

Lägessammanfattning december 2021 av förstudie för gruvavvattning med hjälp av borrhål – Viscaria koppargruva

1 Inledning

Detta dokument syftar till att sammanfatta projektläget för 2021 i ovan rubricerade förstudie, inför fortsatta undersökningar. Avsikten med dokumentet är inte en fullständig utvärdering av alla resultat hittills, även om kommentarer ges om innebörden av vissa resultat, utan framförallt en redovisning av vad som gjorts.

Ett underlag till förstudien togs fram under augusti 2021 (Nordqvist, 2021) och undersökningar har pågått under hösten därefter. Undersökningarna förväntas fortsätta under 2022.

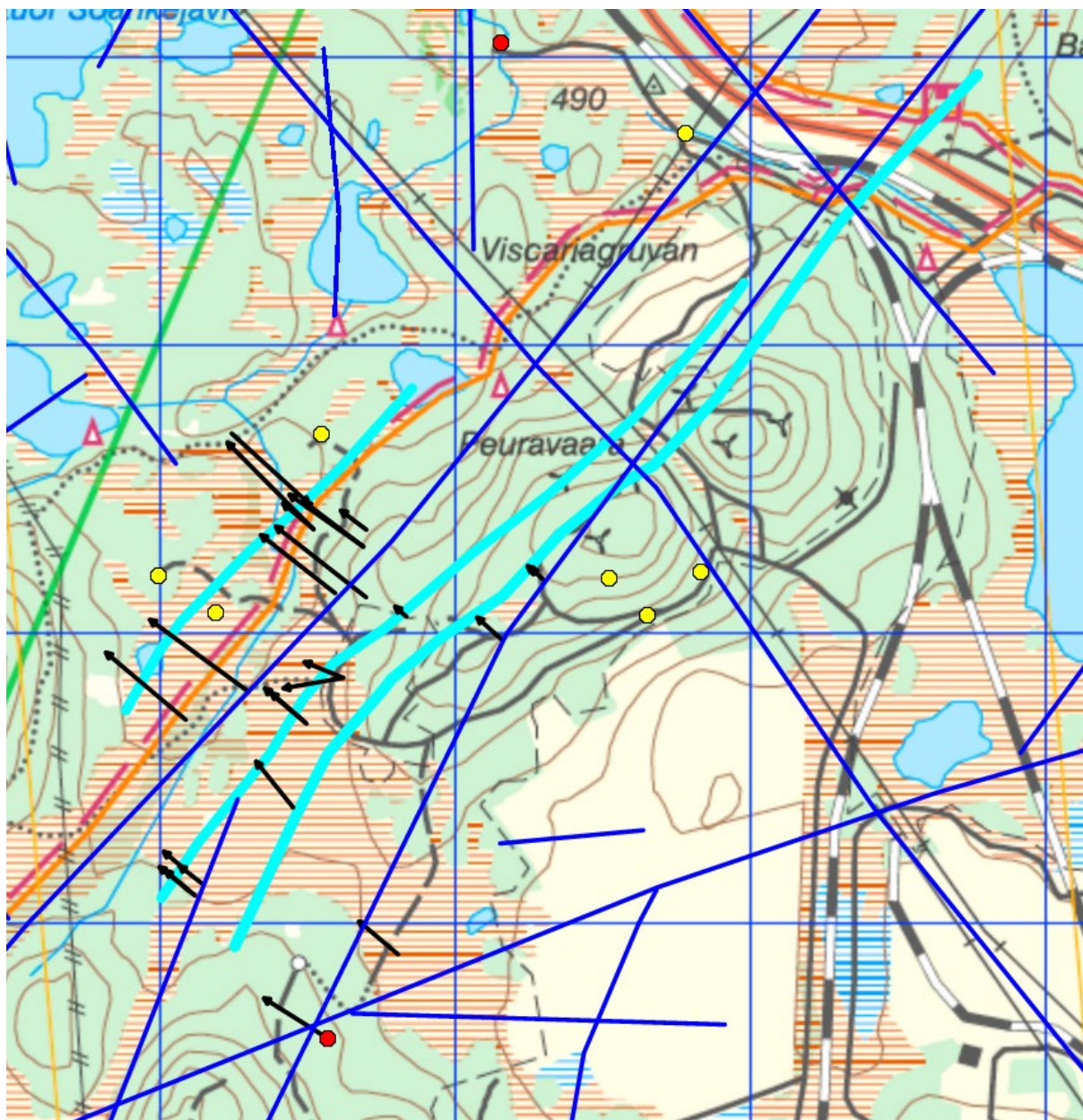
Fokus på de undersökningar som gjorts under hösten, vilka kan sägas vara av utforskande karaktär, har varit att påbörja mer detaljerad identifiering av stora vattenförande strukturer med hydrauliska egenskaper så att det är möjligt att via pumpbrunnar göra relativt stora kontinuerliga uttag av grundvatten, och som samtidigt håller en relativt god vattenkvalitet.

2 Genomförda undersökningar under hösten 2021

De undersökningar som gjorts under hösten 2021 har i huvudsak bestått av:

- Provpumpningar i utvalda befintliga hammarborrhål
- Urval av hydrauliskt intressanta befintliga kärnborrhål baserat på kärnkarteringsresultat
- Fältinventering och inspektion av kärnborrhålen i föregående punkt
- Enkla diagnostiska hydrauliska tester i ett antal av de identifierade kärnborrhålen
- Provpumpningar och flödesloggning i särskilt intressanta kärnborrhål
- Vattenprovtagning för kemiska analyser i samband med längre pumpningar samt från borrhål med artesiska förhållanden

En kartbild med samtliga borrhål där någon form av hydraulisk information finns av intresse för detta projekt visas i Figur 2-1. Borrhålsnamnen i Figur 2-1 är inte medtagna för bättre läsbarhet; borrhålsnamnen finns på andra kartbilder längre fram i sammanställningen.

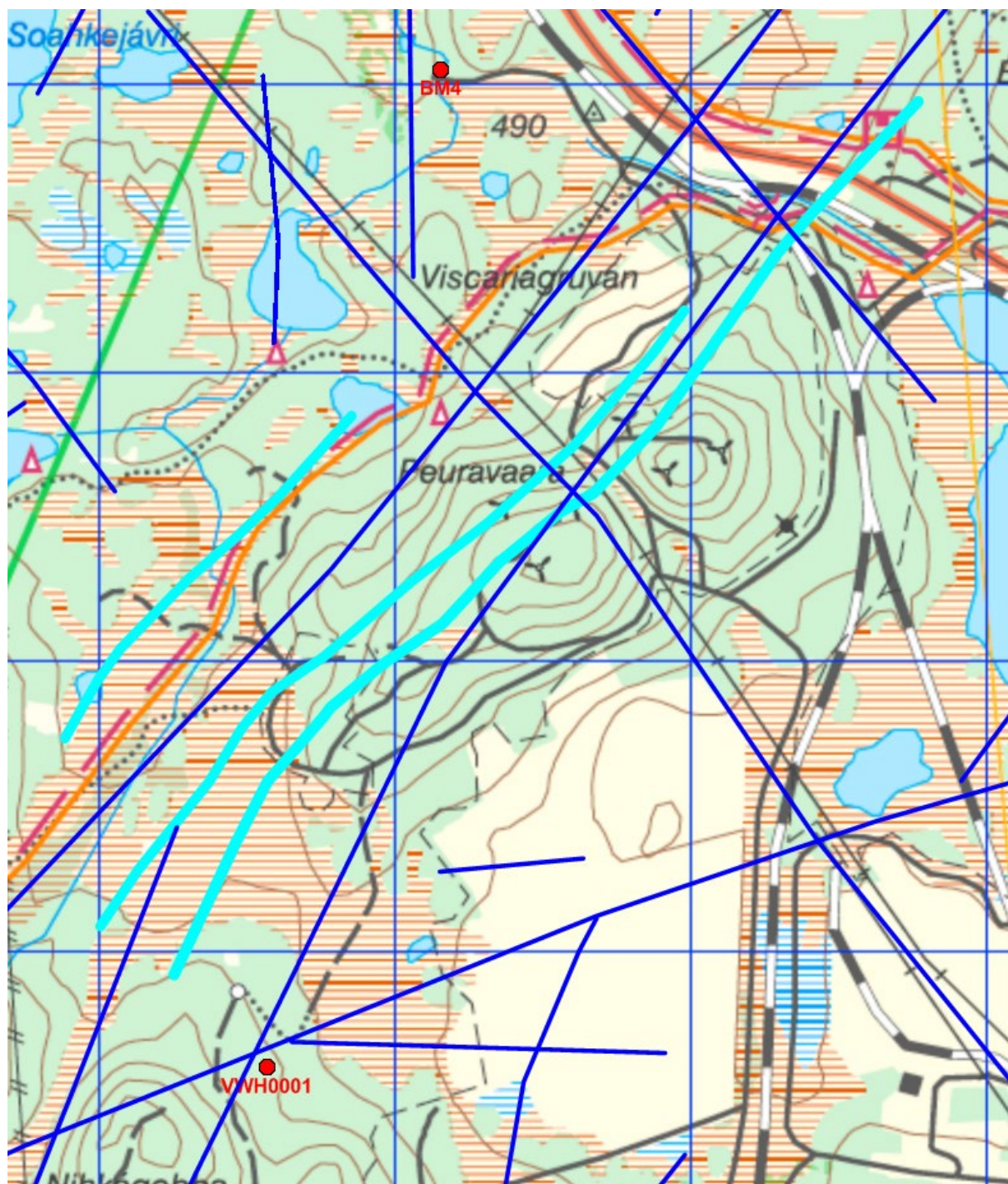


Figur 2-1. Översikt över samtliga borrhål som på något sätt undersökts hittills inom förstudien för gruvavvattning. Röda cirklar = befintliga hammarborrhål där en längre provpumpning gjorts, Gula cirklar = hammarborrhål där någon form av annan hydraulisk undersökning gjorts, svarta streck med pil = projicering i horisontalplanet av undersökta kärnborrhål (pilens början visar borrhålets läge på markytan). Malmzonerna visas översiktligt med turkosa linjer och den senaste storskaliga lineamentstolkningen (Mattson, 2020) visas med blå linjer.

3 Preliminära resultat

3.1 Hydraultester i hammarborrhål

Något längre provpumpningar gjordes i två hammarborrhål inom området under september 2021 (Geosigma, 2021b). Pumpningarna genomfördes i borrhålen VWH0001 respektive BM4, se Figur 3-1, och upprätthölls under cirka tre dygn i vardera borrhålet. Vattenprover för kemianalys togs vid tre tillfällen för vardera borrhålet.



Figur 3-1. Lägen för hammarborrhål som provpumpades under september 2021.

Dessa borrhål var utvalda baserat på tidigare preliminära korttidspumpningar (under cirka 45 minuter i vardera), vilka indikerade relativt höga värden för transmissivitet (borrhålets totala vattenförande förmåga).

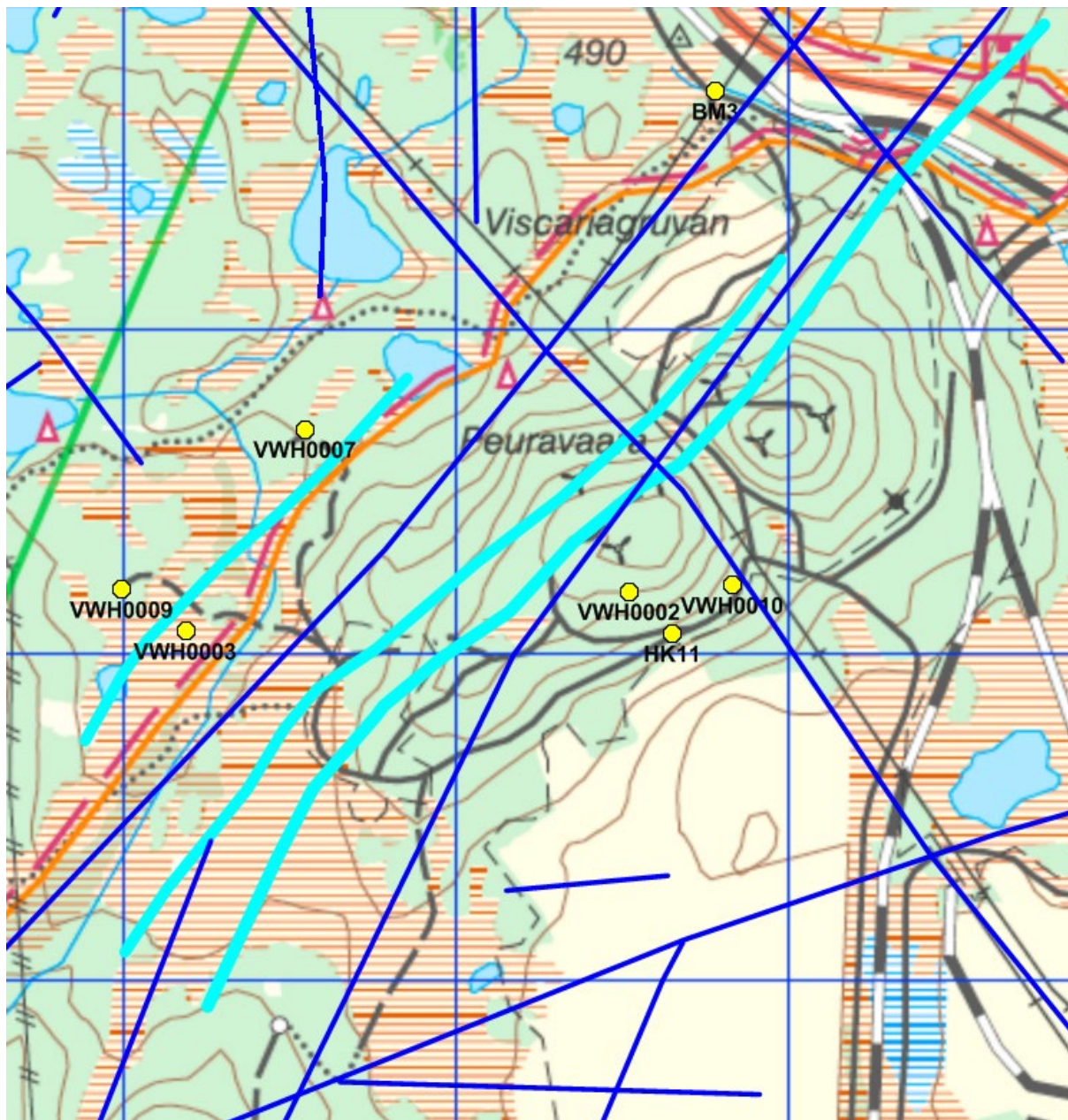
Resultaten från de längre provpumpningarna (Geosigma, 2021b) bekräftar att kapaciteten för respektive borrhål är relativt stor, även om något lägre värden erhöles jämfört med korttidstesterna. Transmissivitet i VWH0001 utvärderades till $2 - 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (beroende på utvärderingsmetod) vilket är liknande resultat som för tidigare flödesloggning av hålet under januari 2021 (Geosigma, 2021a), då med utvärderad transmissivitet i intervallet $5 - 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. För den längre provpumpningen i BM4 erhöles transmissivitetens värden i intervallet $1.5 - 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, vilket kan jämföras med en föregående kort pumpning med enkelt genomförande vilken indikerade en specifik kapacitet (flöde dividerat med avsänkning) av cirka $6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Storleksordningsmässigt kan man säga att den längre pumpningen indikerade ungefär hälften så stor kapacitet jämfört med det som indikerades under de kortare testerna. Att utvärderad kapacitet från längre pumptester är mindre är dock inte oväntat. Resultaten indikerar ändå att det kan vara möjligt att erhålla relativt (jämfört med bergboreade brunnar i allmänhet) stora vattenflöden långsiktigt, förutsatt att man lyckas borra i någon större sprickzon med hög vattenförande förmåga. Kapaciteten i just dessa borrhål skulle möjligtvis kunna betraktas som något lägre än önskvärt för att ingå i ett avvattningsystem under gruvdrift. Dock är detta inte heller syftet med dessa borrhål; nya borrhål avsedda för gruvavvattning skulle vara djupare, ha större borrhålsdiameter och man skulle eventuellt även utföra hydraulisk spräckning efter borring. Alla dessa faktorer kan förväntas öka borrhålets totala vattenförande förmåga.

Övriga hammarborrhål där någon form av hydrauliskt test gjorts visas i Figur 3-2. En del av dessa data redovisas i tidigare PM (Nordqvist, 2021). T.ex. visade det sig i tester från December/Januari 2020/2021 (Geosigma, 2021) att båda borrhålen VWH0007 och VWH0010 har tämligen höga värden för transmissivitet. VWH0010 ligger strax utanför öppningen till den gamla gruvan och bedömdes inte ligga i ett intressant område för dräneringsborrhål.

Borrhålet VWH0007 skulle normalt sett varit av intresse men då hålet sondades visade det sig vara ett stopp på cirka 30 m borrhålslängd. Hålet uppvisade trots detta en relativt stor vattenförande förmåga. Hålet är därför fortfarande av intresse och man skulle kunna göra en längre provpumpning. Hålet är inte försett med logger och är ett lämpligt hål att hämta vatten ur då grundvattennivån ligger relativt ytligt (storleksordningen 5 m).

Övriga borrhål i Figur 3-2 uppvisar liten till måttligt hög transmissivitet, åtminstone inte i närheten av vad som skulle erfordras för en dräneringsbrunn för gruvavvattning.



Figur 3-2. Övriga hammarborrhål där någon form av hydraulisk information finns.

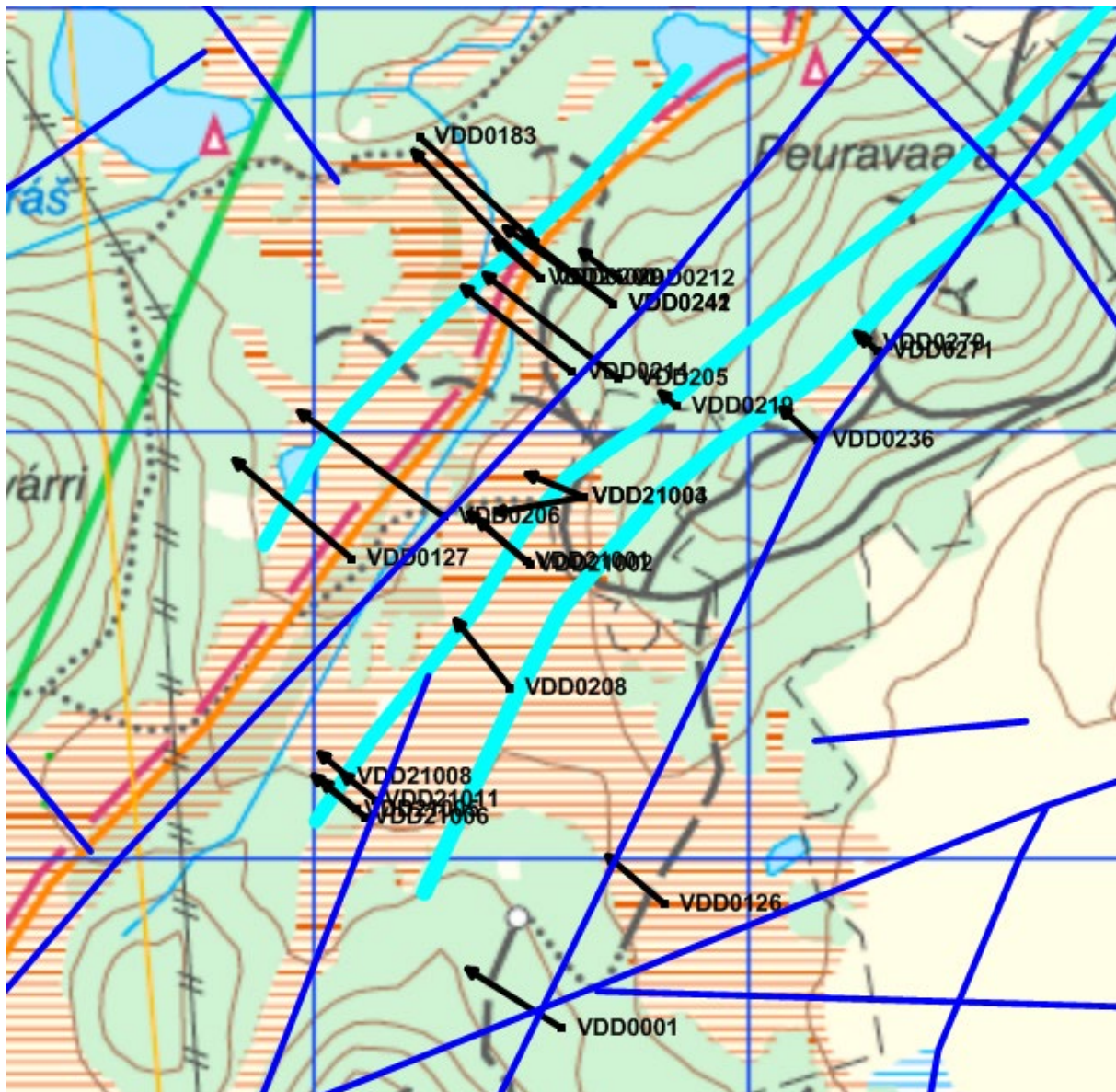
3.2 Befintliga kärnborrhål

En sammanställning av från kärnkartering (med inriktning på krosszoner) hittills identifierade potentiell intressanta kärnborrhål för hydraulisk testning ges i Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Undersökta kärnborrhål (preliminär tabell)

Borrhål	X (m)	Y (m)	Z (m)	Längd (m)	Foderrör (m)	Dip (grader)	Azimuth (grader)
VDD0236	144624.4	7531077	560.606	179	7.5	51	312
VDD0270	144758.2	7531295	565.596	86	7.5	64	310
VDD0219	144304	7531180	543.82	120	9	65	311
VDD0271	144778.9	7531275	565.109	106	7.5	60	312
VDD0242	144173.9	7531428	532.415	527	no info	54	305
VDD0241	144174.8	7531428	532.548	595		65	307
VDD0208	143870.1	7530555	524.161	478	12	65	321
VDD0212	144188.7	7531486	529.104	258	4.6	65	307
VDD21003	144073	7530986	528	327	no info	64	292
VDD21002	143936	7530838	522	392	no info	66	311
VDD21005	143492	7530298	530	180	13.5	45	309
VDD21001	143929	7530846	522	245	16.5	44	310
VDD205	144171.2	7531255	534.927	929	10.5	65	308
VDD21004	144073	7530986	528	289	12	44	260
VDD0214	144065.9	7531277	524.846	763	7.5	65	308
VDD21006	143512	7530279	529	227	19.5	55	310
VDD21008	143480	7530375	528	134	9	49	310
VDD21011	143540	7530317	528	251	22.5	67	308
VDD21029	144008	7531500	513.72	399		70	310
VDD0200	143525	7530881	515	562		42	315
VDD0127	144052.8	7529516	533	846		65	310
VDD0001	143933.5	7529757	537	945		74	302
VDD0206	143743.9	7530963	518	830		60	306
VDD0183	143752	7531847	507	622		55	132
VDD0126	144193	7530028	525	414		65	310

Borrhålens lägen visas i Figur 3-3. Kärnborrhålens lägen är desamma som i översiktsskissen i Figur 2-1 men med borrhålsnamnen infogade.



Figur 3-3. Kärnborrhål utvalda för hydrauliska undersökningar (till och med December 2021).

Kärnborrhålen har undersökts i olika omfattning enligt följande:

- Inventering, lokalisering och inspektion samt lodning. Gäller alla borrhål.
- Diagnostiska hydrauliska tester, med vilket avses enkla och relativt snabba tester för att ge underlag till vilka borrhål som är intressanta för med avancerade tester. De diagnostiska testerna görs på två sätt:
 - Injicering av vatten. Görs när grundvattennivån ligger relativt djupt. Tillvägagångssättet har varit att antingen tappa vatten direkt i hålet från en s.k. farmartank eller när detta inte varit möjligt att hälla vatten direkt i hålet från plastdunkar. Ungefärliga skattningar av totalt injicerad volym och injiceringsflöde görs. Återhämtning mäts med lodning.
 - Pumpning med bensindriven sugpump. Görs då grundvattennivån ligger relativt yt nära. Totalt pumpad volym och pumpflöde skattas approximativt. Återhämtning mäts med lodning.

- Flödesloggning och andra mer avancerade tester. Görs i särskilt intressanta borrhål. Dessa tester görs med betydligt noggrant och med mer avancerad utrustning. Flödesloggning innebär att man kartlägger vilka avsnitt längs borrhålet som bidrar med mest vatten under provpumpning.
- Vattenprovtagning för kemiska analyser. Görs generellt då ett borrhål pumpats tillräckligt länge så att minst en borrhålsvolym omsatts.

Undersökningsstatus t.o.m. December 2021 för kärnborrhålen ges i Tabell 3-2.

Tabell 3-2. Undersökningsstatus för kärnborrhål december 2021.

Borrhål	T-värde (m ² /s)	Status t.o.m. December 2021	Tänkbar åtgärd
VDD0236	-	Igensatt med rödbrun sörja, ej lodbar	Troligen ingen, låg prioritet
VDD0270	3 x 10 ⁻⁶	Myrlikande i högt terrängläge, injektionstest genomfört, rel. lågt T-värde	Troligen ingen
VDD0219	Mkt högt	Rel. kort borrhål beläget direkt ovanför B-zonen, injektionstest genomfört, mkt högt T-värde	Ev. helhålstestning alt. flödesloggning med kemiprovtagning
VDD0271	2 x 10 ⁻⁶	Beläget bredvid VDD0270, samma kommentarer	Troligen ingen
VDD0242	-	Gick ej att undersöka i okt 2021, vit plastslang monterad i borrhål, syfte okänt	Undersök syfte med plastslang, om möjligt montera bort och gör diagnostiskt test (troligen injicering)
VDD0241	-	Går ej att komma ned med lod, stopp efter cirka 5 m	Troligen ingen
VDD0208	-	Hittades ej, kan ev. vara borta	Kontrollera koordinater
VDD0212	8 x 10 ⁻⁶	Porlande ljud från borrhålet. Dålig tätning? Injektionstest genomfört, rel. Lågt T-värde	Troligen ingen
VDD21003	-	Missades under fältrunda oktober 2021, exakt samma koordinat som VDD21004	Kontrollera koordinater och försök hitta hålet, gör diagnostiskt test

			(ev. pumpning men troligen injicering)
VDD21002	2×10^{-3}	Beläget på myr SV om södra dagbrottssjön, mkt högt T-värde, har flödesloggats av Geosigma December 2021	Avvakta rapport från Geosigma
VDD21005	-	Injektionstest genomfört. Måttligt T-värde med tanke på borrhåslängd.	Ev. manschetttester och kemiprovtagning men troligen låg prioritet
VDD21001	4×10^{-3}	Ligger bredvid VDD21002. Beläget på myr SV om södra dagbrottssjön, mkt högt T-värde, har flödesloggats av Geosigma December 2021.	Avvakta rapport från Geosigma
VDD0205	8×10^{-6}	Injektionstest genomfört. Måttligt T-värde med tanke på borrhåslängd.	Ev. manschetttester och kemiprovtagning men troligen låg prioritet
VDD21004	-	Injektionstest påbörjat men lodet gick inte ner efter injicering. Ev. problem att hålet är brant stupande.	Ev. flödesloggning eller manschetttester med kemiprovtagning, men troligen låg prioritet
VDD0214	1×10^{-6}	Injektionstest genomfört, rel. Lågt T-värde med tanke på borrhåslängd	Troligen ingen
VDD21006	-	Har hittills inte hittats, beläget i ett kluster av borrhål SV delen av området	Lokalisera hål och gör diagnostiskt test
VDD21008	-	Artesiskt men var igenfruset vid inspektion December 2021	Genomför diagnostiskt test (pumpning) då borrhålet tinat

VDD21011	-	Artesiskt. Uppmätt flöde December 2021 ca 0.06 L/s	Genomför diagnostiskt test (pumpning)
VDD21029	Ej utvärderat	Diagnostiskt test genomfört (injicering) vilket ev. indikerar relativt högt T-värde. Även pumpning gjord vilken indikerar lågt T-värde. Läckage botten foderrör?	Troligen ingen
VDD0200	-	Artesiskt. Uppmätt flöde december 2021 ca 0.2 L/s.	Genomför diagnostiskt test (pumpning)
VDD0127	-	Hittades ej (december 2021)	Ev. upprepa lokalisering när snöfritt
VDD0001	Ej utvärderat	Injektionstest genomfört vilket ev. indikerar relativt högt T-värde. Inuti foderröret finns dock ytterligare ett rör med mindre diameter.	Om möjligt upprepa diagnostiskt test med pumpning. Troligen dock inte möjligt med mer avancerade tester.
VDD0206	Ej utvärderat	Injektionstest genomfört, rel. Lågt T-värde	Troligen ingen.
VDD0183	-	Fruset under inspektion december 2021	Diagnostiskt test då borrhålet tinat
VDD0126	-	Fruset under inspektion december 2021	Diagnostiskt test då borrhålet tinat

Som framgår av Tabell 3-2 är det ett antal av borrhålen som inte har kunnat undersökas av olika anledningar. En del är igensatta och/eller inrasade. Inrasade borrhål kan nog förväntas här och var särskilt i borrhål med krosszoner, och dessa borrhål är troligen inte värt att arbeta vidare med. Ett borrhål som enbart är igensatt skulle eventuellt kunna göras tillgängliga med någon form av renspumpning.

För många av de kärnborrhål där diagnostiska tester kunnat göras har relativt måttlig vattenförande förmåga indikerats. Stor vattenförande förmåga har dock indikerats i två kärnborrhål, VDD21001 och VDD21002, belägna nere på myren strax SV om den södra dagbrottssjön. Borrhålen är orienterade mot NV och är borrhålen tvärs över B-zonen. Dessa borrhål har undersökts vidare genom flödesloggning, se nästa avsnitt.

I ett relativt kort borrhål beläget rakt ovanför B-zonen, VDD0219, har mycket hög vattenförande förmåga indikerats. Mer utförliga tester har ännu inte gjorts i detta borrhål men kan vara av intresse, inte minst för vattenprovtagning.

En del av borrhålen har observerats vara artesiska, dvs. grundvattennivån i röret ligger högre än överkanten på röret så att det flödar grundvatten ur borrhålet. Ett artesiskt borrhål skiljer sig i princip inte från andra borrhål annat än att de topografiska förhållandena är sådana att ett flöde ur borrhålet uppstår även under opumpade förhållanden. Sådana förhållanden är även en tydlig indikation på att borrhålet ligger i ett utströmningsområde. Artesiska förhållanden innebär nödvändigtvis inte en indikation på berggrundens vattenförande förmåga, utan denna måste testas med någon form av provpumpning. Ett större artesiskt flöde (detta går ju att mäta då det flödar över borrhålskanten, särskilt då borrhålet lutar) bör dock vanligtvis innebära större möjligheter att borrhålets vattenförande förmåga är hög. En annan fördel med artesiska förhållanden är att det möjliggör provtagning för kemisk analys på ett enkelt sätt. Eftersom borrhålet flödar kontinuerligt behövs ingen vattenomsättning.

3.3 Flödesloggning i kärnborrhål VDD210001 och VDD210002

Baserat på de preliminära diagnostiska tester som beskrivs i föregående avsnitt valdes två av kärnborrhålen ut för undersökas mer i detalj, och flödesloggning utfördes under december 2021 (Geosigma, 2022) i borrhålen VDD210001 och VDD210002. Flödesloggning går ut på att man tar reda på var längs borrhålet samvattnet kommer in under pumpning av hålet, samt hur hålets totala vattenförande förmåga är fördelat längs borrhålet.

Borrhålen ligger nära varandra och återfinns ungefär mitt i kartbilden i Figur 3-3. De stupar mot nordväst och går i stora drag vinkelrätt och tvärs över B-zonen. Borrhålets läge sammanfaller även ungefär med ett av de längre karterade lineamenten.

Som nämnts ovan indikerade kortvariga diagnostiska tester mycket stor vattenförande förmåga i vart och ett av dessa borrhål. Utvärderingen av avsänkingsförloppet under den pumpning som görs under flödesloggningen gav i stort sett överensstämmande resultat, jämfört med det föregående kortvariga diagnostiska pumptestet, vad gäller hela hålets vattenförande kapacitet. Utvärderad transmissivitet från flödesloggningen var $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ för VDD21001 och $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ för VDD21002. Själva flödesloggningen visade att i stort sett hela den vattenförande förmågan i borrhålen återfinns i tämligen ytnära berg. I VDD21001 befanns 90 procent av borrhålets totala transmissivitet ned till en borrhålslängd av 35 m, vilket innebär ett vertikalt djup på cirka 24 m. I VDD21002 utgjordes hela borrhålets

transmissivitet av de översta 75 m borrhålslängd (vertikalt djup cirka 68 m) varav ungefär hälften ned till 35 m borrhålslängd (vertikalt djup cirka 32 m).

Således indikerar flödesloggningen att dessa hål har hög vattenförande förmåga och att hela den vattenförande förmågan är avgränsade till tämligen ytnära delar. Det är rimligt att fråga sig i vilken utsträckning jordlagrets vattenförande förmåga spelar in i detta fall. Foderrören går visserligen ned i berggrunden, så man pumpar inte direkt från jordlagret, men visst flöde skulle kunna läcka till borrhålet från jordlagren via ett uppsprucket ytberg. Baserat på foderrörlängd (information om detta finns endast för VDD21001) och lodad grundvattennivå kan en mättad mäktighet i jordlagren (troligen morän i hela den mättade mäktigheten) bedömas till i storleksordningen 4-5 meter. Det skulle krävas ovanligt hög genomsläpplighet i det mättade moränlagret för att ge ett väsentligt bidrag till flödet från borrhålet men detta kan ändå inte helt uteslutas. För VDD0002 härrör cirka hälften av borrhålets transmissivitet från intervallet 55 – 75 m borrhålslängd, med ett ovanliggande intervall mellan 35 – 55 med ett mycket litet bidrag till hålets totala transmissivitet.

En mer trolig tolkning är ändå att det ytliga berget vid dessa borrhål är uppkrossat så att den vattenförande förmågan är väsentligt förhöjd. Från kärnkartering finns noterat att det finns två ytliga krosszoner ned till 45 m borrhålslängd i VDD21001, vilket skulle stämma bra med flödesloggningen i detta hål. Å andra sidan finns två sådana zoner också nedanför 140 m borrhålslängd, dock ger dessa uppenbarligen inte något bidrag till det totala flödet under loggningen.

En möjlig förklaring, om än mer spekulativ, är att borrhålen går genom en större vertikal vattenförande sprickzon i de övre delarna och att, på grund av borrhålens stupning (mot nordväst), de nedre delarna av hålet hamnar utanför zonen. Detta bör dock tills vidare betraktas endast som en hypotetiskt alternativ; mer detaljerad karaktärisering av de identifierade lineamenten behövs. Oavsett så kan man konstatera att de övre delarna av berggrunden i dessa borrhål har stor vattenförande kapacitet och fördjupade tester av dessa hål kan vara av intresse att överväga.

3.4 Vattenprovtagning och vattenkemi

I detta avsnitt redovisas vattenkemiska analyser på vattenprover som samlats in från borrhål inom detta projekt till och med december 2021.

Vattenprover ur bergborrade hål har tämligen regelmässigt tagits då pumpning har skett så att åtminstone ungefär en borrhålsvolym omsatts. En förteckning över hittills tagna prover ges i Tabell 3-3.

Tabell 3-3. Förteckning över hittills (December 2021) tagna vattenprover för kemianalys i bergborrade hål (preliminär tabell).

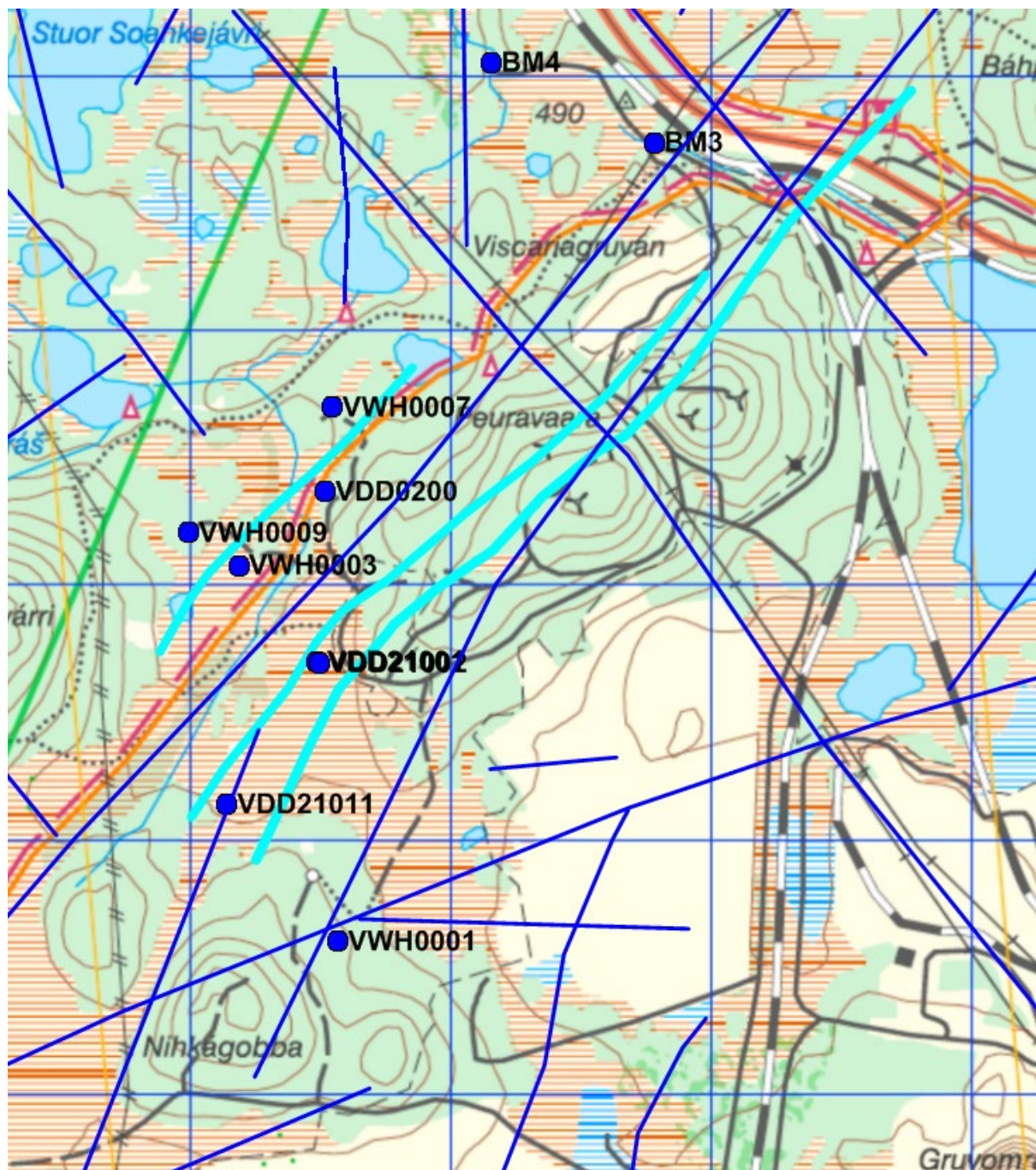
Borrhål	Tidpunkt	Loggning med kemisond
BM3	2021-07-07 14:30	
BM4	2021-07-07 15:30	
BM4	2021-09-13 18:40	x
BM4	2021-09-14 07:54	x
BM4	2021-09-14 14:20	x
BM4	2021-09-15 07:30	x
BM4	2021-09-15 17:25	x
BM4	2021-09-16 07:30	x
BM4	2021-09-16 16:10	x
VWH0009	2021-07-08 08:10	
VWH0003	2021-07-08 08:40	
VWH0007	2021-07-08 12:00	
VWH0001	2021-09-13 17:00	x
VWH0001	2021-09-14 08:25	x
VWH0001	2021-09-14 14:41	x
VWH0001	2021-09-15 07:55	x
VWH0001	2021-09-15 16:40	
VWH0001	2021-09-16 08:00	
VWH0001	2021-09-16 17:20	
VDD21002	2021-10-14 08:45	x
VDD21002	2021-11-30 14:35	
VDD21002	2021-11-30 17:00	
VDD21002	2021-12-01 18:10	
VDD21001	2021-10-14 09:45	x
VDD21001	2021-12-01 09:45	
VDD21001	2021-12-01 08:43	
VDD21001	2021-11-30 20:45	
VDD21001	2021-12-01 10:25	
VDD21001	2021-12-01 12:00	
VDD0200	2021-12-01 12:00	
VDD21011	2021-12-01 12:00	

Generellt sett ligger de flesta av punkterna i utströmningsområden, dvs. det vatten som provtas bör ha transporterats i berggrunden under relativt lång tid, jämfört med provtagning i inströmningsområden. För en del av borrhålen där en något längre provpumpning gjorts har flera prover tagits under pumpningen. För dessa prover har således ett varierande antal borrhålsvolymers omsatts; detta återstår att utvärdera för dessa prover. De två sista provtillfällena i Tabell 3-3 kommer från artesiskt flödande borrhål.

Provtagningspunkternas lägen visas på karta i Figur 3-4.

I de två hammarborrhål, BM4 och VWH0001, där längre provpumpningar gjorts skiljer sig vattenkemin tämligen drastiskt. I BM4 kännetecknas vattnet av allmänt högt joninnehåll och inte minst höga halter av uran och tidvis även zink, medan sammansättningen i VWH0001 uppvisar överlag låga halter av samtliga analyserade ämnen. En försiktig tolkning är att BM4 (beläget NO om gruvområdet) representerar en punkt i ett utströmningsområde nedströms gruvområdet medan VWH0001 (beläget i SV) mer representerar ett inströmningsområde som inte är påverkat av gruvområdet.

I nedan följande avsnitt redovisas utvalda resultat från utförda provtagningar och analyser tillsammans med preliminära kommentarer av analysresultaten.

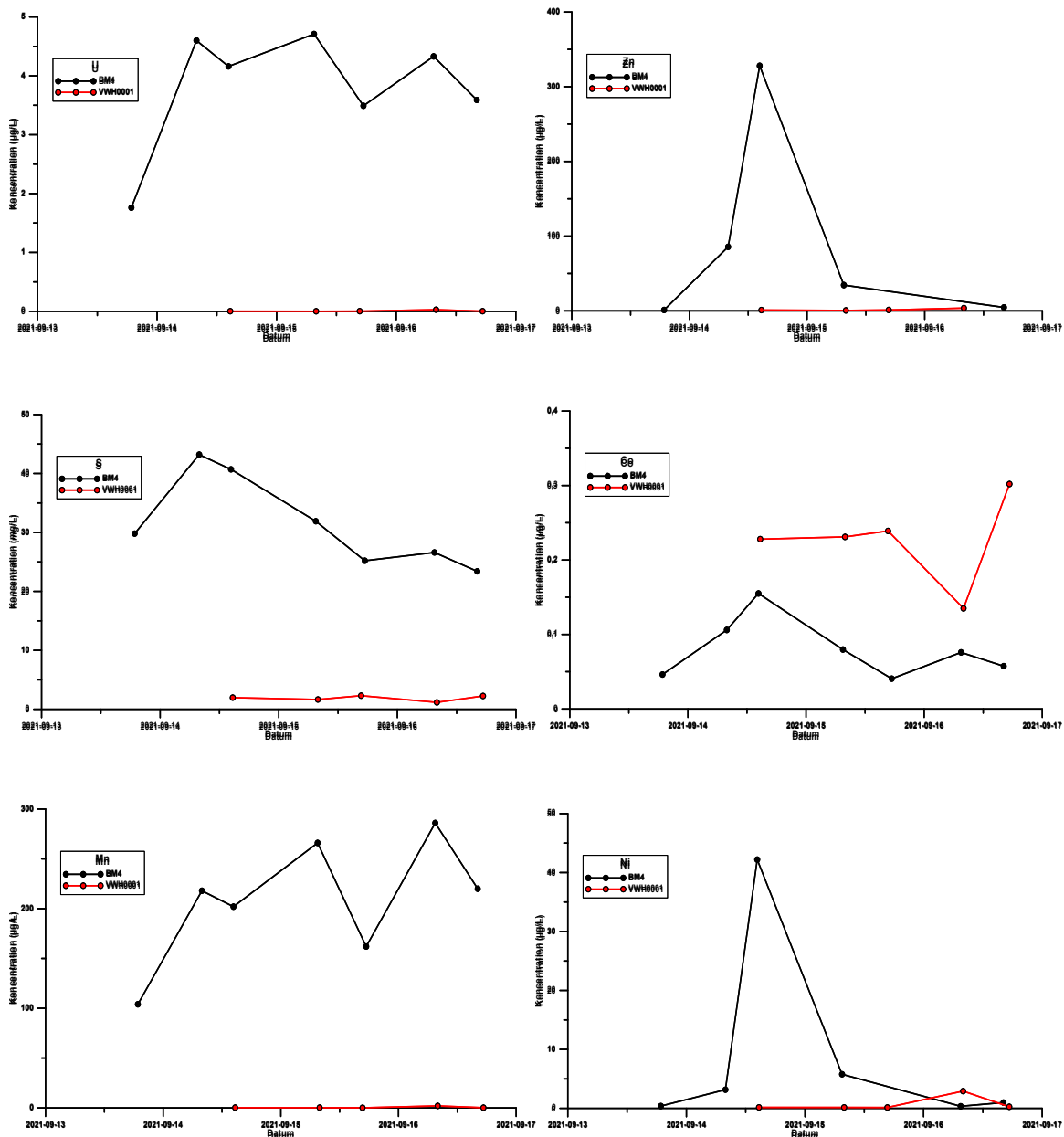


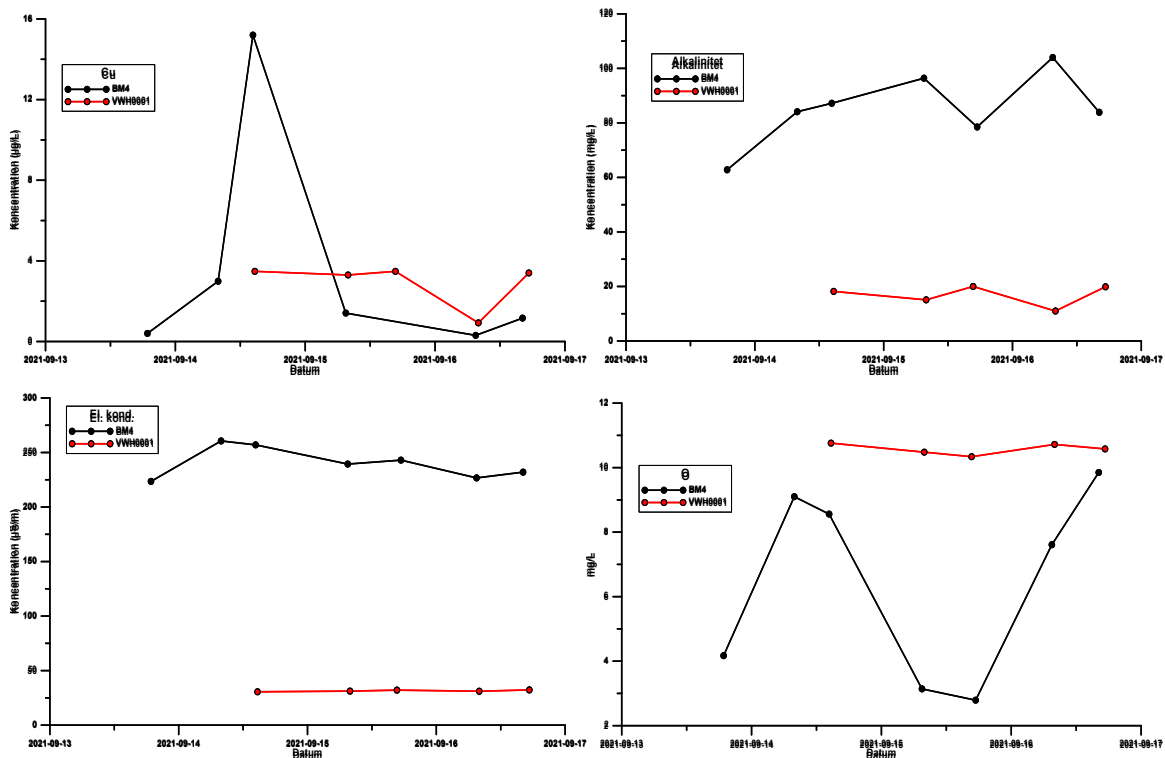
Figur 3-4. Bergborrade hammar- och kärnborrhål där vattenprover tagits.

3.4.1 Resultat från provpumpningar under september 2021

Under de något längre provpumpningar i borrhålen BM4 och VWH0001 (se Figur 3-4 ovan) som gjordes under september 2021 (Geosigma, 2021b) togs vattenprover vid flera tillfällen under pumpningens gång för att se hur vattenkemin utvecklas under en längre pumpning i hålen. Vid varje tillfälle loggades även en del parametrar *in situ* med en kemisornd.

I nedanstående figur (Figur 3-5) visas tidsserier av utvalda parametrar där jämförelse görs mellan borrhålen för respektive parameter. De parametrar som visas är: U, Zn, S, Co, Mn, Ni, Cu, alkalinitet, elektrisk konduktivitet samt syrehalt (O).





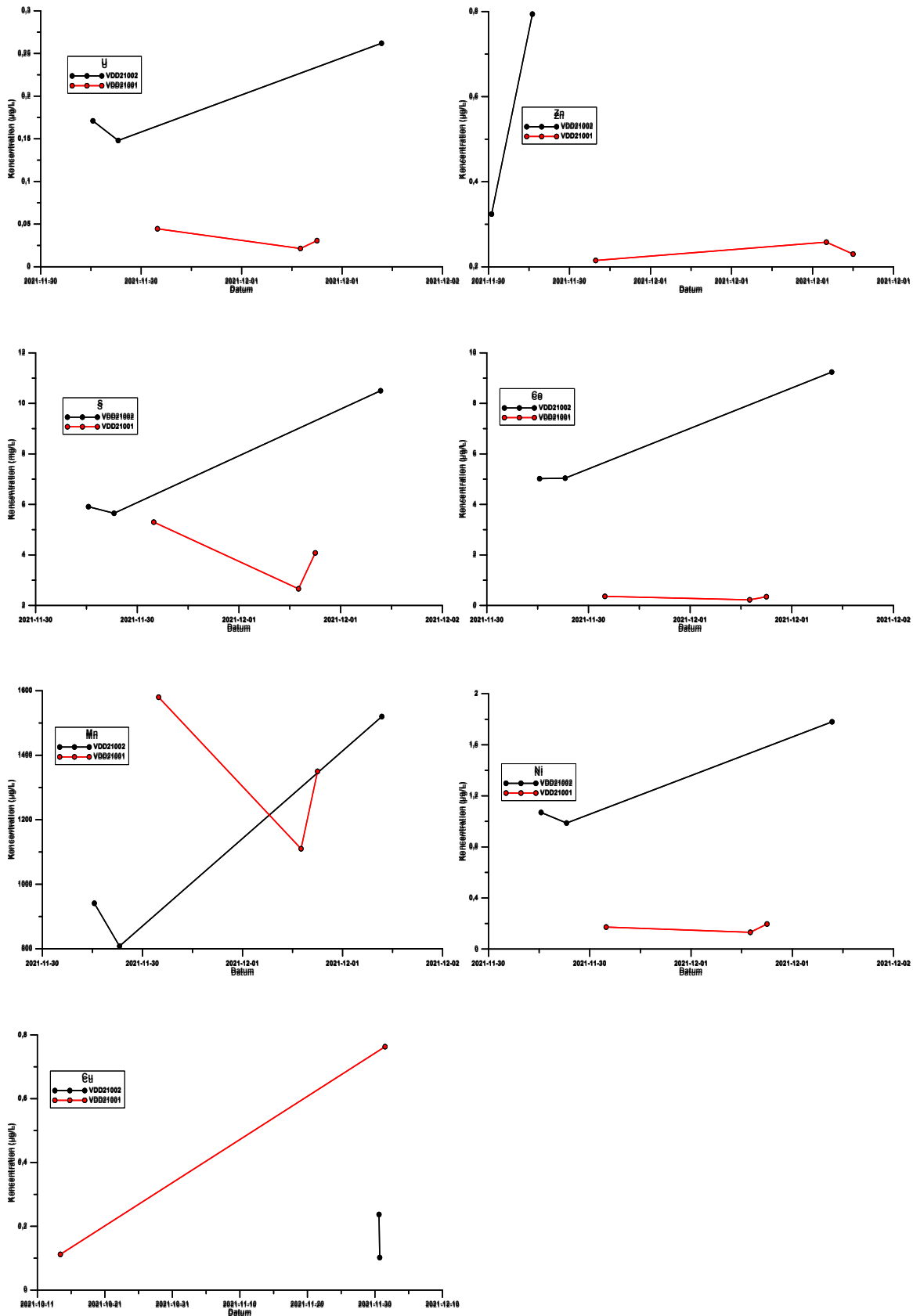
Figur 3-5. Tidsserier av utvalda kemiska parametrar under provpumpning i BM4 respektive VWH0001 under september 2021.

Figur 3-5 visar stora skillnader i vattenkemi mellan borrhålen. Vattnet som pumpas upp från BM4 uppvisar högre halter än i VWH0001 för de flesta parametrar, vilket bl.a. avspeglas i den stora skillnaden i elektrisk konduktivitet. För parametrar som U, S, Mn och alkalinitet ligger BM4 konsekvent avsevärt högre än VWH0001, medan innehållet av Co är större i VWH0001. För Zn, Ni och Cu erhöles stora variationer under pumpningen, gemensamt för dessa parametrar är ett tämligen högt maxvärde i BM4 ungefär mitt under pumpningen. Syrehalten är konsekvent lägre i BM4 än i VWH0001.

3.4.2 Resultat från flödesloggning under november/december 2021

Som redovisats ovan flödesloggades de kärnborrade hålen VDD21001 och VDD21002 under november/januari 2021 (Geosigma, 2022). Under en flödesloggning pumpas hålen kontinuerligt och vattenprover för kemisk analys togs vid några tillfällen under respektive test. Vid detta tillfälle gjordes inte mätningar med kemisond *in situ*.

Utvalda tidsserier visas i Figur 3-6 nedan för U, Zn, S, Co, Mn, Ni och Cu. Där punkter verkar saknas innebär det att detektionsgränsen underskridits.



Figur 3-6. Utvalda tidsserier från flödesloggning i kärnborrhålen VDD21001 och VDD21002. Resultaten indikerar överlag att vattenkemin skiljer sig en del mellan borrhålen, där generellt sett högre halter verkar förekomma i VDD21002. Detta trots att borrhålen ligger mycket nära

varandra. Det som skiljer är att det uppumpade vattnet (enligt resultat från flödesloggningen) från VDD21001 kommer från något större djup än i VDD21001. För en del parametrar som U, Zn och S är halterna generellt sett avsevärt lägre än i t.ex. BM4 i föregående avsnitt. Å andra sidan återfinns högre halter av Co i VDD21002 och framförallt högre halter Mn i både VDD21001 och VDD21002 jämfört med BM4.

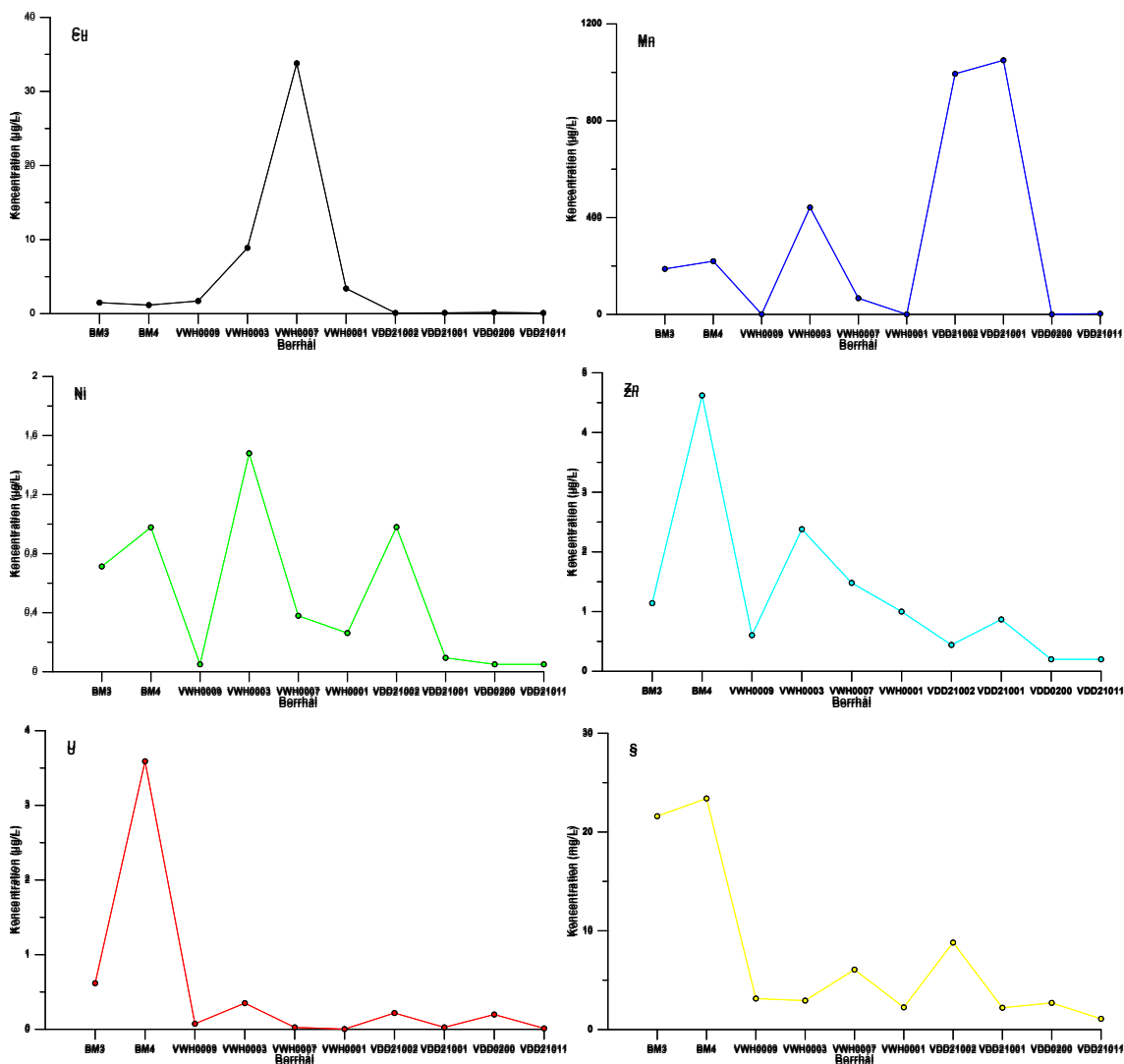
3.4.3 Resultat övriga borrhål

I Tabell 3-2 ges analysresultat för utvalda parametrar för samtliga borrhål där vattenprov för kemiska analyser har tagits. För de borrhål med längre pumpningar som redovisas i föregående avsnitt visas endast ett värde. För VDD21001 och VDD21002 visas resultat från provtagning under pumpning i oktober 2021, medan för BM4 och VWH0001 visas det sista värdet under provpumpningen i september 2021 för respektive hål. För dessa borrhål hänvisas i första hand till föregående två avsnitt för en mer detaljerad bild, men de har tagits med här för jämförelse med övriga borrhål. För övriga borrhål har vattenprov tagits endast en gång. Borrhålens läge framgår av Figur 3-4.

Tabell 3-2. Utvalda analyser från borrhål där vattenprov för kemiska analyser tagits.

		Cu, koppar	Mn, mangan	Ni, nickel	Zn, zink	U, uran	S, svavel
Borrhål	Tidpunkt	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L
BM3	2021-07-07 14:30	1,49	188	0,713	1,14	0,617	21,6
BM4	2021-09-16 16:10	1,16	220	0,978	4,62	3,59	23,4
VWH0009	2021-07-08 08:10	1,71	0,865	<0.05	0,603	0,0735	3,14
VWH0003	2021-07-08 08:40	8,88	442	1,48	2,38	0,35	2,93
VWH0007	2021-07-08 12:00	33,8	66,9	0,379	1,48	0,0258	6,07
VWH0001	2021-09-16 17:20	3,4	0,166	0,262	<1	0,00272	2,25
VDD21002	2021-10-14 08:45	<0.1	994	0,98	0,441	0,218	8,81
VDD21001	2021-10-14 09:45	0,112	1050	0,0939	0,868	0,0256	2,21
VDD0200	2021-12-01 12:00	0,17	0,0858	<0.05	<0.2	0,198	2,7
VDD21011	2021-12-01 12:00	<0.1	3,18	<0.05	<0.2	0,012	1,09

Följande figur (Figur 3-7) illustrerar innehållet i Tabell 3-2 genom att visa plottar för ett element i taget som funktion av borrhål.



Figur 3-7. Utvalda element som funktion av borrhål.

Av de borrhål som visas ligger BM3 och BM4 i nordöstra delen av området, VWH0001 och VDD21011 (artesiskt) i sydväst, medan övriga borrhål är belägna i låglänt terräng ungefär mitt på B- och D-zonen.

4 Undersökningsstrategi framåt

Närmast i tid (från och med januari 2022) ligger fortsättning av den pågående undersökningen av utvalda befintliga kärnborrhål. Rent konkret kan detta i nuläget sammanfattas som (se även Tabell 3-2):

- Lokalisera och inspektera borrhål samt om möjligt genomföra diagnostiskt test:
 - VDD0208 – har redan sökts men koordinater bör kontrolleras
 - VDD21003
 - VDD21006
 - VDD0127
- Diagnostiskt tester i redan lokaliserade borrhål
 - VDD0242 – vit plastslang i hål, undersök syfte och om den går att ta bort (om den fortfarande sitter kvar) – troligen injektionstest
 - VDD0001 - pumpning
 - VDD0200 (artesiskt) – pumpning
 - VDD21011 (artesiskt – pumpning (ev. fruset?))
 - VDD21008 (artesiskt) – fruset, testa när hålet tinat
 - VDD0183 – fruset, testa när hålet tinat
 - VDD 0126 – fruset, testa när hålet tinat
- Fler mer utförligare tester, t.ex. flödesloggning eller manschetttester, av vissa borrhål. Urval av borrhål och tester ännu inte gjort men en ytterligare fältkampanj planeras till slutet av januari 2022,
- Fortsatt utvärdering av hydrauliska tester och kemiska vattenanalyser.
- Ev. identifiering av fler potentiellt intressanta kärnborrhål, baserat på kärnkartering

Det är rimligtvis för tidigt att säga något definitivt om lämpliga områden för att börja propumpningsbrunnar för ett pilotprojekt. Av det som framkommit hittills kan man dock möjligtvis spekulera i om malmzonernas förlängning SV om gruvområdet skulle kunna utgöra intressanta områden för att anlägga djupare hammarborrhål för ett pilotprojekt. Borrhål med stor vattenförande förmåga har hittills identifierats längs B-zonens sydvästra delar, framförallt i VDD21001 och 21002 men även i hammarborrhålet VWH0001 på lite längre avstånd. Det är av intresse att testa fler borrhål inom detta område, som t.ex. klustret med 4 borrhål (varav de flesta eller samtliga är artesiska) i den sydvästra delen. Det kan även vara av intresse att försöka hitta fler borrhål, t.ex. har borrhållning pågått under hösten inom detta område.

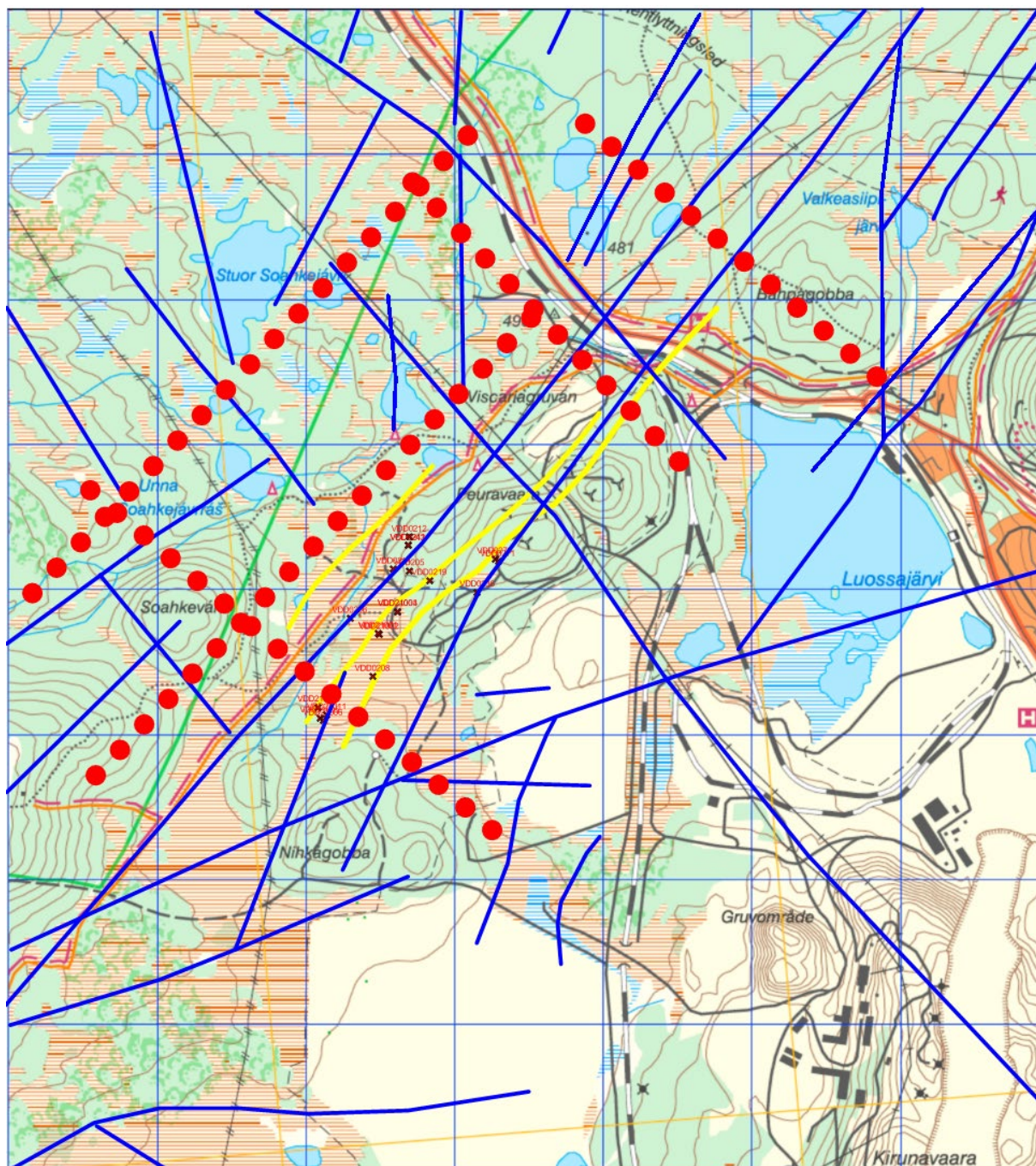
Preliminära bedömningar av beräknat s.k. ”capture zone” från DHI (pers. komm. Emma Lindborg) indikerar också att grundvatten som bildas inom hela det område där nu studerade borrhål finns ligger inom det område som gruvan (åtminstone fullt utbruten) drar på sig grundvatten från.

Vattenkemiska analyser har hittills visat relativt låga halter av flera element för de borrhål i SV riktning som provtagits (VDD20001, VDD21001, VWH0001 samt det artesiska borrhålet VDD21011). VDD21001 och VDD21001 visade dock höga halter av Mn.

Långtidspumpningen i BM4 NO om gruvområdet visade överlag höga halter av t.ex. U, S och ZN vilket skulle kunna tolkas som påverkan, åtminstone under befintliga förhållanden, från grundvatten som strömmat genom gruvområdet.

För att komma vidare med att bygga en relativt storskalig hydraulisk strukturmodell inom området, är rekommendationen här att genomföra mer detaljerade markgeofysiska mätningar. De lineament, baserat på topografi och flyggeofysik, som tagits fram (Geovista, 2020) fram bör endast ses som indikationer på potentiella vattenförande sprickzoner. Detta gäller generellt för lineamentstolkningar, inte bara i detta fall. Ett identifierat lineament presenteras endast som en linje på en karta och säger inget om bredden på strukturen. Det säger heller inget detaljerat om stupningen på, annat är än att det bara går att se vertikala eller sub-vertikala strukturer.

Ett antal lämpligt utformade geofysikprofiler bör kunna bidra väsentligt till att förbättra bilden av hydrauliska strukturer i området. Intentionen är att bekräfta tolkade lineament, samt erhålla bättre skattning av zoners uppträdande beträffande utbredning och orientering. Mätningarna bör även kunna användas till att rent konkret sätta ut möjliga borrhål för pilotborrhål. Det är väsentligt att relevant kompetens finns för mätningarnas planering, genomförande och utvärdering. En exempelskiss (ej konkret förslag) på hur mätprofiler för markgeofysik skulle kunna utformas visas i Figur 4-1. Efter preliminära diskussioner med Geovista (Håkan Mattson, pers. komm.) är det inte meningsfullt att använda elektriska metoder, vilket var tanken från början, eftersom det troligen är svårt att utskilja deformationszoner (som kan leda vatten) från andra elektriskt ledande stråk (granitskiffrar, magnetit). Istället är ett förslag att använda refraktionsseismik. Kostnaden för denna metod är dock högre än för t.ex. VLF eller Slingram, vilket innebär att urvalet av mätprofiler bör noga optimeras.



Figur 4-1. Exempelskiss för markgeofysiska mätprofiler (röda streckade linjer). Observera att detta inte är ett konkret förslag.

En tydligare strategi för att komma framåt i arbetet med en hydraulisk strukturmodell bör göras. Byggstenar i ett sådant arbete är förstås information som kärnkartering, geofysik och hydrauliska tester, men det är önskvärt att försöka ta fram en mer konkret plan för detta (genomförande, tidshorisont). Detta kan även inkludera behov att andra typer av undersökningar, t.ex. borrhåls-TV för bättre information om zoners orientering.

För mer långsiktig planering framåt bör man identifiera följande diskussionspunkter:

- Generell strategi för avvattning under gruvans verksamhet. Vissa borrhålslägen kan vara gynnsamma i tidiga skeden för att minska inflödet till gruvan under t.ex. tömningsfasen av befintlig gruva och eller tidiga brytskeden. Sådana borrhål kan vara belägna nära gruvan. Allteftersom brytdjupet ökas kan det bli nödvändigt med andra dräneringsbrunnar på något längre avstånd.
- Man bör ha i åtanke att även om det är genomförbart med avvattning via brunnar från markytan kan en kompletterande möjlighet vara dränering via borrhål från öppet schakt eller gruvort. Detta är dock kanske inget som kräver några undersökningar just nu, även om en bättre strukturmodell och kunskap om vattenkemiska förhållanden är till gagn även för detta.
- Projektering av pilotförsök, t.ex.
 - Ev. nya vägar för brunnsborrning; en del kan vara att identifiera brukbara vägar som kanske redan finns men som inte använts på länge och har växt igen
 - Elförsörjning. Ett pilotprojekt innefattar pumpningar under relativt lång tid.
 - Vattenhantering. Bortledning av uppumpat vatten.

5 Referenser

Geosigma, 2021a. Flödesloggning Viscaria, Kiruna. GRAP 21577.

Geosigma, 2021b. Provpumpning och kompletterande inmätning, Viscaria. Geosigma rapport GRAP 21047.

Geosigma, 2022. Flödesloggning Viscaria, Kiruna. Geosigma GRAP 21577.

Geovista, 2020. Viscaria lineament interpretation. Geovista rapport GVR20038.

Golder Associates (2016). *Viscaria D-zone. Packer testing*. Report submitted to Avalon Minerals Limited.

Mark & Miljö Hydrosense. (2010). *Provpumpningar vid Viscariagruvan*. Göteborg.

Nordqvist, R., 2021. Inledande förstudie för gruvavvattning med hjälp av borrhål – Viscaria koppargruva (utkast).