

Konsekvensbedömning Hydrogeologi

Bearbetningskoncession - Häggån K nr 1



2024-08-15

Framställd för:
Vanadis Battery AB
Myrgatan 3
776 30 Hedemora

Projektnummer: SE2300368
Projektidentitet: Häggån BK Vanadis

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	4
1.1 Syfte och avgränsning	4
1.2 Koordinat- och höjdsystem	4
2. OMRÅDEBESKRIVNING	4
3. UTREDNINGSMETODIK	6
3.1 Arkivmaterial och öppna källor	6
3.2 Fältundersökningar	7
4. HYDROGEOLOGISK SYSTEMBESKRIVNING	8
4.1 Topografi och markandvändning	8
4.2 Meteorologiska förhållanden	9
4.2.1 Temperatur och nederbörd	9
4.3 Hydrologiska förhållanden	9
4.3.1 Avrinning	9
4.3.2 Ytvattenförekomster och vattendrag	10
4.4 Geologiska förhållanden	12
4.5 Hydrogeologiska förhållanden	13
4.5.1 Grundvattenbildning	13
4.5.2 Grundvatten i jord	14
4.5.3 Grundvatten i berg	15
4.6 Beräkningar och modellering	16
4.6.1 Grundvattenmodell	16
4.6.2 Skattat grundvatteninflöde och påverkansområde för framtida gruvdrift 16	
4.6.3 Vattenbalansmodell	16
5. RESULTAT AV MODELLERING	17
5.1 Påverkansområde i jord och berg	17
5.2 Grundvatteninflöde	18
6. GRUNDVATTENBEROENDE OBJEKT INOM PÅVERKANSOMRÅDET	18
6.1 Bergborrade brunnar	18
6.2 Våtmarker	19
6.3 Ytvattenförekomster	19
6.4 Naturvärden	20

Tabellförteckning

Tabell 1. Månadsmedelvärden för temperatur (°C) för perioden 1993-2022 i Häggån (SMHI:s mätstation: Höglekardalen, ID: 133050).	9
Tabell 2. Månadsmedelvärden för okorrigerade nederbörd (mm) för perioden 1993-2022 i Häggån (SMHI:s mätstation: Marby D, ID: 134070).	9
Tabell 3. Modellerad vattenföring för perioden 1991 och 2020, från avrinningsområden enligt S-HYPE (SMHI Vattenwebb). Förkortning betyder: H - Hög, Q - Flöde, siffra återkomsttid, M - medel, L - Låg, exempelvis HQ50 står för högvattenflöde som inträffar i snitt en gång på 50 år.	10
Tabell 4. Statusklassning och MKN för närliggande ytvattentäkter.	11

Figurförteckning

Figur 1. Geografisk lokalisering av bearbetningskoncession Häggån K nr 1, © Lantmäteriet.....	5
Figur 2. Situationsplan och anläggningsdelar Häggån K nr 1.	6
Figur 3. Översiktskarta med undersökningspunkter av hydraultester i jord och berg.	8
Figur 4. Ytvattenförekomster och vattendrag i närheten av bearbetningskoncessionsområdet Häggån K nr 1.	11
Figur 5. SGU:s jordartskarta och Häggån K nr 1.	12
Figur 6. SGU:s bergartskarta och Häggån K nr 1.	13
Figur 7. Grundvattenförekomster i närheten av koncessionsområdet och det planerade anläggningen.	14
Figur 8. Lokalisering av undersökningspunkter i jord och berg.	15
Figur 9. Simulerat påverkansområde (Naturlig-s6), definierat som 0,3 m avsänkning av grundvattenytan, det planerade dagrbottet samt bearbetningskoncession Häggån K nr 1.	17
Figur 10. Påverkansområde (Naturlig-s6) vid framtida gruvdrift och sökt verksamhet samt befintliga närliggande brunnar enligt SGU:s brunnsarkiv.	18
Figur 11. Påverkansområde (Naturlig-s6) vid framtida gruvdrift och sökt verksamhet samt SGU:s jordartskarta och våtmarksområden (SGU).	19

Bilageförteckning

BILAGA 1	PM FÄLTRAPPORT HYDROGEOLOGI
BILAGA 2	PM GRUNDVATTENMODELLERING

1. Inledning

Vanadis Battery Metals AB (VBM) avser att ansöka om bearbetningskoncession för en del av den så kallade Häggån-fyndigheten, belägen nordväst om Myrviken i Bergs kommun, Jämtlands län. Geosyntec Consultants AB (Geosyntec) har på uppdrag av VBM genomfört referensundersökningar avseende grundvatten inom och i omgivningen till det planerade koncessionsområdet.

1.1 Syfte och avgränsning

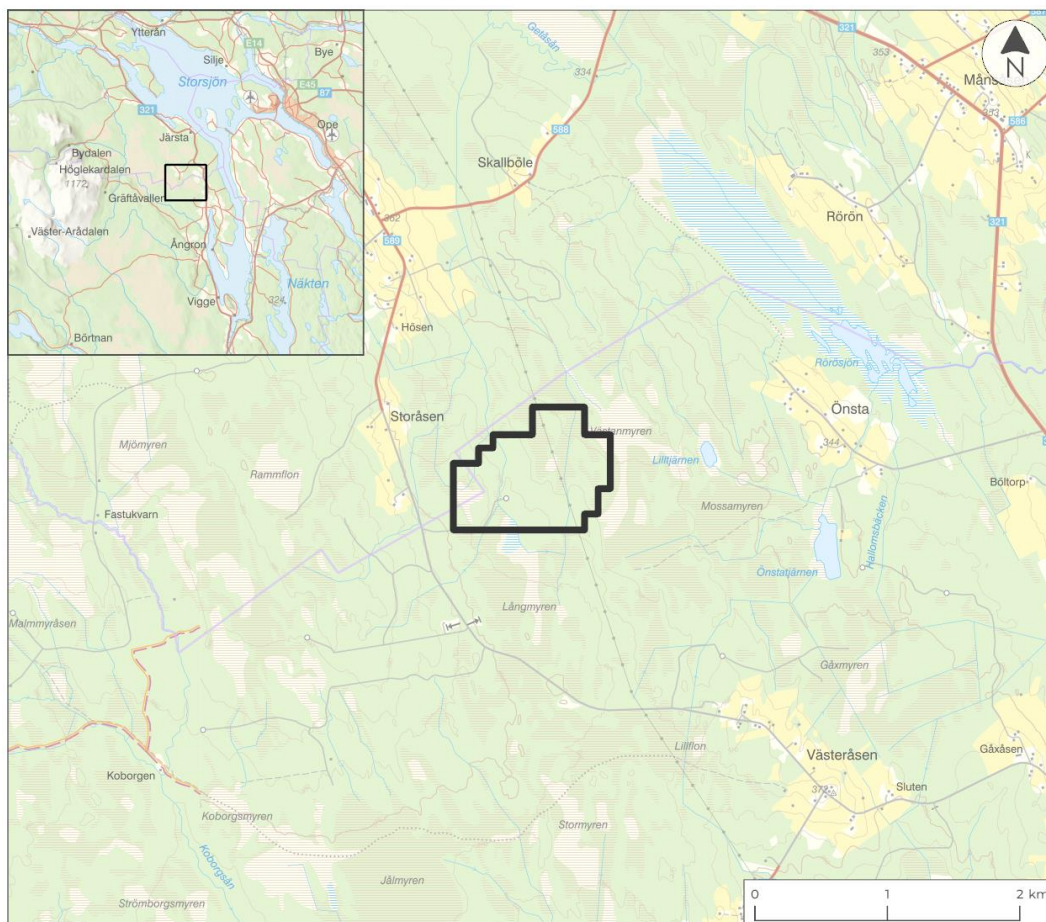
Syftet med detta PM är dels att beskriva de meteorologiska, geologiska, hydrologiska och hydrogeologiska förhållandena i och kring Häggån och bedöma konsekvenser av planerad grundvattenbortledning inom framtida verksamhet avseende yt- och grundvattenförhållanden som omger den planerade gruvan. Föreliggande PM utgör underlag till den miljökonsekvensbeskrivning (MKB) som kommer att bifogas ansökan om bearbetningskoncession.

1.2 Koordinat- och höjdsystem

I projektet och föreliggande handling används koordinatsystem SWEREF99 TM och höjdsystem RH2000, om inget annat anges.

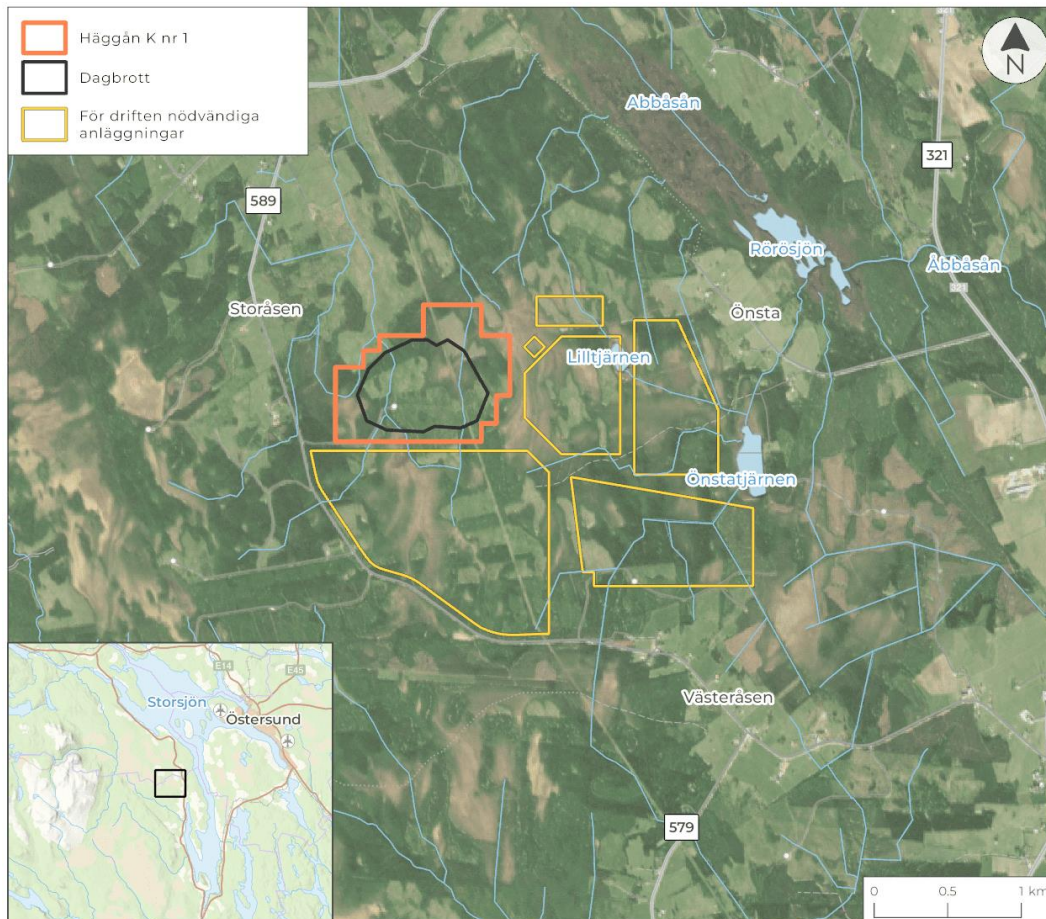
2. Områdebeskrivning

Bearbetningskoncessionsområdet, benämnt Häggån K nr 1, ligger i huvudsakligen i Bergs kommun, Jämtlands län, cirka 23 km sydväst om Östersund. Närmsta tätort är Myrviken som ligger cirka 6 km sydost om området, se Figur 1.



Figur 1. Geografisk lokalisering av bearbetningskoncession Häggån K nr 1, © Lantmäteriet.

Den planerade anläggningen består av ett dagbrott, anrikningsverk/industriområde, malmupplag, celldeponi för utvinningsavfall, gråbergsupplag, samt sedimentationsdamm och vattenreningsanläggning. En situationsplan över det planerade gruvområdet med framtida anläggningsdelar framgår av Figur 2.



Figur 2. Situationsplan och anläggningsdelar Häggån K nr 1.

3. Utredningsmetodik

Kunskapen om de platsspecifika hydrologiska och hydrogeologiska förutsättningarna baseras på en stor mängd data och handlingar, dels från öppna data från expertmyndigheterna SMHI, SGU, HaV/Länsstyrelsen m.fl., dels från utförda fältundersökningar och utredningar. Denna samlade kunskap har sammanställts till en hydrogeologiska konceptuell modell i och kring den planerade verksamheten. Därefter har beräkningsmodeller byggts upp som har använts för att bedöma hur en nystartad gruvdrift påverkar de hydrologiska och hydrogeologiska systemen.

3.1 Arkivmaterial och öppna källor

Följande arkivmaterial och källor för öppna data har använts:

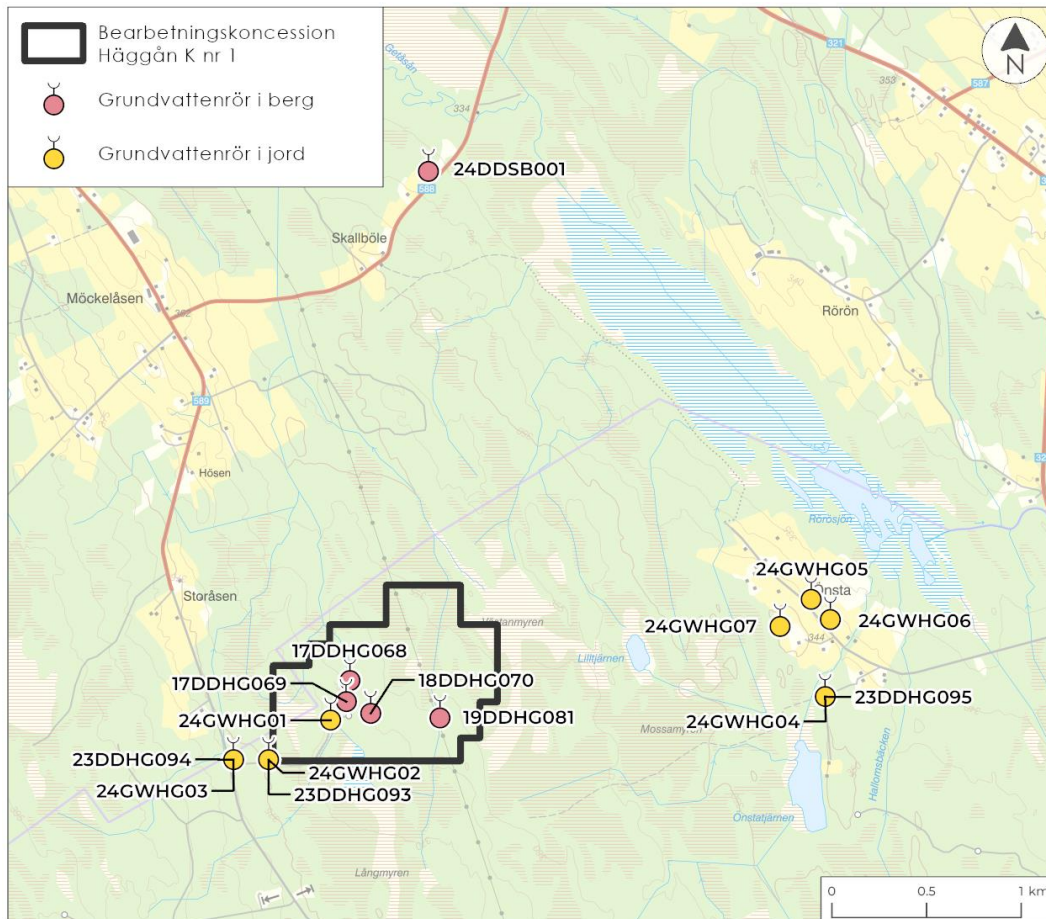
- SMHI öppna meteorologiska data (nederbörd och temperatur)
- SMHI Vattenwebb och S-HYPE model för avrinningsberäkning

- SGU:s öppna kartvisare för jordarter 1:25 000-1:100 000, jorddjup, berggrund 1:50 000-1:250 000, brunnar, grundvattenmagasin
- Vatteninformationssystem Sverige (VISS) databas över vattenförekomster:
 - Abbåsån (WA98100721)
 - Åbbåsån (WA77859272)
 - Rörösjön (WA20317934)
 - Skallbölesbäcken (WA62749583)
 - Hällnebäcken (WA59189443)
 - Lillån (WA10394387)
 - Häggån (WA62936680)
 - Storjsjön (WA54917789)

3.2 Fältundersökningar

Utförda fältundersökningar har syftat till att fylla luckor i kunskapsunderlaget samt att verifiera gjorda antaganden, beräkningsresultatet och kritiska parametrar. Utförande och resultat redovisas i sin helhet i Bilaga 1. Undersökningarna omfattar:

- Grundvattennivåmätning som har utförts i grundvattenrör i jord och bergborede prospekteringsborrhål för att ge underlag på grundvattnets trycknivå,
- Kontinuerligt grundvattennivåmätning med automatiska tryckgivare för att ge underlag på grundvattnets trycknivå i jord och berg,
- Kontinuerligt mätning av lyfttryck med automatiska tryckgivare för att rätt kunna beräkna grundvattentrycknivåer,
- Hydraultester i form av slugtester i nyinstallerade grundvattenrör i jord och prospekteringsborrhål för att utvärdera hydrauliska egenskaper hos jord och berg, Figur 3.



Figur 3. Översiktskarta med undersökningspunkter av hydraultester i jord och berg.

4. Hydrogeologisk systembeskrivning

I detta kapitel beskrivs upprättad platsspecifik hydrogeologisk konceptuell modell med fokus på meteorologiska, geologiska, hydrologiska och hydrogeologiska förhållanden.

4.1 Topografi och markandvändning

Området kring den planerade verksamheten är flackt och utan distinkta topografiska strukturer och ytvattendelare. Verksamhetsområdet ligger i ett landskap med våtmarker och låga, skogbeväxade markytan.

Marknivån inom det planerade verksamhetsområdet varierar i intervallet +350 till +380. Inom området finns i huvudsak låg skogsmark och en mindre del av ett våtmarksområde. Söder om området finns Myrviken och cirka 3 km öster om den planerade verksamheten finns ett Natura 2000 område i Önsta, för mer detaljer se miljökonsekvensbeskrivningen.

4.2 Meteorologiska förhållanden

4.2.1 Temperatur och nederbörd

Häggån är belägen i norr cirka 28 km från Östersund och cirka 8 km från av Storsjön. Enligt medelvärden för perioden 1993-2022 är årsmedeltemperaturen +1,8 och varierar mellan -6,9 och +12,8 (se Tabell 1), vinterperioden sträcker sig från november till slutet av mars/april. Vegetationsperioden pågår mellan april/maj och oktober (SMHI).

Tabell 1. Månadsmedelvärden för temperatur (°C) för perioden 1993-2022 i Häggån (SMHI:s mätstation: Höglekardalen, ID: 133050).

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
-6,9	-6,7	-4,3	0,6	5,7	10,2	12,8	11,3	7,0	1,7	-3,2	-6,2

Både nederbörd och avdunstning varierar under året. Under vintern lagras nederbörden i form av snö och is. Nederbörden är normalt som störst sommartid (juli och augusti, se Tabell 2) men då är också avdunstningen som störst. Den potentiella avdunstningen, dvs. avdunstning som skulle ske om vattentillgången varit obegränsad för vegetationen, är normalt betydligt högre än nederbörden under sommarmånaderna. Den uppmätta nederbörden för perioden 1993-2022 har inte korrigerats för olika typer av mätfel (vind, vätning osv.). Den okorrigerade årsnederbörden uppgår till cirka 576 mm/år för perioden 1993-2022 (SMHI), se Tabell 2.

Tabell 2. Månadsmedelvärden för okorrigerade nederbörd (mm) för perioden 1993-2022 i Häggån (SMHI:s mätstation: Marby D, ID: 134070).

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Total
40,4	22,3	25,6	26,4	46,1	67,5	81,2	86,6	52,8	49,7	39,5	38,7	576,8

4.3 Hydrologiska förhållanden

4.3.1 Avrinning

Ett avrinningsområde avgränsas topografiskt mot andra avrinningsområden av en ytvattendelare och all avrinning från området har ett gemensamt utlopp vid en given punkt i ett vattendrag. Enligt SMHI:s HYPE-modell är det planerade verksamhetsområdet beläget inom delavrinningsområdet Myrån (ID: 14123) som har ett tillrinningsområde på cirka 96 km². Topografiska vattendelare ligger i norrväst och norr om området. Den årliga nederbörden i området har beräknats till cirka 710 mm/år, evapotranspirationen (avdunstning direkt från ytor samt avdunstning från växter) beräknas på cirka 393 mm/år och avrinningen skattas till 317 mm/år (SMHI). Avrinningen sker sydöst mot Storsjön.

Vattenföring i Abbåsån (vattendrag Getåsån-Månsåsån-Åbbåsån-Myrån) varierar över tid, normal- och extremvärden redovisas i Tabell 3. Medelsflödet i Abbåsåns avrinningsområde (ID: Myrån, 14123) ligger på cirka 3 500 m³/h.

Tabell 3. Modellerad vattenföring för perioden 1991 och 2020, från avrinningsområden enligt S-HYPE (SMHI Vattenwebb). Förkortning betyder: H - Hög, Q - Flöde, siffror återkomsttid, M - medel, L - Låg, exempelvis HQ50 står för högvattenflöde som inträffar i snitt en gång på 50 år.

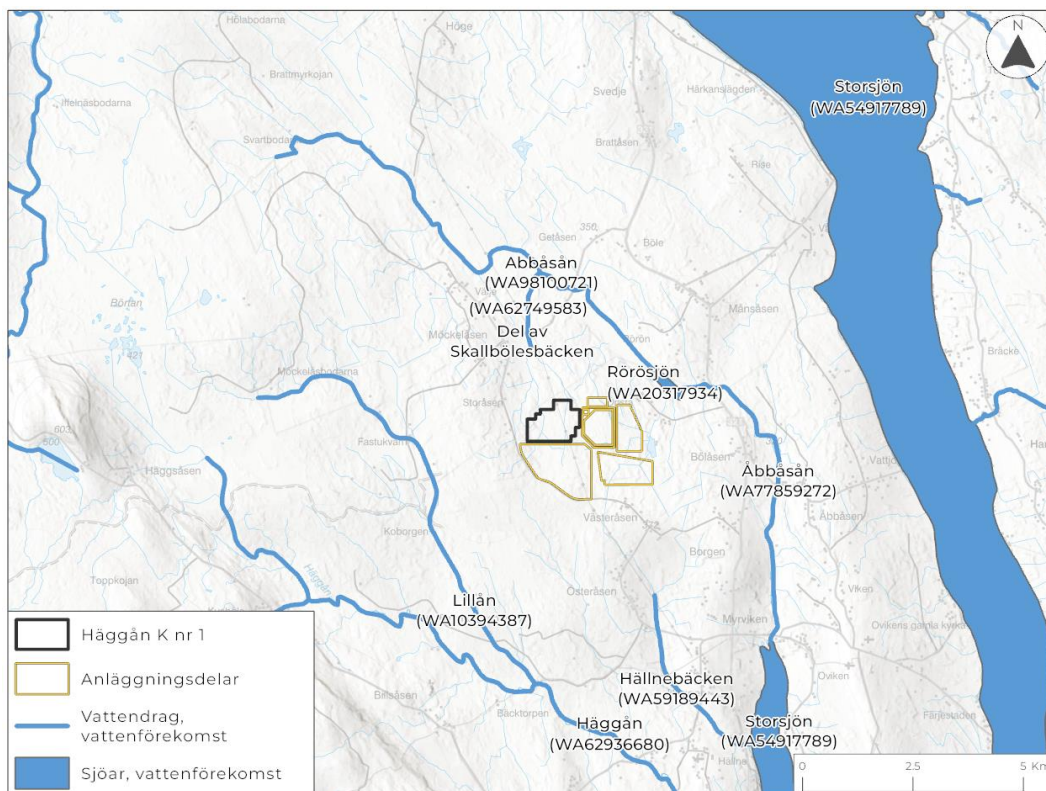
Flödessituation	Myrån (Abbåsan)
	m ³ /h
HQ50	60 480
HQ25	53 640
HQ10	45 000
HQ5	37 800
HQ2	27 396
MHQ	29 376
MQ	3 492
MLQ	360

4.3.2 Ytvattenförekomster och vattendrag

Koncessionsområdet Häggån K nr 1 är inte beläget inom eller i direkt anslutning till någon utpekad ytvattenförekomst (VISS). Avrinning från området sker via diken ca 2 km norrut till Skallbölesbäcken, som är närmast nedströms liggande vattenförekomst. Utöver den finns in närområdet följande ytvattenförekomster, lägen framgår av Figur 4.

- **Getåsan** (VISS ID: Abbåsan, WA98100721) rinner cirka 8 km norr/nordöst om uppströms det planerade verksamhetsområdet. Getåsan är cirka 7 km lång och mynnar i Rörösjön (WA20317934). Vattendraget så-kallade **Månsåsan** (VISS ID: Abbåsan, WA77859272) är belägen öster om det planerade verksamhetsområdet och rinner mot söder från Rörösjön ned till Bölåstjärnen. Nedströms Bölåstjärnen fortsätter vattensystemet i **Abbåsan** (VISS ID: Abbåsan, WA77859272) och **Myrån** (VISS ID: Abbåsan, WA77859272) mot söder, fram till inloppet i Storsjön (VISS ID: WA54917789) vid Myrviken. Vattenföringen i Abbåsan varierar stort över tid, se i Tabell 3.
- **Rörösjön** (VISS ID: WA20317934) ligger cirka 3 km i Önsta, öster om koncessionsområdet och utgör en naturlig sjö med 0,19 km².
- **Skallbölesbäcken** (VISS ID: WA62749583) är belägen cirka 2 km norr om koncessionsområdet och rinner norrut från det planerade verksamhetsområdet innan den mynnar i Getåsan.
- **Önstatjärnen** (VISS ID: WA50030543) befinner sig öster om koncessionsområdet och rinner i Rörösjön via Önstabäcken som är cirka 1,5 km lång.
- **Hällnebäcken** (VISS ID: WA59189443) cirka 4 km i söder om planerat verksamhetsområde befinner sig ytvattenförekomsten som mynnar i Storsjön (VISS ID: WA54917789). Hällnebäcken är cirka 4 km lång.

- **Lillån** (VISS ID: WA10394387) finns cirka 2 km från sökt koncessionsområdet och rinner cirka 8 km innan mynnar i **Häggån** (VISS ID: WA62936680) som mynnar i Storsjön efter cirka 7 km.
- **Övrigt vatten:** Lilltjärnen som inte är vattenförekomst, är belägen cirka 1 km öst om koncessionsområdet och mynnar i Önstabäcken via 1 km långt vattendrag. Det planerade verksamhetsområdet är beläget i direkt anslutning till Lilltjärnen.



Figur 4. Ytvattenförekomster och vattendrag i närheten av bearbetningskoncessionsområdet Häggån K nr 1.

Vattenförekomsterna är klassade avseende ekologisk och kemisk status och har fastställda juridiskt bindande miljö kvalitetsnormer (MKN). Aktuell statusklassning och MKN sammanfattas i Tabell 4, mer detaljer redovisas i miljökonsekvensbeskrivningen.

Tabell 4. Statusklassning och MKN för närliggande ytvattentäkter.

Vattenförekomst (Förvaltnings ID)	Ekologisk status	Kemisk status	MKN Ekologisk status	MKN Kemisk status	Undantag
Getåsån (WA98100721)	Måttlig	Uppnår ej god	God 2027	God	Mindre stränga krav: PBDE, Hg
Skallbölesbäcken (WA62749583)	Dålig	Uppnår ej god	God 2027	God	Mindre stränga krav: PBDE, Hg
Rörösjön (WA20317934)	Måttlig	Uppnår ej god	God 2027	God	Mindre stränga krav: PBDE, Hg

Hällnebäcken (WA59189443)	Otillfreds- ställande	Uppnår ej god	God 2033	God	Mindre stränga krav: PBDE, Hg
Lillån (WA10394387)	Måttlig	Uppnår ej god	God 2027	God	Mindre stränga krav: PBDE, Hg

4.4 Geologiska förhållanden

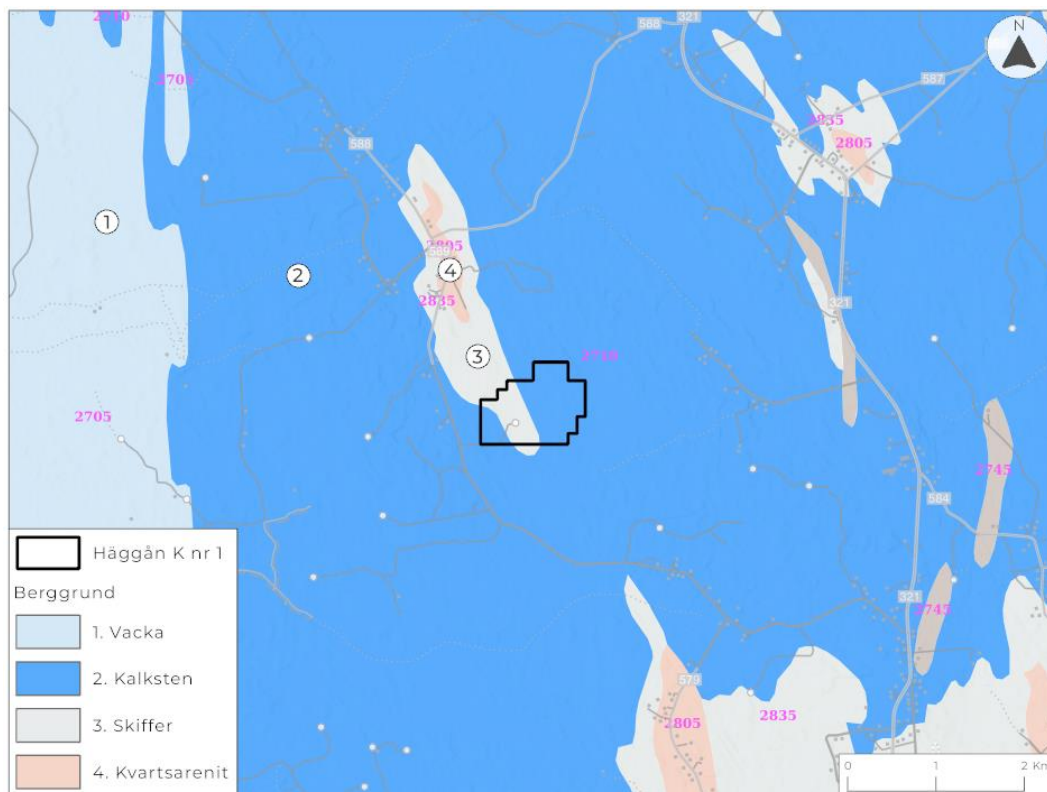
Baserat på utförda borrhningar och Sveriges geologiska undersöknings (SGU) bedöms jordlagerföljden utgöras av moränlera och torv ovan berg inom och i omgivningen till koncessionsområdet. Av SGU:s jordartskarta framgår att berget är ytligt inom det sökta koncessionsområdet, se Figur 5. Jorddjupet varierar och utifrån längden på prospekteringshålens foderrör samt SGU:s jordartskarta över området bedöms djup till berg vara 1-5 m inom Häggån-området men kan lokalt vara större.



Figur 5. SGU:s jordartskarta och Häggån K nr 1.

Häggånfyndigheten består av polymetalliska mineraliseringar och ligger inom en geologisk enhet från kambrium till lägre ordovicium som kallas Alunskifferformationen ("alunskiffer"). Berggrunden inom koncessionsområdet och dess omgivning består i huvudsak av kalkrika sedimentära bergarter som alunskiffer, lerskiffer och kalksten. Alunskiffern innehåller förhöjda men varierande halter av många metaller, främst vanadin, nickel, molybden, zink, kobolt och på vissa ställen koppar och uran. Alunskiffer har en ovanlig tjocklek, upp till 200 meter och de högsta metallkoncentrationerna förekommer i allmänhet i de övre delarna av Alunskiffern.

Enligt SGUs bergartskarta (Figur 6), det finns inga regionala geologiska strukturer eller lokala vattenförande zoner.



Figur 6. SGU:s bergartskarta och Håggån K nr 1.

4.5 Hydrogeologiska förhållanden

4.5.1 Grundvattenbildning

Den potentiella grundvattenbildningen styrs av evapotranspiration och nederbörds mängd (regn och snö). Grundvatten bildas när nederbörd faller, infiltrerar i markytan och sedan perkolerar genom den omättade zonen i jorden ner till den mättade grundvattenzonen. Detta sker inom koncessionsområdet samt i närliggande högre belägna områden inom samma avrinningsområde. Området där grundvatten bildas kallas inströmningsområden. I lågt belägna områden som våtmark, vattendrag och sjöar lämnar grundvatten marken och blir ytvatten. Det kallas utströmningsområden. Eftersom nederbörden faller som snö under vintermånaderna sker i princip ingen grundvattenbildning under denna period. Istället är grundvattenbildning under ett normalår hög/mycket hög under snösmältningen.

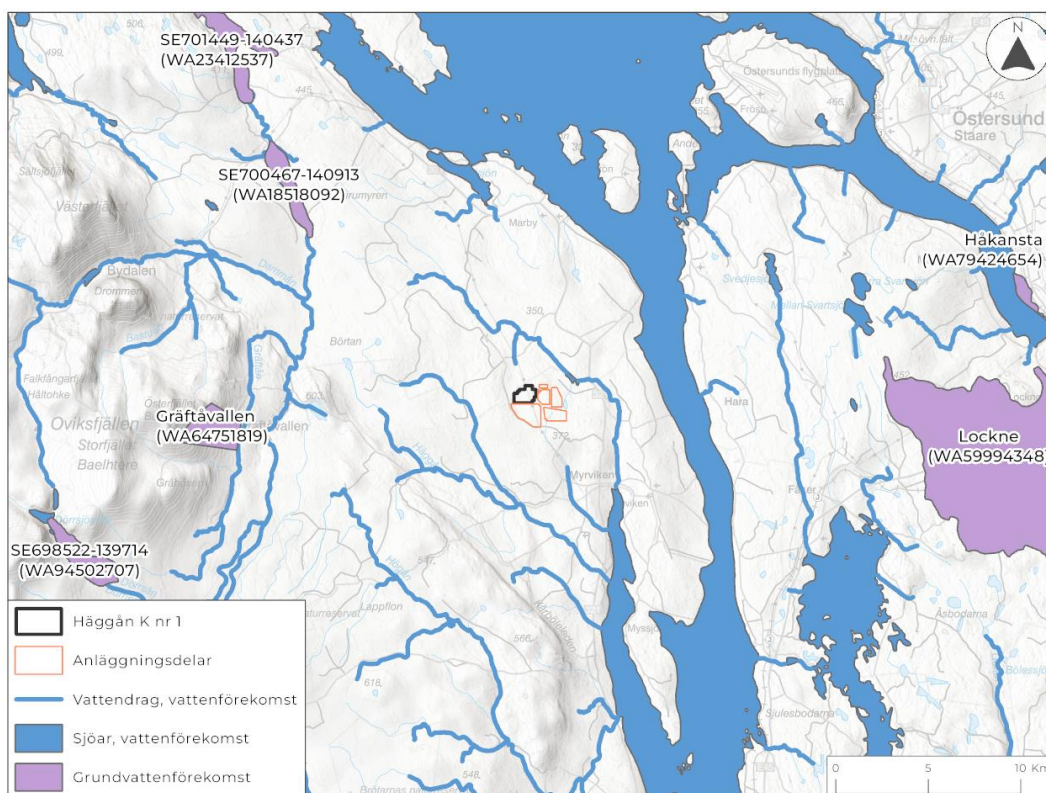
Normalvärdet för grundvattenbildning (nederbörd minus avdunstning) i området är 283 mm/år, baserat på SMHI:s lokala vattenbalansmodell och beräknad årsmedelavrinning för perioden 2023-2024 (SMHI).

4.5.2 Grundvatten i jord

I områdena med morän förekommer grundvattnet i jord under öppna magasinförhållanden. Uppmätta grundvattennivåer i jord inom koncessionsområdet ligger mellan +365 och +379 (1,0 - 1,2 m under markytan) och i Önsta mellan +342 och +349 (0,7 - 1,7 m under markytan). Vid ostörda förhållanden bedöms grundvattnet i jord följa topografin mot våtmarken. Karta över mätpunkter i jord redovisas i Figur 8.

Moränens genomsläpplighet har undersökts och den hydrauliska konduktiviteten inom området har utvärderats från 6 stycken slugtester utförda i nyinstallerade grundvattenrör. Medelvärdet av hydraulisk konduktivitet är $8E-6$ m/s. Samtliga värden för beräknad hydraulisk konduktivitet redovisas i Bilaga 1. Övriga jordarters (torv) genomsläpplighet har inte undersökts.

Det planerade gruvområdet är inte beläget inom eller i direkt anslutning till någon utpekad grundvattenförekomst enligt VISS. Närmaste grundvattenförekomster ligger 20 km väster om koncessionsområdet (VISS ID: Gräftåvallen, WA64751819) och 12 km norrväst (VISS ID: WA18518092), se Figur 7.



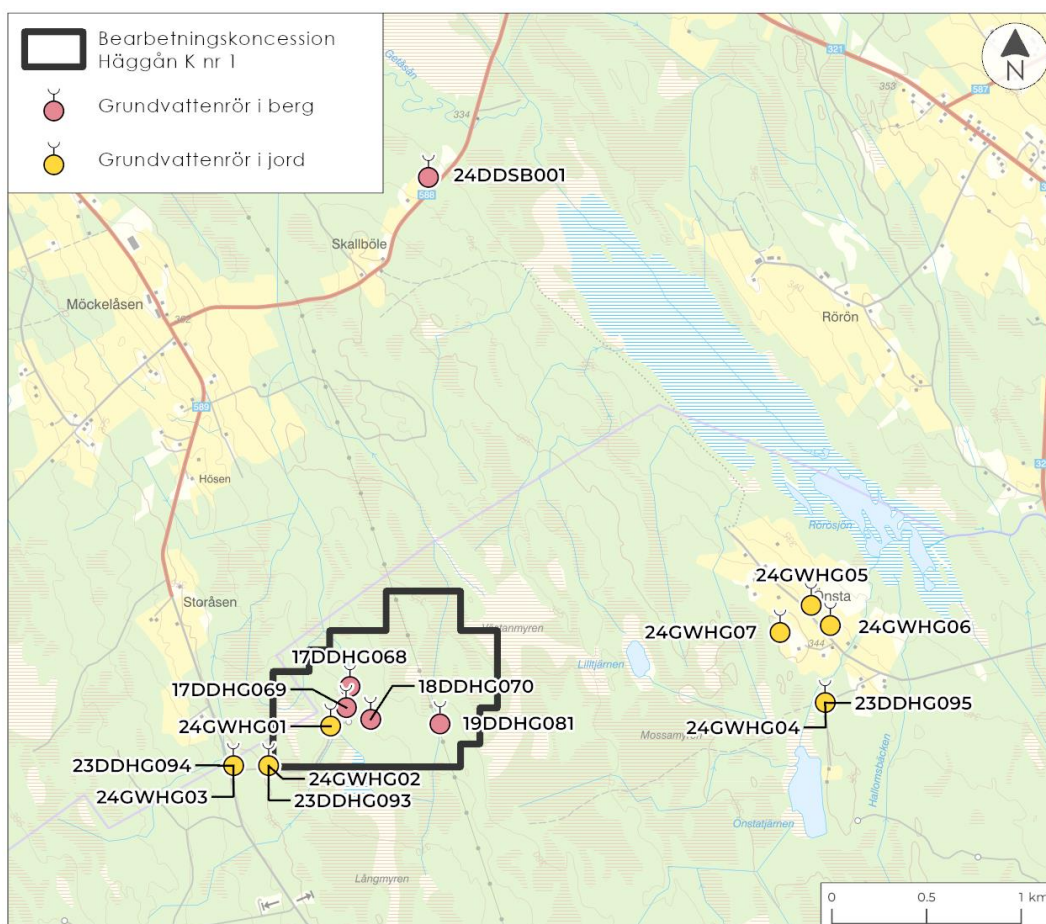
Figur 7. Grundvattenförekomster i närheten av koncessionsområdet och det planerade anläggningen.

4.5.3 Grundvatten i berg

I berggrunden förekommer grundvattnet i öppna sprickor som står i kontakt med varandra (vattenförande sprickor). Detta vatten utgör ett djupare grundvattenmagasin i området. Vid ostörda förhållanden bedöms berggrundvattnet ha en regional gradient mot öst/sydöst (Storsjön). Eftersom bergets hydrauliska konduktivitet är relativt låg rör sig grundvattnet i berg långsamt.

Uppmätta grundvattennivåer i berg inom koncessionsområdet ligger mellan +360 och +374 (0,63 - 2,3 m under markytan) och i Önsta mellan +347 och +348 (cirka 1,2 m under markytan). Karta över mätpunkter i berg framgår av Figur 8.

Bergets genomsläpplighet har undersökts och den hydrauliska konduktiviteten inom området har också utvärderats från 8 stycken slugtester utförda i prospekteringshål. Medelvärdet av hydraulisk konduktivitet är $2E-7$ m/s. Slugtesterna representerar den hydrauliska konduktiviteten ned till ett djup om cirka 150 m. Samtliga värden för beräknad hydraulisk konduktivitet redovisas i Bilaga 1.



Figur 8. Lokalisering av undersökningspunkter i jord och berg.

4.6 Beräkningar och modellering

4.6.1 Grundvattenmodell

Den uppbyggda konceptuella modellen beskriver hur och varifrån vatten kommer in i systemet och hur det strömmar genom det och de geologiska enheter av betydelse där de strömmar samt var vattnet lämnar systemet. För att kunna utföra bedömning av påverkan av den framtida verksamheten på det hydrologiska och hydrogeologiska systemen har en matematisk grundvattenmodell byggts baserat på den konceptuella modellen och sitespecifika data. Den matematiska modellen utgörs av en tredimensionell numerisk rutnätsmodell baserad på finita differensmetoden. Modellen har byggts med hjälp av programvaran GEOAN (se Bilaga 2) som beräknar grundvattenflöde och hanterar både grund- och ytvattenflöde.

Grundvattenmodellen ger också en ökad kunskap om områdets hydrogeologiska system och en möjlighet att verifiera och kalibrera den konceptuella förståelsen av systemet och resultat från fältundersökningar och representativa hydrauliska parametrar för systemets olika delar. Simuleringarna inkluderar både mättat grundvattenflöde (Darcys lag) och omättat flöde. Modellen har ställts upp för stationära förhållanden vilket innebär att den representerar medelsituationen under ett år.

4.6.2 Skattat grundvatteninflöde och påverkansområde för framtida gruvdrift

Vid brytning i dagbrott uppstår ett inflöde av grundvatten från omgivande jordlager och berggrund. Storleken på inflödet beror av flera faktorer, till exempel, ursprungliga grundvattennivåer, jordlagrens och berggrundens genomsläpplighet, nettonederbörd över dagbrottet, ytvattenavrinning och dagbrottets djup och utbredning.

Dagbrottet kommer att länshållas genom pumpning. Länshållning av dagbrottet medför generellt en påverkan på omgivande grundvatten- och ytvattensystem. Avsänkning av grundvattetrycknivåer kommer att ske i jord och berget i anslutning till gruvan.

Att grundvattennivån i jordlager och berggrund sänks av runt om gruvan kan orsakaförändringar av flöden (minskning) och vattenkvalitet i ytvattenrecipienter.

4.6.3 Vattenbalansmodell

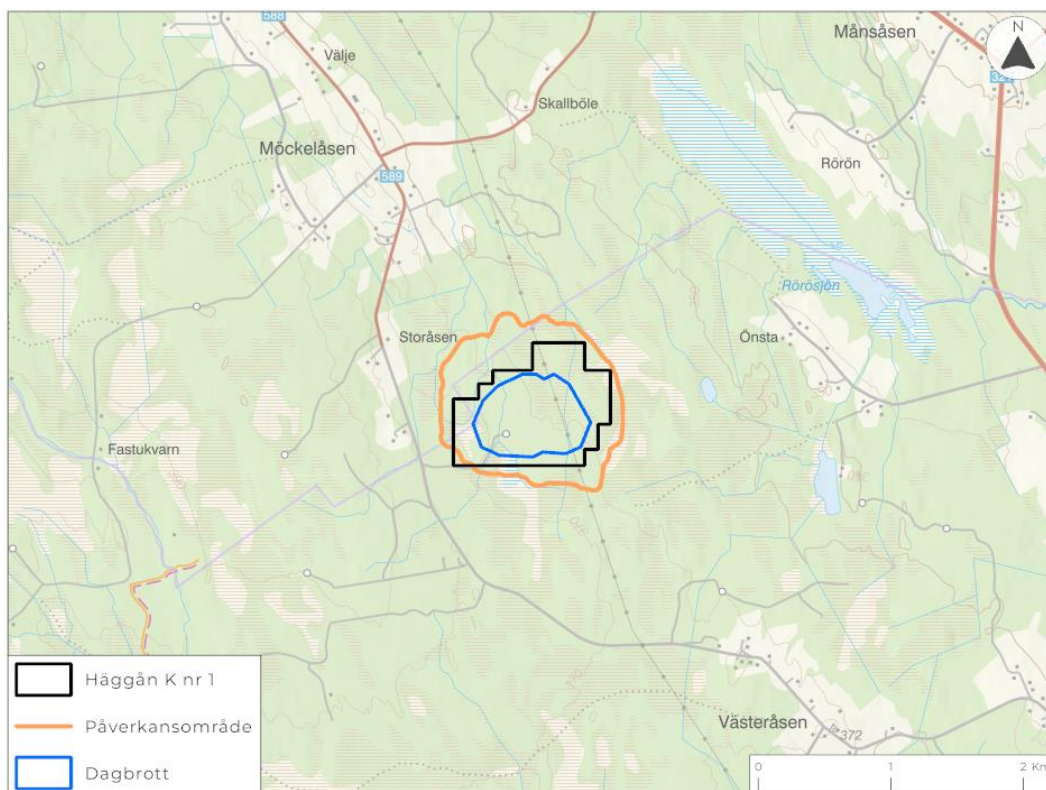
För att kunna bedöma om över eller underskott av vatten råder för planerad gruva och dess verksamheter har en vattenbalansmodell upprättats av VBM. Vattenbalansen har dels utgjort underlag till vattenhanteringsplanen och verksamhetens processer och dels till bedömningen av påverkan på det hydrogeologiska systemet. Vattenbalansen uppbyggdes baserat på säsongvariationer i nederbörd och tillrinning till det planerade verksamhetsområdet, grundvatteninflöde, flöden till processen. Detaljer kring vattenbalansen och vattenhanteringsplanen redovisas i Teknisk Beskrivningen / Vattenhanteringsplanen.

5. Resultat av modellering

5.1 Påverkansområde i jord och berg

Både jord och berg inkluderades i modellen. I modellen definierades all jord som morän eftersom inga betydande variationer har identifierats i undersökning. Påverkansområdet i jord och berg har definierats som gränsen för 0,3 m sänkning av grundvattenytan vid fullt utbrutet och dränerat dagbrott (förutsatt 11 års full produktion) jämfört med nuläget. Gränsen 0,3 m har satts utifrån vad som är möjligt att mäta med hänsyn till naturlig nivåvariation och vad som bedöms innebära risk för skadlig påverkan ska kunna uppstå på grundvattenberoende objekt. Figur 9 redovisar beräknat påverkansområde i jord och berg. Av de olika scenarier som simulerats har scenariot som genererat störst påverkansområde valts. För ytterligare detaljer om utförda beräkningar, se Bilaga 2.

Från dagbrottets kanter i norr sträcker sig påverkansområdet med en radie om drygt 300-450 m, i öst och väst cirka 250 m och i syd 200-250 m, se Figur 9 och mer detalj i Bilaga 2.



Figur 9. Simulerat påverkansområde (Naturlig-s6), definierat som 0,3 m avsänkning av grundvattenytan, det planerade dagbrottet samt bearbetningskoncession Häggån K nr 1.

5.2 Grundvatteninflöde

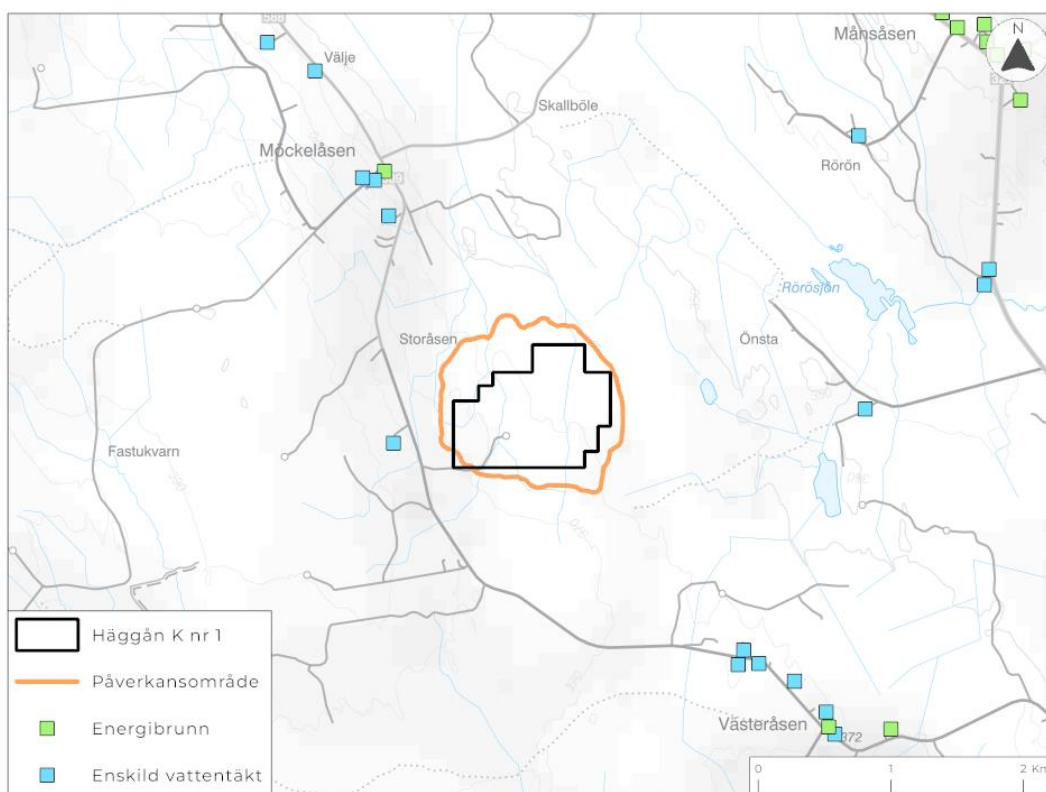
Grundvatteninflödet till dagbrottet har beräknats med grundvattenmodellen till 107 m³/h.

6. Grundvattenberoende objekt inom påverkansområdet

6.1 Bergborrade brunnar

Brunnar har inventerats inom beräknat påverkansområde genom SGU:s brunnarkiv. Inga brunnar är belägna inom modellerat påverkansområde, se Figur 10. Den närmaste vattenbrunnen ligger cirka 400 m väster om beräknat påverkansområdet och en energibrunn samt tre brunnar i enskilda vattentäkter cirka 1 km norrväst i Möckelåsen.

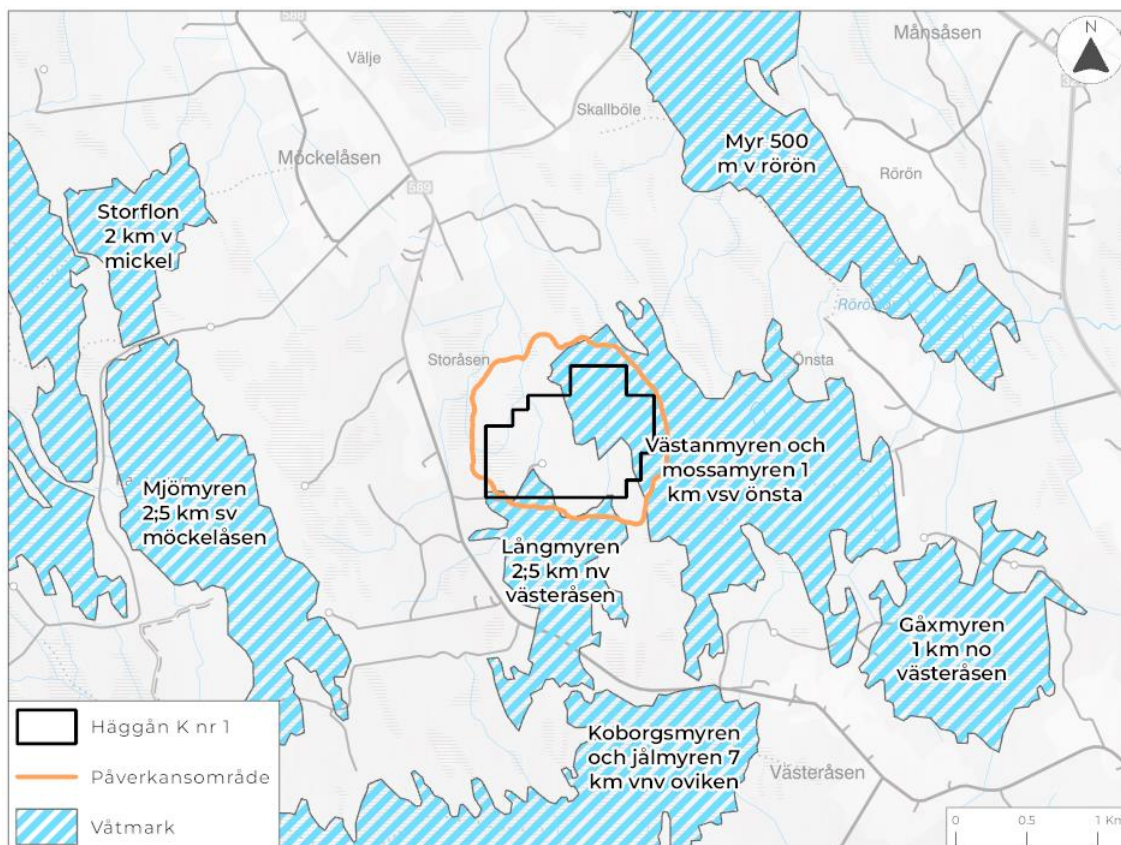
I anslutning till det planerade gruvområdet finns inte ett antal vatten- och energibrunnar enligt SGU:s brunnarkivet.



Figur 10. Påverkansområde (Naturlig-s6) vid framtida gruvdrift och sökt verksamhet samt befintliga närliggande brunnar enligt SGU:s brunnarkiv.

6.2 Våtmarker

Inom påverkansområdet finns två våtmarker, Långmyren, söder om koncessionsområdet och Västanmyren öster om koncessionsområdet, se Figur 11. Hur våtmarkerna kan påverkas av en grundvattensänkning beskrivs i MKB:n.



Figur 11. Påverkansområde (Naturlig-s6) vid framtida gruvdrift och sökt verksamhet samt SGU:s jordartskarta och våtmarksområden.

6.3 Ytvattenförekomster

Alla vattenförekomster ligger väl utanför påverkansområdet. Ingen påverkan på ytvattenförekomster orsakad av länshållningen av dagbrottet bedöms därför uppstå. Påverkan på vattenföring av ovan beskrivna vattendrag till följd av en framtida gruv främst bli försumbar. Påverkansområdet innefattar diken inom koncessionsområdet vilket innebär att en påverkan på diken är möjlig.

Länshållet grundvatten kommer att användas i gruvans anrikningsprocess. Hur detta vatten vidare hanteras och eventuell miljöpåverkan från detta beskrivs i den tekniska beskrivningen respektive miljökonsekvensbeskrivningen till ansökan.

6.4 Naturvärden

I närheten av bearbetningskoncessionsområdet Häggån K nr 1 finns ett Natura 2000-område (SE0720388) i Önsta som är belägen cirka 600 m om närmaste anläggningsdel (B-malmsupplag). Natura 2000-området ligger utanför det simulerade påverkansområdet och därför bedöms det att det hydrogeologiska systemet inom området inte kommer påverkas av en framtida gruvdrift. För mer information kring naturvärden hänvisas till den miljökonsekvensbeskrivning som ingår i ansökan om bearbetningskoncessionsområdet.

Stockholm 2024-08-15

Rita Kamera

Handläggare, Senior Hydrogeolog

Fredrik Alderman

Kvalitetsgranskare, Senior Hydrogeolog

Bilaga 1

PM Fältrapport Hydrogeologi

Fältrapport Hydrogeologi

Häggån, Bergs kommun



2024-06-14

Framställd för:
Vanadin Battery Metals AB
Myrgatan 3
776 30 Hedemora

Projektnummer: SE2300368
Projektidentitet: Häggån BK Vanadis

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	4
1.1 Syfte.....	4
1.2 Lokalisering.....	4
1.3 Koordinat- och höjdsystem.....	5
2. OMFATTNING AV UNDERSÖKNINGAR	5
2.1 Installation av grundvattenrör i jord	5
2.2 Hydrogeologiska undersökningar.....	6
2.2.1 Grundvattenobservationer.....	8
2.2.2 Hydrauliska tester	8
3. BERÄKNINGAR	9
3.1 Hydrauliska tester	9
4. RESULTAT.....	9
4.1 Grundvattenobservationer.....	9
4.2 Hydrauliska tester	10
5. KVALITETSINFORMATION	11
6. REFERENSER.....	11

Tabellförteckning

Tabell 1. Antal utförda försök fördelat på metod.	5
Tabell 2. Egenskaper hos grundvattenrör i jord.	6
Tabell 3. Egenskaper hos borrhålen i berg.	7
Tabell 4. Utförda hydrogeologiska undersökningar per grundvattenrör i jord och borrhål i berg.	7
Tabell 5. Utvärderade hydrauliska parametrar utifrån utförda hydrauliska tester. ...	10
Tabell 6. Kvalitetsinformation.	11

Figurförteckning

Figur 1. Översiktskarta med koncessionsområde Häggån K nr 1.	4
Figur 2. Lokalisering av undersökningspunkter i jord och berg.	6
Figur 3. Grundvattennivåer, vattentemperatur och manuella mätningar från utförda långtidsmätningar i berg (6 st) och i jord (1 st, 24GWHG05).	10

Bilageförteckning

BILAGA 1	GRUNDVATTENNIVÅMÄTNINGAR
BILAGA 2	FÄLTPROTOKOLL HYDRAULTESTER
BILAGA 3	PASSNINGSKURVOR

1. Inledning

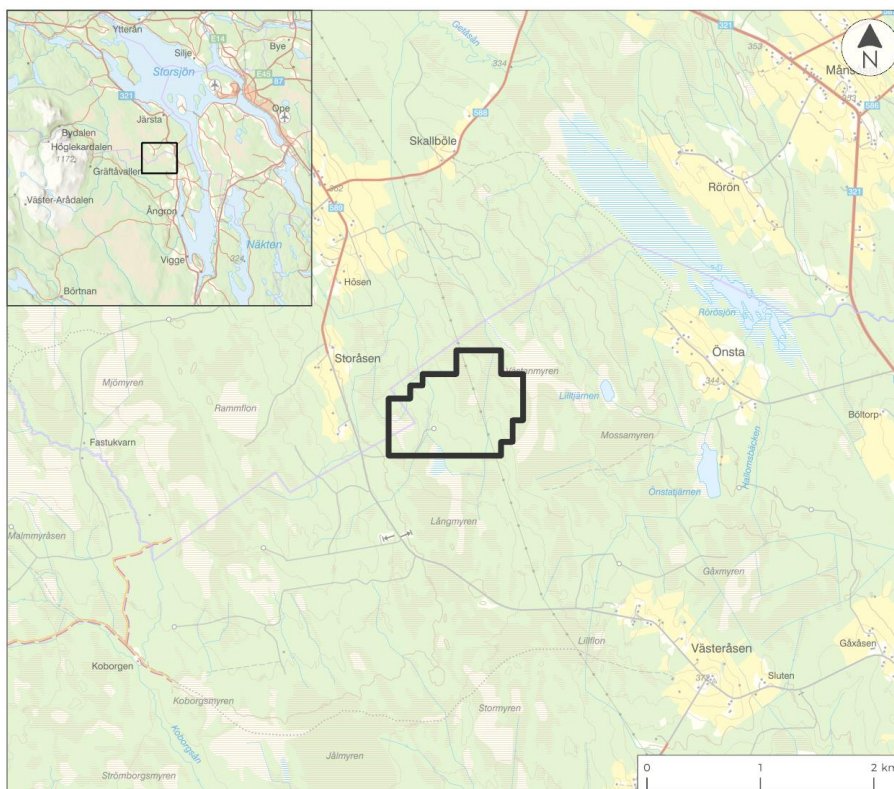
Vanadis Battery Metals (VBM) avser att ansöka om bearbetningskoncession för en del av den så kallade Häggånfyndigheten, belägen nordväst om Myrviken i Bergs kommun, Jämtlands län. Geosyntec Consultants AB (Geosyntec) har på uppdrag av VBM genomfört referensundersökningar avseende hydrogeologiska utredningar inom Häggånsområdet och denna rapport omfattar en sammanställning av utförda hydrogeologiska utredningar i fält.

1.1 Syfte

Syftet de genomföra hydrogeologiska utredningarna är att erhålla en sammanhållen kunskap om de hydrogeologiska egenskaperna i jord och berg inom och omkring Häggånsområdet. Resultatet kommer att användas som underlag i miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) tillhörande ansökan om bearbetningskoncession.

1.2 Lokalisering

Undersökningsområdet ligger belägen utanför Myrviken i Bergs kommun, se Figur 1.



Figur 1. Översiktsskarta med koncessionsområde Häggån K nr 1.

1.3 Koordinat- och höjdsystem

Koordinater är angivna i SWEREF99 TM och nivåer i RH2000.

2. Omfattning av undersökningar

Föreliggande fältrapport redovisar utförandet och tillhörande resultat av utförda hydrogeologiska fältundersökningar. Rapporten omfattar en redovisning av utvärderade hydrauliska parametrar för jord och berg.

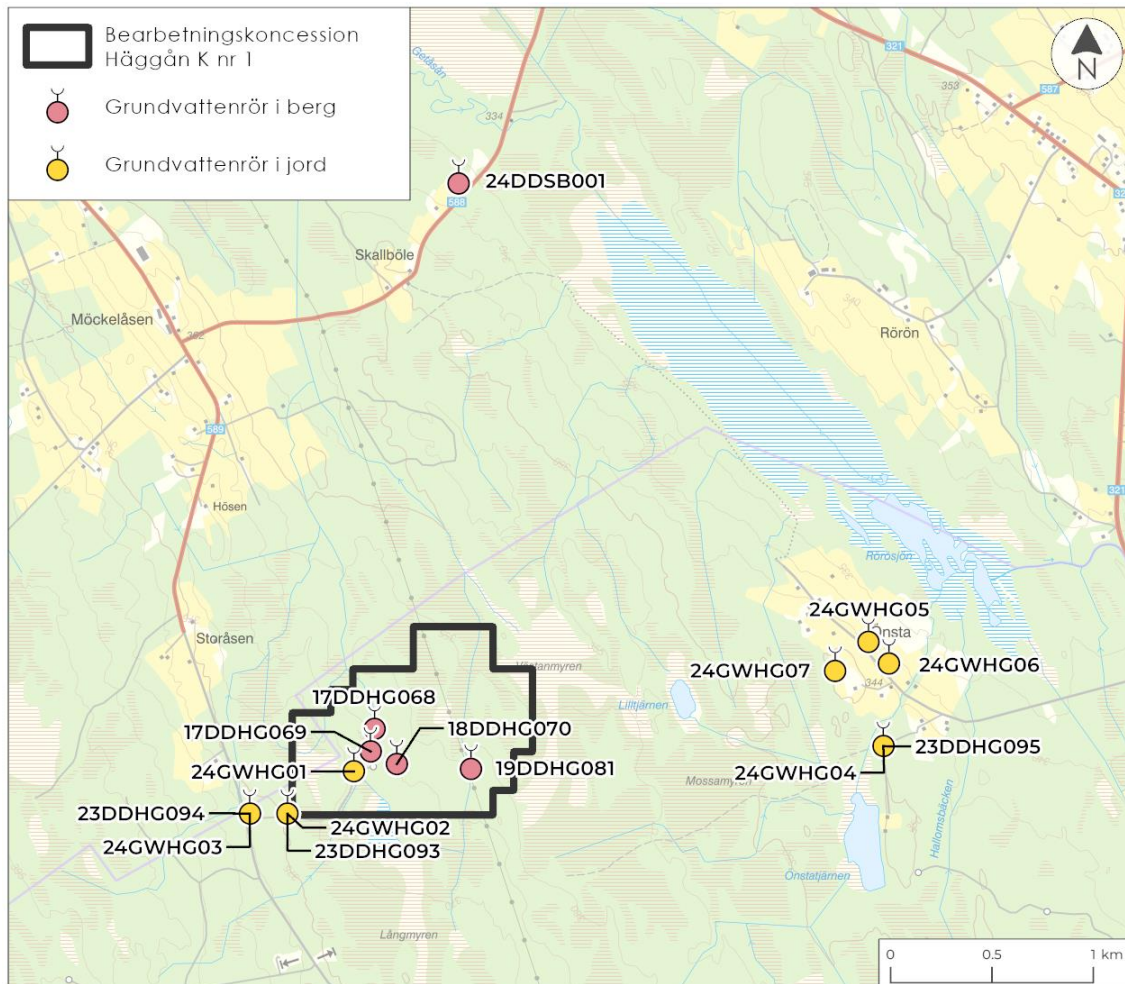
Styrande dokument och standarder för utförda undersökningar samt antal undersökningar per metod anges i Tabell 1.

Tabell 1. Antal utförda försök fördelat på metod.

Aktivitet	Antal provpunkter	Kommentar
Installation av grundvattenrör	7	Se avsnitt 2.1 EN ISO 22475-1:2006
Korttidsgrundvattenmätning	15	Se avsnitt 2.2.1 EN ISO 22475-1:2006
Långtidsgrundvattenmätning	7	Se avsnitt 2.2.1 EN ISO 22475-1:2006
Hydrauliska tester: Slugttester	15	Se avsnitt 2.2.2 EN ISO 22282-1:2012

2.1 Installation av grundvattenrör i jord

Syftet med installationen av grundvattenrör är att kunna utföra grundvattenprovtagningar och grundvattennivåmätningar med efterföljande hydrauliska tester för att undersöka genomsläppligheten i jord och berg, se Tabell 2 och Figur 2.



Figur 2. Lokalisering av undersökningspunkter i jord och berg.

2.2 Hydrogeologiska undersökningar

Detta avsnitt beskriver utförande av utförda hydrogeologiska fältundersökningar vars omfattning framgår av Tabell 2, Tabell 3 och Tabell 4.

Tabell 2. Egenskaper hos grundvattenrör i jord.

ID	N	E	Z (markyta)	Total djup (m)	Rörinfo
24GWHG01	6990295	462214	366,97	3	PEH-rör: Ø50/63 mm Uppstick: 0,91 m Filterlängd: 1 m
24GWHG02	6990084	461886	373,75	3	PEH-rör: Ø50/63 mm Uppstick: 0,8 m Filterlängd: 1 m
24GWHG03	6990090	461706	379,77	2	PEH-rör: Ø50/63 mm Uppstick: 0,56 m Filterlängd: 1 m

ID	N	E	Z (markyta)	Total djup (m)	Rörinfo
24GWHG04	6990408	464818	348,45	3	PEH-rör: Ø50/63 mm Uppstick: 1,19 m Filterlängd: 1 m
24GWHG05	6990929	464753	342,54	3	PEH-rör: Ø50/63 mm Uppstick: 0,98 m Filterlängd: 1 m
24GWHG06	6990827	464854	342,05	3	PEH-rör: Ø50/63 mm Uppstick: 1,23 m Filterlängd: 1 m
24GWHG07	6990804	464576	351,17	3	PEH-rör: Ø50/63 mm Uppstick: 0,9 m Filterlängd: 1 m

Tabell 3. Egenskaper hos borrhålen i berg.

ID	N	E	Z (markytan)	Total djup (m)	Lutning	Rörinfo
17DDHG068	6990502	462313	364,32	191,9	-90	Foderrör: Ø50/75 mm Uppstick: 0,11 m
17DDHG069	6990391	462293	365,48	183,1	-90	Foderrör: Ø50/75 mm Uppstick: 0,21 m
18DDHG070	6990328	462423	365,3	144	-90	Foderrör: Ø50/75 mm Uppstick: 0,27 m
19DDHG081	6990306	462789	361,12	132	-90	Foderrör: Ø50/75 mm Uppstick: 0,17 m
23DDHG093	6990084	461884	373,90	150	-90	Foderrör: Ø50/75 mm Uppstick: 0,16 m
23DDHG094	6990418	464824	379,79	150	-90	Foderrör: Ø50/75 mm Uppstick: 0,14 m
23DDHG095	6990409	464820	348,25	150	-90	Foderrör: Ø50/75 mm Uppstick: 0,2 m
24DDSB001	6993185	462730	338,60	150	-90	Foderrör: Ø50/75 mm Uppstick: 0,23 m

Tabell 4. Utförda hydrogeologiska undersökningar per grundvattenrör i jord och borrhål i berg.

Område	ID	Metod	Datum	Kommentar
Häggån Västra	17DDHG068	Långtidsm.	Juni 2023-Juni 2024	
		Slugtest	Feb 2024	
	17DDHG069	Långtidsm.	Juni 2023-Dec 2023	
		Slugtest	Feb 2024	
	18DDHG070	Långtidsm.	Juni 2023-Dec 2023	
		Slugtest	Feb 2024	
	19DDHG081	Långtidsm.	Juni 2023-Juni 2024	
		Slugtest	Feb 2024	
	23DDHG093	Långtidsm.	Dec 2023-Juni 2024	
		Slugtest	Feb 2024	
	23DDHG094	Slugtest	Feb 2024	

Område	ID	Metod	Datum	Kommentar
	24GWHG01	Slugtest	Feb 2024	
	24GWHG02	Slugtest	Feb 2024	
	24GWHG03	Slugtest	Feb 2024	
Önsta	23DDHG095	Långtidsm.	Feb 2024-Juni 2024	
		Slugtest	Feb 2024	
	24GWHG04	Slugtest	Feb 2024	
	24GWHG05	Provpumpning	Mars 2024	Utvärderad som slugtest (återhämtning)
	24GWHG06	Slugtest	Mars 2024	Kan ej utvärderas
	24GWHG07	Provpumpning	Mars 2024	Utvärderad som slugtest (återhämtning)
Skallböle	24DDSB001	Slugtest	Feb 2024	

2.2.1 Grundvattenobservationer

Korttidsmätning eller manuell mätning av grundvattennivåer har utförts genom mätning av djup från rör-topp (Tabell 2 och Tabell 3) till grundvattenyta med djuplod med en noggrannhet på $\pm 0,5$ cm. Uppmätta grundvattennivåer har kvalitetsgranskats och sammanställts i en digital databas. Mätningar i de befintliga grundvattenrören har utförts under perioden juni 2023 – mars 2024. Fältprotokoll från utförda grundvattennivåmätningarna redovisas i Bilaga 1.

Långtidsmätningar har utförts med automatiska tryckgivare (så kallade ”divers”) av fabrikat Van Essen. Tryckgivarna har kontrollerats mot manuella mätningar (djuplod). Lufttryck har mätts med barometer av fabrikat Van Essen monterad inom undersökningsområdet. Justering av trycknivåer i grundvatten har genomförts mot aktuellt lufttryck. Långtidsmätningar utfördes under perioden juni 2023 – juni 2024, se Tabell 4 och Figur 3.

2.2.2 Hydrauliska tester

Slugtester har utförts för att undersöka genomsläppligheten i förekommande jordlager och berg. Slugtesterna har utförts med solida slugkroppar som ger så kallade falling-head och rising-head test. Slugkroppen har förts ner under grundvattenytan i grundvattenröret vilket skapar en puls av stigande vattennivå i röret. Återhämtningen till den naturliga grundvattennivån (falling-head) har registrerats med automatisk tryckgivare (diver). När grundvattennivån återhämtat sig har slugkroppen dragit ur röret och vattenytans återhämtning åt andra hållet har registrerats (rising-head).

Korttidsprovpumpning utfördes i grundvattenrör genom att sänka grundvattennivån i repsektive grundvattenrör med hjälp av en dränkbar pump (12 V), se Tabell 4. Avsänkningen observerades i pumpborrhål under hela perioden. Pumpning utfördes i 2-5 minuter varefter pumpen stängdes av när grundvattenrör tömdes. Tillrinningen var för låg för att en provtagning skulle kunna göras och att de därför utvärderats som slugtester (återhämtning).

Nivåförändring och lufttryck mättes för samtliga försök med automatiska tryckgivare (divers). Uppmätta trycknivåer i cm vattenpelare (cmH₂O) har räknats om till tryckskillnad i meter vattenpelare relativt ursprunglig trycknivå.

Fältprotokoll från utförda hydrauliska tester redovisas i Bilaga 2.

3. Beräkningar

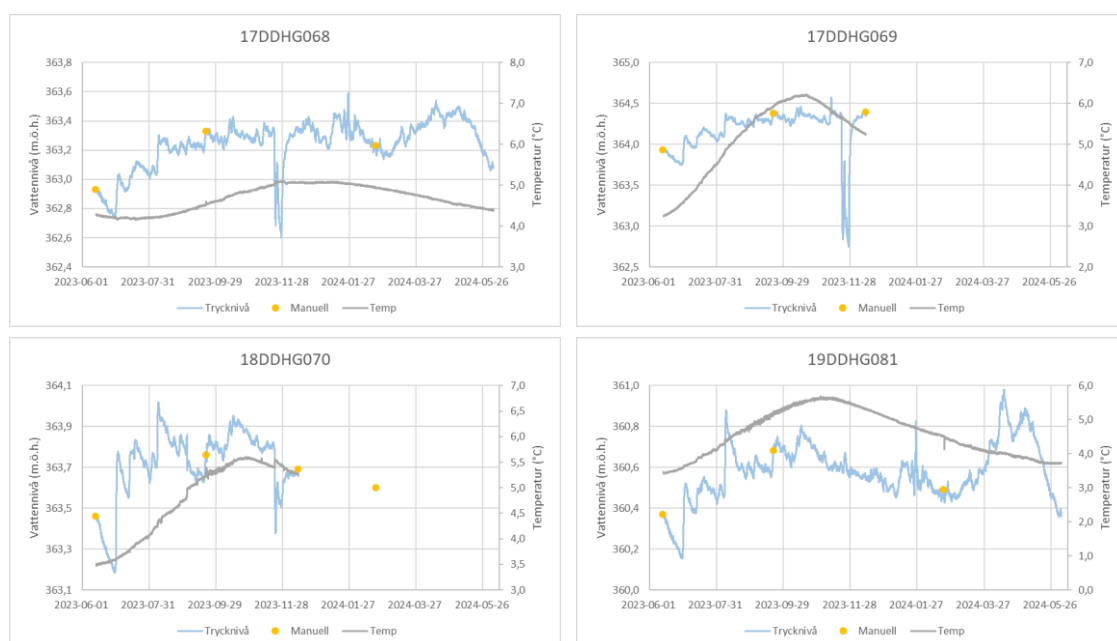
3.1 Hydrauliska tester

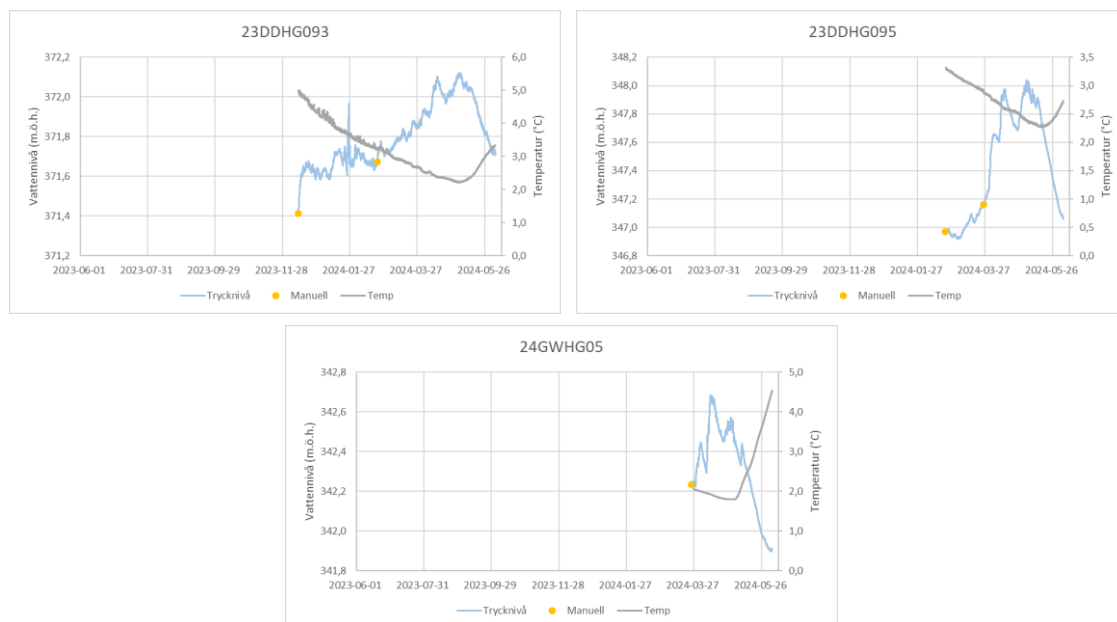
Utvärdering av hydraulisk konduktivitet (k, m/s) har utförts enligt utvärderingsmetodik beskriven av Butler (1996) vilket resulterat i att slugtester utvärderats genom passning till typkurvor enligt Hvorslev (1951) för öppen och slutna akvifer. Utvärderingen utfördes i programvaran AQTESOLV (version 4.5). Ett par provpumpningar har utvärderats som slugtest genom att analys av återhämtningsfasen av testet, se vidare i Tabell 4.

4. Resultat

4.1 Grundvattenobservationer

Resulterande grundvattennivåer för perioden juni 2023 – juni 2024 redovisas i Figur 3 och Bilaga 1. Resultaten från utförda långtidsmätningar utförda juni 2023 – juni 2024 redovisas grafisk i Figur 3.





Figur 3. Grundvattennivåer, vattentemperatur och manuella mätningar från utförda långtidsmätningar i berg (6 st) och i jord (1 st, 24GWHG05).

4.2 Hydrauliska tester

Beräknad hydraulisk konduktivitet (k) för respektive hydrauliskt test redovisas i Tabell 5 tillsammans med testad geologisk enhet (tolkad jordart vid filternivån). Grafer med passningskurvor från AQTESOLV redovisas i Bilaga 3.

Tabell 5. Utvärderade hydrauliska parametrar utifrån utförda hydrauliska tester.

ID	Geologi	Hydraulisk konduktivitet – Falling head (k, m/s)	Hydraulisk konduktivitet – Rising-head (k, m/s)
24GWHG01	Morän	8E-06	8E-06
24GWHG02	Morän	1E-05	2E-05
24GWHG03	Morän	9E-06	2E-05
24GWHG04	Morän	2E-06	5E-06
24GWHG05	Morän	-	1E-07
24GWHG07	Morän	-	6E-07
17DDHG068	Berg	1E-07	2E-07
17DDHG069	Berg	4E-08	4E-08
18DDHG070	Berg	6E-08	7E-08
19DDHG081	Berg	2E-07	1E-07
23DDHG093	Berg	2E-08	4E-08
23DDHG094	Berg	8E-08	3E-08
23DDHG095	Berg	3E-08	3E-07
24DDSB001	Berg	5E-07	9E-07

5. Kvalitetsinformation

Eventuella avvikelser från gällande standard eller andra observationer som kan ha påverkat undersökningens resultat redovisas i Tabell 6.

Tabell 6. Kvalitetsinformation.

ID	Datum	Observation/avvikelse från gällande standard
24GWHG05, 24GWHG07	2024-02-21	Provpumpning: tillrinningen var låg för att en provpumpning skulle kunna utföras. Försöket utvärderas som slutets.
17DDHG069, 18DDHG070, 23DDHG093	Juni 2023 – Dec 2023	Långtidsgrundvattennivåmätning. Diver flyttades till nyborrade borrhål för att skapa en större spridning inom undersökningsområdet.

6. Referenser

Butler, J.J., 1996. The design, performance and analysis of slugtests. 2nd edition, CRC Press

Hvorslev, M.J., 1951. Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations, Bull. No. 36, Waterways Exper. Sta. Corps of Engrs, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, pp. 1-50.

Stockholm 2024-06-14

Rita Kamera

Handläggare, Senior Hydrogeolog

Fredrik Alderman

Kvalitetsgranskare, Senior Hydrogeolog

Bilaga 1

Grundvattennivåmätningar

Bilaga 2

Fältprotokoll Hydrauliska tester

Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
23GWHG01	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,91	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	3,04	Slug typ:	Liten solid	
Filterlängd (m), typ:	1	Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/63	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	2,07	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
		2,07	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
08:06		1,9	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
08:18		2,06		25	0,5
				31	0,8
08:19		2,22	Slug ur	41	1,3
08:22		2,14		50	2,0
08:25		2,12		51	2,0
08:29		2,1			
08:33		2,09	Stopp	Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
23GWHG02	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,8	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	3	Slug typ:	Liten solid	
Filterlängd (m), typ:	1	Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/63	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	2,05	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
		2,05	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
14:46		1,8	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
				25	0,5
				31	0,8
15:00		2,36	Slug ur	41	1,3
15:07		2,06	Stopp	50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
23GWHG03	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,56	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	2	Slug typ:	solid	
Filterlängd (m), typ:	1	Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/63	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	1,68	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym 1 m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
		1,68	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
			Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
				25	0,5
				31	0,8
16:08		1,75	Slug ur	41	1,3
16:15		1,68	Stopp	50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
23GWHG04	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	1,19	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	3,04	Slug typ:	solid	
Filterlängd (m), typ:	1	Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/63	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	2,63	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
		2,63	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
08:08		2,65	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
				25	0,5
				31	0,8
			Slug ur	41	1,3
			Stopp	50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
24GWHG05	Häggån	SE2300368	21/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,98	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	3	Slug typ:	solid	
Filterlängd (m), typ:	1	Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/63	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	1,67	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
		1,67	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
09:54	0	0,84	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
09:57		1,03		25	0,5
10:08		1,05		31	0,8
10:14		1,06		41	1,3
				50	2,0
10:20		1,71	Slug ur /stopp	51	2,0
2024-03-25 18:28		1,29	Urspr.nivå	Diverminne vid olika mätfrekvens	
18:29	0	1,29	Start pumptest	Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
18:30			Tom	0,5 s	0,42
				1 s	0,83
2024-03-26 09:04		1,33		10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
24GWHG06	Häggån	SE2300368	25/3-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	1,23	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	3	Slug typ:	vatten	
Filterlängd (m), typ:	1	Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/63	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	torrt	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
			Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
			Slug i (vatten)	Dimension (mm)	Volym (L/m)
			Ej genomförbart	25	0,5
			Vattnet rinner undan för snabbt	31	0,8
				41	1,3
				50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
24GWHG07	Häggån	SE2300368	21/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,9	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	3,05	Slug typ:	solid	
Filterlängd (m), typ:	1	Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/63	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	2,6	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
			Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
10:59		2,67	Slug ur	Dimension (mm)	Volym (L/m)
11:07		2,65		25	0,5
11:20		2,64		31	0,8
11:39		2,62		41	1,3
				50	2,0
				51	2,0
2024-03-25 18:44		1,77	Pumptest start		
18:45			tom	Diverminne vid olika mätfrekvens	
2024-03-26 09:16		1,79		Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
17DDHG068	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,11	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	191,9	Slug typ:	Solid x 2	
Filterlängd (m), typ:		Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/75	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	1,27	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
13:54		1,27	Urspr.nivå		
			Diver i		
			Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
13:54		0,87	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
14:02		1,7	Slug ur	25	0,5
14:08		1,31	Stopp	31	0,8
				41	1,3
				50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
17DDHG069	Häggån	SE2300368	20/9-2023	AF/RK

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,21	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	183,1	Slug typ:	Solid x 2	
Filterlängd (m), typ:		Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/75	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	1,2	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
11:29		1,2	Urspr.nivå		
			Diver i		
			Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
11:29		1,08	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
11:31		1,18		25	0,5
11:33		1,2		31	0,8
11:33		1,39	Slug ur	41	1,3
11:34		1,3		50	2,0
11:35		1,24		51	2,0
11:36		1,23	Stopp		
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
18DDHG070	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,27	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	144	Slug typ:	Solid x 2	
Filterlängd (m), typ:		Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/75	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	1,82	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
10:58		1,82	Urspr.nivå		
			Diver i		
			Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
10:59	0	1,35	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
11:02		1,75		25	0,5
11:04		1,82		31	0,8
11:05		2,37	Slug ur	41	1,3
11:15		1,82	Stopp	50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
19DDHG081	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,17	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	132	Slug typ:	Solid x 2	
Filterlängd (m), typ:		Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/75	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	0,76	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
		0,76	Urspr.nivå		
			Diver i		
			Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
11:42		0,42	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
11:44		0,76		25	0,5
				31	0,8
11:45		1,2	Slug ur	41	1,3
11:48		0,86		50	2,0
11:52		0,83	Stopp	51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
23DDHG093	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,16	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	150	Slug typ:	Solid x 2	
Filterlängd (m), typ:		Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/75	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	2,39	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
		2,39	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
14:54		1,98	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
14:56		2,23		25	0,5
14:06		2,34		31	0,8
15:06		2,82	Slug ur	41	1,3
15:18		2,4	Stopp	50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
23DDHG094	Häggån	SE2300368	20/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,14	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	150	Slug typ:	Solid x 2	
Filterlängd (m), typ:		Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/75	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	5,18	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
16:04		5,18	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
16:05		4,67	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
16:18		5,34		25	0,5
				31	0,8
16:20		5,84	Slug ur	41	1,3
16:32		5,39	Stopp	50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
23DDHG095	Häggån	SE2300368	21/2-2024	AF/AN

Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,2	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	150	Slug typ:	Solid x 2	
Filterlängd (m), typ:		Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/75	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	1,5	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
07:56		1,5	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
07:59	0	1,36	Slug i	Dimension (mm)	Volym (L/m)
08:06		1,49		25	0,5
				31	0,8
08:07		1,75	Slug ur	41	1,3
08:09		1,5	Stopp	50	2,0
				51	2,0
				Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Fältprotokoll - Slugtest

Brunn ID:	Uppdrag:	Uppdragsnr:	Datum:	Personal:
24DDSB001	Häggån	SE2300368	21/2-2024	AF/AN

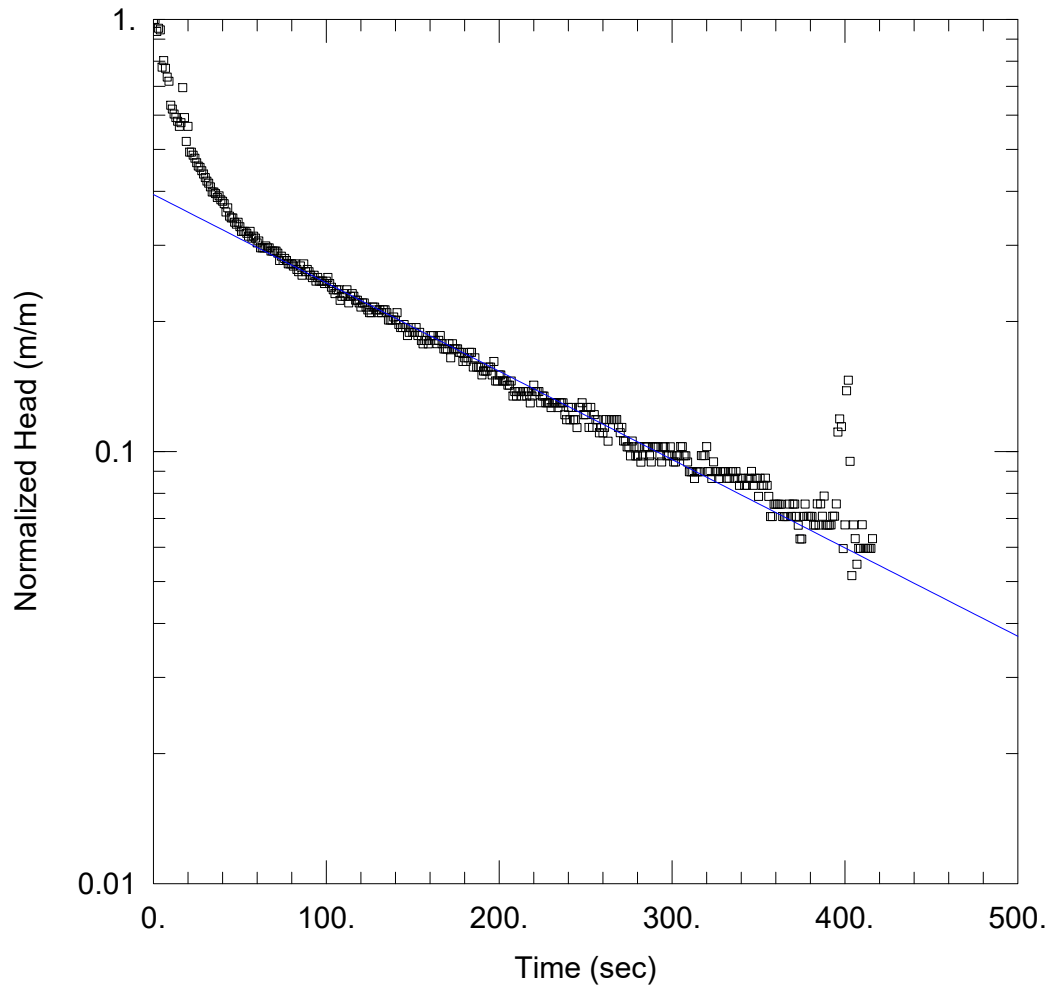
Brunn:		Utrustning:		Lithology & Brunnskonstruktion
Uppstick (m):	0,23	Tryckgivare:		
Djup till botten (m):	150	Slug typ:	Solid x 2	
Filterlängd (m), typ:		Slug volym:		
Di/Dy (mm):	50/75	H(0) (teoretisk):		
Före Start:				
Djup till GV (m):	1,22	Djup till ÖK filter (m):		
Djup till givare (m):		H*(0) (uppmätt):		
Väder:				

Datum / Tid	Tid från start	Djup till GV	Kommentar	Beräkning av H(0): $H(0) = \text{slugvolym} / \text{volym } 1 \text{ m rör}$	
			Urspr.nivå		
			Diver i		
		1,22	Urspr.nivå	Rörvolym för olika rördimensioner	
13:44		0,97	Slug i (test 1)	Dimension (mm)	Volym (L/m)
13:46		1,22		25	0,5
13:46		1,5	Slug ur	31	0,8
13:49		1,22	Stopp	41	1,3
				50	2,0
13:53		1	Slug i (test 2)	51	2,0
13:54		1,22	Slug ur		
13:56		1,22		Diverminne vid olika mätfrekvens	
				Frekvens	Tid till fullt minne (dag)
				0,5 s	0,42
				1 s	0,83
				10 s	8,33
				1 min	50
				Standard: SS-EN ISO 22282-2:2012	



Bilaga 3

Passningskurvor



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG01_falling head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:40:34

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG01

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.97 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG01_falling head)

Initial Displacement: 0.3636 m

Static Water Column Height: 0.97 m

Total Well Penetration Depth: 0.97 m

Screen Length: 0.97 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

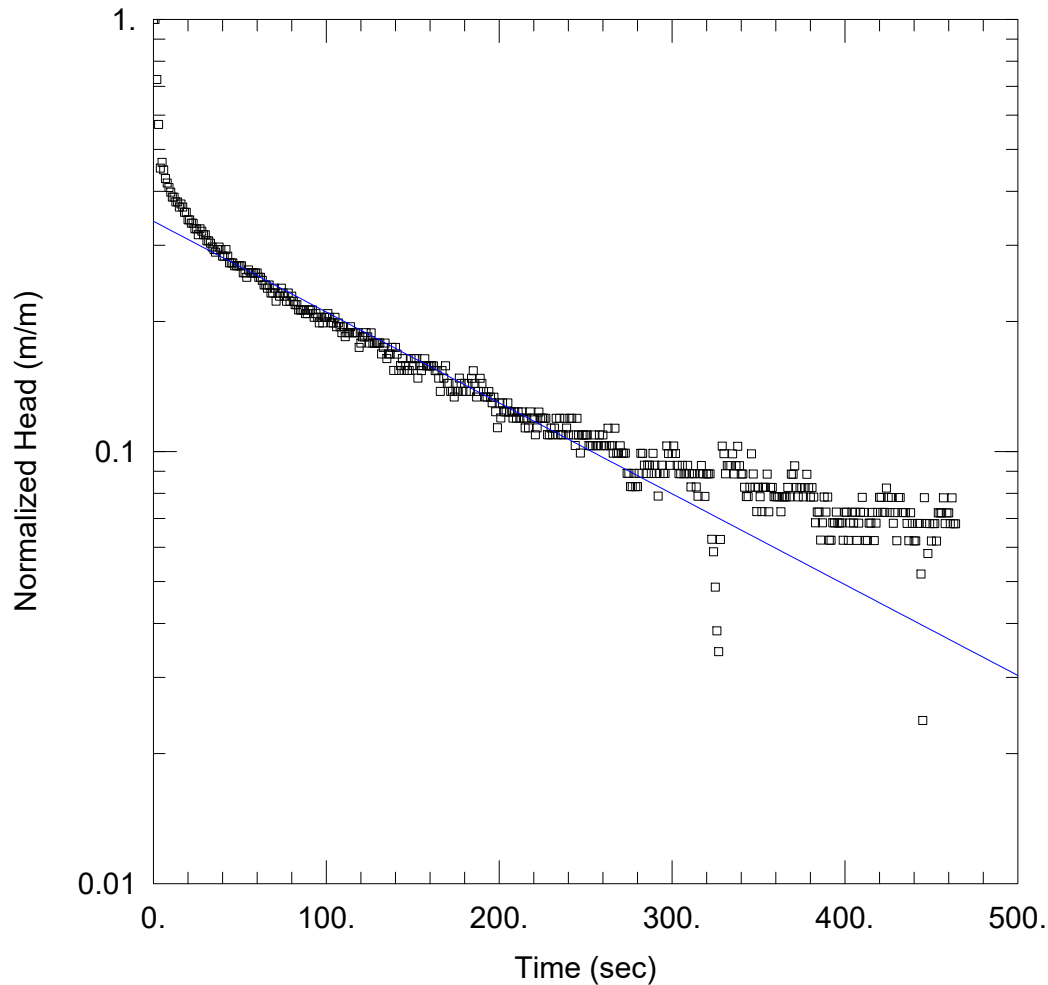
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 8.036E-6 m/sec

y0 = 0.143 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG01_rising head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:40:51

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG01

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.97 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG01_rising head)

Initial Displacement: 0.2898 m

Static Water Column Height: 0.97 m

Total Well Penetration Depth: 1. m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

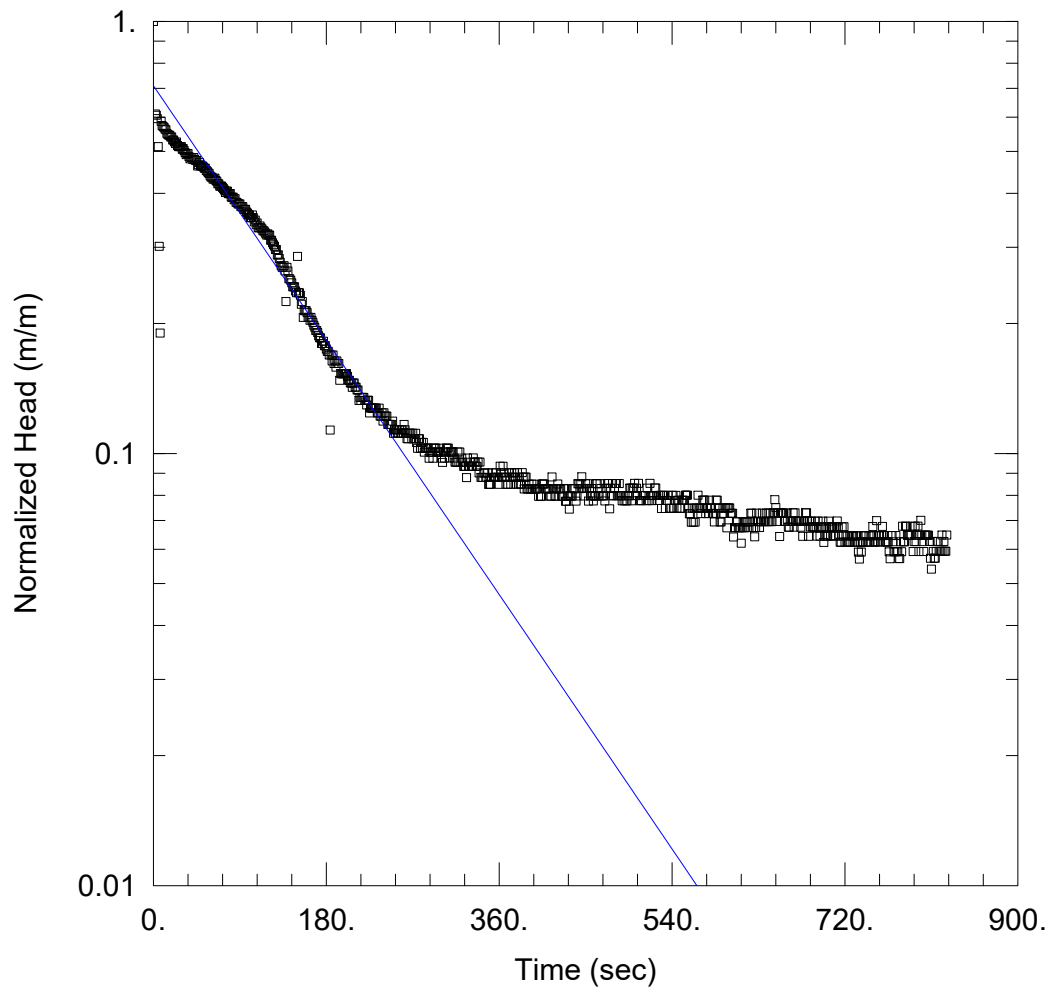
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 8.263E-6 m/sec

y0 = 0.09885 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG02_falling head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:41:19

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG02

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.95 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG02_falling head)

Initial Displacement: 0.5437 m

Static Water Column Height: 0.95 m

Total Well Penetration Depth: 1. m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

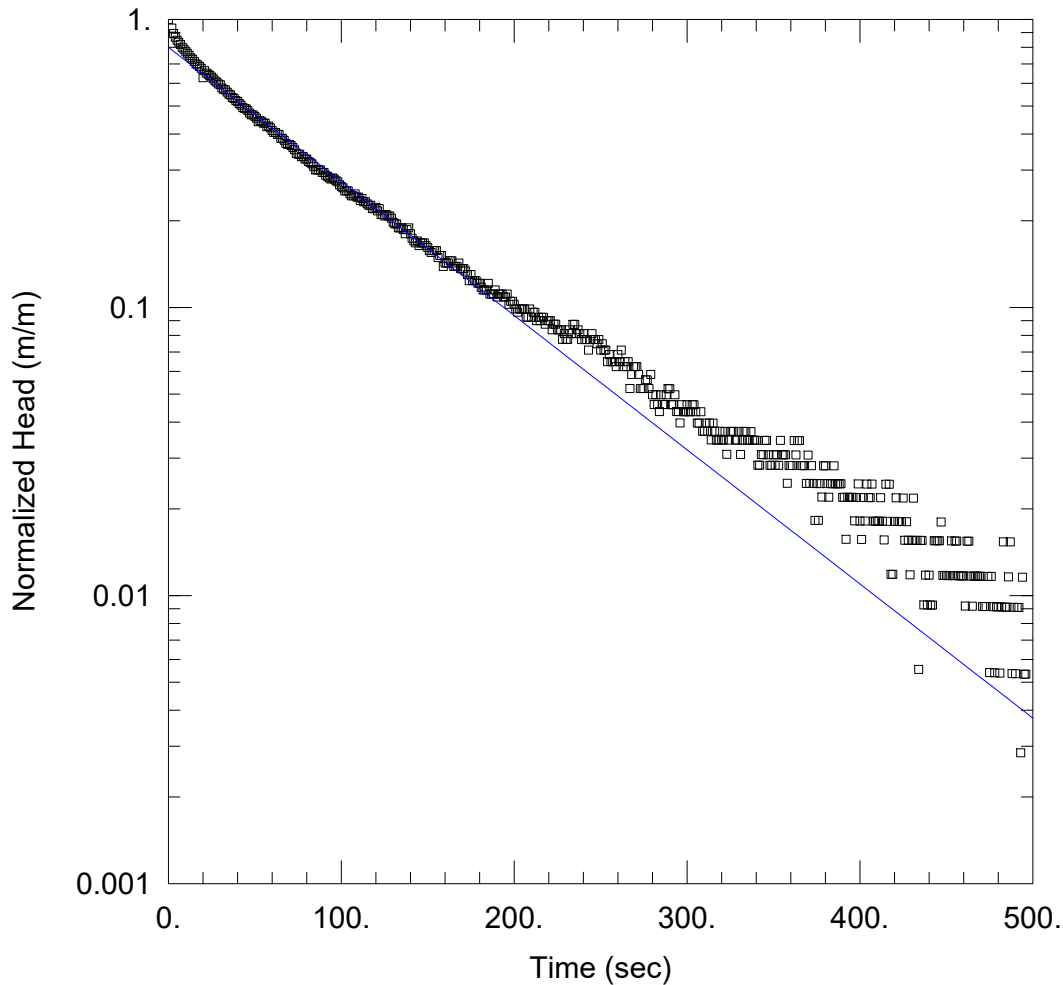
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.313E-5 m/sec

y0 = 0.3859 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG02_rising head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:41:48

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG02

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.95 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG02_rising head)

Initial Displacement: 0.467 m

Static Water Column Height: 0.95 m

Total Well Penetration Depth: 1. m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

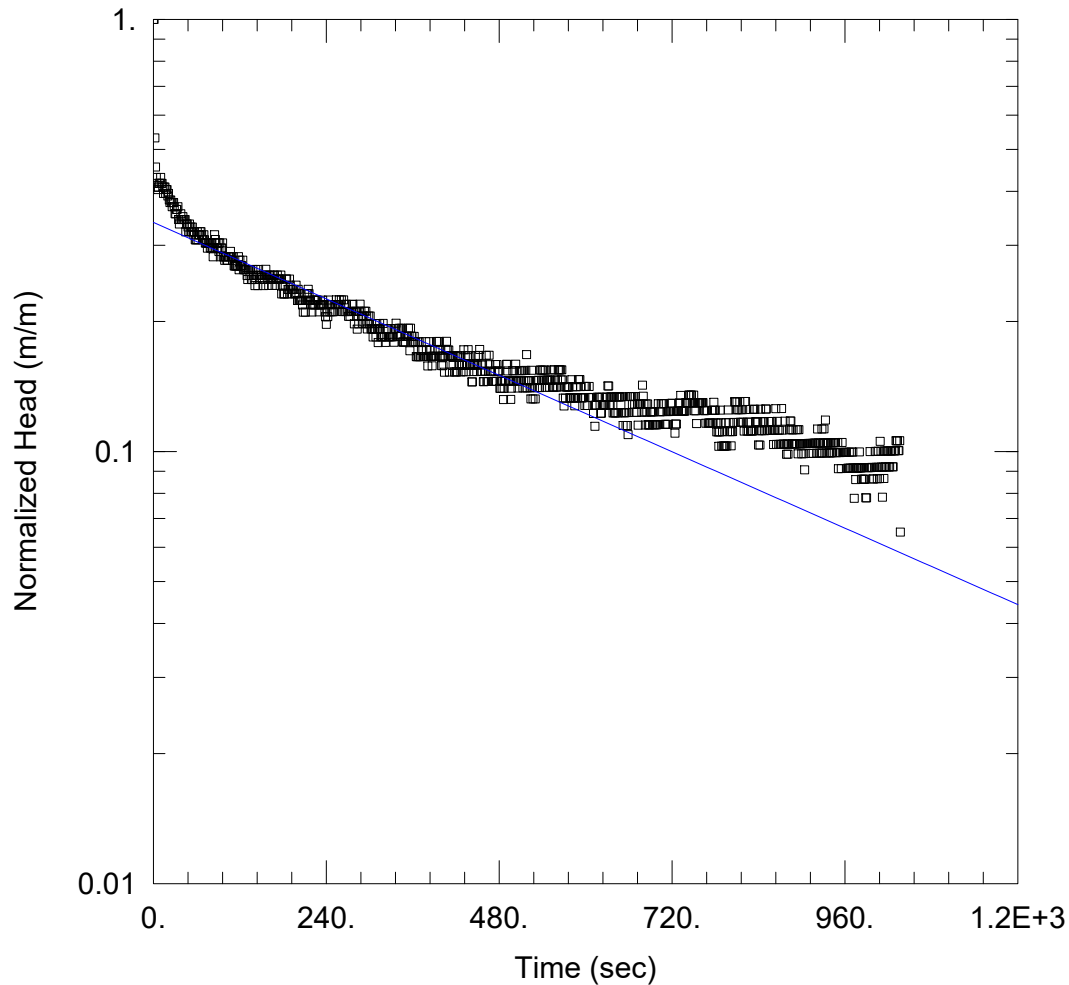
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.869E-5 m/sec

y0 = 0.3736 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG03_falling head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:42:14

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG03

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.32 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG03_falling head)

Initial Displacement: 0.2142 m

Static Water Column Height: 0.32 m

Total Well Penetration Depth: 1.68 m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

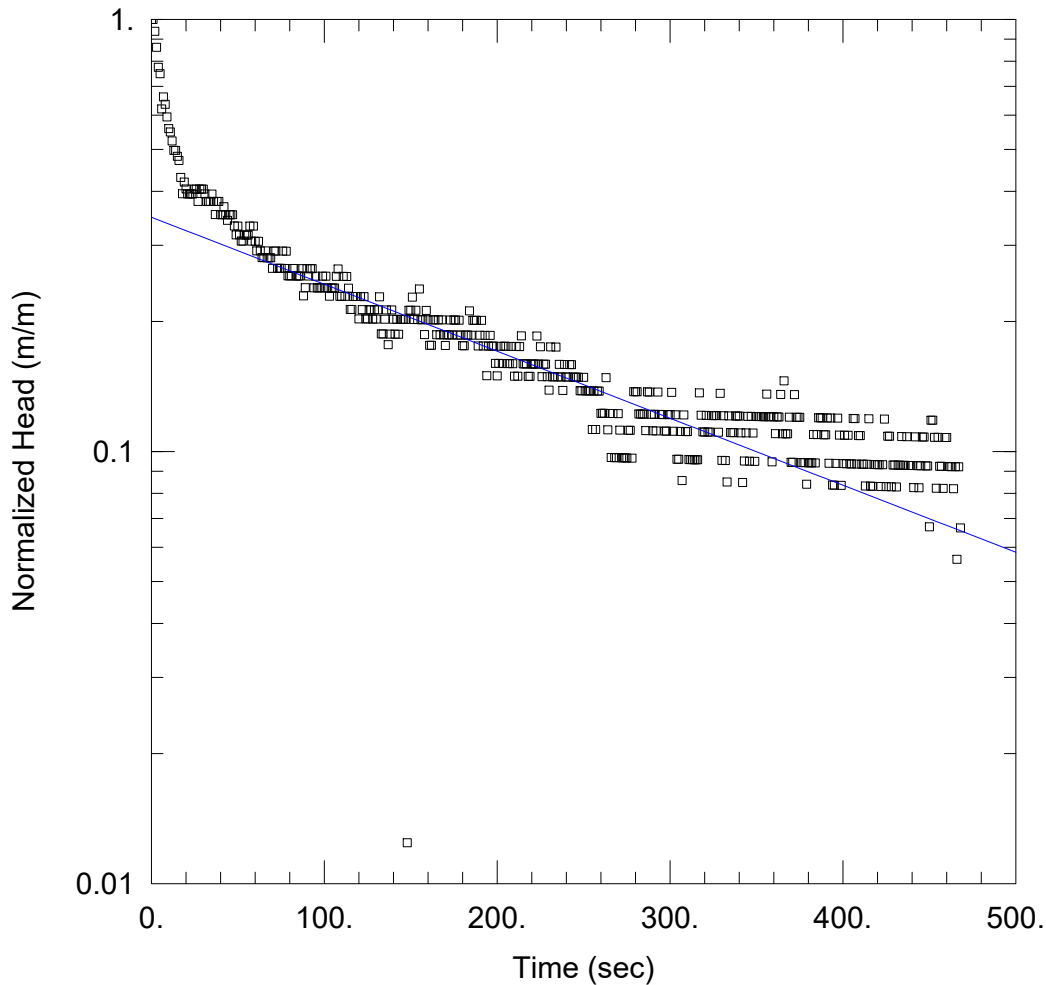
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 8.78E-6 m/sec

y0 = 0.07259 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG03_rising head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:42:32

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG03

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 0.32 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG03_rising head)

Initial Displacement: 0.1138 m

Static Water Column Height: 0.32 m

Total Well Penetration Depth: 1. m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

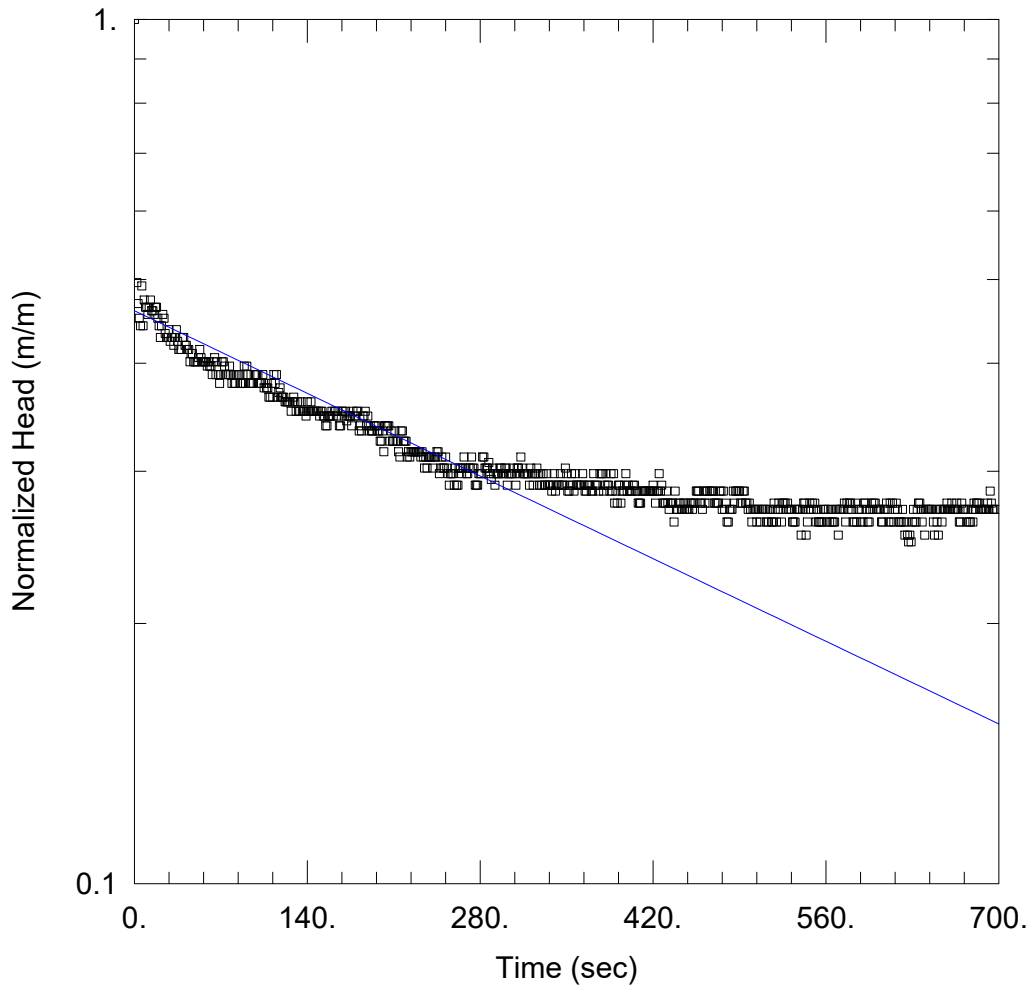
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.847E-5 m/sec

y0 = 0.03965 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG04_falling head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:43:35

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG04

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 1.38 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG04_falling head)

Initial Displacement: 0.2037 m

Static Water Column Height: 0.41 m

Total Well Penetration Depth: 1. m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

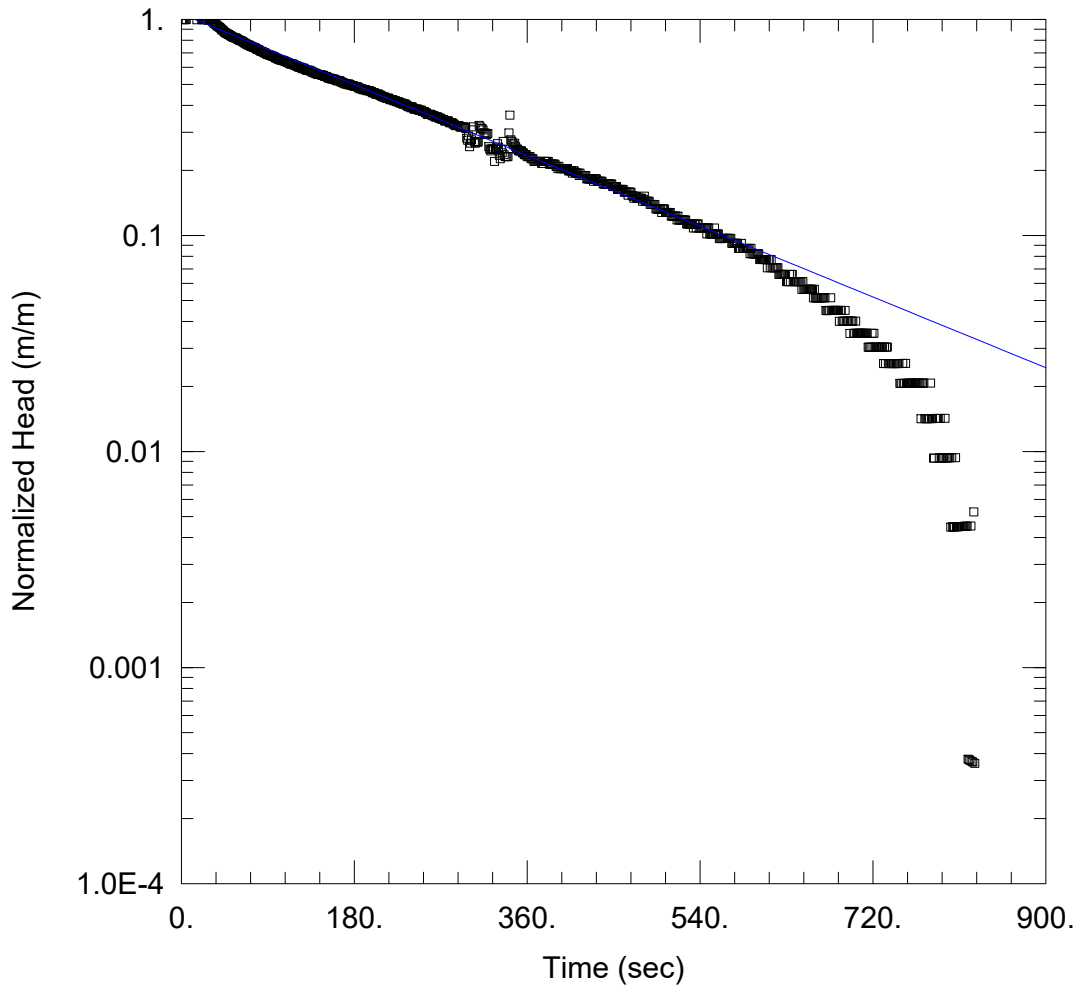
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.813E-6 m/sec

y0 = 0.09375 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG04_rising head_new.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:44:00

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG04

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 1.38 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG04_rising head)

Initial Displacement: 0.3579 m

Static Water Column Height: 0.56 m

Total Well Penetration Depth: 1. m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

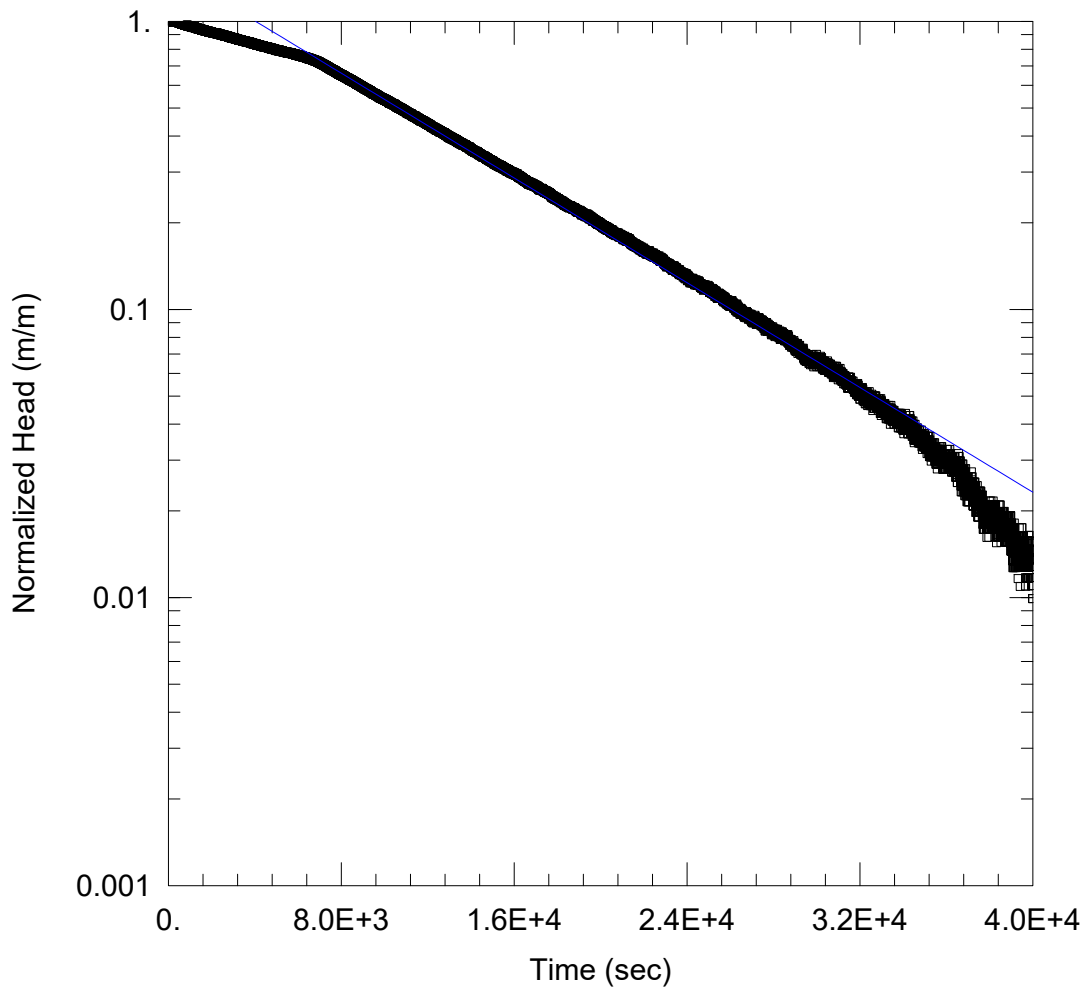
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 4.831E-6 m/sec

y0 = 0.3794 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG05_rising head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:44:50

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG05

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 2.57 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG05_rising head)

Initial Displacement: 1.608 m

Static Water Column Height: 1.75 m

Total Well Penetration Depth: 1.75 m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

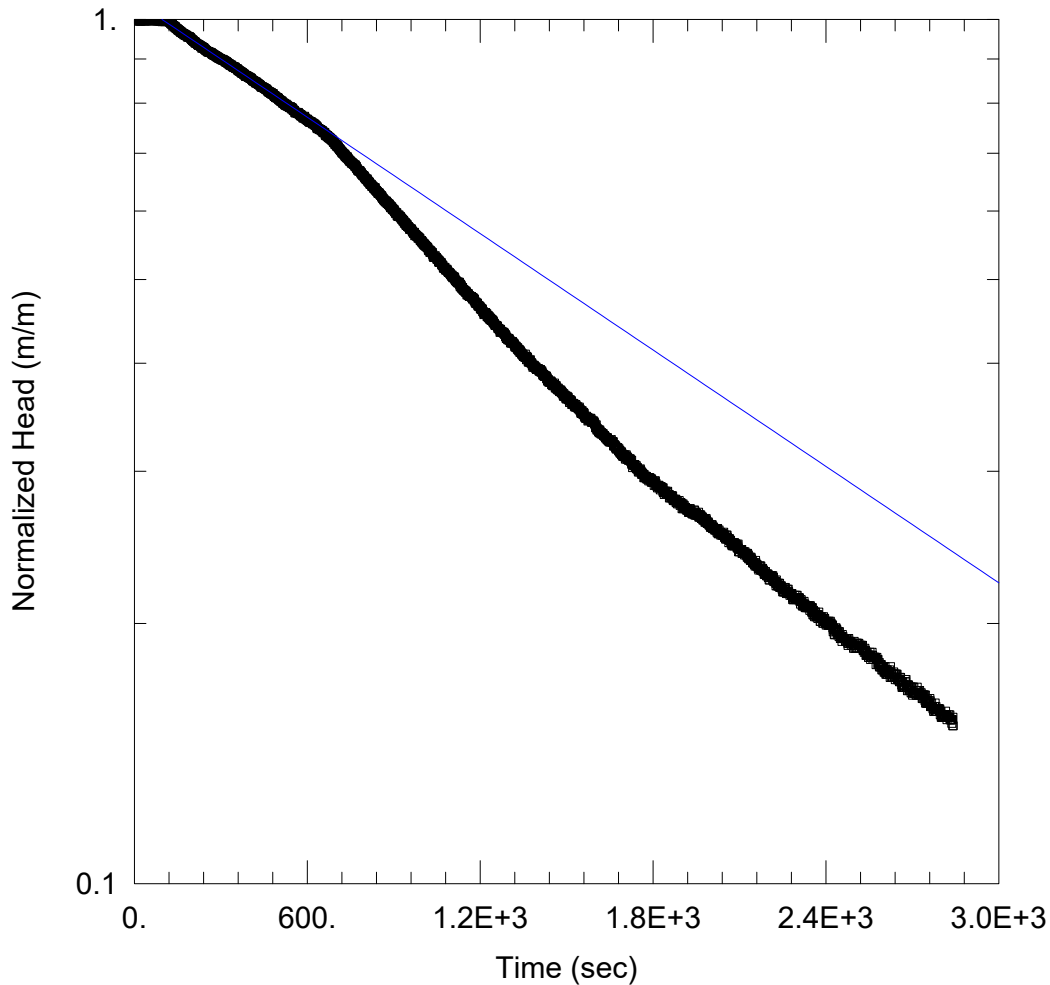
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.207E-7 m/sec

y0 = 2.454 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24GWHG07_rising head.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:45:35

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24GWHG07

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 2.04 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24GWHG07_rising head)

Initial Displacement: 1.165 m

Static Water Column Height: 1.28 m

Total Well Penetration Depth: 1.28 m

Screen Length: 1. m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

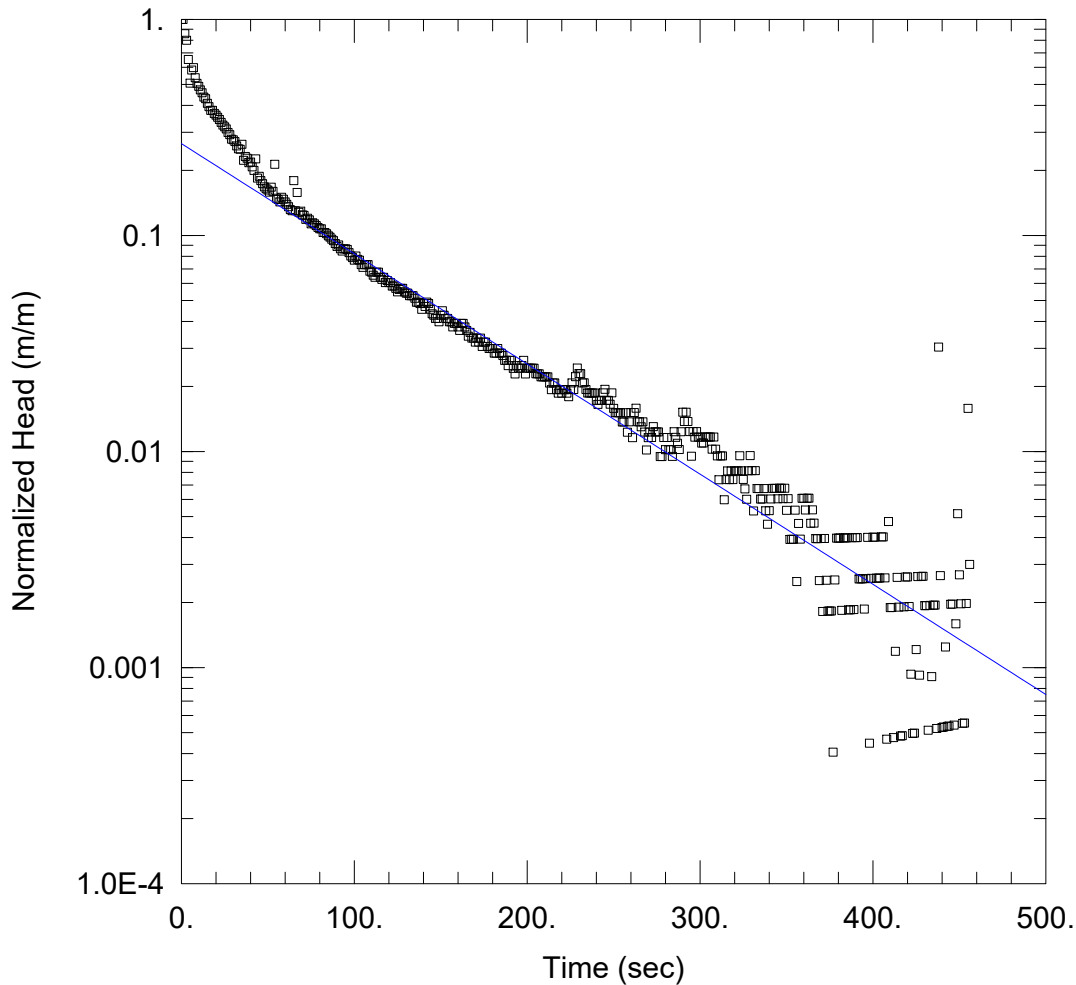
SOLUTION

Aquifer Model: Unconfined

Solution Method: Hvorslev

K = 5.96E-7 m/sec

y0 = 1.224 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\17DDHG068_falling head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:20:30

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 17DDHG068

Test Date: 2024-02-20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 190.6 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (17DDHG068_falling)

Initial Displacement: 1.287 m

Static Water Column Height: 190.6 m

Total Well Penetration Depth: 190.6 m

Screen Length: 190.6 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

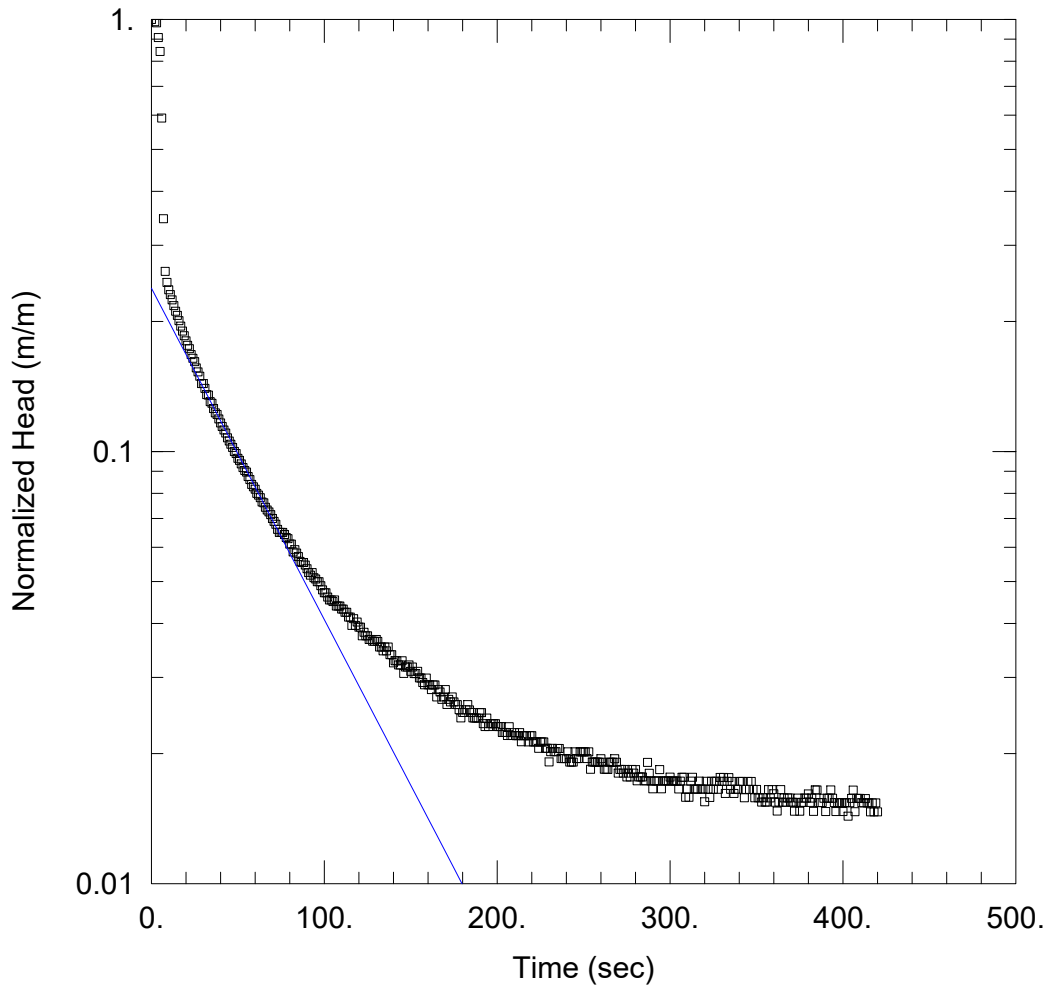
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.02E-7 m/sec

y0 = 0.3423 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\17DDHG068_rising head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:22:46

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 17DDHG068

Test Date: 2024-02-20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 190.6 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (17DDHG068_rising)

Initial Displacement: 2.567 m

Static Water Column Height: 190.6 m

Total Well Penetration Depth: 190.6 m

Screen Length: 190.6 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

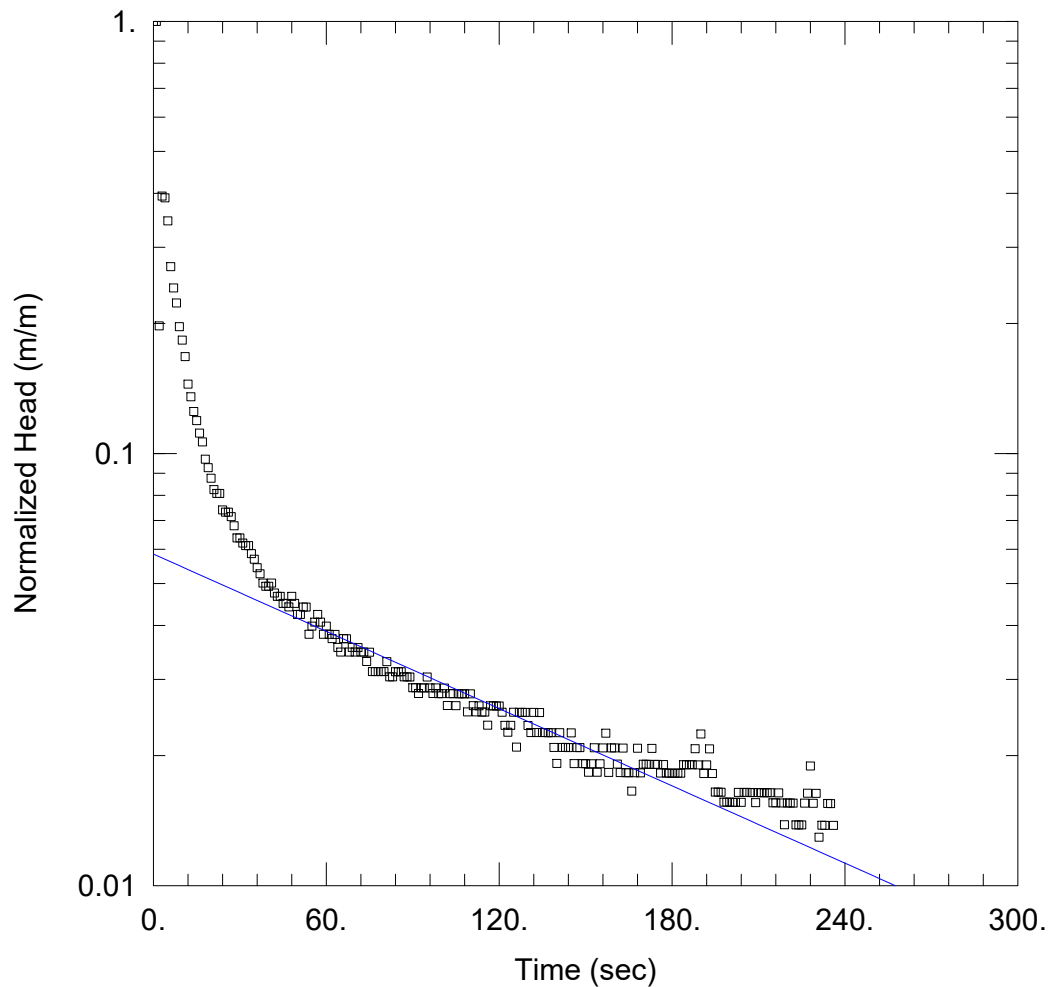
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.534E-7 m/sec

y0 = 0.6127 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\17DDHG069_falling head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:24:36

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 17DDHG069

Test Date: 2023-09-20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 181.9 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (17DDHG069_falling head)

Initial Displacement: 1.077 m

Static Water Column Height: 181.9 m

Total Well Penetration Depth: 181.9 m

Screen Length: 181.9 m

Casing Radius: 0.0205 m

Well Radius: 0.0205 m

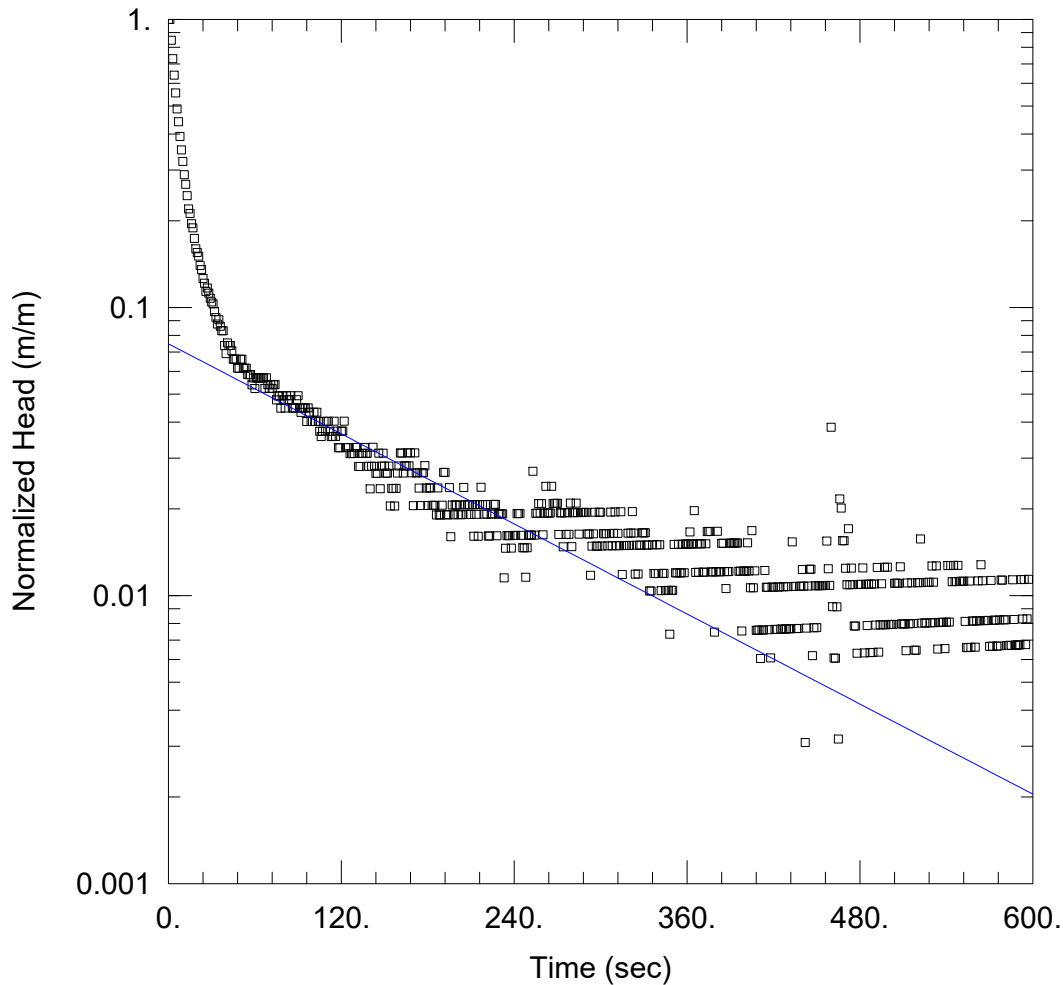
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 4.2E-8 m/sec

y0 = 0.06302 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\17DDHG069_rising head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:27:24

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 17DDHG069

Test Date: 2023-09-20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 181.9 m

Anisotropy Ratio (K_z/K_r): 1.

WELL DATA (17DDHG069_rising)

Initial Displacement: 0.5957 m

Static Water Column Height: 181.9 m

Total Well Penetration Depth: 181.9 m

Screen Length: 181.9 m

Casing Radius: 0.0205 m

Well Radius: 0.0205 m

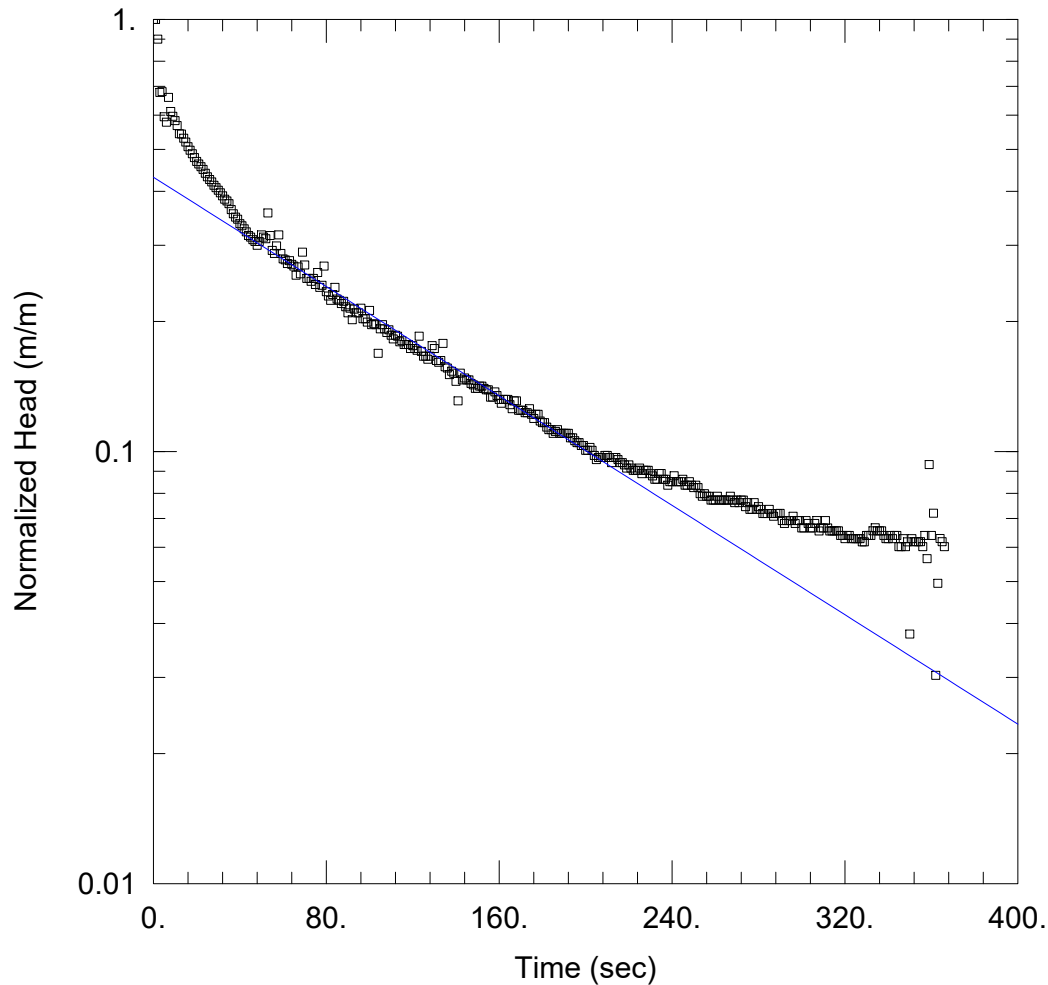
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

$K = 3.672E-8$ m/sec

$y_0 = 0.04455$ m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\18DDHG070_falling head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:27:57

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 18DDHG070

Test Date: 2024-02-20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 141.3 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (18DDHG070_falling)

Initial Displacement: 1.093 m

Static Water Column Height: 142.1 m

Total Well Penetration Depth: 142.1 m

Screen Length: 141.3 m

Casing Radius: 0.0205 m

Well Radius: 0.0205 m

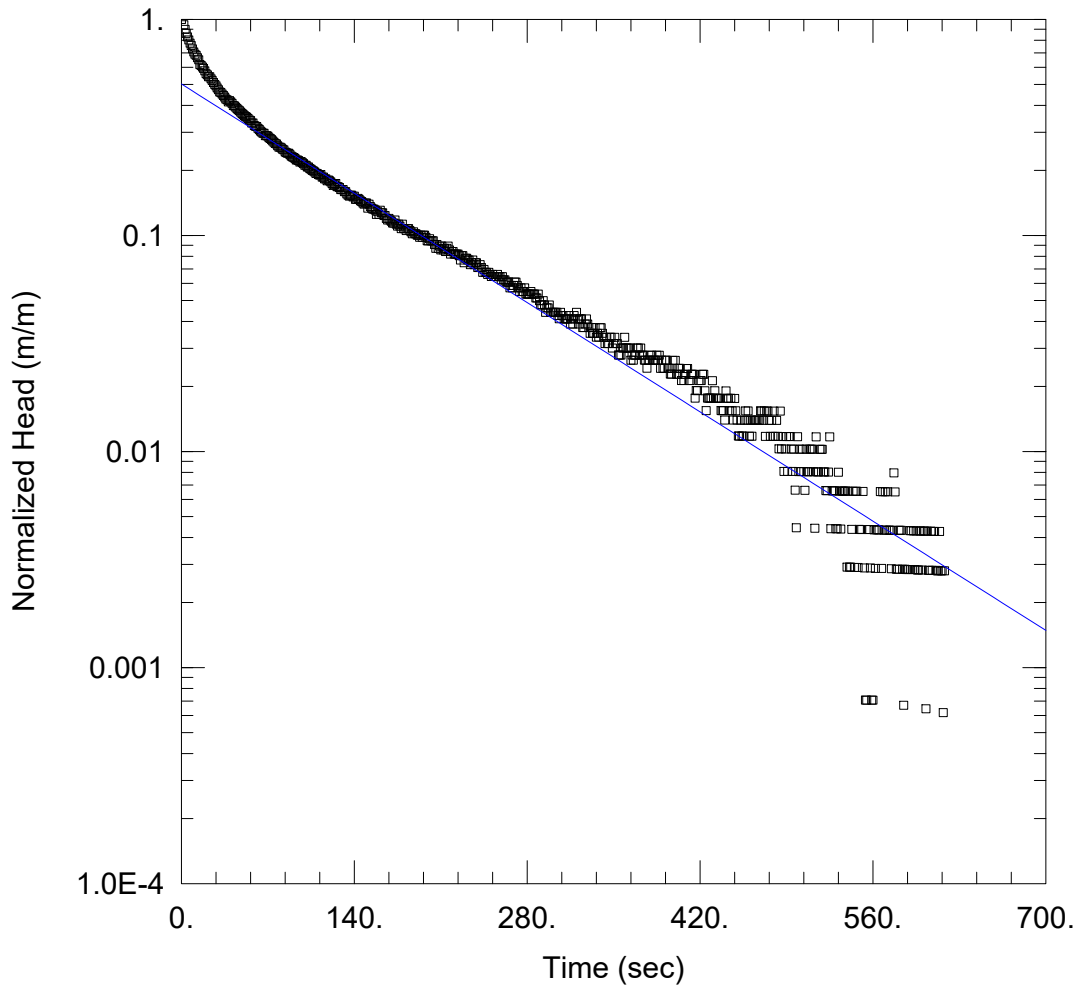
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 5.739E-8 m/sec

y0 = 0.4716 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\18DDHG070_rising head_Hvorslev.aqt
 Date: 05/22/24 Time: 14:28:48

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants
 Client: Aura energy
 Project: SE2300368
 Location: Häggån
 Test Well: 18DDHG070
 Test Date: 2024-02-20

AQUIFER DATA

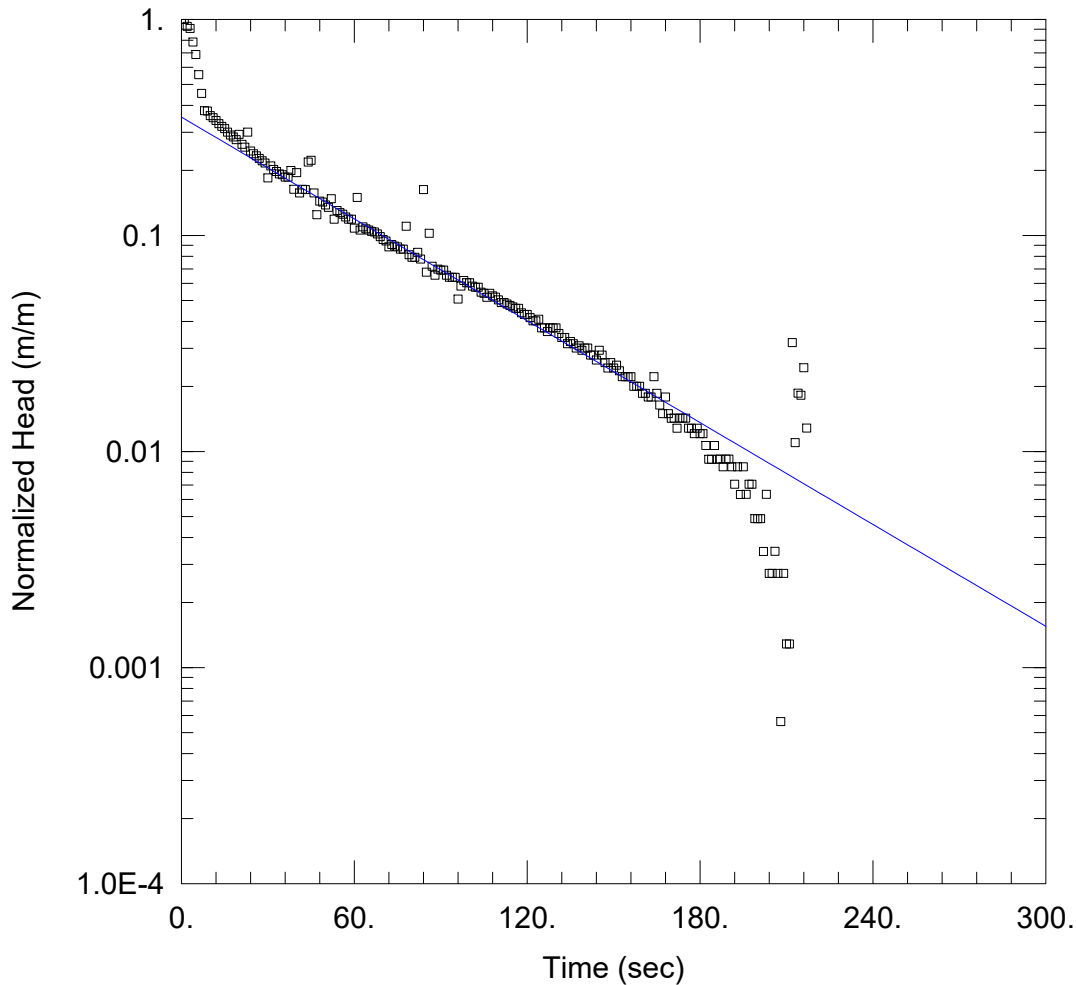
Saturated Thickness: 141.3 m Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (18DDHG070_rising)

Initial Displacement: 0.801 m Static Water Column Height: 142.1 m
 Total Well Penetration Depth: 142.1 m Screen Length: 141.3 m
 Casing Radius: 0.0205 m Well Radius: 0.0205 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined Solution Method: Hvorslev
 K = 6.553E-8 m/sec y0 = 0.4023 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\19DDHG081_falling head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:29:49

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 19DDHG081

Test Date: 2024-02-20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 129.7 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (19DDHG081_falling)

Initial Displacement: 1.269 m

Static Water Column Height: 131.2 m

Total Well Penetration Depth: 131.2 m

Screen Length: 129.7 m

Casing Radius: 0.0205 m

Well Radius: 0.0205 m

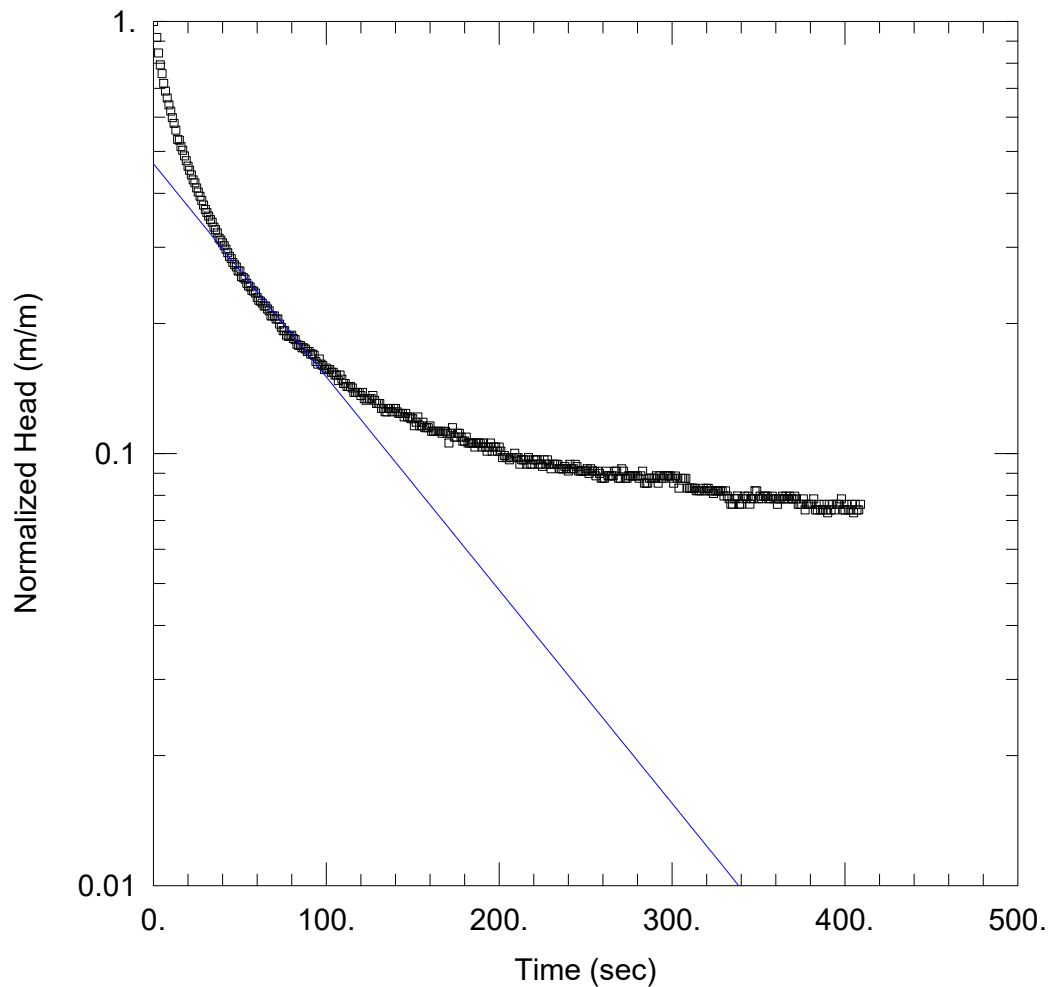
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.553E-7 m/sec

y0 = 0.448 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\19DDHG081_rising head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:32:25

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 19DDHG081

Test Date: 2024-02-20

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 129.7 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (19DDHG081_rising)

Initial Displacement: 0.8151 m

Static Water Column Height: 131.2 m

Total Well Penetration Depth: 131.2 m

Screen Length: 129.7 m

Casing Radius: 0.0205 m

Well Radius: 0.0205 m

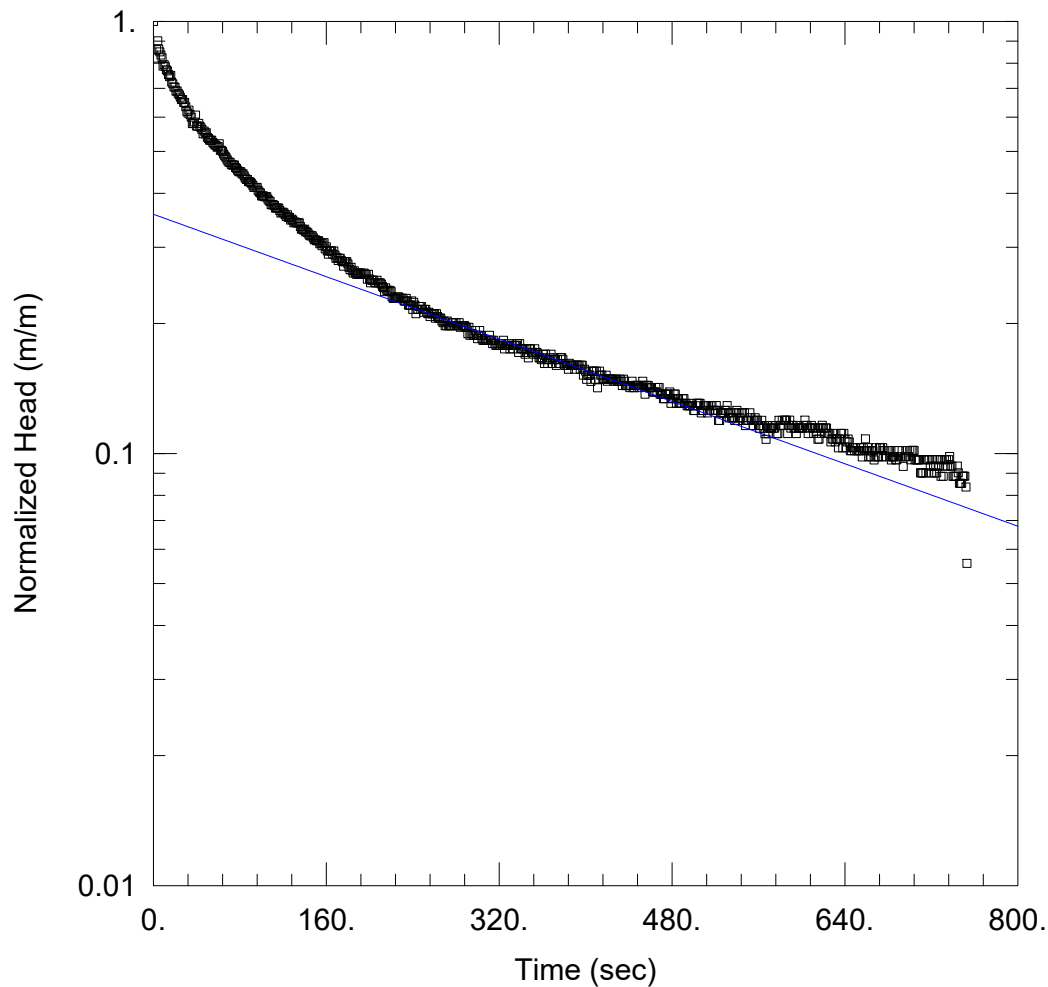
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 9.752E-8 m/sec

y0 = 0.3819 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\23DDHG093_falling head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:33:01

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 23DDHG093

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 146.5 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (23DDHG093_falling)

Initial Displacement: 0.5569 m

Static Water Column Height: 147.6 m

Total Well Penetration Depth: 147.6 m

Screen Length: 146.5 m

Casing Radius: 0.0205 m

Well Radius: 0.0205 m

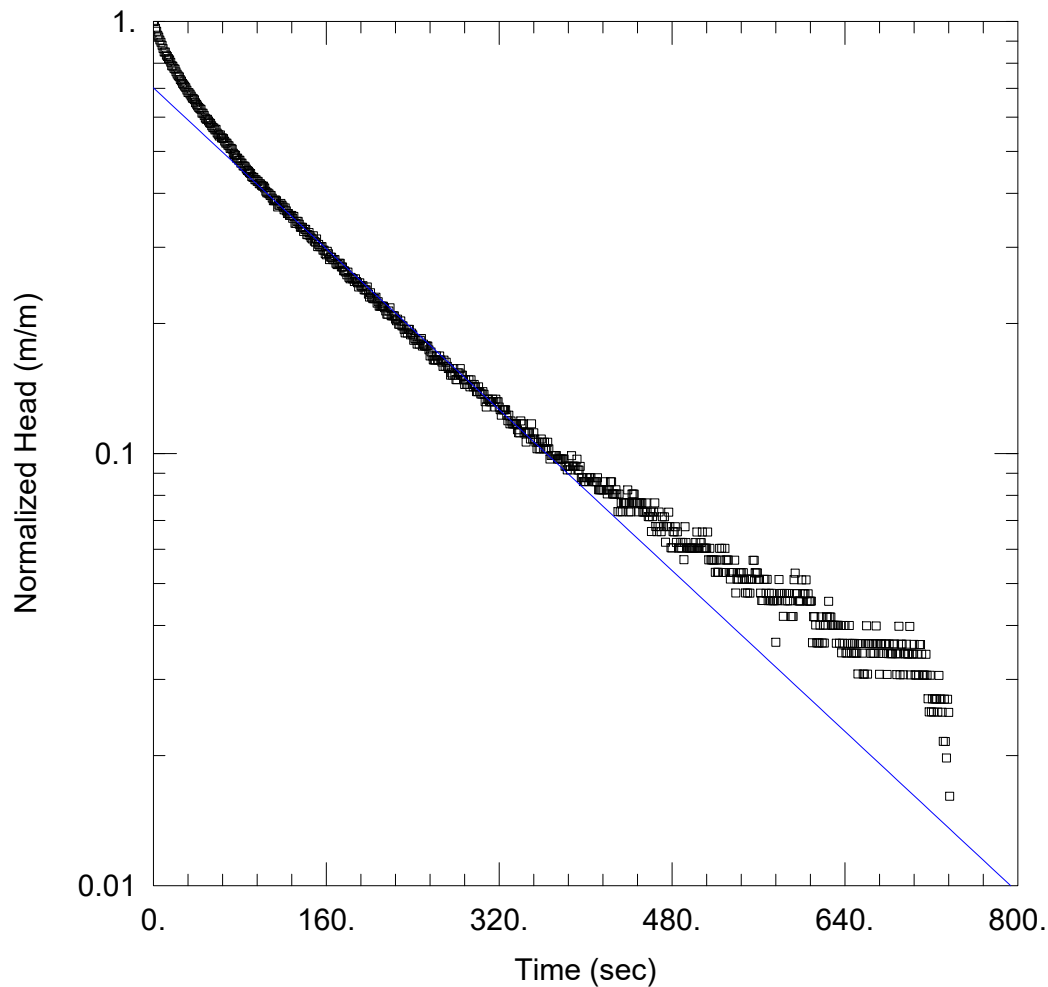
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 1.579E-8 m/sec

y0 = 0.1992 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\23DDHG093_rising head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:33:29

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 23DDHG093

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 146.5 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (23DDHG093_rising)

Initial Displacement: 0.5052 m

Static Water Column Height: 147.6 m

Total Well Penetration Depth: 1466.1 m

Screen Length: 1465. m

Casing Radius: 0.0205 m

Well Radius: 0.0205 m

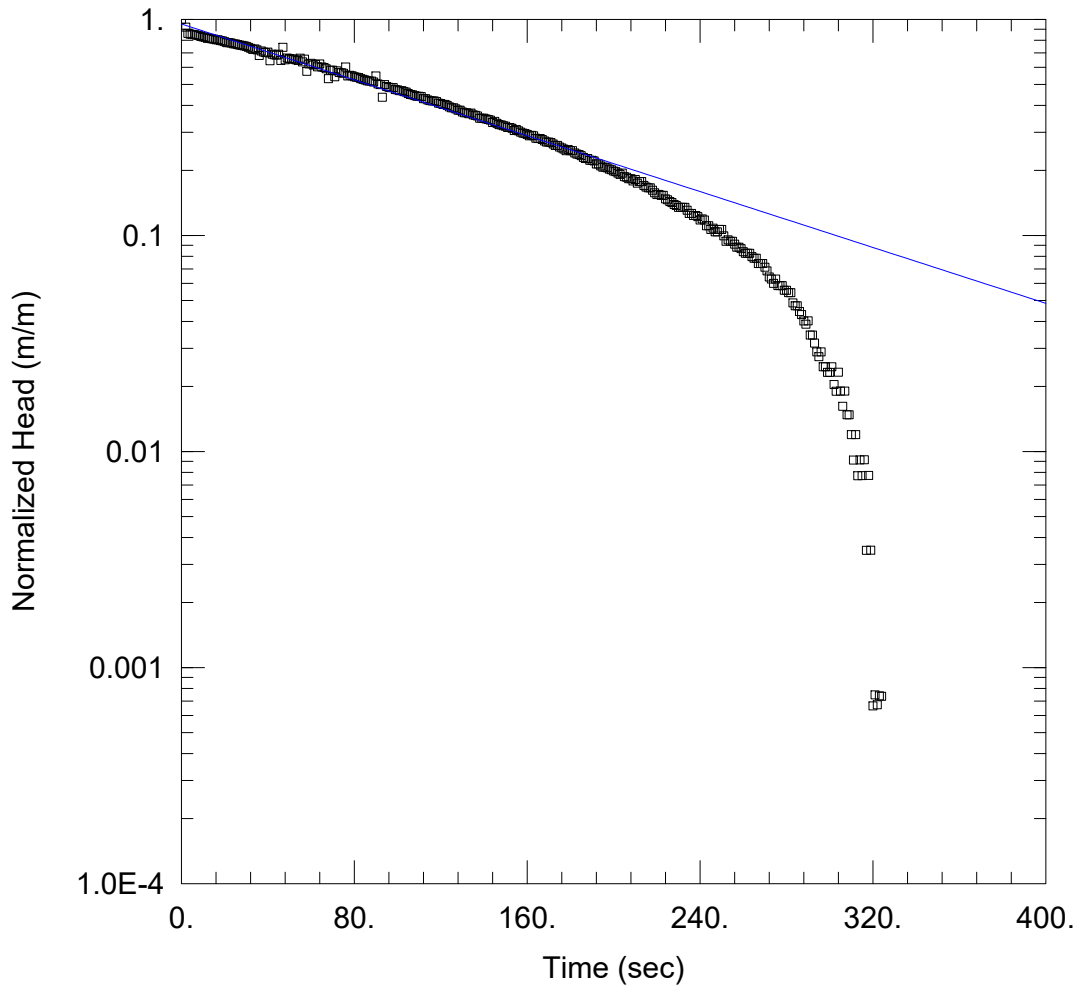
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 4.072E-8 m/sec

y0 = 0.3545 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\23DDHG094_falling head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:33:54

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 23DDHG094

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 146.5 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (23DDHG094_falling)

Initial Displacement: 0.6468 m

Static Water Column Height: 147.6 m

Total Well Penetration Depth: 147.6 m

Screen Length: 146.5 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

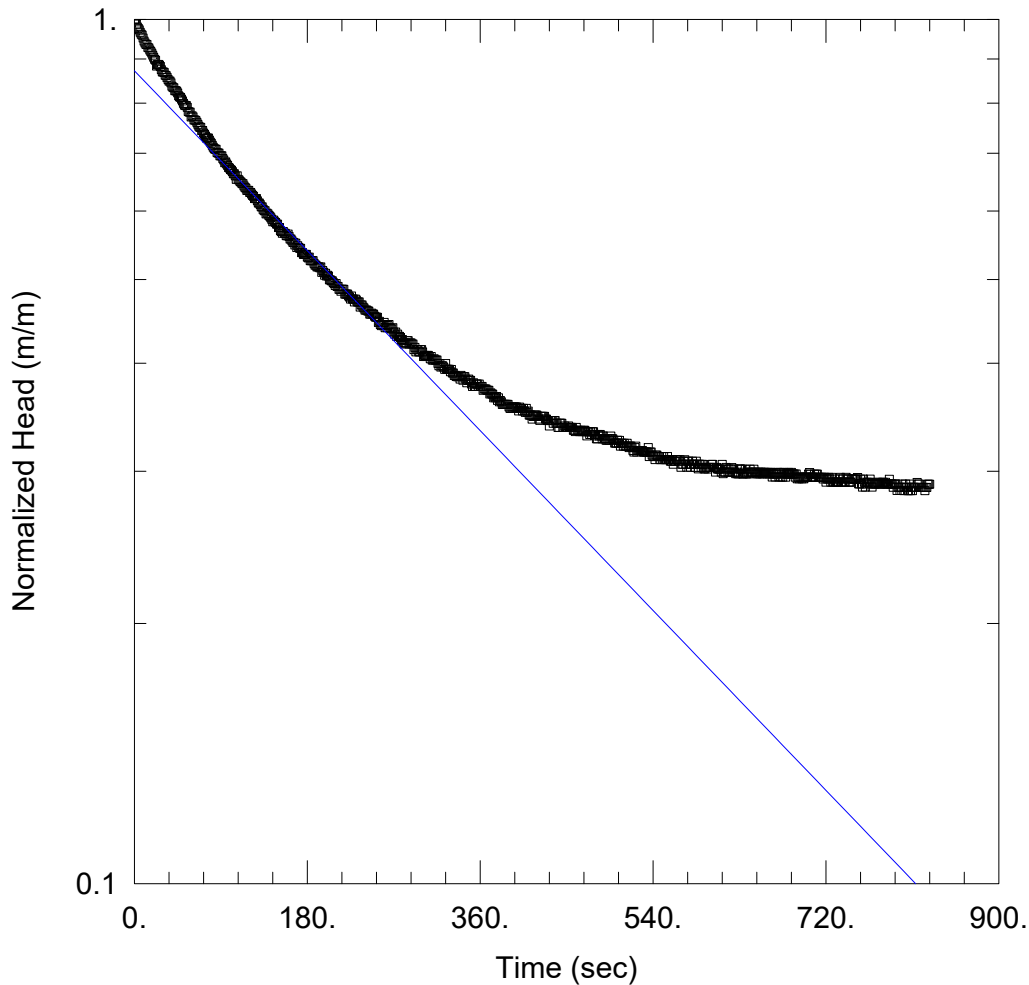
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 8.412E-8 m/sec

y0 = 0.6159 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\23DDHG094_rising head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:34:33

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 23DDHG094

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 146.5 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (23DDHG094_rising)

Initial Displacement: 0.7375 m

Static Water Column Height: 147.6 m

Total Well Penetration Depth: 147.6 m

Screen Length: 146.5 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

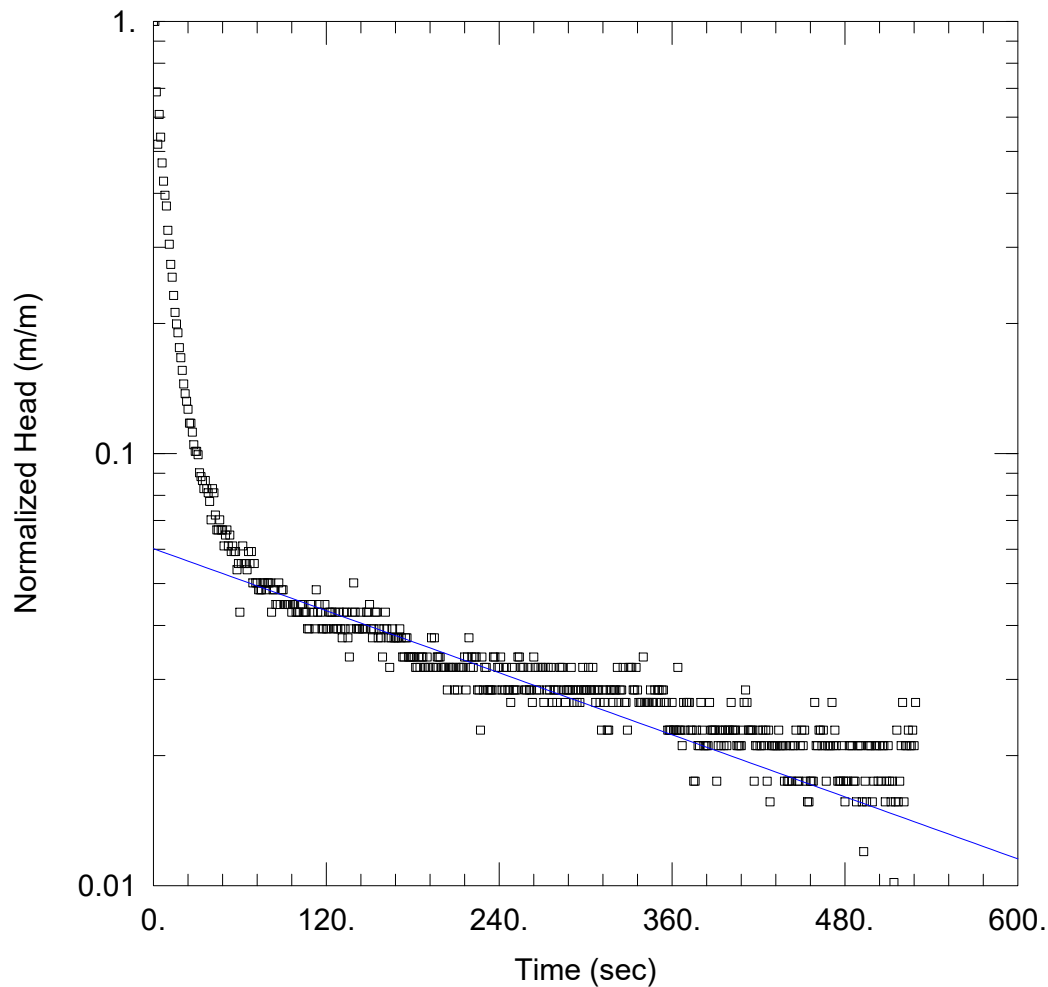
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 3.009E-8 m/sec

y0 = 0.6431 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\Önsta_DDHG_falling head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:36:26

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 23DDHG095

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 146.5 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (Önsta_DDHG_falling)

Initial Displacement: 0.5038 m

Static Water Column Height: 148.5 m

Total Well Penetration Depth: 148.5 m

Screen Length: 146.5 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

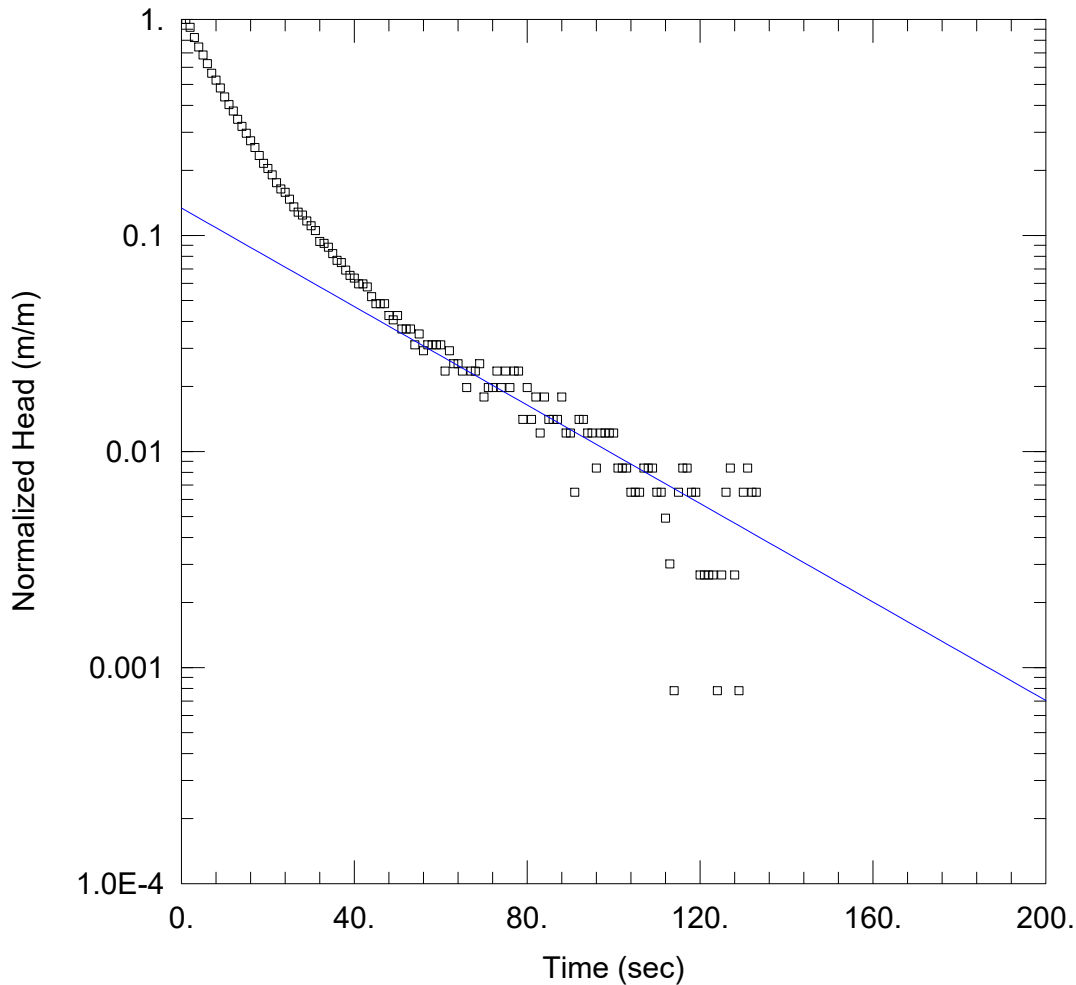
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 3.113E-8 m/sec

y0 = 0.03034 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\Önsta_DDHG_rising head_Hvorslev.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:36:49

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 23DDHG095

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 146.5 m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (Önsta_DDHG_rising)

Initial Displacement: 0.4825 m

Static Water Column Height: 148.5 m

Total Well Penetration Depth: 148.5 m

Screen Length: 146.5 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

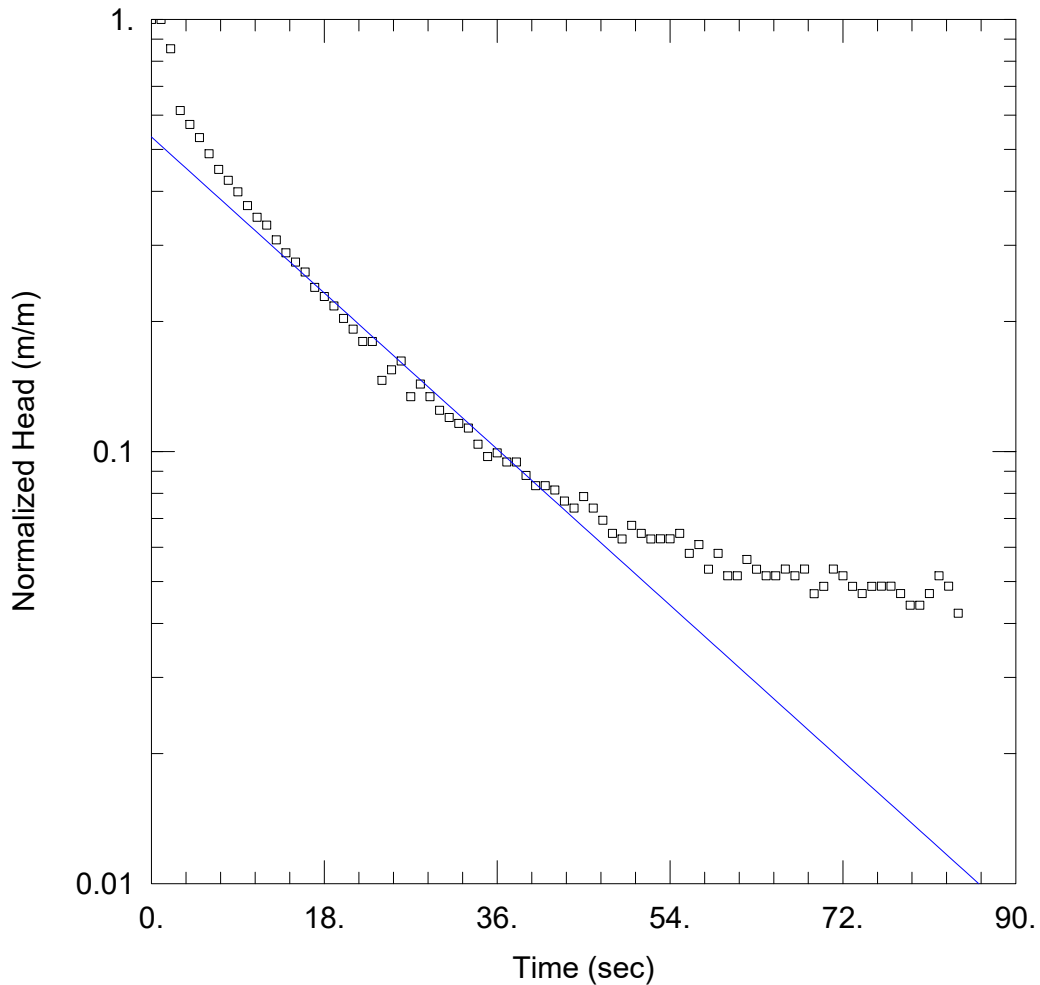
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 2.965E-7 m/sec

y0 = 0.0646 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24DDSB001_falling head_Hvorslev_RK.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:35:33

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24DDSB001

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 147. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24DDSB001_falling)

Initial Displacement: 0.623 m

Static Water Column Height: 148.8 m

Total Well Penetration Depth: 150.6 m

Screen Length: 148.8 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

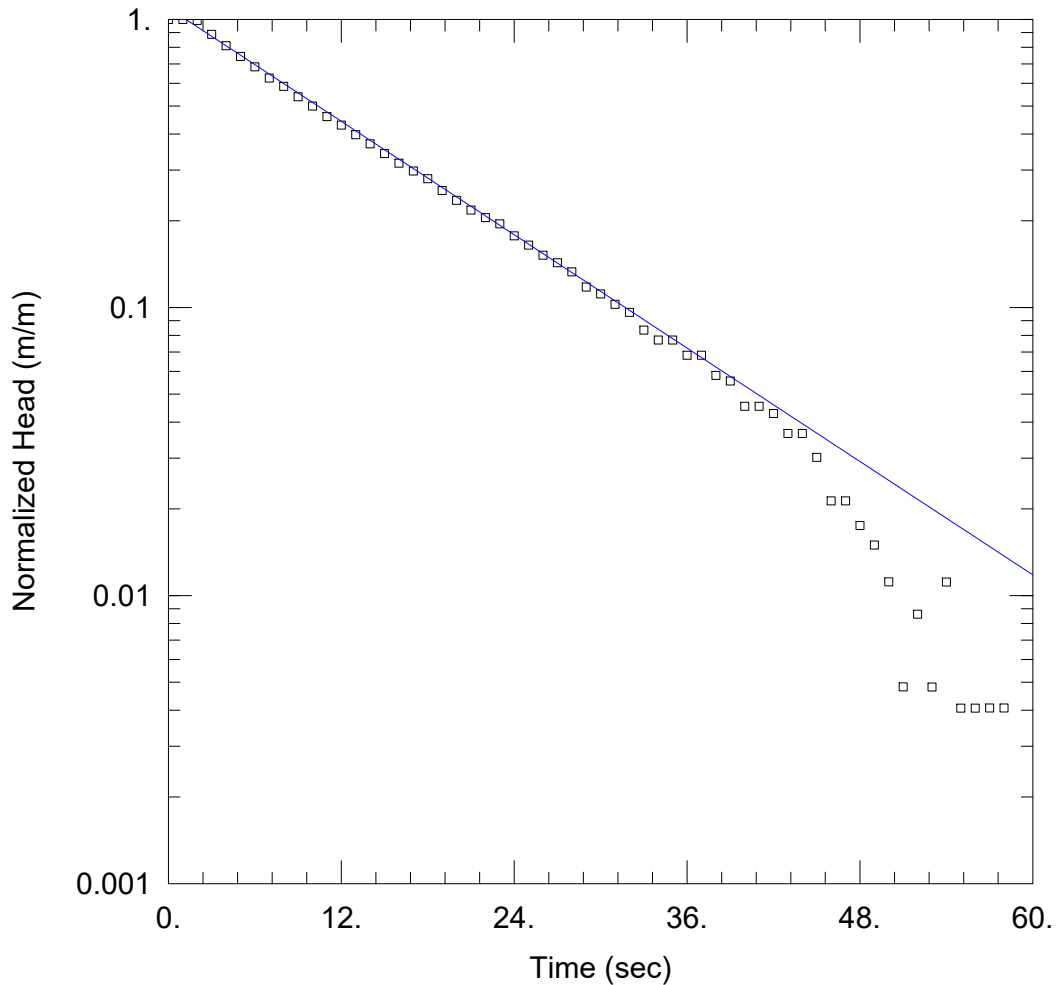
SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 5.202E-7 m/sec

y0 = 0.3329 m



WELL TEST ANALYSIS

Data Set: C:\...\24DDSB001_rising head_Hvorslev_RK.aqt

Date: 05/22/24

Time: 14:35:57

PROJECT INFORMATION

Company: Geosyntec Consultants

Client: Aura energy

Project: SE2300368

Location: Häggån

Test Well: 24DDSB001

Test Date: 2024-02-21

AQUIFER DATA

Saturated Thickness: 147. m

Anisotropy Ratio (Kz/Kr): 1.

WELL DATA (24DDSB001_rising)

Initial Displacement: 0.4602 m

Static Water Column Height: 148.8 m

Total Well Penetration Depth: 150.6 m

Screen Length: 148.8 m

Casing Radius: 0.025 m

Well Radius: 0.025 m

SOLUTION

Aquifer Model: Confined

Solution Method: Hvorslev

K = 8.507E-7 m/sec

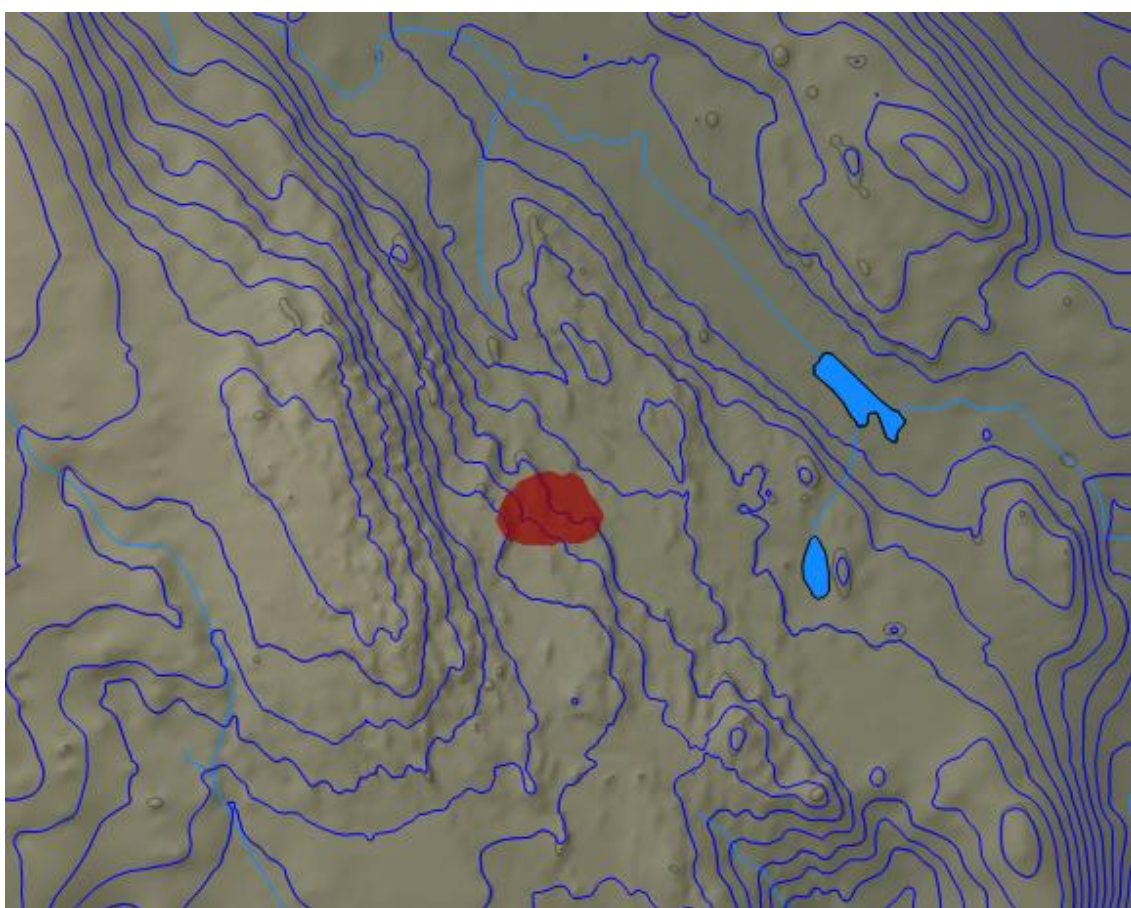
y0 = 0.5043 m

Bilaga 2

PM Grundvattenmodellering

Grundvattenmodellering

Bearbetningskoncession – Häggån K nr 1



2024-06-28

Framställd för:
Aura Energy Limited
Level 30, 35 Collins St.,
Melbourne, VIC 3000,
Australia

Projektnummer: SE2300368
Projektidentitet: Häggån BK Vanadis

Innehållsförteckning

1. INLEDNING OCH SYFTE.....	4
2. BERÄKNINGSPROGRAM.....	4
2.1 Modellens storlek	4
2.2 Modellens topografi	5
2.3 Jordlager och bergnivå.....	6
2.4 Randvillkor – Hydrauliska gränser.....	7
2.5 Ytvatten – sjöar och vattendrag.....	7
2.6 Grundvattenbildning	7
2.7 Hydraultester och hydraulisk konduktivitet	7
2.8 Numeriskt beräkningsnät.....	8
2.9 Kalibrering.....	9
3. SIMULERADE GRUNDVATTENNIVÅER.....	11
4. SIMULERING AV PÅVERKAN VID DAGBROTTSBRYTNING.....	12
4.1 Metod.....	12
4.2 Resultat.....	13
5. REFERENSER.....	15

Tabellförteckning

Tabell 1. Ansatta k-värden för de tre kalibreringsfallen.	10
Tabell 2. Bergborrhål (serienr med DD) och grundvattenrör i morän (serienr med GWHG) som modellen kalibrerats mot. *Rör med långtidsmätningar av grundvattennivåer, övriga är manuellt mätta en eller två gånger.	10
Tabell 3. Resultat av kalibreringen med RMSE (Root Mean Square Error) och medelresidual (medelfel mellan uppmätta och simulerade grundvattennivåer). RMSE eftersträvas att vara så lågt som möjligt.	11
Tabell 4. Grundvatteninflöde till fullt utbrutet dagbrott för de tre kalibreringsfallen.	14

Figurförteckning

Figur 1. Modellområdet med dagbrottet i rött.	5
Figur 2. Områden med olika jorddjup i modellen baserade på SGU:s (2024) jorddjupskarta.	6
Figur 3. Lokalisering av utförda slugttester. Vit cirkel representerar slugttest i morän och rosa kryss slugttest i berg, dagbrott i rött.	8
Figur 4. Modellens beräkningsnät. Den horisontella upplösningen är 25 x 25 m kring området för dagbrottet (markerat i rött).	9
Figur 5. Lokalisering av kalibreringspunkterna i förhållande till dagbrottet i rött.	11
Figur 6. Simulerade grundvattennivåer för simulering naturlig-s4.	12
Figur 7. Dagbrottet i Häggån så som det är representerat i modellen.	13
Figur 8. Påverkansområden med mer än 0,3 m grundvattenavsänkning vid fullt utbrutet dagbrott för de tre kalibreringsfallen.	14

Bilageförteckning

BILAGA 1 FORMELL MATEMATISK MODELL OCH PROGRAMKOD

1. Inledning och syfte

Vanadis Battery Metals AB (VBM) avser att ansöka om bearbetningskoncession för en del av den så kallade Häggånfyndigheten, belägen nordväst om Myrviken i Bergs kommun, Jämtlands län. Geosyntec Consultants AB (Geosyntec) har på uppdrag av VBM genomfört en hydrogeologisk utredning för att beskriva områdets hydrogeologiska förutsättningar och bedöma påverkan på grundvattenförhållanden av planerad verksamhet. Inom ramen för den hydrogeologiska utredningen har en grundvattenmodell upprättats.

Det huvudsakliga syftet med utförda modellsimuleringar är att simulera framtida grundvattenförhållanden och påverkan orsakad av en framtid verksamhet. Det innebär att svara på frågorna:

- Hur stor blir påverkan på grundvattennivåer i jord och berg i omgivningarna till den planerade gruvan?
- Hur stort blir inflödet till den planerade dagbrottet?

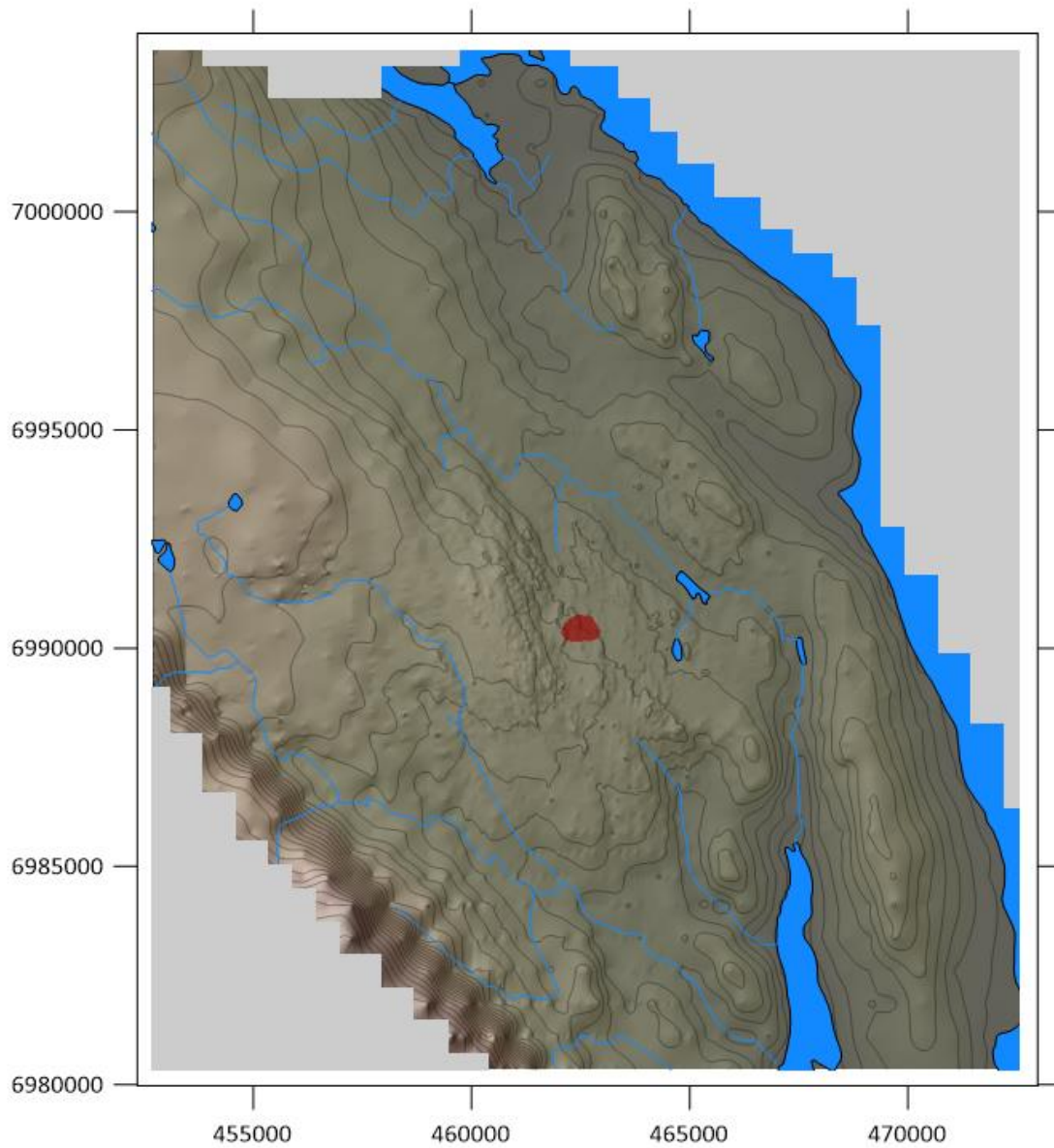
Föreliggande rapport redovisar modelluppbyggnad, antaganden och resultat och utgör en bilaga till PM Konsekvensbedömning Hydrologi och Hydrogeologi.

2. Beräkningsprogram

Den numeriska grundvattenmodellen i 3 dimensioner upprättades med programvaran GEOAN (Holmén, 2024), som presenteras i mer detalj i Bilaga 1. Simuleringarna inkluderar både mättat grundvattenflöde (Darcys lag) och omättat flöde. Modellen har ställts upp för stationära förhållanden vilket innebär att den representerar medelsituationen under ett år.

2.1 Modellens storlek

Modellen täcker ett område på cirka 360 km² med dagbrottet i mitten, se Figur 1. Modellområdet med dagbrottet i rött. Figur 1. Området avgränsas antingen av topografiska ytvattendelare eller större vattendrag.



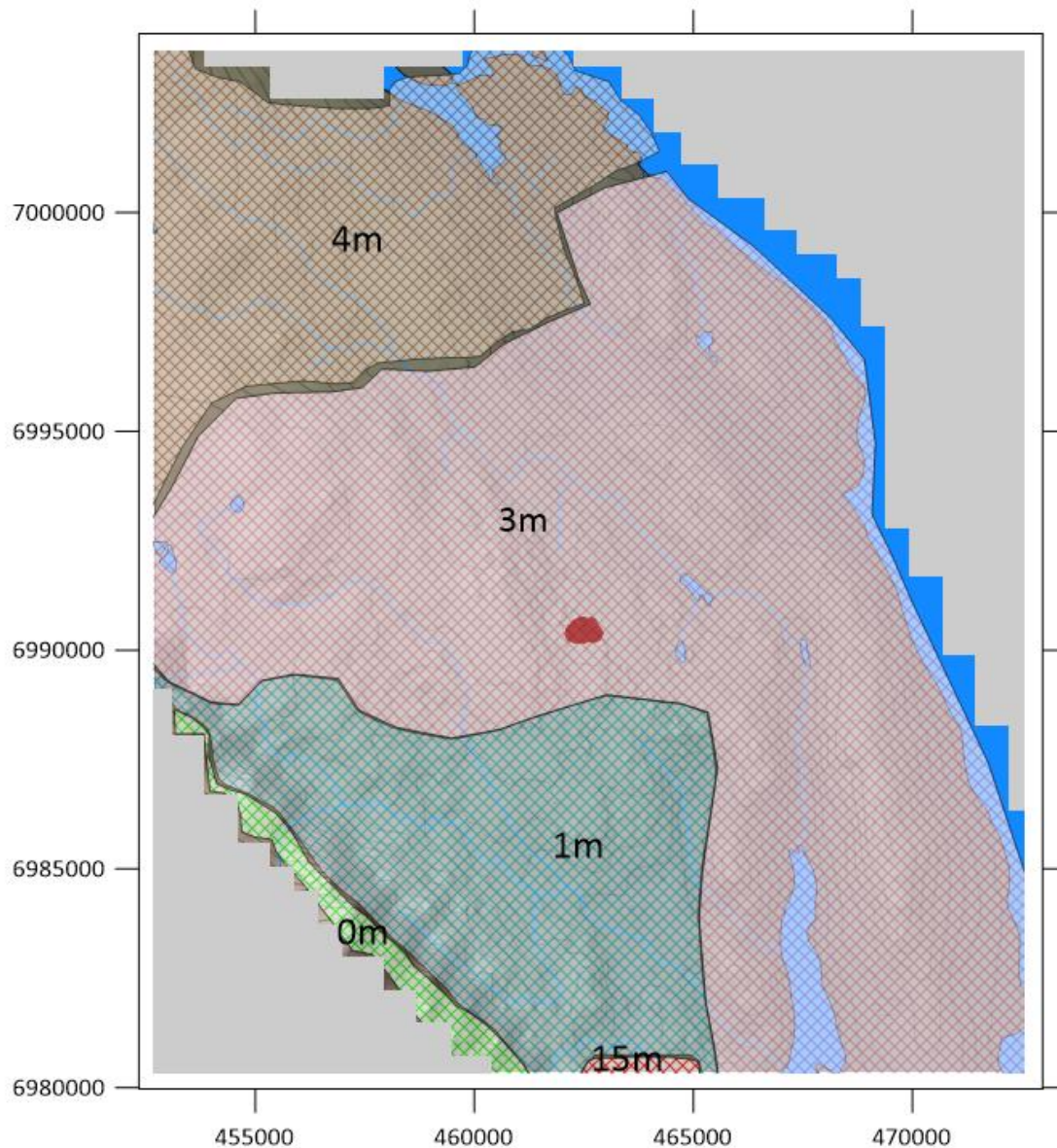
Figur 1. Modellområdet med dagbrottet i rött.

2.2 Modellens topografi

Modellens topografi framgår i Figur 1 och baseras på Lantmäteriets nationella höjdmödel från 2024 med upplösning 8 x 8 m. Topografin interpolerades sedan till modellens beräkningsnät.

2.3 Jordlager och bergnivå

Modellen inkluderar både jord och berg. Områden med olika jorddjup i modellen är baserade på SGU:s jorddjupskarta samt utförda borrhningar i och omkring dagbrottet och visas i Figur 2. I modellen är all jord definierad som en och samma jordart (morän). Under modellens jordlager kommer sedan berget som har samma egenskaper över hela modellen.



Figur 2. Områden med olika jorddjup i modellen baserade på SGU:s (2024) jorddjupskarta.

2.4 Randvillkor – Hydrauliska gränser

Randvillkoren definierar hur modellen interagerar med området utanför modellen och med hydrologiska enheter inom modellen. De randvillkor som används i modellen är följande: Inget grundvatten eller ytvatten kan strömma in eller ut ur modellen förutom längs med topografien så modellgränserna har därför ansatts som impermeabla. Även modellens botten har gjorts impermeabel. Grundvattenytan kan aldrig bli högre än markytan (topografien) och om grundvattenytan når upp till markytan blir det ytvatten och rinner på ytan till nästa cell där det antingen infiltrerar eller rinner vidare, beroende på mättnadsgraden i den cellen. Vid modellens kanter försvinner ytvattent. Modellens område avgränsas av antingen topografiska ytvattendelare eller större vattendrag (Storsjön).

2.5 Ytvatten – sjöar och vattendrag

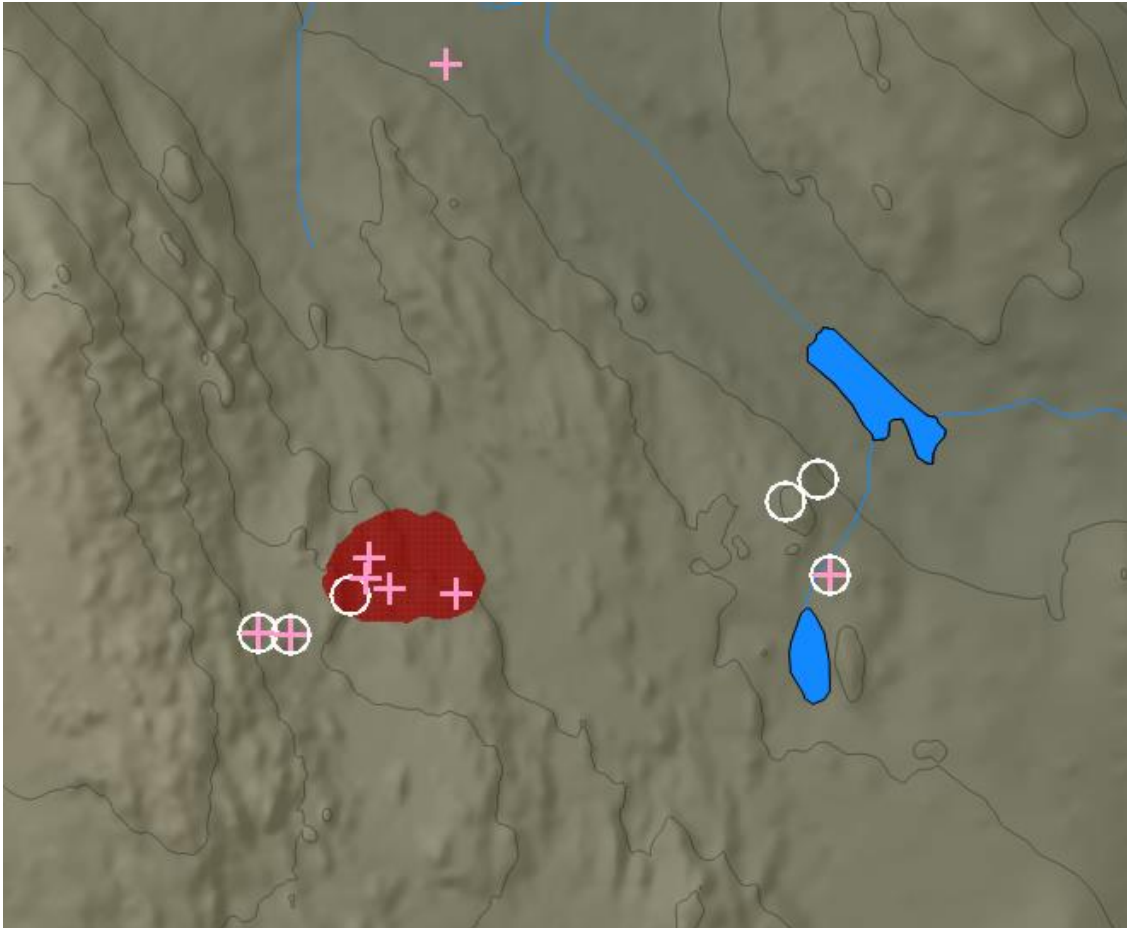
Modellen räknar med inströmnings och utströmningsområden. I inströmningsområden, där grundvattennivån är under markytan definieras det som konstant flöde motsvarande grundvattenbildning och ytvattenflöde från uppströms angränsade celler. I utströmningsområden, där grundvattennivån står i markytan definieras det som konstant nivå motsvarande markytan. I utströmningsområden sker ett utflöde av grundvatten till ytvattenflöde eftersom grundvattenytan är ovan markytan. Det är topografien som styr var dessa områden förekommer.

2.6 Grundvattenbildning

Vatten kommer in i modellen via ansatt grundvattenbildning (nederbörd) på markytan eller genom infiltrerande grundvatten under sjöar och vattendrag. Ett normalvärde för grundvattenbildning (nederbörd minus avdunstning) på 283 mm/år har använts baserat på regionala data för årsmedelavrinning från SMHI för perioden 2023-03-01 - 2024-03-01 (SMHI, 2024). Denna period valdes för att matcha perioden som grundvattennivåer har mätts.

2.7 Hydraultester och hydraulisk konduktivitet

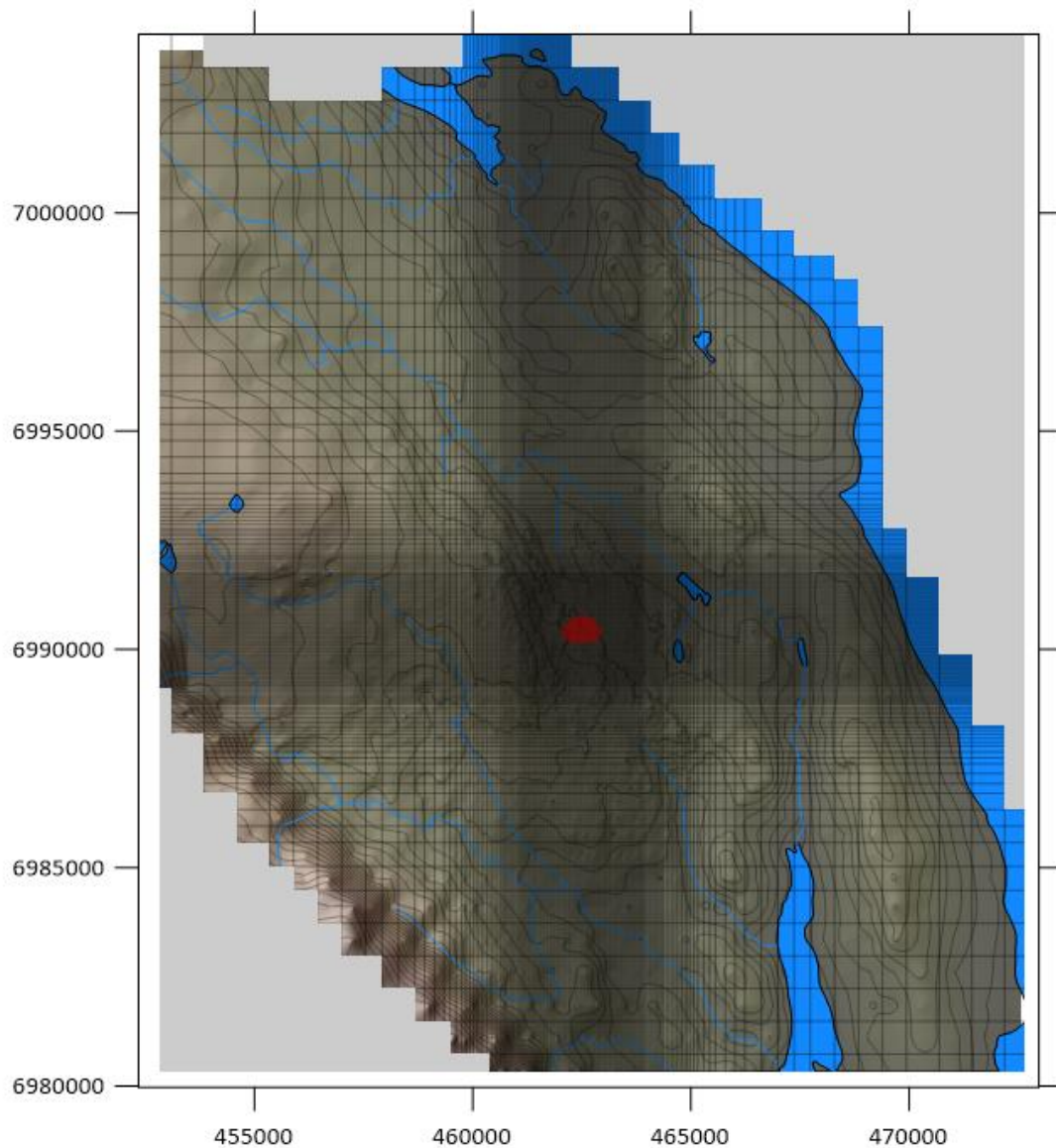
Resultaten av de hydraultester (slugtester) som har utförts inom området har implementerats i modellen. Slugtester har utförts i både grundvattenrör i morän och i prospekteringsborrhål i berg. Totalt utfördes sex slugtester i morän och åtta slugtester i berg. I modellen användes medelvärdet av dessa för att representera den hydrauliska konduktiviteten i morän och berg. För morän var medelvärdet av den hydrauliska konduktiviteten $8,1E-6$ m/s och för berg $1,5E-7$ m/s. För berg gäller denna hydrauliska konduktivitet för de översta 50 m i modellen för att sedan avta med djupet enligt ett djupavtagande baserat på SKB:s platsundersökningar vid Laxemar (Rhen et al 2008). Lokalisering av utförda slugtester visas i Figur 3. Utförda fältundersökningar och resultaten redovisas i en separat rapport (Geosyntec, 2024).



Figur 3. Lokalisering av utförda slugtester. Vit cirkel representerar slugtest i morän och rosa kryss slugtest i berg, dagbrott i rött.

2.8 Numeriskt beräkningsnät

Modellen har en horisontell upplösning på 25 x 25 m kring området för dagbrottet, beräkningscellerna ökar sedan i storlek ut mot kanterna av modellen, se Figur 4. På djupet definieras modellen med 50 lager där de översta 10 lagren är 1 m djupa och storleken ökar sedan med djupet. Modellen har ett totalt djup på cirka 1660 m. Antalet aktiva beräkningsceller i modellen är cirka 1 860 000 st.



Figur 4 Modellens beräkningsnät. Den horisontella upplösningen är 25 x 25 m kring området för dagbrottet (markerat i rött).

2.9 Kalibrering

Modellen har kalibrerats mot beräknade hydrauliska konduktiviteter (k [m/s]) och uppmätta grundvattennivåer i berg och jord i den planerade gruvans omgivning. Det har gjorts tre olika kalibreringsfall för modellen, se Tabell 1 för de ansatta k -värdena för respektive fall.:

- Det första (Naturlig-s4) med medelvärdet av den hydrauliska konduktiviteten från de utförda slugtesterna i morän och berg,
- Det andra fallet (Naturlig-s5) med något högre k -värden, och

- Det tredje fallet (Naturlig-s6) med de högst uppmätta k-värdena från enskilda slugtest i berg och morän.

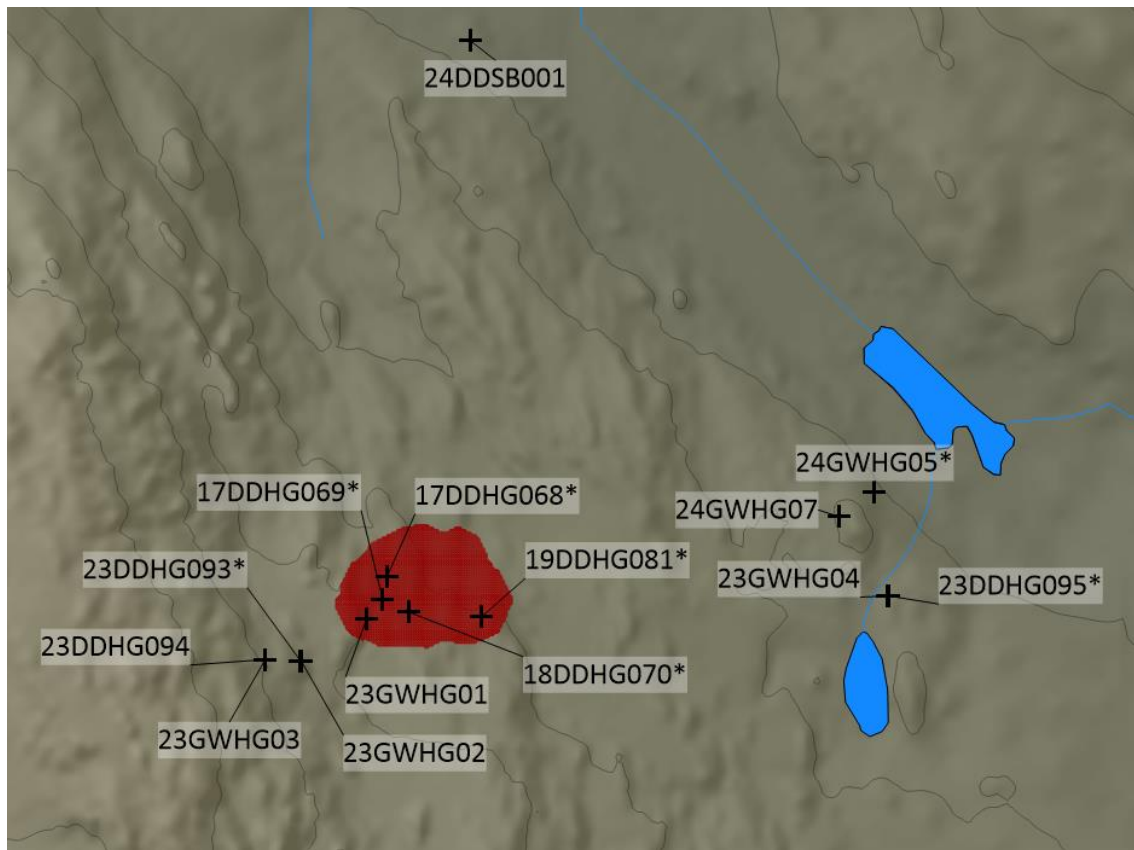
Tabell 1. Ansatta k-värden för de tre kalibreringsfallen.

Kalibreringsfall	Naturlig-s4	Naturlig-s5	Naturlig-s6
K-värde morän (m/s)	8,1E-6	1E-5	2E-5
K-värde berg (m/s)	1,5E-7	2,5E-7	5E-7

Modellen har kalibrerats mot uppmätta grundvattennivåer i totalt 14 punkter där åtta av dessa är borrhål i berg och sex grundvattenrör i morän. I sju av punkterna har grundvattennivåerna mätts med tryckgivare (diver) under sex månader upp till ett år, i övriga punkter har grundvattennivåer mätts manuellt en eller två gånger under året. Ett medelvärde av de uppmätta grundvattennivåerna har använts. I Tabell 2 redovisas de bergborrhål och grundvattenrör som modellen kalibrerats mot och i Figur 5 visas deras lokalisering.

Tabell 2. Bergborrhål (serienr med DD) och grundvattenrör i morän (serienr med GWHG) som modellen kalibrerats mot. *Rör med långtidsmätningar av grundvattennivåer, övriga är manuellt mätta en eller två gånger.

ID	Medelvärde av uppmätta grundvattennivåer (RH2000)
17DDHG068*	363,25
17DDHG069*	364,22
18DDHG070*	363,72
19DDHG081*	360,58
23DDHG093*	371,80
23DDHG095*	347,44
23DDHG094	374,75
24DDSB001	337,61
23GWHG01	365,81
23GWHG02	372,50
23GWHG03	378,78
23GWHG04	347,08
24GWHG05*	342,33
24GWHG07	349,89



Figur 5. Lokalisering av kalibreringspunkterna i förhållande till dagbrottet i rött.

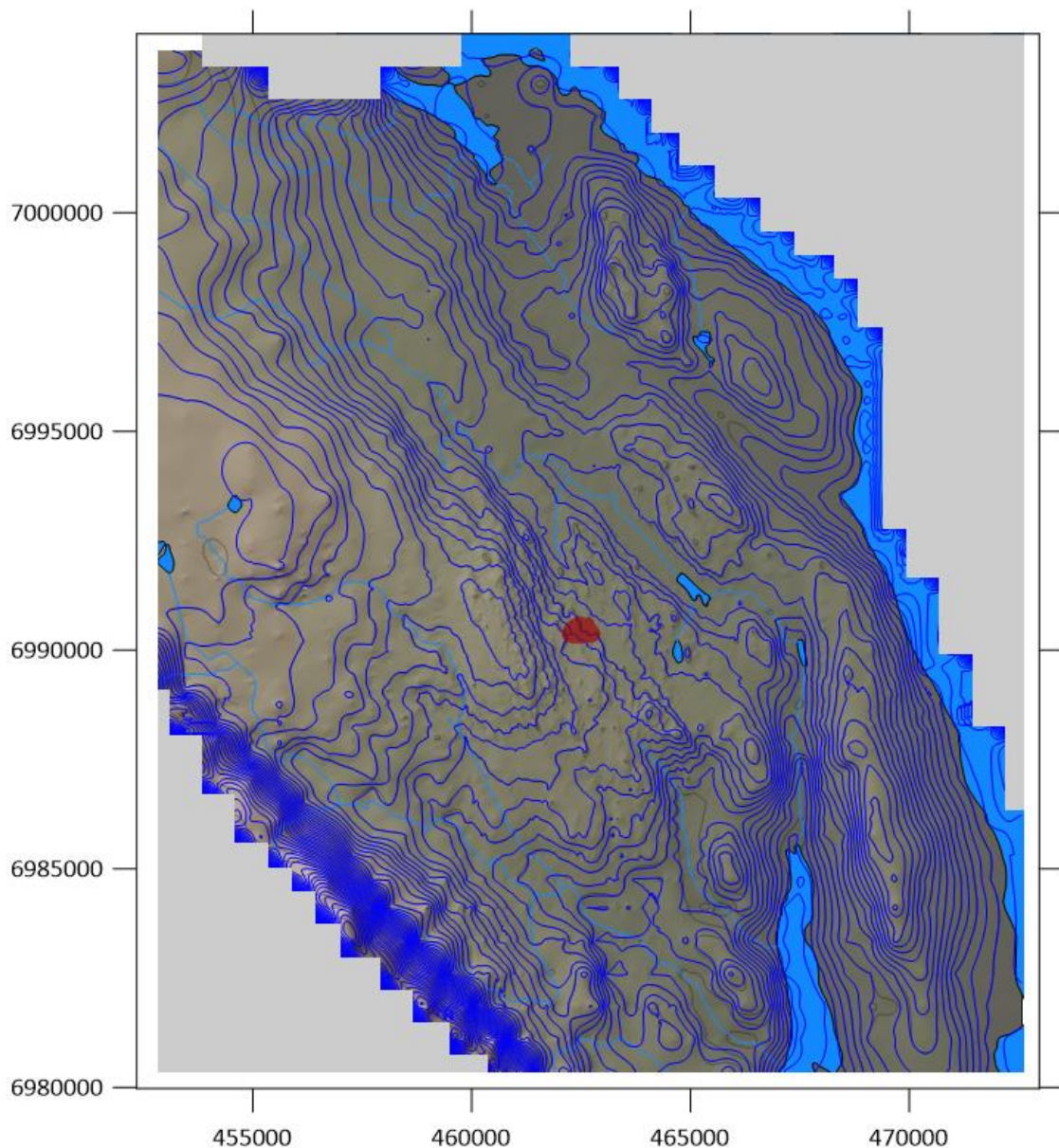
Resultatet av kalibreringen visas i Tabell 3. Ett bergborrhål uteslöts från kalibreringen (23DDHG094) eftersom det var en stor outlier jämfört med övriga värden. Vid punkten var de simulerade grundvattennivåerna flera meter över de uppmätta. Det kan till exempel bero på lokala variationer i bergets egenskaper som inte är inkluderade i modellen. Kalibreringen över området som helhet är däremot god och lokala variationer som kan ge upphov till outliern påverkar inte modellresultatet i stort.

Tabell 3. Resultat av kalibreringen med RMSE (Root Mean Square Error) och medelresidual (medelfel mellan uppmätta och simulerade grundvattennivåer). RMSE eftersträvas att vara så lågt som möjligt.

Kalibreringsfall	Naturlig-s4	Naturlig-s5	Naturlig-s6
RMSE	0,76	0,72	0,82
Medelresidual	0,4	0,3	0,002

3. Simulerade grundvattennivåer

De simulerade grundvattennivåerna är mycket lika för de tre kalibreringsfallen och följer topografin, se Figur 6. Grundvattennivåerna är i stora delar av området i eller nära markytan vilket är att vänta då det finns mycket våtmarker.



Figur 6. Simulerade grundvattennivåer för simulering naturlig-s4.

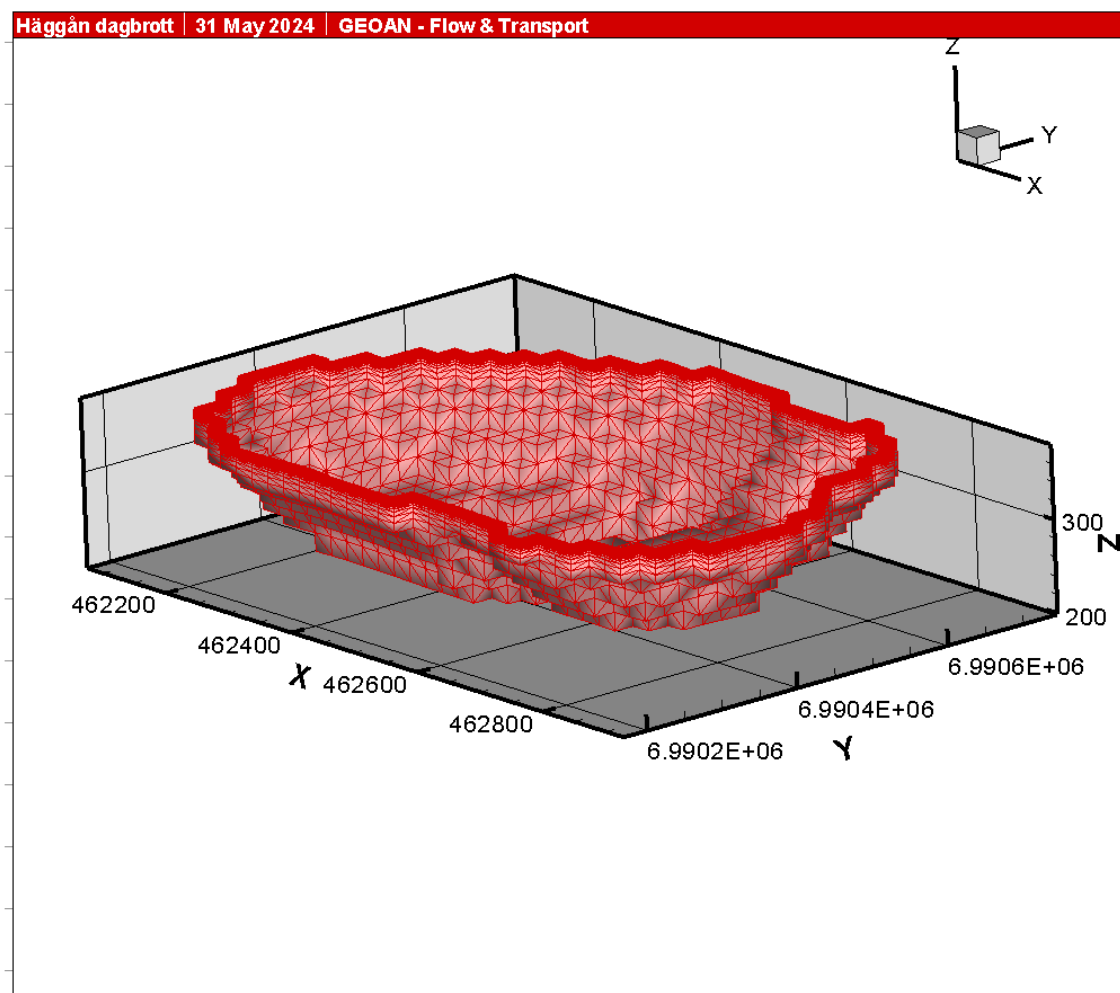
4. Simulering av påverkan vid dagbrotsbrytning

4.1 Metod

Det planerade dagbrottet är cirka 900 m långt, 630 m brett och som djupast 180 m. I Figur 7 visas dagbrottet så som det är representerat i modellen. I modellen är de beräkningsceller som

representerar dagbrottets volym ansatta som dränerande celler för att simulera den effekt ett dagbrott skulle ha på grundvattenflödet och den totala mängden grundvatten som flödar in i dagbrottet kan beräknas.

För att beräkna påverkansområdet för grundvattenavsänkning i scenariot med ett fullt utbrutet dagbrott beräknas skillnaden mellan de simulerade grundvattennivåerna med ett dagbrott och grundvattennivåerna för de naturliga kalibrerade fallen, utan dagbrott. Påverkansområdet har definierats som området med mer än 0,3 m avsänkning jämfört med naturliga förhållanden.



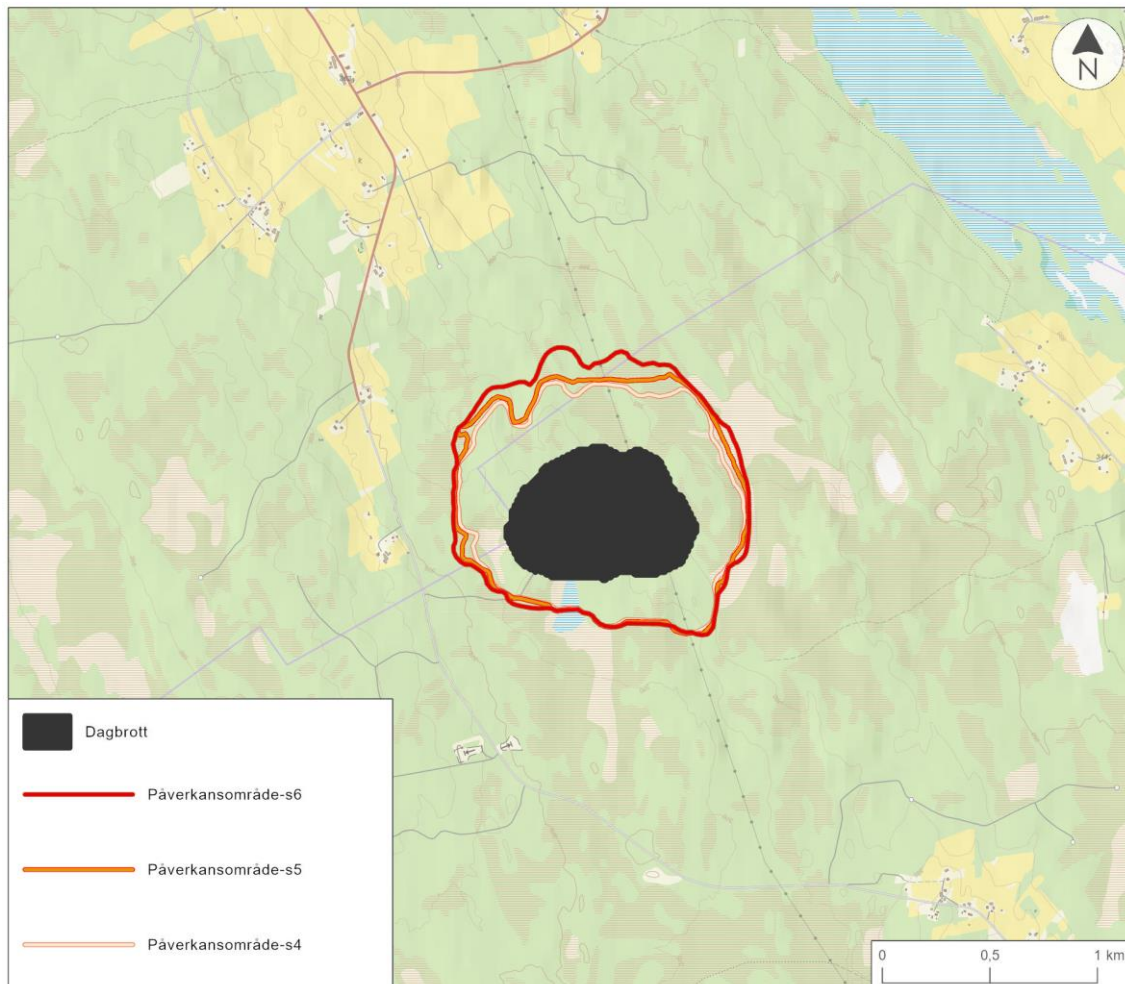
Figur 7. Dagbrottet i Häggån så som det är representerat i modellen.

4.2 Resultat

I Figur 8 redovisas påverkansområdet med $>0,3$ m grundvattenavsänkning jämfört med naturliga förhållanden för ett fullt utbrutet dagbrott. Påverkansområdet har beräknats för respektive kalibreringsfall där olika k -värden i morän och berg har använts som beskrivet i Tabell 1.

Från dagbrottets kanter i norr sträcker sig påverkansområdet cirka 300–450 m, i öst och väst cirka 250 m och i syd 200–250 m.

I Tabell 4 presenteras det beräknade inflödet av grundvatten till ett fullt utbrutet dagbrott för de tre kalibreringsfallen.



Figur 8. Påverkansområden med mer än 0,3 m grundvattenavsänkning vid fullt utbrutet dagbrott för de tre kalibreringsfallen.

Tabell 4. Grundvatteninflöde till fullt utbrutet dagbrott för de tre kalibreringsfallen.

Simulering	Dagbrott-s4	Dagbrott-s5	Dagbrott-s6
Inflöde av grundvatten till fullt utbrutet dagbrott	94 m ³ /h eller 0,82 Mm ³ /år	98 m ³ /h eller 0,86 Mm ³ /år	107 m ³ /h eller 0,93 Mm ³ /år

5. Referenser

Geosyntec Consultants AB, 2024. Fältrapport Hydrogeologi, Häggån, Bergs kommun, daterad 2024-06-14. Uppdragsnummer: SE2300368.

Rhen et al 2008. Hydrogeological conceptualisation and parameterisation. Site descriptive modelling SDM-Site Laxemar. SKB R-08-78.

SMHI 2024, <https://www.smhi.se/vader/mark-och-vatten/vattenbalans>

Stockholm 2024-06-28

Alexander Fors

Handläggare, Hydrogeolog

Fredrik Alderman

Kvalitetsgranskare, Senior Hydrogeolog

Bilaga 1

Formell matematisk modell och programkod

Grundvattenflödet är beräknat med en matematisk modell. Den upprättade formella modellen är en matematisk beskrivning av det studerade flödessystemet. Beskrivningen bygger på en kontinuumbeaktelse. Beskrivningen är tredimensionell.

Den formella modellen är baserad på ett numeriskt angreppssätt och upprättad i datorprogrammet Geoan (diskuteras i större detalj nedan). Geoan använder den finita differensmetoden för att numeriskt lösa den matematiska beskrivningen. Det studerade modellområdet indelas i beräkningsceller, som kan vara av olika storlekar. Egenskaper hos det studerade systemet som är skalärer (tex tryck, porositet och salinitet) definieras i cellernas centrum, men riktighetsberoende egenskaper (tex hydraulisk konduktivitet och flöde) definieras eller beräknas för cellernas väggar.

Den grundläggande ekvationen för mättat grundvattenflöde, som löses i Geoan, baseras på Darcys lag och har följande form när densitetseffekter inkluderas:

Ekvation **Error! No text of specified style in document.**-1

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\rho_d}{\rho_0} K_{x0} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\rho_d}{\rho_0} K_{y0} \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\rho_d}{\rho_0} K_{z0} \frac{\partial (p + z \rho_F)}{\partial z} \right) - V_F = Ss \frac{\partial p}{\partial t}$$

p = Pressure, defined in meters of fresh water at a reference temperature [m]

k = Permeability [m^2]

K_{x0} , K_{y0} , K_{z0} = Hydraulic conductivity considering fresh water at a given reference temp. [m/s]

ρ_d = Density of water with dissolved components at a given temperature [Kg/m^3]

ρ_0 = Density of fresh water at a given reference temperature [Kg/m^3]

ρ_F = Density factor (dimensionless, 1=density of fresh water) [-]

z = Elevation [m]

V_F = Volumetric flow (flow per unit volume), specified inflow and outflow of water [s^{-1}]

Ss = Specific storage of flow medium [m^{-1}]

t = Time [s]

Härledningen av ekvationen ovan från Darcys lag är välkänd, se t.ex. Bear and Verruit (1987), eller Geoan Users Guide (Holmén, 2022). Ekvationen, tillsammans med randvillkor, initialvillkor och parametervärden, bildar en matematisk representation av det studerade systemet. Analytiska lösningar för den ovan beskrivna matematiska representationen förekommer endast för mycket enkla system, därför används numeriska modeller (som t.ex. Geoan).

Ekvationen ovan löses med hjälp av finita differenser. Den finita differensmetoden och programkoden Geoan är översiktligt presenterade i Holmén (1992) och Holmén (1997). För en detaljerad presentation av Geoan-koden hänvisas till Geoan Users Guide (Holmén, 2017).

Geoan är en numerisk modell för beräkningar av grundvattenpotential, flöde, hastighet och transport i tre dimensioner liksom ytvattenflöden och hastighet på ytvattenflödet. Geoan kan dessutom hantera transport av lösta ämnen och densitetsberoende flöde (tex saltvatteninträning). Vidare kan även temperaturer och permafrost inkluderas en Geoan-modell.

En Geoan-modell inkluderar således både grundvattenflöde och ytvattenflöde. Nivån på grundvattenytan och storleken på in- och utströmningsområden, samt storleken på den lokala grundvattenbildningen, beräknas i modellen på basis av topografi, genomsläpplighet, avrinning och det studerade systemets tillstånd (stationärt eller transient).

Med hjälp av en beräkningsmodul som analyserar flödesvägar kan programmet beräkna flödesvägar som är kontinuerliga i både grundvatten- och ytvattensystemen. I modellen kan flödesvägarna alternera mellan båda systemen (ytvatten och grundvatten) beroende på systemet som studeras.