatur tas vattenprov för analys av klorerade lösningsmedel på ackrediterat laboratorium. Därefter kan arbetet genomföras utan särskilda skyddsåtgärder.
- Om PID-värden >1 ppm på kallt prov och/eller >10 ppm vid rumstemperatur bör entreprenören använda erforderlig personlig skyddsutrustning vid borrhingsarbeten samt behandla berggrundvatten med aktivt kolfilter innan utsläpp till dagvatten. Ett vattenprov på behandlat vatten ska analyseras m a p klorerade lösningsmedel på ackrediterat laboratorium

Utifrån resultaten av kommande provtagningar av berggrundvattnet inom restriktionsområdet bör revideringar kunna ske årsvis. Om man t ex har flera provtagningar av berggrundvatten inom föreslaget restriktionsområde som samtliga visar på halter av klorerade lösningsmedel under riktvärdena bör restriktionsområdet tas bort med undantag för fastigheterna Järnsågen 3 och 4 och norra delen av Järnsågen 2.



Figur 8 Reviderat restriktionsområde för bergvärme inom del av Halvorstorp.