



Järnvägsutredning

Västkustbanan delen Varberg–Hamra



Delrapport Hydrogeologi



HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR
JÄRNVÄGSUTREDNING AVSEENDE
VÄSTKUSTBANAN, DELEN VARBERG-HAMRA

Beställare: Scandiaconsult Sverige AB
Uppdragsnamn: Hydrogeologiska undersökningar för järnvägsutredning
Västkustbanan, delen Varberg-Hamra

Uppdragsnummer: 0107-032-036

Datum: 2002-01-25, rev. 2002-02-26

Distribution:	Scandiaconsult Sverige AB	(1 ex)
	Banverket	(3 ex)
	Jordmiljö Nordic AB	(1 ex)

HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR FÖR JÄRNVÄGSUTREDNING AVSEENDE VÄSTKUSTBANAN, DELEN VARBERG – HAMRA

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	3
1 INLEDNING	4
1.1 VÄSTKUSTBANAN – STRÄCKAN VARBERG-HAMRA	4
1.2 UPPDRAGETS SYFTE OCH GENOMFÖRANDE	4
2 GENOMGÅNG AV TIDIGARE HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR	5
3 IDENTIFIERING AV HYDROGEOLOGISKA RISKER	6
4 GENOMFÖRDA KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR.....	6
4.1 PROGRAM.....	6
4.2 REVIDERING AV GRUNDEVATTENBILDNING	7
4.3 KARTLÄGGNING AV GRUNDEVATTENNIVÅER.....	8
4.4 GENOMFÖRD PROVPUMPNING	9
5 ANALYS AV BYGGNADSTEKNISKA FÖRUT- SÄTTNINGAR.....	11
5.1 JORD.....	11
5.2 BERG	13
5.3 HYDROGEOLOGI.....	14
6 GRUNDEVATTENMODELLERING OCH HYDROGEOLOGISK ANALYS.....	15
6.1 TIDIGARE GENOMFÖRDA GRUNDEVATTENMODELLERINGAR	15
6.2 KOMPLETTERING AV INDATA TILL GRUNDEVATTENMODELL.....	16
6.3 UPPBYGGNAD AV NUMERISK GRUNDEVATTENMODELL	17
6.4 KALIBRERING AV MODELLEN	18
6.5 SIMULERING AV INLÄCKAGE FÖR RESPEKTIVE TUNNELALTERNATIV	19
6.6 BEGRÄNSNINGAR I UTFÖRD MODELLERING	19
6.7 REKOMMENDATIONER FÖR MODELLERING I KOMMANDE UNDERSÖKNINGAR	20
7 ANALYS AV BYGGNADSTEKNISKA KONSEKVENSER OCH FÖRSLAG TILL SKYDDSÅTGÄRDER	21
7.1 JORD.....	21
7.2 BERG	22
7.3 HYDROGEOLOGI.....	23
8 REKOMMENDATIONER FÖR KOMMANDE UNDERSÖKNINGAR	27

REFERENSER

BILAGEFÖRTECKNING

- Bilaga 1:** Översiktskarta.
- Bilaga 2.1:** Jordarter och hydrologi. Plan.
- Bilaga 2.2:** Sektioner.
- Bilaga 3:** Järnvägsprofiler.
- Bilaga 4:** Bedömning av projektrisker.
- Bilaga 5.1:** Grundvattenbildning, ursprungsvärden.
- Bilaga 5.2:** Grundvattenbildning, kalibrerade värden.
- Bilaga 6.1:** Mätpunkter och grundvattnets strömningsförhållanden.
- Bilaga 6.2:** Utvärdering av "slug test".
- Bilaga 7.1:** Mätpunkter för provpumpning.
- Bilaga 7.2:** Borrhålsrapport för bergborrade brunnar.
- Bilaga 8.1:** Provpumpningsrapport.
- Bilaga 8.2:** Utvärdering av provpumpning.
- Bilaga 9:** Byggnadsteknisk inventering i centrala Varberg.
- Bilaga 10:** Område för grundvattenmodellering.
- Bilaga 11:** Beräknade grundvattenavsänkningar.
- Bilaga 12.1:** Modellerade avsänkningar. Alternativ SMTÖ.
- Bilaga 12.2:** Modellerade avsänkningar. Alternativ CT.
- Bilaga 13:** Vattenläckage till tunnel vid tätad bergmassa.

Beställare:

Scandiaconsult Sverige AB, Carl-Johan Boke

Uppdragsledare:

Tekn. dr Piotr Kozakowski
Jordmiljö Nordic AB

Handläggare:

Tekn. dr Per Sander
Scandiaconsult Sverige AB

Granskare:

Fil. mag. Sander Anfinset
Jordmiljö Nordic AB

SAMMANFATTNING

Under 1998 genomförde Scandiaconsult Sverige AB (SCC) förprojektering av Västkustbanan, delen Varberg-Hamra samt Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) för sträckningen Stadsmiljötunnel östligt läge (SMTÖ). Under detta arbete genomfördes bl.a. hydrogeologiska undersökningar med primärt syfte att ta fram underlag för kostnadsberäkningar för implementering av skyddsåtgärder mot oacceptabel påverkan på grundvattenförhållanden i samband med utförandet av den aktuella sträckan av Västkustbanan.

I samband med införandet av Miljöbalken vid årsskiftet 1998/1999 beslutades att projektet skulle följa den nya lagstiftningen. Detta resulterade i en förstudie som genomfördes under 1999/2000. Länsstyrelsen i Hallands län bedömde utifrån materialet i förstudien att projektet kan antas ge upphov till betydande miljöpåverkan.

Jordmiljö Nordic AB har fått i uppdrag av Scandiaconsult Sverige AB att utföra kompletterande hydrogeologiska undersökningar i syfte att belysa aspekterna av miljöpåverkan inom ramen för järnvägsutredningen som omfattar två alternativa sträckningar SMTÖ och Centrumtunnel (CT).

Identifiering och bedömning av projektrisker inom teknikområden hydrogeologi har genomförts för undersökta sträckningarna. För samtliga riskaspekter har sannolikheter och konsekvenser uppskattats. Åtgärder har föreslagits för att reducera risker och eliminera oönskade konsekvenser. Alternativen SMTÖ respektive CT har bedömts ur hydrogeologisk synpunkt som relativt lika. Genom att alternativ CT ligger längre från havet är dock risken för saltvatteninträngning mindre i detta alternativ.

En hydrogeologisk modell har byggts upp och kalibrerats med nuvarande strömningsförhållanden. Modellen har gett möjlighet att prognostisera grundvattensänkningar för ett antal olika ansatta täthetskrav för bergtunnel.

Olika inläckage har simulerats i olika sektioner och avsänkingsdata har genererats. Ett stort antal varianter har diskuterats och testats inom ramen för denna utredning. Hydrogeologiska undersökningar har resulterat i differentiering av täthetskrav längs tunnelsträckningen från ca 1 till 4 l/min och 100 m tunnel för båda undersökta alternativ (SMTÖ och CT).

Genomförda simuleringar vid ansatta täthetskrav har visat att den maximala avsänkningen av grundvatten begränsas till ca 2 m i Varbergs centrum och till ca 4 m vid den södra delen av bergtunnel. Avsänkningen har en lokal utbredning och på avstånd av ca 500 m minskar avsänkningen till ca 1 m. Mot bakgrund av genomförd analys förhindrar ansatta täthetskrav oönskade konsekvenser i form av påverkan på grundläggning av byggnader och täthetskrav anses vara väl tilltagna.

1 INLEDNING

1.1 VÄSTKUSTBANAN – STRÄCKAN VARBERG-HAMRA

Lokaliseringsstudier avseende Västkustbanans sträckning genom Varberg påbörjades i slutet på 1980-talet. En översiktlig utredning för norra delen av Västkustbanan (VKB 86) slutfördes år 1988.

En banutredning tillsattes 1992 för att studera Västkustbanans sträckning genom Varberg. Tre olika principalternativ studerades, befintlig sträckning, tunnel under staden och en sträckning öster om staden. De olika principalternativen bestod dessutom av olika sträckningar.

Under åren 1993-1996 genomfördes ett antal kompletterande studier, utredningar och samrådsdiskussioner. Två av de studerade sträckningarna utgör de alternativ som utvärderas i denna järnvägsutredning: Stadsmiljötunnel östligt läge (SMTÖ) och Centrumtunnel (CT).

Under 1998 genomförde Scandiaconsult Sverige AB (SCC) förprojektering samt miljökonsekvensbeskrivning (MKB) för sträckningen SMTÖ. Under detta arbete genomfördes bl.a. hydrogeologiska undersökningar med primärt syfte att ta fram underlag för kostnadsberäkningar för implementering av skyddsåtgärder mot oacceptabel påverkan på grundvattenförhållanden i samband med utförandet av den aktuella sträckan av Västkustbanan.

I samband med införandet av Miljöbalken vid årsskiftet 1998/1999 beslutades att projektet skulle följa den nya lagstiftningen. Detta resulterade i en förstudie som genomfördes under 1999/2000. Länsstyrelsen i Hallands län bedömde utifrån materialet i förstudien att projektet kan antas ge upphov till betydande miljöpåverkan.

1.2 UPPDRAGETS SYFTE OCH GENOMFÖRANDE

Jordmiljö Nordic AB (JMN) har fått i uppdrag av SCC att utföra hydrogeologiska undersökningar enligt ett program i Lägesrapporten [Jordmiljö 2001-06-12]. Hydrogeologiska undersökningar har genomförts i syfte att belysa aspekterna av miljöpåverkan inom ramen för järnvägsutredningen.

Järnvägsutredningen skall ligga till grund för Banverkets beslut om lämplig lösning för utbyggnad av dubbelspår genom Varberg samt utgöra underlag för regeringens tillåtlighetsprövning av den valda lösningen. Järnvägsutredningen skall behandla och belysa såväl järnvägs- och trafiktekniska som ekonomiska och miljömässiga konsekvenser.

Hydrogeologiska undersökningar är ofta avgörande för val av lämpliga tekniska lösningar som t.ex. skyddsåtgärder för vattentäkter, känsliga byggnader och anläggningar.

2 GENOMGÅNG AV TIDIGARE HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR

Vid tidigare utredningar av olika alternativ till Västkustbanans sträckning genom Varberg (fram till år 1998) förekom ej hydrogeologiska undersökningar och specifikt hydrogeologiskt material från det aktuella området fanns i mycket begränsad omfattning.

Konsultutredningarna, som genomförts av KM, J&W och Petro Bloc AB, har framförallt varit inriktade på olika tunnelalternativ. I de tidigare utredningarna har bl.a. seismiska undersökningar, borrhänskarteringar och undersökningsborrningar genomförts. Petro Bloc AB installerade i en tidigare utredning, 4 st grundvattenrör i berg.

I förprojekteringskedet (under 1998) av Västkustbanan, delen Varberg - Hamra, genomfördes en hydrogeologisk analys av Scandiaconsult Bygg och Mark AB i Göteborg [SCC 1998-12-18a].

Tidigare undersökningarna studerades och relevant information om t.ex. sprickzoner, sprickorientering och jorddjup fördes över till den hydrogeologiska utredningen. De befintliga brunnarnas data och egenskaper analyserades. Information från SGU:s brunnsarkiv om brunnarnas läge, jorddjup kapacitet m.m. tillfördes också den hydrogeologiska modellen.

Fältarbete och installation av grundvattenrör utfördes enligt ett hydrogeologiskt fältprogram daterat 1998-04-14. Inom området har totalt 24 st 2" grundvattenrör installerats varav 20 st i jord och 4 st i berg. Vid installation av grundvattenrör har inom området utförts trycksonderingar i 17 punkter, jord- och bergsonderingar i 4 punkter samt upptagning av störda jordprover i 20 punkter och ostörda jordprover i 2 punkter.

De störda jordproverna analyserades på geotekniskt laboratorium med avseende på jordart och vattenkvot. Kornstorleksfördelning fastställdes på 30 jordprover. De ostörda jordproverna analyserades även med avseende på densitet, skjuvhållfasthet och sensitivitet.

Enligt fältprogrammet installerades också två brunnar för genomförandet av propumpningar i närheten av en stor sprickzon i berget samt längs tunnelns djupaste sträckning. Brunnarna utfördes med diameter 140 mm.

Kompletterande fältarbete och installation av grundvattenrör utfördes enligt ett fältprogram daterat 1998-10-22. Inom området installerades ytterligare 4 st. 2" grundvattenrör varav 3 st. i jord och 1 st. i berg.

Den genomförda hydrogeologiska analysen omfattade följande delmoment:

- beskrivning av nuvarande hydrogeologiska och geologiska förhållanden,
- värdering av påverkan på strömningsförhållanden och framtagning av förslag till skyddsåtgärder mot oacceptabel påverkan på strömningsförhållanden,
- analys av vattenbalans, särskilt beaktande av grundvattenbildningen,
- utredning av akviferens hydrauliska egenskaper genom provpumpning i en brunn,
- uppbyggnad av hydrogeologisk modell,
- genomförande av grundvattensimuleringar för bedömning av maximalt tillåtet inläckage till tunneln,
- framtagning av förslag till kompletterande undersökningar och kommande grundvattensimuleringar.

3 IDENTIFIERING AV HYDROGEOLOGISKA RISKER

Identifiering och bedömning av projektrisker inom teknikområden hydrogeologi och förorenad mark har genomförts [Jordmiljö 2001-08-27, se bilaga 4]. Följande riskaspekter har analyserats:

- risk för grundvattensänkning,
- risk för skador på grundläggning,
- risk för migration av föroreningar i mark,
- risk för saltvatteninträngning och korrosionsrisk,
- risk för påverkan på växlighet,
- risk för påverkan på befintliga brunnar.

För samtliga riskaspekter har sannolikheter och konsekvenser uppskattats. Åtgärder har föreslagits för att reducera risker och eliminera oönskade konsekvenser. Föreslagna åtgärder bedöms som genomförbara och föreliggande hydrogeologiska undersökningar skall ge underlag för bedömning av dess omfattning och förknippade kostnader inom ramen för järnvägsutredning.

4 GENOMFÖRDA KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR

4.1 PROGRAM

För att ta fram ett tillfredsställande hydrogeologiskt underlag till miljökonsekvensbeskrivning för järnvägsutredning vilken kommer att ligga till grund för regeringens tillåtlighetsprövning har kompletteringar angående teknikområdet hydrogeologi genomförts.

Följande kompletteringar har genomförts enligt programmet i Lägesrapporten [Jordmiljö 2001-06-12]:

- inventering och funktionskontroll av samtliga tidigare installerade mätpunkter (observationsrör, brunnar och peglar),
- installering av nya observationsrör,
- mätningar av grundvattennivåer i befintliga och nya mätpunkter,
- genomförande av provpumpning i en befintlig bergborrad brunn,
- komplettering av ingångsdata till grundvattenbildningen med avseende på läckage till befintliga dräneringar och dagvattensystem,
- genomgång samt testsimulering av den tidigare uppbyggda i GMS (Groundwater Modeling System) grundvattenmodellen,
- revidering av konceptuell grundvattenmodell,
- kalibrering av grundvattenmodellen mot inmäta grundvattennivåer och kompletterande ingångsdata,
- simulering av inläckage för de aktuella tunnellsöningar i den kalibrerade grundvattenmodellen med avseende på optimering av täthetskrav,
- hydrogeologisk analys och framtagning av lämpliga skyddsåtgärder,
- underlag för kostnadsberäkningar för utförande av hydrogeologiska skyddsåtgärder,
- underlag för komplettering och justering av tidigare upprättad MKB.

4.2 REVIDERING AV GRUNDVATTENBILDNING

Vattenbalansen och särskilt grundvattenbildningen är av central betydelse vid analys av hydrogeologiska förhållanden i ett avrinningsområde.

Nederbörden (regn, snö) mäts kontinuerligt över året vid två mätstationer dels i östra delarna av Varberg och dels ett par mil in i landet. Årsmedelvärdet för nederbörden i det aktuella avrinningsområdet ligger på ca 710 mm/år och avdunstningen på ca 340 mm/år. Detta medför att nettonederbörden (skillnaden mellan nederbörden och den totala avdunstningen) ligger på ca 370 mm/år.

Nettonederbörden fördelas på grundvattenbildning, vattenuttag från vattentäkter samt avrinning till vattendrag, dagvattensystem och direkt till havet.

I förprojekteringskedet av Västkustbanan, delen Varberg – Hamra [SCC 1998-12-18a], genomfördes en inventering i fält av bebyggelse typer och typ av markytorna inom ytavrinningsområde som till största delen omfattade Varbergs tätort. Den möjliga grundvattenbildningen inom de inventerade ytorna beräknades ligga i ett intervall från ca 55 till ca 330 mm/år. Den framtagna grundvattenbildningen tog inte hänsyn till befintliga dränerings- och dagvattensystem som kan minska grundvattenbildningen.

För att revidera grundvattenbildningen har analys av befintligt ledningsnät genomförts med avseende på dränvattenavrinning inom det aktuella avrinningsområdet. Enligt uppgifter erhållna från Varbergs kommun är ledningsnätet inom detta område fördelat på följande sätt:

1. Spillvattensystem: ledningar ≤ 500 mm med total längd på ca 52 100 m, ledningar ≥ 500 mm med total längd på ca 6 800 m.
2. Dagvattensystem: ledningar ≤ 500 mm med total längd på ca 40 300 m, ledningar ≥ 500 mm med total längd på ca 12 200 m.

De omfattande spill- och dagvattensystem kan generera stora läck- och dräneringsflöden in i ledningsnätet. Det saknas underlag (t.ex. mätningar av dräneringsflöden) för beräkning av respektive flöden. I litteratur [VAV 1976, 1993, 1997] anges att årsmedelvärdet för dränvattenavrinningen normalt kan sättas till 0.03-0.05 l/s*ha som motsvarar ca 90-160 mm/år.

Infiltrationsytor inom Varbergs tätort har analyserats med hänsyn till möjlig dränvattenavrinning och grundvattenbildning har reducerats i motsvarande grad. Ytterligare justering av grundvattenbildningen har genomförts i samband med kalibrering av grundvattenmodellen (se kapitel 6.4). Det är troligt att grundvattenbildningen till berg i stora delar av modellområdet är mycket begränsad. Slutligt resultat av modellkalibrering visar också att den troliga grundvattenbildningen till berg inom det aktuella området varierar mellan 30 – 80 mm/år (se bilaga 5.2).

4.3 KARTLÄGGNING AV GRUNDVATTENNIVÅER

Under sommaren 2001 genomfördes inventering och funktionskontroll av samtliga tidigare installerade mätpunkter (observationsrör, brunnar och peglar). Totalt kontrollerades 32 st. mätpunkter. Två observationsrör återfanns inte, ett rör blev skadat och åtta rör befanns vara ur funktion. Utförd renovering återställde funktion i sju grundvattenrör som kunde utnyttjas för fortsatt mätning av grundvattennivåer.

Vid funktionskontroll genomfördes "slug test" i ett antal grundvattenrör (se bilaga 6.2) för att utvärdera jordakviferens hydrauliska egenskaper.

Beräkningar av hydraulisk konduktivitet har genomförts enligt Hvorslev's metod som har gett följande resultat:

$$K = (0.3 - 5.2) * 10^{-6} \text{ m/s.}$$

Den hydrauliska konduktiviteten är relativt låg och indikerar att akviferen är uppbyggd med lager av siltig sand och siltig sandig morän.

I samband med kompletterande geotekniska och bergtekniska undersökningar för alternativ CT installerades tre nya observationsrör i berg.

Mätningar av grundvattennivåer i samtliga mätpunkter genomfördes vid två tillfällen (2001-08-07 och 2001-12-12).

Kartläggning av grundvattennivåer samt strömningsförhållanden är av grundläggande betydelse för bedömning av hydrogeologiska förutsättningar inom ett område. Med utgångspunkt från genomförda observationer av grundvattenstånd har grundvattnets strömningsförhållande åskådliggjorts i form av en karta som visas i bilaga 6.1.

Grundvattenytan visar en tydlig gradient mot havet. I den centrala delen av det aktuella området strömmar grundvatten från öst till väst fram till fyllnadsmassor med en relativt stor gradient på ca 1/50. I fyllnadsmassorna strömmar grundvatten med en betydligt mindre gradient på ca 1/200.

4.4 GENOMFÖRD PROVPUMPNING

Under sommaren 1998 i förprojekteringskedet [SCC 1998-12-18a] installerades två bergborrade brunnar för genomförande av propvpumpningar. Propvpumpningar planerades för att utvärdera hydrauliska förbindelser mellan olika observationsbrunnar i berg och observationsrör i jord, samt för att bestämma hydrauliska egenskaper i berg.

Brunnarna lokaliserades vid en omfattande sprickzon i berget samt längs tunnelns djupaste sträckning (se bilaga 7.1). Sprickzonen identifierades genom bergtekniska undersökningar som omfattade refraktionsseismik, jordbergsonderingar och kärnbörning [Petro Bloc 1998-09-04].

Brunnarna utfördes med diameter på 140 mm och med totalt djup på ca 30 m (se borrhålsrapport i bilaga 7.2). Brunnen 98277007 vid Sparbanken (se bilaga 7.1) borrhades ca 12 m i jord och ca 17 m i berg samt brunnen 98277006 i Brunnsparken borrhades ca 9 m i jord och ca 21 m i berg.

Vid börning av brunnarna återfanns ungefär 3 m lera direkt på eller strax ovan bergöverytan, och under den 4-5 m mäktiga överlagrande sanden (se bilaga 2.2). Detta lerlager bedöms lokalt ha stor utbredning (se också kapitel 5.1). Leran begränsar det läckage som kan ske från jord- till bergakviferen.

Propvpumpning av brunnen vid Sparbanken utfördes under hösten 1998 och utvärdering av propvpumpningen redovisades i en rapport [SCC 1998-12-18a]. Erhållna resultat visade på en mycket heterogen bergakvifer med sprickzoner som karakteriserades av varierande och relativt hög hydraulisk konduktivitet vilken ligger i följande intervall:

$$K = (0.3 - 2.1) \cdot 10^{-5} \text{ m/s.}$$

Under hösten 2001 genomfördes ytterligare en propvpumpning i den andra bergborrade brunnen i Brunnsparken som jämförelse med erhållna resultat under första propvpumpningen.

Vid uppstart av provpumpning har ras i borrhål förekommit och orsakat pumpstopp vid två tillfällen. Ett filter har installerats i borrhålet. Provpumpningen startades om för tredje gången den 12 november 2001 med en kapacitet på ca 30 l/min (se provpumpningsrapport i bilaga 8.1).

Efter ca sju timmars pumpning sjönk avsänkning i brunnen från ca 13 m till drygt 19 m under en kort tid som indikerade att akviferen tömdes med pumpkapacitet större än tillrinning av grundvatten till brunnen. Pumpkapacitet sänktes till ca 11.5 l/min och avsänkning i brunnen återhämtade sig med en stabilisering på drygt 6 m (se bilaga 8.1). Pumpningen stoppades den 26 november 2001 och mätningar av återhämtningsförlopp genomfördes.

Både avsänkings- och återhämtningsförlopp har utnyttjats för analys av hydrauliska egenskaper hos bergakvifer.

Vid provpumpningen kunde konstateras en tydlig påverkan i observationsrör vid Sparbanken på ca 195 m avstånd från pumpbrunnen. I observationsrör vid Stadshotellet (på ca 115 m avstånd) och vid kyrkan (på ca 90 m avstånd) var påverkan mindre. Detta kan förklaras av att dessa senare observationsrör har en mindre god kontakt med sprickor i berget (berggrundsakviferen) och samtidigt god hydraulisk förbindelse med jordakviferen. Den markerade påverkan vid Sparbanken beror sannolikt på att dessa observationsrör har god förbindelse med vattenförande sprickor, som i sin tur har god hydraulisk förbindelse med pumpbrunnen.

Avsänkingsförloppet har analyserats enligt Theis och återhämtningen enligt Theis & Jacob (se bilaga 8.2). I tabellen nedan ges översikt över värden på hydrauliska konduktiviteten (K, m/s):

Brunn eller observationsrör	Avsänkning enligt Theis	Återhämtning enligt Theis & Jacob
	K [m/s]	K [m/s]
Pumpbrunn 98277006	$1.4 \cdot 10^{-6}$	$1.5 \cdot 10^{-6}$
GW 277033	$2.6 \cdot 10^{-6}$	$1.5 \cdot 10^{-6}$
Brunn 98277007	$9.8 \cdot 10^{-6}$	$1.5 \cdot 10^{-6}$
GW 277 010	$8.9 \cdot 10^{-6}$	-
Kbh 1	$9.9 \cdot 10^{-6}$	-

Det kan konstateras att värden som har bestämts för avsänkingsförloppet respektive återhämtningsförloppet ger relativt väl överensstämmande resultat och bekräftar bergakviferens varierande hydrauliska egenskaper. Resultatet indikerade ett öppet och delvis starkt vattenförande spricksystem i berget som kommer att kräva noggrann planering av injekterings insatser i form av kontinuerlig förinjektering.

5 ANALYS AV BYGGNADSTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

5.1 JORD

Geotekniska undersökningar av jordlagerförhållanden genomfördes under 1998 i förprojekteringsskedet av Västkustbanan, delen Varberg-Hamra [SCC 1998-09-04]. Kompletterande undersökningar utfördes av Tyréns Infrakonsult AB under hösten 2001.

Beskrivningen av jordlagerförhållanden har delats upp i tre delområden. Områdesindelningen sammanfaller med redovisade ytavrinningsområden enligt bilagd karta Jordarter och hydrologi (se bilaga 2.1). Kartan redovisar även alternativen SMTÖ respektive CT.

Område A avgränsas i norr av utredningsområde och omfattar sedan sträckan söderut ned till lokstallet på bangården. Område B omfattar hela Varbergs innerstad från lokstallet och söderut fram till Västkustvägen. Område C omfattar resterande del av utredningsområdet.

Förhållanden i område A

I område A domineras de lösa avlagringarna av sand i markytan. I bebyggda områden är sanden ofta ersatt med fyllnadsmaterial. Under sanden förekommer i vissa delar av området ett lerlager. Generellt är lerans mäktighet som störst i avrinningsområdets norra och västra delar. Mellan leran och berget ligger ett moränlager med varierande mäktighet. Berget går i dagen framförallt i avrinningsområdets sydöstra delar.

Moränen tillhör de komplexa bildningarna "Hallands kustmoräner" som återfinns som randbildningar utsträckta i riktning från nordväst till sydöst. Dessa moräner ger landskapet ett tvättbrädeliknande utseende.

Markytans nivå ligger mellan +2 och +3 m ö h med undantag för fastmarkspartiet strax norr om Getteröbron där nivåer uppemot +8 m ö h förekommer.

Längst norrut är lerdjupen större än 30 m. Jorddjupen minskar successivt mot fastmarkspartiet norr om Getteröbron, där berget går i dagen. Mot söder ökar åter djupet till berg och i höjd med Getteröbron har ett jorddjup av 25 à 30 m konstaterats.

I anslutning till den befintliga deponin (ej i drift) har organiska jordlager påträffats i ytlagren. Söder om fastmarkspartiet innehåller leran skikt av silt och sand. I övergången mellan lerområden och fastmarkspartiet förekommer lager med silt och sand.

Från Getteröbron och söderut ned till där Boråsbanan lämnar bangården är djupet till berg mellan 15 och 25 m. Under ytlager av fyllning och sand består jorden huvudsakligen av siltig lera ner till ca 10 m djup. Därunder följer ett relativt mäktigt lager av silt och sand.

Mellan där Boråsbanan och Industrispåret lämnar bangården minskar djupet till berg från ca 20 m till ca 5 m. Vidare söder ut ned till gränsen för område A varierar jorddjupet mellan 5 och 10 m.

Där jorddjupen är mindre än 5 m består jordlagren huvudsakligen av sand. Sanden har påförts fyllning av varierande slag, mestadels av friktionsjord (sannolikt morän). Där jorddjupen är större än 5 m förekommer under fyllning och sandlager ett relativt mäktigt lager av siltig lera. Leran innehåller skikt av sand.

På vissa platser har föroreningar konstaterats i de ytliga jordlagren [Jordmiljö 2002-01-16].

Förhållanden i område B

I område B utgörs de naturliga jordarna i markytan av sand. Stadens anläggningar och bebyggelse har medfört att de övre marklagren ofta har påförts ytterligare ett lager med fyllnadsmaterial. Fyllnadsmaterialet utgörs ofta av friktionsmaterial. Friktionsmaterialet består vanligtvis av morän.

Berget går i dagen på ett par platser i området. I anslutning till dessa platser är moränen mäktigare än normalt. I område B är den "normala" jordlagerföljden liksom i område A sand eller fyllnadsmaterial i översta marklagret. Under detta följer ett lerlager som dock inte återfinns över hela området. Under leran vilar ett lager morän närmast berget. Mäktigheten på moränen varierar men ligger vanligen från ca 0,3-1,5 m. I anslutning till berg som går i dagen kan mäktigheten öka till ca 2,0 m.

Inom det aktuella området finns ett lerlager som utgörs av halv fast till mycket fast sandig siltig lera. Aktuellt lerlager är enligt tidigare utförda undersökningar överkonsoliderad med 30 till 50 kPa. Lerans mäktighet och utbredning kan generellt sägas vara störst i de lägre partierna utmed den planerade bansträckningar. Högre upp i terrängen minskar lerlagrets mäktighet eller försvinner helt.

Det största djupet till berg, ca 15 m, har konstaterats vid befintlig stationshus. I detta område visar utförda undersökningar att lerans mäktighet uppgår till cirka 8 m. Därifrån stiger bergnivån i sydlig riktning och vid Engelska parken ligger berget 2 till 5 m under markytan. Kring Borgmästargatan har 14 m djup till berg konstaterats, vilket är nära tunnelns tak för alternativet CT. Jordlagren utgörs där av friktionsjord bestående av siltig sand och sandmorän.

Kring kvarteret Prosten där jorddjupet varierar mellan 5 och 10 m ligger konstaterad bergnivå relativt nära den planerade tunnelns tak för alternativ SMTÖ. I jordlagerprofilen återfinns ett 4 till 5 m mäktigt lerlager.

På övriga delar av sträckningen genom stadsbebyggelsen, fram till Västkustvägen, är bergtäckningen över tunneln relativt stor och förekommande jordlager har i utförda undersökningspunkter en mäktighet på maximalt ca 5 m. Jordlagren längs denna del av sträckan utgörs i utförda provtagningspunkter av friktionsjord bestående av sand med grus- och siltinnehåll.

Förhållanden i område C

I de norra delarna av området är jordtäcket i huvudsak relativt tunt men som ställvis kan vara betydligt mäktigare. Jordtäcket består av sand som ibland underlagras av morän. Moränens mäktighet varierar från ca 0,3 - ca 10 m. Söder och sydöst om påslaget sluttar marken ner mot de lägre liggande partierna i området. I de lägre områdena ligger ett relativt tunt sandlager på mäktigare lerlager (uppemot 15 m). På en del platser saknas sanden i markytan och leran utgör här det ytligaste jordlagret. Jorddjupen i de lägre liggande partierna ligger på uppemot 15-20 m.

Ute på den plana åkermarken varierar jorddjupen mellan 5 och 15 m. Ner till 2-3 m under markyta består jorden av omväxlande sand och torrskorpelera och därunder halvfast siltig lera som innehåller skikt av sand och skaljord. Lerans odränerade skjuvhållfasthet varierar mellan 25 och 40 kPa och dess överkonsolidering till minst 30 kPa och oftast större än 50 kPa.

5.2 BERG

Bergtekniska undersökningar av berggrunden genomfördes under 1998 i förprojekteringsskedet av Västkustbanan, delen Varberg-Hamra [Petro Bloc 1998-09-04]. Kompletterande undersökningar utfördes av Tyréns Infrakonsult AB under hösten 2001.

Tre bergarter dominerar i Varbergsområdet. I norr breder graniter ut sig, längst kusten sträcker sig ett smalt band med charnockit, i söder och öster täcker en granitisk gnejs stora områden.

Morfologiskt framträdande sprickzoner förekommer i Varbergsområdet. Tunnelsträckningarna går i huvudsak genom bergarten charnockit. Charnockiten bildas vid mycket högt tryck och hög värme. Bergarten är massformig eller svagt gnejsig med medel- till grovkornig struktur. Färgen är mörkgrön i ovittrat skick. Mineralogiskt innehåller charnockiten bl. a. kvarts och ortoklas. Bergarten är relativt seg men sprickor förekommer. Bergarten har varit föremål för en omfattande brytning av framförallt gat- och kantsten, men även blocksten har brutits. Granitisk gnejs har påträffats i mindre omfattning.

Bankningsplan förekommer i charnokiten. Dessa är horisontella till flacka sprickor som utbildats som en följd av inlandsisens avlastning. Sprickorna ligger normalt med några meters mellanrum. Med ökat djup ökar avståndet mellan bankningsplanen. Granitgnejsen är söndersprucken av flera sprickgrupper där den dominanta sprickgruppen följer bergets förskiffring.

5.3 HYDROGEOLOGI

Det aktuella avrinningsområdet har delats in i tre mindre delavrinningsområden (A, B och C) som alla har havet som recipient (se bilaga 2.1). Indelningen har skett efter studier av topografiska kartan och VA-nätets utformning i Varberg samt en jämförelse med SMHI:s indelning av avrinningsområden.

De akvifertyper (grundvattenmagasin) som uppträder i de lösa avlagringarna i Hallands län är framförallt rullstensåsar med omgivande sediment, randbildningar och sandfälten närmast kusten.

Utmed kusten är vissa sänkor täckta av tjocka lerlager som i flera fall visat sig överlagra grus med relativt stor mäktighet och utbredning. I flera fall, t ex i delar av Himleåns och Tvååkers dalgångar, förekommer att grundvattnet står under tryck som ibland kan vara artesiskt. I Varbergsområdet överlagras leran av sand. Detta innebär att det på sina platser finns två skilda akviferer, där det övre magasinet kan innehålla betydande mängder grundvatten.

Området bedöms översiktligt ha tämligen goda uttagsmöjligheter för grundvatten både från lösa avlagringar och berg.

I urberget dominerar sprickakviferer och grundvattenströmningen styrs starkt av sprickornas förekomst, vidd och lutning samt av deras förbindelse med varandra. De dominerande sprickgrupper i berggrunden är orienterade i 30°/90°, 120°/90° samt subhorisontella bankningsplan. De flesta sprickorna är brantstående. En del av sprickorna är täta med ovittrade sprickytor. I en del sprickytor finns lermineral.

Sprickornas vattenföring varierar starkt inom undersökningsområdet. Enligt genomförda undersökningar (provpumpningar och vattenförlustmätningar i borrhål) varierar den hydrauliska konduktiviteten i berggrunden relativt mycket. Kraftigt uppsprucket berg karakteriseras av en konduktivitet på ca $5-8 \times 10^{-6}$ m/s och bergmassa med bra kvalitet har en konduktivitet på ca 1×10^{-7} till 5×10^{-8} m/s.

Surt grundvatten förekommer i hela länet men framförallt i grävda brunnar i länets östra delar. Järn och manganhalterna är i allmänhet låga. Grundvattnet är i regel mjukt eller mycket mjukt.

Salt grundvatten påträffas längs kusten i framförallt bergborrade brunnar, men kan också förekomma i grävda brunnar. Risken för saltvatteninträngning i brunnar ökar generellt med djup på brunn, stigande uttag och närhet till havet.

6 GRUNDVATTENMODELLERING OCH HYDROGEOLOGISK ANALYS

6.1 TIDIGARE GENOMFÖRDA GRUNDVATTENMODELLERINGAR

Grundvattenmodellering genomfördes under 1998 i förprojekteringskedet av Västkustbanan, delen Varberg – Hamra. Det huvudsakliga modelleringsarbetet genomfördes under hösten 1998 i den fördjupade hydrogeologiska utredningen för att ge underlag till en miljökonsekvensbeskrivning. Denna modellering utgick från en regional grundvattenmodell, men fokuserades i slutskedet på en lokal grundvattenmodell över Varbergs centrum i syfte att ge underlag för bedömning av effekter av grundvattensänkningar i anslutning till norra påslaget för alternativ SMTÖ.

Kalibrering mot grundvattenrör i den planerade tunnelns närhet gav acceptabla avvikelser i denna modellering. Vidare gav modellen god överensstämmelse med genomförd propumpning. Modellering av inläckage med ansatta täthetskrav visade på begränsade (max 0.70 m) avsänkningar med lokal utbredning i anslutning till tunnelsträckningens norra del i eller nära Varbergs centrum.

Modelleringen hade dock vissa begränsningar trots den relativt goda kalibreringen:

- grundvattenbildningen i det lokala modellområdet hade stor osäkerhet, exempelvis var inte dagvattensystem eller andra "dräneringar" medtagna i modellen,
- djup till berg hade relativt stor osäkerhet i delar av modellen, pga. för få sonderingar alternativt geofysiska undersökningar utanför tunnelsträckningen,
- konduktivitetfördelning i både jord och berg innehöll osäkerheter pga. av få mätpunkter,
- svaghetszoner i berg var dåligt kända utanför tunnelsträckningen. Dessa kan ha stor lokal påverkan på grundvattenströmning.

Modellering som har genomförts under hösten 2001 har tagit hänsyn till de flesta av dessa brister och i största möjligaste mån har modellen gjorts mer komplett. Vidare har programvara använd för modellering (GMS) utvecklats och framförallt visualisering av indata och modellupbyggnad underlättats.

6.2 KOMPLETTERING AV INDATA TILL GRUNDVATTENMODELL

Den reviderade regionala grundvattenmodellen över Varbergs tätort, samt delar av omgivande terräng (se bilaga 10), har byggts upp med hjälp av GMS (Groundwater Modeling System) version 3.1 tillsammans med databearbetning i ArcView 3.2.

Modellen begränsas i väst och nordväst av havet, i söder av Vrångabäcken och i öster och nordöst av ytvattendelare. Modellens gränser sammanfaller i huvudsak med den under 1998 framtagna regionala modellen.

Som ingångsdata för uppbyggnad av modellen har använts data från den tidigare modelleringen, kompletterat med ytterligare mätpunkter från diverse genomförda detaljundersökningar i anslutning till de båda tunnelalternativen, t.ex. brunnsdata och olika geotekniska undersökningar. Exempelvis har djup till berg kunnat förbättras i modellen då fler sonderingar och geofysiska undersökningar blivit tillgängliga genom tunnelalternativ CT. En stor del av indata har bearbetats och analyserats i ArcView GIS före import till GMS, t.ex. grundvattenbildningsdata och jordartskarta. Diverse mätdata har bearbetats direkt i GMS.

Följande data har använts för modelluppbyggnad i GMS (inkluderar även det arbete som gjorts i tidigare modellering):

- *Jordartskarta från SGU i shape-format (ArcView).* Jordartskartan har använts som ingångsdata för fördelning av hydraulisk konduktivitet i modellens översta lager. Shape-filen har omarbetats och förenklats något före import till GMS.
- *Grundvattenbildningsdata.* Marktytor i området har karterats i fält avseende grundvattenbildning. Områden med lika grundvattenbildningsförhållanden har sammanslagits till enskilda polygoner i ArcView före import till GMS. Grundvattenbildningen har i den nya modelleringen sänkts för områden i och utanför Varbergs centrum, eftersom hänsyn har tagits till dränering av dagvatten. I tidigare modellering gjordes ingen differentiering av grundvattenbildning i grundvattenmodellen.
- *Modellgränser.* Modellens gränser (ränder) har identifierats med hjälp av diverse kartmaterial (kommunala plankartor, topografiskt kartmaterial, etc.), bearbetats i ArcView och importerats till GMS som shape-filer.
- *Markyta.* Markytan har baserats på höjddatabasen från Metria som importerats till GMS som punktfil med 50 meters punktintervall i x och y-led.
- *Djup till berg.* Diverse brunnsdata från SGU:s brunnsarkiv, geotekniska undersökningsdata, geofysiska undersökningar och jordartskarta har använts för att identifiera djup till berg i modellområdet. Punktdata (x,y och djup till bergyta) har importerats till GMS för vidare bearbetning. Dessa punktdata har väsentligen kompletterats med ytterligare undersökningar i denna modelleringsomgång.

6.3 UPPBYGGNAD AV NUMERISK GRUNDVATTENMODELL

Denna modellering har fokuserat på den regional modellen, eftersom det har varit viktigt att få med hela sträckningen av de båda tunnelalternativen CT och SMTÖ. Den tidigare lokala modellen har även denna testats med nya indata avseende djup till berg och infiltration. Den lokala modellen anses dock inte tillföra något som motiverar en vidareutveckling av denna. Ansatta ränder i den regionala modellen är också mindre känsliga för randeffekter som kan påverka modelleringsresultaten.

Följande punkter beskriver modellens uppbyggnad:

1. *Modellgränser.* Tät rand har ansatts vid ytvattendelare i öster och nordöst. I söder har konstant tryckhöjd ansatts, motsvarande uppskattad medelvattennivå i Vrångabäcken. I väster och nordväst har konstant tryckhöjd motsvarande havsytta vid kalibreringstillfällens ansatts.
2. *Modellgrid.* Modellen har byggts upp som en fyrlayersmodell med 50x50 meters cellstorlek. En fyrlayersmodell har valts för att kunna ansätta rimliga konduktivitetsfördelningar på djupet. Cellstorleken har valts med hänsyn till erforderlig upplösning kring tunnelalternativen. Mindre cellstorlek är inte tillämpbar pga. begränsningar i indata och beräkningstekniska problem. Modellens gränser visas i bilaga 10.
3. *Konceptualisering.* Revideringen av den konceptuella modellen från tidigare modellering har baserats på tillgängliga data beskrivna i kapitel 6.2 (fältundersökningar, brunndata och kartmaterial). Den konceptuella modellens utseende illustreras av sektioner i bilaga 2.2.

Lager 1 i modellen representeras av jordlager under öppna förhållanden. Den totala jordlagerföljden har approximerats till *ett* lager, där fördelningen av den hydrauliska konduktiviteten och magasinskoefficient för detta lager har baserats på polygoner (områden) från jordartskartan. En ytterligare uppdelning av jordlager har inte ansetts som motiverat, p.g.a. relativt lite indata och förhållandevis begränsat jordtäckte. Mäktigheten för detta lager är baserad på interpolerad bergyta från diverse mätpunkter beskrivna ovan. Ansatta värden på konduktiviteter och magasinskoefficienter har baserats på mätdata från befintliga undersökningar, samt litteraturdata. Ansatta värden har varierats i kalibreringsfasen.

Lager 2 motsvarar ett 10 meters lager nedåt från interpolerad bergyta, och anses inkludera eventuell bottenmorän och kraftigt uppsprucket och vittrat berg. Den hydrauliska konduktiviteten har ansatts till 5×10^{-6} m/s.

Lager 3 motsvarar ett 10 meters lager av sprickigt berg med den hydrauliska konduktiviteten 1×10^{-6} m/s.

Lager 4 motsvarar ett lager ned till nivå -100 m.ö.h med den hydrauliska konduktiviteten 1×10^{-7} m/s. Samtliga berglager har i modellen ansatts som lager som kan gå från slutna till öppna grundvattenmagasin vid tryckfall.

Befintliga sprickzoner i berg har inte inkluderats i modellen som individuella sprickzoner, eftersom befintliga data är begränsade till tunnelsträckningens närhet. En större sprickzon med en halv tiopotens högre konduktivitet har dock simulerats i lager 2-4 i modellen. Denna sprickzon med orientering VNV-OSO approximerar den zon av flera mindre sprickzoner som identifierats i anslutning till borring och propumpning i närheten av Stora Torget.

4. *Bearbetning av indata till numerisk modell i GMS.*

Konceptualiseringsverktyget "Conceptual Model Approach" har utnyttjats i GMS för att på ett effektivt sätt bygga upp den numeriska modellen med utnyttjande av befintliga indata enligt ovan. Hydrauliska konduktiviteter och grundvattenbildningsdata har lagts in för varje polygon (område) i shape-filer som importerats till GMS och konverterats till s.k. "feature objects". Vidare har lagerytor och mäktigheter interpolerats och bearbetats i geostatistik-verktyget i GMS för vidare överföring till den numeriska modellen.

En ambition i den nya modelleringen har varit att bättre återskapa de verkliga förhållandena avseende djup till berg. Tillkommande data i denna undersökningsfas har väsentligt förbättrat möjligheten att få en modell med bättre överensstämmelse av djup till berg än i tidigare modellering. Överföring av punktdata till en kontinuerlig bergyta i modellen innebär att någon form av interpoleringsmetod måste användas. Ett antal olika metoder har testats i syfte att försöka återskapa en trolig bergyta i de områden där det inte finns tillräckligt med punkter.

I GMS finns också ett verktyg för att rätta till modellfel som alltid uppstår när två olika uppsättningar punktdata ska interpoleras till två lagerytor i samma modell (i detta fall markyta och djup till berg). Det är dock viktigt att komma ihåg att både interpolering och "lagerkorrigering" oundvikligen leder till vissa fel i modellen. Avsikten är dock att dessa ska vara så små eller så långt ifrån tunnelalternativen att de inte har någon större betydelse vid prognostisering.

6.4 KALIBRERING AV MODELLEN

Den regionala modellen har körts med olika lösningsfunktioner (s.k. solvers) i MODFLOW-paketet i GMS, samt med varierande starttrycknivåer, konduktiviteter och grundvattenbildning i syfte att kalibrera mot uppmätta trycknivåer i ett antal observationsrör. Hydrauliska konduktiviteter och grundvattenbildning har under kalibreringsfasen varierats för delområden i modellen.

Kalibreringen har resulterat i god överensstämmelse med observationer i de grundvattenrör som finns kring de planerade tunnelpåslagen i båda alternativen. För de övriga rören som använts vid kalibreringen visar några på höga nivåer och några på något låga nivåer. Kalibreringen har dock bedömts som tillfredställande i anslutning till tunnelsträckningen.

6.5 SIMULERING AV INLÄCKAGE FÖR RESPEKTIVE TUNNELALTERNATIV

Inläckage i de båda tunnelalternativen SMTÖ och CT samt i betongtråg har simulerats i den kalibrerade modellen. Ursprungliga täthetskrav på 1 l/min per 100 meter tunnel i betongtråg och 4 l/min per 100 meter tunnel längs övriga sträckningen har ansatts i modellen. Dessa täthetskrav har genererat relativt små avsänkningar fram till och med sektion 78/000 för båda alternativen, i likhet med tidigare modellering. Stora avsänkningar har dock genererats i resterande del av tunnel med maxvärden på ca 16 meter för båda alternativen. Dessa stora avsänkningar har dock mycket lokal utbredning. Tabell i bilaga 11 illustrerar simulerade avsänkningar.

De stora avsänkningarna i det ursprungliga alternativet har föranlett simulering av andra täthetskrav på olika delsträckor i modellen för båda tunnelalternativen, i syfte att generera avsänkningsscenarier vid färdig tunnel. Fyra olika alternativ för båda tunnelalternativen finns redovisade i tabellform (se bilaga 11) och kartor (se bilaga 12.1 och 12.2).

Bilagorna redovisar avsänkningar och valda täthetskrav för i miljökonsekvensbeskrivning beskrivna alternativ. Den maximala avsänkning i dessa alternativ är ca 3.4 m för alternativ SMTÖ och ca 3.7 meter för alternativ CT. Dessa avsänkningar har dock mycket lokal utbredning vilket tydligt illustreras i bilaga 12.1 och 12.2.

Redovisade avsänkingsdata har ett antal osäkerheter vilka är beskrivna i kapitel 6.6. Osäkerheterna är största nära modellens ränder, där högre avsänkningar riskerar att genereras än i verkligheten. Överensstämmelsen med verkliga avsänkningar vid framtida tunnelanläggning är troligen bäst i direkt anslutning till tunnelsträckningarna.

6.6 BEGRÄNSNINGAR I UTFÖRD MODELLERING

Överföring av en komplex geologisk verklighet till en numerisk modell innebär alltid stora generaliseringar. Exempelvis råder alltid stora osäkerheter i konduktivitetsfördelningar, både i lösa avlagringar och i berg. Okända sprickzoner utanför det egentliga undersökningsområdet kan ha stor påverkan på avsänkningar lokalt i modellen.

I urbana områden är indata till en numerisk modell ytterligare komplicerade av den stora mänskliga påverkan, avseende både konduktivitet och grundvattenbildning. Grundvattenbildningen till berg och kopplingen mellan grundvatten i jord- respektive berglager är svår att simulera i en grundvattenmodell av denna typ. Erfarenheter från andra projekt av liknande karaktär har visat att detta kan vara en av nyckelfrågorna.

En modell i ett så stort och heterogent område som undersökningsområdet är svår att kalibrera med god överensstämmelse mot grundvattenrör över hela området. Lokala faktorer styr också ofta den observerade trycknivån i rören och en variation i öppna och slutna förhållanden på korta sträckor är vanlig denna typ av geologi. Detta illustreras också väl av att nivåer i närliggande rör i vissa fall visar på stora skillnader. I denna modellering har därför kalibreringen prioriterats till rör relativt nära de föreslagna tunnelalternativen. I de fall där både rör i jord och berg funnits i nära anslutning till varandra, har kalibrering mot rör i berg prioriterats.

Modellen har vid de ursprungliga täthetskraven (se kapitel 6.5) genererat relativt stora avsänkningar längs en delsträcka av tunnelalternativen. Denna del av tunneln är huvudsakligen belägen i lager 4 i modellen, med en låg ansatt hydraulisk konduktivitet. Det är därför naturligt att ett simulerat inläckage på 4 l/min/100 m ger stora avsänkningar.

Det troliga scenariot är att läckaget i denna del av tunnelsträckningen i huvudsak styrs av läckage från ett antal större sprickor eller sprickzoner i en i övrigt relativt tät bergmassa. Den ansatta hydrauliska konduktiviteten för lager 4 utgör ett medelvärde för hela sträckan och de modellerade avsänkningarna torde vara väsentligt högre än de verkliga vid ett normalt tätningsarbete av de aktuella zonerna.

Ovanstående begränsningar bör beaktas och indata förbättras vid fortsatt modellering i kommande hydrogeologiska undersökningar.

6.7 REKOMMENDATIONER FÖR MODELLERING I KOMMANDE UNDERSÖKNINGAR

I allmänhet ger ytterligare indata till en grundvattenmodell i form av djup till berg, identifiering av sprickzoner, konduktivitet i lösa avlagringar, etc. en bättre noggrannhet i modellering och därmed mer tillförlitliga resultat. Det är emellertid viktigt att komma ihåg att när en modell blir mer komplicerad och heterogen kan modellkörning och kalibrering bli mer tidskrävande och komplicerad.

Följande aspekter förtjänar dock ytterligare uppmärksamhet i ett eventuella fortsatt modelleringsarbete:

- Identifiering av sprickzoner i områden utanför genomförda detaljundersökningar, t.ex. genom en kombination av flygbildskartering, fältkontroller och ev. kompletterande undersökningsborrningar (eller utnyttjande av tillkommande borrningar som görs för andra ändamål).
- Komplettering med ytterligare observationsrör för grundvattennivåer i hela området, i både jord- och berglager.
- Provpumpning i jord- och berglager utanför influensområde för redan genomförda pumpningar.
- Separering av grundvattenbildning till jord respektive berg i vissa områden.
- Uppföljning av betydelsen av modellens randvillkor/gränser.

7 ANALYS AV BYGGNADSTEKNISKA KONSEKVENSER OCH FÖRSLAG TILL SKYDDÅTGÄRDER

7.1 JORD

Nedan följer en beskrivning över konsekvenser som är gemensamma för bägge utredningsalternativen SMTÖ och CT. I slutet av beskrivningen av varje delområde redovisas eventuella alternativskiljande konsekvenser.

Området norr om norra påslaget

Vid utförande av anläggningen på denna sträcka erfordras djupa schakter i jord och berg för öppet tråg och betongtunnel. Schakt i jord ska ske inom tät temporär spontkonstruktion kompletterat med andra tätande åtgärder i form av t.ex. injektering. På huvuddelen av sträckan ska spanten slås till berg och förankras på en eller flera nivåer.

Där schakter i jord och berg kommer i närheten av byggnader ska de schaktstödjande och grundvattenskyddande åtgärderna utföras så att byggnaderna inte kommer i skada. Eventuellt erfordras någon form av grundförstärkning av sådana byggnader. I vissa fall ska spontkonstruktioner lämnas kvar i mark för att undvika markdeformationer vid spontdragning.

För alternativ CT är andelen berggrundläggning för trågonstruktionerna högre än för alternativ SMTÖ.

Bergtunnel under Varbergs centrum

Inom det aktuella området finns ett överkonsoliderat lerlager som utgörs av halv fast till mycket fast sandig siltig lera. En två meters avsänkning av grundvattennivån skulle kunna tillåtas ur sättnings synpunkt. Vid två meters avsänkning av grundvattennivån måste byggnader med grundläggning på träpålar och rustbäddar beaktas särskilt. I jordlagren ska kontrollsystem för grundvattenpåverkan utarbetas.

Byggnadsbeståndet längs planerad järnvägstunnel har inventerats med avseende på bl.a. grundläggningssätt. Ett fåtal byggnader bedöms i detta skede vara grundlagda på ett sätt som kan innebära att de skadas under byggnation av spåranläggningar. Dessa byggnader skall genomgå en mer detaljerad besiktning och utredning beträffande åtgärder. För byggnader upprättas program för kontroll av vibrationer och ev. sprickbildning.

Inom området Mariedal har endast ett fåtal undersökningspunkter utförts. Dessa visar att jordlagren utgörs av friktionsjord och att grundvattennivån delar av året ligger i den nedre delen av jordlagerföljden, vilket innebär risken för att skadliga sättningar ska utbildas på grund av grundvattensänkning bedöms som små.

Bergtunneln för alternativ CT har en östligare sträckning vilket innebär att leralager är mindre förekommande i jordlagerföljden inom centrala Varberg jämfört med alternativ SMTÖ.

Område vid södra påslaget

Vid tunnelmynningen erfordras åtgärder som hindrar grundvattensänkning i omgivande jord och berg. Schaktmassor kan läggas upp vid sidan om spår. Fyllnadshöjder upp till ca 5 m kan tillåtas om slänterna görs flacka och om marksättningar accepteras.

Söder om södra påslaget bedöms järnvägen kunna byggas utan grundförstärkning om bankhöjden begränsas till 2 m. Viss förstärkning kan dock erfordras i anslutning till broar över korsande vägar och där spåren kommer att passera känsliga ledningar.

7.2 BERG

Bägge utredningsalternativen SMTÖ och CT skall byggas på i stort samma sätt som beskrivs nedan.

Förskärning och betongtunnel

Den permanenta anläggningen ska utföras vattentät och dimensioneras mot upplyftning. För att förhindra vatten att tränga upp i botten av det öppna tråget görs en injektering med cementbaserade injekteringsbruk. Efter att spontning är utförd och efter avslutad jordschakt utförs ridåinjektering på vardera sida och en botteninjektering av bergschakten för det öppna tråget. Bergschakt för öppet tråg kommer att utföras som pallsprängning.

För betongtunneln bedöms enbart injektering av botten nödvändig.

Bergtunnel under Varbergs centrum

Berggrunden längs tunneln är byggnadsgeologiskt lämplig för tunnelbyggnad. I den norra delen är bergtäckningen begränsad men på huvuddelen av tunneln är bergtäckningen stor. Tunneln kommer att utföras som en dubbelspårstunnel med nischer för järnvägsspecifik utrustning. Längs tunnelsträckningen finns zoner med dåligt berg, som kan inverka negativt på tunneldrivningen genom kortare indrift samt att ökade förstärkningsinsatser kommer att krävas. Hydrogeologiska undersökningar har resulterat i differentiering av täthetskrav längs tunnelsyräckningen från ca 1 till 4 l/min och 100 m tunnel (se kapitel 6.5).

Injektering kommer att utföras som kontinuerlig förinjektering med cement runt hela tunnelperiferin. Injektering utförs genom överlappande skärminjektering. Några större problem förknippade med tunnelinjektering förväntas ej. Lokalt kan dock stora mängder injekteringsbruk behövas där spricksystemet i berget är öppet och delvis starkt vattenförande.

I bilaga 13 presenteras beräkningar av vattenläckage till tunnel vid tätad bergmassa med olika täthetskrav samt vid varierande följande parametrar:

- bergmassans hydrauliska konduktivitet,
- injekterade zonens hydrauliska konduktivitet,
- vattentryck räknat till tunnelcentrum,
- injekterade sektionens tjocklek,
- ”skin factor”.

Tunneln skall förstärkas. Bergförstärkningen består i huvudsak av ingjutna bergbultar kompletterat med fiberarmerad sprutbetong.. Vid avsnitt med liten bergtäckning kommer förstärkning med platsgjuten betong att användas, så kallad lining.

Södra förskärningen

Södra förskärningen kommer huvudsakligen att utföras som bergschakt. För södra förskärningen bedöms ingen injektering nödvändig.

Förstärkningen för södra förskärningen beräknas bestå av ingjutna bergbultar.

7.3 HYDROGEOLOGI

Alternativ SMTÖ

Bedömning av omgivningspåverkan med avseende på grundvatten har genomförts inom det aktuella området. Förekommande hydrogeologiska problem har inventerats samt preliminära förslag till skyddsåtgärder har bearbetats inom respektive delsträckor för att minimera hydrogeologiska konsekvenser.

Området norr om norra påslaget

Det område där de hydrogeologiska förhållandena för närvarande kan bedömas vara mest komplexa är delsträckan vid stationsområdet och kring norra påslaget. Området är till stor del uppbyggt av fyllnadsmassor, havet finns nära den aktuella delsträckan och förorenad jord förekommer i området.

Befintligt grundvattenstånd måste bibehållas dels för att skydda befintliga anläggningar och byggnader samt för att undvika migration av föroreningar i mark [Jordmiljö 2002-01-16].

Den permanenta anläggningen ska utföras som en vattentät konstruktion och dimensioneras mot upplyftning. Anläggningen under grundvattenytan i jord (nedfarten till stationsområdet) kan utföras antingen som ett vattentät betongtråg eller skyddas mot inläckande vatten med hjälp av tätskikt som installeras i anläggningen [SCC 1998-12-18a]. Bergschakten inom stationsområdet ska också tätas för att hindra inläckande grundvatten.

Det nuvarande grundvattenflödet från öster mot väster riskerar att hindras av stationsområdets avskärande nord-sydliga konstruktioner. Dessa kan dämna upp grundvatten på östra sidan och öka risken för saltvatteninträngning från havet på västra sidan av tråget. För att hindra den processen föreslås en anläggning längs det blivande tråget.

Anläggningen består av två diken (ett dike på varje sidan av tråget) fyllda med vattenförande material. Grundvatten samlas i diket som utförs öster om tråget och leds till diket på västra sidan av tråget. Infiltration av grundvatten kommer att ske med hjälp av bergets befintliga spricksystem som lokalt kompletteras med ytterligare borrhål och ledningar [SCC 1998-12-18a].

Bergtunnel under Varbergs centrum

Delsträckan genom centrala Varberg kommer att ledas i en bergtunnel som ska utföras med ett täthetskrav, d.v.s. ett maximalt tillåtet läckage. Genomförda undersökningar har resulterat i differentiering av täthetskrav längs tunnelsträckningen från ca 1 till 4 l/min läckage per 100 m tunnel (se kapitel 6.5). I bilaga 13 visas beräkningar av vattenläckage till tunnel vid olika parametrar för tätad bergmassa.

Tunnelns höjdläge har optimerats med avseende på erforderlig bergtäckning, järnvägsspecifika krav och grundvattentryck.

Vid dagens förhållanden (d.v.s. utan tunnel) sker i allmänhet ett mycket begränsat grundvattenflöde i berget. För flödet i berget är ett antal uppspruckna zoner av stor betydelse. Det är således viktigt att dessa sprickzoner kan identifieras och lokaliseras.

På grund av en relativt måttlig topografi (och därigenom begränsad bergvolym på nivåer över havets nivå) finns enbart en begränsad magasineringsförmåga i berg. Detta innebär att tunnel skall tätas till den föreslagna tätheten för att undvika grundvattensänkning och därigenom även inläckage från havet (saltvatteninträngning). Saltvatteninträngning kan riskera vattenkvaliteten i eventuellt förekommande uttagsbrunnar (för konsumtion, bevattning eller uppvärmning/kylning). En allvarlig konsekvens kan vara att ökad korrosionsrisk kan uppstå i de olika brunnar och uttagsanordningar som kan finnas samt i olika markförlagda konstruktioner med nivåer under havsytan. Speciellt skulle installationer i planerad tunnel kunna behöva utföras korrosionsbeständigt eller korrosionsskyddat.

Det bedöms att det föreslagna täthetskravet från 1 till 4 l/min och 100 m tunnel begränsar grundvattennivåsänkning i Varbergs centrum (fram till sektion ca 78+000) till ca 2 m eller mindre och bör förhindra oönskade konsekvenser av tunnelbygget (se kapitel 6.5).

I byggskedet kan sannolikt en grundvattensänkning större än 2 m i jord klaras utan skadliga konsekvenser (sättningar, saltvatteninträngning o.s.v.) medan permanentstadiet måste beaktas särskilt.

Inläckage i den planerade tunneln har simulerats i en kalibrerad grundvattenmodell. Genomförd simulering ger en begränsad avsänkning i anslutning till tunnelsträckningen. Fram till sektion 78+000 varierar avsänkningen från 0 till ca 2 m, men med mycket lokal utbredning. På längre avstånd än ca 500 m bedöms avsänkningarna vara i det närmaste 0. Detta överrensstämmer väl med erfarenheter från genomförda provpumpningar.

Genomförd simulering visar att den största avsänkningen av ca 3.5 m förekommer i berg vid sektion 79+200. Avsänkningen har en lokal utbredning och på ett avstånd av ca 500 m minskar avsänkningen till ca 1 m. I det aktuella området förekommer jordlager i mycket begränsad omfattning. Risken för skadliga konsekvenser av grundvattensänkning inom området Mariedal har bedömts som små (se kapitel 7.1). Mot bakgrund av genomförd simulering kan således ansatta täthetskrav anses vara väl tilltagna.

Läckage till tunneln kan vid behov (t.ex. vid skydd av grundläggning med träpålar) kompenseras med ökad grundvattenbildning i det aktuella området. Sådan ökad grundvattenbildning kan uppnås genom att bygga infiltrationsanläggningar för i första hand infiltration av regnvatten och eventuell återinfiltration av dränvatten från tunneln.

Förutsättningar för hur och var dessa kan byggas ut kräver kompletterande undersökningar av befintligt dagvattensystem, dränvattnets beskaffenhet o.s.v..

Område vid södra påslaget

För delsträckan vid södra bergpåslaget föreslås åtgärder som hindrar grundvattensänkning i omgivande jord och berg. Det kan lösas på samma sätt som vid nedfarten till stationsområdet. Spåren kan byggas antingen i betongtråg eller i en schakt med tätskikt som installeras i anläggningen [SCC 1998-12-18a]. Denna metod kan även användas vid de vägar som korsar spåren mellan södra påslaget och anslutningen till befintligt spår vid Hamra.

Alternativ CT

Bedömning av omgivningspåverkan med avseende på grundvatten för alternativ CT har genomförts enligt samma principer som för alternativ SMTÖ. Förekommande hydrogeologiska problem har inventerats samt preliminära förslag till skyddsåtgärder har bearbetats inom respektive delsträckor för att minimera hydrogeologiska konsekvenser.

Området norr om norra påslaget

Bansträckning enligt alternativ CT flyttas åt öster i jämförelse med alternativ SMTÖ. Avstånd till havet har ökats samt avrinningsområde väster om bansträckningen har blivit större. De nya förutsättningarna kan ha positiv betydelse för hydrogeologiska förhållanden som dock fortfarande är komplexa inom det aktuella området.

Kravet att befintligt grundvattenstånd måste bibehållas gäller i likhet med alternativ SMTÖ, dels för att skydda befintliga anläggningar och byggnader samt för att undvika migration av föroreningar i mark [Jordmiljö 2002-01-16].

Den permanenta anläggningen både i jord och berg ska utföras som en vattentät konstruktion. Anläggningen under grundvattenytan i jord (nedfarten till stationsområdet) kan utföras t.ex. som ett vattentät betongtråg. Bergschakten inom stationsområdet ska också tätas för att hindra inläckande grundvatten.

Det nuvarande grundvattenflödet från öster mot väster riskerar även för alternativ CT att hindras av stationsområdets avskärande nord-sydliga konstruktioner. Större avstånd till havet och större avrinningsområde väster om bansträckningen minskar dock risken för saltvatteninträning. Risken för uppdämning av grundvatten på östra sidan av tråget gäller även för detta alternativ och kräver överföring av grundvatten från östra till västra sidan av tråget. Överföringen kan ske med hjälp av en anläggning längs det blivande tråget enligt samma principer som för alternativ SMTÖ.

Bergtunnel under Varbergs centrum

Delsträckan genom centrala Varberg enligt alternativ CT kommer att ledas i bergtunnel. Tunnelns höjdläge har optimerats med avseende på erforderlig bergtäckning för en sträcka i området vid Borgmästaregatan.

Täthetskrav längs tunnelsträckningen för alternativ CT har differentierats från ca 1 till 4 l/min per 100 m tunnel enligt samma principer som för alternativ SMTÖ. Det föreslagna täthetskravet begränsar grundvattennivåsänkningen i Varbergs centrum till ca 2 m eller mindre och bör förhindra oönskade konsekvenser av tunnelbygget (se kapitel 7.1).

Genomförd simulering i den kalibrerade grundvattenmodellen ger en begränsad avsänkning i anslutning till tunnelsträckningen. Fram till sektion ca 78+000 varierar avsänkningen från 0 till ca 2 m. Utbredningen är något större än för alternativ SMTÖ, men har fortfarande en lokal karaktär. På ett avstånd av ca 500 m bedöms avsänkningarna uppgå till ca 1 m.

Simuleringen visar att den största avsänkningen av ca 4 m förekommer i berg vid sektion 78+900. Avsänkningen minskar till ca 1 m på ett avstånd av ca 500 m från tunneln. I det aktuella området förekommer jordlager i mycket begränsad omfattning. Risken för skadliga konsekvenser av grundvattensänkning inom området Mariedal har bedömts som små (se kapitel 7.1). Mot bakgrund av genomförd simulering kan således ansatta täthetskrav anses vara väl tilltagna.

Större avstånd till havet och större avrinningsområde väster om bansträckningen enligt alternativ CT minskar risken för saltvatteninträngning.

Kompensering av läckage till tunneln med ökad grundvattenbildning kan vid behov genomföras även för alternativ CT. Infiltrationsanläggningar för ökad grundvattenbildning kan utföras enligt samma principer och förutsättningar som för alternativ SMTÖ.

Område vid södra påslaget

För delsträckan vid södra bergpåslaget enligt alternativ CT gäller samma förutsättningar och åtgärder som för alternativ SMTÖ.

8 REKOMMENDATIONER FÖR KOMMANDE UNDERSÖKNINGAR

Hydrogeologisk analys av akviferens egenskaper samt grundvattenmodellering är viktiga arbetsmoment i en optimeringsprocess för det aktuella projektet.

En hydrogeologisk modell har byggts upp och kalibrerats med nuvarande strömningsförhållanden. Modellen kan utnyttjas för att ta fram prognoser för strömningsförhållandena, dels under byggnadstiden och dels efter färdigställandet av planerad anläggning. Resultaten används för att optimera utformning av anläggningen samt skyddsåtgärder på ett lämpligt sätt, så att kostnader för utförandet minimeras.

Modellen har gett möjlighet att prognostisera grundvattensänkningar för ett antal olika ansatta täthetskrav för bergtunnel. Ett stort antal varianter har diskuterats och testats inom ramen för denna utredning.

Olika inläckage har simulerats i olika sektioner och avsänkingsdata har genererats. Inom ramen för framtida utredningar kan ytterligare data tillkomma som ger skäl att förändra ansatta konduktiviteter och därmed förändra avsänkingsbilden vid olika täthetskrav.

Följande kompletteringar bör utföras i kommande undersökningar för att förbättra grundvattenmodellen:

- mätningar av grundvattenstånd under längre tidsperiod för identifiering av grundvattnets nivåvariationer,
- kompletterande geofysiska undersökningar, t.ex. seismiska profiler, utanför tunnelsträckningen och dess närmaste omgivning för att erhålla en förbättrad bild av bergöverytans läge och eventuella svaghetszoner inom modellområdet,
- kompletterande jord/bergsonderingar i "svaga" punkter i modellen samt för kalibrering av geofysiska undersökningar,
- kompletterande observationsrör för tillfredställande kalibrering av modellen,
- kompletterande provpumpningar utanför influensområde för redan genomförda pumpningar,
- komplettering av ingångsdata för grundvattenbildning med avseende på infiltrationskapacitet och lokalisering av nya infiltrationsanläggningar.

Ovanstående generella kompletteringar bör genomföras successivt under samtliga kommande steg för det aktuella projektet (järnvägsplan och detaljprojektering).

.....
Piotr Kozakowski

REFERENSER

Jordmiljö 2001-06-12 (Jordmiljö Nordic AB): *Lägesrapport/sammanställning för teknikområdet hydrogeologi*. Uppdragsnr: 0105-013-036. SCC Sverige AB.

Jordmiljö 2001-08-27 (Jordmiljö Nordic AB): *Bedömning av projektrisker inom teknikområden hydrogeologi och förorenad mark*. Uppdragsnr: 0107-032-036. SCC Sverige AB.

Jordmiljö 2002-01-16 (Jordmiljö Nordic AB): *Miljötekniska undersökningar för järnvägsutredning avseende Västkustbanan, delen Varberg - Hamra*. Uppdragsnr: 0110-042-036. SCC Sverige AB.

Petro Bloc 1998-09-04 (Petro Bloc AB): *VKB Varberg – Hamra, Förprojektering. Bergtekniska undersökningar*. Projektnr: 704. Banverket.

SCC 1998-09-04 (Scandiaconsult Bygg och Mark AB): *Västkustbanan, delen Varberg Hamra, Förprojektering. Teknisk PM Geoteknik*. Banverket.

SCC 1998-12-18a (Scandiaconsult Bygg och Mark AB): *Västkustbanan, delen Varberg Hamra. Miljökonsekvensbeskrivning. Bilaga 1, Hydrogeologi*. Banverket.

SCC 1998-12-18b (Scandiaconsult Bygg och Mark AB): *Västkustbanan, delen Varberg Hamra. Miljökonsekvensbeskrivning. Bilaga 2, Miljöteknisk markunder-sökning*. Banverket.

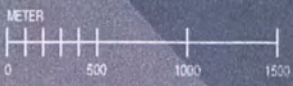
VAV 1976 (Svenska vatten- och avloppsverksföreningen): *Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledning*. Publikation VAV P28.

VAV 1993 (Svenska vatten- och avloppsverksföreningen): *Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem*. VA-FORSK, Rapport nr 1993-08.

VAV 1997 (Svenska vatten- och avloppsverksföreningen): *Läck- och dräneringsvatten i spillvattensystem*. VA-FORSK, Rapport nr 1997-15.



VÄSTKUSTBANAN
 Järnvägsutredning delen
 Varberg - Hamra
 Befintlig järnväg



Jordmiljö Nordic AB

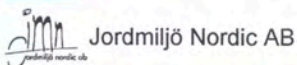
Översiktskarta

Uppdrag 0107-032-036
 Datum 2002-01-25

Bilaga 1

Väst kustbanan delen Varberg-Hamra

Jordarter och hydrologi



Uppdrag 0107-032-036
Datum 2002-01-25

Bilaga 2.1

Teckenförklaring

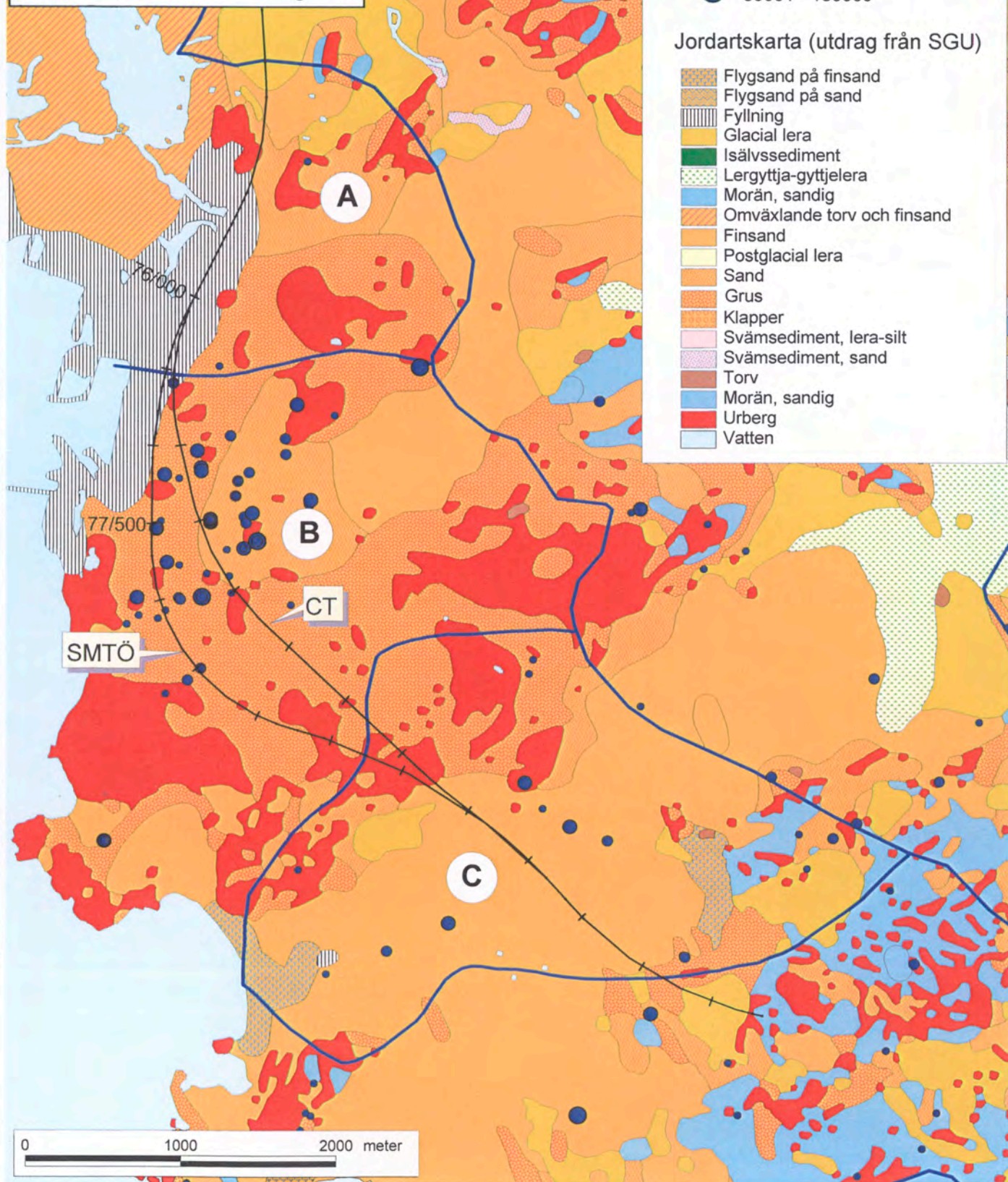
- ∨ Järnvägslinjer SMTÖ och CT
- ∨ Avrinningsområden A, B och C

Brunnar, SGU (vattenmängd i l/min)

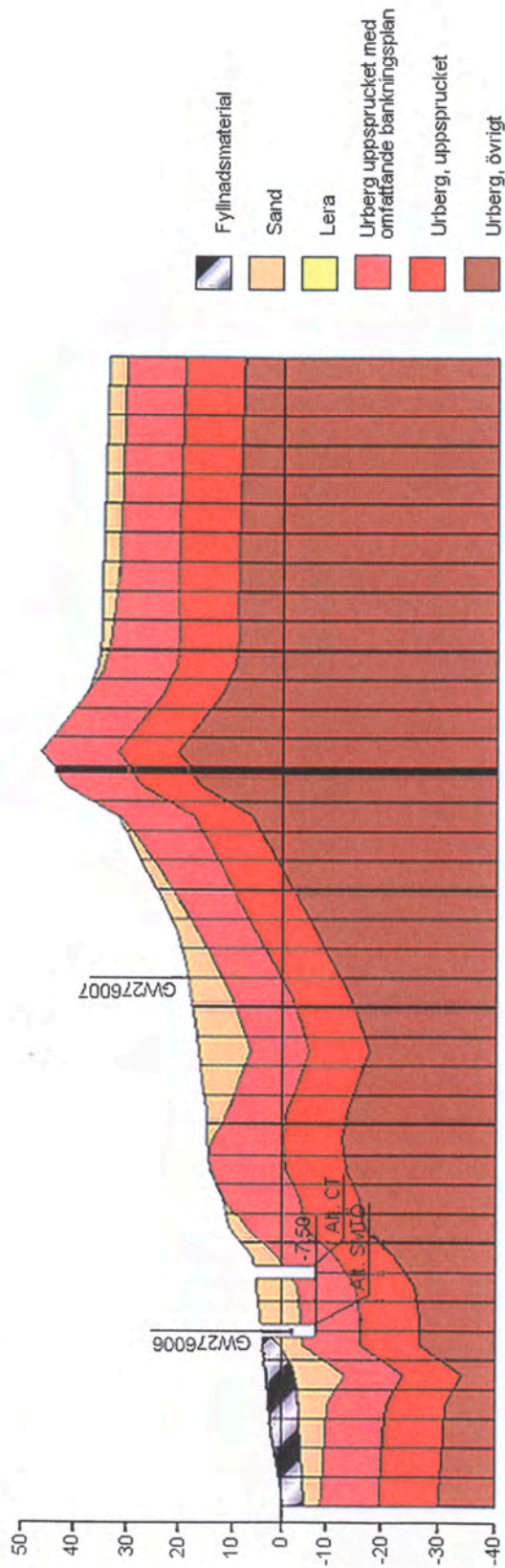
- 0 - 1800
- 1801 - 5500
- 5501 - 12000
- 12001 - 30000
- 30001 - 180000

Jordartskarta (utdrag från SGU)

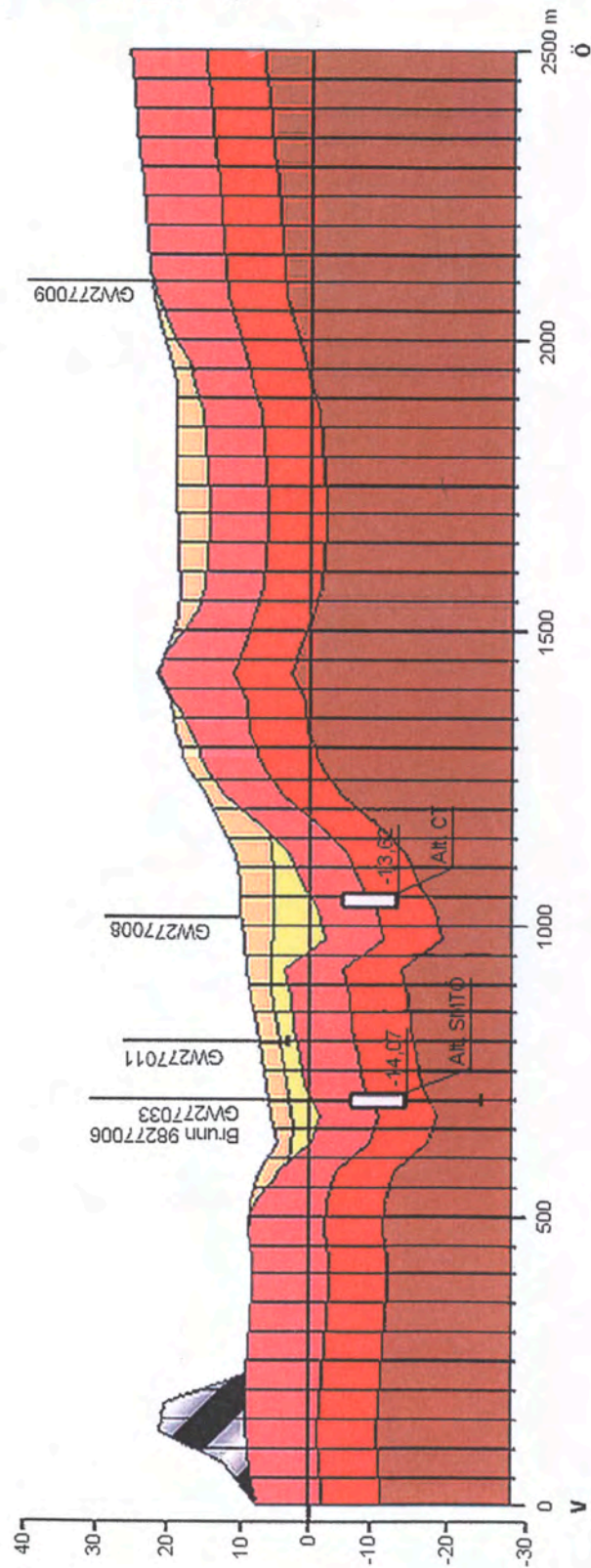
- Flygsand på finsand
- Flygsand på sand
- Fyllning
- Glacial lera
- Isälvs sediment
- Lergyttja-gyttjeler
- Morän, sandig
- Omväxlande torv och finsand
- Finsand
- Postglacial lera
- Sand
- Grus
- Klapper
- Svåmsediment, lera-silt
- Svåmsediment, sand
- Torv
- Morän, sandig
- Urberg
- Vatten



SEKTION 76/850



SEKTION 77/500



Västkustbanan
delen Varberg-Hamra

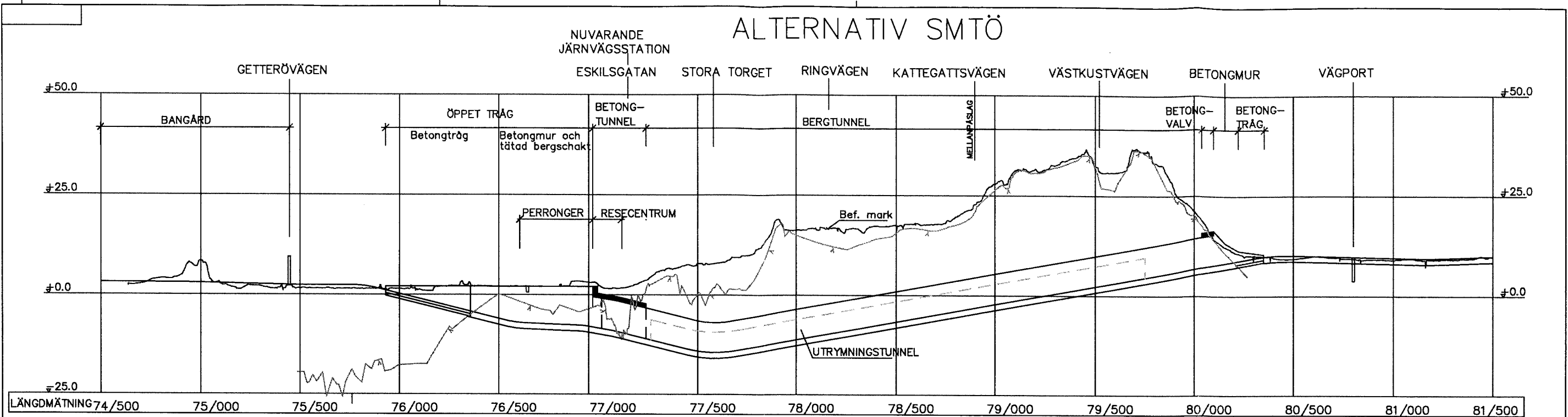
Sektioner



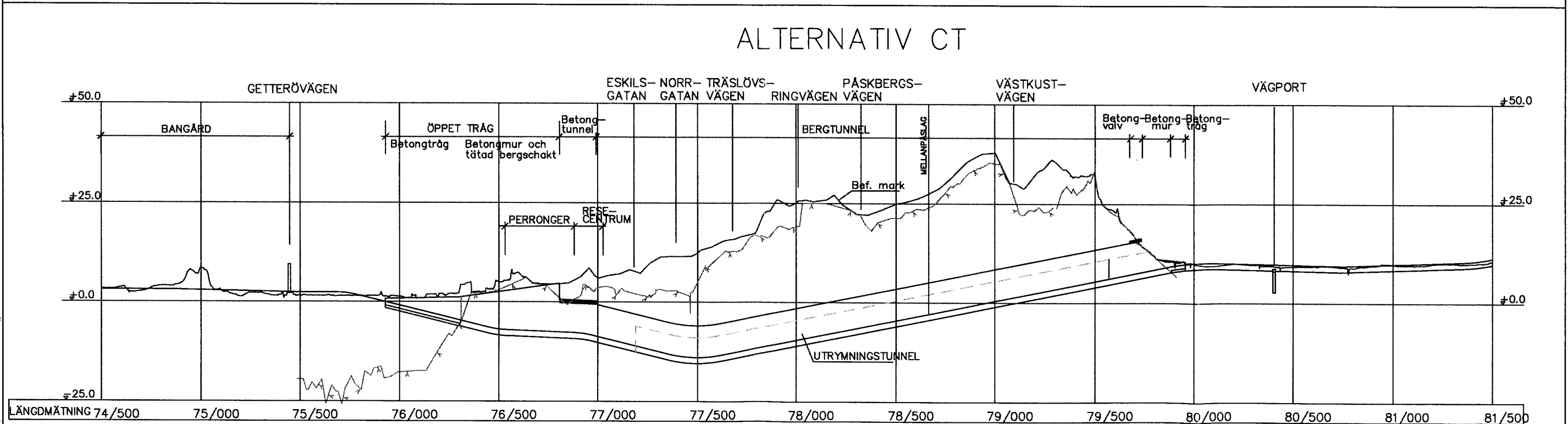
Uppdrag 0107-032-036
Datum 2002-01-25

Bilaga 2.2

ALTERNATIV SMTÖ



ALTERNATIV CT



BANVERKET VÄSTRA BANREGIONEN
 SCANDIACONSULT SVERIGE AB
 JORDMILJÖ NORDIC AB
 Uppdrag 0107-032-036
 Datum 2002-01-25

Bedömning av projektrisker inom teknikområden hydrogeologi och förorenad mark

Järnvägsutredningen skall ligga till grund för Banverkets beslut om lämplig lösning för utbyggnad av dubbelspår genom Varberg samt utgöra underlag för regeringens tillåtlighetsprövning av den valda lösningen. Järnvägsutredningen skall behandla och belysa såväl järnvägs- och trafiktekniska som ekonomiska och miljömässiga konsekvenser. Riskerna inom respektive teknikområden skall identifieras för allt som kan fördröja och/eller fördyra projektet.

I tabell 1 sammanställs identifierade risker med beskrivning inom teknikområden hydrogeologi och förorenad mark.

Tabell 1

Riskaspekt i banutredningsskede	Beskrivning
<i>Området norr om norra påslaget</i>	
Risk för skador på grundläggning samt risk för migration av föroreningar i mark	Området är till stor del uppbyggt av fyllnadsmassor, havet finns nära den aktuella delsträckan och förorenad jord förekommer i området. Befintligt grundvattenstånd måste bibehållas dels för att skydda befintliga anläggningar/byggnader och dels för att undvika migration av föroreningar i mark. Konsekvenserna för grundläggning av befintliga byggnader skulle kunna vara sättningar eller risk för skador på eventuellt förekommande träpålar eller rustbäddar. Den permanenta anläggningen ska utföras som en vattentät konstruktion. Anläggningen under grundvattenytan i jord (nedfarten till stationsområdet) kan utföras antingen som ett vattentätt betongtråg eller skyddas mot inläckande vatten med hjälp tätskikt som installeras i anläggningen. Bergschakten inom stationsområdet ska också tätas för att hindra inläckage av grundvatten.
Risker förknippade med förorenad mark	Den föreslagna sträckningen för tunnelalternativet berör ett område där förorenad mark konstaterats. En mindre del av dessa massor måste saneras, en del kan eventuellt deponeras på en lokal deponi samt en ytterligare del kan återanvändas inom projektet. Det finns risk för förhöjd urlakning av föroreningar vid anläggningsarbete vid det gamla deponiområdet och vid den planerade nedfarten till stationsområdet. Förslag till behandlingsåtgärder skall optimeras, med avseende på miljökrav i Miljöbalken och ekonomi, för att reducera risker som kan fördröja och/eller fördyra projektet.
Korrosionsrisk	Det nuvarande grundvattenflödet från öster mot väster riskerar att hindras av stationsområdets avskärande nord-sydliga konstruktioner. Dessa kan dämna upp grundvatten på östra sidan och förorsaka saltvatteninträning från havet på västra sidan av tråget. Saltvatteninträningen kan medföra korrosionsrisk för befintliga och planerade anläggningar i mark. För att hindra denna process föreslås en anläggning längs det blivande tråget för överföring av grundvatten från östra till västra sidan av tråget.
<i>Varbergs centrum</i>	
Risk för skador på grundläggning	Delsträckan genom centrala Varberg kommer att ledas i bergtunnel. Tunnelns höjdläge bör optimeras med avseende på både bergtäckning och grundvattentryck med hänsyn till havsytan. Inläckage till tunneln och därav orsakad påverkan på grundvattennivåer kan (beroende på inläckagets storlek) medföra konsekvenser för grundläggning av befintliga byggnader. Bergtunneln ska utföras med ett lämpligt täthetskrav för att förhindra oönskade konsekvenser av tunnelbygget. Vatteninläckning till tunneln kan kompenseras med ökad grundvattenbildning i det aktuella området. En ökad grundvattenbildning kan uppnås genom att bygga infiltrationsanläggningar för i första hand infiltration av regnvatten och eventuell återinfiltration av dränvatten från tunneln.
Risk för påverkan på växtlighet	Tillåten grundvattennivåsänkning måste ta hänsyn till påverkan på växtlighet och särskilt på redan etablerade parkområden i Varberg.

Risk för påverkan på befintliga brunnar	Några av de risker som finns beträffande befintliga brunnar i området är sänkta grundvattennivåer, förändrad vattenkvalitet och saltvatteninträngning. I det aktuella området finns ett antal bergborrade brunnar för värmeuttag med hjälp av värmepump. Brunnar som ligger i direkt anslutning till tunneln d v s inom en korridor med en bredd på ca 50 m, kommer att läggas ned. Ytterligare brunnar som ligger inom ca 100 m avstånd från den nya järnvägslinjen riskerar något minskat värmeuttag. När grundvattennivån i berg sänks av innebär detta att mindre mängd energi kan utvinnas. Minskningen är i stort sett proportionell mot avsänkningens storlek. Saltvatten kan tränga in i en kustnära akvifer (under sötvattnet), speciellt om det sker kraftiga uttag av vatten från akviferen. Saltvatteninträngning kan riskera påverkan på vattenkvaliteten i förekommande uttagsbrunnar för konsumtion, bevattning samt uppvärmning/kyllning.
Korrosionsrisk	Den planerade tunneln måste tätas till en lämplig täthet för att undvika risker för en väsentlig grundvattensänkning och därigenom även inläckage av saltvatten från havet (saltvatteninträngning). Den mest allvarliga konsekvensen av saltvatteninträngningen skulle kunna vara en ökad korrosionsrisk i de olika brunnar, uttagsanordningar och i olika markförlagda konstruktioner med nivåer under havsytan. Speciellt skulle installationer i den planerade tunneln behöva utföras korrosionsbeständigt eller korrosionsskyddat.
<i>Området vid södra påslaget</i>	
Risk för grundvattensänkning	För delsträckan vid södra bergpåslaget bör grundvattensänkning i omgivande jord och berg begränsas. Det kan lösas på samma sätt som vid nedfarten till stationsområdet. Spåren kan byggas antingen i betongtråg eller i ett schakt med tätskikt som installeras i anläggningen. Detta bör även utföras vid de vägar som korsar spåren mellan södra påslaget och anslutningen till befintligt spår vid Hamra.

I tabell 2 sammanställs uppskattade sannolikheter och konsekvenser för samtliga identifierade risker inom teknikområdet hydrogeologi. För beskrivning se motsvarande riskaspekt i tabell 1.

Tabell 2

Riskaspekt i banutredningsskede	Sannolikhet	Konsekvens	Åtgärd	Kostnad	Ansvarig
<i>Området norr om norra påslaget</i>					
Risk för skador på grundläggning samt risk för migration av föroreningar i mark	5	3	Nedfarten till stations-området och stationsområdet skall utföras som en vattentät konstruktion t.ex. betongtråg.	4	
Risker förknippade med förorenad mark	5	4	Förslag till behandlings-åtgärder tas fram och uppdateras under samtliga steg för projektet.	4	
Korrosionsrisk	5	3	En anläggning längs det blivande tråget utförs för överföring av grundvatten från östra till västra sidan av tråget.	2	
<i>Varbergs centrum</i>					
Risk för skador på grundläggning	5	4	Bergtunneln ska utföras med ett lämpligt täthetskrav. Vatteninläckning till tunneln kan kompenseras med ökad grundvattenbildning genom återinfiltration av dag- och dränvatten från tunneln.	4	

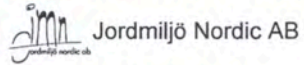
Risk för påverkan på växtlighet	4	3	För åtgärder se föregående riskaspekt.	Ingår ovan.	
Risk för påverkan på befintliga brunnar	5	3	För åtgärder se föregående riskaspekt. Dessutom skall ett antal brunnar ersättas.	Ingår ovan och dessutom tillkommer 2.	
Korrosionsrisk	3	4	För åtgärder se föregående riskaspekter.	Ingår ovan.	
<i>Området vid södra påslaget</i>					
Risk för grundvattensänkning	4	2	Nedfarten till södra berg-påslaget samt vägar vilka korsar spåren skall utföras som vattentäta konstruktioner t.ex. betongtråg.	3	

Sannolikhet: 1. Mycket osannolik 2. Osannolik 3. 50/50 4. Sannolik 5. Mycket sannolik	Konsekvens: 1. Små konsekvenser 2. Lindriga konsekvenser 3. Stora konsekvenser 4. Mycket stora konsekvenser 5. Katastrofala konsekvenser	Kostnader: 1. Små kostnader 2. Relativt små kostnader 3. Relativt stora kostnader 4. Stora kostnader 5. Mycket stora kostnader
---	--	--



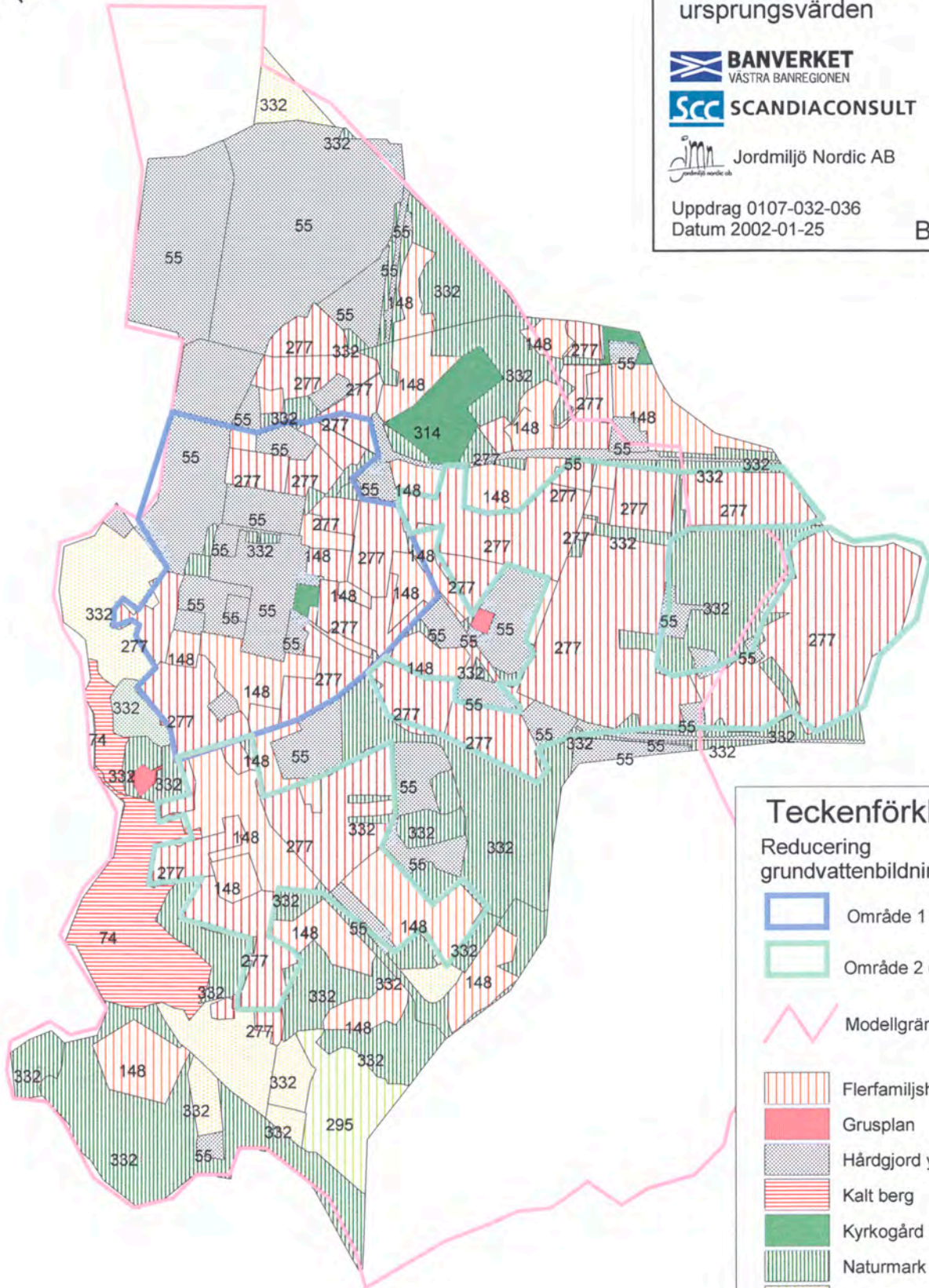
Västkustbanan delen Varberg-Hamra

Grundvattenbildning,
ursprungsvärden



Uppdrag 0107-032-036
Datum 2002-01-25

Bilaga 5.1



Teckenförklaring

Reducering
grundvattenbildning

- Område 1
- Område 2 och 3
- Modellgräns

- Flerfamiljshus
- Grusplan
- Hårdgjord yta
- Kalt berg
- Kyrkogård
- Naturmark
- Odlad mark
- Sommarstugor
- Strandskog
- Villor

Grundvattenbildning anger
oreducerade värden i mm/år

0 500 1000 1500 meter

Västkustbanan
delen Varberg-Hamra
Grundvattenbildning,
kalibrerade värden i mm/år

 **BANVERKET**
VÄSTRA BANREGIONEN

 **SCANDIACONSULT**

 Jordmiljö Nordic AB

Uppdrag 0107-032-036
Datum 2002-01-25

Bilaga 5.2

30

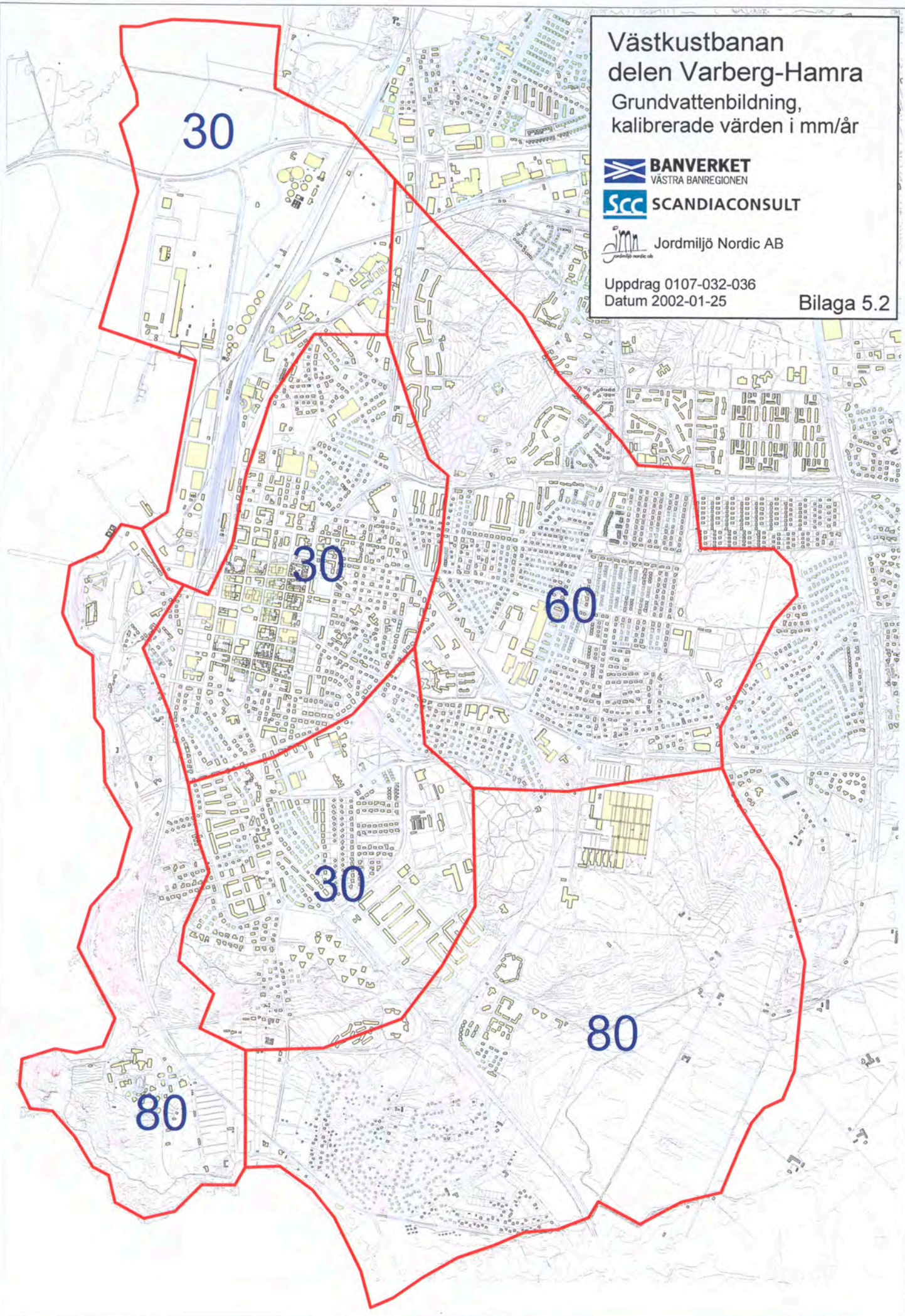
30

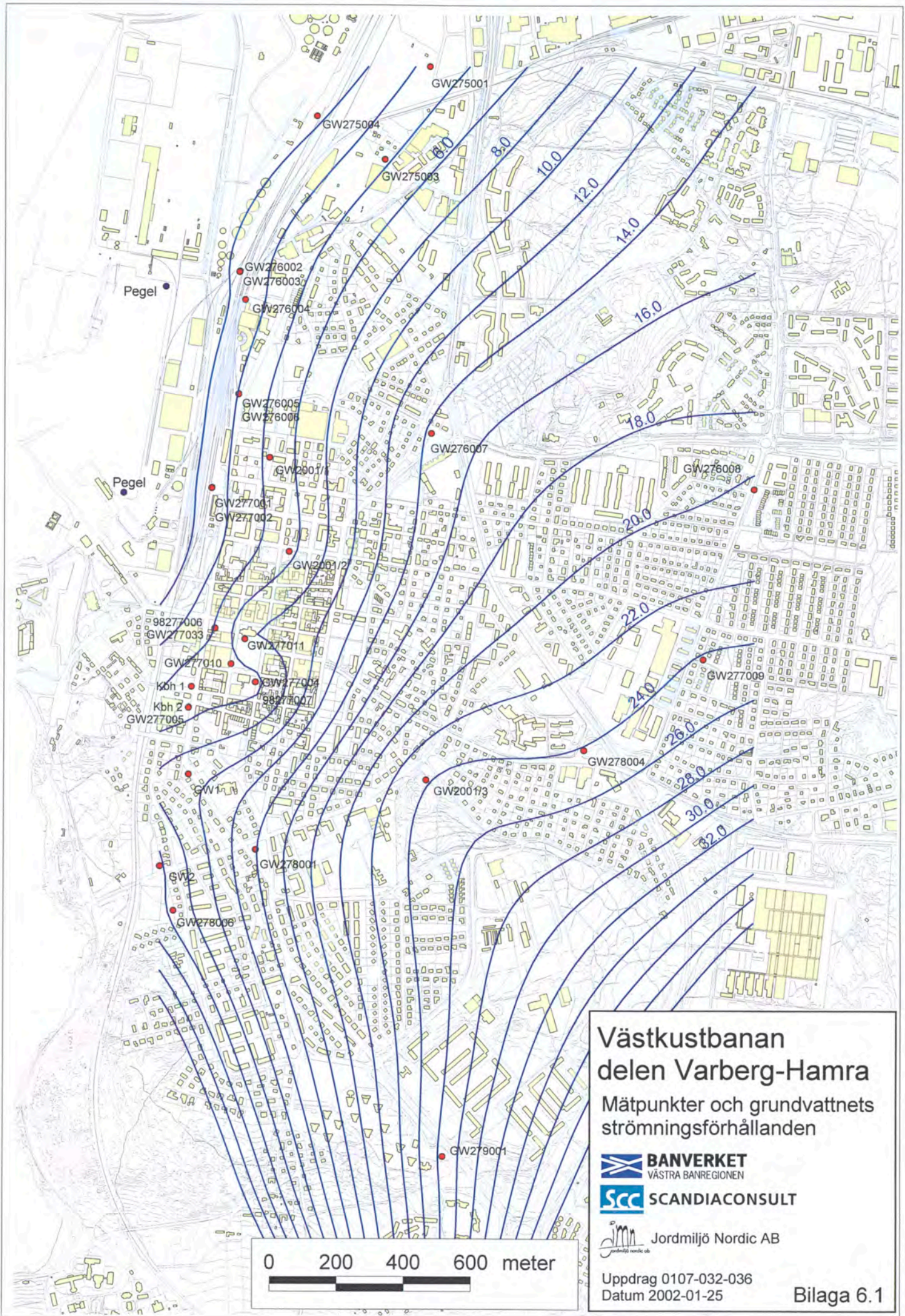
60

30

80

80






Västkustbanan
delen Varberg-Hamra
 Mätpunkter och grundvattnets
 strömningsförhållanden

 **BANVERKET**
 VÄSTRA BANREGIONEN

 **SCANDIACONSULT**

 **Jordmiljö Nordic AB**

Uppdrag 0107-032-036
 Datum 2002-01-25

Bilaga 6.1



**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 1

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test:

Test-1

Test well: GW275001

Test performed by: PK & MJ

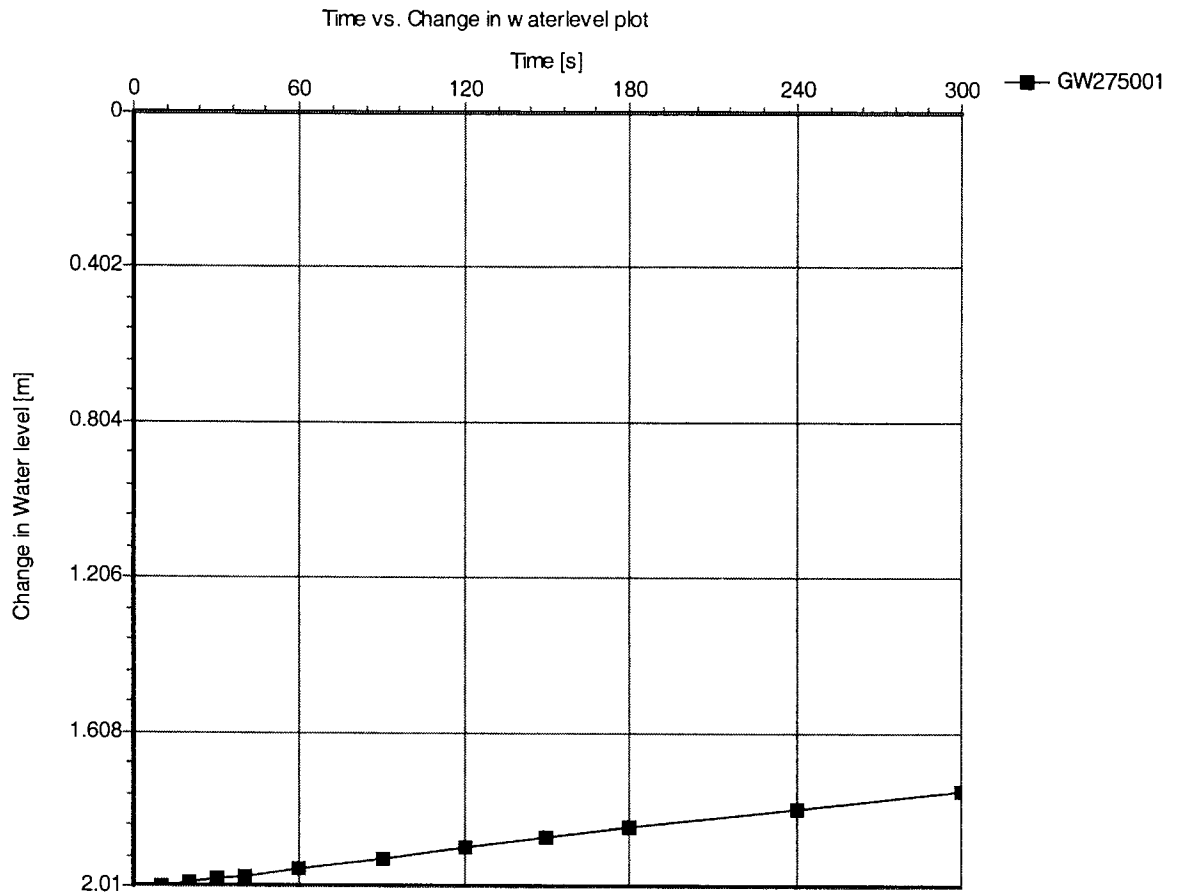
Evaluated by: PK

Test date: 2001-08-21

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: Time vs. Change in waterlevel plot

Aquifer thickness: 9 [m]





Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 2

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test: Test-1

Test well: GW275001

Test performed by: PK & MJ

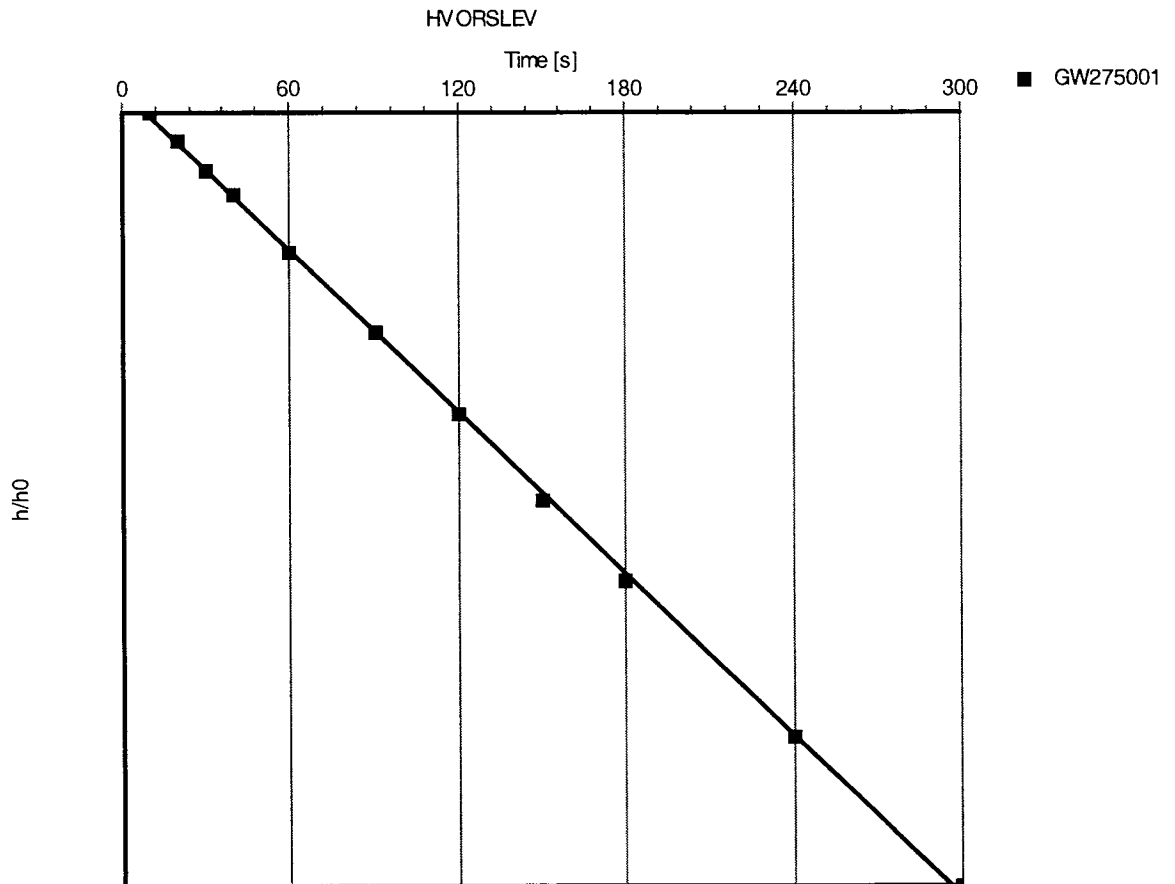
Test date: 2001-08-21

Evaluated by: PK

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: HVORSLEV

Aquifer thickness: 9 [m]



Conductivity: 7.74×10^{-7} [m/s]



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 3

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test: Test-2

Test well: GW276006

Test performed by: PK & MJ

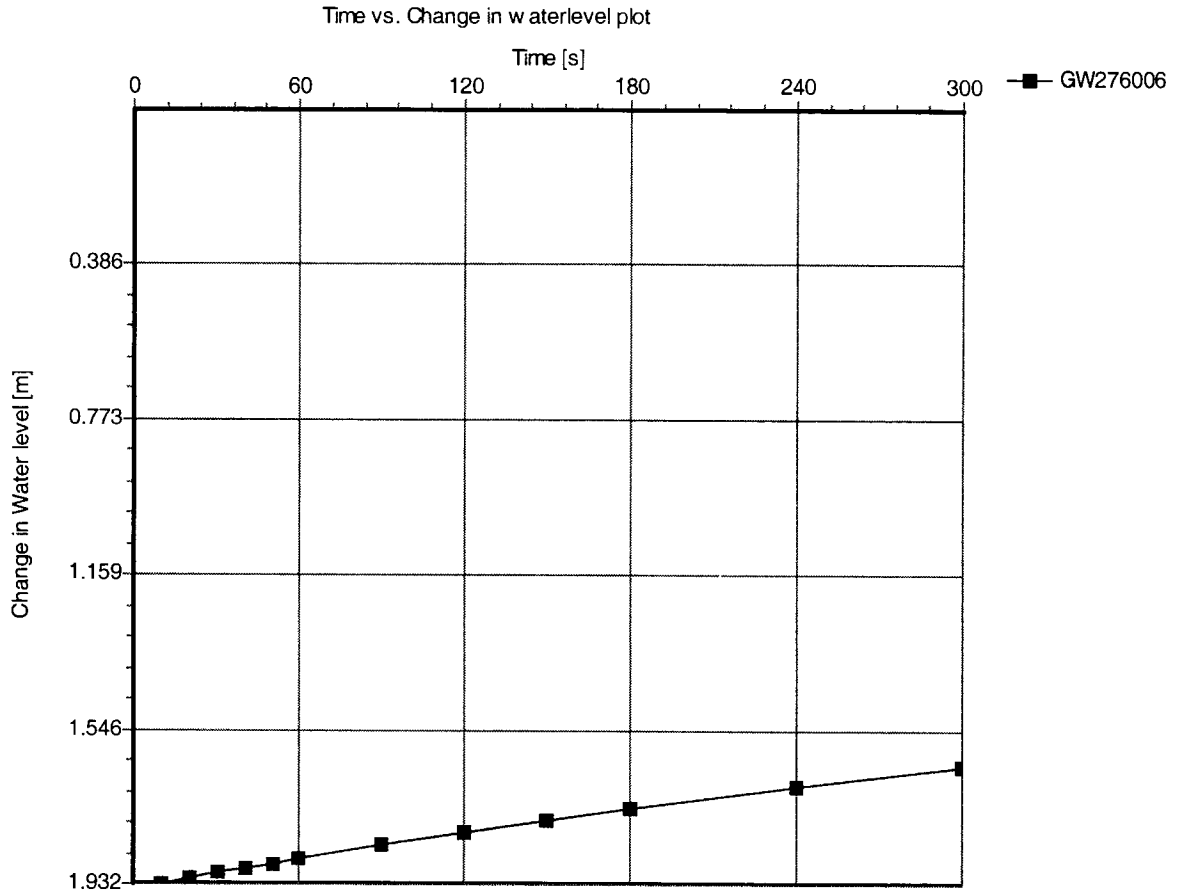
Evaluated by: PK

Test date: 2001-08-21

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: Time vs. Change in waterlevel plot

Aquifer thickness: 5.2 [m]



**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 4

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test:

Test-2

Test well: GW276006

Test performed by: PK & MJ

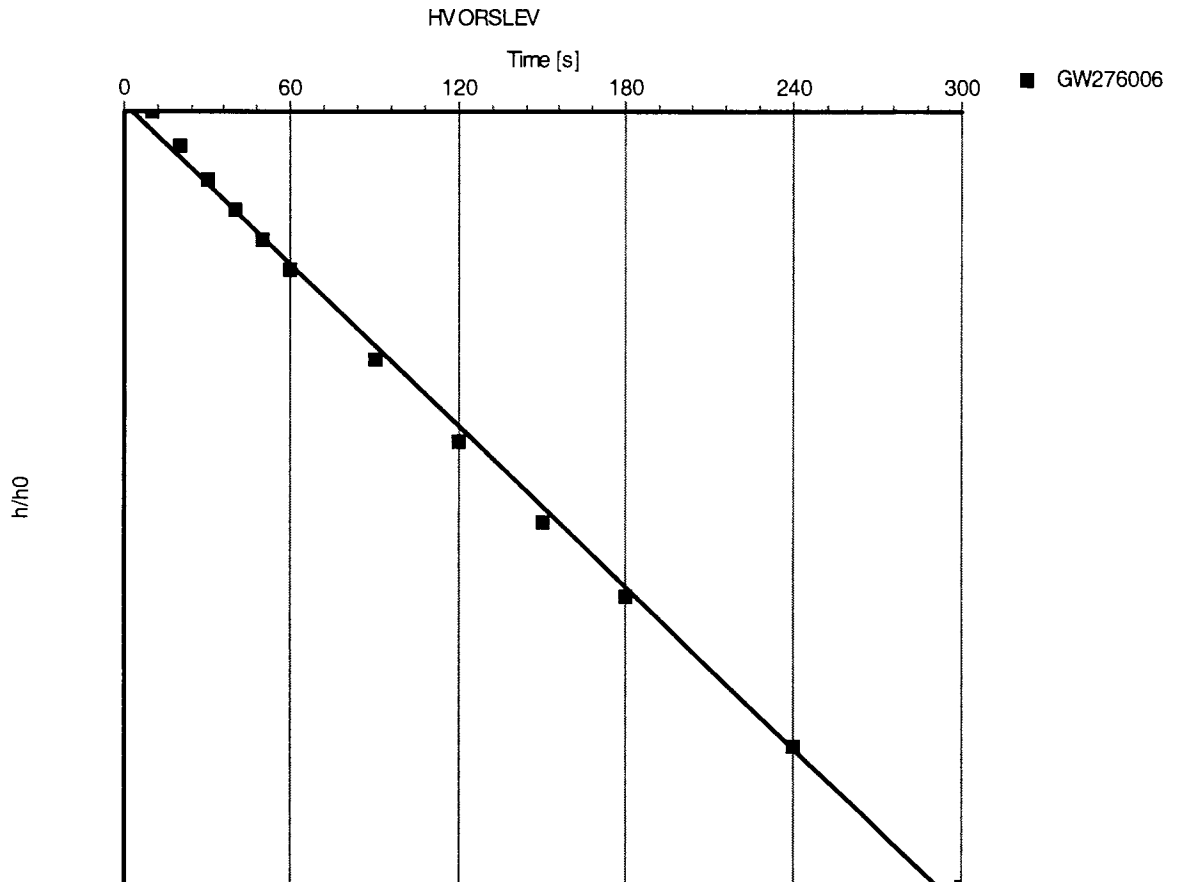
Test date: 2001-08-21

Evaluated by: PK

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: HVORSLEV

Aquifer thickness: 5.2 [m]

Conductivity: 9.59×10^{-7} [m/s]



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36
411 04 Göteborg
www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 5

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test: Test-3

Test well: GW276008

Test performed by: PK & MJ

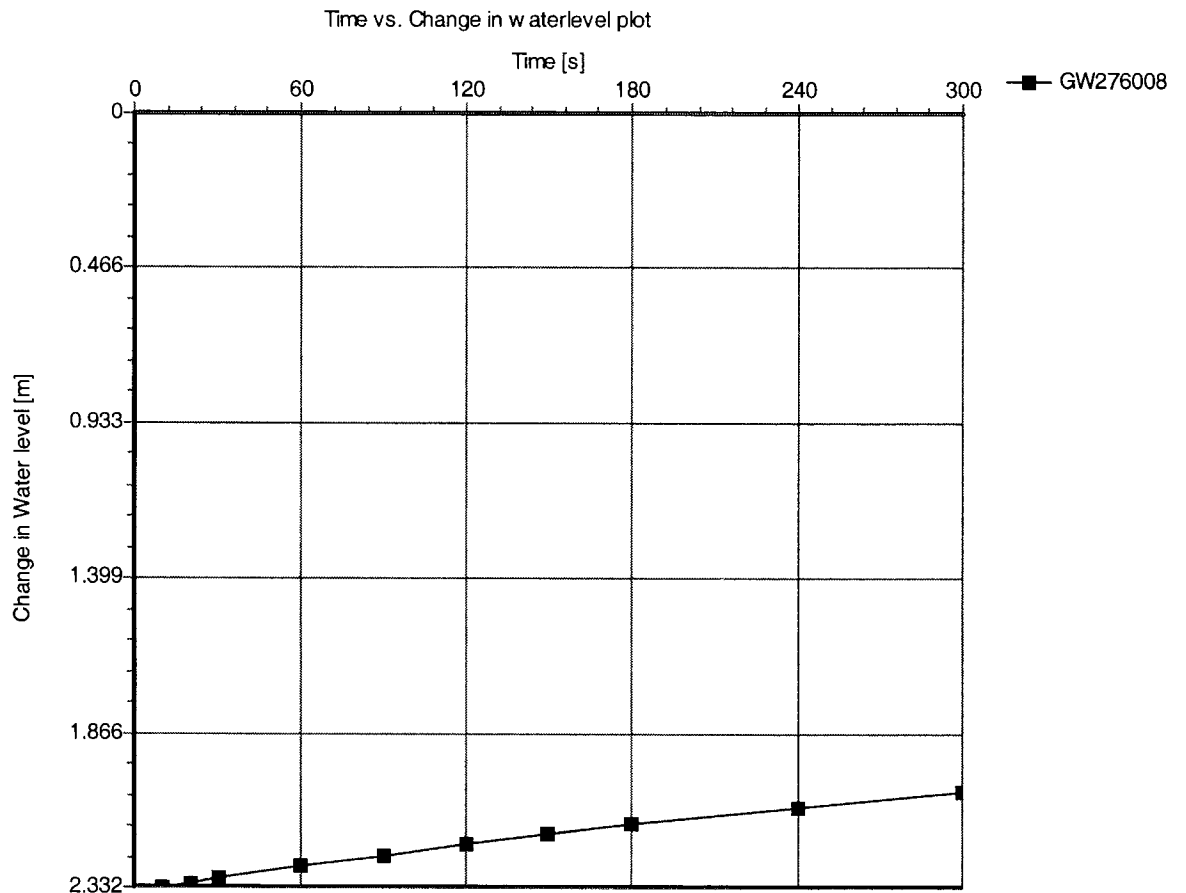
Evaluated by: PK

Test date: 2001-08-21

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: Time vs. Change in waterlevel plot

Aquifer thickness: 4 [m]





Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 6

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test:

Test-3

Test well: GW276008

Test performed by: PK & MJ

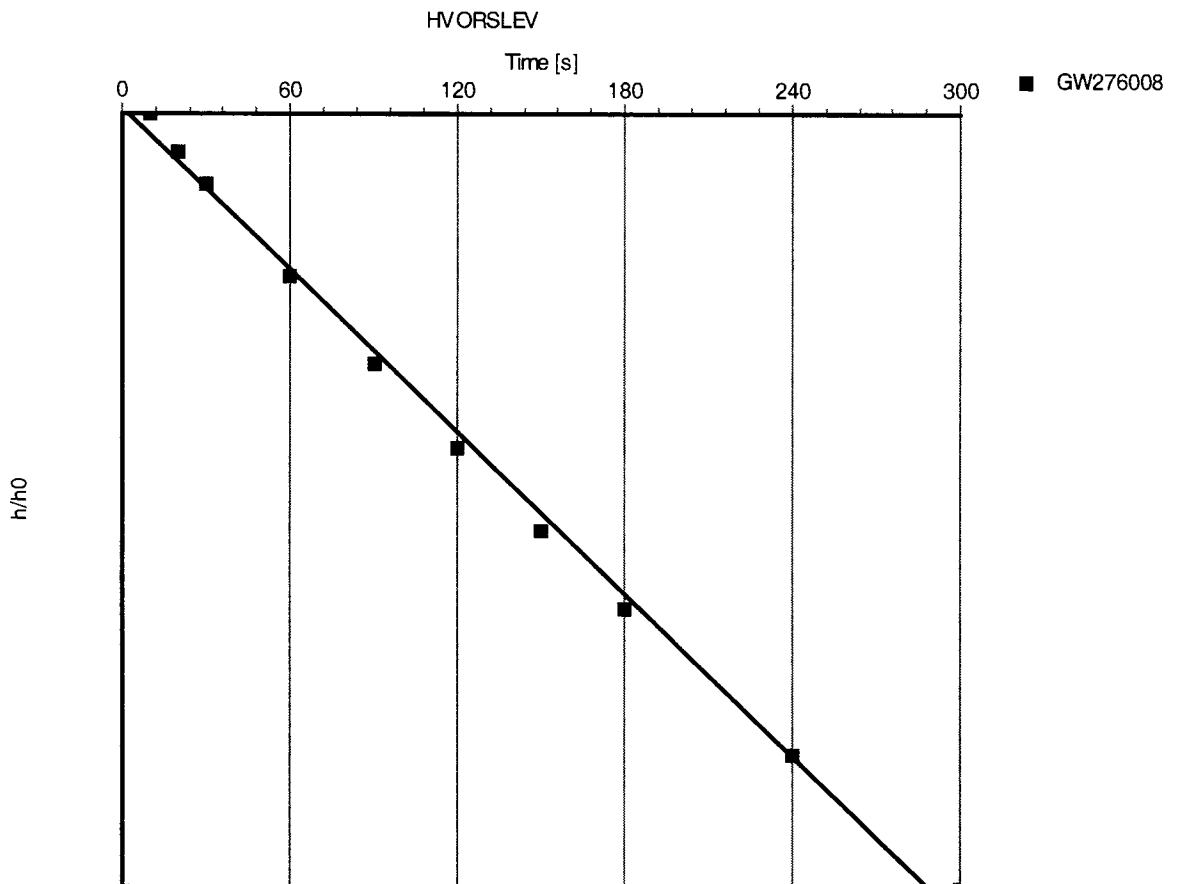
Evaluated by: PK

Test date: 2001-08-21

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: HVORSLEV

Aquifer thickness: 4 [m]



Conductivity: 7.78×10^{-7} [m/s]



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 7

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test: Test-4

Test well: GW277002

Test performed by: PK & MJ

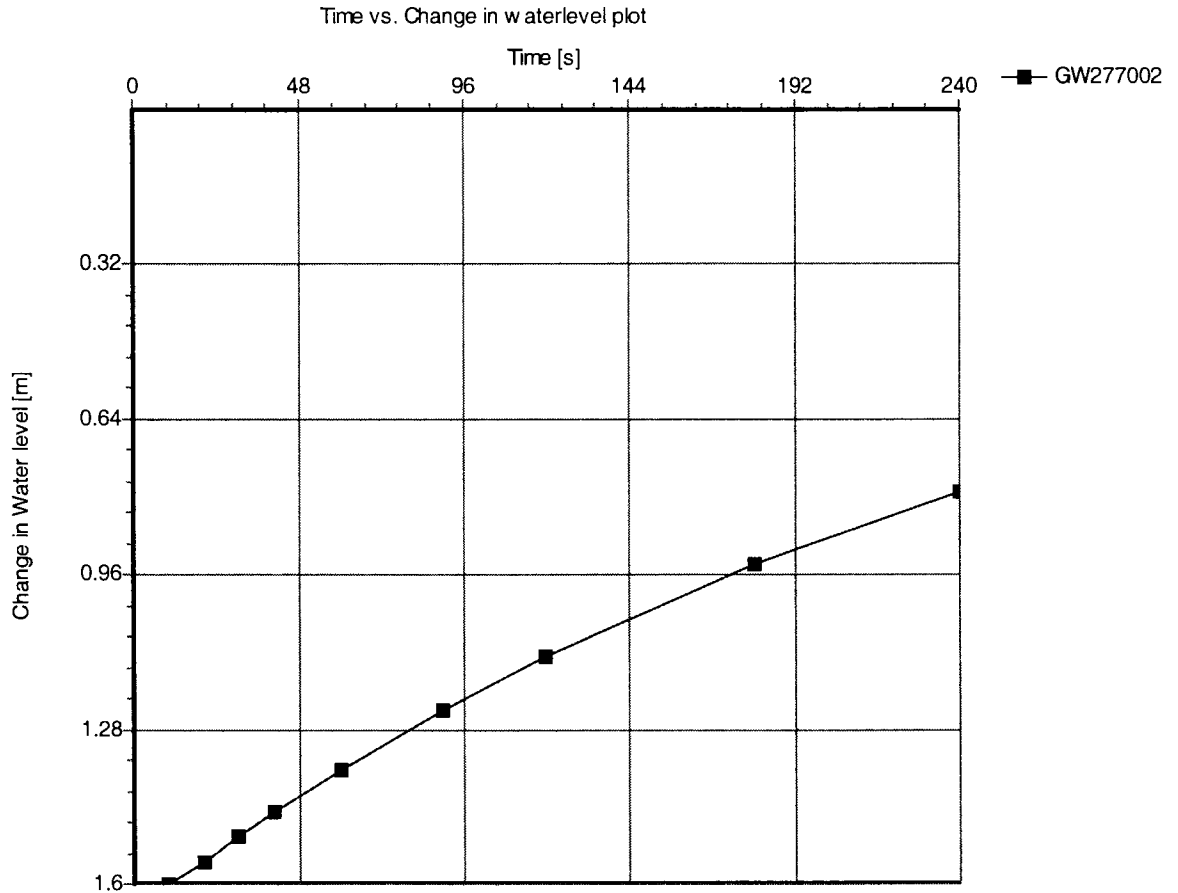
Test date: 2001-08-21

Evaluated by: PK

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: Time vs. Change in waterlevel plot

Aquifer thickness: 11 [m]





Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36
411 04 Göteborg
www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 8
Project: Varberg - Slug test
Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test:

Test-4

Test well: GW277002

Test performed by: PK & MJ

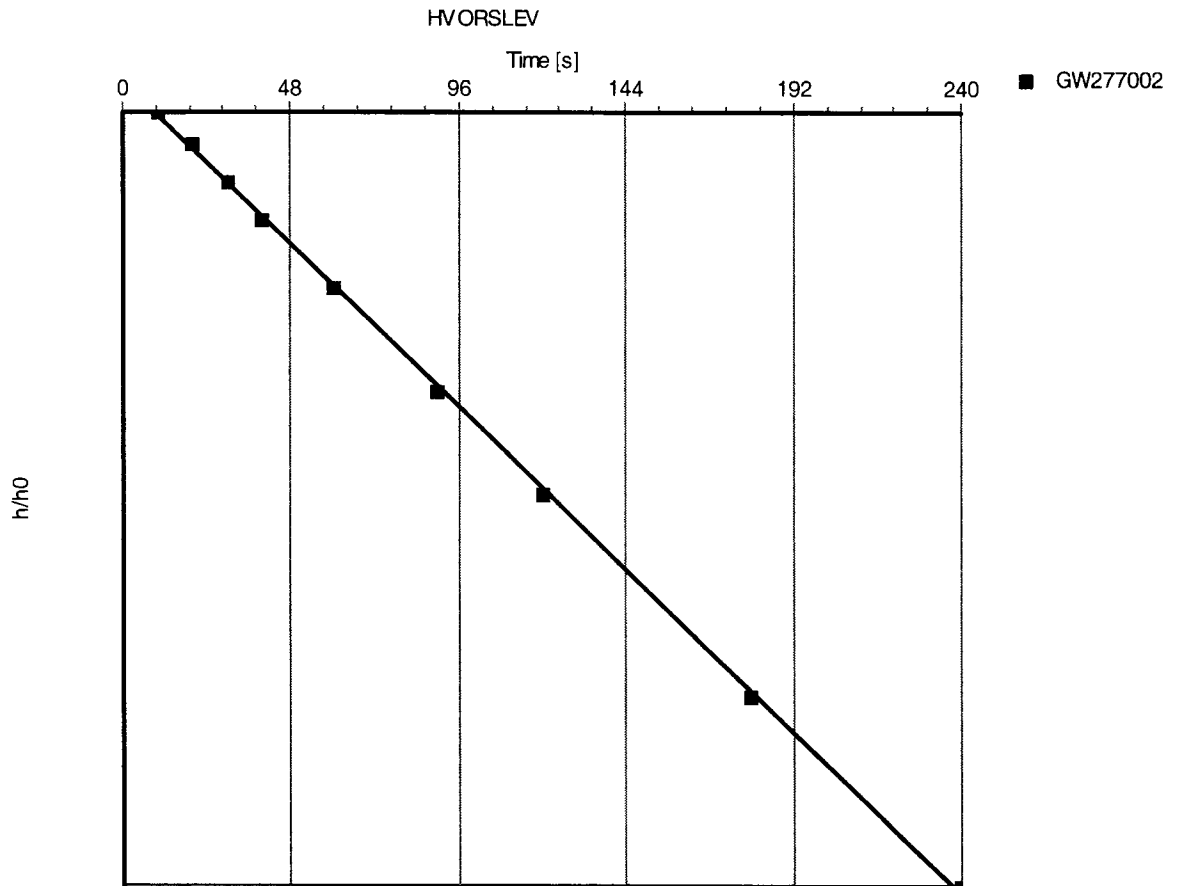
Test date: 2001-08-21

Evaluated by: PK

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: HVORSLEV

Aquifer thickness: 11 [m]



Conductivity: 5.16×10^{-6} [m/s]



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 9

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test: Test-5

Test well: GW276003

Test performed by: PK & MJ

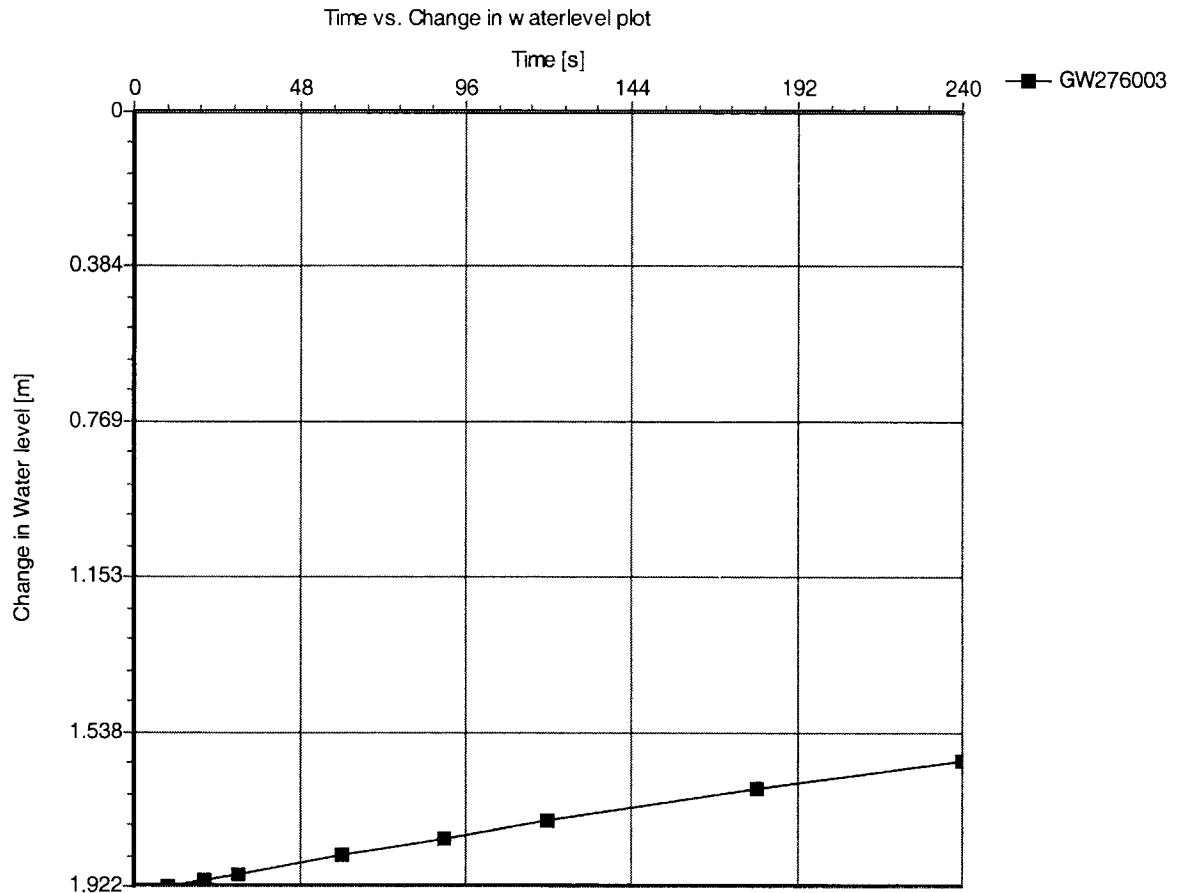
Evaluated by: PK

Test date: 2001-08-21

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: Time vs. Change in waterlevel plot

Aquifer thickness: 7 [m]



**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 10

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test:

Test-5

Test well: GW276003

Test performed by: PK & MJ

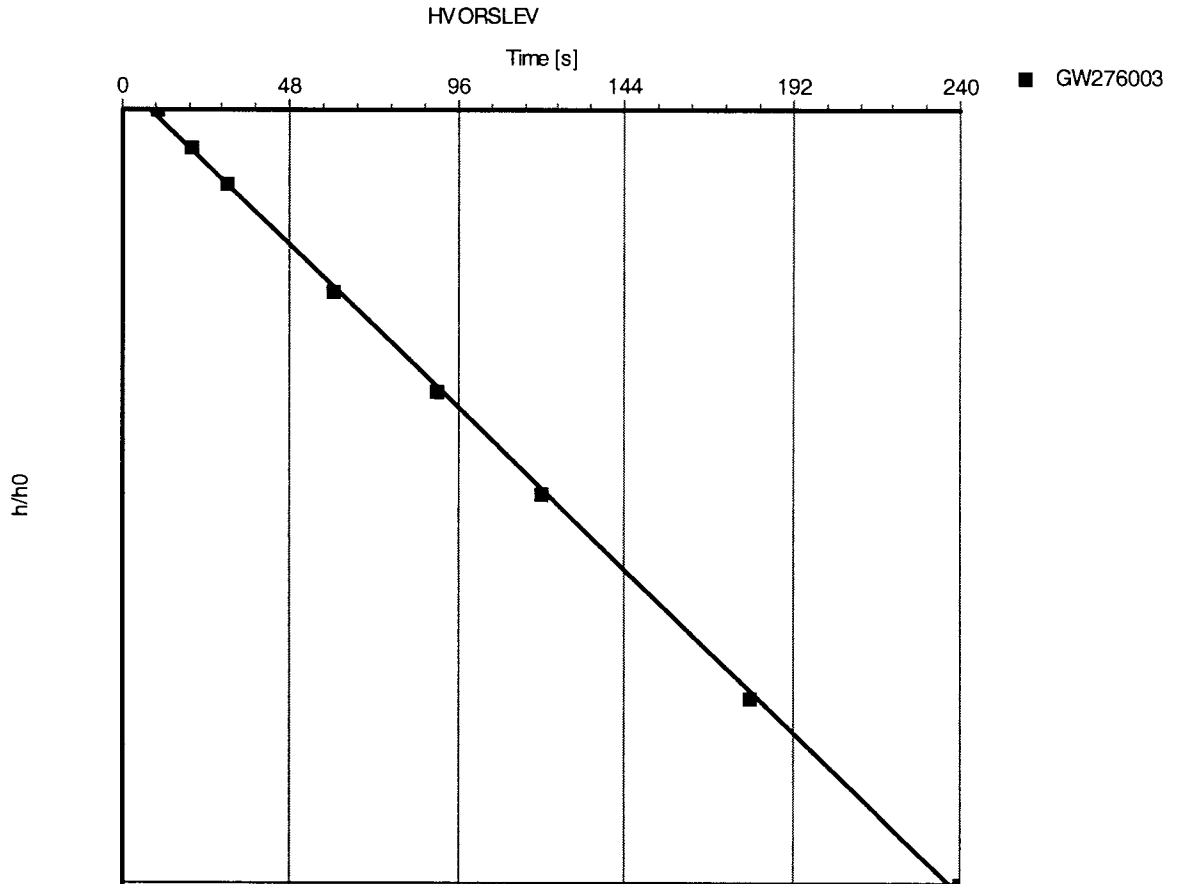
Test date: 2001-08-21

Evaluated by: PK

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: HVORSLEV

Aquifer thickness: 7 [m]

Conductivity: 1.29×10^{-6} [m/s]



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 11

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test: Test-6

Test well: GW277004

Test performed by: PK & MJ

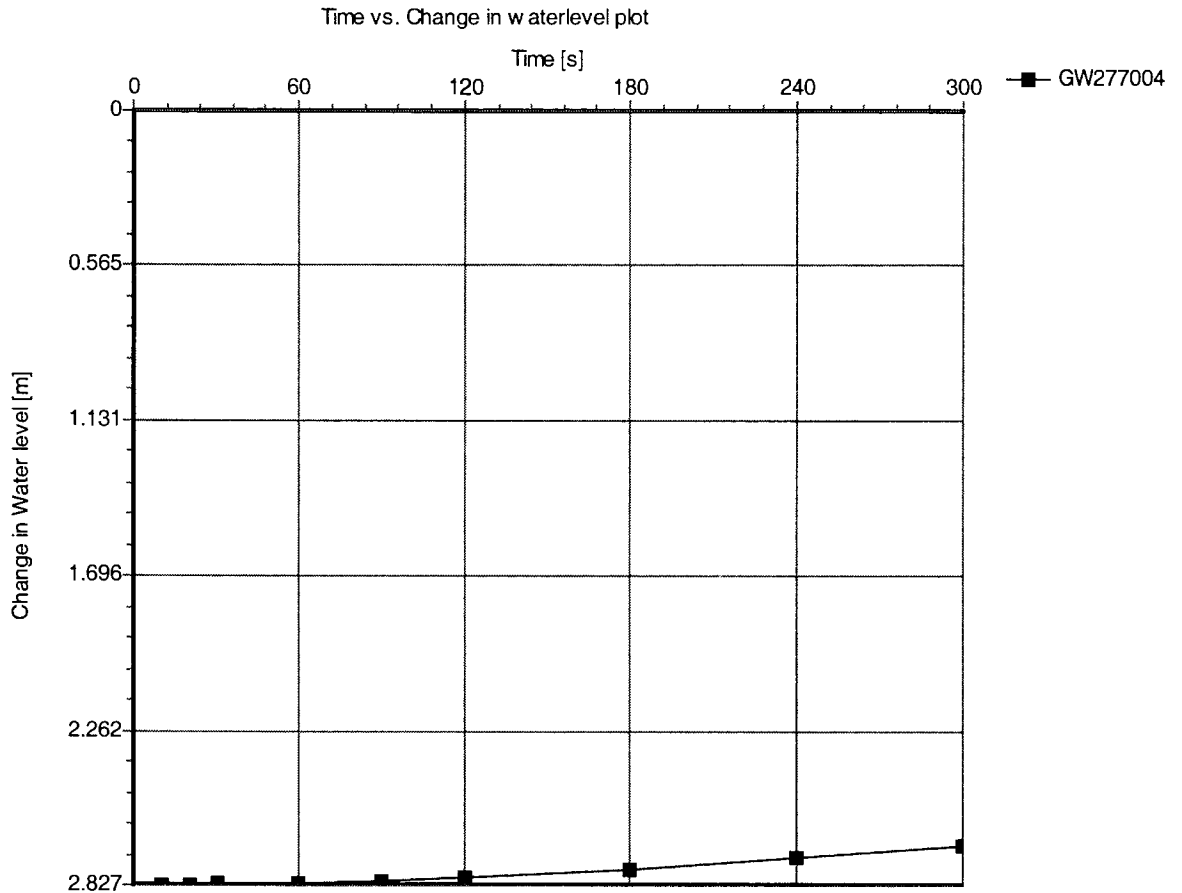
Evaluated by: PK

Test date: 2001-08-21

Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: Time vs. Change in waterlevel plot

Aquifer thickness: 6 [m]





Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Slug test analysis

No: 0107-032-036, Bilaga 6.2 sida 12

Project: Varberg - Slug test

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Slug test: Test-6

Test well: GW277004

Test performed by: PK & MJ

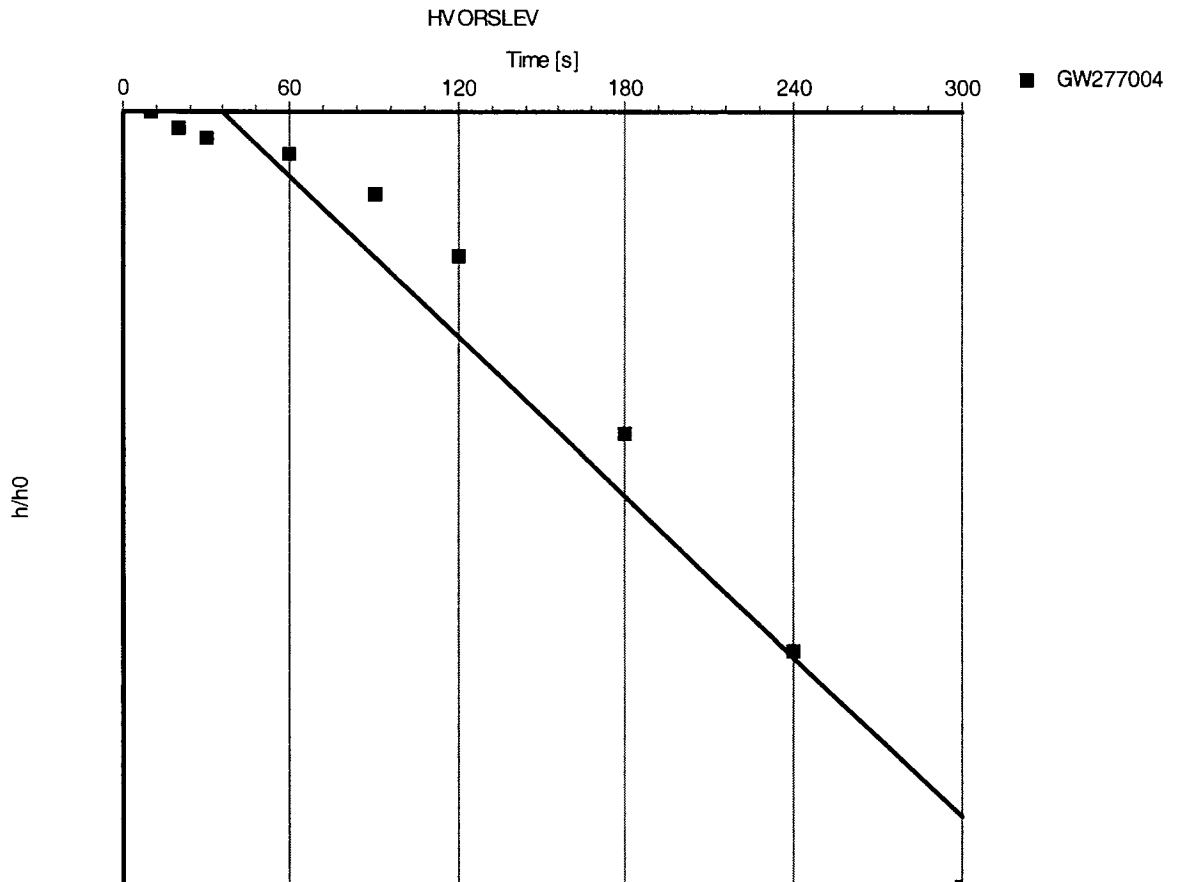
Test date: 2001-08-21

Evaluated by: PK

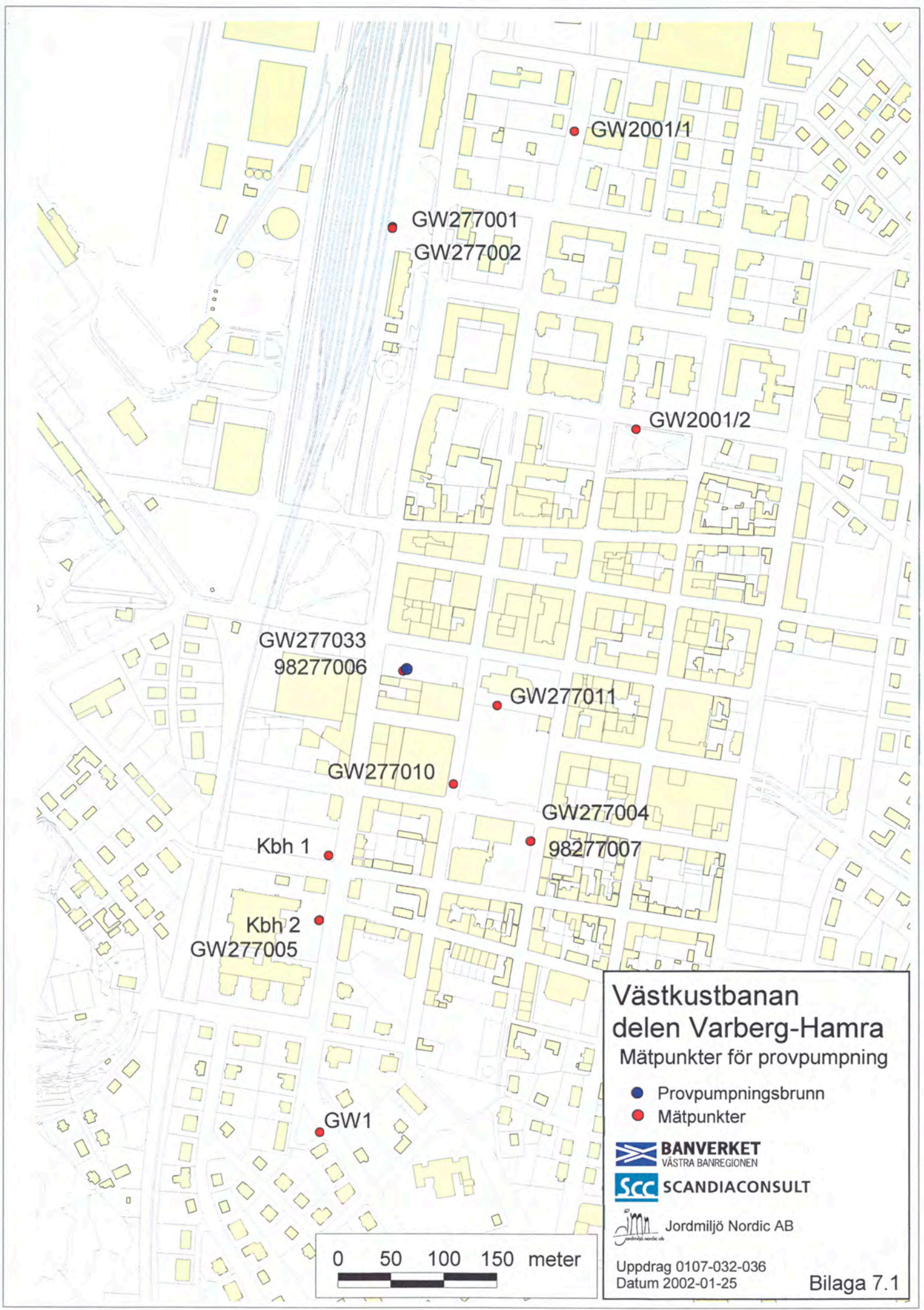
Evaluation date: 2001-11-23

Analysis method: HVORSLEV

Aquifer thickness: 6 [m]



Conductivity: 3.07×10^{-7} [m/s]




**Väst kustbanan
delen Varberg-Hamra**
Mätpunkter för provpumpning

- Provpumpningsbrunn
- Mätpunkter

 **BANVERKET**
VÄSTRA BANREGIONEN

 **SCANDIACONSULT**

 **Jordmiljö Nordic AB**

Uppdrag 0107-032-036
Datum 2002-01-25

Bilaga 7.1

Projekt Nr: 2		Arbetsplats: Vårberg Brunnsparken				BH Nr: 98277006 1		Datum: 22/6-98					
Bormaskin: Nemco 300H				Kompressor: XRHS 350				Borrledare:					
Djup	Bergart/ Färg	Borrsjunkning					Sprickor		Vatten	Kommentar			
0-1										} Sand, grus, sten			
1-2													
2-3													
3-4													
4-5													
5-6									} Lera				
6-7													
7-8									Berg 7,2 met.				
8-9													
9-10		22	16	29	28	14	0						
10-11		17	23	16	12	/	-	x	x	Mycket trasigt			
11-12	grött	/	/	32	31	21	x	x	-	(För trasigt för biter)			
12-13		20	30	32	15	20	-	x	w				
13-14		25	25	25	27	27		o					
14-15	grött	30	31	22	31	17		-	x				
15-16		27	31	24	28	28		-		Lera i sprickor			
16-17		27	21	30	23	31	0		-				
17-18		27	29	33	25	31		o					
18-19		28	28	27	25	30	o	o	-	Mycket kax i borrhålet			
19-20	grött	30	32	31	31	20			-				
20-21		23	21	24	23	30	-	-	-	w			
21-22		28	33	33	29	23			-				
22-23		32	27	29	31	23	-	o	-	(Rödberg med svirt			
23-24		32	32	33	35	35				oft se vilken nivå)			
24-25		36	35	30	34	27		o	o				
25-26	grött	29	34	28	28	23			o	o			
26-27		17	26	22	16	27	=	-	-	x			
27-28		26	23	23	28	30	o	o	o				
28-29		32	25	23	13	17		o	o	x	x		
29-30		11	11	25	26	28	x	x		w			

o = sprickigt berg
 - = mycket sprickigt berg
 x = krosszon

v = vatten 0 - 50 l/tim
 w = vatten 50 - 100 l/tim
 ww = vatten över 100 l/tim

Projekt Nr:		Arbetsplats: Sparbanken Varberg			BH Nr: 98277007 Sparbanks hus:		Datum: 16/6 - 98					
Borrmaskin: Nemek 300 H				Kompressor: XPH5 350				Borrlidare: D.A 5P				
Djup	Bergart/ Färg	Borrsjunkning					Sprickor			Vatten	Kommentar	
0-1											Sand	
1-2												
2-3												
3-4												
4-5												
5-6											Lera med sand	
6-7												
7-8												
8-9											Grout grus. Berg 10,3 m trasigt ytberg, rör till 12m	
9-10												
10-11												
11-12												
12-13		30	31	33	36	34						
13-14	grått	24	19	6	7	7	x	x̄	x̄	x̄	Stora tomrum renning (res.)	
14-15		12	18	26	24	15	x̄	x̄		x		
15-16		11	13	35	39	39	x̄	x				
16-17		40	39	22	24	24			o	o		
17-18		40	38	7	8	23			x̄	x̄	o	
18-19	grått	35	32	32	26	25						
19-20		32	32	32	26	21				o		
20-21		18	21	31	28	36	-	-				
21-22		30	33	32	33	18					x	
22-23	grått	8	6	16	12	20	x̄	x̄	x	x	- vvv	Renning av res
23-24		11	15	23	17	31	x	x		x		
24-25		20	29	32	36	36	o					
25-26		35	27	29	25	28						
26-27		30	33	34	27	31						
27-28	grått	20	32	30	34	34	x					
28-29		33	27	35	37	36						
29-30												

o = sprickigt berg
 - = mycket sprickigt berg
 x = krosszon

v = vatten 0 - 50 l/tim
 w = vatten 50 - 100 l/tim
 ww = vatten över 100 l/tim

Datum	KI	Tid		Kommentar	Brunn	GW 277033	GW 277010	GW 277011	Brunn	GW 277004	Kbh 1	GW 277005	Kbh 2	GW 1	GW 277001	GW 277002	Pegel		
		Tid efter pumpstart			98277006	jord	berg	jord	98277007	jord	berg	jord	berg	berg	berg	jord			
		[min, t, d]			Brunnsparken		Stadshotellet	Kyrkan	Sparbanken		Vårdcentralen		V Vallg	Järnvägsstation					
		[s]			[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]
2001-11-12	9:45	0	0	30 l/min = 0.0005 m ³ /s	3,48	3,20	2,97	1,48	4,37	3,03	3,50	3,90	4,52	2,99	1,86	1,86	0,70		
		30"	30		4,51	3,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		50"	50		4,72	3,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1'	60		4,89	3,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2'	120		5,48	3,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3'	180		5,98	3,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4'	240		6,39	3,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		5'	300		6,71	3,40	-	-	-	4,37	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-
		6'	360		6,99	3,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7'	420		7,20	3,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		8'	480		7,40	3,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		9'	540		7,58	3,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		10'	600		7,82	3,68	-	-	-	4,38	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-
		15'	900		8,25	3,97	2,97	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20'	1200		8,56	4,24	-	-	-	4,39	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-
		25'	1500		8,78	4,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		30'	1800		8,95	4,73	2,97	1,50	4,42	3,03	3,53	3,90	4,52	-	-	-	-	-	-
		40'	2400		9,18	5,14	-	-	4,44	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		50'	3000		9,35	5,48	-	-	4,46	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10:45	60'	3600		9,51	5,77	2,97	1,50	4,48	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1t15'	4500		9,65	6,14	-	-	4,51	3,03	3,61	3,90	4,54	-	-	-	-	-	-
		1t30'	5400		9,76	6,40	-	-	4,53	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1t45'	6300		9,86	6,60	-	-	4,55	3,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11:45	2t	7200		9,96	6,70	2,98	1,51	4,57	3,04	3,65	3,90	4,55	-	-	-	-	-	-
		2t30'	9000		10,12	6,82	-	-	4,60	3,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12:45	3t	10800		10,26	6,92	3,00	1,52	4,62	3,04	3,71	3,90	4,58	-	1,92	1,94	-	-	-
	13:45	4t	14400		10,51	torrt (7.05)	3,01	1,53	4,66	3,05	3,75	3,90	4,58	-	1,92	1,95	-	-	-
	14:45	5t	18000		10,85	-	3,03	1,54	4,68	3,05	3,75	3,90	4,59	-	1,93	1,95	-	-	-
	15:45	6t	21600	12,90	-	3,05	1,55	4,69	3,06	3,75	3,90	4,59	-	1,93	1,96	-	-	-	
	16:45	7t	25200	-	-	-	1,57	4,72	3,08	3,78	3,90	4,59	-	1,94	1,96	-	-	-	
		7t30'	27000	19,60	-	3,07	1,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		8t30'	30600	19,62	-	-	-	4,74	3,08	3,80	-	4,63	-	-	-	-	-	-	
	8t35'	30900	15,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	8t45'	31500	9,94	6,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	8t50'	31800	9,20	6,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
18:45	9t	32400	8,40	6,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
				11.5 l/min															

Datum	Kl	Tid		Kommentar	Brunn	GW 277033	GW 277010	GW 277011	Brunn	GW 277004	Kbh 1	GW 277005	Kbh 2	GW 1	GW 277001	GW 277002	Pegel		
		Tid efter pumpstart			98277006	jord	berg	jord	98277007	jord	berg	jord	berg	berg	berg	jord			
		[min, t, d]			[s]		Brunnsparken		Stadshotellet	Kyrkan	Sparbanken		Vårdcentralen		V Vallg	Järnvägsstation			
		[min, t, d]	[s]		[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]
01-11-13	13:00	1d3t15'	98100	11.5 l/min = 0.0002 m ³ /s	6,36	5,28	3,04	1,72	4,57	3,08	3,67	3,91	4,61	3,03	1,96	1,98	0,82		
01-11-14	15:30	2d5t45'	193500		6,39	5,29	3,05	1,88	4,58	3,09	6.80 ?	3,92	4,61	3,06	2,06	2,08	0-95		
01-11-15	12:30	3d2t45'	269100		6,32	5,22	3,02	1,97	4,55	3,07	3,63	3,90	4,56	3,03	1,91	1,93	0,65		
01-11-16	14:00	4d4t15'	360900		6,32	5,23	3,05	2,08	4,57	3,08	3,65	3,91	4,58	3,05	1,99	2,01	0,88		
01-11-17	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01-11-18	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01-11-19	10:00	7d0t15'	605700		6,32	5,29	3,05	2,30	4,57	3,09	3,66	3,92	4,60	3,06	2,00	2,03	0,93		
01-11-20	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01-11-21	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01-11-22	13:00	10d3t15'	875700		6,27	5,29	3,05	2,46	4,56	3,10	3,67	3,92	4,60	3,05	1,83	1,86	0,65		
01-11-23	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01-11-24	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01-11-25	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
01-11-26	10:00	14d0t15'	1210500		6,27	5,27	3,05	0.03 ?	4,58	3,08	3,60	3,92	4,58	3,05	1,93	1,93	0,72		

Datum	KI	Tid		Kommentar	Brunn	GW 277033	GW 277010	GW 277011	Brunn	GW 277004	Kbh 1	GW 277005	Kbh 2	GW 1	GW 277001	GW 277002	Pegel		
		Tid efter pumpstopp			98277006	jord	berg	jord	98277007	jord	berg	jord	berg	berg	berg	berg	jord		
		[min, t, d]			Brunnsparken		Stadshotellet	Kyrkan	Sparbanken		Vårdcentralen		V Vallg	Järnvägsstation					
		[s]	[m u ök rör]		[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]	[m u ök rör]
2001-11-26	10:31	0	0	Pumpstopp	6,27	5,27	3,05	0.03 ?	4,58	3,08	3,60	3,92	4,58	3,05	1,93	1,93	0,72		
		30"	30		6,04	5,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		50"	50		5,86	5,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1'	60		5,72	5,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2'	120		5,49	5,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3'	180		5,26	5,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4'	240		5,08	5,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		5'	300		4,94	5,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		6'	360		4,82	5,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		7'	420		4,69	5,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		8'	480		4,62	5,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		9'	540		4,55	5,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		10'	600		4,47	5,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		15'	900		4,29	4,84	-	-	-	4,57	3,08	-	-	-	-	-	-	-	-
		20'	1200		4,17	4,72	-	-	-	4,57	3,08	-	-	-	-	-	-	-	-
		25'	1500		4,08	4,58	3,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		30'	1800		4,00	4,47	-	-	-	4,56	3,07	3,65	3,92	4,59	-	-	-	-	-
		40'	2400		3,87	4,28	3,04	-	-	4,55	3,07	-	-	-	-	-	-	-	-
		50'	3000		3,81	4,12	-	-	-	4,54	3,07	-	-	-	-	-	-	-	-
		11:31	60'		3600	3,73	3,98	3,04	-	4,54	3,07	3,63	3,92	4,59	-	-	-	-	-
		1t15'	4500	3,72	3,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		1t30'	5400	3,63	3,68	3,04	-	4,51	3,07	-	-	-	-	-	-	-	-		
		1t45'	6300	3,61	3,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	12:31	2t	7200	3,60	3,53	3,04	0,12	4,51	3,07	3,61	3,92	4,59	3,05	-	-	-	-		
		2t30'	9000	3,57	3,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	13:31	3t	10800	3,55	3,40	3,03	-	4,48	3,07	3,59	3,92	4,58	3,04	-	-	-	-		
	14:31	4t	14400	3,51	3,35	3,03	0,15	4,47	3,07	-	-	-	-	-	1,91	1,93	0,63		
	15:31	5t	18000	3,50	3,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
01-11-27	11:00	1d0t29'	88140	3,44	3,26	3,01	0,64	4,42	3,06	3,53	3,90	4,55	3,02	2,02	2,03	0,98			
01-11-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
01-11-29	14:00	3d3t29'	271740	3,43	3,24	3,01	0.49 ?	4,38	3,08	3,51	3,90	4,55	3,00	1,97	1,99	0,88			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
01-12-12	11:30	15d23t0'	1378800	3,42	3,23	2,99	0.85 ?	4,36	3,03	3,46	3,88	4,55	2,89	2,09	2,12	1,15			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Bilaga 8.2, sida 1 (24)

Project: VB, delen Varberg-Hamra

No: 0107-032-036

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 006

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC
2001-11-12

Data observed at: Brunn 98277006

Depth to static WL: 3.48 [m]

Distance from pumping well: 0 [m]

	Time [s]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]	
1	0	3.48	0.00	
2	30	4.51	1.03	
3	50	4.72	1.24	
4	60	4.89	1.41	
5	120	5.48	2.00	
6	180	5.98	2.50	
7	240	6.39	2.91	
8	300	6.71	3.23	
9	360	6.99	3.51	
10	420	7.20	3.72	
11	480	7.40	3.92	
12	540	7.58	4.10	
13	600	7.82	4.34	
14	900	8.25	4.77	
15	1200	8.56	5.08	
16	1500	8.78	5.30	
17	1800	8.95	5.47	
18	2400	9.18	5.70	
19	3000	9.35	5.87	
20	3600	9.51	6.03	
21	4500	9.65	6.17	
22	5400	9.76	6.28	
23	6300	9.86	6.38	
24	7200	9.96	6.48	
25	9000	10.12	6.64	
26	10800	10.26	6.78	
27	14400	10.51	7.03	
28	18000	10.85	7.37	

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis

Bilaga 8.2, sida 2 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 006

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

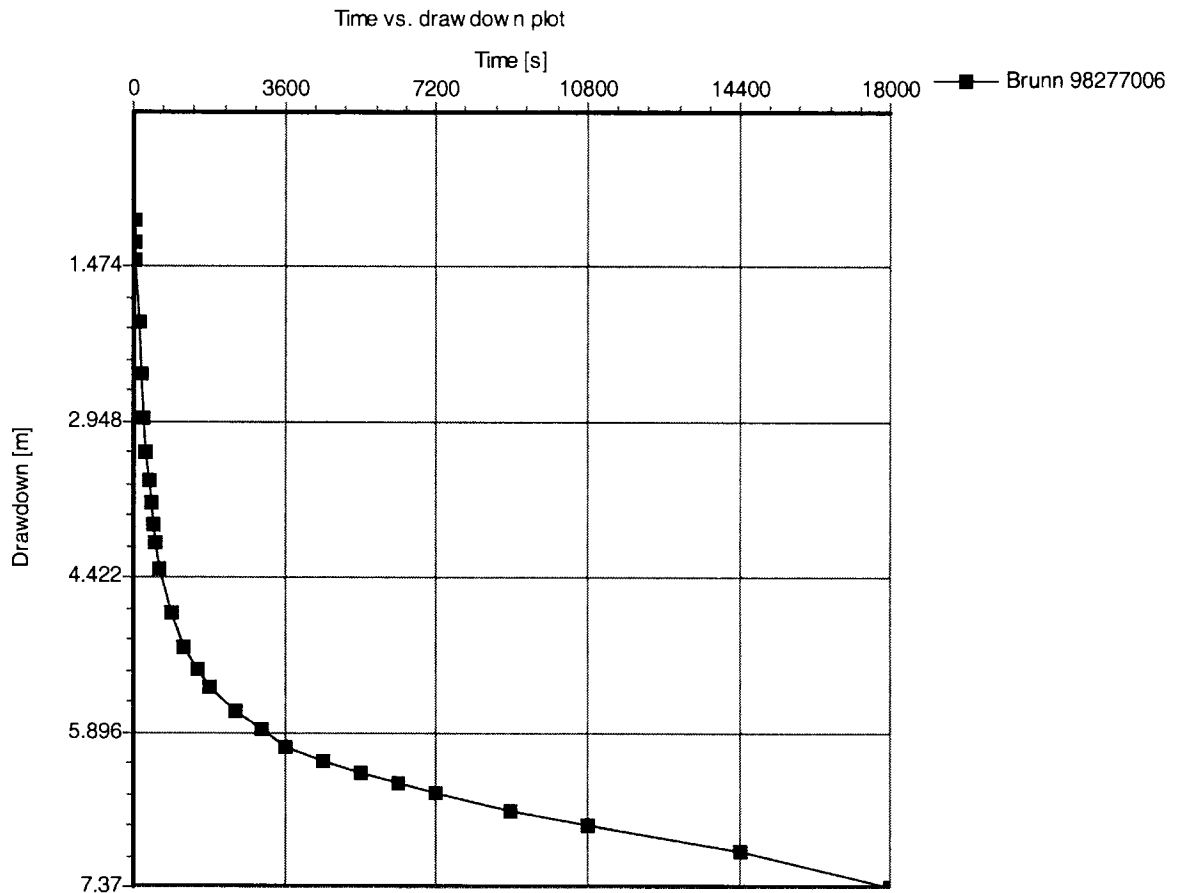
Evaluated by: PK

Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-01

Analysis method: Time vs. drawdown plot

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 3 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 006

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

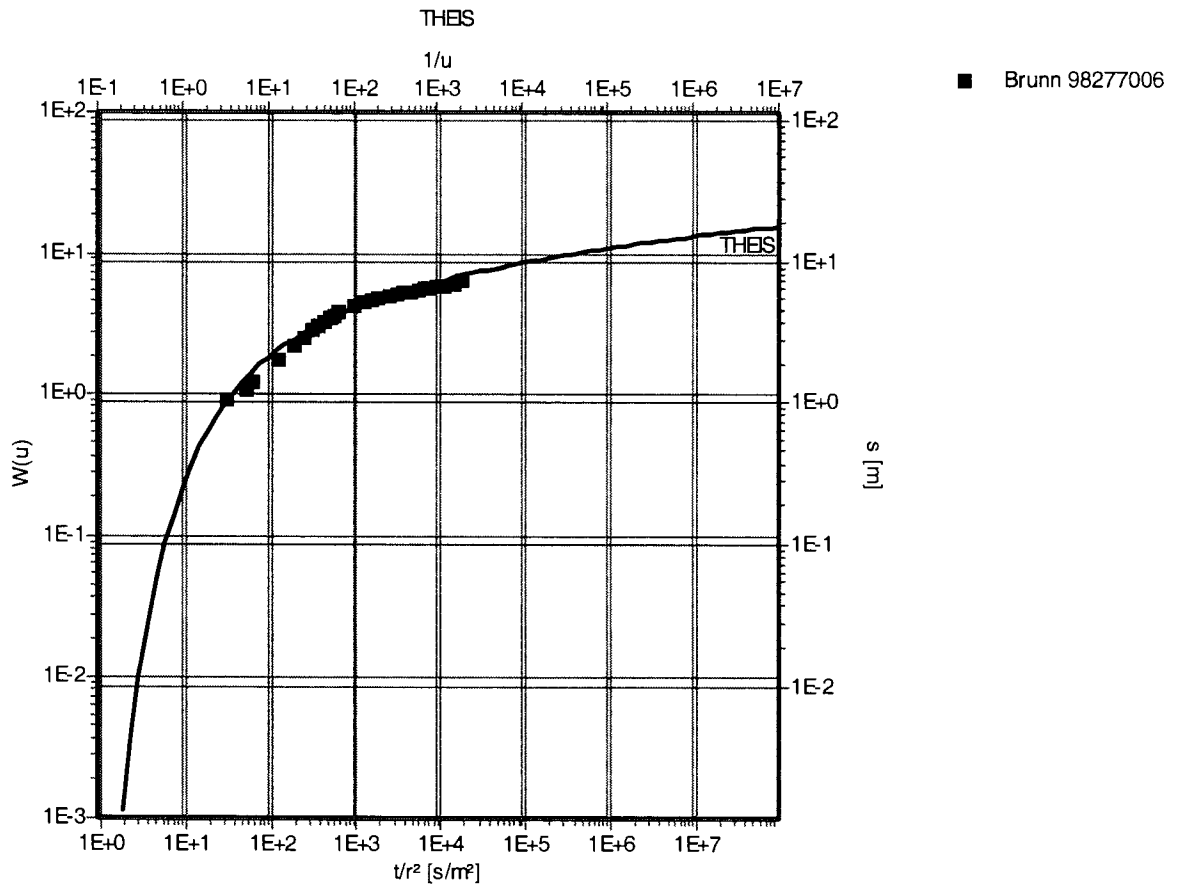
Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-01

Analysis method: THEIS

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]



Transmissivity: 3.48×10^{-5} [m²/s]

Conductivity: 1.39×10^{-6} [m/s]

Storativity: 1.26×10^{-3}

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Bilaga 8.2, sida 4 (24)

Project: VB, delen Varberg-Hamra

No: 0107-032-036

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 033

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC
2001-11-12

Data observed at: GW 277033

Depth to static WL: 3.2 [m]

Distance from pumping well: 1.35 [m]

	Time [s]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]	
1	0	3.20	0.00	
2	30	3.22	0.02	
3	50	3.22	0.02	
4	60	3.23	0.03	
5	120	3.26	0.06	
6	180	3.30	0.10	
7	240	3.35	0.15	
8	300	3.40	0.20	
9	360	3.46	0.26	
10	420	3.51	0.31	
11	480	3.56	0.36	
12	540	3.63	0.43	
13	600	3.68	0.48	
14	900	3.97	0.77	
15	1200	4.24	1.04	
16	1500	4.50	1.30	
17	1800	4.73	1.53	
18	2400	5.14	1.94	
19	3000	5.48	2.28	
20	3600	5.77	2.57	
21	4500	6.14	2.94	
22	5400	6.40	3.20	
23	6300	6.60	3.40	
24	7200	6.70	3.50	
25	9000	6.82	3.62	
26	10800	6.92	3.72	
27	14400	7.05	3.85	
28	18000	7.05	3.85	



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 5 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 033

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

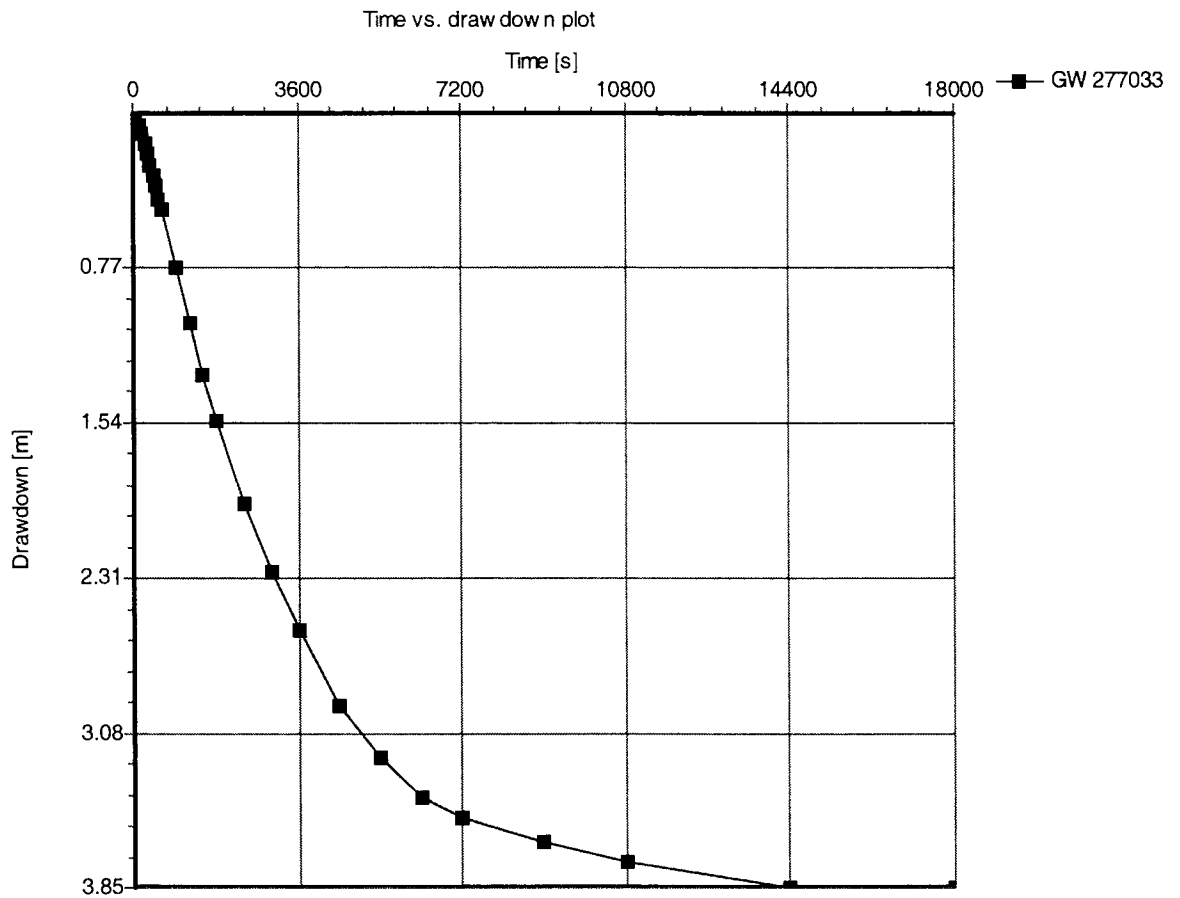
Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-01

Analysis method: Time vs. drawdown plot

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]





Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36
411 04 Göteborg
www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 6 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 033

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

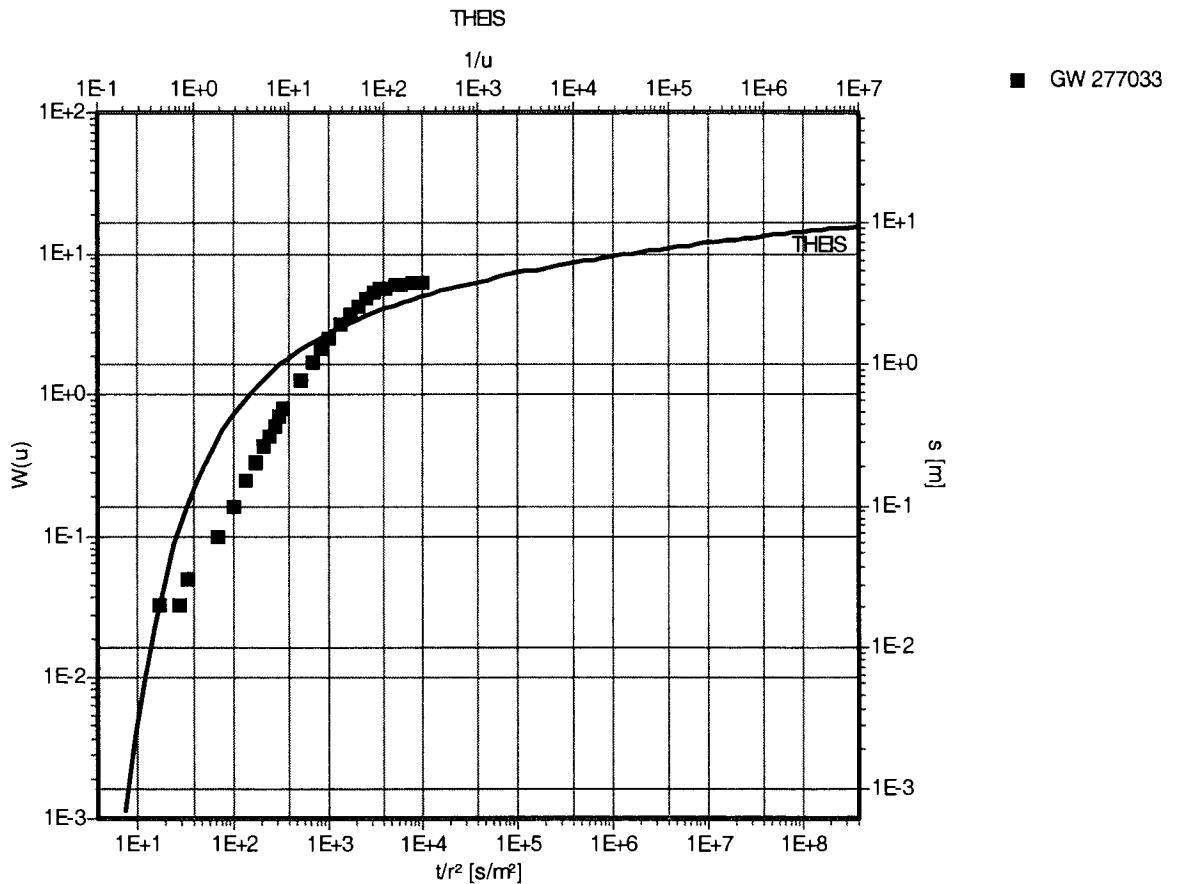
Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-01

Analysis method: THEIS

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]



Transmissivity: 6.55×10^{-5} [m²/s]

Conductivity: 2.62×10^{-6} [m/s]

Storativity: 9.87×10^{-3}

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Bilaga 8.2, sida 7 (24)

Project: VB, delen Varberg-Hamra

No: 0107-032-036

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 007

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC
2001-11-12

Data observed at: Brunn 98277007

Depth to static WL: 4.37 [m]

Distance from pumping well: 194.9 [m]

	Time [s]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]	
1	0	4.37	0.00	
2	300	4.37	0.00	
3	600	4.38	0.01	
4	1200	4.39	0.02	
5	1800	4.42	0.04	
6	2400	4.44	0.07	
7	3000	4.46	0.09	
8	3600	4.47	0.10	
9	4500	4.51	0.14	
10	5400	4.53	0.16	
11	6300	4.55	0.18	
12	7200	4.57	0.20	
13	10800	4.62	0.25	
14	14400	4.66	0.29	
15	18000	4.68	0.31	



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36
411 04 Göteborg
www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 8 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 007

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

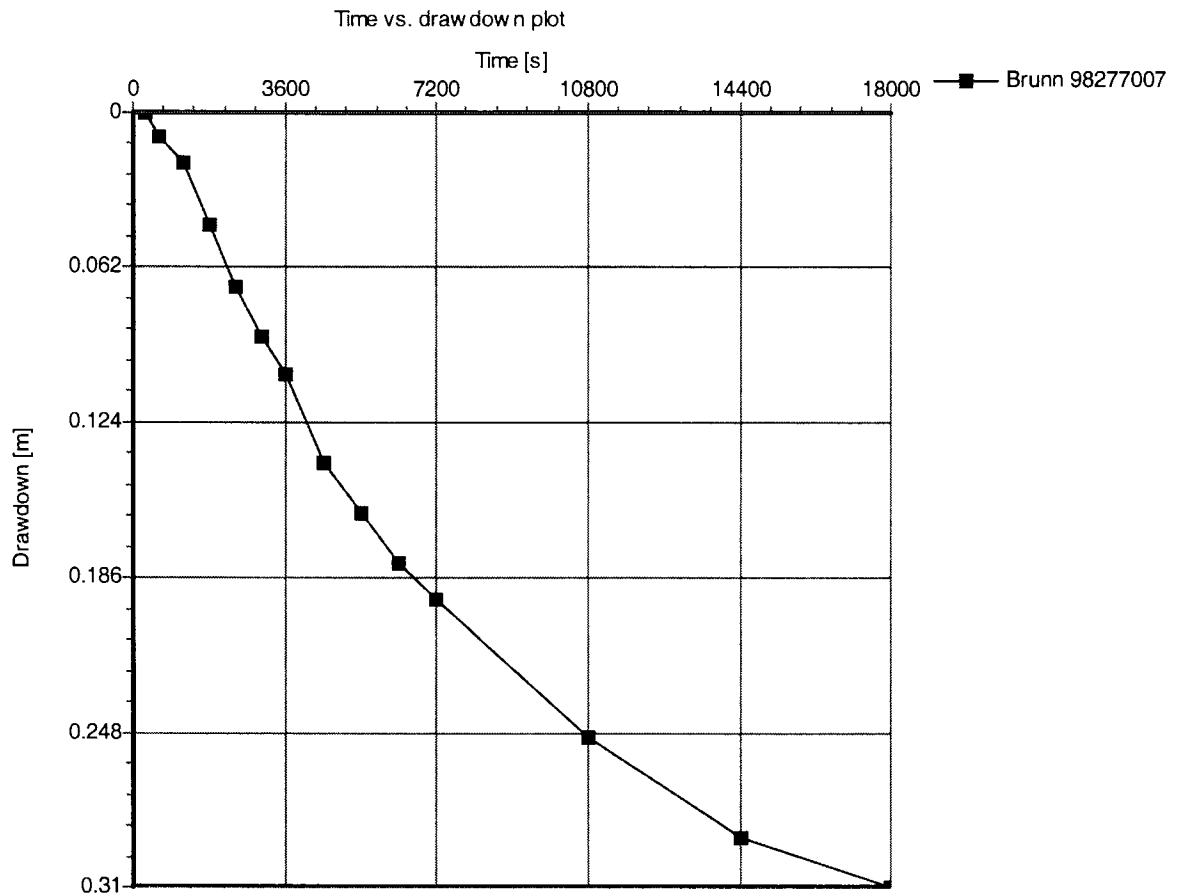
Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-01

Analysis method: Time vs. drawdown plot

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]





Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis

Bilaga 8.2, sida 9 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 007

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

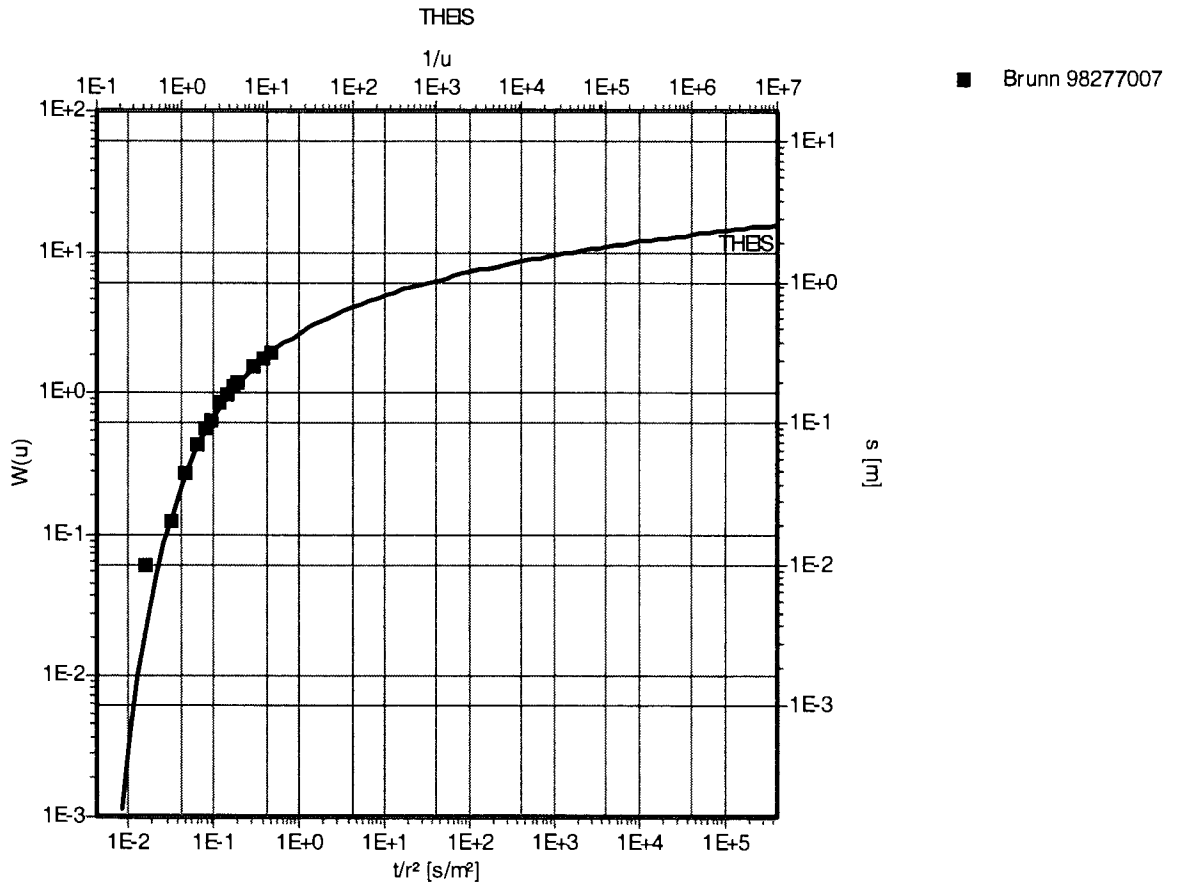
Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-01

Analysis method: THEIS

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]



Transmissivity: 2.44×10^{-4} [m²/s]

Conductivity: 9.77×10^{-6} [m/s]

Storativity: 4.04×10^{-5}

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Bilaga 8.2, sida 10 (24)

Project: VB, delen Varberg-Hamra

No: 0107-032-036

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 010

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC
2001-11-12Data observed at: GW 277010
Distance from pumping well: 114.9 [m]

Depth to static WL: 2.97 [m]

	Time [s]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]	
1	0	2.97	0.00	
2	7200	2.98	0.01	
3	10800	3.00	0.03	
4	14400	3.01	0.04	
5	18000	3.03	0.06	



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 11 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 010

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

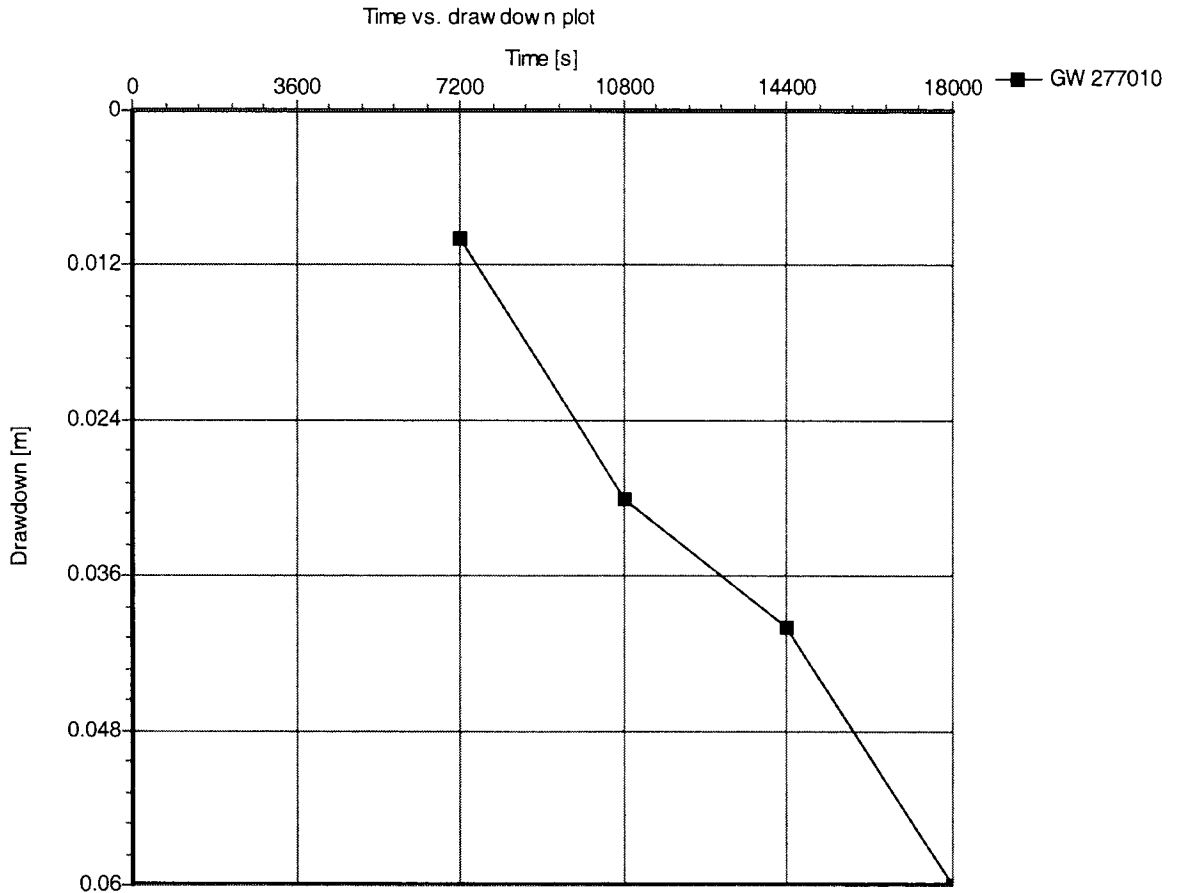
Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-01

Analysis method: Time vs. drawdown plot

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]





Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 12 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 010

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

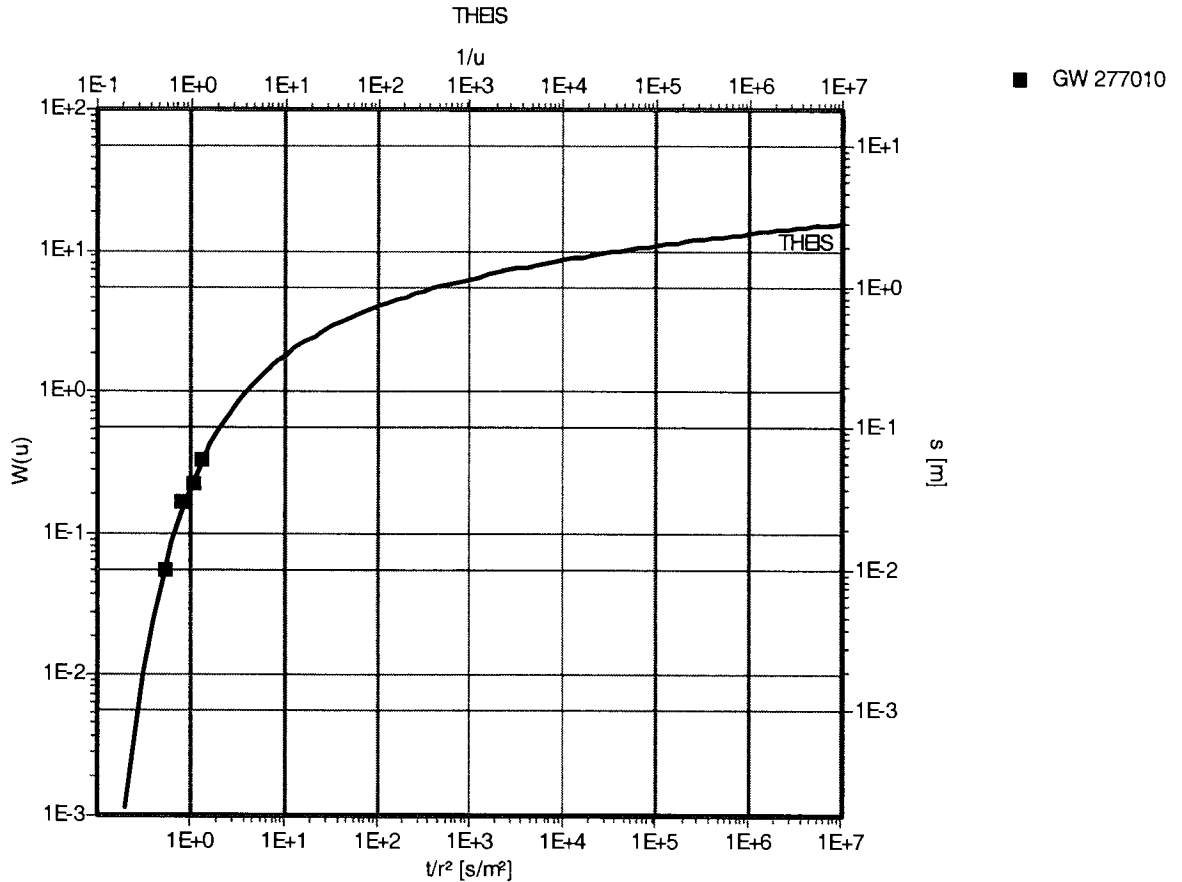
Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-01

Analysis method: THEIS

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]



Transmissivity: 2.22×10^{-4} [m²/s]

Conductivity: 8.88×10^{-6} [m/s]

Storativity: 9.22×10^{-4}

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Bilaga 8.2, sida 13 (24)

Project: VB, delen Varberg-Hamra

No: 0107-032-036

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test Kbh1

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC
2001-11-12

Data observed at: Kbh1

Depth to static WL: 3.5 [m]

Distance from pumping well: 189.9 [m]

	Time [s]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]	
1	0	3.50	0.00	
2	1800	3.53	0.03	
3	4500	3.61	0.11	
4	7200	3.65	0.15	
5	10800	3.71	0.21	
6	18000	3.75	0.25	

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 14 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test Kbh1

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

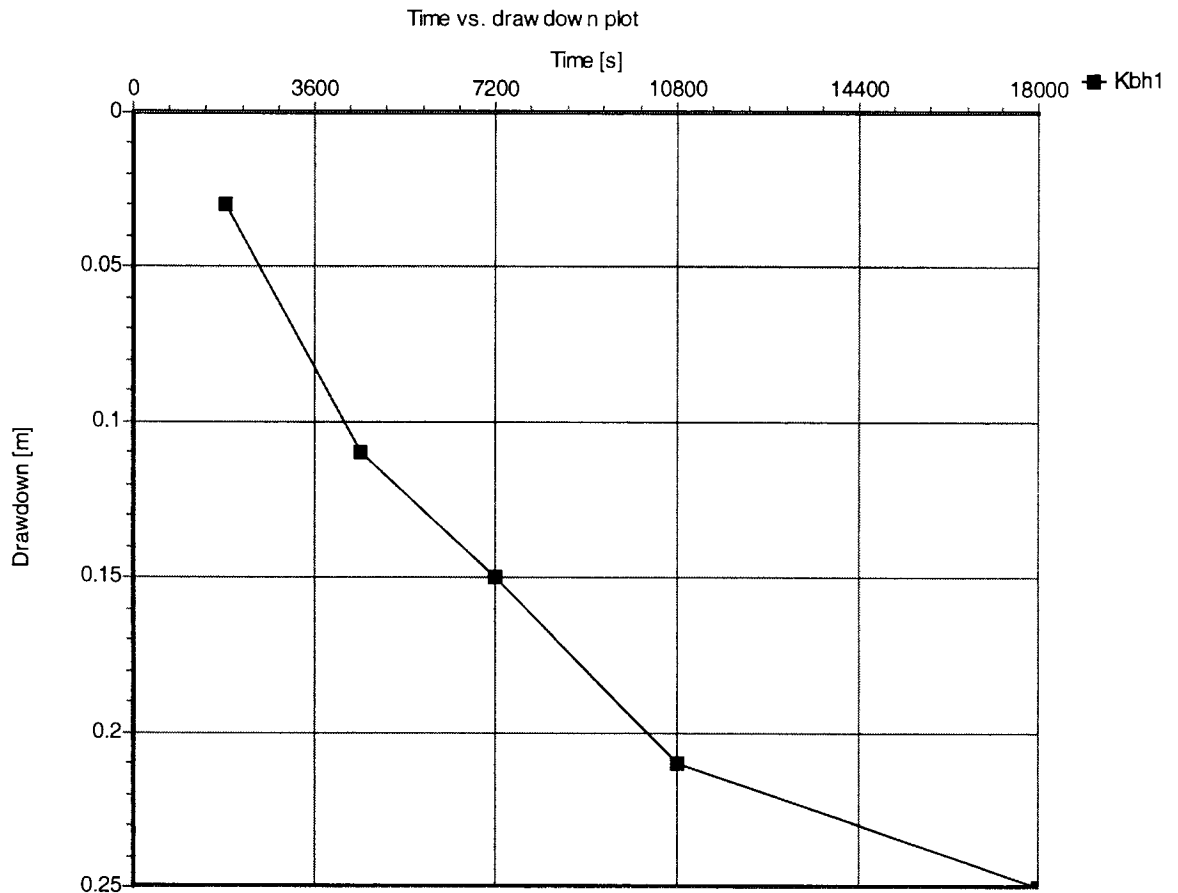
Evaluated by: PK

Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-02

Analysis method: Time vs. drawdown plot

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 15 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test Kbh1

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

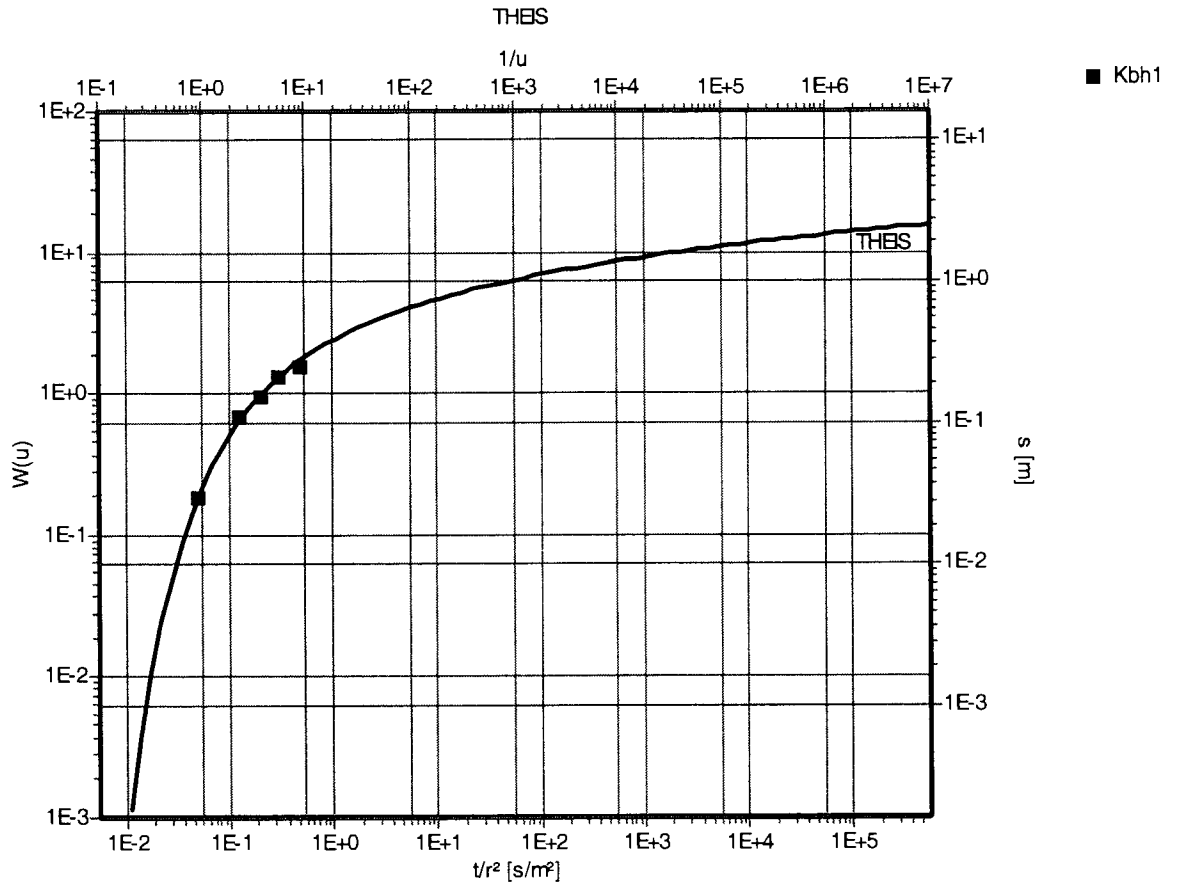
Test date: 2001-11-12

Evaluation date: 2001-12-02

Analysis method: THEIS

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.0005 [m³/s]



Transmissivity: 2.48×10^{-4} [m²/s]

Conductivity: 9.92×10^{-6} [m/s]

Storativity: 5.43×10^{-5}

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Bilaga 8.2, sida 16 (24)

Project: VB, delen Varberg-Hamra

No: 0107-032-036

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 006Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC
2001-11-26

Data observed at: Brunn 98277006

Depth to static WL: 3.48 [m]

Distance from pumping well: 0 [m]

	Time [s]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]
1	0	6.27	2.79
2	30	6.04	2.56
3	50	5.86	2.38
4	60	5.72	2.24
5	120	5.49	2.01
6	180	5.26	1.78
7	240	5.08	1.60
8	300	4.94	1.46
9	360	4.82	1.34
10	420	4.69	1.21
11	480	4.62	1.14
12	540	4.55	1.07
13	600	4.47	0.99
14	900	4.29	0.81
15	1200	4.17	0.69
16	1500	4.08	0.60
17	1800	4.00	0.52
18	2400	3.87	0.39
19	3000	3.81	0.33
20	3600	3.73	0.25
21	4500	3.72	0.24
22	5400	3.63	0.15
23	6300	3.61	0.13
24	7200	3.60	0.12
25	9000	3.57	0.09
26	10800	3.55	0.07
27	14400	3.51	0.03
28	18000	3.50	0.02



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 17 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 006Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

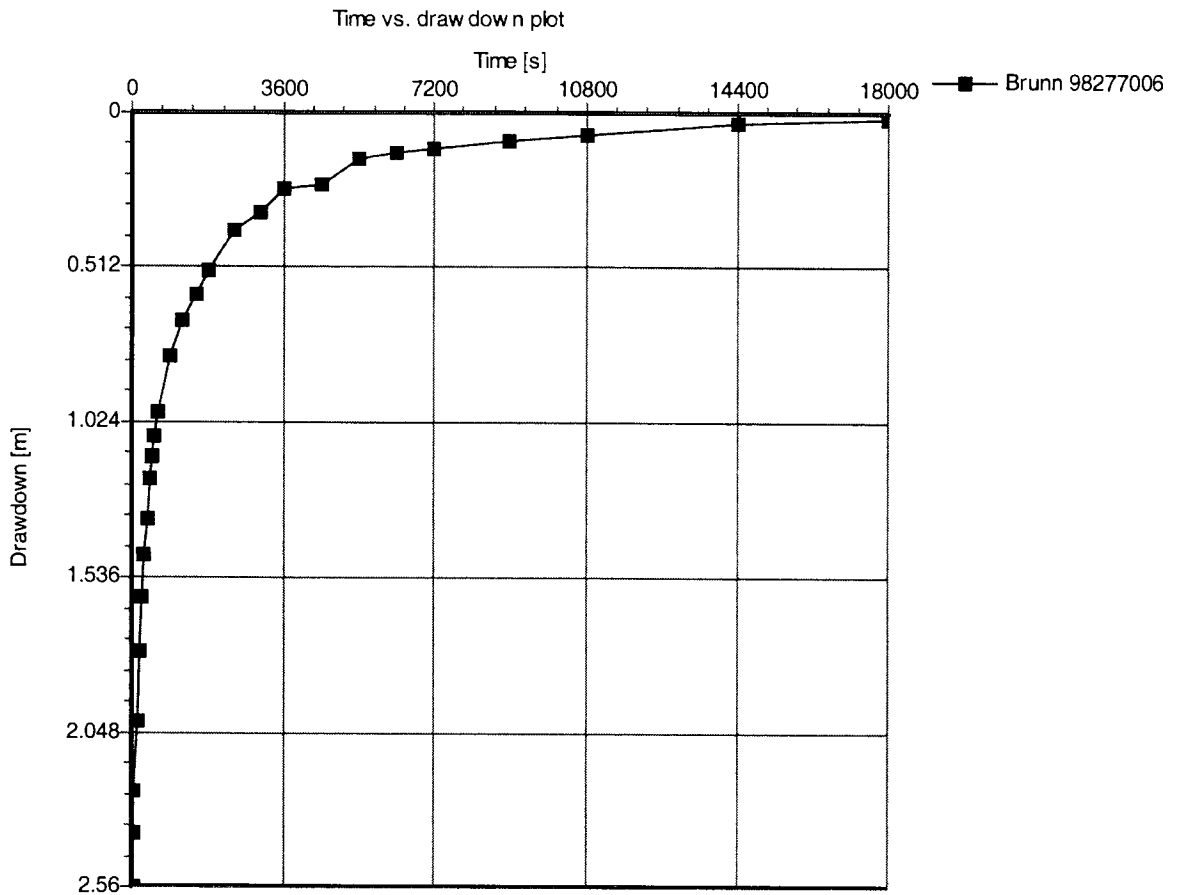
Test date: 2001-11-26

Evaluation date: 2001-12-14

Analysis method: Time vs. drawdown plot

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.00020379182





Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 18 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 006Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

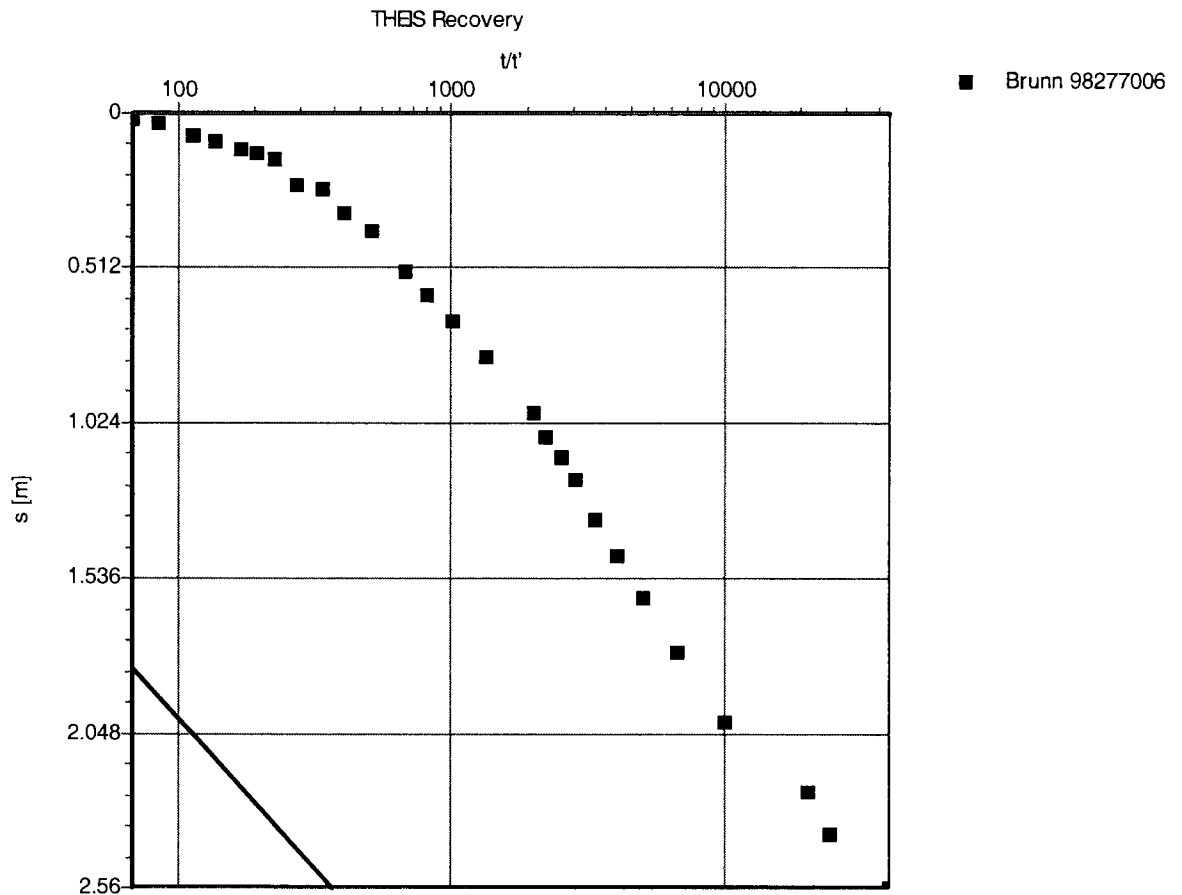
Test date: 2001-11-26

Evaluation date: 2001-12-14

Analysis method: THEIS Recovery

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.00020379182



Transmissivity: 3.73×10^{-5} [m²/s]

Conductivity: 1.49×10^{-6} [m/s]

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Bilaga 8.2, sida 19 (24)

Project: VB, delen Varberg-Hamra

No: 0107-032-036

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 033Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC
2001-11-26

Data observed at: GW 277033

Depth to static WL: 3.2 [m]

Distance from pumping well: 1.35 [m]

	Time [s]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]	
1	0	5.27	2.07	
2	30	5.27	2.07	
3	50	5.27	2.07	
4	60	5.27	2.07	
5	120	5.26	2.06	
6	180	5.24	2.04	
7	240	5.20	2.00	
8	300	5.17	1.97	
9	360	5.15	1.95	
10	420	5.10	1.90	
11	480	5.08	1.88	
12	540	5.04	1.84	
13	600	5.01	1.81	
14	900	4.84	1.64	
15	1200	4.72	1.52	
16	1500	4.58	1.38	
17	1800	4.47	1.27	
18	2400	4.28	1.08	
19	3000	4.12	0.92	
20	3600	3.98	0.78	
21	4500	3.87	0.67	
22	5400	3.68	0.48	
23	6300	3.59	0.39	
24	7200	3.53	0.33	
25	9000	3.44	0.24	
26	10800	3.40	0.20	
27	14400	3.35	0.15	
28	18000	3.32	0.12	



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 20 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 033Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

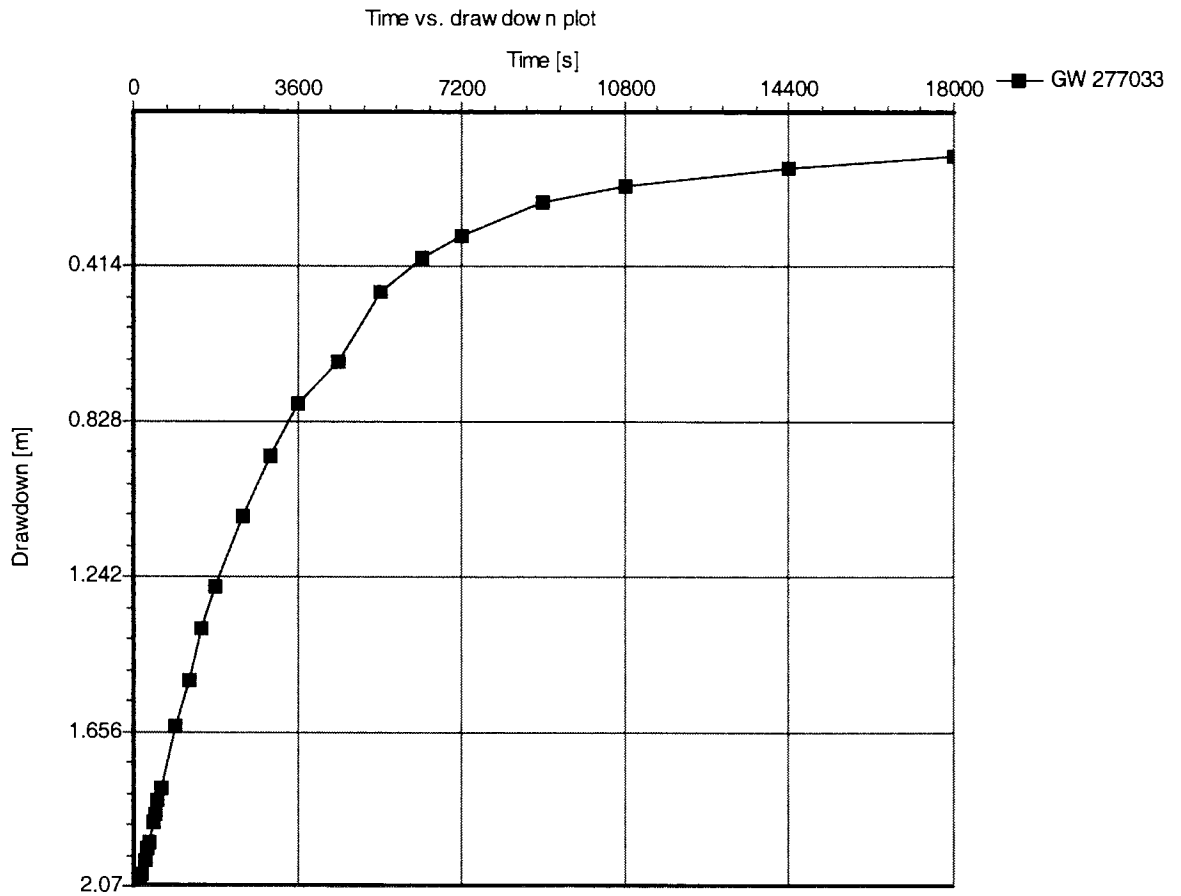
Test date: 2001-11-26

Evaluation date: 2001-12-14

Analysis method: Time vs. drawdown plot

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.00020379182



**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 21 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 033Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

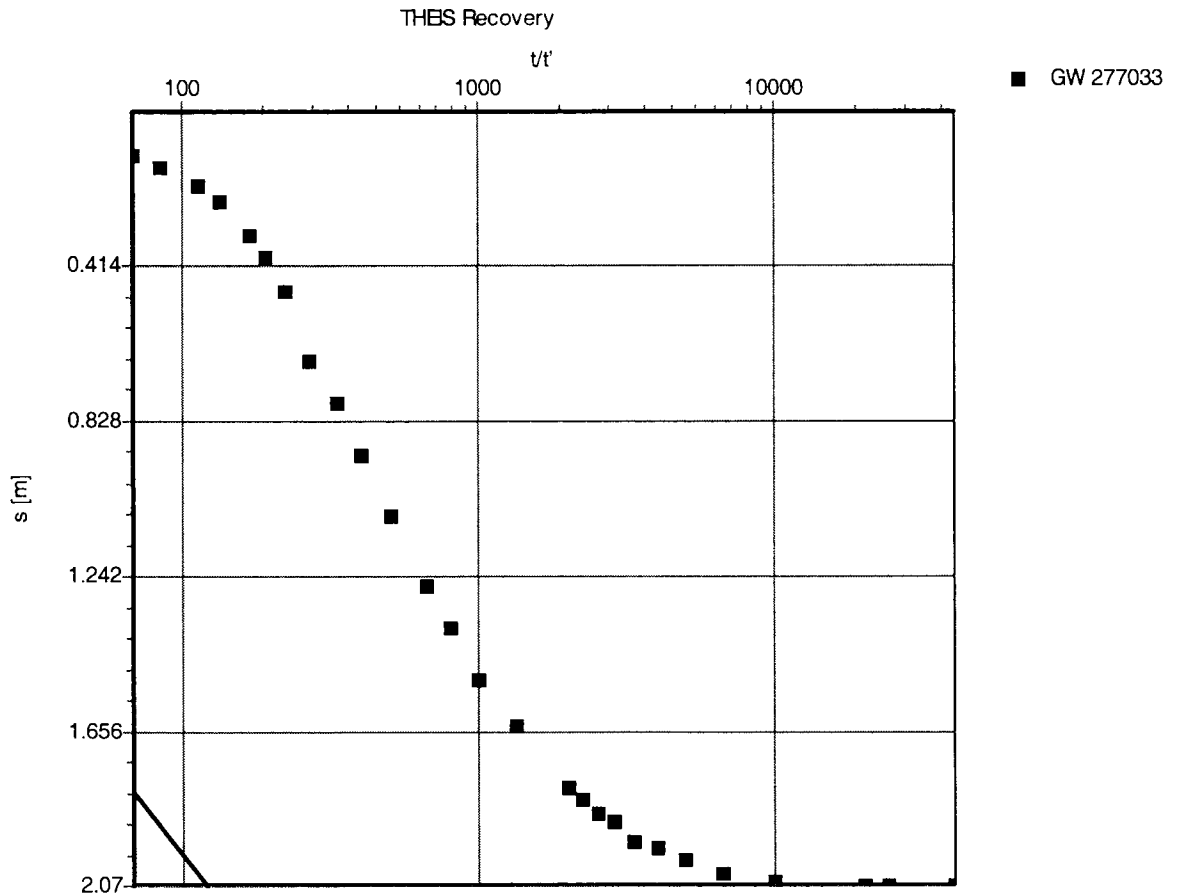
Test date: 2001-11-26

Evaluation date: 2001-12-14

Analysis method: THEIS Recovery

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.00020379182

Transmissivity: 3.76×10^{-5} [m²/s]Conductivity: 1.50×10^{-6} [m/s]

**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Bilaga 8.2, sida 22 (24)

Project: VB, delen Varberg-Hamra

No: 0107-032-036

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 007Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC
2001-11-26Data observed at: Brunn 98277007
Distance from pumping well: 194.9 [m]

Depth to static WL: 4.37 [m]

	Time [s]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]	
1	0	4.58	0.21	
2	900	4.57	0.20	
3	1800	4.56	0.19	
4	3000	4.54	0.17	
5	5400	4.51	0.14	
6	10800	4.48	0.11	
7	14400	4.47	0.10	
8	88140	4.42	0.05	



Jordmiljö Nordic AB

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 23 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 007Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

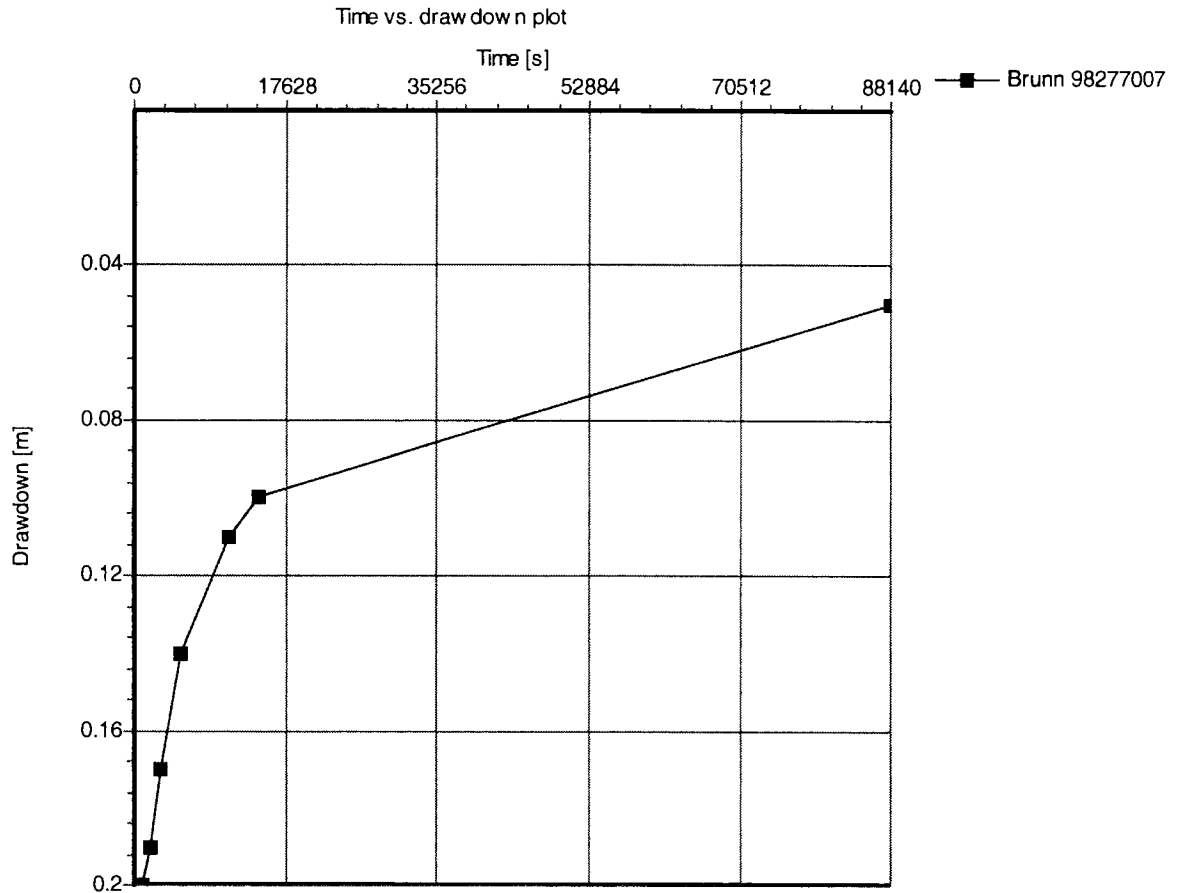
Test date: 2001-11-26

Evaluation date: 2001-12-14

Analysis method: Time vs. drawdown plot

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.00020379182



**Jordmiljö Nordic AB**

Gullbergs Strandgata 36

411 04 Göteborg

www.jordmiljo.se

Pumping test analysis Bilaga 8.2, sida 24 (24)

No: 0107-032-036

Project: VB, delen Varberg-Hamra

Client: SCC / Banverket

Location: Varberg

Pumping test: Test 007Å

Pumping well: Brunn 98277006

Test performed by: JMN & SCC

Evaluated by: PK

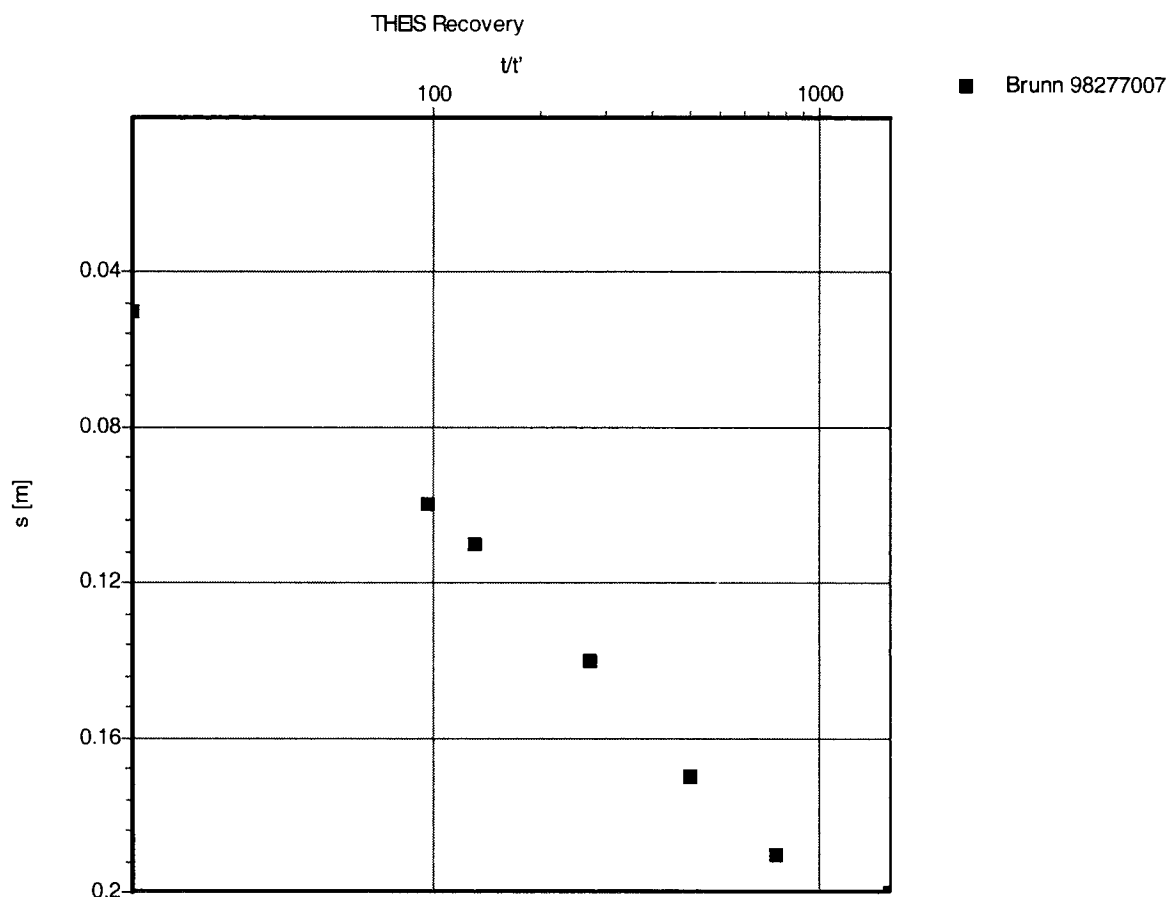
Test date: 2001-11-26

Evaluation date: 2001-12-14

Analysis method: THEIS Recovery

Aquifer thickness: 25 [m]

Discharge rate: 0.00020379182

Transmissivity: 3.73×10^{-5} [m²/s]Conductivity: 1.49×10^{-6} [m/s]

kvarter	tomt	byggn. år	beskrivning	ant. vån. plan	grundläggning		källare	fasad mat.	stom me	anmärkning
					berg	jord				
Tattarkullen	8	-	bostadshus/kontor övrigt	2		x		tegel		byggnadsminne?
	9	-	bostad+kontor	1		x		trä	trä?	
	14	-	bostad	1	x			trä	trä?	
Pipebruket	5	-	kontor	3		x		puts		källargolv på mark
	5	1943	bostad	3		x		tegel	betong	
Verkstaden	12	1957	bostad/affärs	3/8	x			puts	betong	
	6	1969		1/2	x		på/plint	puts	betong	pålläng=2,5m enst pål 1,5 resp 8m
Trädgården	7	1936	övrigt	3	x		tröt pålar	tegel	betong	om- och tillbyggn 1985 stålplåtar
	8	1983	övrigt	4	x		på/plint/grävpål	tegel	betong	tillbyggn 1992 stålplåtar
Sparbanken	11+12									se geoundersökning nr 12
Professorn	6	18907		2		x	natursten			golv på mark tillbyggn 1928
	7	18997		2		x	natursten	tegel/puts	trä?	
Prosten	5	19287		2		x		tegel		
	4	1906		2		x	natursten	tegel/puts		ombyggn bl a 1918
	7	19097		3		x	natursten	tegel/puts		gårdshus 1922 2 vån gårdshus 1917
	8			4		x		lättbigg/puts	lättbigg/puts	K-golv +2,44
	9	1882		2		x	natursten	trä	trä?	gårdshus 1983 2 vån platta på mark

kvarter	tomt	byggn. år	beskrivning	ant. vån. plan		grundläggning			källare	fasad mat.	stom me	anmärkning
				berg	jord	grundmur	på/på/nd	isulaplatte på mark				
Prosten Magistern	6	1913			x	natursten		ja	trä	trä?		
	6	1917			x	natursten		ja	puts	trä?		
	7	1972			x		betong	nej	puts			
Kyrkohöjden Gästgävarn	2	1882			x	natursten		ja	trä	trä?		omb. 1921
	6-7	1917?			x	natursten		ja	puts			omb. 1938
	8	1901			x	natursten		ja	puts			inga uppgifter
	9-10											tillestånd att gräva ur källare
	11	<1832										urgr källare 1933
	12	?										tillbyggn 1 plan 1988
	13	?										ombygg 1988 källare platta på mark
	14	1904?			2	natursten/ betong		delvis				omb 1953
	14	1953			3			betong		betong		
Bergöt	1	1908	bost/hotell		3	natursten		ja				enl. uppgift dåligt inre underhåll
	3				1	natursten	x	nej	trä	trä		
	4	1883			1	natursten	?	nej	trä	trä		a-ritn platta på mark
	5	1908			3	natursten		delvis	tegel/ puts			"fint skick"
	6	1913			2	natursten	x	nej	trä			
	6	1906	gårdshus		2		?	betong	trä			
	7	1885			1	natursten	x	nej	trä			
	7	1967	tillbyggnad		1							
	8	1883	mot gata		2	natursten		betong	trä	trä		
	8	1980	gårdshus		2	natursten	x	betong	trä			

kvarter	tomt	bygg- år	beskrivning	amt. vån-plan	grundlägg- ning på			grundläggning			källare	fasad mat.	stom me	anmärkning
					berg	jord		grundmur	påbjärt	isolerplatta på mark				
Berget	13	1870?	bostadshus/kontor övrigt	1	x		natursten						oklar lomtbytekn omb 1945 med urgrävning av källare, tillb. 1992 platta på mark omb. tillbyggt 1979 och 1992 omb. med loftgång 1985	
Brunnsparken	5	>1905	mot Brunnsparken	2		x	natursten			nej	tegel			
	5	1980	Torggatan	2		x		påning		nej	tegel			
Läkaren	6	?				x				ja				
	9	?	Stadshotell											
	6-8	1970		4	x			påning		nej	tegel	betong	skyddsrum +4,0	
Bagaren	4	>1908		2		x	natursten			delvis	trä?			
	7	1924		2		x	betong			ja	trä	murad	sulor betong	
	11	1898	hörnhus	3		x	natursten						"stenhus"	
	11	?		3									"stenhus" omb. 1982	
Bokbindaren	5	1927		1	(x)	x	betong			ja				
	10-12	1977	bost. hus	2		x			betong	ja/nej				
	13-15	1977	bost. hus	2		x			betong	nej				
	20	1985	Kungsg. 31	2		x			betong	nej		betong	vissa väggar på berg	
	20		Kungsg 33	2		x				ja			äldre "stenhus"	
	20	1988	gårdshus	2		x			betong	?		betong	provgröpar fast sand till ca 3,0 m	
Pilshagen	3:128	1870?		1½						nej	trä		inga uppgifter	
	3:125	>1900		1						nej	trä		inga uppgifter	
Järnvägsstallo nen	7:2	1880	stationsnyggn	2	(x)			pålar		delar	tegel		se sektionssritning	

Västkustbanan delen Varberg-Hamra

Område för grundvatten- modellering



Avgränsning grundvattenmodell



Uppdrag 0107-032-036
Datum 2002-01-25

Bilaga 10



0 500 1000



76/000

77/500

Västkustbanan, delen Varberg - Hamra

Avsänkningar genererade vid olika tunnelalternativ och inläckage i grundvattenmodell

Alternativ 1, MKB, läckage 1-4 l/min, enligt tabell

Sektion	Avstånd från tunnel	SMTÖ		CT	
		V	Ö	V	Ö
76/800	0	0,06		0,08	
	250	0,01	0,06	0,03	0,13
	500	x	0,04	x	0,08
	750	x	0,04	x	0,09
77/100	0	0,24		0,34	
	250	0,07	0,26	0,12	0,30
	500	x	0,09	0,07	0,29
	750	x	0,06	0,00	0,38
77/500	0	0,49		1,59	
	250	0,30	0,30	0,42	0,53
	500	0,06	0,16	0,31	0,24
	750	x	0,17	0,05	0,56
78/200	0	2,31		2,63	
	250	0,76	0,74	1,03	1,41
	500	0,29	0,51	0,57	1,24
	750	x	0,32	0,39	0,72
79/400 SMTÖ	0	2,80		2,48	
	250	1,18	1,48	1,15	1,41
79/100 CT	500	0,63	0,73	0,71	0,93
	750	0,18	0,28	0,25	0,92
max	79/200	3,44			
max	78/900			3,74	

Simulerat inläckage i modell

SMTÖ		
från	start	l/min
fram till	77/200	1
fram till	77/700	4
fram till	78/200	2
fram till	78/700	1
fram till	79/500	1
fram till	slut	1
CT		
från	start	l/min
fram till	77/100	1
fram till	77/700	4
fram till	78/000	2
fram till	78/400	1
fram till	79/100	1
fram till	slut	1

Alternativ 2 - 4 l/min/100 m hela sträckan (tråg 1 l/min/100m)

Sektion	Avstånd från tunnel	SMTÖ		CT	
		V	Ö	V	Ö
76/800	0	0,10		0,02	
	250	0,01	0,15	0,01	0,04
	500	x	0,01	0,00	0,06
	750	x	0,18	x	0,09
77/100	0	0,32		0,05	
	250	0,10	0,18	0,04	0,08
	500	x	0,23	0,03	0,15
	750	x	0,09	0,00	0,29
77/500	0	0,88		0,08	
	250	0,54	0,81	0,06	0,13
	500	0,11	0,71	0,05	0,28
	750	x	0,41	0,01	0,42
78/200	0	6,94		2,15	
	250	3,12	3,66	0,67	0,83
	500	1,54	2,06	0,39	0,90
	750	x	1,13	0,24	0,79
79/400 SMTÖ	0	13,06		10,31	
	250	5,29	5,48	4,67	5,04
79/100 CT	500	2,33	2,66	2,73	3,06
	750	0,70	1,04	1,37	2,74
max	79/200	15,69			
max	78/900			16,50	

Alternativ 3 - läckage maximerat till avsänkning 2 m

Sektion	Avstånd från tunnel	SMTÖ		CT	
		V	Ö	V	Ö
76/800	0	0,06		0,08	
	250	0,01	0,06	0,05	0,11
	500	x	0,02	x	0,07
	750	x	0,01	x	0,07
77/100	0	0,17		0,32	
	250	0,06	0,25	0,18	0,24
	500	x	0,12	0,05	0,21
	750	x	0,02	0,00	0,26
77/500	0	0,46		1,56	
	250	0,28	0,29	0,38	0,49
	500	0,05	0,22	0,25	0,12
	750	x	0,12	0,01	0,37
78/200	0	2,00		2,04	
	250	0,67	0,56	0,70	1,05
	500	0,14	0,31	0,32	0,89
	750	x	0,22	0,23	0,47
79/400	0	1,80		1,78	
SMTÖ	250	0,71	0,81	0,76	1,05
79/100	500	0,39	0,44	0,38	0,65
CT	750	0,13	0,10	0,12	0,62

Simulerat inläckage i modell

SMTÖ		
från	start	l/min
fram till	77/200	1
fram till	77/700	4
fram till	78/200	2
fram till	78/700	1
fram till	79/500	0,5
fram till	slut	1
CT		
från	start	l/min
fram till	77/100	1
fram till	77/700	4
fram till	78/000	2
fram till	78/400	1
fram till	79/100	0,5
fram till	slut	1

Järnvägstunnel Varberg

Alternativ 4 - läckage 1-4 l/min

Sektion	Avstånd från tunnel	SMTÖ		CT	
		V	Ö	V	Ö
76/800	0	0,10		0,16	
	250	0,00	0,07	0,09	0,21
	500	x	0,04	x	0,11
	750	x	0,04	x	0,05
77/100	0	0,28		0,46	
	250	0,08	0,28	0,27	0,40
	500	x	0,08	0,10	0,54
	750	x	0,08	0,00	0,21
77/500	0	0,52		1,07	
	250	0,32	0,32	0,56	0,78
	500	0,06	0,17	0,44	0,44
	750	x	0,18	0,11	0,59
78/200	0	2,37		5,20	
	250	0,80	0,78	2,10	2,51
	500	0,32	0,48	1,18	2,04
	750	x	0,38	0,90	0,88
79/400	0	5,20		5,60	
SMTÖ	250	2,65	1,81	3,33	2,72
79/100	500	1,25	0,67	1,64	1,45
CT	750	0,50	0,37	0,38	1,36
max	79/300	6,21			
max	78/800			8,21	

Simulerat inläckage i modell

SMTÖ		
från	start	l/min
fram till	77/200	1
fram till	77/700	4
fram till	78/200	2
fram till	78/700	1
fram till	79/000	1
fram till	slut	2
CT		
från	start	l/min
fram till	77/100	1
fram till	77/700	4
fram till	78/000	2
fram till	78/400	2
fram till	79/100	2
fram till	slut	2




Väst kustbanan delen Varberg-Hamra

Modellerade avsänkningar Alternativ SMTÖ, modell 1

 Avsänkning, intervall 0.5 m

 **BANVERKET**
VÄSTRA BANREGIONEN

 **SCANDIACONSULT**

 Jordmiljö Nordic AB

Uppdrag 0107-032-036
Datum 2002-01-25

Bilaga 12.1

0 500 1000 Meter

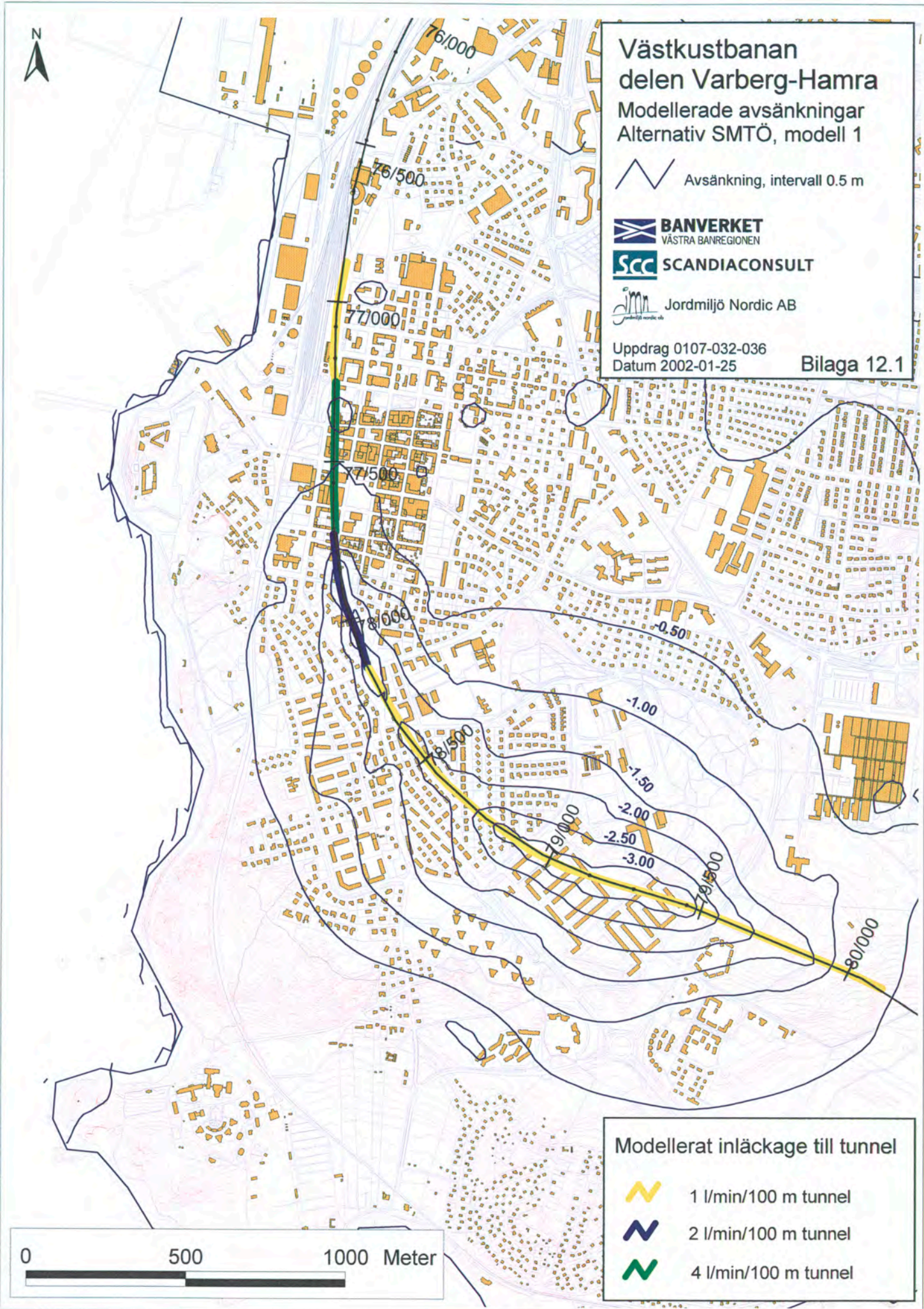


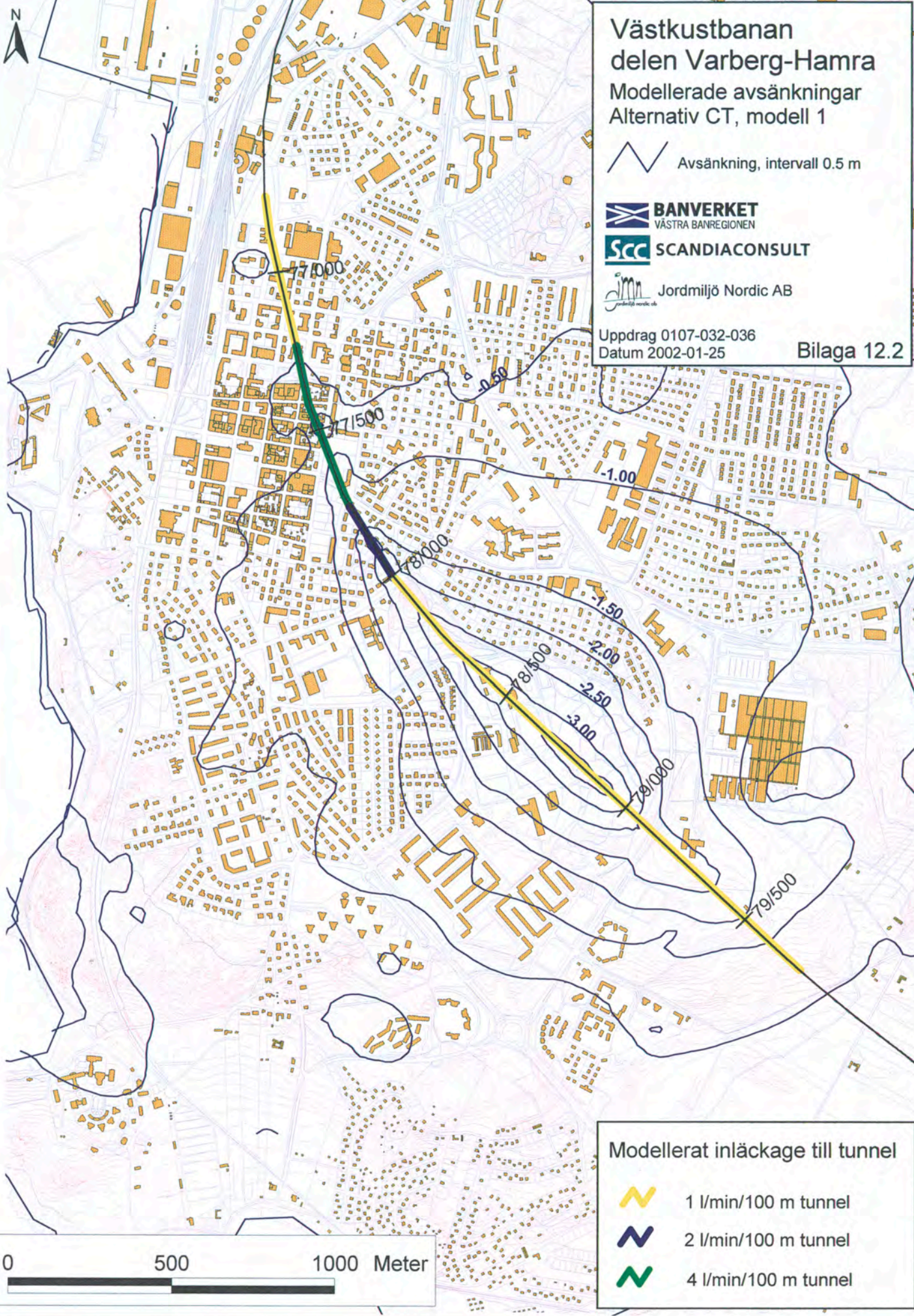
Modellerat inläckage till tunnel

 1 l/min/100 m tunnel

 2 l/min/100 m tunnel


 4 l/min/100 m tunnel





Väst kustbanan delen Varberg-Hamra

Modellerade avsänkningar Alternativ CT, modell 1

 Avsänkning, intervall 0.5 m

 **BANVERKET**
VÄSTRA BANREGIONEN




 **SCANDIACONSULT**

 Jordmiljö Nordic AB

Uppdrag 0107-032-036
Datum 2002-01-25

Bilaga 12.2

Modellerat inläckage till tunnel

-  1 l/min/100 m tunnel
-  2 l/min/100 m tunnel
-  4 l/min/100 m tunnel

Vattenläckage till tunnel vid tätad bergmassa

$$q = \frac{2 \pi k_i H}{\ln [(R + t)/R] + (k_i/k) \ln [2H/(R+t)] + \xi}$$

k = bergmassans hydrauliska konduktivitet [m/s]
k_i = injekterade zonen hydrauliska konduktivitet [m/s]
H = vattentrycket räknat till tunnelcentrum [m]
R = tunnelradie [m]
t = injekterade sektionens tjocklek [m]
ξ = "skin factor" (3 - 7)

k	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06	5,00E-06		
k_i	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	
H	15,00	15,00	15,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
R	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
t	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	
ξ	4	7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
2πk_iH	3,297E-06	3,297E-06	3,297E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	4,396E-06	
ln[(R+t)/R]	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	
(k_i/k)ln[2H/(R+t)]	8,43E-03	6,41E-03	8,43E-03	1,04E-02	8,43E-03	1,04E-02	8,43E-03	1,04E-02	8,43E-03	1,04E-02	8,43E-03	1,04E-02	8,43E-03	1,04E-02	8,43E-03	1,04E-02	8,43E-03	1,04E-02	8,43E-03	8,43E-03	1,20E-02	1,20E-02	1,20E-02	1,20E-02	1,20E-02	9,99E-03
q [m³/s m]	6,46E-07	4,07E-07	6,46E-07	8,60E-07	8,15E-07	5,42E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	8,15E-07	5,24E-07	5,24E-07	1,08E-06	6,78E-07	1,02E-06	6,54E-07	
q [l/min 100 m]	4	2	4	2	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	4	4	6	4	6	4	

k	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06									
k_i	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08							
H	15,00	15,00	5,00	5,00	15,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00					
R	5,00	5,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00				
t	4	7	4	4	7	4	7	4	4	4	7	4	4	7	4	4	4	4	7	4	4	7	4	4	7	4	4	4	7	4	4				
ξ	3,297E-06	3,297E-06	1,10E+00	1,10E+00	3,297E-06	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00			
$2\pi k_i H$	3,297E-06	3,297E-06	1,10E+00	1,10E+00	3,297E-06	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00		
$\ln[(R+t)/R]$	1,10E+00	1,10E+00	3,21E-02	3,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02	4,21E-02		
$(k_i/k)\ln[2H/(R+t)]$	4,21E-02	4,21E-02	6,41E-07	6,41E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	8,53E-07	
q [m^3/s m]	6,41E-07	6,41E-07	4,06E-07	4,06E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	6,07E-07	
q [l /min 100 m]	4	2	2	4	4	2	4	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3

k	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08
k_f	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08	2,00E-08
H	15,00	15,00	15,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
R	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
t	10,00	10,00	10,00	10,00	15,00	15,00	15,00	15,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	15,00
ξ	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7	4
$2\pi k_f H$	1,884E-06	1,884E-06	1,884E-06	2,512E-06	2,512E-06	2,512E-06	2,512E-06	2,512E-06	2,512E-06	2,512E-06	3,14E-06	3,14E-06	3,14E-06	3,14E-06	3,14E-06
$\ln[(R+t)/R]$	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,39E+00	1,39E+00	1,39E+00	1,39E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,39E+00	1,39E+00
$(k_f/k)\ln[2H/(R+t)]$	6,88E-01	6,88E-01	6,88E-01	8,52E-01	8,52E-01	8,52E-01	6,88E-01	6,88E-01	6,88E-01	6,88E-01	9,80E-01	9,80E-01	8,15E-01	9,80E-01	8,15E-01
q [m^3/s m]	3,26E-07	2,19E-07	3,10E-07	4,22E-07	2,86E-07	4,03E-07	2,77E-07	2,77E-07	5,17E-07	5,17E-07	3,52E-07	3,52E-07	4,93E-07	4,93E-07	3,41E-07
q [l /min 100 m]	2	1	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2

k	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08	3,50E-08
k_i	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08
H	15,00	15,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
R	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
t	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	15,00	15,00
ξ	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7	4	7
2πk_iH	9,42E-07	9,42E-07	9,42E-07	1,256E-06	1,256E-06	1,256E-06	1,256E-06	1,57E-06	1,57E-06	1,57E-06	1,57E-06	1,57E-06	1,57E-06	1,57E-06
ln[(R+t)/R]	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,39E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,10E+00	1,39E+00	1,39E+00
(k_i/k)ln[2H/(R+t)]	3,44E-01	2,62E-01	3,44E-01	3,44E-01	3,44E-01	4,26E-01	3,44E-01	3,44E-01	4,90E-01	4,90E-01	4,90E-01	4,90E-01	4,90E-01	4,90E-01
q [m³/s m]	1,73E-07	1,13E-07	1,64E-07	1,49E-07	2,16E-07	2,16E-07	1,44E-07	1,44E-07	2,81E-07	2,81E-07	1,85E-07	2,67E-07	2,67E-07	1,79E-07
q [l/min 100 m]	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1