

E4 Förbifart Stockholm

FSE501
Trafikplats Hjulsta Södra

PM
Hydrogeologi
Tillståndsansökan för vattenverksamhet

BYGGHANDLING

2017-05-17
5G140082-FSE501.doc

Granskare	Godkänd av	Ort	Datum
Björn Lehr	Anders Hamnö	Stockholm	2017-05-17

Objektnamn	E4 Förbifart Stockholm
Entreprenadnummer	FSE501
Entreprenadnamn	Trafikplats Hjulsta Södra
Beskrivning 1	PM
Beskrivning 2	Hydrogeologi
Beskrivning 3	Tillståndsansökan för vattenverksamhet
Beskrivning 4	
Status	Egenkontrollerat
Diarienummer	
Konstruktionsnummer	
Objektnummer	8448590
Projekteringssteg	BYGGHANDLING
Statusbenämning	
Företag	Tyréns AB
Författare/Konstruktör	Anders Hamnö
Externnummer	244166



Innehåll

1	Inledning / bakgrund.....	4
2	Förutsättningar	5
2.1	Plan och höjdsystem.....	5
2.2	Ledningar	5
2.3	Topografi.....	6
2.4	Ytvatten	6
2.5	Jordartsgeologi	7
2.6	Hydrogeologi.....	8
2.7	Berggrundsgeologi.....	9
3	Undersökningar och Resultat.....	10
3.1	Geoteknik och Geofysik.....	10
3.1.1	Sonderingar och kolvprovtagning	10
3.1.2	Sättningsrisker	11
3.1.3	Geofysiska mätningar.....	12
3.2	Berg	13
3.2.1	Inventering berganläggningar	13
3.2.2	Borrning i berg.....	13
3.2.3	Borrhålsfilmning	14
3.2.4	Kärnkartering	15
3.3	Hydrogeologi.....	15
3.3.1	Jordprovtagning och analys.....	15
3.3.2	Inventering av brunnar	16
3.3.3	Grundvattenrör och grundvattennivåmätningar.....	17
3.3.4	Brunnsbörning i jord	19
3.3.5	Vattenprovtagning i filterbrunnar	20
3.3.6	Vattenförlustmätningar.....	20
3.3.7	Provpumpningar.....	20
3.3.8	Infiltrationstest	28
3.3.9	Vattenbalansberäkning	29
3.3.10	Avsänkingsanalys och tättningsstrategi för berg	29
4	Hydrogeologisk bedömning	29
5	Förslag på skyddsåtgärder.....	33
5.1	Tätning av jord.....	33
5.2	Tätning av berg	33
5.3	Skyddsinfiltration	34
6	Förslag på kontrollprogram	34
7	Referenser	36

Bilagor

Bilaga 1	Redovisning av geotekniska undersökningspunkter i plan och som enstaka borrhål
Bilaga 2	PM Sättning
Bilaga 3	PM Riskinventering sättningskänsliga byggnader
Bilaga 4	PM Geofysik
Bilaga 5	Plan och profil, kärnborrhål Vålberga.
Bilaga 6	Jordprovsanalyser Vålberga
Bilaga 7	Grundvattennivådata från kontrollprogram
Bilaga 8	Borrprotokoll filterbrunnar
Bilaga 9	Analysresultat, vattenprovtagning
Bilaga 10	Vattenförlustmätning, 15T611K-15T614K
Bilaga 11	Vattenförlustmätning, 16T615H
Bilaga 12	PM Provpumpning, 15T612K & 15T614K
Bilaga 13	PM Provpumpning 16T615H
Bilaga 14	PM Provpumpning Vålberga, 16T613FU
Bilaga 15	PM Avsänkings- och tättningsanalys Vålberga

1 Inledning / bakgrund

Trafikverket planerar att anlägga ny sträckning för E4 väster om Stockholm, Förbifart Stockholm. Leden kommer binda samman de norra och södra länsdelarna, avlasta Essingeleden och innerstaden och minska sårbarheten i Stockholms trafiksystem. Den nya sträckningens längd är drygt 21 km från Kungens Kurva i Huddinge till Häggvik i Sollentuna. Av de totalt 21 km väg är mer än 18 km förlagd i tunnel. Till detta kommer anslutningar till ytvägnätet via sex trafikplatser varav Hjulsta är en av dessa. På delsträckan vid Hjulsta övergår Förbifart Stockholm från bergtunnel via betongtunnel och betongtråg i det mer höglänta området mellan Vålberga och Lunda till bro över dalgången mellan Lunda och Hjulsta. Vid Hjulsta korsas Mälärbanan och E18 (se Figur 1.1).

Vålberga är ett topografiskt högt beläget område och grundvattennivåerna i grundvattenmagasin Järva 4 ligger på en högre nivå jämfört med omgivande grundvattenmagasin (se Figur 1.1). Utförda undersökningar i berg har påvisat förekomst av vattenförande sprickzoner i området, vilket föranlett utförandet av en fördjupad utredning av de hydrogeologiska förutsättningarna vid Vålberga.

Undersökningarna har visat på god kontakt mellan grundvattenmagasin i jord och berg och att det därigenom föreligger risk för grundvattentransport från Järva 4 via sprickzoner i berg till kommande bergschakt mellan Vålberga och Lunda.

Denna PM hydrogeologi Vålberga syftar till att sammanfatta de undersökningar som har utförts vid Vålberga, som ligger till grund för tillståndsansökan av vattenverksamhet för delsträcka 25/800 – 26/200.



Figur 1.1. Översikt över planerade Förbifart Stockholm, Vålberga/Lunda - Hjulsta

2 Förutsättningar

Föreliggande PM redogör för en fördjupad analys av de hydrogeologiska förutsättningarna för Förbifart Stockholm i höjd med Vålberga/Lunda, delsträcka 25/800 – 26/200 (se Figur 2.1). Tidigare utförda undersökningar från systemhandlingsskede och arbetsplaneskede ligger till grund för arbetet och utförda kompletteringar gäller grundvattenmagasin Järva 4 i Vålberga och dess kontakt med omgivande grundvattenmagasin i jord och berg.



Figur 2.1. Grundvattenmagasin och bedömda vattendelare.

2.1 Plan och höjdsystem

Samtliga koordinater och höjder angivna i föreliggande PM anges i nedan redovisade koordinat- och höjdsystem om inte annat anges.

Plan: SWEREF99, 18 00

Höjd: FS RH00

2.2 Ledningar

Ledningssystemen i Vålberga utgörs både av huvudledningar tillhörandes Järfälla kommun (VA), Eon (el) m.fl. ledningsägare, men också av lokala system som bostadsrättsföreningen Vålberga förvaltar för VA, fjärrvärme mm. Det finns begränsat med information gällande ledningarnas eventuella grundläggning.

Ledningskartor för Järfälla kommuns VA-nät indikerar att ledningsgravarna är en potentiell transportväg för grundvatten. Ledningsunderlag visar på vattengångsnivåer som sammanfaller med

rådande grundvattennivåer i Vålberga och att ledningsgravarna för dag- och spillvattenledningarna därmed utgör en utströmningsväg från Järva 4

2.3 Topografi

Topografin vid Vålberga karaktäriseras av ett mycket kuperat landskap med Vålberga och grundvattenmagasinet Järva 4 högt beläget i området, omgivet av bergryggar som utgör tydliga grundvattendelare mot angränsande lägre belägna grundvattenmagasin. Inom de mer centrala delarna av Vålberga ligger marknivån kring +23, omgivande bergryggsnivåer uppgår till ca +40. I intilliggande dalgång nordost om Vålberga där Bällstaån flyter fram ligger marknivåerna kring +10, se Figur 2.2.



Figur 2.2. Topografisk karta, Vålberga.

2.4 Ytvatten

Vid Vålberga passerar Förbifart Stockholm över Bällstaån. Åns källa är belägen i Jakobsberg, den flyter ca. 350 m öst om Vålberga och söderut genom kommunerna Järfälla, Stockholm och Sundbyberg och efter ca 10 km leder den ut i Bällstaviken (Figur 2.3). Avrinningsområdets storlek uppgår till ca 36 km².

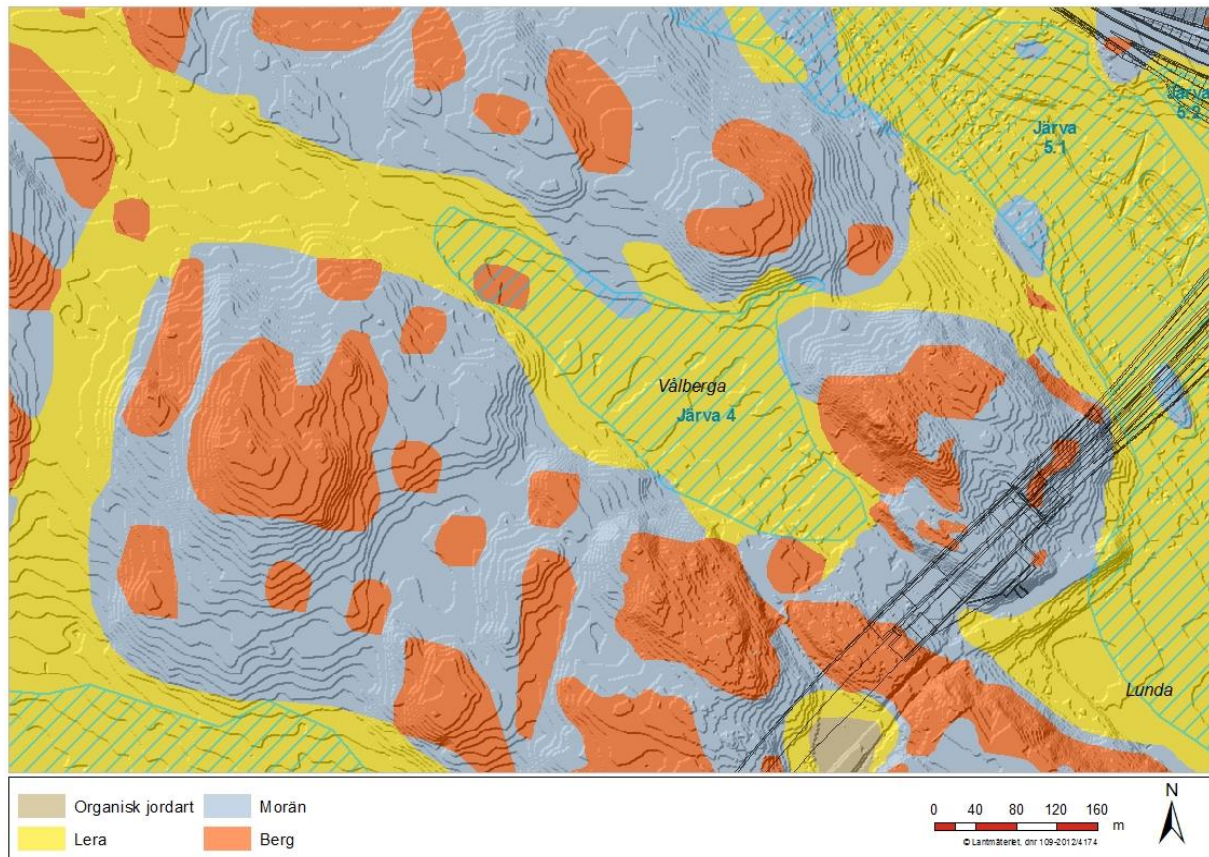


Figur 2.3. Ytvattendrag vid Vålberga

2.5 Jordartsgeologi

Jordartsgeologin kring Vålberga präglas av dalgångar i nordväst-sydöstlig orientering åtskilda av berg- och moränkullar. Dalgångar, svackor och områden kring kullarna utgörs av lera som överlagrar morän ovan berg (Figur 2.4). Jorddjupen är mycket skiftande.

Moränlagret varierar generellt mellan 0-4 meters mäktighet inom undersökningsområdet och har i de flesta fall bedömts utgöras av en siltig sandig morän med silthalter mellan 30 till 70%. Lerans mäktighet varierar stort från uppemot 10 meter i de mer centrala delarna av Järva 4 för att sedan avta ut mot randzonerna mot omgivande berggryggar.

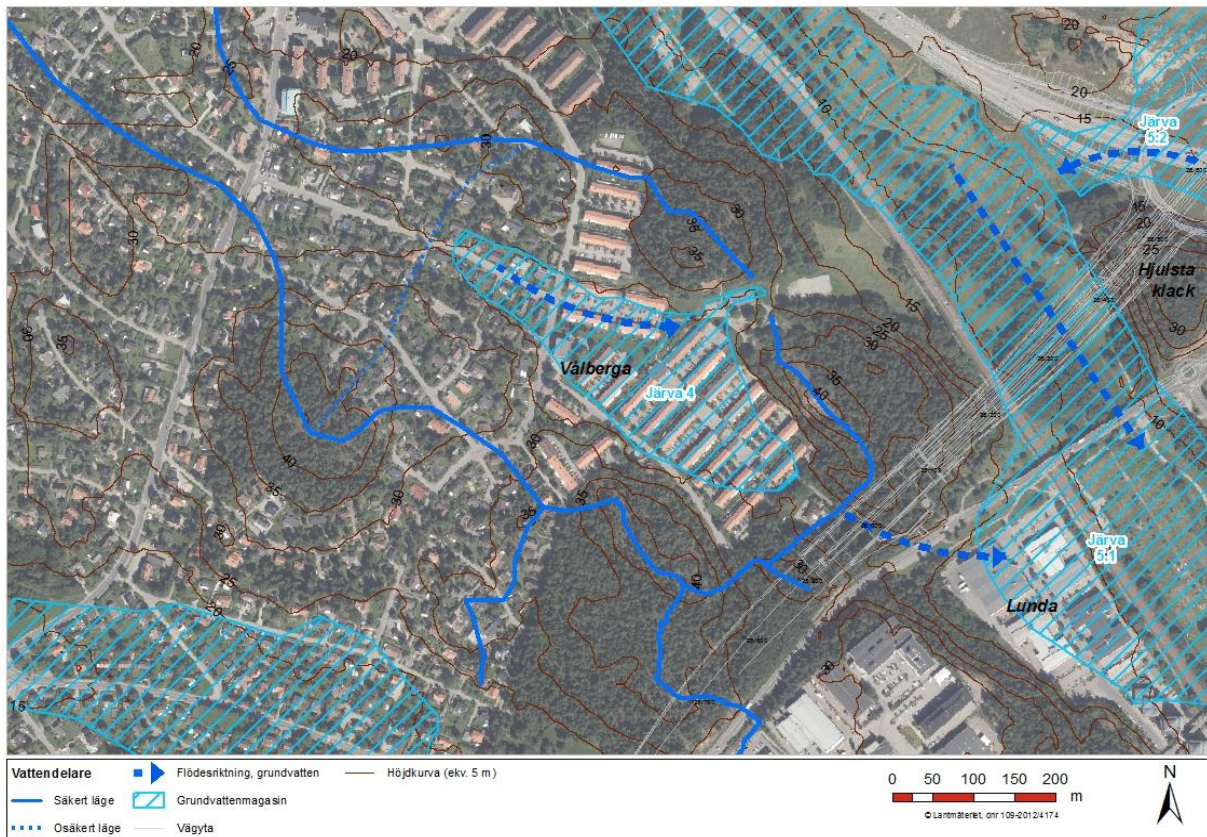


Figur 2.4. Jordartskarta karta Vålberga.

2.6 Hydrogeologi

De hydrogeologiska förutsättningarna längs Förbifart Stockholms sträckning i höjd med Vålberga/Lunda präglas av ett antal mindre, lokala grundvattenmagasin i friktionsjord under lera. Magasinen bedöms vara slutna och grundvattensänkningar är därmed förknippade med sättningsrisker. Grundvattenmagasinen är åtskilda av bergsryggar, vilka utgör lokala grundvattendelare. Förutom magasin i jord förekommer det också grundvatten i spricksystem i det underliggande berget.

Grundvattenmagasin Järva 4 är högt beläget jämfört med angränsande grundvattenmagasin (Järva 5:1) som uppvisar grundvattennivåer i storleksordningen 10-14 meter lägre än de som uppmätts i Järva 4. Grundvattenmagasinens utbredning presenteras i Figur 2.5 nedan.



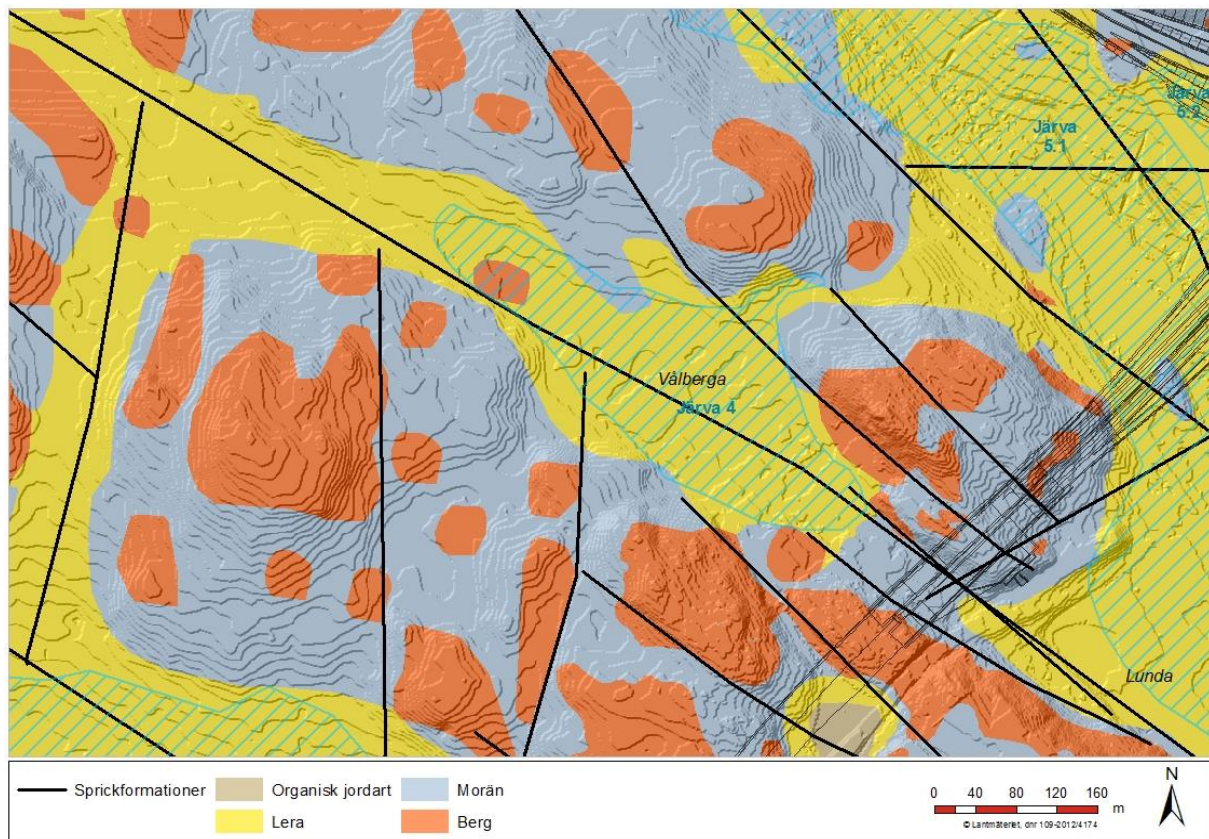
Figur 2.5. Orienterande hydrogeologisk karta över området vid Vålberga.

2.7 Berggrundsgeologi

Området karaktäriseras av markerade höjdparter åtskilda av jordfyllda dalgångar i huvudsaklig nordvästlig eller östlig orientering. Dominerande bergart varierar mellan gnejs med ett sedimentärt ursprung, migmatitisk gnejs, ställvis skifferartad gnejs och granit som ställvis övergår till granitisk gnejs. Mindre grönstensgångar och gångar eller diffusa ansamlingar av pegmatit förekommer i gnejsen och graniten.

Sprickfyllnadsmineral domineras av kalcit och klorit. Svaghetszoner med svag till måttlig omvandlingsgrad förekommer i dalgångar.

Inom aktuellt område har två sprickgrupper i berg identifierats genom tidigare utförda undersökningar. En sprickgrupp utgörs av subhorisontella ytligt liggande sprickformationer och en andra grupp utgörs av brant stående sprickzoner och som i stort sett är parallellt orienterade med de två svackorna som löper i nordvästlig-sydöstlig riktning från Vålberga och ned mot Lunda (Figur 2.6).



Figur 2.6. Geologisk karta med sprickriktningar i berg

3 Undersökningar och Resultat

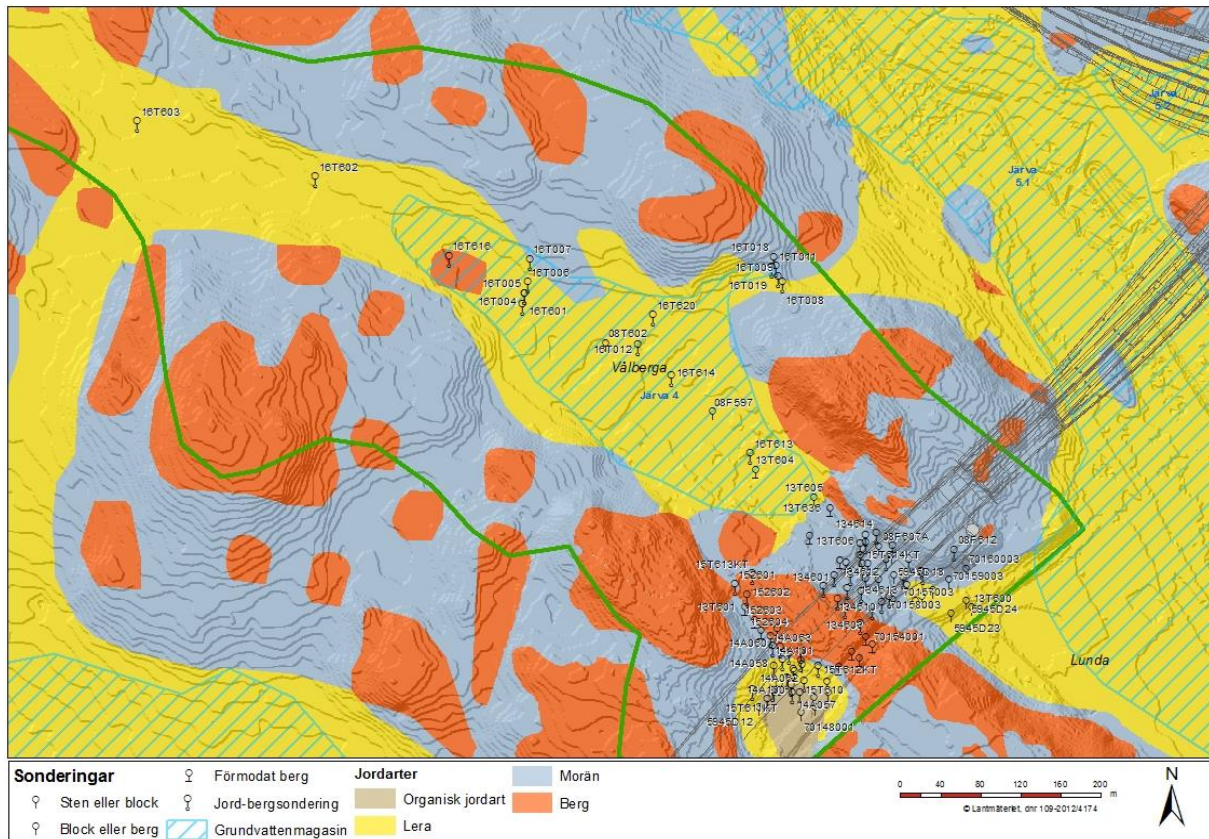
I detta kapitel redovisas utförda geotekniska, bergtekniska och hydrogeologiska undersökningar. Där undersökningar och resultat har presenterats i tidigare rapporter hänvisas till dessa dokument.

3.1 Geoteknik och Geofysik

3.1.1 Sonderingar och kolvprovtagning

Undersökningar för att kartlägga djup till berg samt jordlagrens mäktighet och beskaffenhet längs sträckan har utförts genom olika former av sondering. I samband med utförda sonderingar har ett begränsat antal jordprovtagningar utförts genom skruvborrning och kolvprovtagning.

I Bilaga 1 redovisas de genomförda geotekniska undersökningarna utförda vid Vålberga i plan och profil. En översiktskarta med genomförda sonderingar i Vålberga redovisas i Figur 3.1.



Figur 3.1. Utförda sonderingar

Resultaten från sonderingar och jordprovtagningar har legat till grund för placering av grundvattenrör och även utgjort en viktig del i underlaget för analysen av de hydrogeologiska förutsättningar som råder inom undersökningsområdet.

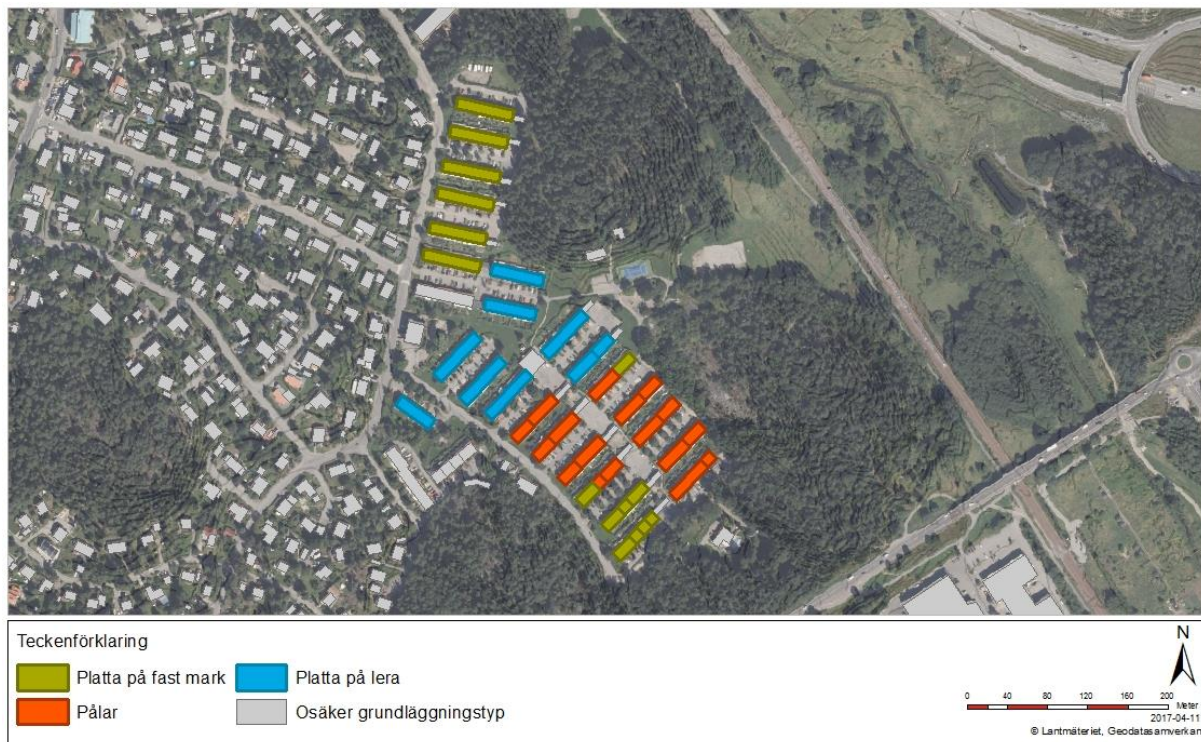
3.1.2 Sättningsrisker

Sättningsberäkningar har utförts som underlag för bedömning av markens känslighet för en grundvattensänkning. I Bilaga 1 och Bilaga 2 redovisas utförd sättningsanalys med beräkningar och bedömningar samt riskobjektsinventering.

Vid en grundvattensänkning sänks porttrycket i en process som går långsamt i lera. Porttrycksutjämningen går betydligt snabbare i närheten av kontinuerliga skikt av grövre jord som silt eller sand. Vid porttryckssänkningen sker en konsolidering av lerlagret, vilket innebär en deformation genom volymminskning.

Inom Vålberga finns byggnader som är direkt grundlagda med platta på jord där lera förekommer med olika mäktigheter. Leran i området har tidigare varit utsatt för belastning eller en tidigare långvarigt avsänkt grundvattennivå och har en viss överkonsolidering, vilket innebär att jorden tål att bli belastad upp till denna nivå utan att konsolidering sker. I och med uppförandet av byggnaderna har denna överkonsolidering redan utnyttjats och en viss sättning har sannolikt redan skett. En grundvattensänkning i området innebär att ytterligare sättningar kommer att utbildas vilket kan leda till skada på byggnaderna.

I figur 3.2 nedan redovisas byggnaders grundläggningsätt inom Vålberga. Blå färg innebär grundläggning med platta direkt på mark där jorden utgörs av lera. Dessa byggnader bedöms som sättningskänsliga vid en grundvattensänkning och ska kontrolleras genom kontinuerlig sättningsmätning före, under och en tid efter anläggandet av sträckan förbi Vålberga.

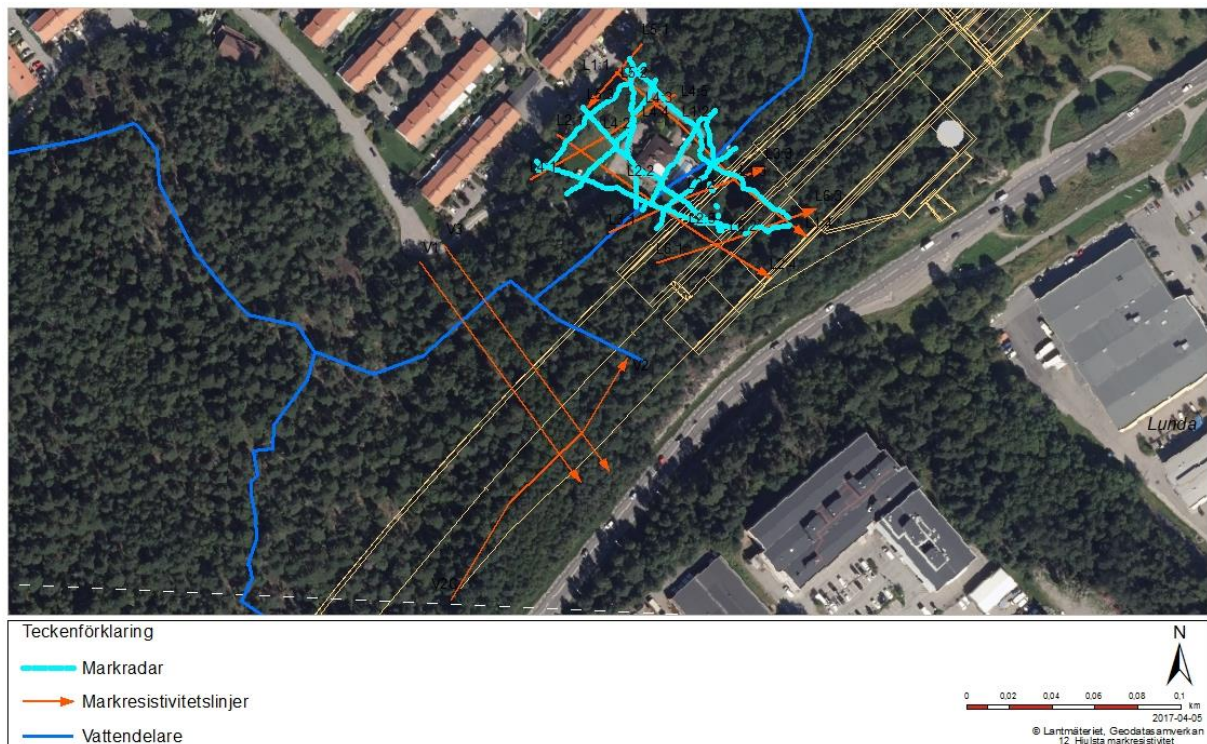


Figur 3.2. Grundläggning av byggnader i Vålberga.

3.1.3 Geofysiska mätningar

Geofysiska undersökningar med markradar och resistivitetsmätningar har utförts öster om Vålberga för att få en mer heltäckande bild av bergnivåerna och jordmäktigheter. Mätningarna har utförts som ett komplement till utförda sonderingar för att ge en tydligare bild av förekomst av grundvattendelare i form att bergnivåer liggandes över konstaterad grundvattennivå (stalp).

Undersökta områden redovisas i figur 3.3 nedan. Fullständig redogörelse för utförda mätningar och erhållna resultaten redovisas i Bilaga 4.



Figur 3.3. Resistivitmätningar och markradar i de två svackor som löper från Vålberga ner mot Lunda.

3.2 Berg

3.2.1 Inventering berganläggningar

Inga berganläggningar har identifierats inom undersökningsområdet.

3.2.2 Borring i berg

Totalt har åtta kärnborrhningar och en hammarborrning utförts mellan Vålberga och Lunda (Tabell 3.1) med syftet att fastställa bergkvaliteten vid bergtunnelpåslaget samt för att utgöra underlag för bedömningen av förekommande sprickzoner som identifierats i kartunderlag från SGU. Borrhålens läge och orientering har styrts av tunnelpåslagets planerade läge samt sprickzonernas bedömda orientering (se Figur 3.4). Kärnborrhålens läge redovisas i även plan och profil i Bilaga 5.

Tabell 3.1. Förteckning över borrhål i berg.

Beteckning	X	Y	Jord- djup [m]	Borrhåls- längd [m]	Borrhålsdjup i vertikalled från markytan [m]	Bäring [grader]	Inklination [grader]	Borrhåls- diameter [mm]
13T604K	142872,26	6586765,45	-	35,0	25,60	284	47	56
13T605K	142886	6586757	-	36,5	26,3	170	46	56
13T606K	142924	6586805	-	35,6	19,4	56	33	56
14T610K	143025	6586856	2,9	64,5	37,0	210	35	56
15T611K	142794,74	6586674,89	3,20	70,80	46,45	73,6	41	76
15T612K	142860,42	6586698,63	2,67	70,40	45,25	285,5	40	76
15T613K	142794,27	6586791,58	0,15	50,20	32,27	199,3	40	76
15T614K	142905,11	6586801,84	0,25	42,55	32,60	24,9	51	76
16T615H	142916,08	6586810,41	12	57	31	47	33	115



Figur 3.4. Kärnborrhål och hammarborrhål Vålberga

3.2.3 Borrhålsfilmning

Borrhålsfilmning har utförts med OPTV-utrustning (BIPS) i samtliga redovisade kärnborrhål och hammarborrhål (Tabell 3.1), vilket utgjort underlag vid analysen i samband med kärnkarteringen.

3.2.4 Kärnkartering

Borrkärnorna har karterats okulärt med avseende på bergart, omvandlingar, strukturgeologi (kross- och sprickzoner) samt öppna sprickor. Orienteringen av de öppna sprickorna har utförts med hjälp av information från borrhålsfilmning.

Sprickegenskaperna har dokumenterats med avseende på mineralfyllning, ytkaraktär och råhet. Parametrarna J_a och J_r , omvandling av bergarten som omger sprickan samt sprickvidd och apertur har bestämts. En översiktlig beskrivning av strukturella enheter såsom sprick- och krosszoner och en beskrivning av bergarter och omvandlingar har genomförts.

Sprickkartering på borrhålsfilm utan tillgång till kärna medför att enbart de på filmen synliga sprickorna blir karterade d.v.s. oftast de med större apertur än ca 1 mm. Filmens kvalitet har också betydelse. Hammarborrhål 16T615H karterades översiktligt i WellCAD utan tillgång till kärna och genererade mindre än 1 spricka/m. Sprickförekomsten bedöms högre då parallellt kärnborrhål 13T606K genererade som jämförelse mer än 4 sprickor/m med tillgång till borrkärna.

3.3 Hydrogeologi

3.3.1 Jordprovtagning och analys

I samband med sonderingarna inför installationen av grundvattenrör har jordprover insamlats med skruvborr i ett urval av undersökningspunkter. Vid Vålberga har jordprover tagits i tio punkter.

Jordproverna insamlades i form av samlingsprover från hela friktionsjordlagret. SWECO Geolab har utfört okulär bedömning och klassificering av jordproverna. Utvalda prov har även genomgått siktanalys för mer exakt kornstorleksbedömning och beräkning av hydraulisk konduktivitet. Resultaten av jordprovsanalyserna redovisas i Tabell 3.2 och i detalj i Bilaga 6.

Tabell 3.2. Resultat från jordartsanalyser och beräkning av K-värde.

Punkt	Typ av analys	Analysmetod	Jordart	Hydraulisk konduktivitet (m/s), K-värde
13T600RU	Siktanalys	Beräknad utifrån siktanalys	sandig lerig silt	$1 \cdot 10^{-08} - 2 \cdot 10^{-06}$
13T601RU	Okulär analys	Ej bestämd	grusig sandig siltig varvig lera	-
13T604RU	Okulär analys	Ej bestämd	grusig sandig siltig morän blandat med Grå lera	-
13T605RU	Okulär analys	Ej bestämd	grusig lerig sand	-
13T606RU	Okulär analys	Ej bestämd	siltig sandmorän med lerskikt	-
13T636	Okulär analys	Ej bestämd	siltig sand	-
13T646	Siktanalys	Beräknad utifrån siktanalys	siltig sand	$9 \cdot 10^{-08} - 6 \cdot 10^{-07}$
13T647	Siktanalys	Beräknad utifrån siktanalys	grusig lerig sand	$1 \cdot 10^{-08} - 9 \cdot 10^{-08}$
16T011	Siktanalys	Beräknad utifrån siktanalys	Sandig siltmorän med enstaka lerskikt	$2 \cdot 10^{-08} - 8 \cdot 10^{-08}$
16T012	Okulär analys	Ej bestämd	Siltig sandmorän med enstaka tunna lerskikt	-

3.3.2 Inventering av brunnar

Inventeringen av brunnar i området baseras på utdrag från SGUs och Järfälla kommuns brunnsarkiv samt att det i samband med samråd i Vålberga framkommit information som inte var tillgängligt i arkiven.

Inom det bedömda påverkansområdet för grundvattenavsänkning finns inga registrerade energibrunnar. Det har dock identifierats 14 energibrunnar och en grävd brunn (som idag används för bevattningsändamål) i anslutning till påverkansområdet i nordväst längs Barsbrovägen. Se Tabell 3.3 för sammanställning av dessa brunnar och Figur 3.5 för deras geografiska positioner. Dessa energibrunnar ligger längs den kända sprickzonen som skär genom Vålberga. Energibrunnarna föreslås ingå i övervakningsprogrammet för omgivningspåverkan.

Tabell 3.3. Sammanställning, inventering av befintliga brunnar

Brunnstyp	X	Y	Fastighet	Vattenmängd (l/min)	Totaldjup (meter)	Djup till berg (meter)
Energibrunn	142477	6587121	Barsbro 1:241	500	180	13
Energibrunn	142460	6587089	Barsbro 1:242	1000	180	0,2
Energibrunn	142504	6587104	Barsbro 1:243	Okänd	200	9
Energibrunn	142530	6587040	Barsbro 1:246	1000	180	2
Energibrunn	142522	6587011	Barsbro 1:247	1000	195	2,5
Energibrunn	142421	6587145	Barsbro 1:32	4500	165	8
Energibrunn	142556	6587183	Barsbro 4:11	8000	200	3,5
Energibrunn	142543	6587124	Barsbro 4:13	6000	140	0,5
Energibrunn	142511	6587129	Barsbro 4:14	Okänd	Okänd	Okänd
Energibrunn	142565	6587205	Barsbro 4:16	Okänd -	200	5
Energibrunn	142442	6587184	Barsbro 4:17	500	180	2
Energibrunn	142456	6587218	Barsbro 4:22	Okänd	130	4
Energibrunn	142509	6587194	Barsbro 4:24	Okänd	180	2
Energibrunn	142503	6587231	Barsbro 4:27	Okänd	200	1
Grävd brunn	142535	6587061	Barsbro 1:55	Okänd	3,4	Okänd



Figur 3.5. Energibrunnar och övriga brunnar

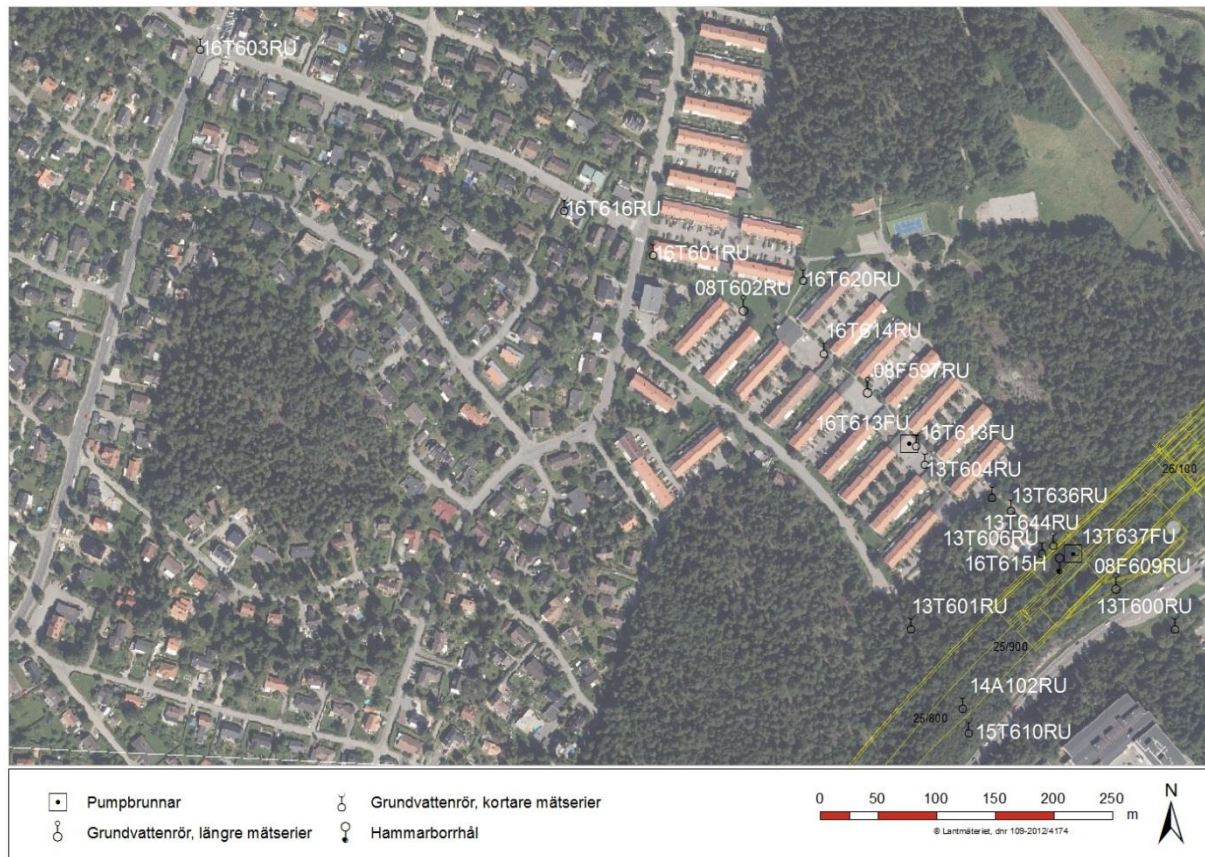
3.3.3 Grundvattenrör och grundvattennivåmätningar

Installation av grundvattenrör har utförts både för att kunna utöka gällande kontrollprogram och för att kunna utföra mätningar i samband med hydrauliska test för att fastställa friktionsjordens hydrauliska egenskaper och bedöma påverkansområdet. Grundvattenrörens placering (se Bilaga 1) har valts med hänsyn till de provpumpningarna som planerades och för att ge en god och representativ geografisk täckning i pågående kontrollprogram för grundvattennivåer. Vid placering av grundvattenrören har det också tagits hänsyn till gränsdragningen för bedömt påverkansområde och villkorsområde, vilka angivits i tillståndsansökan för vattenverksamhet.

Efter utförd installation av grundvattenrör har rören funktionskontrollerats för att säkerställa att de har god kontakt med akviferen. I dagsläget finns 17 grundvattenrör installerade inom Järva 4 och i gränsområdena mot omgivande grundvattenmagasin (Tabell 3.4 och Figur 3.6).

Tabell 3.4. Grundvattenrör.

ID	Gv- magasin	Rör-typ	Y	X	Marknivå	Rörtopp	Spetsnivå
08F597RU	Järva 4	stål, 1"	6586957,590	142753,696	22,55	23,40	13,90
08F609RU	Järva 4	stål, 1"	6586792,231	142965,804	20,25	21,66	15,16
08T602RU	Järva 4	stål, 1"	6587027,364	142647,328	22,74	23,92	18,42
13T600RU	Järva 5:1	stål, 2"	6586759,136	143012,359	15,81	16,69	9,70
13T601RU	Lokalt	stål, 2"	6586759,520	142786,999	26,05	26,69	20,70
13T604RU	Järva 4	stål, 2"	6586898,427	142798,305	22,60	22,56	12,00
13T605RU	Järva 4	stål, 2"	6586870,944	142856,314	23,19	24,16	12,20
13T606RU	Järva 4	stål, 2"	6586822,058	142902,579	22,68	23,68	18,80
13T636RU	Järva 4	stål, 2"	6586859,727	142872,488	22,82	23,83	13,80
13T644RU	Järva 4	stål, 2"	6586830,298	142908,579	22,51	23,28	18,80
14A102RU	Lokalt	stål, 2"	6586692,414	142836,942	25,58	26,50	21,80
15T610RU	Lokalt	stål, 2"	6586671,615	142842,256	25,25	25,85	19,35
16T601RU	Järva 4	stål, 2"	6587075,976	142567,496	23,68	24,73	14,73
16T603RU	Barkarby	stål, 2"	6587249,722	142180,576	21,99	22,96	10,46
16T614RU	Järva 4	stål, 2"	6586992,676	142713,548	22,68	22,65	9,65
16T616RU	Järva 4	stål, 2"	6587113,627	142491,672	23,96	24,27	16,27
16T620RU	Järva 4	stål, 2"	6587054,082	142696,284	23,49	24,49	17,09



Figur 3.6. Grundvattenrör och pumpbrunnar (filterbrunnar i jord), delsträcka 25/800–26/200.

Sedan 2008 utförs det regelbundna nivåmätningar i grundvattenrör längs Förbifart Stockholms sträckning inom ramen för pågående kontrollprogram. Mätning sker månadsvis och resultaten rapporteras till Trafikverket genom databasen TMO. Se Bilaga 7 för redovisning av grundvattennivådata.

3.3.4 Brunnsborrning i jord

Installation av filterbrunnar i jord har utförts i två lägen. Det ena i läget för jord-/bergschakten (13T637FU) och det andra i ett mer centralt läge i grundvattenmagasin Järva 4 som valdes utifrån var största jorddjup noterats vid föregående sonderingar. Se Figur 3.6 och Tabell 3.5 för ytterligare information. Borrprotokoll från installationerna av filterbrunnarna är redovisade i Bilaga 8.

Båda brunnarna har utförts enligt samma princip med foderrörsborrning ner till konstaterat berg med en foderrörsdiameter om 219 mm varpå ett smalare foderrör om 114 mm har installerats med ett Johnsonfilter vars längd anpassats till friktionsjordslagrets mäktighet. Filtersand har sedan påförts mellan foderrören innan det grövre dragits upp för att blotta sandfiltret mot omgivande jordakvifer. Tätning med bentonitlera har utförts längs den del där foderröret passerar överliggande lerlager.

För att maximera kontakten mellan brunn och akvifer har ett formationsfilter byggts upp genom att växelvis utföra mammutpumpning och jetspolning. Spolningsarbetena har utförts fram till att mängden finmaterial som spolats ur har minskat kraftigt och att brunnens uppmätta kapacitet har uppnått stabila värden.

3.3.5 Vattenprovtagning i filterbrunnar

I samband med installation av filterbrunnar i jord har vattenprov tagits och skickats till ackrediterat laboratorium (Alcontrol) för analys med avseende på vattenkvalitet. Provtagningarna utgör en del i rutinemässig insamling av kemisk data gällande grundvatten längs hela Förbifart Stockholm och förs in i Trafikverkets databas för grundvattenrelaterad mätdata TMO.

Analysresultaten från filterbrunnarna 13T637FU och 16T613FU visar att samtliga parametrar ligger under gällande riktvärden enligt Livsmedelsverkets föreskrifter för dricksvatten (SLVFS 2001:30). Vid analys av förekomst av kolväten, PAH och metaller i vattenprov taget i 13T637FU detekterades förekomst av alifater, dock i låga halter strax över detektionsgräns. För mer en detaljerad redogörelse av analysresultaten, se Bilaga 9.

3.3.6 Vattenförlustmätningar

Vattenförlustmätningar genomfördes i de åtta kärnborrhålen och i hammarborrhålet redovisade i Tabell 3.1. Resultaten av mätningarna i kärnborrhål 15T611K-15T614K är redovisade i Bilaga 10. Resultaten från mätningen i hammarborrhål 16T615H är redovisade i bilaga 11. I dessa borrhål utfördes vattenförlustmätningar primärt för att fastställa bergets hydrauliska egenskaper där bergformationen trycksätts med ett lågt konstant tryck under 20 minuter i respektive testsektion.

I övriga fyra kärnborrhål (13T604K- 13T606K och 14T610K) utfördes vattenförlustmätningarna med en metod som primärt används för att fastställa bergets mekaniska egenskaper som sedan ligger till grund för projektering av kommande injekteringsarbeten. Vid utförandet av denna metod trycksätts testsektionerna med stegvis ökande tryck i tre steg följt av en avtrappning med samma trycksteg som tidigare. Bergvolymen utsätts för ett avsevärt högre tryck än vid tidigare redogjord metod. Detta gör att resultaten från vattenförlustmätningarna utförd med denna metod utgör mer av indikativt underlag vid en hydrogeologisk bedömning. Dokumentation från dessa mätningar finns i rapporterna redovisade i referensförteckningen.

3.3.7 Provpumpningar

Tre pumpbrunnar har anlagts inom undersökningsområdet, en i berg och två i jord, för att kunna genomföra provpumpningar vid aktuell sträcka. Utöver dessa pumpbrunnar så har även två kärnborrhål använts i provpumpningssyfte, se Tabell 3.5 för sammanställning och Figur 3.7 för brunnarnas placering.

Tabell 3.5. Pumpbrunnar.

ID	Borrpunktstyp	Y	X	Marknivå	Rörtopp	Spetsnivå
13T637FU	Filterbrunn i jord	142928,296	6586814,617	22,08	22,32	14,60
15T612K	Kärnborrhål	142860,42	6586698,63	45,25	-	-
15T614K	Kärnborrhål	142905,11	6586801,84	32,60	-	-
16T615H	Hammarborrhål	142916,0753	6586810,409	22,17	22,55	-
16T613FU	Filterbrunn i jord	142792,963	6586914,056	22,78	23,33	8,78



Figur 3.7. Pumpbrunnar

Provpumpningar har utförts i borrhålen 15T612K, 15T614K, 16T615H och 16T613FU. Brunn 13T637FU uppvisade mycket låg kapacitet och bedömdes uppgå till mindre än 1 liter/minut. Med anledning av detta genomfördes ingen propumpning i brunnen.

3.3.7.1 Provpumpning i kärnborrhål 15T612K och 15T614K

Provpumpningar i kärnborrhålen 15T612K och 15T614K har utförts för att undersöka bergets hydrauliska egenskaper i de två svackorna som är belägna i sydöst om grundvattenmagasinet Järva 4 och korsar Förbifart Stockholms sträckning i påslagsläget mellan km 25/780 och 26/050.

Provpumpningarna omfattade fyra timmars pumpning i respektive borrhål. Mätning av grundvattennivåer skedde med minutintervall i 11 stycken mätpunkter, vilka redovisas i tabell 4.1. I tabellen redogörs för avstånd från observationspunkterna till respektive pumpbrunn och en bedömning av storlek på respons. Observationspunkternas läge visas i Figur 3.6.

Grundvattennivån sänktes av till botten av kärnborrhålet inom cirka en minut från pumpstart och hölls så konstant till pumpstopp. Flödet utgjorde en variabel parameter som mättes regelbundet under propumpningen. Då målsättningen med propumpningen var att orsaka en lokal maximal störning i grundvattenmagasinet i berg och följa upp hur trycksänkningen fortplantade sig så utgjorde grundvattennivåmätningarna i omgivande observationspunkter den huvudsakliga delen i programmet för övervakning. Kärnborrhålens kapacitet är i storleksordningen 2-2,5 l/min vilket får anses som liten.

Tabell 3.6 Sammanställning, observationspunkter

ID	Gv-magasin	Borrpunktstyp	Avstånd från kärnborrhål (meter)		Respons vid propumpning	
			15T612K	15T614K	15T612K	15T614K
08F597RU	Järva 4	Grundvattenrör, stål, 1"	280	217	Nej	nej
08T602RU	Järva 4	Grundvattenrör, stål, 1"	392	343	Nej	nej
13T600RU	Järva 5.1	Grundvattenrör, stål, 2"	164	115	Nej	nej
13T601RU	Lokalt	Grundvattenrör, stål, 2"	95	125	Nej	nej
13T604RU	Järva 4	Grundvattenrör, stål, 2"	209	144	Nej	nej
13T605RU	Järva 4	Grundvattenrör, stål, 2"	172	85	Nej	nej
13T636RU	Järva 4	Grundvattenrör, stål, 2"	162	66	Nej	nej
13T644RU	Järva 4	Grundvattenrör, stål, 2"	140	29	Nej	nej
15T613K	-	Kärnborrhål, 76 mm	114	111	Nej	nej
15T610RU	Lokalt	Grundvattenrör, stål, 1"	33	145	Ja (~-4 cm)	nej
08F609RU	Järva 5:1	Grundvattenrör, stål, 1"	141	61	Nej	Ja (~-2 cm)

Någon påverkan i grundvattenmagasin Järva 4 gick ej att identifiera under pumpningsförfarandet. Detta beror antingen på att mängden grundvatten som står i kontakt med dessa sprickzoner är mycket begränsad eller att tillförseln av grundvatten begränsas. Sådan begränsning av tillförseln kan uppkomma genom att jorden är mycket tät i de jordakviferer som sprickorna eventuellt står i hydraulisk kontakt med (låg hydraulisk konduktivitet) och/eller att sprickorna innehåller mycket finmaterial som under nuvarande förhållanden kraftigt begränsar grundvattenflödet i sprickorna.

Utförda propumpningar visar på att aktuella kärnborrhål står i begränsad eller ingen hydraulisk kontakt med Järva 4 samt att de sprickzoner kärnborrhålet skär har liten kapacitet. Propumpningen och fullständig redovisning av erhållna resultat redovisas i Bilaga 12.

3.3.7.2 Propumpning i hammarborrhål 15T615H

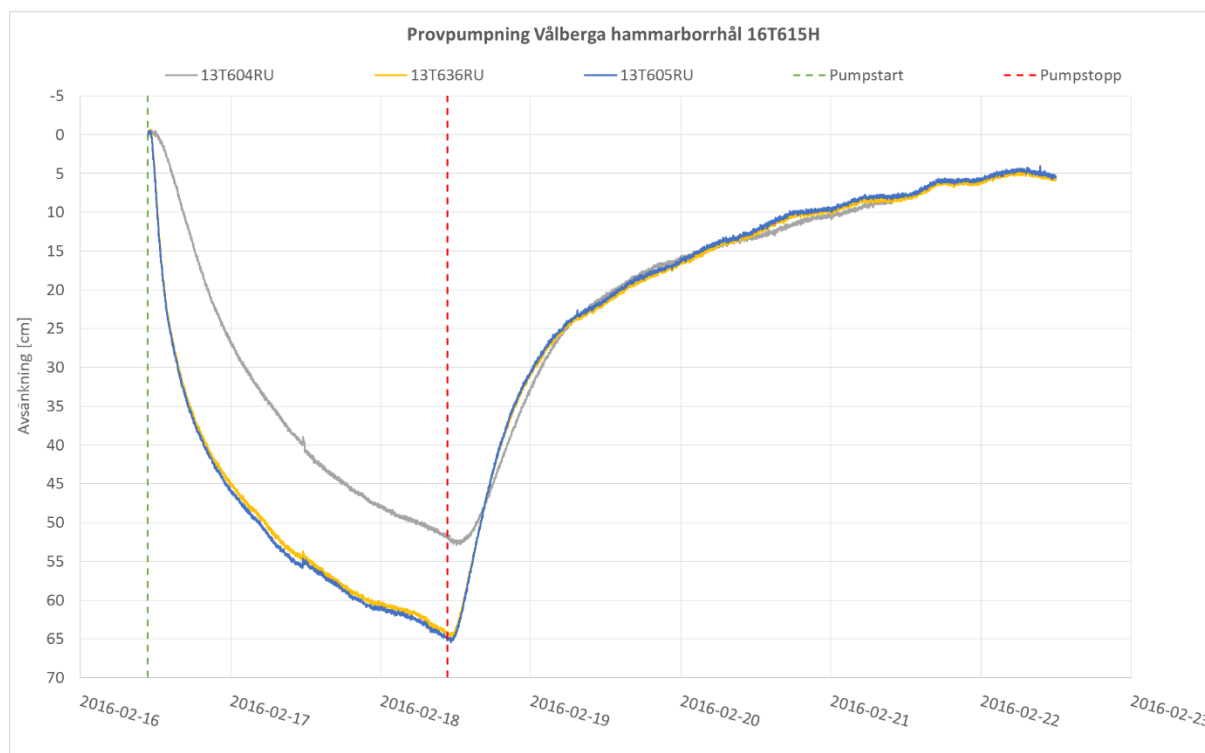
Propumpningen i borrhål 16T615H utfördes med syftet att undersöka om identifierad sprickzon i svackan vid ca. km 25/880 – 26/050 står i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasin Järva 4 i jord. Pumpbrunnen borrades i berg och har genom filmning konstaterats skära identifierad sprickzon som löper under grundvattenmagasin Järva 4. Borrningen utfördes på platsen för planerat bergschakt med en borrhåls längd om 57 meter (ca 31 meter under markytan i vertikalled).

Propumpningen inleddes med ett initialt flöde om 36 l/min vilket resulterade i en avsänkning till ca 22 meter under markytan, strax över pumpens installationsnivå (25 m under markytan). Flödet justerades ner i steg till ett flöde om ca 17 l/min i slutet av propumpningen. Totalt pågick pumpningen i 36 timmar.

Grundvattennivåmätningar utfördes i åtta grundvattenrör och i en filterbrunn, vilka samtliga är installerade i angränsande grundvattenmagasin Järva 4 och Järva 5:1. Grundvattennivåmätningar utfördes även i ett närbeläget kärnborrhål, 15T614K.

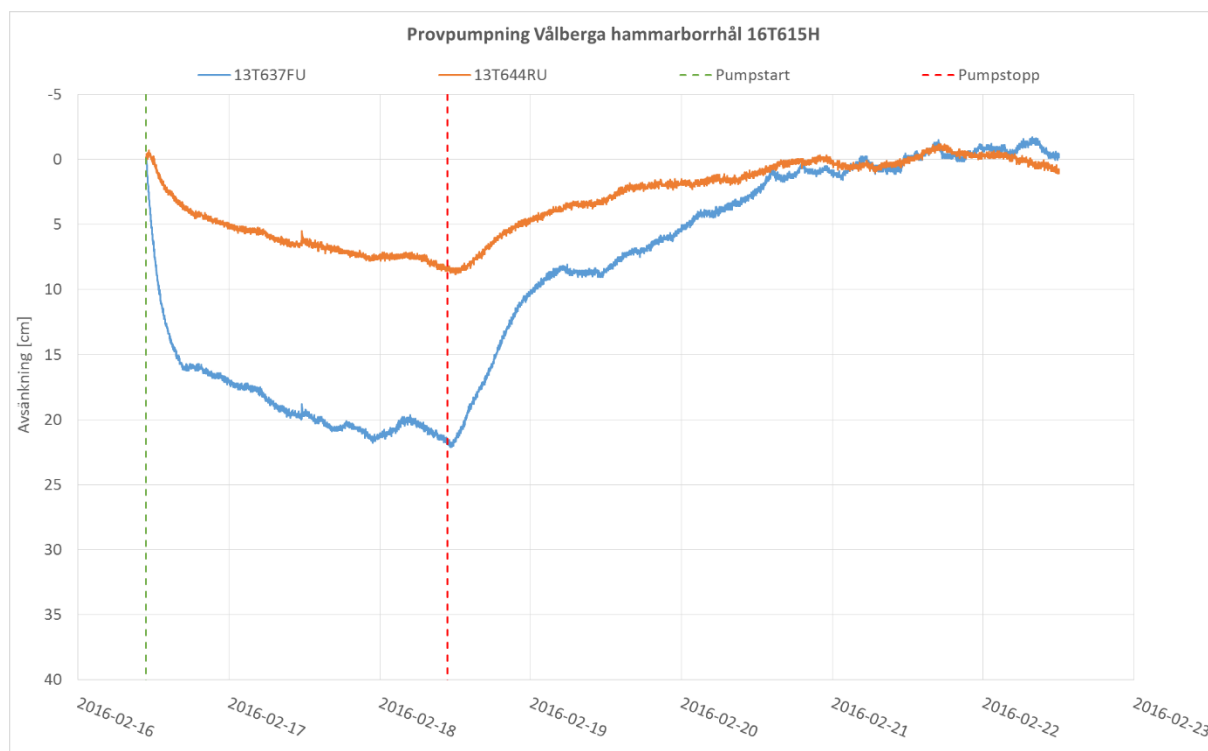
I grundvattenrören 13T605RU och 13T636RU (se Figur 3.6 för grundvattenrörens läge), som ligger i magasin Järva 4 mellan bostadsområdet Vålberga och den planerade framtida sträckningen av E4,

sänktes grundvattnet med ca 65 cm under propumpningen. I rör 13T604RU sänktes vattennivån med ca 50 cm. En stabil nivå i rören hade inte uppnåtts vid propumpningens slut. Se Figur 3.8.



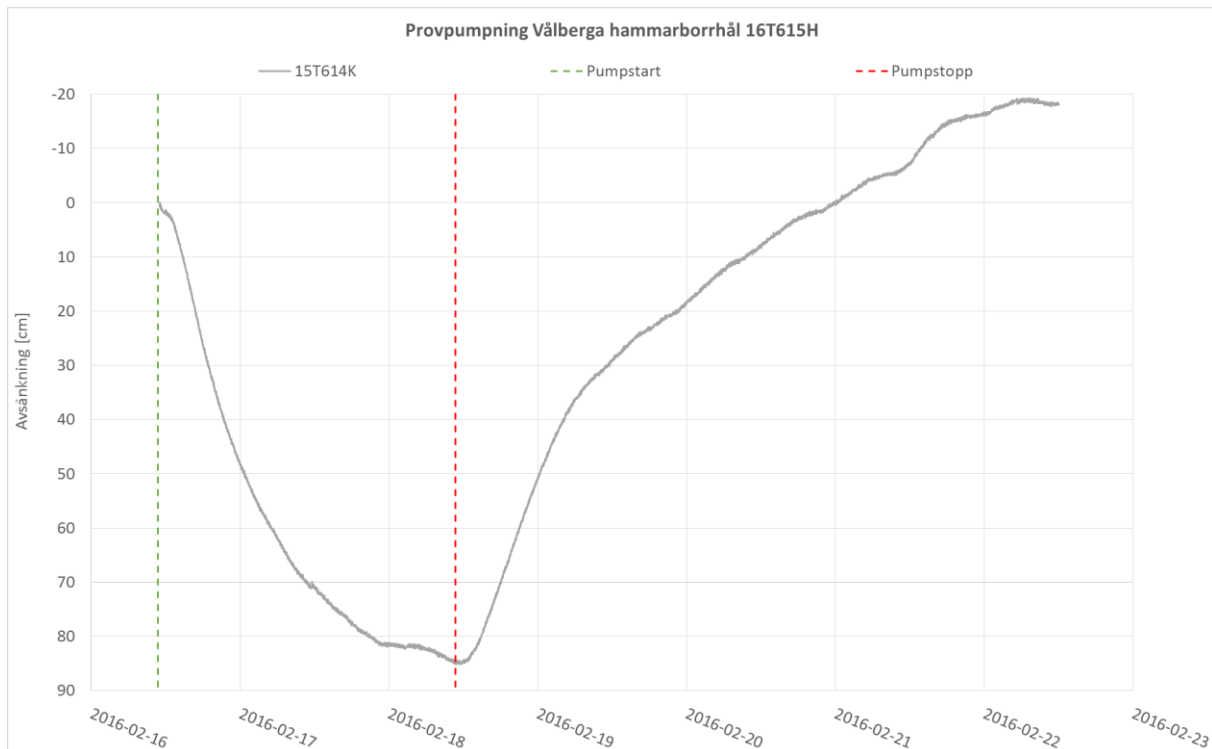
Figur 3.8. Grundvattennivåer registrerade i grundvattenrör i magasin Järva 4.

I grundvattenrören 13T637 FU och 13T644RU, som ligger i magasin Järva 5:1 nära den planerade framtida sträckningen av E4, sänktes grundvattnet med ca 5 cm (13T644RU) respektive ca 20 cm (13T637FU) under propumpningen. En stabil nivå hade inte uppnåtts vid propumpningens slut. Se Figur 3.9.



Figur 3.9. Grundvattennivåer registrerade i grundvattenrör och pumpbrunn i direkt anslutning till kommande schakt.

I kärnborrhålet 15T614K sänktes vattennivån med ca 85 cm. En stabil nivå hade inte uppnåtts vid provpumpningens slut. Se Figur 3.10.



Figur 3.10. Grundvattennivåer registrerade i kärnborrhål 15T614K.

Nivåmätningar som utfördes i grundvattenrör 08F597RU som även det uppvisade en respons på provpumpningen, dock inte lika tydlig då nivån i detta grundvattenrör uppvisade en avtagande trend även innan pumpstart. Avsänkningen tilltog dock i samband med pumpstart.

Det kan noteras att avståndet till pumpbrunnen/hammarborrhålet (16T615H) inte är styrande för storleken på responsen utan snarare avståndet till den vattenförande sprickzon som pumpbrunnen står i kontakt med. Provpumpningen och erhållna resultat redovisas i Bilaga 13.

3.3.7.3 Provpumpning i filterbrunn i jord 16T613FU

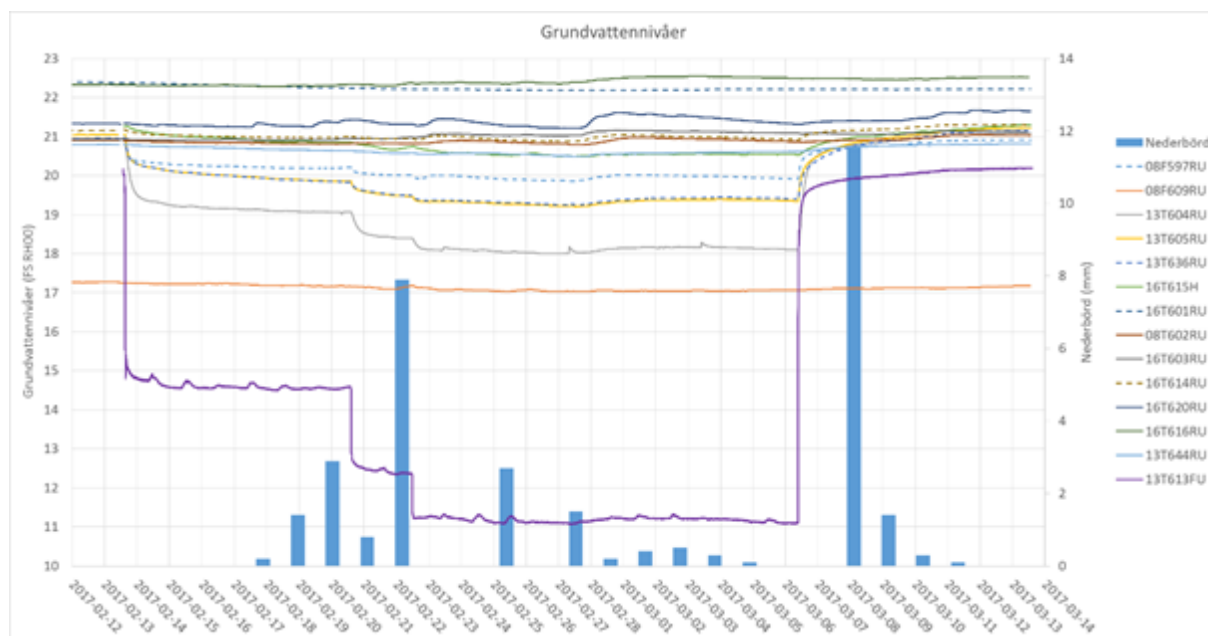
Provpumpningen i pumpbrunn 16T613FU utfördes med syftet att fastställa grundvattenmagasinets (Järva 4) hydrauliska egenskaper och utarbeta ett bedömt påverkansområde utifrån påverkan från kommande bergsschakter för mellan Lunda och Vålberga.

Provpumpningen pågick under 21 dagar och återhämtningen registrerades därefter i ytterligare 7 dagar. Under provpumpningen förekom nederbörd vilket kom att påverka resultatet. Samtliga grundvattenrör i grundvattenmagasin Järva 4, närliggande grundvattenrör i Järva 5:1 samt ett grundvattenrör i det intilliggande magasinet i nordväst övervakades under hela perioden, vilka redovisas i Tabell 3.7. och i Figur 3.11 nedan. Se figur 3.6 för grundvattenrörens läge.

Samtliga grundvattenrör förutom 16T601RU, 16T603RU och 16T616RU uppvisar en tydlig respons från provpumpningen. Grundvattenrör 16T601RU har konstaterats sakna tillräcklig kontakt med omgivande akvifer för att reagera på de snabba grundvattennivåförändringa som sker vid en pumpning.

Tabell 3.7. Sammanställning, grundvattenrör i vilka mätning skett under provpumpningen

Beteckning	Gv-magasin	Typ	Avstånd till pumpbrunn (m)	Respons på provpumpning	Transient utvärdering
08F597RU	Järva 4	Grundvattenrör	59	Ja	Nej
08F609RU	Järva 4	Grundvattenrör	213	Ja	Nej
08T602RU	Järva 4	Grundvattenrör	184	Ja	Nej
13T604RU	Järva 4	Grundvattenrör	17	Ja	Ja
13T605RU	Järva 4	Grundvattenrör	78	Ja	Nej
13T636RU	Järva 4	Grundvattenrör	97	Ja	Nej
13T644RU	Järva 4	Grundvattenrör	144	Ja	Nej
16T601RU	Järva 4	Grundvattenrör	277	Nej	Nej
16T603RU	-	Grundvattenrör	697	Nej	Nej
16T614RU	Järva 4	Grundvattenrör	111	Ja	Nej
16T620RU	Järva 4	Grundvattenrör	170	Ja	Nej
16T616RU	Järva 4	Grundvattenrör	360	Nej	Nej
16T615H	Järva 4	Hammarborrhål	162	Ja	Nej
16T613FU	Järva 4	Pumpbrunn	0	Ja	Nej



Figur 3.11. Grundvattennivåer registrerade under provpumpningen i 16T613FU.

En transient utvärderingen har utförts med hjälp av mjukvaran AQTESOLV för att bestämma akviferens hydrauliska parametrar. Utvärderingen av provpumpningen gjordes i observationsröret 13T604RU som är det grundvattenröret som är placerad närmast pumpbrunnen. Pumpbrunnen utvärderades inte då den påverkats kraftigt vid uppbyggnaden av formationsfiltret vilket leder till att

brunnen skinfaktor blir svårbedömd då filtret jetspolats och jetspolningen tränger ett antal meter in i akviferen.

Den initiala bedömningen av akviferen ledde till att pumpningen startades med relativt lågt flöde då det ansågs föreligga risk för att ett flertal negativa hydrauliska gränser skulle nås. Under provpumpningen observerades inga tydliga negativa hydrauliska gränser varpå flödet justerades upp efterhand. Flödet justerades upp två gånger för att orsaka maximal störning i akviferen och därmed uppnå ett maximalt influensområde. Kontrollerade flödesförändringar utgör inget hinder i utvärderingen då Aqtesolv kan ta hänsyn till att flödesparametern förändras om tiden för flödesändringen är känd.

I Tabell 4.3 nedan finns information om pumpbrunnen och de parametrar som ingick i utvärderingen samt resultaten från bestämningen av akviferens hydrauliska konduktivitet och transmissivitet. Resultaten från utvärderingen visar till en början på en pseudosfärisk flödesregim vilket tyder på ett inläckage till akviferen.

Tabell 3.8 Sammanställning, utvärderingsresultat

Mätpunkt	Avstånd till pumpbrunn (m)	Hydraulisk Transmissivitet, T (m ² /s)	Hydraulisk konduktivitet, K (m/s)	Mäktighet (m)	Magasins-koefficient, S	Typkurve-modell	Magasinstyp	Läckage r/B
13T604RU	16,52	2,2x10 ⁻⁵	6,3 x10 ⁻⁶	3,5	7,1x10 ⁻⁴	Hantush-Jacob	Morän (läckande)	0,36

Grundvattennivåmätningarna visar, när de jämförs med nederbördsdata, att magasin Järva 4 reagerar snabbt vid nederbörd. Detta beror troligen på att friktionsjorden som utgör det undre magasinet har god kontakt med det övre grundvattenmagasinet längs randzonen mot de omgivande höglänta delarna i landskapet.

Bedömningen utifrån utförd utvärdering är att magasin Järva 4 har en relativt hög hydraulisk konduktivitet för att vara en siltig morän som jordartsbedömningen visar och ligger snarare inom normalvärden för en sandig morän (Fagerström och Wiesel, 1972). Konduktiviteten är fortfarande relativt låg jämfört med en mer sorterad jordart.

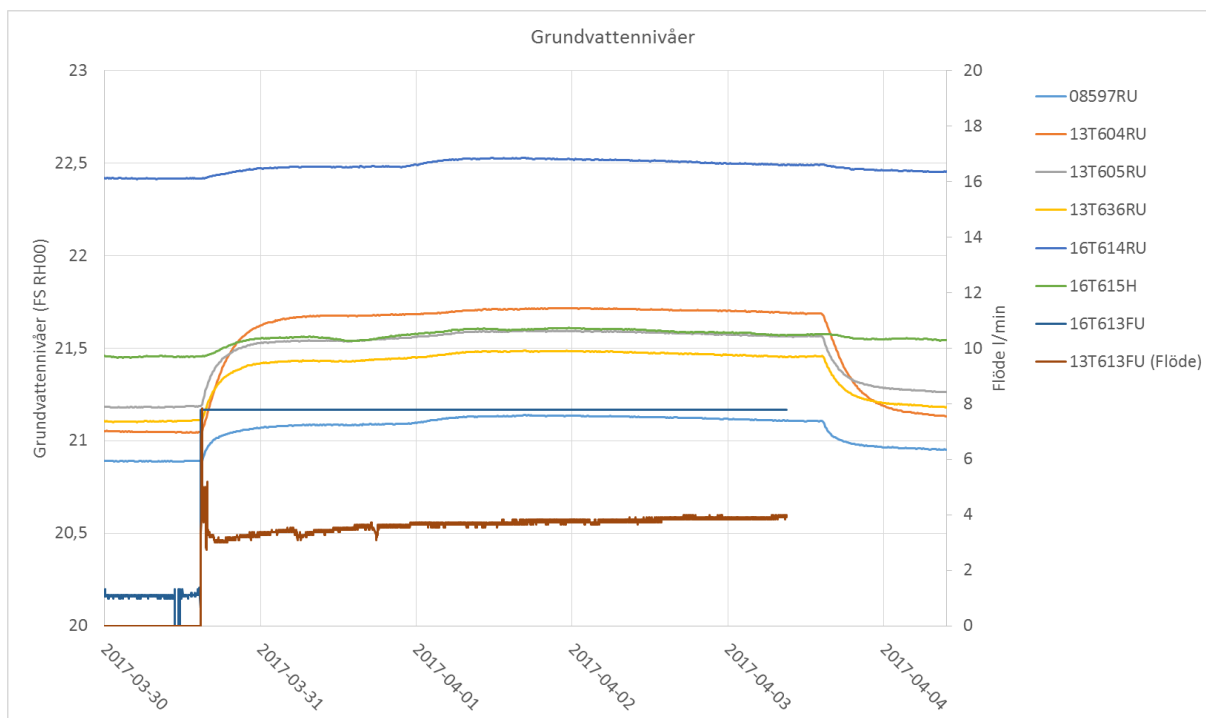
Grundvattenmagasinet i jord står i god kontakt med omgivande berg vilket både visas genom en snabb påverkan i hammarborrhålet 16T615H i berg samt att grundvattenmagasinets respons från provpumpningen, med en snabb avsänkning för att därefter snabbt ställa in sig på en stabil nivå, visar på en läckande akvifer. Den läckande akviferen tolkas som att det finns god kontakt med berget och att bergets hydrauliska konduktivitet och lagringskapacitet troligen är högre jämfört med akviferen i jord.

Överslagsberäkningar på volymen tillgängligt vatten i jordmagasinet visar att en betydande del av magasinet skulle ha tömts under provpumpningen med de flöden som pumpades upp ur magasinet, detta var dock inte fallet. Bergets magasinande förmåga bedöms därför vara betydligt större jämfört med grundvattenmagasinet i jord vilket även den snabba återhämtningen efter provpumpningen visar då normala grundvattennivåer infann sig efter endast ett dygn.

Det bedömda påverkansområdet från provpumpningen sträcker sig från Bergslagsvägen i sydöst och täcker i princip in hela radhusområdet i Vålberga. Provpumpningens utförande och erhållna resultat redovisas mer utförligt i Bilaga 14.

3.3.8 Infiltrationstest

Ett infiltrationstest har utförts i filterbrunn 16T613FU i form av ett "constant head test" där flödet reglerades så att en konstant trycknivåökning uppnåddes. Trycknivån kunde styras med en noggrannhet på 1 centimeter. Infiltrationstestet pågick under fem dagar och under testperioden registrerades trycknivåförändringar i sex grundvattenrör samt i pumpbrunnen. Samtliga rör som övervakades under testperioden uppvisar en tydlig respons på en trycknivåökning av ca 1 meter i filterbrunn 13T613FU, se Figur 3.12.



Figur 3.12. Grundvattennivåer och flöde registrerade inför, under och efter genomförandet av infiltrationstestet i 16T613FU.

Vid infiltrationstestet var det möjligt att infiltrera 4 l/min vid en trycknivåökning om ca 1 meter vattenpelare. Utvärderingen av infiltrationstestet visar på en hydraulisk konduktivitet i filterbrunnen på $1,56 \times 10^{-5}$ m/s. I Tabell 3.9 redovisas vad som bedöms vara teoretiskt möjligt att infiltrera vid ytterligare fyra trycknivåökningar, vilket kan uppnås om infiltrationsbrunnen utformas så att visst övertryck kan ansättas under drift.

Tabell 3.9 Utvärdering av infiltrationstest med uppmätt flöde och skattat flöde vid ytterligare trycknivåökning.

Transmissivitet, T_M (m ² /s)	Hydraulisk Konduktivitet, K_M (m/s)	Trycknivåökning (Meter vattenpelare), s_p	Q (l/min)	C_M
$4,68 \times 10^{-5}$	$1,56 \times 10^{-5}$	0,97 ⁱ	4,0 ⁱ	0,681
		2	8,2	
		3	12,4	
		4	16,5	
		5	20,6	

ⁱ Uppmätt värde, övriga värden i tabellen är beräknade utifrån uppmätta värden.

3.3.9 Vattenbalansberäkning

Med hänsyn till den stora osäkerheten gällande magasinparametrarna så redovisas ingen vattenbalansberäkning för Vålberga då det bedöms mer tillförlitligt att basera en känslighetsanalys för magasinet på resultaten från utförda hydrauliska tester som utförts i jord- och bergakviferer, i och omkring Vålberga.

Vid utförd provpumpning i filterbrunn 16T613FU, installerad i undre akvifer i jord, konstaterades mycket god kontakt med akviferen i underliggande berg. Provpumpningen resulterade i bedömningen att grundvattenmagasin Järva 4 utgör en läckande akvifer och att berget bedöms ha en hög och mycket svårbestämd magasinskapacitet, vilket i stor utsträckning påverkat resultaten vid utförd provpumpning och infiltrationstest.

3.3.10 Avsänkingsanalys och tättningsstrategi för berg

En fördjupad analys av förutsättningarna för att täta berg har utförts med syfte att klargöra om det är möjligt att uppnå den täthetsgrad som bedöms krävas för att klara gällande krav för grundvattenrelaterad omgivningspåverkan för Järva 4.

Till grund för analysen ligger resultaten från utförda sprickkarteringar, borrhålsfilmningar och vattenförlustmätningar samt en provpumpning utförd i borrhål i berg. Analytiska beräkningsmetoder har använts för att, utifrån tillgänglig information om berg och dess hydrauliska parametrar, beräkna inläckagemängder till kommande tunnlar och schakt i berg. Utifrån föreliggande data bedöms tillräcklig tätning av berget vara möjlig men att de tekniska åtgärderna som krävs bedöms bli mycket omfattande.

En detaljerad beskrivning av utförd analys, bedömt tättningsbehov och förslag till möjlig tättningsmetod beskrivs mer detaljerat i Bilaga 15.

4 Hydrogeologisk bedömning

Grundvattenmagasin Järva 4 är i hydrogeologisk mening ett slutet magasin i friktionsjord, överlagrat av lera. Det kan dock konstateras att magasinet, med tanke på sin tydliga kontakt med underliggande akvifer i berg, bör betraktas som en läckande akvifer.

Grundvattennivåmätningarna som har utförts inom magasin Järva 4 uppvisar små variationer av grundvattennivåerna. Resultaten visar också på en tydlig grundvattengradient mellan magasinet Järva 4 och Järva 5:1 strax öster om Bergslagsvägen med en nivåskillnad i storleksordningen 10 meter på en sträcka av ca 200 meter.

Det högt belägna grundvattenmagasinet och dess form kan enklast beskrivas som en krater eller balja omgiven av höga bergnivåer och bedöms därmed ha mycket begränsad kontakt med omgivande grundvattenmagasin i jord.

Sonderingsborrningar och topografiskt kartunderlag visar på att svackan i den nordvästra delen av Järva 4 avgränsas av en tvärgående bergtröskel med mycket ytnära bergnivåer, vilket föranleder bedömningen att det inte sker någon utströmning denna väg.

Järfälla kommuns kartunderlag för VA-ledningarna i Vålberga visar att vattengångsnivåerna för spill- och dagvattenledningarna sammanfaller med rådande grundvattennivåer i Järva 4. De geotekniska sonderingar som utförts och i kombination med resultat från utförda hydrauliska tester indikerar att den primära utströmningen från grundvattenmagasinet i jord sker via den nordöstligt orienterade svacka som leder från den norra delen av Vålberga och ner mot Bällstaåns dalgång. De hydrogeologiska huvuddragen framgår av Figur 4.1.



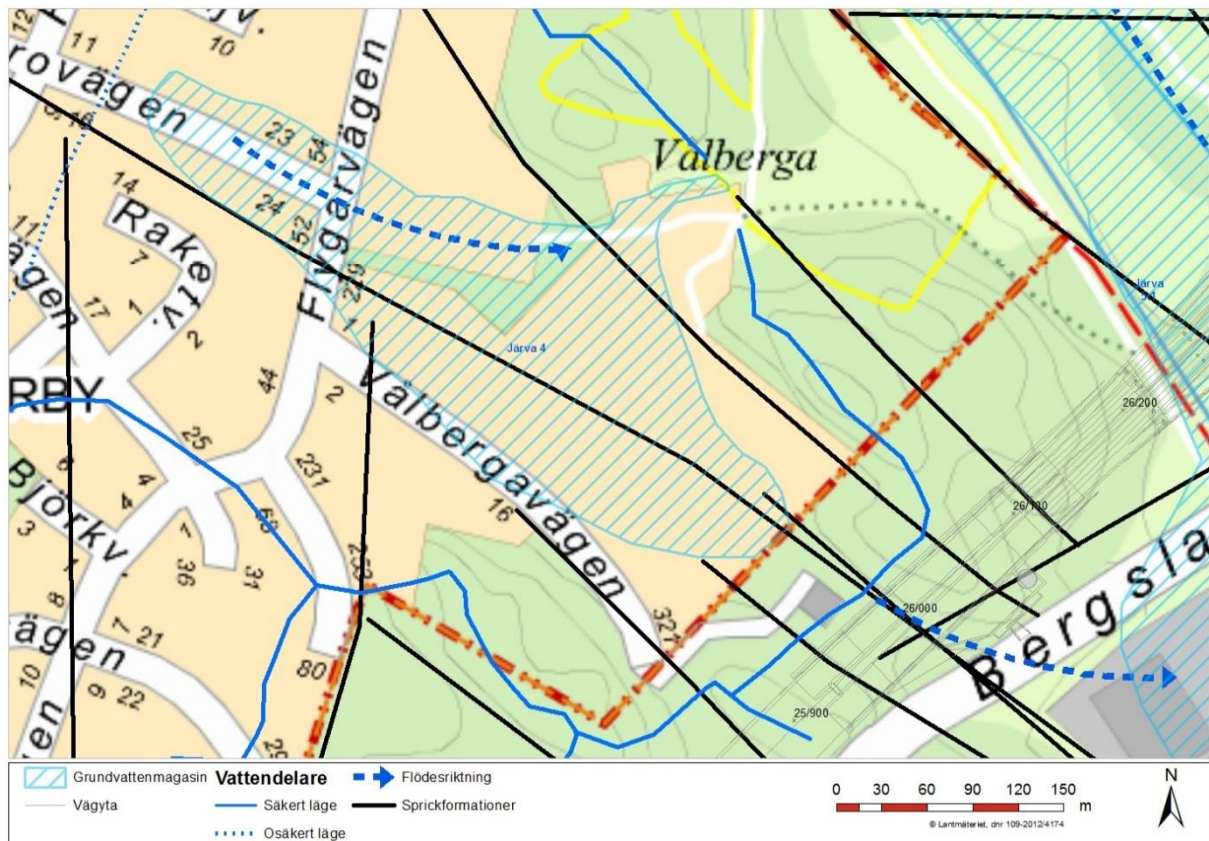
Figur 4.1. Hydrogeologiska huvuddrag vid Vålberga.

Sydöst om området, mellan km 25/780 och 26/050, kommer Förbifart Stockholm att skära två svackor som löper från Vålberga ner mot Bergslagsvägen. Planerad bergtunnel samt jord- och bergschakt har konstaterats komma att skära flera sprickzoner som går igenom de båda svackorna och delvis under grundvattenmagasinet Järva 4. Vid installation av filterbrunn (13T637FU) i kommande läge för jord- och bergschakt, se Figur 3.7, uppvisade friktionsjorden i det undre magasinet mycket låg konduktivitet. Brunnens kapacitet bedömdes till mindre än 1 l/min.

Utförda undersökningar i berg har dock visat på stor variation av transmissiviteten med enstaka mycket vattenförande sprickzoner. Provpumpningar i kärnborrhålen 15T612K och 15T614K visade liten påverkan på grundvattennivån i de närmast belägna grundvattenrören vid utförda propumpningar. Järva 4 har dock uppvisat mycket god kontakt med den sprickzon som skär kommande schakt och som löper igenom hela Vålberga, se Figur 4.2.

Sprickzonen har konstaterats vara mycket vattenförande och dess utbredning har verifierats genom borrhälsanalyser, vattenförlustmätningar och genom propumpningsresultat. I hammarborrhål 16T615H, som skär den vattenförande sprickzonen i den norra svackan, utfördes en propumpning under två dygn vilket resulterade i tydliga nivåförändringar i grundvattenrören i magasin Järva 4 och i närliggande kärnborrhål.

Resistivitetsmätningarna visar att det i höjd med den norra långsidan av jord-/bergschaktet mellan Vålberga och Lunda finns en antydning till bergröskel (stalp). Röskeln och geologin vid denna passage, som utgörs av ett tunt siltigt moränlager överlagrat av lera, bedöms bidra till att hindra grundvattnet från att strömma i riktning mot Bergslagsvägen. Denna bedömning bekräftas av resultaten från propumpning. Mätningarna av grundvattennivåer i magasin Järva 5:1 och i magasin Järva 4 som utfördes i samband med propumpningen tyder på att magasinerna har begränsad hydraulisk kontakt med varandra.



Figur 4.2. Orienterande hydrogeologisk karta över Förbifart Stockholm vid Vålberga.

Utifrån undersökningarna bedöms det att den vattenförande sprickzonen i den norra svackan har en betydligt högre hydraulisk konduktivitet än omgivande bergvolym. Undersökningsresultaten visar också att sprickzonen i den norra svackan och därmed det planerade bergschaktet står i hydraulisk kontakt med akviferen Järva 4. Det bedöms att grundvattennivåerna i magasinet kommer att påverkas tydligt om inte skyddsåtgärder genom tätning utförs i sprickzonen. Det bedömda påverkansområdet sträcker sig från Bergslagsvägen i sydöst och täcker stora delar av radhusområdet i Vålberga, vilket illustreras i Figur 4.3.



Figur 4.3. Bedömt påverkansområde från utförd provpumpning i 16T613FU.

Utförda sonderingar i området visar på mycket varierande mäktigheter av friktionsjord i Järva 4, i enstaka fall upp till ca. 10 m och ett överliggande lerskikt på 2-7 m. Rådande jordartsgeologi medför risk för sättningar i leran om grundvattentrycket sänks i den undre akviferen.

Trycksänkningar i grundvattenmagasinet i berg till följd av inläckage i bergtunnlar och jord- och bergschakt kan potentiellt leda till grundvattensänkningar i Järva 4. Detta kan få till effekt att sättningsrörelser i jord och på bebyggelse med sättningsskänslig grundläggning uppkommer, då området i stora delar bedöms vara sättningsskänsligt.

Grundvattenmagasinet i jord står i god kontakt med omgivande berg vilket både visas genom en snabb påverkan på jordakviferen vid provpumpning i hammarborrhålet 16T615H i berg samt att grundvattenmagasinet respons från provpumpningen, med en snabb avsänkning för att därefter snabbt ställa in sig på en stabil nivå, visar på en läckande akvifer. Den läckande akviferen tolkas som att det finns god kontakt med berget och att bergets hydrauliska konduktivitet och lagringskapacitet troligen är högre jämfört med akviferen i jord.

Utförd provpumpning i filterbrunn 16T613FU visar att grundvattenmagasin Järva 4 har en relativt hög hydraulisk konduktivitet ($6,3 \times 10^{-6}$ m/s) för att vara en siltig morän som jordartsanalyserna visar och att konduktiviteten snarare ligger inom normalvärden för en sandig morän.

Utifrån resultaten från provpumpningen i 16T613FU bedöms det vara nödvändigt att utöka befintligt bedömt påverkansområde för kommande entreprenadarbeten för Förbifart Stockholm enligt illustration i Figur 4.4.



Figur 4.4. Utökat påverkansområde.

Infiltrationstest visar att det finns goda förutsättningar för att filterbrunn 16T613FU ska kunna fungera som en infiltrationsbrunn eftersom den har en god kontakt med övriga delar av grundvattenmagasinet och möjligt infiltrationsflöde bedöms tillräckligt.

5 Förslag på skyddsåtgärder

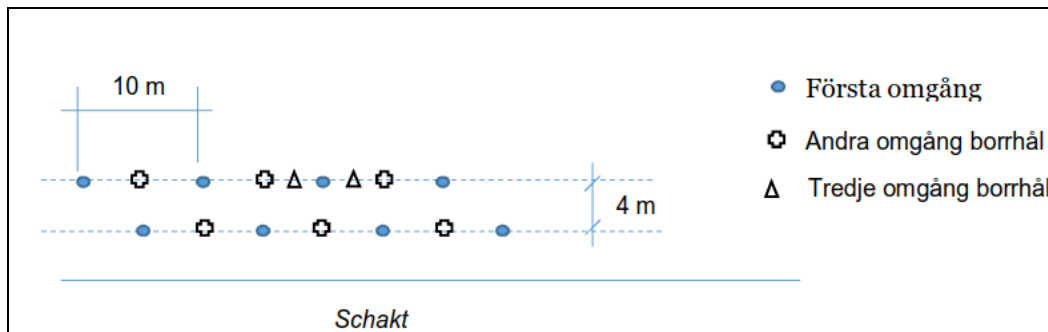
5.1 Tätning av jord

Jordschakt utförs inom spont för hydraulisk avskärmning om risk föreligger för uppkomst av grundvattennivåsänkning i omgivningen. En konstruktion med stålspont utförs som bakåtförankrad tätspont eller med stämp mellan spontväggar. De enskilda spontplankorna slås genom jordlagren ner till stopp. För tätning av spontfot, dvs. från spontens underkant till berg, utförs jetinjektering med cement, som s.k. jetpelare. Stabilisering av spontfot vid berg görs med ståldubbar som gjuts fast.

5.2 Tätning av berg

För att säkerställa att maximal tätningseffekt uppnås föreslås att injekteringen av berg utförs enligt principen för ett så kallat split spacing-förfarande, vilket innebär att injekteringsborrhålen borras längs två rader i ett zick-zack-mönster. Då tätningsinsatsen bedöms som omfattande bör observationer av utförandet göras i flera etapper under injekteringsarbetet. För att säkerställa att något av de förväntade sprickplanen har den tolkade riktningen samt är vattenförande bör vissa av borrhålen kärnborras och undersökas genom sektionsvisa vattenförlustmätningar.

Efter första delmomentet borras nya mellanliggande borrhål enligt samma princip men med en förskjutning så att maximal täckning uppnås. Vissa av borrhålen bör borras genom kärnborring och sektionsvisa vattenförlustmätningar ska utföras så att analys av tätningsresultaten kan utföras. Om mellanliggande borrhål har samma eller större vattenförlust som första omgångens borrhål skall en tredje omgång borras, mätas och injekteras. Detta för att kontrollera tätningseffekten av den andra omgångens injektering.



Figur 5.1. Schematisk bild över "split-spacing"-förfarande vid stegvis injekteringsinsats.

Sektionsvisa tester ämnar bedöma att tätningen är tillfyllest i de sektioner av borrhålen där injekteringen syftar att täta. Det kommer finnas sektioner där cementbruk inte kan tränga in sprickan och kan motsvara en stor andel av det totala flödet om dessa sprickor är många till antalet. Med sektionsvisa vattenförlustmätningar i 3m-sektioner samt en förenklad kartering av en borrhärna (bedömt öppna sprickor i sektionerna samt orienteringen på sprickplanen) kan en transmissivitetsfördelning upprättas samt tillhörande sprickviddsfördelning. Från fördelningen görs en bedömning av vilka sprickor som cementbruk kan täta samt om det är nödvändigt att använda något annat injekteringsmedel som kan tränga in i mindre sprickor.

5.3 Skyddsinfiltration

För att upprätthålla grundvattennivåerna i området bedöms det vara nödvändigt att utföra skyddsåtgärder i form av infiltration av vatten i jord- och/eller bergakvifer.

För att minska omgivningspåverkan kommer tillförsel av vatten att göras till grundvattenmagasin i jord och eventuellt även i berg, så kallad skyddsinfiltration, i anslutning till bergtunnlar och jord- och bergschakter. Infiltration görs i syfte att upprätthålla grundvattennivåer i jord i områden med identifierad sättningsproblematik.

Utfört infiltrationstest i filterbrunn 16T613FU (i Vålberga, se Figur 4.3) visar på begränsad kapacitet om ca 4 l/min vid en tryckökning på 1 meter vattenpelare (0,1 bar). Vid analys av testresultaten bedöms det möjligt att infiltrera upp till 20 l/min vid en trycksättning motsvarande 0,5 bar, vilket kommer möjliggöras genom installation av en permanent infiltrationsanläggning.

6 Förslag på kontrollprogram

Ett övergripande kontrollprogram är upprättat för att kontrollera den omgivningspåverkan som kan relateras till vattenverksamheten längs Förbifart Stockholm. Detta kontrollprogram inleddes 2008 och har i senare skede utökats i samråd med tillsynsmyndighet och andra berörda, vilket även kommer att ske gällande utökningen vid Vålberga. Det övergripande kontrollprogrammets primära syfte är att kontrollera att de villkor som meddelas i domen uppfylls. Föreslagna nivåvillkor invid temporära schakt och vissa permanenta betongkonstruktioner knyts till larm och åtgärdsnivåer för enskilda rör i kontrollprogrammet.

För sträckan gäller i tillämpliga delar att utföra/kontrollera följande:

- Pejling av grundvattennivå, bygg- och driftskede
- Mätning av vattennivåer i vatten- och energibrunnar
- Sättningskontroll markpeglar och dubb, bygg- och driftskede
- Provtagning vattenkvalitet, bygg- och driftskede
- Mätning av mängd inläckande vatten till bergtunnlar
- Mätning av mängd inläckande vatten till schakt, byggskede

Vid utökning av kontrollprogrammet ska även tillkommande delar omfattas av gällande beskrivning av utförande och mätintervall, utvärderingsmetod med redovisade larm och åtgärdsnivåer, datahantering och redovisningsrutiner. Trafikverkets databas TMO ligger till grund för hanteringen av inrapporterad mätdata, kvalitetssäkring av data och redovisning av resultat och rapportsammanställning.

Efter att mätning utförts utvärderas mätvärdet mot upprättade larm/åtgärdsnivåer. Syften med dessa är att tidigt fånga upp förändringar och möjliggöra lämpliga åtgärder. Två larmnivåer tas fram för respektive mätpunkt, den första för att tidigt uppmärksamma en trend och den andra för att sätta in åtgärder.

Exempel på ett åtgärdsprogram är nedanstående åtgärdskedja för en mätning som passerat larmnivå. En kontrollmätning görs i det eller de grundvattenrör där nivån underskridits samt i närliggande observationsrör. Vid behov görs upprepade mätningar. Om kontrollmätningen visar på att avvikelser kvarstår ska orsaken utredas. Utredningen ska visa på om avvikelserna är naturligt orsakade av rådande grundvattenförhållanden eller om de är orsakade av arbetet med tunneln, eller om annan verksamhet påverkar grundvattennivån. Konsekvensbedömning och förslag till eventuell åtgärd ska ingå i utredningen. Utredning med förslag lämnas till bygglösning och kontrollmyndighet.

Exempel på åtgärder vid överträdelse av den skarpa åtgärdsnivån 2 kan vara:

- Omedelbar kontakt med tillsynsmyndighet
- Pumpstopp vid planerad avsänkning intill spont eller uppstart av skyddsinfiltration under tiden orsaken utreds
- Ytterligare tätning, förändrad pumpning vid planerad avsänkning, andra skadeförebyggande åtgärder som t ex grundförstärkning
- Utöver det övergripande kontrollprogrammet kommer andra kontrollprogram att upprättas för byggandet av Förbifart Stockholm. Exempelvis kommer utförande och utfall av tätningsåtgärder vid schakt och tätning av bergtunnlarna att kontrolleras i olika program för egenkontroll och kontroll av entreprenörernas arbeten.

Miljörelaterade åtgärder och kontroller hanteras bl.a. också genom *Miljökrav för entreprenadens genomförande* (MEG) då bygghandlingar upprättas. Exempel på frågor som regleras i en MEG är hantering av processvatten och dränvatten, val av kemiska produkter, kontroll av schaktmassor avseende eventuella föroreningar, krav på arbetsfordon och restriktioner avseende buller och vibrationer, damning etc. Även återinfiltration kan tas upp. I förfrågningsunderlaget bifogas en MEG när entreprenören upphandlas och de krav på åtgärder och kontroll som föreskrivs är bindande för entreprenören.

7 Referenser

Rapport kärnkartering och vf-mätning Kärnborrhål 14T610K, dok nr. 5G140042.

Rapport kärnkartering och vf-mätning Kärnborrhål 13T604K, 13T605K, 13T606K, dok nr. 5G140041.

Rapport kärnkartering o vf-mätning Kärnborrhål 15T611K, 15T612K, 15T613K, 15T614K, dok. Nr. 5G140072

