

Växjö 10:41 och 10:44

Norra Stationsområdet

Hydrogeologisk utredning

Växjö 2012-08-30

Växjö 10:41 och 10:44
Norra Stationsområdet
Hydrogeologisk utredning

2012-08-30

Beställare: Växjö kommun
Box 1222
351 12 VÄXJÖ

Beställarens representant: Peter Rydell

Konsult: Norconsult AB
Storgatan 42
352 32 Växjö

Uppdragsledare
Handläggare Magnus Bengtsson

Uppdragsnr: 102 30 85

Filnamn och sökväg: n:\102\30\1023085\0-mapp\09 beskr-utredn-pm-
kalkyl\rapport hydrogeo norra stationsområdet.doc

Kvalitetsgranskad av: Hans Bruch

Tryck: Norconsult AB

Innehållsförteckning

1	Uppdraget	5
2	Utförda undersökningar	5
3	Borrningar och fältarbeten	5
4	Jordarter	6
4.1	Översikt.....	6
4.2	Tegnerkyrkogården.....	6
4.3	Sammanställning borrningar	7
5	Grundvattenöversikt	9
5.1	Grundvattennivåer	9
5.2	Pumpstation vid järnvägsunderfart vattentorget.....	12
5.3	Kommentarer till Teknisk Kontorets äldre rör.....	12
5.4	Växjösjön	13
5.5	Grundvattenbildning.....	14
5.6	Hydraulisk konduktivitet och berggrund	14
6	Pumptest	16
7	Bedömda grundvattennivåer inom planerade schakter	23
8	Beräknad tillrinning till planerad schakt	23
9	Diskussion	25
9.1	Sättningsrisk minerogena jordar	25
9.2	Sättningsrisk organiska jordar.....	25
9.3	Motstående intressen grundvattensänkning	26
9.4	Befarade problem vid länshållning.....	27
10	Rekommendationer	27

Bilagor

1	Inmätning borrhål 2012	
2	Koordinater, höjder samt grundvattennivåer lodade rör maj 2012	
3	Diagram lodningar maj 2012	
4	Diagram lodningar 1981 – 1994	OBS Rh00 nivåer
5	Diagram lodningar 2005-2011	OBS Rh00 nivåer

Kartor

GEO04L-01	Jordartskarta, översikt område för schakt
GEO02L-01	Plan borrhämlinjer och sektioner GEO01-06
GVY02L-01	Grundvattennivåer 2012-05-28
GVY02L-01	Sammanställning min-medel-maxnivåer för grundvattennivån i längre lodningsserier
GVY02L-03	Bedömd avsänkning utan tätspons samt förslag kontrollrör
GVY02L-04	Bedömd avsänkning med tätspons samt förslag till kontrollrör

Ritningar

G-10.1-101	Plan borrhämlinjer
G-10.2-101	Sektion A till C
G-10.2-102	Sektion GEO1 och GEO2
G-10.2-103	Sektion GEO3 och GEO4
G-10.2-104	Sektion GEO5 och GEO6

1 Uppdraget

Norconsult har på uppdrag av Växjö kommun utfört en hydrogeologisk utredning med syfte att beskriva de hydrogeologiska konsekvenserna av den planerade byggnationen av nya huskroppar med källarplan på Norra stationsområdet, Växjö. Inom uppdraget har dessutom kompletterande geotekniska borrhningar utförts inom området.

Inom uppdraget har det förutsatts att schaktning och länshållning skall ske ner till ca + 161 m. Källarplanens utbredning är enligt planprogram antagen av KS 2009-11-03.

2 Utförda undersökningar

- Genomgång av äldre geotekniska undersökningar i närheten av det aktuella området.
- Inhämtning av data från Tekniska Kontoret över äldre grundvattenlodningsserier samt diverse vattengångar mm.
- Kontroll av SGU:s data för området.
- Kompletterade borrhningar i 18 punkter varav grundvattenrör installerades i 6 punkter.
- Renspumpning av äldre grundvattenrör.
- Inmätning av nya borrhpunkter och äldre grundvattenrör.
- Lodning av grundvattennivåer i nya och befintliga grundvattenrör i samband med rens pumpningar samt vid ytterligare tre tillfällen.
- Provpumpning av tre grundvattenrör.
- Intervju med personal från Tegnerkyrkogården
- Sammanställning, uppritning av borrhningar, utvärdering och rapportskrivning.

3 Borrhningar och fältarbeten

Borrhningsarbetena utfördes av Norconsults GM75GTT borrhbandvagn med Arne Andersson som borrhförare. Jordartsbestämning har utförts av Magnus Bengtsson. Resultatet har dokumenterats i GS Arkiv och ritats upp med GS Presentation.

I de grundvattenrör som provpumpats består rördelarna av 63x50 mm PEH. I övriga rör installerade 2012 så består rördelarna av 32x25 mm PEH.

Alla grundvattenlodningar och provpumpningsarbeten har utförts av Magnus Bengtsson.

4 Jordarter

4.1 Översikt

Se karta GEO04L-01.

Som bakgrund för kartorna i denna rapport ligger ett utdrag av SGU:s detaljerade kartläggning av jordarter. Kartmaterialet är framtaget med en tänkt redovisningsskala om 1:50 000 och är således kraftigt överförstorad på kartorna bifogade denna rapport. Detta innebär bland annat att jordartsgränserna inte är exakta och att små områden med markerat berg i dagen generellt är kraftigt förstorade (för att synas på den tänkta kartskalet).

I nordöstra hörnet av område D, se indelning på ritning G-10.1-101 eller karta GEO04L-01, gick förr i tiden Snickarbäcken. Bäckens sträckning gick genom kvarteren Linné, Magnus Smek, Unaman, Blända och Stormen.

Norra stationsområdet ligger inom en isälvsavlagring med drygt 1 km längd i väst-östlig riktning och knappt 0,5 km medelbredd i nord-sydlig riktning.

Isälvsavlagringen avgränsas i öst och väst samt ungefär på halva sin bredd i nord och syd av högre liggande moränmark. I de östra delarna avgränsas avlagringen i markytan söder av ett utfyllt område, i huvudsak Linneparken, mot Växjösjön och i norr av lägre liggande torvmark längs med Linnegatan. I den västra delen avgränsas avlagringen i markytan av lägre liggande torvområde åt norr vid kvarteren Elden Södra-Tegner och i söder vid kvarteren Heimdal-Sleipner. Isälvsavlagringen fortsätter åtminstone delvis in under torvmarkerna.

Omfattningen av fyllningsområden är betydligt mer omfattande än vad SGU:s jordartskartering visar. Gränsen mellan morän och isälvsavlagring är i verkligheten belägen längre söderut i anslutning till Norra Stationsområdet.

4.2 Tegnerkyrkogården

Inge Bergstedt som jobbat vid Tegnerkyrkogården sedan 1978 intervjuades angående observationer vid grävning av gravar och om det har funnits någon sättningsproblematik på kyrkogården. Följande framkom:

- Gravarna grävs till två meters djup
- Mestadels så består jordlagerföljden av matjord överst och sedan lättgrävd, brun sandjord ner till botten.

- På vissa ställen finns det grå, hårdare, sten- och blockfri jord på ca 1,8 m djup. (detta är troligen en silt eller siltig sand)
- Väster om kapellet och på något ställe borta vid Lidbergsgatan så har berg påträffats vid gravgrävning.
- Ingen torv har påträffats inom kyrkogården.
- Kapellet har källare. Kapellet är ursprungligen från 1859 och flyttades till nuvarande plats 1880.
- Övriga byggnader inom kyrkogården har inte källare men det finns två bensintankar nedgrävda. Då dessa grävdes ned hade de problem med att de flöt upp på grund av grundvatten i schakten. Schakten var minst tre meter djup.
- Inge mins inte att det funnits några problem med tydliga sättningar för muren, gravstenar eller byggnader. Muren runt kyrkogården uppvisar lite sprickor här och var men det beror troligen på åldern.
- Invid servicebyggnaderna i sydöstra delen av kyrkogården har det utförts en bergborrad brunn med syfte att användas för uppumpning av bevattningsvatten.

4.3 Sammanställning borrhningar

Jordartsförhållandena beskrivs här utifrån uppritade sektioner med nya och äldre borrhningar. Borrhningar norr om Norra Stationsområdet som inleds med två bokstäver kommer från geotekniska undersökningar som hämtats från Kommunens arkiv och är utförda från 1950-tal till 1980 tal i syfte att undersöka grundläggningsförhållandena för nya hus.

Borrhningar och provgropar inom stationsområdet har i huvudsak utförts efter 2000 med syfte att undersöka grundläggningsförhållanden inför ombyggnad inom stationsområdet eller för nya planerade huskroppar.

Sektion A och B Ritning G-10.1-101 och G-10.2-101

Vid slagborrningarna 1202 till 1205 fungerade tyvärr ej registreringen.

Slagborrningarna och borrhpunkterna från 2010 i sektion A och B avgränsar det område där den förmodade bergnivån ligger över den planerade schaktbotten. Området har benämnts som C på planritningar och kartor, Detta område har berg och/eller morän över den normala grundvattennivån i isälvs materialet inom de angränsande områdena A och B.

Sektion C Ritning G-10.1-101 och G-10.2-101

Vid R1215 förhindrar mycket stenig och hård fyllning i ytan att skruvborrning sker ned på djupet. Vid 1218 finns likheter mellan hejarsonderingsprofilen vid 1011 och slagborrningsens relativa fördelning av sjunkhastighet över djupet. De relativt lösa lagren fortsätter dock ytterligare en meter ner till +158 m. vid +159,6 så får jorden ett siltinslag. Över +159,6 dominerar sandfraktionen jorden med lite grusinslag i de övre två metrarna och mullinslag i den översta.

Sektion GEO1 A och B Ritning G-10.2-102 Karta GEO02L-01

I GEO1A, vid Tegnerkyrkogårdens består endast ca 1 meter i markytan av sandiga lager. Dessa följs mot djupet av siltig sand eller morän. Norr och invid sektionen är det totala jorddjupet endast ca 5 m. I medtagna borrhningar sydöst om sektionen, 1101-1104 så ökar jorddjupet till ca 10 m. Intervjun beskriven i kapitel 4.2 beskriver ett område med ett ytligt sandskikt med mindre än 2 m mäktighet förekommer ställvis väster om det centrala kapellet på Tegnerkyrkogården. I GEO01B framgår att jordlagermäktigheten ligger på 10 – 15 m. Jordlagren är oftast sandiga ner till ca +160 för att sedan övergå i siltiga jordar eller morän. Vid Fr27 samt 33 går dock de sandiga lagren djupare och har inslag av grus. Inslag av gyttja på nivån +162 finns i en borrhpunkt.

Sektion GEO2 Ritning G-10.2-102 Karta GEO02L-01

Sektionen är en tvärsnitt för schaktområdets västligaste del. Jorddjupet är mestadels ca 10 m förutom längs i söder där bergnivån stiger. Inslag av torv finns över grundvattenytan vid R1001 och under grundvattenytan, på nivån ca +160 i FR32. I FR32 förekommer torv och gyttja även ovan grundvattenyta. Jordlagren är sandiga eller består av fyllning till under +160 m i de flesta borrhpunkter förutom längst ner i söder.

Sektion GEO3 Ritning G-10.2-103 Karta GEO02L-01

Jordlagren är här mestadels runt 5 m söder om det aktuella schaktområdet och har stort inslag av morän eller moränliknande jordar med siltinslag. I schaktområdet och i borrhningarna inom kvarteret Håkan Sjögren (HS1-8) ligger nivån för förmodat berg mycket ytligt, ofta på +163 till +164. Inom kvarteret Blända i sektionens norra del ökar sedan jorddjupet till knappt 10 m och jordarterna är sandiga.

Sektion GEO4 Ritning G-10.2-103 Karta GEO02L-01

Sektion genom centrala delarna av område C. Torv förekommer i borrhpunkten MV2 på nivån ca +162,5. Jordlagren är ca 5 m mäktiga i söder och ökar till knappt 10 m i norr. Sandiga jordar finns ner till 158 i norr och +160 strax söder om det

aktuella schaktområdet. En icke utritad bergslänt finns i den södra delen av profilen ungefär belägen längs med fastighetsgränsen Växjö 10:44>2 och Muséet 3.

Sektion GEO5 Ritning G-10.2-104 Karta GEO02L-01

Sektionen visar det ytliga bergläget inom spårområdet (NR3, NR4). Mitt i schaktområdet är jorddjupet ca 10 m (1218) och jordarterna är troligen sandiga ner till mellan ca + 159 och +160.

Sektion GEO6 Ritning G-10.2-104 Karta GEO02L-01

Sektion på diagonalen genom område D. Jordlagermäktigheten är 6-8 m inom området och jordarterna är sandiga ner till mellan +159 och +160,5 m. Även längst bort i nordöst av sektionen, borrhöjden Si1, är jordlagren sandiga ner till ca +160 m.

5 Grundvattenöversikt

5.1 Grundvattennivåer

Grundvattennivån inom det undersökta området ligger mellan knappt 1,5 m till drygt 3,5 m under markytan. Nivån styrs i dagsläget till stor del av ledningsgravar och dräneringar. Innan det allmänna avloppsnätet byggdes i staden så låg grundvattennivåerna betydligt närmare markytan.

I bilaga 2 och 3 samt på karta GVV02L-01 redovisas grundvattenobservationer som utförts inom detta uppdrag.

Inom Södra Stationsområdets östra delar ligger grundvattenytan upp mot + 165,3 vilket beror på ytliga förhållandevis täta jordar, morän eller siltiga jordar. Mot väster sjunker sedan grundvattenytan ned mot ca +162 vid sydvästra hörnet av Tegnerkyrkogården. Här styrs troligen grundvattenytans läge av ledningsgravar längs med vägarna.

Inom det planerade schaktområdet så uppmäts grundvattenytor på ca +162,6 inom område A beläget väster om område B där bergläget är ovan grundvattenytan. Område A avvattnas troligen väster ut i dagsläget samt eventuellt även genom ledningsgraven belägen längs med Norra järnvägsgatan. Inom område C uppmäts en nivå om ca +161,85. Området avvattnas troligen öster ut. Inom område D uppmäts en nivå om ca +161,5.

I lågområdet norr om Växjösjön R1-R2 ligger nivåerna på +161,0 till 161,4. Vid residenset, R9 ligger vattenytan betydligt högre, +163,5. Runt kvarteret Fries ligger slutligen nivåerna på +162,0 till +161,7. Tyvärr saknas helt tillförlitliga mätningar för rören 7A och R8. Utifrån mätningarna är det troligt att det föreligger en vattendelare i nordsydlig riktning genom område B där grundvattnets strömningsriktning delas med avrinning mot lågområdena i avlagringens östra respektive västra delar.

I tabell 1 redovisas statistik från de lodningsserier som utförts av Tekniska Kontoret. Diagram över lodningarna finns som bilaga 4 och 5. Observera att diagrammen liksom de data som levererats av Tekniska Kontoret är i höjdsystem Rh00 medan tabell är omräknad till Rh2000.

Ur tabell 1 kan man utläsa att grundvattenytan 12-05-28 ligger relativt nära medelgrundvattennivån för lodningsserien 1982-1994 men ca 0,3 m lägre än lodningsserien 2005-2011. Flertalet rör har ett spann mellan maxnivå och minsta nivå om 0,7 – 1,0 m. Avvikande med större spann är R4 som har betydligt högre maxnivå än övriga rör. Detta kan möjligen bero på att röret aldrig haft helt tillfredsställande funktion. R17 och R18 har ett något lägre spann än övriga vilket kanske beror på att de är installerade närmare en nivåreglerande dränering eller ledningsgrav. R7A har ett betydligt mindre spann men det beror troligen på att röret endast lodats under 1982.

Tabell 1 Statistik för lodningsserier utförda av Tekniska Kontoret.

Mätningar 1982-1994, Rh 2000								
Rör	min	medel	max	max -min	Medel -min	Max - medel	GVY 120528	GVY 120528 - medel
R1	160,66	161,16	161,67	1,01	0,51	0,50	161,03	-0,13
R2	160,72	161,18	161,44	0,72	0,46	0,26	161,36	0,18
R4	160,58	161,06	162,37	1,79	0,48	1,31	160,95***	-0,11
R7A*	161,32	161,53	161,57	0,25	0,21	0,04	-	-
R8	161,22	161,66	162,00	0,78	0,44	0,34	-	-
R9**	<163,26	<163,55	164,08	>0,82	-	>0,53	163,46	-
R16	161,55	162,02	162,34	0,79	0,47	0,32	162,00	-0,02
R17 ²	161,57	161,76	162,09	0,52	0,20	0,32	161,78	0,02
R17 ³	160,99	0,14	-					
R18 ²	161,55	161,76	161,98	0,43	0,22	0,21	161,73	-0,03
R18 ³	161,27		-					
Mätningar 2005-2011, Rh2000								
R25	160,84	161,40	161,92	1,08	0,56	0,52	161,07	-0,33
R26	161,82	162,28	162,98	1,16	0,46	0,70	162,00	-0,28

* Mätningar endast 1982

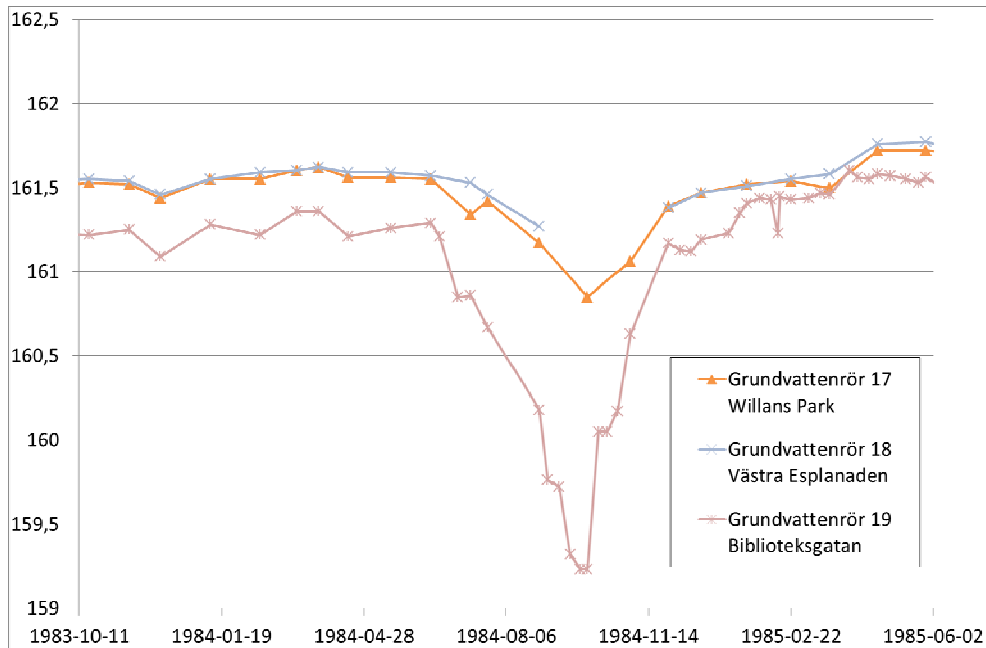
** Röret torrt vid många mätningar

***Uppskattat värde

² andra halvåret 1984 borttaget

³ andra halvåret 1984 medtaget

I lodningsserien från 1982-1994 finns resultatet av en grundvattensänkning som utfördes vid byggnationen i kvarteret Elden Södra. Grundvattennivån i R19 avsänks under en period med drygt 1,5 m under den normala lägsta grundvattenytan. Rören R17 och R18 belägna knappt 200 m från Elden Södra avsänks ca 0,6 m under den normala lägsta grundvattenytan. Röret R18 går dock torrt varför den lägsta nivån ej registreras i detta rör men vid övriga lodningar följer röret R17 mycket väl.



Figur 1 Grundvattensänkning vid byggnation på Elden Södra.

5.2 Pumpstation vid järnvägsunderfart vattentorget

Vid järnvägsunderfarten på sjöparksvägen vid vattentorget så finns det dräneringsledningarna med en vattengång om ca +159,8. Dräneringsledningen är ansluten till en pumpstation. Mätning av mängd bortpumpat vatten utförs ej.

5.3 Kommentarer till Teknisk Kontorets äldre rör

I samband med inventeringen av befintliga grundvattenrör inom detta projekt kan följande konstateras:

- Ingen information om grundvattenrörens utförande finns sammanställd.
- Mättnivån för rören är uppgiven som överkant lock vilket är överkanten av en däckel. Däckeln är i flertalet fall installerad direkt i matjord och kan inte anses vara en stabil punkt.
- I ett flertal fall så finns inget lock på själva grundvattenröret under däckeln och jordytan runt röret ligger så högt att jord lätt rasar ned i röret.
- Vid *Grundvattenrör 2 Norrgatan* har däckeln satt sig så att locket inte går på. Locket är här borttaget och röret är helt öppet upp mot trottoaren.
- *Grundvattenrör 13 Teatortorget* och *Grundvattenrör 19 Biblioteksgatan* är täckta av gatsten respektive asfalt och ej längre åtkomliga.

- Grundvattenrör 4 Linnéparken, Grundvattenrör 7A Klostergatan och Grundvattenrör 8 Storgatan fungerar ej nog tillfredställande för att vara användbara även efter den rensumpning som utförts inom detta projekt.
- Grundvattenrör 17 Willans Park och Grundvattenrör 18 Västra Esplanaden har en något tveksam funktion.
- Av de rör som finns utmärkta på kartan GEO04L-01 så har inte R5(Grundvattenrör 5 Linnégatan) och R3(Grundvattenrör 3 Norrtull) inventerats.

Om grundvattenrören skall användas inom framtida kontroller av grundvattennivåer så rekommenderas följande:

- Samtliga rör slamsugs med diafragmapump eller slamsugsbil för att avlägsna eventuell jord och grus från botten av röret (vid den rensumpning som utförts inom detta uppdrag med *WaTerra* pump så avlägsnas endast slam och finkornigare sand). Omväxlande med pumpningen spolas rören med högtrycksslang för att lossa beläggningar och eventuellt hårt sedimenterat material i botten.
- Självva rören avvägs och mätpunkten definieras som överkant av grundvattenröret och inte däxeln. Bottennivå lodas efter rensumpningsinsatserna.
- Däxelinstallationerna görs om och utformas så att ingen jord kan trilla ner i rören. Rören förses med lock.
- Rören med dålig eller tveksam funktion kan syratvättas för att försöka återställa funktionen. Funktionskontroll av rör som ingår i en aktiv lodningsserie bör ske minst en gång per år.

5.4 Växjösjön

Växjösjöns nivå regleras av ett brett överfall med avrinning mot Södra Bergundasjön via en damm i Biskopshagen och en kanal under Söderleden och genom Bokhultet. Byggnationen av överfallet reglerades i en dom 2005-07-01. Enligt domen skall följande nivåer råda i Växjösjön (Höjdsystem Rh2000 omräknat från Rh00)

Överkant överfallet	+160,93
Lågvattennivå	+160,93
Medelvattennivå	+160,95
Normal högvattennivå	+161,11
Högvattennivå med 50 års återkomsttid	+161,27

Vid byggnationen kom dock överfallet något lägre än enligt domen. Vid egna mätningar med RTK-GPS erhöles ett medelvärde om ca +160,91

5.5 Grundvattenbildning

Grundvattenbildningen på naturlig isälvsavlagring (grova jordarter) vid området uppgår till 300-375 mm normalåret ($9,5 \cdot 10^{-9}$ – $1,2 \cdot 10^{-8}$ m/s i genomsnitt) och 225-150 mm vid torrår med tio års återkomsttid

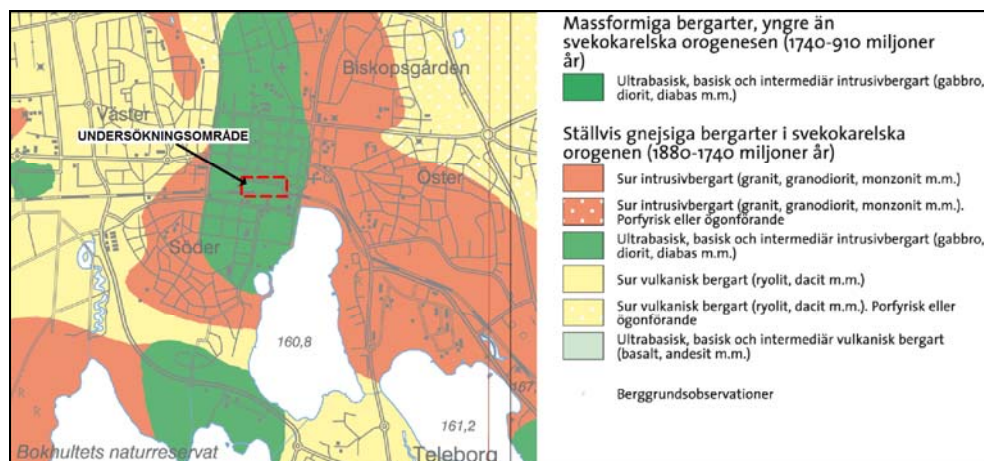
Värde för grundvattenbildningen är hämtat från *Grundvattenbildning i svenska typjordar- översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell, Slutrapport från SGU-projektet "Grundvattenbildning i svenska typjordar" proj nr 60-1375/2004.*

Inom Norra Stationsområdet är dock nästan hela ytan hårdgjord och grundvattenbildningen från direkt nederbörd är begränsad till läckage genom asfaltsytor och plattsatta områden. Befintligt dag- och spillvattennät inom området är troligen ej helt täta och torde vid högt grundvatten fungera som dränerade på grundvattnet och vid lågt grundvatten som grundvattenbildande.

5.6 Hydraulisk konduktivitet och berggrund

Vid pumpptesten som utförts inom detta uppdrag så erhöles en beräknad transmissivitet om $1,1 \cdot 10^{-3}$ till $3,3 \cdot 10^{-3}$ m²/s motsvarande en hydraulisk konduktivitet om ca $2 \cdot 10^{-4}$ m/s till $7 \cdot 10^{-4}$ m/s. Pumpptesten genomfördes i område där jordlagren främst bestod av isälvsmaterial.

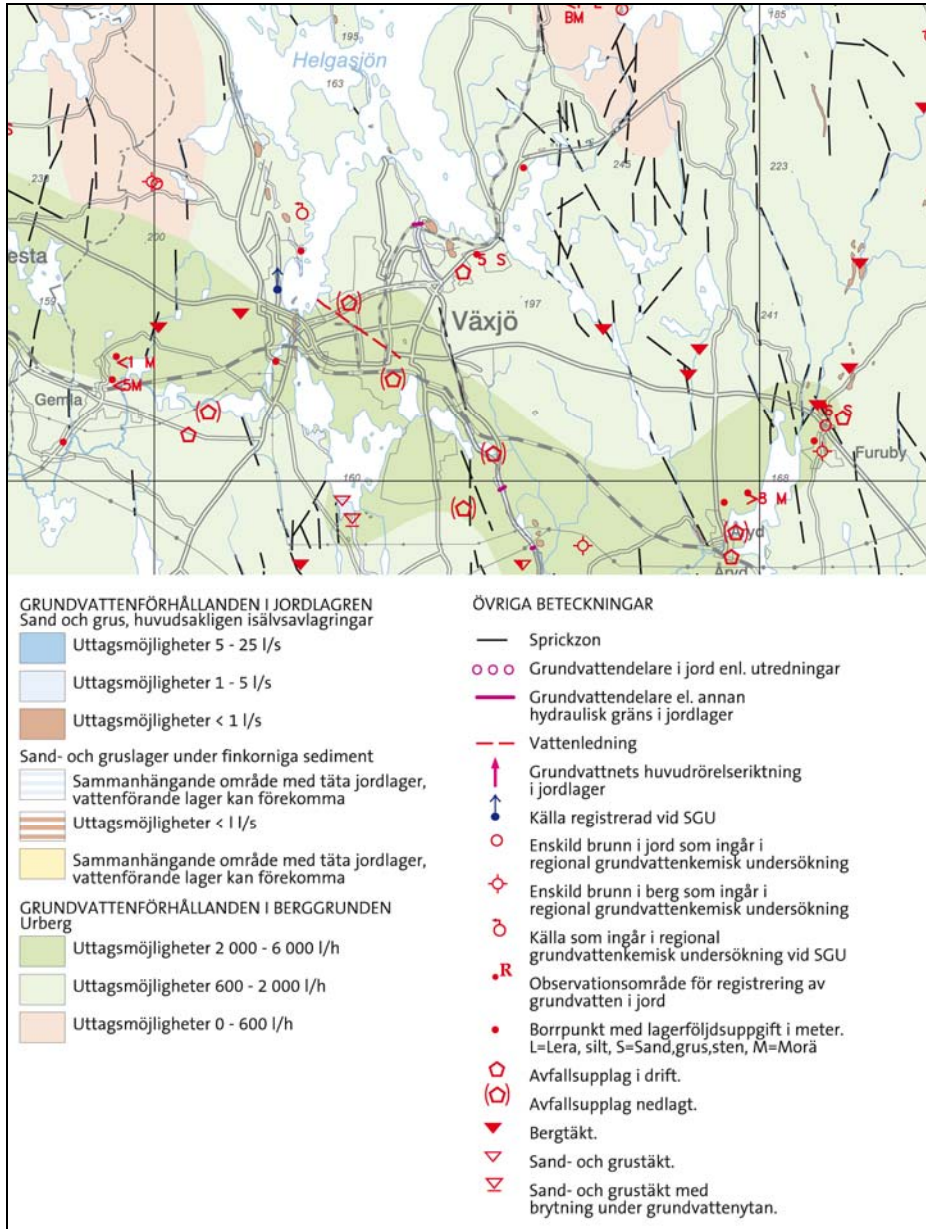
Berggrundens regionala hydraulisk konduktivitet i området uppges på den hydrogeologiska kartan (Ah 10) till $4,5 \cdot 10^{-7}$ m/s enligt indelningen av kartan. Enligt berggrundskartans indelning ligger det aktuella området inom Grönsten (ultrabasisk, basisk och intermediär intrusivbergart) med en regional hydraulisk konduktivitet om $1,5 \cdot 10^{-7}$ m/s. I brunnsarkivet finns det inte några brunnar registrerade i Norra stationsområdets absoluta närområde varför en noggrannare skattning ej kan göras. Inga undersökningsborrningar i berg har utförts inom denna utredning.



Figur 2 Utdrag ur berggrundskartan (SGU detaljerad kartläggning)

Den hydrauliska konduktiviteten i områdets moränjordar har ej testats men den hydrauliska konduktiviteten kan utifrån tabellvärden förväntas ligga i 1×10^{-8} – 1×10^{-7} m/s.

För beräkningar av tillrinningen till den planerade schakten i senare delen av denna rapport så har en transmissivitet som är 100 ggr mindre i berg- och morän området än i isälvmaterialet ansatts. I denna bedömning bedöms en viss säkerhet föreligga för att även täcka in till exempelvis förekommer av ytliga vattenförande vittrade sprickor i berget.



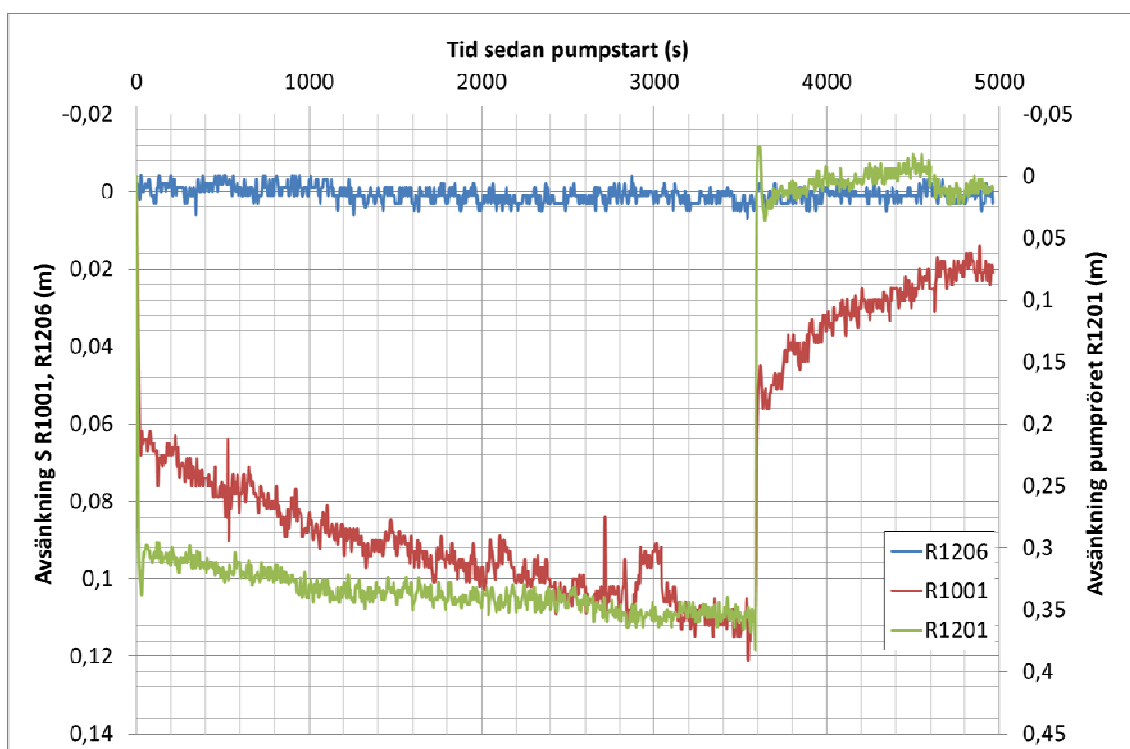
Figur 3 Utdrag ur den hydrogeologiska kartan (SGU generell kartläggning)

6 Pumptest

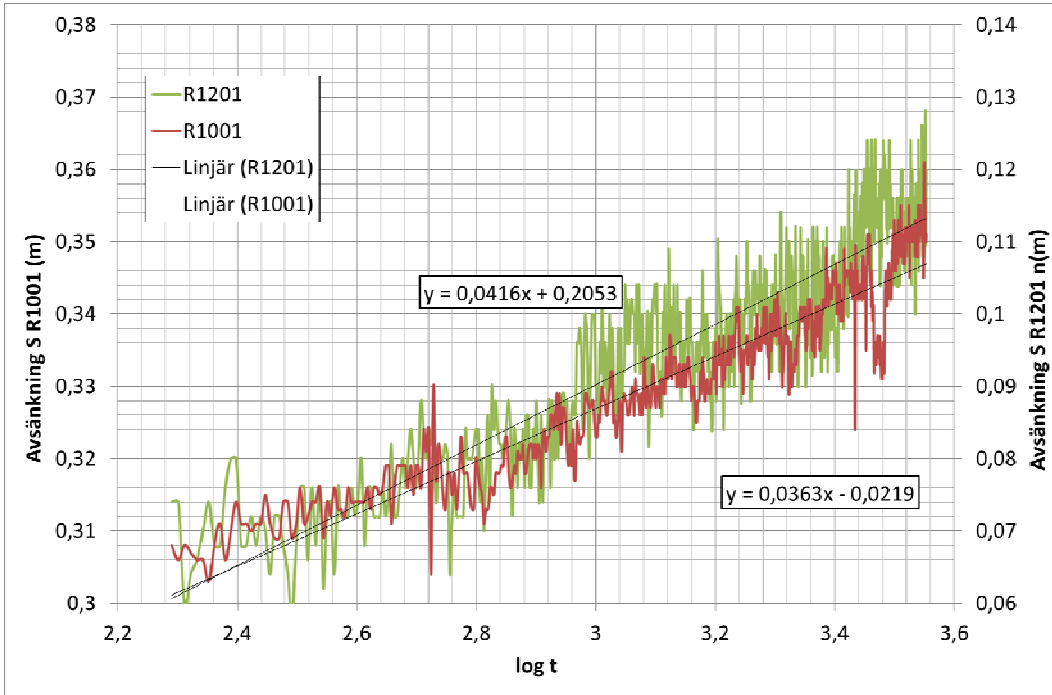
Pumptest i tre stycken grundvattenrör utfördes 12-05-21. Pumpningen utfördes med en Grundfos MP1 pump med ett flöde om knappt 0,5 l/s. Pumpningarna utfördes med konstant flöde. Pumpningsdelen var 1 till 1,5 timme lång och återhämtningen mättes under ca en halv timme.

Resultatet av provpumpningarna och utvärdering med Theis och Jacob metoder redovisas i figur 4-13 samt i tabell 2. Beroende på utvärderingsmetod och pumpat grundvattenrör varierar den beräknade transmissiviteten mellan $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ till $3,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Med en mäktighet av de grundvattenförande lagren om ca 5 m motsvarar detta en hydraulisk konduktivitet om $2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ till $7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

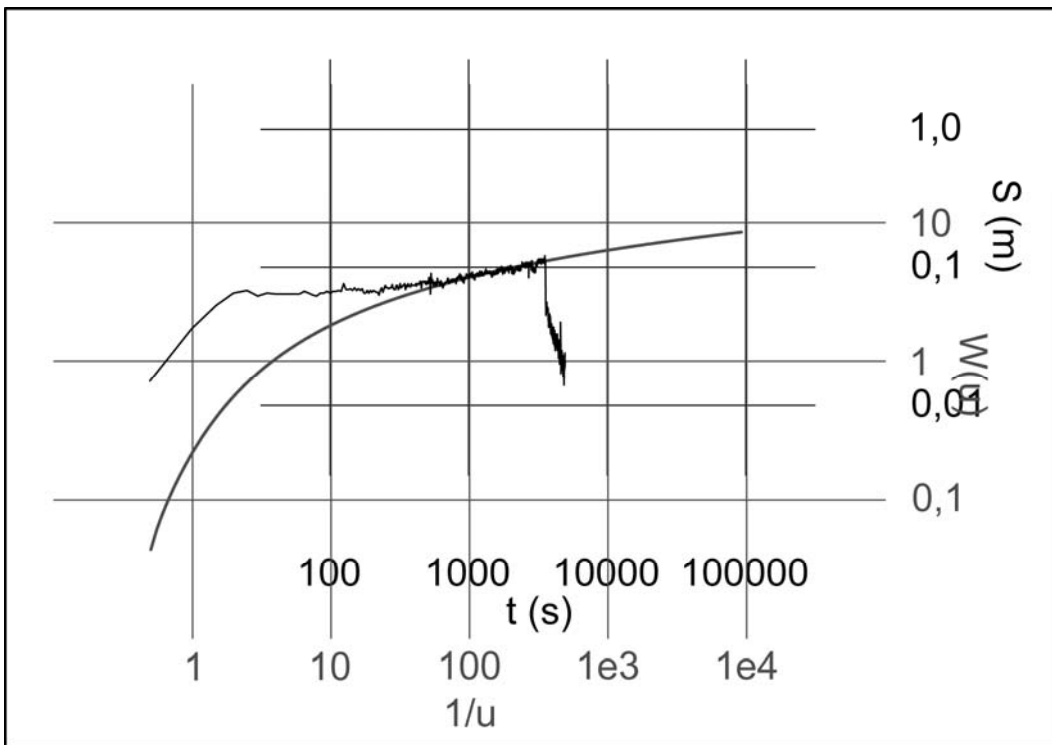
Provpumpningarna har inte varit nog omfattande för att identifiera hydrauliska gränser samt magasinets beteende på längre sikt men bedöms ge nog information för att beräkna den initiala mängden grundvatten som tillförs den planerade schakten.



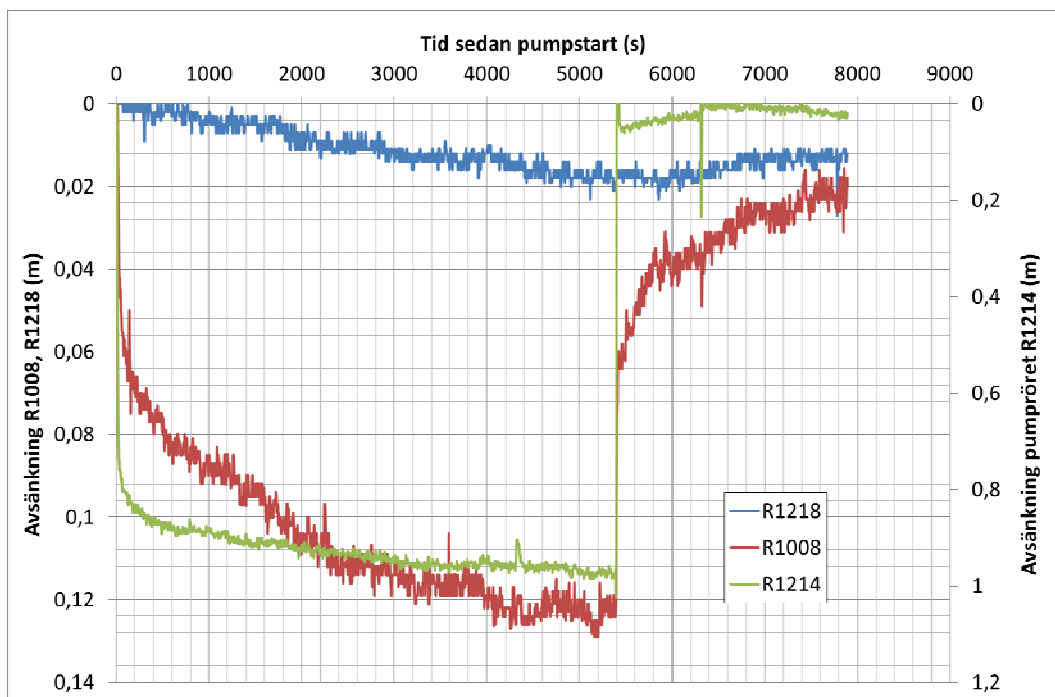
Figur 4 Provpumpning R1201. Diagram 1. Linjär avsänkning och återhämtning mot linjär tid. Pumpflöde 0,46 l/s.



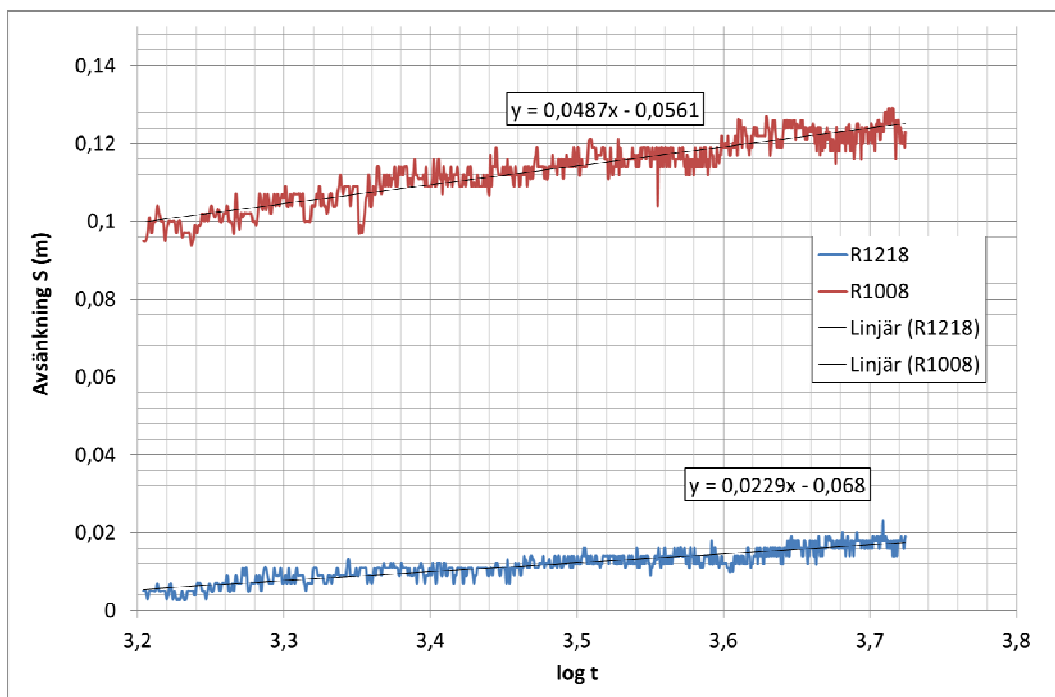
Figur 5 Provpumpning R1201. Diagram 2. Linjär avsänkning mot logaritmisk tid



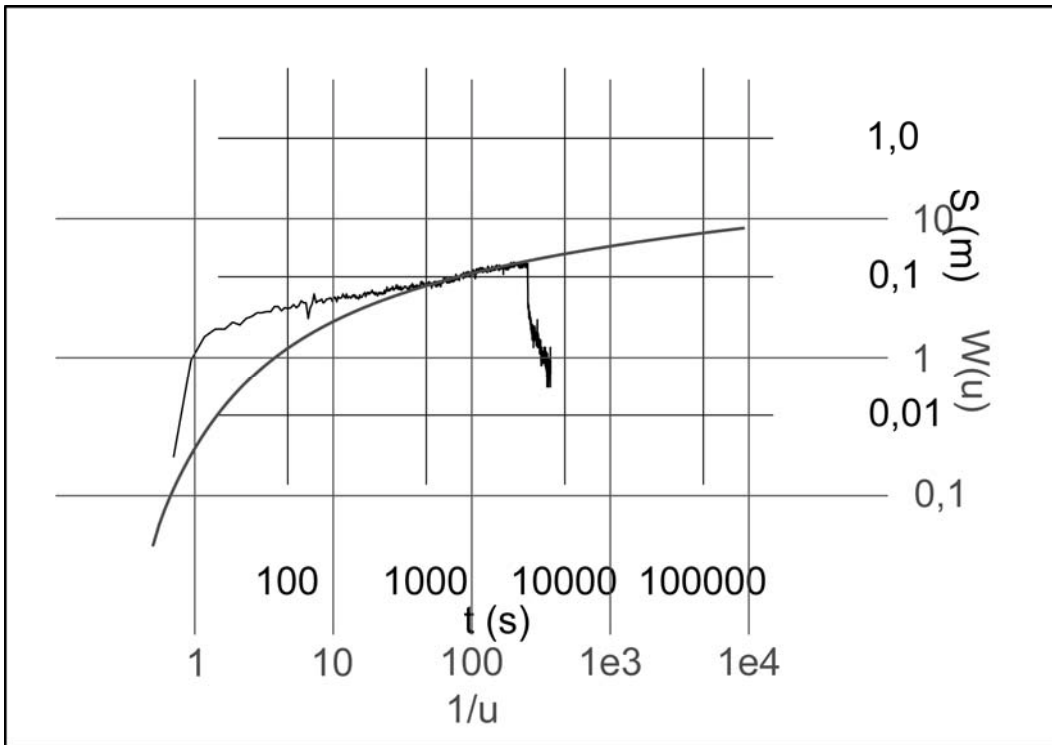
Figur 6 Provpumpning R1201. Theisanpassning avsänkning R1001



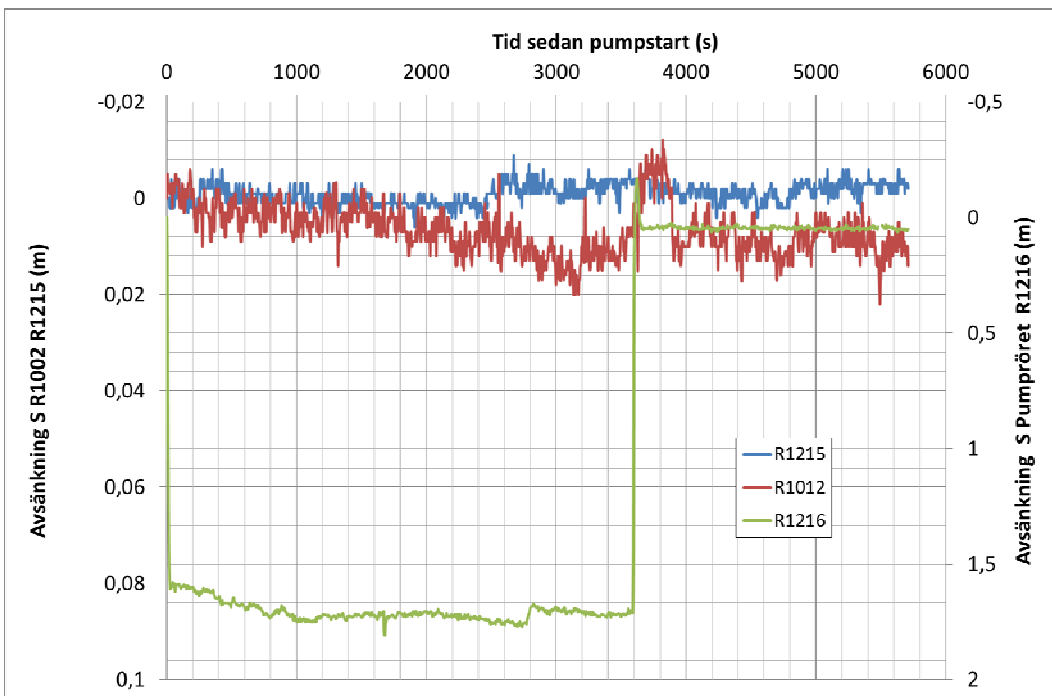
Figur 7 Provpumpning R1214. Diagram 1. Linjär avsänkning och återhämtning mot linjär tid. Pumpflöde 0,41 l/s.



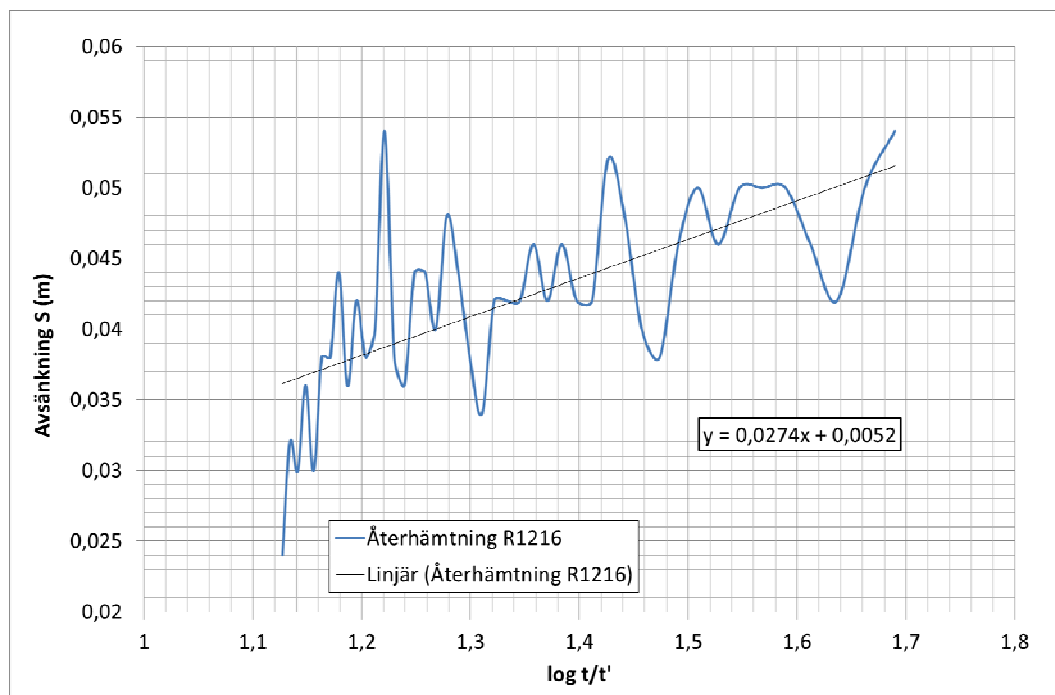
Figur 8 Provpumpning R1214. Diagram 2. Linjär avsänkning mot logaritmisk tid



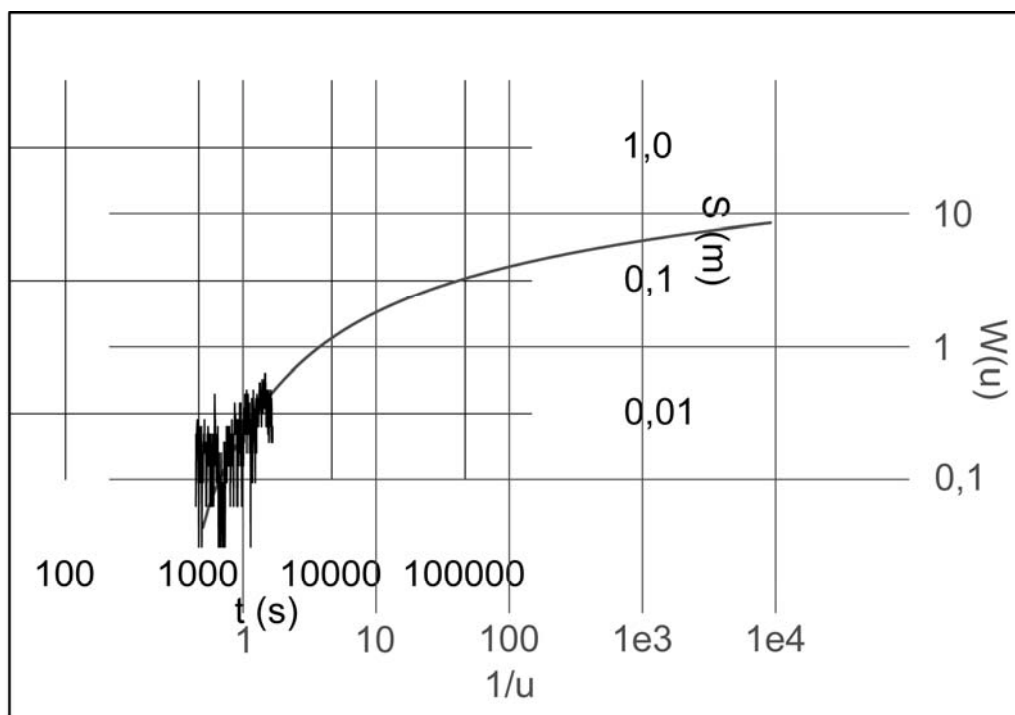
Figur 9 Provpumpning R1214. Theisanpassning avsänkning R1008



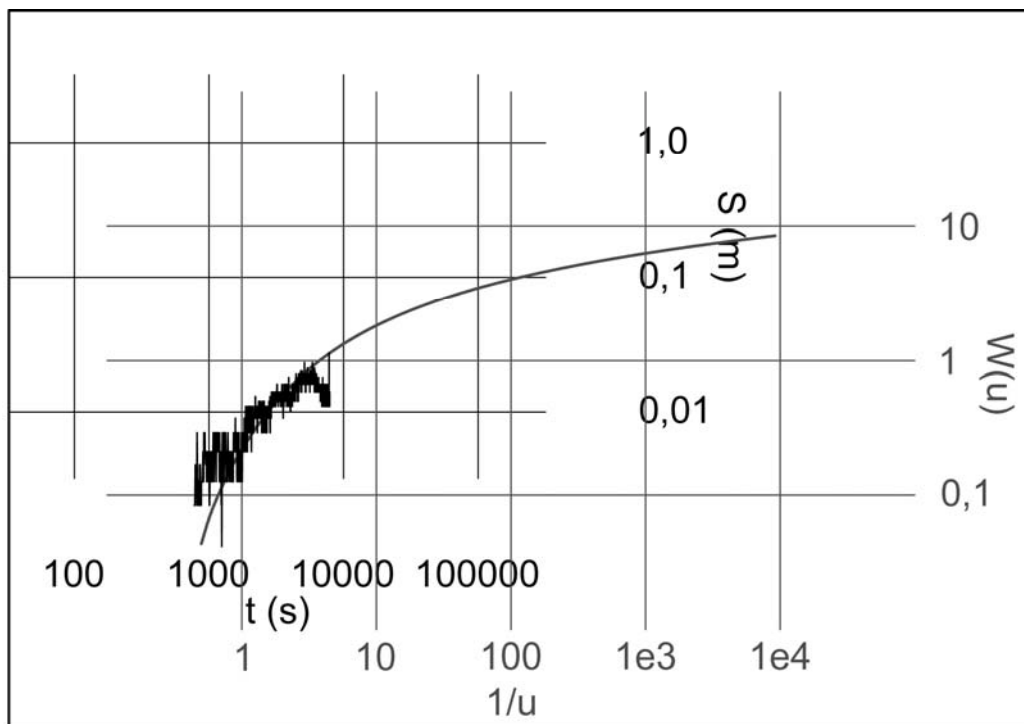
Figur 10 Provpumpning R1216. Diagram 1. Linjär avsänkning och återhämtning mot linjär tid. Pumpflöde 0,44 l/s.



Figur 11 Provpumpning R1216. Diagram 2. Linjär avsänkning mot logaritmisk återhämtningstid.



Figur 12 Provpumpning R1216. Theisanpassning avsänkning R1012



Figur 13 Provpumpning R1216. Theisanpassning avsänkning R1218

Tabell 2 Utvärdering av provpumpningar

Utvärdering enligt Theis						
Matchpunkt, $1/u = 1$, $W(u) = 1$						
Rör	s (m)	t (s)	Q (m ³ /s)	T m ² /s	Avstånd pumpbrunn (m)	S
R1008	0,0261	21,3	0,00041	1,3E-03	1,97	0,027
R1218	0,0238	1752	0,00041	1,4E-03	11,3	0,075
R1012	0,0317	2148	0,00044	1,1E-03	16,2	0,036
R1001	0,021	10,1	0,00046	1,7E-03	1,39	0,036
Medel				1,4E-03		0,033
Utvärdering enligt Jacob eller Theis's recovery method						
Rör	ds eller ds' (m)	Q (m ³ /s)	T m ² /s	Anmärkning		
R1008	0,0487	0,00041	1,5E-03	Avsänkingsfas minut 27-88		
R1218	0,0229	0,00041	3,3E-03	Avsänkingsfas minut 27-88		
R1012	0,0283	0,00044	2,8E-03	Avsänkingsfas minut 27-52		
R1001	0,0363	0,00046	2,3E-03	Avsänkingsfas minut 3-60		
R1216	0,0274	0,00044	2,9E-03	Återhämtningsfas minut 1-5		
Medel			2,6E-03			

7 Bedömda grundvattennivåer inom planerade schakter

Utifrån lodningarna som utförts under maj 2012 och jämförelse med statistik från längre lodningsserie redovisad i tabell 1 så har en bedömning av den naturliga grundvattennivån inom områdena A, C och D gjorts. Resultatet redovisas i tabell 3.

Tabell 3

Område	Bedömd naturlig grundvattennivå		
	Lägsta	Medel	Högsta
A	162,10	162,60	163,10
C	161,35	161,85	162,35
D	161,00	161,50	162,00

Utifrån en planerad schakt/länshållningsnivå om +161 så kan man se att avsänkningens storlek varierar mycket beroende på aktuell grundvattensituation. Inom område A så är erforderligt avsänkning 1,1 m vid bedömd lägsta naturlig grundvattennivå och 2,1 m vid den högsta. Inom område D så erfordras ingen avsänkning alls vid bedömd lägsta grundvattennivå.

8 Beräknad tillrinning till planerad schakt

En överslagsberäkning av de flöden som blir aktuella vid länshållning i de planerade schakten vid minsta respektive högsta naturliga grundvattennivå i omgivningen har gjorts genom att använda Theims brunnsformel, det vill säga att schakterna har liknats vid runda brunnar. Resultatet redovisas i tabell 4. De beräknade flödena har minskats med en reduktionsfaktor för område A och C då dessa områden inte är helt omgivna av isälvsavlagring utan delvis avgränsas av betydligt tätare berg eller moränområden. Beräkningarna ska anses som ett värsta fall då ej hänsyn till reduktion av det grundvattenförande lagrets mäktighet samt effekt av vertikala komponenter i strömningen har tagits.

Med Theims brunnsformel har också en bedömning av maximalt område för avsänkning av grundvattennivån 0,5 m respektive 1 m under lägsta naturliga grundvattenytan. Detta under förutsättning att allt länshållningsvatten avleds från området. Området redovisas på karta GVV02L-03. Områdena bygger på en beräknad avsänkning om 1 m 6,3 m utanför område A:s avgränsning och 4,4 m utanför B:s västligaste delar samt en beräknad avsänkning om 0,5 m 122 m utanför A:s avgränsning och 33 m B:s västligaste delar. Området som beror på influens

från länshållning i område A har reducerats där det finns angränsande tätare berg/moränområden. Områden som berörs av avsänkningar mellan 0,5-0,2 m under lägsta naturliga grundvattennivå omfattar ett område om ca 400 m runt område A och drygt 100 m ut från område C vilket gör att stora delar av isälvsformationen som Växjö centrala delar är byggt på berörs. Observera att detta gäller i fallet att den naturliga grundvattennivån är i lägsta nivå.

Då normal grundvattennivå råder i omgivningen så bedöms grundvattenytan runt schakten avsänkas med 0,2 m eller mer under den naturliga lägsta nivån för grundvattenytan på ett avstånd om ca 140 m runt område A och 30 m runt område C. Influensområdet för A reduceras något på grund av de täta massorna inom område B och det bedömda resulterade området redovisas med lila linje på kartan GVV02L-03.

Tabell 4

Område	A	A	B	B	C	C	D	D
Grundvattennivå	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
R_0 m	1000	1000	120	120	1000	1000	1000	1000
R_e m	12,7	12,7	33,6	33,6	34,6	34,6	28,6	28,6
S_w m	1,1	2,1	1,1	2,1	0,35	1,35	0	1
T m ² /s	3,0E-3	3,0E-3	3,0E-5	3,0E-5	3,0E-3	3,0E-3	3,0E-3	3,0E-3
Q m ³ /s	4,7E-3	9,1E-3	1,6E-4	3,1E-4	2,0E-3	7,6E-3	0	5,3E-3
Q l/s	4,7	9,1	0,2	0,3	2,0	7,6	0,0	5,3
Reduktionsfaktor	0,6	0,6	1	1	0,8	0,8	1	1
$Q_{reducerad}$ l/s	2,8	5,4	0,2	0,3	1,6	6,1	0,0	5,3

R_0 = Radie för nollavsänkning, ansätts med utgångspunkt från geologi och grundvattenbildning

R_e = Ekvivalent radie för brunn (schakt)

S_w = Avsänkning vid ytterkant schakt

T = Transmissivitet

Q = Beräknat flöde med Theims formel.

$Q_{reducerad}$ = Bedömt erforderligt flöde för att länshålla schakten.

9 Diskussion

9.1 Sättningsrisk minerogena jordar

Inom närområdet till de planerade schakterna har inga leror hittats. Rena siltjordar förekommer över planerad länshållningsnivå inom delar av Södra Stationsområdet på relativt stort avstånd från de planerade schaktområdena. Risken för sättningar i minerogena jordar på grund av planerad länshållning i schakterna bedöms som mycket liten.

9.2 Sättningsrisk organiska jordar

Ställvis förekommer det ett torvskikt i undersökningsbörningar inom och runt det planerade schaktområdet. Även enstaka exemplar av gyttja finns. Blandlager av sand, grus och torv eller odefinierad organisk jord förekommer också. Dessa lager har oftast en vattenkvot på 125 % eller lägre och en glödningsförlust på 30 % eller lägre

De rena torvlager som återfinns finns nästan uteslutande på nivån ca +163 eller något ytligare. Borrpunkten FR32 är ett undantag där ett torvlager återfinns vid ca +160. Mäktigheten är aldrig över 0,5 m. Dessa torvlager är i regel täckta av ca 1,5 m fyllningsmassor.

De organiska jordarna som återfinns ovan grundvattnet vid ca +163 ligger redan ovan grundvattenytan och bedöms vara mycket kompakterade, mäktigheten är liten i lagren. Den planerade länshållningen bedöms mestadels inte innebära att avsänkning av grundvattenytan till större avstånd under torvlagren än att vatten fortfarande kan nå torven via kapillär stigning kan ske. Någon allvarlig förändring i dess vattenhalt bedöms ej kunna förväntas. Det bedöms som osannolikt att torvens hållfasthet ska förändras på ett sätt som orsakar mätbara sättningar. Då de flesta byggander inom närområdet till den planerade schakten är dessutom grundlagda med källare och då är oftast eventuellt förekommande torv bortschaktad.

En kontroll av att ovanstående bedömning stämmer är dock lämplig. Järnvägsspår där urgrävning av organisk jord ej är utförd kan används för kontroll av eventuella sättningar. Om huskroppar utförda utan källare inom kvarteren Magnus Smek och Linné återfinns inom riskkartläggningen inför sprängningsarbetena som blir nödvändigt vid schaktarbetena så förses dessa lämpligen med sättningsdubbar.

9.3 Motstående intressen grundvattensänkning

Så länge den planerade grundvattensänkningen i samband med länshållning av schakten inte orsakar några sättningar bedöms inte befintliga byggander, gator och ledningsnät påverkas negativt. Tvärt om minskar mängden inläckande grundvatten i ledningsnät och källarvåningar.

För direkt användning av grundvattnet som resurs finns det endast en känd verksamhet inom den planerade schaktens närområde. Det är en bergborrad brunn på Tegnerkyrkogården. Brunnen används för bevattningsändamål. Då det rör sig om en djup, bergborrade brunn så bedöms inte 1-2 m avsänkning i jordgrundvattnet märkbart påverka den uttagbara mängden vatten i denna brunn.

En betydande del av Tegnerkyrkogården bedöms vara avsänkt med 0,2 m eller mer under den lägsta naturliga grundvattenytan om länshållning i område A, B och C sker utan skyddsåtgärder och medelgrundvattennivå råder i omgivningen . Sandjordars kapillära stighöjd varierar mellan 0,03 m till ca 2 m beroende på lagringstäthet och kornstorlek. Detta innebär att det finns risk för att delar av kyrkogårdens träd, som normalt kan tillgodogöra sig vatten från grundvattnet under hela växtsäsongen via kapillär transport, helt kommer förlora den möjligheten. Deras vattentillgång kan således minska drastiskt. Länshållning utan skyddsåtgärder i område A under växtsäsong rekommenderas därför ej. Likaså bör byggnationen under nivån +163 inom område A-B-C ske i vattentätt utförande och kringfyllning av byggander bör ske med normaltäta eller täta massor t.ex. krossad sandig siltig morän som packas så att en permanent ny dränering av området ej skapas.

Skyddsåtgärder vid länshållningen kan utgöras av till exempel tätspont om spontning ändå kommer användas av stabilitets- eller utrymmesskäl under byggtiden eller återinfiltration av länshållningsvatten från schakten i jordlagren. Ett lämpligt område för återinfiltration pekas ut i karta GVY02L-03. Vid återinfiltration skall dock en stabilitetsutredning av de nedgrävda oljetankarna inom Tegnerkyrkogården göras. Om länshållning till fullt djup i område A och de västligaste delarna av B görs under icke växtsäsong så bedöms länshållningen kunna utföras utan skyddsåtgärder. Vid utförande med tätspont minskar eller elimineras risken för grundvattensänkning på kyrkogården och i schaktens omgivning.

9.4 Befarade problem vid länshållning

Jordlagren på länshållningsnivåerna består delvis av relativt finkornig sand som kan förväntas erodera om pumpning direkt i gropar sker utan att skyddande makadam påförs först.

De provpumpade grundvattenrören utfördes med ordinära PEH-filerrör slitsade med ca 0,3 mm slits. Vid rensumpningen av rören erhöles betydande mängder inläckande sand. Vid användande av grundvattensänkning med wellpoint eller motsvarande anläggning så kan det behövas ett visst underhåll av spetsarna på grund av igensättningar

10 Rekommendationer.

1. De planerade byggnadernas källarplan bör utföras med vattentätt utförande upp till nivån +163. Kringfyllningen runt byggnaderna bör utgöras av täta eller normaltäta massor.
2. Bedömningen att inga sättningar kommer att erhållas p.g.a. länshållning bör kontrolleras via avvägning av sättningsdubbar. Kontrollens omfattningen beror på om det finns byggander som misstänks vara grundlagda ovan torv. Bedömningen samordnas med riskutredning inför sprängningsarbetena som blir nödvändiga inom område B.
3. **Utförande med tätspont rekommenderas** för att förhindra långvarig grundvattensänkning inom influensområdet. Visst grundvatteninläckage till schakten kan förväntas om sponten inledningsvis inte blir tät. Vid bergschakt finns risk för inflöde av grundvatten om det föreligger ytliga spricksystem i berggrunden. Grundvattnet bör snarast tätas ute.
4. **Kontroller vid utförande utan tätspont:**
Kontroller av grundvattennivåer före, under och efter byggtid bör utföras för att kontrollera bedömningar i denna rapport samt att bedöma behovet av skyddsåtgärder. Lämplig omfattning av mätpunkter framgår på kartan GVY02L-03 och 04. Förslaget omfattar fyra nya rör samt 7 befintliga. För fyra av de befintliga rören krävs ytterligare rensumpning och förnyade funktionskontroller enligt kapitel 5.3 innan de kan användas. Före byggperioden kan mätningar i R1201, R1214, och R1216 även utföras. Mätning i dessa rör samt befintliga övriga föreslagna rör kan med fördel

påbörjas snarast. Bäst data för att tolka områdets dynamik vid mätningar före byggtiden och för att tidigt urskilja effekter av länshållningsåtgärder under byggtiden bedöms erhållas om elektroniska tryckgivare med kontinuerlig lagring av mätvärde används. Lämplig upplösning kan vara ett mätvärde var tredje timme.

5. Kontroller vid utförande med tätspont.

Vid utförande med tätspont kommer påverkan på omgivande grundvatten att kunna begränsas. Vid ett bra utförande av tätspont samt tätning av berget vid bergschakt förhindras inläckage av vatten till schakten och därmed förhindras grundvattensänkning utanför arbetsområdet.

Inledningsvis bör kontrollprogrammet ha samma omfattning som under pkt 4 ovan. Omprövning av omfattningen bör kunna ske om tätsponden lyckas hålla ute grundvattnet.

6. Kontroller av grundvattennivåerna bör följas upp av hydrogeologisk expertis kontinuerligt under byggtiden. Om hänsyn tas till Tegnerkyrkogårdens växtlighet genom att länshållningsperiodens tidpunkt och längd anpassas eller att lämpliga skyddsåtgärder används bedöms länshållningen inte skada enskilda eller allmänna intressen.

Norconsult AB

Mark & Vatten

Magnus Bengtsson
magnus.bengtsson@norconsult.com

Hans Bruch
hans.bruch@norconsult.com



Norconsult AB

Storgatan 42

352 32 Växjö

+46 (0)470-70 76 00

www.norconsult.se