



# TESTER AV DJUPINFILTRATION PÅ FILE HAJDAR

## Preliminära resultat

Uppdragsnamn                      Cementa Slite Fältundersökningar  
Uppdragsnummer                    10330449  
Författare                            Gustav Tennby  
Datum                                 2022-08-31  
Ändringsdatum



Granskad av   Jakob Eng och Johan Holmén

Godkänd av    Jakob Eng

**KUND**  
**Cementa AB**

**KONSULT**  
**WSP**

411 06 Göteborg  
Besök: Arenavägen 7  
Tel: +46 10-722 50 00  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880

## INNEHÅLL

1.0 INLEDNING	2
1.1 NYA BORRHÅL	2
2.0 METOD	3
3.0 RESULTAT	4
3.1 BH2212	4
3.2 BH2213	5
3.3 BERÄKNING AV PÅVERKANSOMRÅDE VIA INTERPOLATION	7
4.0 SLUTSATS	10
5.0 APPENDIX	11

## 1.0 INLEDNING

Inom ramen för Cementas ansökan om ett långsiktigt tillstånd för fortsatt kalkstensbrytning i Slite har en rad hydrogeologiska undersökningar genomförts på File hajdar under sommaren 2022. Detta PM ger en beskrivning av de preliminära resultaten från utförda försök med djupinfiltration, dvs. att vatten infiltreras direkt på stort djup istället för, vilket är det vanliga, vid markytan. .

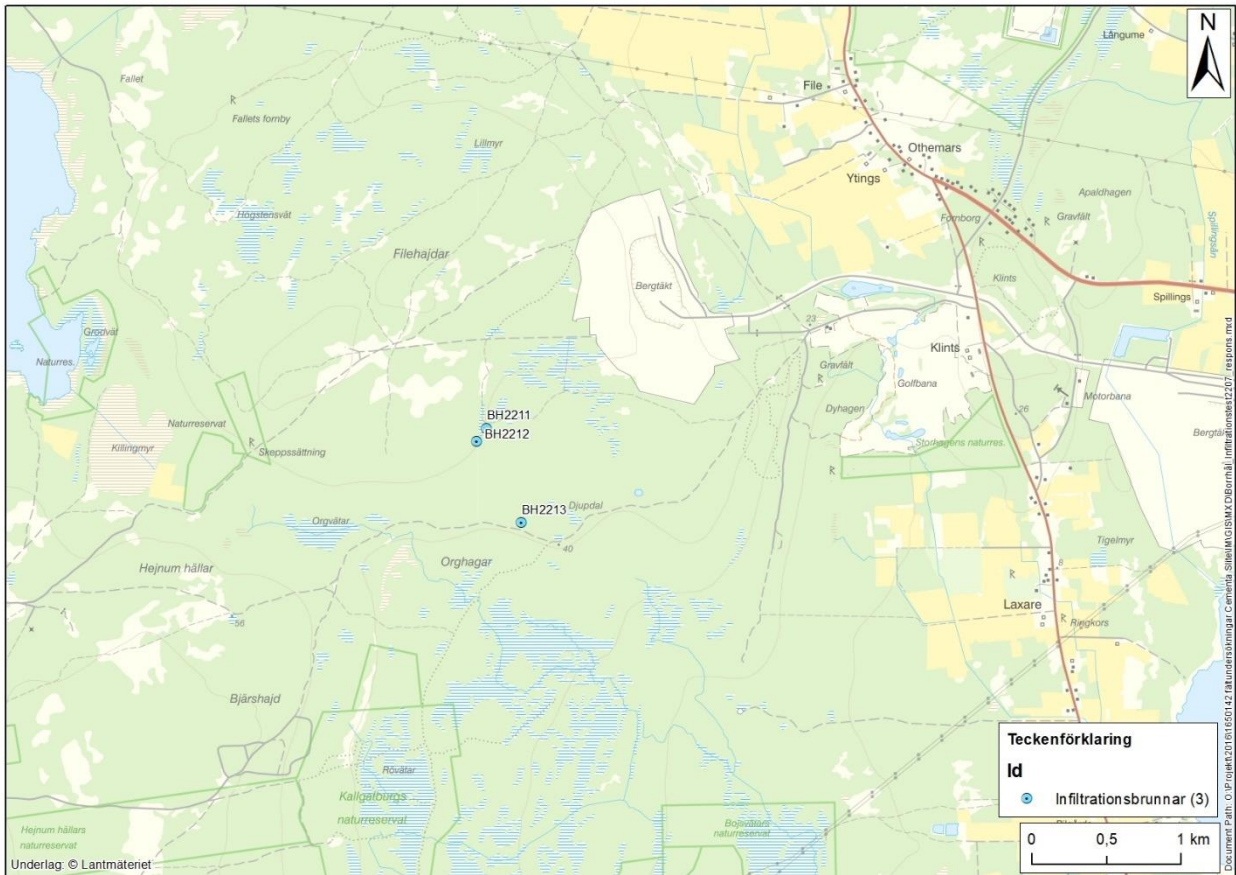
### 1.1 NYA BORRHÅL

Under juni och juli 2022 borrades 3 nya borrhål varav 2 testades som infiltrationsbrunnar medan den tredje nyttjades som observationsbrunn under testerna. Samtliga borrhål är utförda av Ahlqvists brunnsborrning med 115 mm hammarborrning.

Borrhål (BH2211-BH2213, se tabell 1) borrades väster om File hajdar dagbrott uppe på File hajdar högområde, se figur 1. De borrades till 20 m.ö.h. med intentionen att nå ner till vattenförande lager i den djupt belägna märgelstenen, under eventuella revstrukturer.

Tabell 1: Koordinater och borrar djup för de 3 borrhål som borrades för infiltrationstester.

ID	Northing	Easting	Borrad djup	Kommentar
BH2211	6403092,588	720029,369	72,0	Observation/Referens
BH2212	6403016,997	720002,147	72,0	Djupinfiltration
BH2213	6402450,772	720287,472	62,0	Djupinfiltration



Figur 1: Borrhål som borrades inför infiltrationstester.

## 2.0 METOD

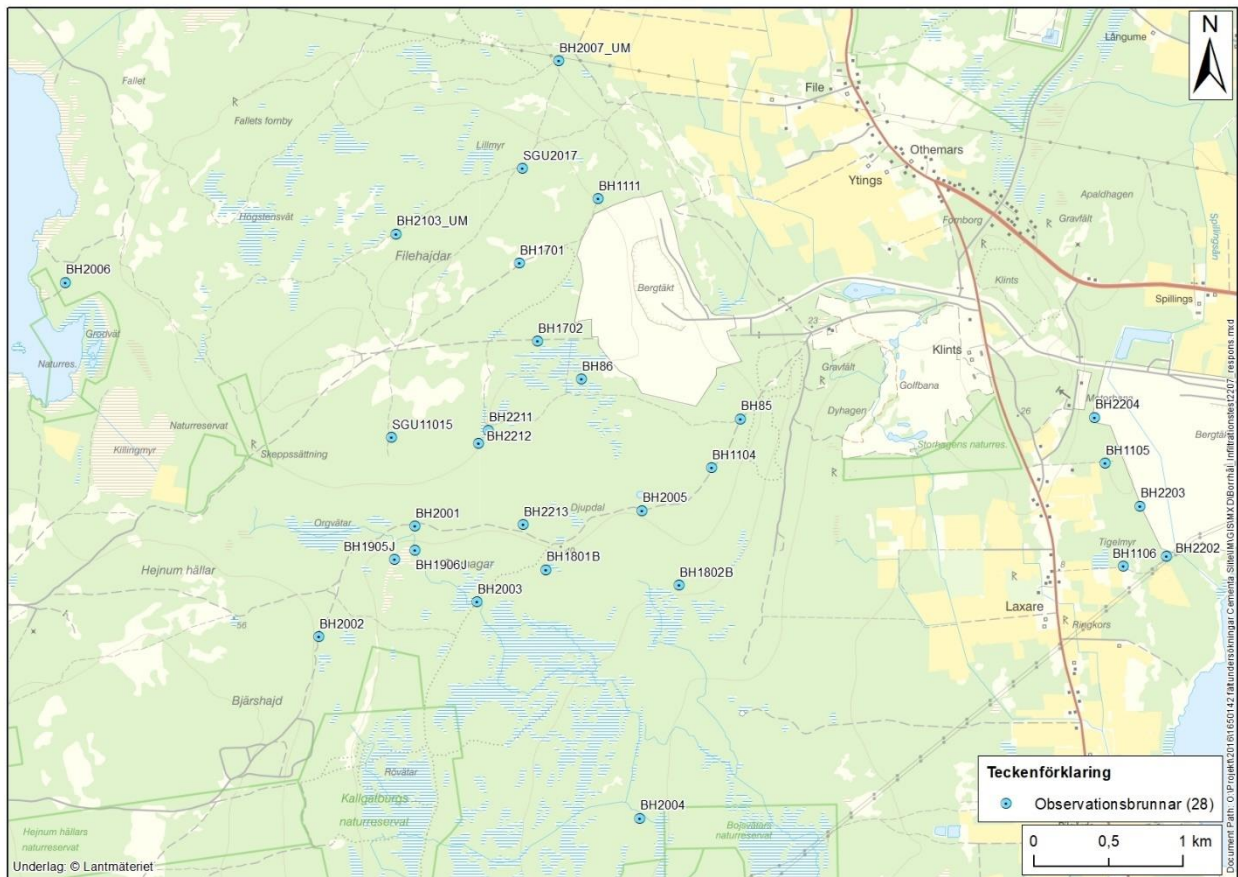
Då infiltrationsbrunnarna är belägna utan tillgång till vatten, användes två vattentankar som kunde hålla totalt 28 m<sup>3</sup> vatten som vattentillgång. Detta begränsade det maximala infiltrationsflödet till 3 l/s då det inte var möjligt att fylla på vattentankarna snabbare. Vattnet som infiltrerades var av dricksvattenkvalitet och hämtades i Visby.

Infiltrationstesterna delades upp i två omgångar med ett första test i BH2212 som genomfördes den 12 juli, och ett andra test i BH2213 som genomfördes den 14 juli. Testerna i båda borrhålen genomfördes genom att pumpa ner vatten i öppna borrhål utan att använda övertryck.

Tryckgivare placerades i infiltrationsbrunnarna, samt i observationsborrhål för att automatiskt logga tryckförändringar i kalkstenen, se figur 2. Två av observationsborrhålen sitter i jord och 26 i berg.

Innan infiltrationstestet startades i BH2212 var grundvattennivån 33,43 m under röröverkant (röröverkant är ännu inte inmätt), vilket gav en mättad zon på 38 m innan test. Infiltrationstestet startades kl 8:45 den 12 juli och avslutades kl 21:00 samma dag. Pumpflödet uppmättes till 3 l/s och kunde upprätthållas under hela testets gång. Efter att pumpen hade stängts av tilläts en återhämtning av grundvattennivåerna i ca 36 timmar innan tryckgivare tömdes på data, och infiltrationstestet i BH2213 startade.

Infiltrationstestet i BH2213 startades kl 8:30 den 14 juli och avslutades kl 20:00 samma dag. Innan infiltrationstestet i BH2213 startades var grundvattennivån 26,62 m under röröverkant (röröverkant är ännu inte inmätt), vilket är en mättad zon på 35,38 m innan test. Pumpflödet uppmättes till 1 l/s och kunde upprätthållas under hela testets gång. Efter att pumpen hade stängts av tilläts en återhämtning i ca 12 timmar innan tryckgivare tömdes på data.



Figur 2 De observationsbrunnar som användes för att observera påverkan i infiltrationstester.

Beräkning av transmissivitet från infiltrationstesterna görs i programvaran AQTESOLV 4.50 Professional genom passning av typkurvor mot teoretiska modeller. Metoden som har använts vid utvärdering är enligt Dougherty-Babu (1984) för tester med konstant flöde för en anisotropisk, sluten akvifer med antagande om eventuellt "skin" i brunnen. Med "skin" avses att i direkt anslutning till borrhålet finns en zon där permeabiliteten är antingen försämrade (positivt skin) eller förbättrade (negativt skin) genom antingen igensatta sprickor eller öppnade sprickor vid borrhning. Att en akvifer är anisotropisk med avseende på hydraulisk konduktivitet (genomsläpplighet) betyder att konduktiviteten i akviferen varierar med riktning, konduktiviteten är alltså större i en viss riktning och mindre i en annan riktning.

Då infiltrationstesterna pågick under ett längre tidsintervall med varierat väder barometerkompenserades trycknivådata mot lufttryck. Detta görs för att undersöka vilka observationsbrunnar som faktiskt påverkades av tryckökningar som en följd av infiltrationen, och i vilka tryckförändringar berott på lufttrycksförändringar.

## 3.0 RESULTAT

### 3.1 BH2212

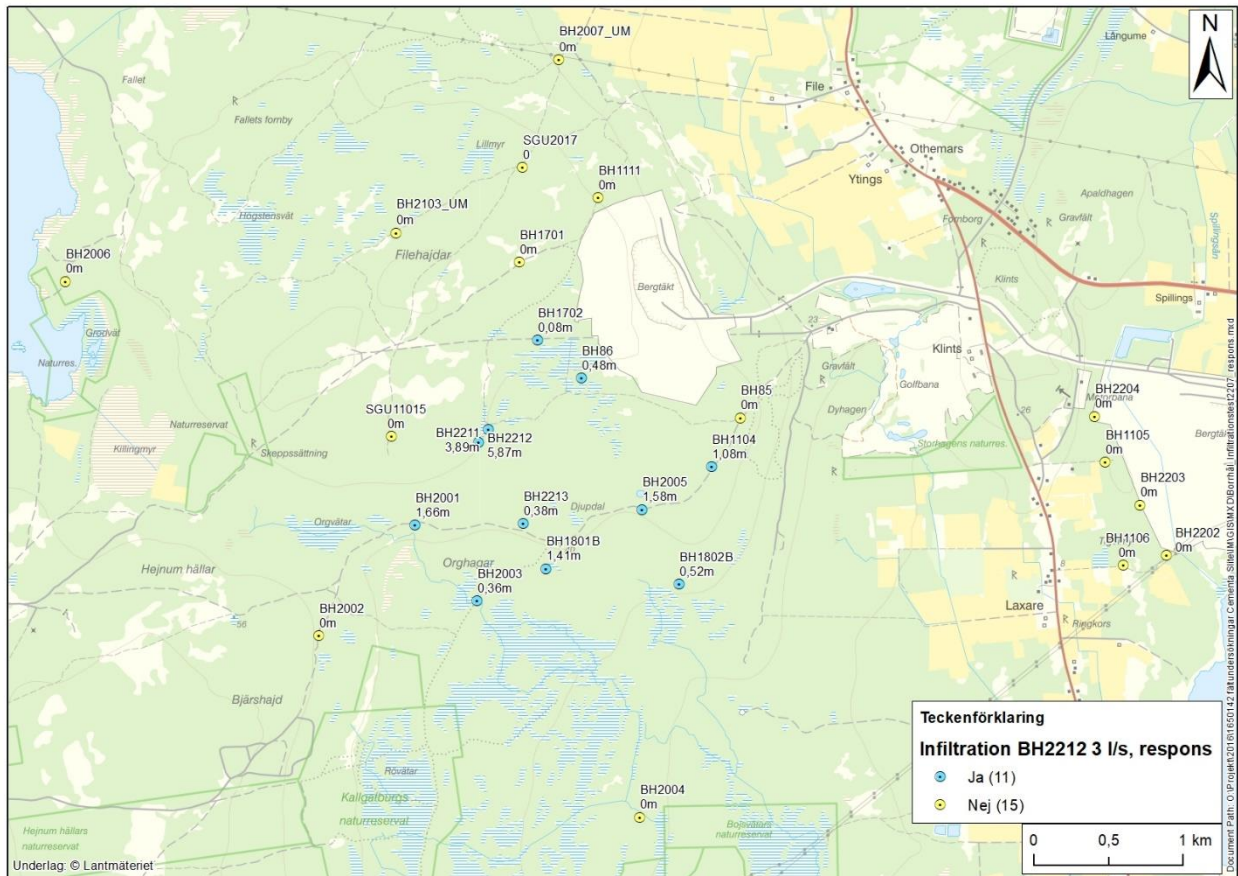
Djupinfiltrationstestet i BH2212 skapade en ökning av vattennivån (trycknivån) i infiltrationsbrunnen med ca 5,9 m då infiltrationsflödet var 3 l/s. I observationsbrunnarna observeras nivåökningar på ett avstånd upp till ca 1 600 m bortanför infiltrationsbrunnen, tex i borrhål BH1802B.

Genom utvärdering av trycknivådata beräknades transmissiviteten till  $2E-04$  m<sup>2</sup>/s, vilket motsvarar en hydraulisk konduktivitet på  $5E-06$  m/s i sektionen 27,5–72 m.

Påverkan på trycknivån i observationsbrunnarna redovisas i tabell 2 (Appendix) och figur 3 nedan.

Största nivåökningarna, utöver i referensborrhålet BH2211, syns i observationsbrunnarna i sydlig och sydostlig riktning relativt BH2212, i BH2001 och BH2005. Ingen nivåökning observeras i något av de observationsgrundvattentrör som är installerade i jord. Ingen nivåökning observerades heller i ytligt installerade bergborrhål.

Resultatet från infiltrationsförsöket är fortfarande preliminärt och kommer fortsätta att utvärderas.



Figur 3: Observationsbrunnar där trycknivåökning kunde observeras vid infiltration i BH2212 och de observationsbrunnar där ingen trycknivåökning kunde observeras.

### 3.2 BH2213

Djupinfiltrationstestet i BH2213 skapade en ökning av vattennivån (trycknivån) i infiltrationsbrunnen med ca 26,9 m då infiltrationsflödet var 1 l/s.

Genom utvärdering av trycknivådata beräknades transmissiviteten till  $6E-05 \text{ m}^2/\text{s}$ , vilket motsvarar en hydraulisk konduktivitet på  $9,6E-07 \text{ m/s}$  i sektionen 0–62 m.

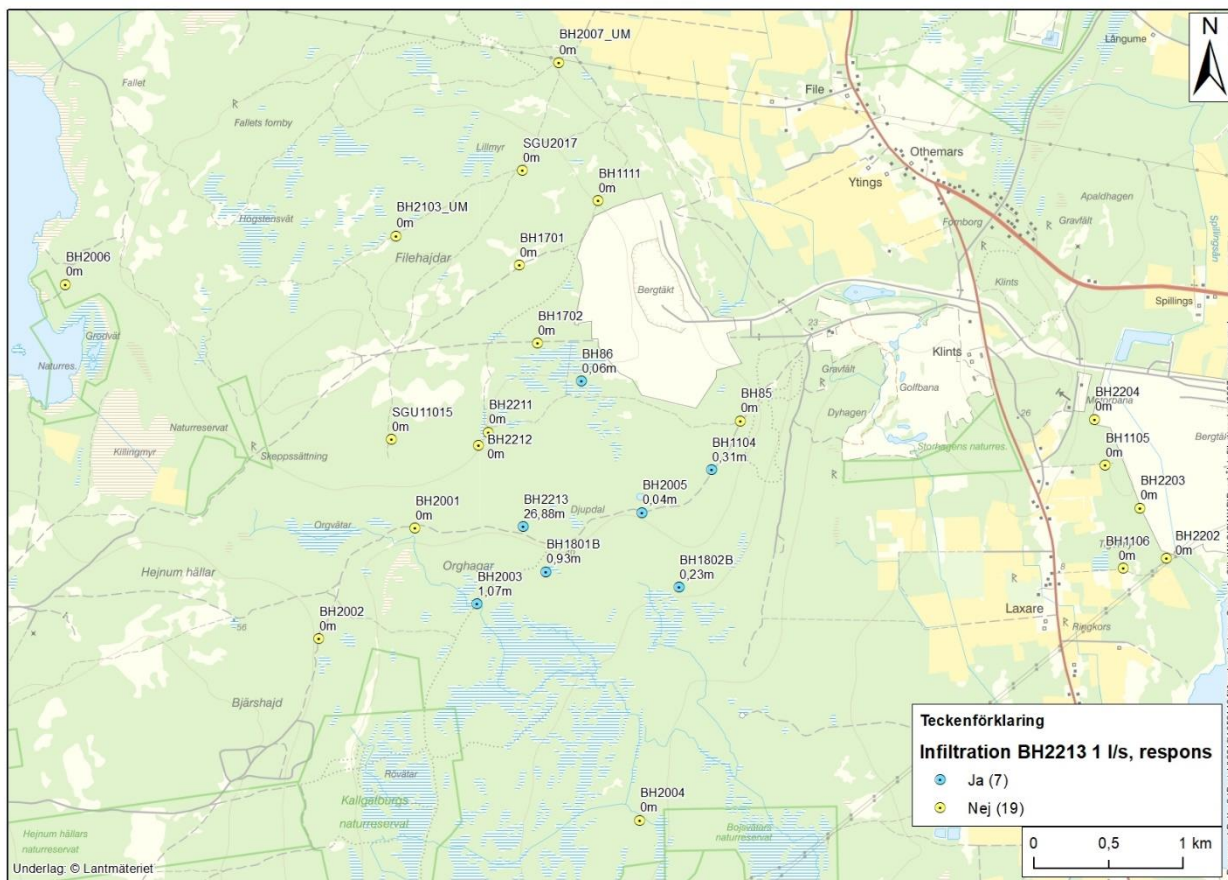
Påverkan på trycknivån i observationsbrunnarna redovisas i tabell 3 (Appendix) och figur 4 nedan.

Största trycknivåökningen syns i observationsbrunnarna direkt söderut relativt infiltrationsbrunnen, i BH1801B och BH2003 med ca 1 m trycknivåökning. Trycknivåökningarna syns även i östlig och sydostlig riktning med mindre trycknivåökningar.

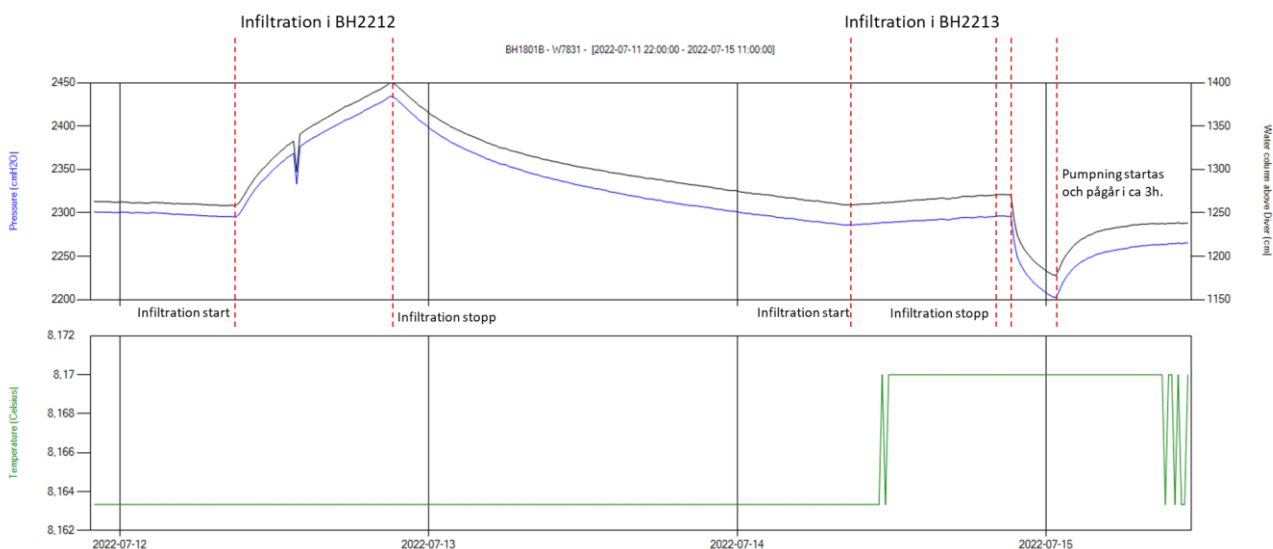
I slutet av infiltrationsförsöket, ca 1–1,5h efter att infiltrationen avslutats, syns en tydlig avsänkning i borrhålen BH1801B och BH2003. Avsänkningens pågått under ca 3 timmar, se exempel i figur 5. Denna avsänkning berodde troligen på att pumpning startade i en närliggande brunn bortom Cementas kontroll, troligen för att fylla en tank med vatten för frigående betesdjur. Avsänkning observerades i brunnar i nära anslutning till en tank för betesdjur. Denna avsänkning sammanfaller inte med påverkningsmönstret som skapas då den kommunala vattentäkten pumpar vatten. Därför kan trycknivådata från de brunnar

som påverkas av avsänkningen (BH1801B och BH2003) bara användas för tidsperioden fram till dess då avsänkningen börjar.

Resultatet från infiltrationsförsöket är fortfarande preliminärt och kommer fortsätta att utvärderas.



Figur 4: Observationsbrunnarna där trycknivåökning kunde observeras vid infiltration i BH2213 och de observationsbrunnarna där ingen trycknivåökning kunde observeras.



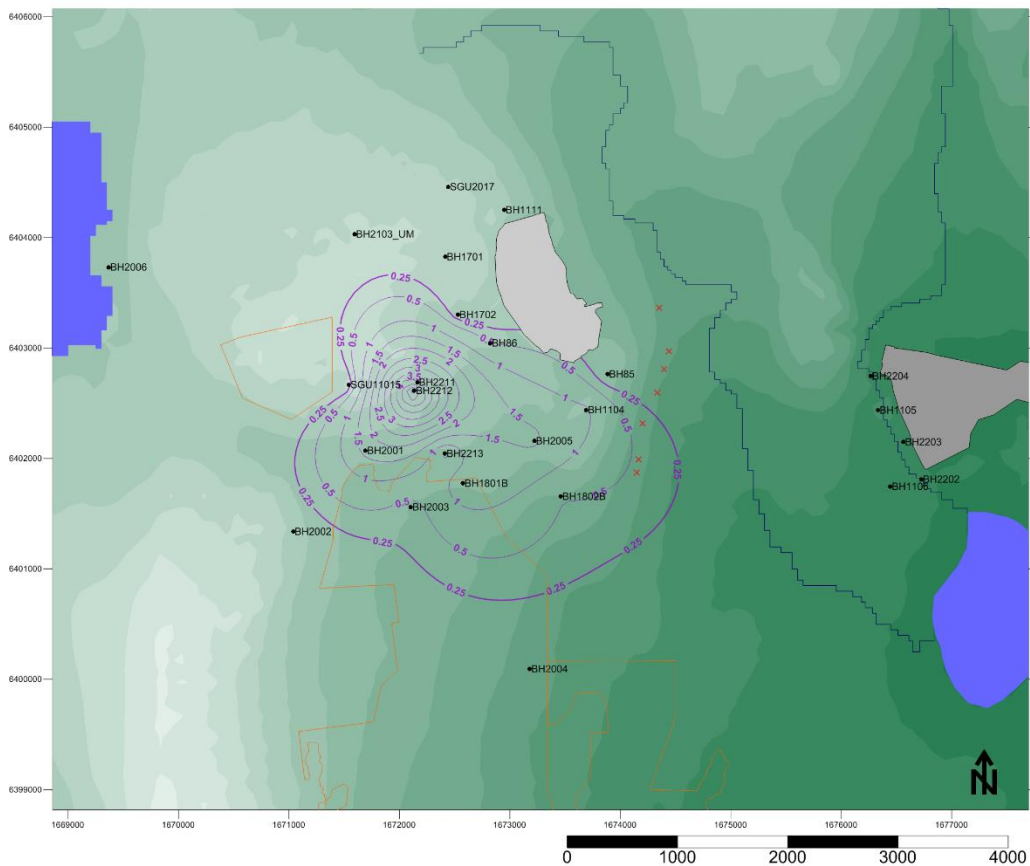
Figur 5: Exempelgraf från BH1801B där trycknivåökning från infiltrationstesterna syns, samt en tydlig avsänkning strax efter att infiltrationstestet i BH2213 stängdes av.

### 3.3 BERÄKNING AV PÅVERKANSOMRÅDE VIA INTERPOLATION

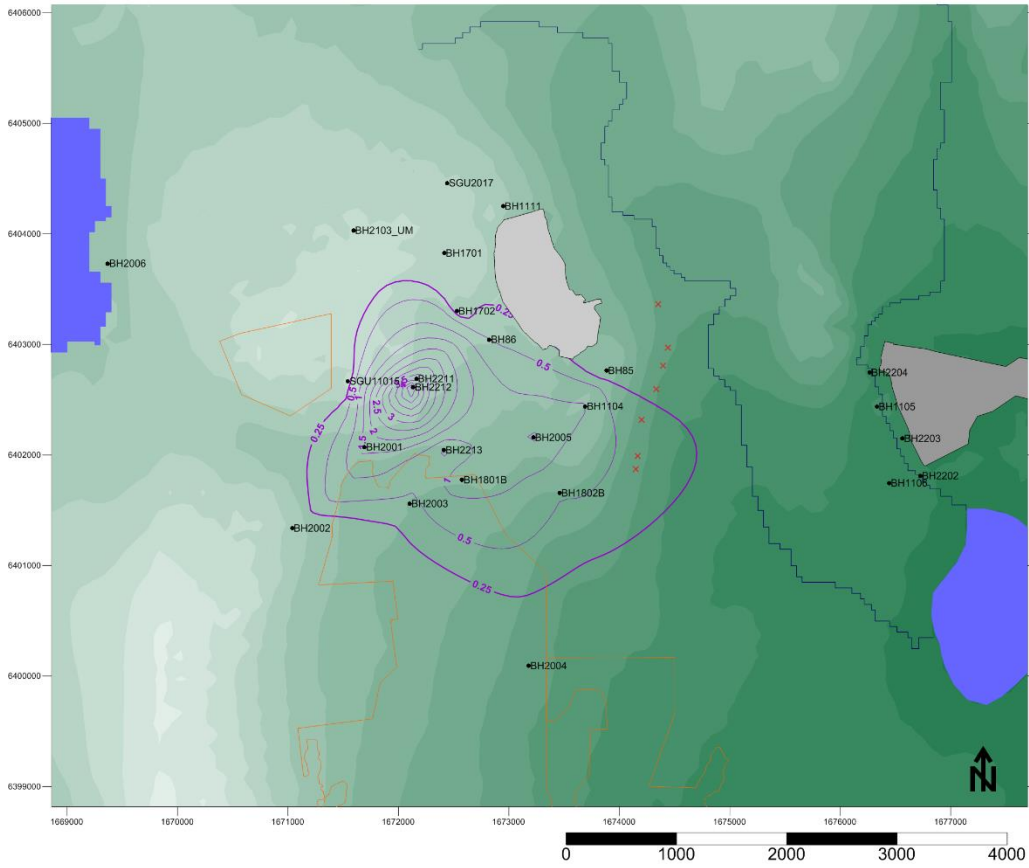
Resultaten från infiltrationsförsöken har använts för att beräkna påverkansområden. Påverkansområdet är det område inom vilket grundvattennivåerna påverkades av den utförda testen. Påverkansområdet beräknas via interpolation mellan de observerade förändringarna i vattennivå i observationsbrunnarna. Olika interpolationsmetoder ger något olika resultat. Följande metoder har använts: Kriging och Natural neighbor.

Resultaten för infiltrationsförsöket i BH2212 visas i figur 6 och figur 7.

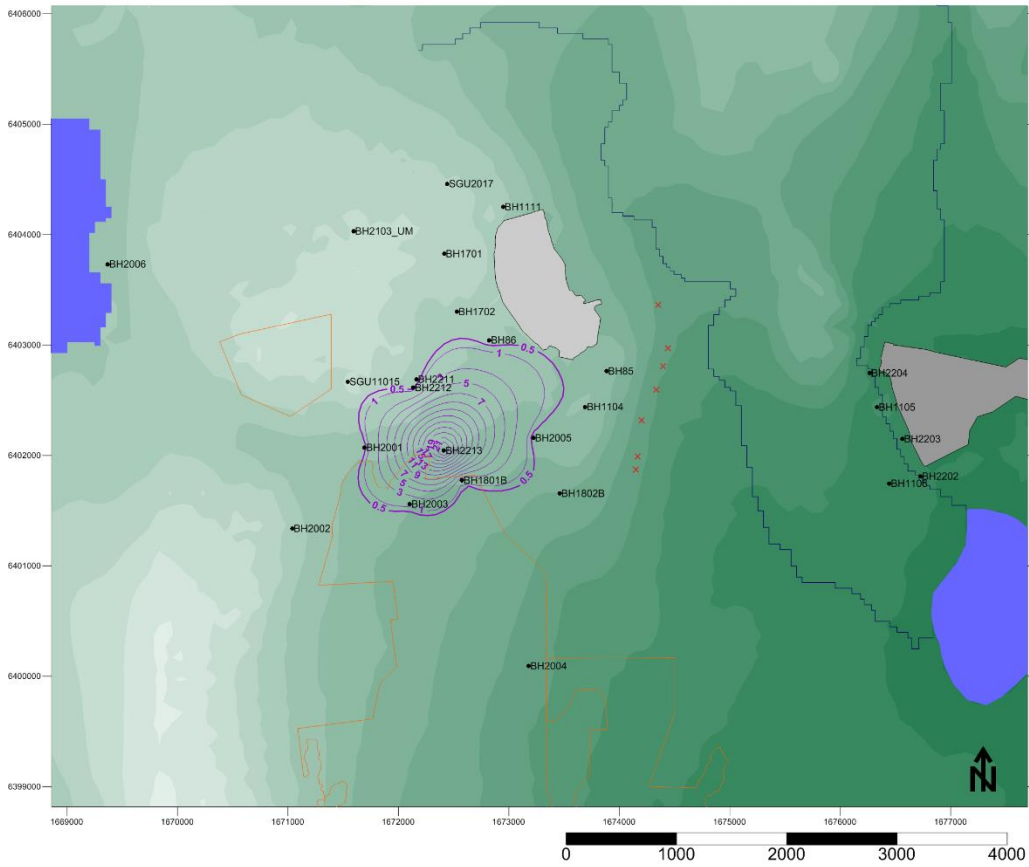
Resultaten för infiltrationsförsöket i BH2213 visas i figur 8 och figur 9.



Figur 6 Infiltrationsförsök I BH2212. Påverkansområde beräknat med Kriging-metoden.

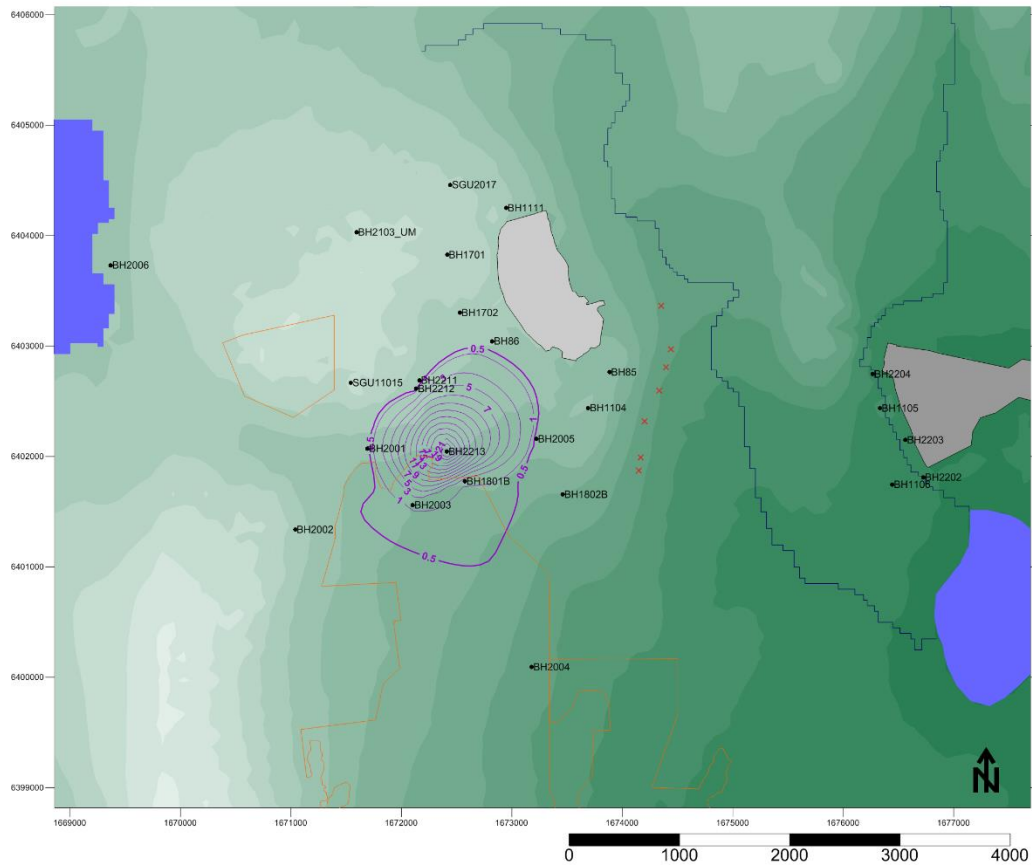


Figur 7 Infiltrationsförsök i BH2212. Påverkansområde beräknat med Natural-neighbor-metoden.



Figur 8 Infiltrationsförsök i BH2213. Påverkansområde beräknat med Kriging-metoden.





Figur 9 Infiltrationsförsök I BH2213. Påverkansområde beräknat med Natural-neighbor-metoden.

## 4.0 SLUTSATS

För det större infiltrationsförsöket i BH2212 observeras de största nivåökningarna främst i borrhål i sydlig och sydostlig riktning relativt BH2212. Påverkansområdet sträcker sig mot sydost. För det mindre infiltrationsförsöket i BH2213 är påverkansområdet mer cirkulärt och påverkansområdet sträcker sig mer mot nordost.

Ingen nivåökning observeras i något grundvattenrör som sitter installerat i jord. Ingen nivåökning observerades heller i ytligt installerade bergborrhål. För det större infiltrationsförsöket i BH2212 observeras tydliga förändringar i vattennivå i borrhål så långt som 1,6 km från infiltrationsbrunnen. Tydliga förändringar i vattennivå ses också tex i borrhålen BH2001 och BH2003, som ligger nära Orgvätarbäcken.

Infiltrationsförsöket visar att det djupare grundvattensystemet på File hajdar är heterogent men kännetecknas av att det är ett väl konnekterat stort flödessystem, där brunnar långt från varandra ingår i samma flödessystem, och snabbt reagerar på en störning på ett likartat vis. Dessa resultat bekräftar den grundläggande hydrogeologiska tolkningen av det studerade området, som inkluderar stora väl konnekterade vattenförande lager i mörkelsten och i lagrad kalkstenen. Därmed bekräftas också den beskrivning som ingår i den etablerade grundvattenmodellen. Även tolkningen att det förekommer revkalksten norr och väster om dagbrottet på File hajdar, och att denna revkalksten inte är lagrad och hydrauliskt genomsläpplig på samma vis som mörkelstenen, bekräftas av infiltrationsförsöket, eftersom borrhålen i norr och väster (i revkalksten) inte reagerar på samma vis som borrhålen i söder och öster.

Infiltrationsförsöket visar att det djupare flödessystemet inte karakteriseras av några få stora och tydliga karststrukturer. Flödessystemet domineras alltså inte av ett litet antal stora flödeskanaler med hög genomsläpplighet. Om så hade varit fallet hade vi kunnat förväntas oss att vissa brunnar i vissa riktningar hade påverkats mycket snabbt och tydligt, medan andra brunnar i andra riktningar inte skulle ha påverkats alls, eller endast minimalt. Även brunnar nära infiltrationsbrunnen skulle då ha kunnat demonstrera en minimal påverkan, medan brunnar länge bort skulle ha demonstrerat en större påverkan. Nu ser vi i stället ett väl konnekterat stort system, där brunnar långt från varandra ingår i samma system, och reagerar på en störning av grundvattensystemet på ett likartat vis, och där påverkan minskar med avstånd från infiltrationsbrunnen.

## 5.0 APPENDIX

Tabell 2: Observationsbrunnarnas uppmätta trycknivåökning vid infiltration i BH2212.

ID	Trycknivåökning (m)	Kommentar
BH1104	1,08	
BH1105	0	
BH1106	0	
BH1111	0	
BH1701	0	
BH1702	0,08	
BH1801B	1,41	
BH1802B	0,52	
BH1905J	0	Jordbrunn
BH1906J	0	Jordbrunn
BH2001	1,66	
BH2002	0	
BH2003	0,36	
BH2004	0	
BH2005	1,58	
BH2006	0	
BH2007_UM	0	
BH2103_UM	0	
BH2202	0	
BH2203	0	
BH2204	0	
BH2211	3,89	
BH2212	5,87	Infiltrationsbrunn
BH2213	0,38	
BH85	0	
BH86	0,48	
SGU11015	0	
SGU2017	0	

Tabell 3: Observationsbrunnarnas uppmätta trycknivåökning vid infiltration i BH2213.

ID	Trycknivåökning (m)	Kommentar
BH1104	0,31	
BH1105	0	
BH1106	0	
BH1111	0	
BH1701	0	
BH1702	0	
BH1801B	0,93	
BH1802B	0,23	
BH1905J	0	Jordbrunn
BH1906J	0	Jordbrunn
BH2001	0	
BH2002	0	
BH2003	1,07	
BH2004	0	
BH2005	0,04	
BH2006	0	
BH2007_UM	0	
BH2103_UM	0	
BH2202	0	
BH2203	0	
BH2204	0	
BH2211	0	
BH2212	0	
BH2213	26,88	Infiltrationsbrunn
BH85	0	
BH86	0,06	
SGU11015	0	
SGU2017	0	

**WSP Sverige AB**

411 06 Göteborg  
Besök: Lilla Bommen 6

T: +46 10-722 50 00  
Org nr: 556057-4880  
[wsp.com](http://wsp.com)