

E4 Förbifart Stockholm

FS1

Konsortiet Förbifart Stockholm

PM Hydrogeologi

Tillståndsansökan Miljöbalken

SYSTEMHANDLING

2011-06-01

0G14H032

Granskare	Godkänd av	Ort	Datum
Joachim Onkenhout	Joachim Onkenhout	Stockholm	2011-06-01

Objektnamn	E4 Förbifart Stockholm
Entreprenadnummer	FS1
Entreprenadnamn	Konsortiet Förbifart Stockholm
Beskrivning 1	PM Hydrogeologi
Beskrivning 2	
Beskrivning 3	
Beskrivning 4	Tillståndsansökan Miljöbalken
Information	Godkänt av Trafikverket
Diarienummer	
Konstruktionsnummer	
Objektnummer	8448590
Projekteringssteg	SYSTEMHANDLING
Statusbenämning	
Företag	WSP
Författare/Konstruktör	Anders Berzell
Externnummer	2109002000

Innehåll

1	Inledning och dokumentets upplägg	4
2	Ordförklaring och begrepp	6
3	Förutsättningar och grundläggande begrepp	8
3.1	Grundvattenförekomst samt effekt och konsekvens av en grundvattenbortledning	8
3.2	Påverkansområdets utbredning kring en bergtunnel	11
3.3	Grundvattenströmning i berg	12
3.4	Tätning av bergtunnelanläggningar	14
3.5	Grundvattenpåverkan i samband med schakt	14
3.6	Definition påverkansområde och villkorsområde	15
4	Undersökningar och utredningsmetodik	15
4.1	Inventering och undersökningar	16
4.2	Pågående och ytterligare undersökningar inför byggstart	19
4.3	Metodik för bedömning av grundvattenpåverkan	19
4.4	Underlag för bedömning av påverkan	24
5	Grundvattenberoende objekt	25
5.1	Brunnar för uttag av vatten	25
5.2	Energibrunnar	26
5.3	Sättningsrelaterad påverkan	28
6	Beskrivning Vårby till och med Sättra	33
6.1	Geologiska och hydrogeologiska förhållanden	34
6.2	Bedömd omgivningspåverkan och förslag på skyddsåtgärder	42
7	Beskrivning Mälaröarna (Kungshatt och Lovö)	62
7.1	Geologiska och hydrogeologiska förhållanden	63
7.2	Bedömd omgivningspåverkan och förslag på skyddsåtgärder	72
8	Beskrivning Lambarfjärden – Hästa klack	96
8.1	Geologiska och hydrogeologiska förhållanden	97
8.2	Bedömd grundvattenpåverkan och förslag på skyddsåtgärder	107
9	Beskrivning Hästa klack – Häggvik	139
9.1	Geologiska och hydrogeologiska förhållanden	140
9.2	Bedömd omgivningspåverkan och förslag på skyddsåtgärder	147
10	Sammanställning av skyddsåtgärder längs Förbifart Stockholm	163
11	Sammanställning av underlag för yrkande och villkor	168
11.1	Underlag för yrkande och förslag till villkorsindelning	168
11.2	Förslag till villkor	170
12	Förslag på kontrollprogram	172
13	Referenser	174

Bilageförteckning:

- | | |
|-----------|--|
| Bilaga 1. | Hydrogeologi- kartbilaga oG14H035 |
| Bilaga 2. | Grundvattenberoende objekt- kartbilaga oG14H036 |
| Bilaga 3. | Inventerade brunnar inom påverkansområdet oG14H037 |
| Bilaga 4. | Inventerad grundläggning oG140031 |
| Bilaga 5. | Beräkningsbilaga oG14H017 |
| Bilaga 6. | PM Vattenkvalitet oG14H040 |

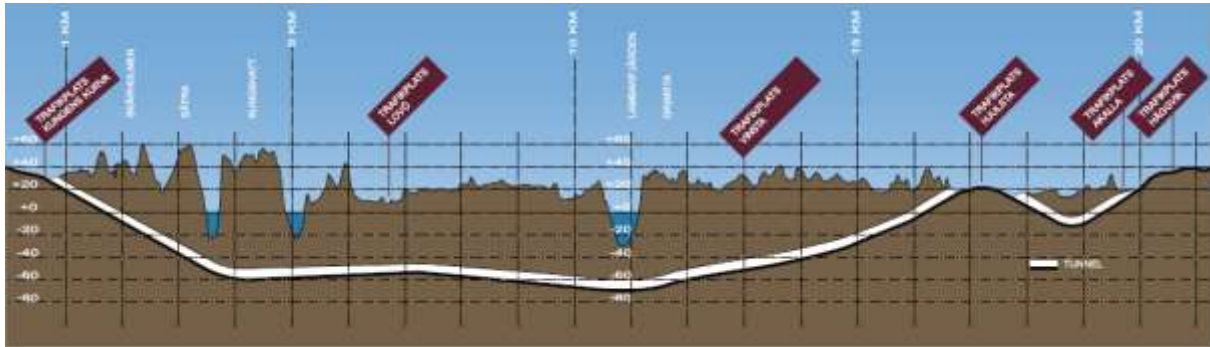
1 Inledning och dokumentets upplägg



Figur 1.1 Översiktsbild Förbifart Stockholms sträckning från Vårby till Häggvik

Förbifart Stockholm är ett stort byggprojekt på många sätt inte minst vad gäller geografisk utbredning och den långa sträcka som går i vägtunnel. Totalt omfattar projektet ca 25,5 km ny väg varav ca 18,5 km går i bergtunnlar. Den längsta huvudtunneln (här menas bergtunnel med två tunnelrör) mellan Skärholmen och Hjulsta trafikplats blir ca 16,5 km lång och den kortare tunneln (bergtunnel med två

tunnelrör under Järvafältet) blir 1,8 km lång. Till huvudtunneln tillkommer tunnlar för anslutande ramper till trafikplatserna vid Skärholmen, Lovö och Vinsta på sammanlagt ca 13,8 km längd.



Figur 1.2 Schematisk profil Förbifart Stockholm från Kungens kurva till Häggvik

Denna *PM Hydrogeologi* behandlar den vattenverksamhet som dessa bergtunnlar och anslutande konstruktioner under grundvattenytan kommer att medföra. En detaljerad redogörelse över vilka anläggningsdelar som medför vattenverksamhet redovisas i *Teknisk beskrivning, TB*. I denna *PM* redovisas vilka effekter planerad vattenverksamhet kommer att ge upphov till samt vilka objekt som kan tänkas komma att påverkas av dessa. Konsekvenserna sammanställs och redovisas i en miljökonsekvensbeskrivning, MKB, som biläggs ansökan.

Då Förbifart Stockholm går en så lång sträcka har *PM Hydrogeologi* disponerats med en inledande allmän del följt av områdesvisa redogörelser av förutsättningar och den grundvattenpåverkan som bedöms kunna uppstå inom varje område. Dessa avsnitt har samma disposition och redovisar samma typ av information och man kan välja att endast ta del av "sitt" område utan att missa något underlag eller fakta som presenteras i något annat delområdesavsnitt. Promemorian avslutas med några allmänna avsnitt som sammanfattar beräknat inläckage till bergtunnlarna samt presenterar förslag till villkor och kontrollprogram.

De första två bilagorna är kartbilagor. Bilaga 1 visar grundvattenförhållandena längs sträckan med geologiska kartan som grund. Kartorna i bilaga 2 redovisar utbredningen av bedömd sättningskänslig mark och grundvattenberoende objekt. Bilaga 3 och 4 redovisar resultatet av inventeringen avseende brunnar och husgrundläggning. Bilaga 5 är en beräkningsbilaga där underlaget för beräkning av berggrundens vattengenomsläpplighet redovisas tillsammans med beräkningar av vattenbalanser, inläckage och påverkansområdets utbredning. Bilaga 6 redovisar grundvattenkemi och en bedömning av hur grundvattenkemin kan påverkas av dränering till Förbifart Stockholms anläggningsdelar.

2 Ordförklaring och begrepp

Här förklaras en del hydrogeologiska och geologiska begrepp som används i promemorian. För tekniska begrepp som används i samband med tätning av bergtunnlar och schakt för betongkonstruktioner etc. hänvisas till Teknisk beskrivning, TB.

Begrepp	Förklaring
Grundvatten	Grundvatten är vatten (över atmosfärstryck) som helt fyller hålrum och sprickor både i jord och i berg. I jorden rör sig grundvattnet i hålrum mellan jordpartiklarna. Grundvatten i berg finns i sprickor och mellan sprickorna anses bergmassan vara tät.
Grundvattenbildning	Tillflöde av vatten till grundvattenzonen. Grundvatten bildas i inströmningsområden, där vatten strömmar från markvattenzonen till grundvattenzonen. I utströmningsområden sker ett omvänt flöde.
Grundvattendelare	En gräns för ett grundvattenmagasin. Det kan vara en bergtröskel under mark som delar av ett grundvattenmagasin i jordlagren eller topografiskt betingad, sk gravitationsvattendelare som gör att grundvattenströmningen riktas åt olika håll.
Grundvattenmagasin	En avgränsad del av ett vattengenomläppligt jordlager. Även berggrundens vattengenomläppliga spricksystem brukar kallas för ett (berg-) grundvattenmagasin.
Grundvattennivå, Artesiskt grundvatten	Grundvattennivå avser grundvattenytans läge i mark där jämvikt med atmosfärstryck råder och tryckpotentialen är = 0. Trycknivån kan avläsas i borrarade hål, grävda gropar eller likande. Artesiskt grundvatten har en trycknivån som ligger över markytans nivå och kan bilda källor där grundvatten flödar naturligt ur marken.
Grundvattenyta	Används här även liktydigt med grundvattnets trycknivå.
Hydraulisk konduktivitet	Ett mått på jordlagrets (berggrundens) förmåga att släppa igenom vatten. Ett grundvattenflöde genom ett visst tvärsnitt beror på konduktiviteten och strömningsgradienten (nivå/tryckskillnad) mellan två punkter.
Konsolidering	En volymminskning (komprimering) av (ler)jord på grund av belastning eller minskning av portrycket. När en lerjord belastas pressas vatten ut ur jorden (porvolymen minskar). Om trycknivån sänks i under- eller överliggande jordlager kommer lerjordens portryck att minska med en konsolidering som följd. En överkonsoliderad jord har tidigare varit utsatt för en större belastning eller grundvattentrycknivåsänkning än dagens förhållanden. En underkonsoliderad lerjord är utsatt för en belastning eller trycknivåsänkning men har ännu inte anpassats (konsoliderats) för rådande förhållanden.
Sättning, sättningsrörelse	Markytan sjunker på grund av att underliggande jordlager pressats samman (konsoliderats).
Sättningskänslig jord	Finjordar som ler- och siltjordar som konsolideras (trycks ihop) av pålagd last (byggnader, fyllning) eller av sänkning av grundvattnets trycknivå.

Torrskorpelera	Avvattnad, konsoliderad lerjord vid markytan som ofta är uppsprucken.
CRS-analys, CRS försök	Ett opåverkat (ostört) lerprov utsätts för tryck för att man ska kunna bedöma lerans hållfasthet och hur mycket lerjorden kompakteras vid en dränering av porvattenhalten.
Friktionsjord	Jord vars hållfasthet till övervägande del beror på friktion mellan kornen. Grus och sand är exempel på friktionsjord.
Fyllningsjord	Utfyllnadsmassor, jord som inte är bildats i naturliga processer på platsen.
Tunnelnivå	Anges som nivå för tunnelbotten.
Byggskede	Det skede under vilket byggnation pågår som förändrar bortledningen av grundvatten, t ex drivning av tunnel, borrhning för schakt, bergförstärkning, efterinjektering, mm.
Driftskede	Det skede som startar då anläggningen är så pass färdigbyggd att ingen större förändring av vattenverksamheten längre sker. För ansökan om grundvattenbortledning innebär det att tunneldelar är färdigutsprängda.
Injekteringsklass	Förinjektering som är kopplat till en skärmgeometri och ett injekteringsmedel.
Täthetsklass	Synonym för injekteringsklass men med syftning på att den injekterade bergzonen (skärmen) runt tunneln ska uppnå en viss täthet (vattengenomsläpplighet)
Påverkansområde	Avser det område i jord och berg som kan komma att påverkas av en grundvattenavsänkning under bygg- och driftsskedet.
Dränvatten	Vatten i marken som avleds genom dränering. I planerade tunnlar kommer dränvattnet att separeras från vägdagvatten. Består i tunnlar av inläckande grundvatten som avleds separat i dräneringsledningar till dagvattenledningar eller diken.
Markavvattningsföretag	Ett markavvattningsföretag är ex. diken, fördjupning av befintliga vattendrag, sänkning av sjötrösklar etc. för att öka ett områdes värde. Markavvattningsföretag beslutas av domstol (miljödömsstol eller tidigare vattendömsstol) och har samma juridiska status som ett tillstånd för vattenverksamhet.

3 Förutsättningar och grundläggande begrepp

Avsnittet behandlar en del grundläggande förutsättningar och begrepp. Det ger en allmän orientering om hydrogeologiska förhållanden samt tydliggör vilka samband som ligger till grund för kommande resonemang och bedömningar.

3.1 Grundvattenförekomst samt effekt och konsekvens av en grundvattenbortledning

Grundvattnets förekomst i jord och berg

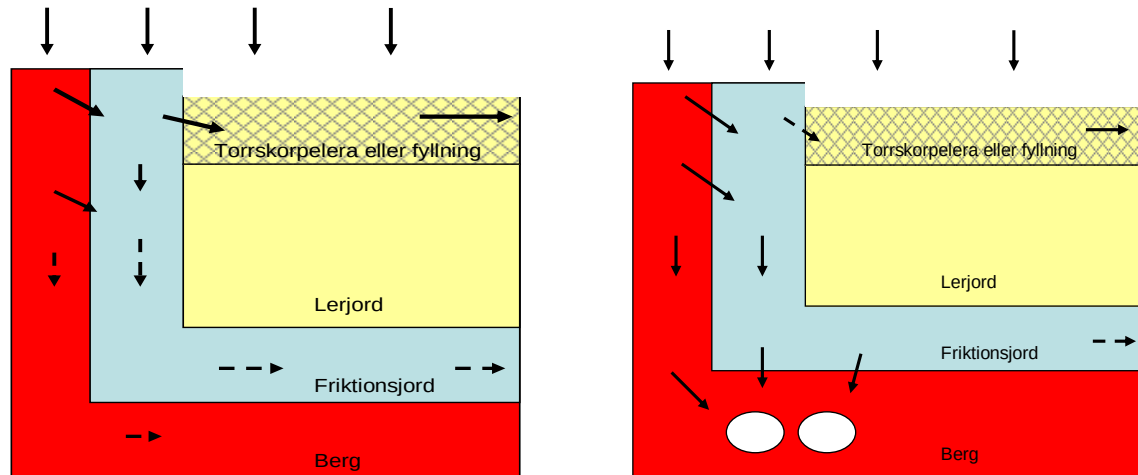
Grundvatten förekommer dels i berggrundens olika spricksystem, dels i jordlagren. Berggrundens sprickor kan i vissa fall vara mycket vattengenomsläppliga men har mycket liten förmåga att magasinera grundvatten. I jord förekommer grundvatten i alla typer av jordarter, även lerjord, men det är så kallade sorterade jordar - sand, grus - som har hög vattengenomsläpplig förmåga och som kan lagra och avge grundvatten i någon betydande mängd. Den vanligt förekommande moränjorden kan vara från i princip tät (moränlera) till mycket vattengenomsläpplig (t.ex. svallad morän).

Grundvattenförekomster delas in i *öppet*, *övre* och *slutet*, *undre* grundvattenmagasin. Öppna grundvattenmagasin förekommer inom områden där lerjord saknas, t.ex. moränjord inom höjdområden, eller i den översta uppspruckna metern av lerjordar (s.k. torrskorpelera) och i fyllningsjord. Undre, slutna grundvattenmagasin förekommer i morän-, sand- eller grusjordlager under tätande lerjordlager. Ett slutet magasin övergår till ett öppet magasin när det tätande jordlagret upphör, t.ex. vid foten av en berg- och moränhöjd. Slutligen brukar *berggrundvattenmagasin* anges även om berg inte har speciellt stor förmåga att lagra grundvatten.

Berggrundvattenmagasinets kontakt med det undre grundvattenmagasinet i jord kan vara god. Då kan de bägge magasinerna betraktas som en enhet där grundvattenflödet till stor del sker i bergsprickor och där jordlagermagasinet med sin högre porositet fungerar som ett lager, magasin, av grundvattnet. Är kontakten dålig, exempelvis på grund av vittrad (och leromvandlad) bergyta, kommer berggrundvattenmagasinet snabbt att avsänkas vid en grundvattendränning utan att ovanliggande jordlager påverkas i någon större grad.

Konceptuell modell för vattenomsättning

I figur 3.1 nedan beskrivs schematiskt hur vattenomsättningen sker i marklagren från nederbördsinfiltrationen vid markytan till avrinning från området i marklager och i ytvattendrag (för fördjupning se referenser[2] [4]). Figuren visar ett tvärsnitt av en dalgångssida med en berg- och moränhöjd intill en dalgång med lerjordtäcke. Den vänstra bilden visar naturliga förhållanden och den högra visar förhållandena med två bergtunnlar i dalgången.



Figur 3.1 Vattenomsättning med och utan dränering genom tunnlar

Den vänstra bilden visar naturliga förhållanden med en nettonederbörd som uppgår till ca 200-220 mm/år (200 till 220 liter per kvadratmeter markyta och år) i Stockholmsområdet. Med nettonederbörd menas nederbörden reducerad för avdunstning och växternas upptag. Inom berg- och moränområden (där de röda- och blå ytorna når markytan i figuren) är normalt bergsprickorna fyllda och grundvattennivån ligger förhållandevis nära markytan. Grundvattenbildningen i berg blir därmed liten, upp till ca 40 mm/år. Grundvattenbildningen inom friktionsjorden styrs av hur avrinningen från det undre magasinet ser ut, vilket beror på bland annat topografin och jordartens vattengenomsläpplighet och grundvattenströmningen i det undre friktionsjordlagret är normalt sett liten. Sammanfattningsvis är grundvattenbildningen under naturliga förhållanden relativt liten till djupare liggande berg och friktionsjordmagasin därför att avrinningen i dessa magasin är litet vilket de streckade pilarna i den vänstra figuren ska illustrera. Större delen av grundvattenbildningen bortleds i ytligare marklager till diken och bäckar etc.

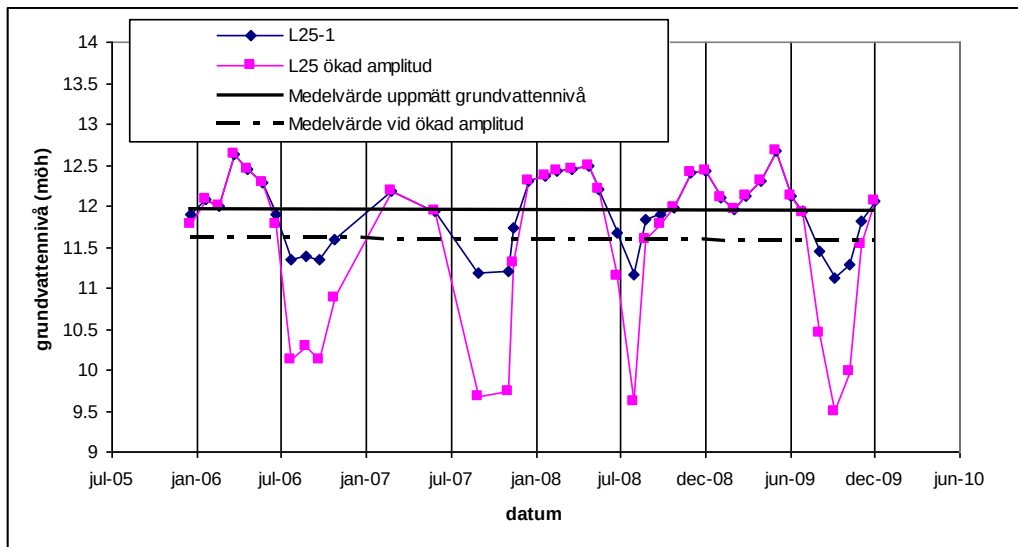
Den högre bilden visar förhållanden när två bergtunnlar byggts. Det skulle lika gärna kunna vara en större kommunal grundvattentäkt eller ett område med flera enskilda bergbrunnar. Genom inläckaget till tunnarna kommer bergets sprickor dräneras och får då förmågan att infiltrera en större andel av nederbörden än under de naturliga förhållandena (är spricksystemet fullt när det regnar rinner nederbörden bort vid bergytan). Det samma gäller för friktionsjorden och detta gör att man kan tala om en ökad grundvattenbildning i samband med ett grundvattenuttag eller dränering. Den potentiella grundvattenbildningen bestäms till stor del av berg- och jordlagrens egenskaper.

Grundvattendräneringens påverkan på grundvattennivåer

Normalt finns alltså ett stort överskott av nederbördsvatten som inte kan infiltrera ned i berggrunden eller till de undre grundvattenmagasinen. Vid en dränering av grundvattnet till en bergtunnel (eller en uttagsbrunn) ökar nederbördsinfiltrationen betydligt. Grundvattnet påverkas då främst under perioder med låg eller ingen grundvattenbildning. Erfarenhet från andra tunnelanläggningar [11] och forskningsprojekt [2] har visat att även om en relativt stor andel av grundvattenbildningen dräneras inom ett område, så innebär det inte sjunkande grundvattennivåer sett över ett år eller på flera års sikt. Däremot kan grundvattennivån under torrperioder sänkas mer än vad som skedde innan bergtunneln byggdes.

Påverkan märks alltså genom att variationen över året på grundvattnets nivå blir större än tidigare. Betydelsen för grundvattenmagasinet blir att medelnivån sänks.

I figur 3.2 nedan illustreras detta med en kurva för uppmätta grundvattennivåer i grundvattenrören utmed en sträcka där grundvattennivåerna sänkts ca 1,5 meter sommartid. Årstidsvariationen ökar från drygt 1,5 meter mellan högsta och lägsta nivå till drygt 3 meter. Grundvattnets årsmedelnivå sjunker dock bara med ca 0,35 meter. Diagrammet är ett konstruerat exempel men illustrerar den effekt som uppkommer vid en dränering av ett grundvattenmagasin där dräneringen inte överstiger den potentiella grundvattenbildningen.



Figur 3.2 Exempel på hur en grundvattendränering ger ökad nivåvariation och förändring i medelgrundvattennivå som följd.

Effekten av en grundvattendränering

För ett öppet/övre magasin innebär en dränering att grundvattenytan sjunker i jordlagret. Det ökade avståndet mellan markytan och grundvattenytan genererar en ökad grundvattenbildning och något minskad markvattenhalt. Samtidigt minskar avrinningen av "överskottsvatten" vilket kompenserar för grundvattenavsänkningen och den minskade markvattenhalten.

För ett övre magasin innebär en dränering av djupare liggande grundvattenmagasin att tillrinningen av "överskottsvatten" minskar och att magasinet kan dräneras genom läckage genom underliggande lerlager. Det innebär avsänkt grundvattennivå under perioder med liten eller ingen grundvattenbildning men den avsänkta grundvattennivån genererar samtidigt en ökad grundvattenbildning.

För ett slutet/undre grundvattenmagasin kan nivåvariationerna öka över året med en sänkning av medelgrundvattennivå som följd. För berggrundvattenmagasin ökar nivåvariationerna och nära tunneln kan grundvattnets trycknivå i berg minska betydligt.

Konsekvenser av en grundvattenpåverkan

Beroende på vilket grundvattenmagasin som påverkas av en grundvattenbortledning kan följande konsekvenser uppkomma:

- Grundvattenbortledning i ett öppet/övre grundvattenmagasin kan påverka vissa biotoper, våtmarker etc, vegetationen och tillrinningen till ytvattendrag (även minska behovet av markavvattning och dagvattenbortledning). Skadeobjekt kan vara viss typ av vegetation samt jord- och skogsbruk. Äldre

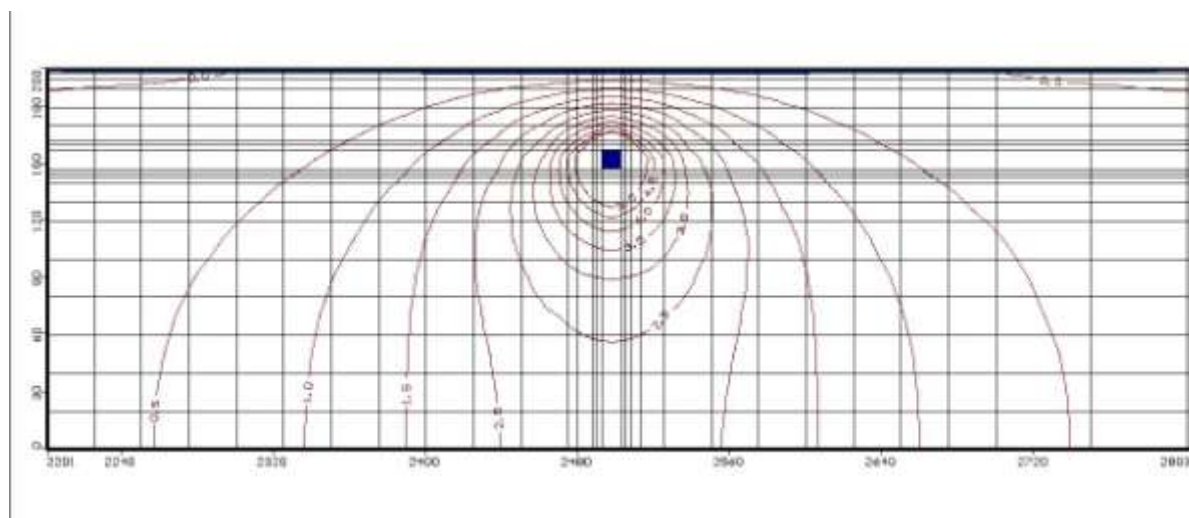
bebyggelse med rustbäddar av trä eller grundlagd med träpålar kan påverkas av ett avsänkt övre grundvattenmagasin.

- Grundvattenbortledning i ett slutet/undre grundvattenmagasin kan långsamt dränera ovanliggande lerjord med marksättningar som följd. Den ökade grundvattenbildningen till det undre grundvattenmagasinet (även på grund av oxidation av lerjord), som en dränering ger upphov till, kan påverka vattenkvaliteten. Skadeobjekt kan vara byggnaders och anläggningars grundläggning, privat vattenförsörjning genom förändrad vattenkvalitet eller minskade uttagsmöjligheter. Ett läckage genom leran kan även påverka ett övre grundvattenmagasin.
- Grundvattenbortledning i ett berggrundvattenmagasin förändrar grundvattenströmningen i de vattenförande spricksystemen. Det medför påverkade trycknivåer och kan påverka grundvattenkvaliteten. Skadeobjekt kan vara privat vattenförsörjning genom förändrad vattenkvalitet eller minskade uttagsmöjligheter, minskat energiutbyte, i djupborrade brunnar.
- Dämning av grundvattenmagasin genom byggande av täta/avskärande konstruktioner kan ge upphov till förhöjda grundvattennivåer. Detta kan även uppkomma i samband med skyddsinfiltration. Det kan ge försumpning av lågt liggande terräng eller orsaka inläckage till källare etc.

3.2 Påverkansområdets utbredning kring en bergtunnel

Inläckaget till en bergtunnelanläggning bestäms av *vattengenomsläppligheten* (främst i berggrunden och i kontakten mellan berg och jordlagren) och av *mängden tillgängligt vatten* (grundvattenmagasinens och grundvattenbildningens storlek). Inläckagets storlek beror också på tunnelns djup under grundvattenytan och tunneltätningens utförande. Tunnelns diameter har en viss men mindre betydelse för inläckagets storlek.

Grundvattnets avsänkning i berg är som störst nära tunneln för att avta mer eller mindre radiellt med avståndet till tunneln, se figuren nedan (Figur 3.3). För att lättare förstå att avsänkningen får denna utbredning kan man se figuren som en plankarta och jämföra tunneln med en borrarad brunn där markytan motsvarar en sjöstrand där ytvatten läcker in till grundvattenmagasinet.



- Påverkansområdets utbredning åt sidan av tunnelanläggningen når längre ut i berg än i de överlagrande jordlagren vid markytan.
- Vid en viss punkt eller område förändras alltså grundvattenpåverkan med djupet under markytan.

3.3 Grundvattenströmning i berg

Grundvattenströmning i berg sker i öppna sprickor som har kontakt med varandra. Inom ett större bergområde (bergplint/bergvolym) finns både mindre spricksystem med liten utbredning och större system med långa sammanhängande spricksystem. En spricka kan normalt ses som ett sprickplan, dvs. öppna "skivor" genom vilket vatten kan strömma. Men i verkligheten är sprickplanets sidor ojämna och berget går omväxlande ihop och delas, varför vattenströmningen går längs sprickplanet i kanaler som förgrenas och går ihop längs med sprickan. Ett sprickplans öppna vattenförande bredd kallas sprickans apertur.

Huvuddelen av bergmassan är mestadels tät. Volymer med sprickor utgör endast några promille av den totala bergvolymen. Sprickigheten - och därmed genomsläppligheten - avtar också i allmänhet med djupet. Det gör att berggrundens grundvattenförande egenskaper är svåra att beskriva med statistiska (generella) mått. Då grundvattnet till största del strömmar i ett mindre antal öppna spricksystem med olika lång utbredning är bergets hydrauliska egenskaper skalberoende, dvs. det spelar roll för hur stor den bergvolym är för vilken de hydrauliska egenskaperna beräknas. Osäkerheten är större för en mindre bergvolym. Så kan egenskaperna hos kub med t.ex. 3 meters sida (vattenförlust i kärnborrhål mäts ofta i 3 meters intervall) vara beroende på om någon spricka förekommer eller om den är helt tät eller har en hög vattenförande förmåga. En större bergvolym med både tätt berg och vattenförande spricksystem får ett mindre osäkerhetsintervall.

För att beskriva grundvattenflöde i berg kan man till exempel använda en begreppsmodell med diskreta sprickor, en så kallad nätmodell, eller betrakta hela bergmassan som vattenförande med en vattengenomsläpplighet som beräknats statistiskt. För att sätta ett generellt värde på berggrundens konduktivitet kan man använda olika statistiska mått, bland andra aritmetiskt medelvärde, geometriskt medelvärde eller medianvärde.

Utifrån undersökningar vid Äspö (undersökningar vid ett djupt förlagt bergtrum inför val av slutförvar av kärnkraftsavfall) och vid andra undersökningar har följande samband och slutsatser avseende berggrundens egenskaper framkommit:¹ [4]

- Det aritmetiska medelvärdet är oftast ca 10 gånger större än det geometriska medelvärdet.
- Med ökad mätskala (bergmassa) minskar det aritmetiska medelvärdet (med ca 10 ggr från 3-m skalan till 1-km skala) medan det geometriska ökar något.
- Det geometriska medelvärdet är oftast mer korrekt än det aritmetiska när beräkningarna bygger på mätningar i liten skala (t.ex. vattenförlustmätningar i kärnborrhål).
- Sprick- och krosszoner utgör ofta dominerande grundvattenledare i berggrunden.

För att beräkna inläckage och grundvattenpåverkan i jord och i berg orsakat av dränering till Förbifart Stockholms tunnlar har vi använt medianvärdet för att beskriva bergmassan, se bilaga 5 för underlag till beräkningarna. Medianvärdet ligger något lägre än det geometriska medelvärdet och lägre än det

¹ Från kap 5 i Hydrogeologi för bergbyggare, G Gustafson.

aritmetiska medelvärdet. För lognormalfördelad mätdata är det geometriska medelvärde lika med medianvärdet.

Tvärgående zoner med högre konduktivitet har ansatts i vissa grundvattenmodeller för att beskriva påverkan inom de vattenförande sprickzonerna. För beskrivning av grundvattenmodelluppbyggnad se vidare avsnitt 4.3.

Underlag för beräkning av bergets konduktivitet

Som underlag för beräkning av bergets konduktivitet har följande dataunderlag använts:

- Vattenförlustmätningar i kärnborrhål
- Uppgifter om uttagkapacitet i bergborrade brunnar, SGU Brunnregister
- Regional konduktivitet för olika områden och bergarter, Hydrogeologiska kartan över Stockholms Län

Data och bearbetning redovisas i beräkningsbilaga 5. I tabellen nedan sammanfattas resultaten och ansatt fördelning längs sträckan.

Tabell 3.1 Underlag för bedömning av bergets konduktivitet

Område	Ansatt K-värde i beräkningar (m/s)	Vattenförlustmätning (m/s)				SGUs Brunnsgata (m/s)	SGUs regionala genomgång (m/s)
Skärholmen km 7/000 – 12/500	1×10^{-08}	5.1×10^{-09}	1.7×10^{-08}	9.6×10^{-10}		1.0×10^{-08}	2.0×10^{-08}
Kungshatt km 12/500 – 14/000	1×10^{-08}	2.1×10^{-08}	9.9×10^{-09}			9.3×10^{-09}	2.0×10^{-08}
Lövö Km 14/000-20/500	1×10^{-08}	1.3×10^{-08}				1.1×10^{-08}	2.0×10^{-08}
Lambarfjärden-Kälvesta km 20/500 – 23/400	1×10^{-08}	9×10^{-09}	2.3×10^{-08}			9.9×10^{-09}	1.4×10^{-07}
Kälvesta-Akalla km 23/400 – 28/000	5×10^{-08}	5.3×10^{-08}	4.6×10^{-08}	1.1×10^{-07}	6.9×10^{-08}	1.7×10^{-08}	1.4×10^{-07}
Akalla-Häggvik* km 28/000 – 33/000	2×10^{-08}					2.1×10^{-08}	1.4×10^{-07}
Hela sträckan						1.4×10^{-08}	

* Sträckan Akalla-Häggvik går i ytläge varför inga kärnborrhål och därmed vattenförlustmätning utförts

Landbaserade kärnborrhål	Vattenbaserade kärnborrhål
--------------------------	----------------------------

3.4 Tätning av bergtunnelanläggningar

Injekteringsstrategi för tätning av bergtunnelanläggningarna redovisas utförligt i Teknisk beskrivning, TB, som biläggs ansökan. Valet av injekteringsstrategi baseras på erfarenhet från tidigare projekt av vad som kan uppnås, produktionsplanering, kostnader för olika injekteringsalternativ (produktionskostnader och produktionstidskostnader).

Följande täthetsklasser (och därmed injekteringsutförande) redovisas i injekteringsstrategin:

- K_{inj} , ca 1×10^{-8} m/s, Injekteringsklass I
- K_{inj} , ca 3×10^{-9} m/s, Injekteringsklass II

Injekteringsklass II bedöms av berg- och produktionsexpertis inom projektet vara den högsta täthetsklass som kan erhållas för längre tunnelsträckor med cementbaserat injekteringsmedel, för delsträckor kan dock högre täthet erhållas.

I kommande beräkningar och bedömningar av inläckage och omgivningspåverkan har ovanstående klasser används vilket ger en robust bedömning av omgivningspåverkan då den inte bygger på "orealistiskt" ansatta inläckagevärden. För delsträckor där sedan bedömningen görs att omgivningspåverkan kan riskera bli för stor kommer ytterligare tätning alternativt skyddsinfiltration att vidtagas. Ytterligare tätning med alternativa tätningsmedel etc redovisas i Teknisk beskrivning.

3.5 Grundvattenpåverkan i samband med schakt

Schaktarbeten i jord utförs oftast innanför tät stödkonstruktion av stabilitetsskäl eller utrymmesskäl eller för att täta mot inläckande grundvatten. Oftast vill man bygga under torra förhållanden, och grundvattennivån sänks av innanför sponten ned till lägsta nivå för schaktet. Då kan följande svårigheter uppstå:

- Omgivande jordlager är så vattengenomsläppliga att det blir svårt att pumpa bort och avleda mängden inläckande vatten.
- Schaktbotten trycks upp på grund av att grundvattentrycket under schaktbotten är större än tyngden (när jordmassor schaktats bort).
- Skillnaden i grundvattentryck kan medföra att siltiga jordar tränger in till schaktgropen med sättnings- och stabilitetsproblem utanför sponten som följd och bärigheten i schaktbotten försämras.

För att förhindra dessa problem använder man speciell tätspont och tätar mellan sponten mot berg (och ned i berg). Metoder för detta redovisas i *Teknisk beskrivning, TB*. Resultatet blir oftast bra med i stort sett täta spontväggar och endast mindre läckage under spontfot och i det ytliga berget. Ibland försvåras dock tätningen av storblockig morän eller mycket uppsprucket ytberg etc. Ibland måste grundvattennivån ändå sänkas utanför sponten för att inte riskera att siltiga jordar rinner in genom sponten.

Trafikverket avser att söka tillstånd för att låta grundvattennivån vid behov avsänkas ned till schaktbotten innanför och/eller direkt utanför spont under byggskedet. Grundvattenpåverkan och eventuella konsekvenser av detta beskrivs i kommande avsnitt. Vid behov projekteras för skyddsinfiltration för att motverka att skadliga effekter uppstår.

3.6 Definition påverkansområde och villkorsområde

Påverkansområdet, redovisat i följande avsnitt och i kartor, definieras enligt nedan:

- Redovisad gräns för påverkan i berg avser gräns för 1 meters grundvattenavsänkning vid tunnelnivå. Förekommer fler tunnlar på olika nivåer anges påverkan vid nivån för huvudtunneln.
- Redovisad gräns för påverkan i jord avser antingen en gräns för 0,3 meters avsänkning eller gräns för grundvattenmagasinets utbredning beroende på vilket som ligger närmast väglinjen.
- I kartor och i text redovisas - om inget annat anges - den gräns av ovan angivna gränser för berg eller jord som är belägen längst bort från Förbifart Stockholms anläggningsdelar. Gränsen kallas *påverkansområde i jord och berg* i följande figurer och kartbilagor.
- Påverkansområdet avser utbredningen inklusive skyddsåtgärd i form av långtgående tätning, täthetsklass II, för de sträckor där det bedömts vara nödvändigt men utan skyddsinfiltration eller annan skyddsåtgärd i form av alternativa injekteringsmedel etc (undantaget är vid Akalla trafikplats där skyddsinfiltration förutsätts).

Villkorsområde, redovisat i följande avsnitt och kartor, definieras enligt nedan:

- Redovisad gräns för villkorsområde definieras som gräns för maximal avsänkning 0,3 m i jord.
- Villkorsområdet gäller både för bygg- som för driftskedet och anges med eventuell skyddsinfiltration där det behövs. Utbredningen motsvarar antingen det bedömda påverkansområdet eller är valt utifrån förekommande skadeobjekt.

4 Undersökningar och utredningsmetodik

Den sträcka som berörs av Förbifart Stockholm är ungefär två och en halv mil lång och berör fem kommuner. Stora skillnader finns längs sträckan avseende natur och bebyggelse mm. För att arbetet med de hydrogeologiska utredningarna och inventeringen av potentiella skadeobjekt ska vara konsekvent utgår det från strategidokument avseende metodik för fältundersökningar och för beräkningar och utvärderingar av grundvattenpåverkan.

Fokus i arbetet har varit på att tidigt identifiera områden där det finns risk för skada och att arbeta med geologiska modeller för att förstå och beskriva grundvattenförhållandena längs sträckan. Metoden är i korthet att arbeta stegvis med den geologiska och hydrogeologiska beskrivningen av områdena längs sträckan och upprätta konceptuella modeller som redogör för hur grundvattnet omsätts inom delområdena, det vill säga nuvarande eller befintliga förhållanden, och hur de kommer att reagera på en dränering av Förbifart Stockholms anläggningsdelar.²

² En konceptuell modell ger en förenklad bild av hur man tror att ett verkligt system beter sig, baserat på kvalitativa bedömningar av information om ett område eller en problemställning. Den konceptuella modellen utgör en av grundstenarna i en riskbedömning av ett förorenat område.

Potentiella skadeobjekt, grundvattenberoende grundläggning, brunnar etc. lokaliseras tidigt i utredningsskedet och är hela tiden med i underlaget för planering av fältundersökningar, utredningsstrategi mm.

Följande övergripande arbetsgång följs inom projekt Förbifart Stockholm:

1. Avgränsning av vattendelare utifrån höjddata, indelning och beskrivning av olika grundvattenmagasin, avrinningsvägar etc. Genomgång av befintlig geologisk information och tidigt identifierade potentiella skadeobjekt (det vill säga beskrivning av befintliga förhållanden). Detta sammanställs och redovisas i hydrogeologiska konceptuella modeller för ovan identifierade delområden (sammanlagt drygt 30 delområden).
2. Beräkning av preliminärt inläckage samt upprättande av preliminära vattenbalansberäkningar inom delområden.
3. Avgränsning av preliminärt påverkansområde utgående från vattenbalansberäkningar (avgränsar samrådskretsen). Utredning av konsekvensen av en grundvattenbortledning inom det preliminära påverkansområdet.
4. Kompletterande undersökningar och revidering av vattenbalanser, grundvattenmodeller och bedömd grundvattenpåverkan.
5. Revidering av fördelningen av täthetsklasser, inläckage, påverkansområde
6. Revidering av skadeobjekt, identifiering av sakägare.

4.1 Inventering och undersökningar

I ett inledande skede har äldre handlingar rörande mark- och grundvattenförhållanden längs sträckan inventerats. Dessa handlingar kan vara olika geotekniska markundersökningar, hydrogeologiska undersökningar och äldre geologiska och hydrogeologiska beskrivningar rörande mark- och grundvattenförhållanden. Grundvattennivåmätningar inleddes tidigt under 2007.

Uppgifter från handlingarna och mätningarna har legat till grund för den tidiga bedömningen av områdets geologi och grundvattenförhållanden vilket sammanfattades i ett antal konceptuella beskrivningar. De har också legat till grund för kompletterande undersökningar. Längs hela sträckan har fältkartering och observationer av vattendelare, markförhållanden, naturvärden, förekomst av dränerande objekt mm. utförts. Följande undersökningar och inventering av potentiella skadeobjekt har utförts:

4.1.1 Undersökningar av berggrundsförhållanden

Berggrunden har undersökts genom bergkartering längs hela sträckan, med kärnborrhål, jord-/bergsonderingar och seismik, sprick- och bergartskartering i befintliga undermarksanläggningar, hydrauliska tester och propumpning.

Kärnborrning är utförd på 12 ställen längs sträckan, varav 6 finns vid vattenpassagerna där bergkvaliteten är av speciellt intresse. I kärnborrhålen har andra bergtekniska undersökningar utförts, borrkärnekartering av sprickor och bergarter och BIPS (filmning av borrhålets väggar) för sprickor och sprickorientering.

4.1.2 Undersökningar av jordlagerförhållanden

Jordlagren har undersökts genom geoteknisk sondering, kolvprovtagning, jordprovtagning, kartering av jordartsgränser och avgränsning av vattendelare samt hydrauliska tester, exempelvis propumpning. Jordprovtagning har utförts för att undersöka förekomst av förorenade massor, främst i anslutning till planerade schakt. Prov har tagits på de undre friktionsjordlagren (dvs de undre

grundvattenmagasinen) och jordart bestämts (siktanalys utförd på laboratorium) vid 16 olika platser längs sträckan, främst lokaliserade där schakt i jord kommer att utföras. Resultaten redovisas i de områdesvisa redovisningarna och i kartbilagan. I samband med jordartsbestämning har jordartens genomsläpplighet beräknats.

Inventering av sättningskänsliga områden

Lerjordars utbredning och egenskaper (sättningsbenägenhet vid en grundvattenavsänkning) är en fokuserad fråga. Undersökningar och utredningar har utförts för att bedöma förekomst och utbredning av lös lera samt att fastställa dess egenskaper. Med lös lera menas lera som är vattenmättad och därmed kan kompakteras vid en dränering. Torrskorpelera som ligger direkt på friktionsjord anses utgöra fastmark. Till den lösa leran hör även områden med organisk jord (som inte sällan underlagras av lös lera). Gränsen för lös lera kallas ofta för fastmarksgräns.

Tolkningen av utbredningen av lös lera baseras på sonderingar, geologiskt kartmaterial, tidigare utredningar samt topografiska förhållanden. Bedömningsgrunderna varierar därmed något längs sträckningen. Tolkning av fastmarksgräns har delvis utförts långt från tillgängliga undersökningspunkter och gränsen har därför här lagts på säkra sidan och områden med lös jord kan därför vara överskattat.

Inom höjdområden där jordartskartan anger berg och eller morän kan mindre lokala bergsvackor med lerjord av begränsad mäktighet förekomma. För dessa mindre områden har främst två olika hydrogeologiska förhållanden bedömts förekomma. Antingen förekommer lerjorden i en bergsvacka där underliggande berggrund är tät. Grundvattennivån styrs av nivån på bergtrösklar och påverkas inte nämnvärt av en dränering i djupare liggande berggrund. Förekommer sprickigare berg eller att avrinningsvägaren medger en större avledning innebär det mindre tillrinningsområdet inom höjdområdet att lerjorden varit utsatt för större grundvattennivåvariationer och torrperioder under åren med en djupare torrskorpebildning som följd.

Sammantaget görs därför bedömningen att inom dessa mindre områden med lerjord inom höjdområdena kommer inte eventuell grundvattenpåverkan att innebära skadliga sättningsrörelser.

Inom områdena med lös lera har lerjordens egenskaper undersökts genom att i huvudsak söka ut områden där lerjorden bedömts vara som mäktigast och där utfört ostörd jordprovtagning. Ostörd kolvprovtagning har utförts enligt ett system med provtagning varje meter ner till 5 m och därefter varannan meter till tio m samt därefter var tredje meter. CRS har utförts på samtliga upptagna ostörda lerprov.

Beräkning av sättningsrörelser utifrån lerprovtagningen görs för 1, 2 respektive 5 m sänkning av grundvattennivån och efter 2 respektive 30 år. Tiden 2 år motsvarar en ungefärlig byggtid för de olika anläggningsdelarna inom det aktuella lerområdet/delsträckan (hela byggtiden uppgår till ca 8 – 10 år). Tiden 30 år är valt för att med marginal överstiga tiden för oförutsedd skada och beräkningen redovisar en total sättning vid en varaktigt påverkad grundvattennivå.

4.1.3 Undersökningar av grundvattenförhållanden

Ett mätprogram pågår för att grundvattennivåer och årstidsvariationer ska kunna bestämmas. Mätningar utförs månatligen sedan sommaren 2007 och utökas successivt när nya grundvattenrör installeras. För närvarande mäts cirka 160 grundvattenrör längs sträckan, vilket redovisas i bifogade kartor.

I de kärnborrhål som borrhats på land har vattenförlustmätningar utförts med speciell utrustning som kan mäta vattenförluster ned till ca 2 ml/min vilket gör att hydrauliska konduktiviteter för mätsektionen ned till ca 5×10^{-10} m/s kan upptäckas. För kärnborrhålen vid vattenpassagera har mätningar utförts med utrustning som kan mäta vattenförluster på ett sätt som gör att konduktiviteter

kan beräknas ned till ca 1×10^{-8} m/s. I de landbaserade kärnborrhålen har kortare provpumpningar utförts med samtidig nivåmätning i närliggande grundvattenrör i jord. Detta har gjorts dels för att rensa ur kärnborrhålen inför vattenförlustmätningar, dels för att utreda om det förekommer ytliga sprickor som kan påverka bedömningen av fortsatta tester.

De undre grundvattenmagasinens genomsläpplighet har också bestämts genom så kallade slugtest utförda i 2"- grundvattenrör. Även dessa tester har koncentrerats till områden där schakt i jord ska utföras.

Vid Akalla trafikplats har en brunn installerats och provpumpats under två perioder (ca 2 respektive ca 3 veckors tid). Syftet var att bedöma förutsättningar för och påverkan av det långa och djupa schakt som kommer utföras när betongtunnel och tråg byggs vid trafikplatsen.

Vid Ekvägen och Lunda industriområde (km 25/400) har en provpumpning utförts i kärnborrhål som borrats tvärs över dalgången där Ekvägen går.

4.1.4 Inventering av potentiella skadeobjekt

Brunnar

Uppgifter om brunnar har inventerats i SGU:s brunnsdatabas, i kommunernas register över anmälda energibrunnar och under samråden. En brevenkät med efterföljande brunnsinventering på plats har utförts inom Kungshatt och Lovö. Vid brunnsinventeringen på plats har vattenprov tagits för analys av vattenkvaliteten. Brunnar har lokaliserats för ett större område än det påverkansområde som redovisas i kommande avsnitt.

Inventering av grundvattenberoende grundläggning, byggnader

Områden där grundläggningstyper inventerats har valts ut utifrån kännedom om sättningskänsliga jordar enligt ovan. Uppgifterna har hämtats från stadsbyggnadskontorets arkiv, Järfälla kommuns bygg- och miljöförvaltning samt Stockholm Vattens samlingskartor. Det material som därigenom framkommit är av varierande kvalitet för de olika områdena. Inventeringen har omfattat information om byggnadernas grundläggning och eventuella tillhörande geotekniska underlagsutredningar. Inventerade områden redovisas i respektive områdesbeskrivning och i bilaga 4.

Inventering av förändrad vattenkvalitet, spridning av föroreningar

Vidare undersöks om vattenkvaliteten kan påverkas genom förändrad strömningsriktning, ökad grundvattenbildning eller genom mobilisering (spridning) av markföroreningar som är lösliga i grundvattnet. Schakt vid tunneldmyningar etc. kan också medföra att föroreningar sprids.

Genom att samla in vattenkvalitetsdata från olika databaser (SGU, länsstyrelsen etc.) och genom att ta vattenprover kan man undersöka eventuella förändringar av grundvattnets kvalitet orsakade av förändrad grundvattenströmning, sänkta trycknivåer eller ökad grundvattenbildning. En genomgång av hur vattenkvaliteten kan förändras och risken för detta redovisas i bilaga 6.

Potentiellt förorenade områden har inventerats inom det vägområde som redovisas i vägutredningen. Uppgifter har hämtats från länsstyrelsens databas över potentiellt miljöfarliga verksamheter och från berörda kommuner längs sträckningen. I områden där en förorening kan misstänkas och där schaktarbeten kommer att utföras, vid tunneldmyningar, vid nya gång-/cykelvägsunderfarter etc. har markundersökningar utförts genom jordprovtagning.

Inventering av natur-, kulturobjekt och fornlämningar

Naturobjekt och markavvattningsföretag som kan påverkas av en grundvattendränering, eller förhöjd grundvattennivå vid infiltration/dämning har inventerats i länsstyrelsens databas. Uppgifter om kulturobjekt och fornlämningar har också inhämtats hos länsstyrelsen och hos berörda kommuner. Viss naturinventering har även utförts inom projektet.

För markavvattningsföretagen har en bedömning gjorts om Förbifart Stockholm kan motverka syftet med markavvattningsföretaget. För naturobjekt baseras bedömningen av eventuell påverkan från Förbifart Stockholm på upprättade vattenbalanser för tillströmningsområdet samt bedömning av expertis av hur olika naturobjekt är beroende av grundvatten.

4.2 Pågående och ytterligare undersökningar inför byggstart

Som redovisats ovan pågår ett mätprogram för grundvattennivåmätning sedan 2007 och de ca 160 grundvattenrör utökas efter hand behov uppkommer.

I samband med byggprojektering, dvs i god tid före byggstart kommer ett mätprogram påbörjas med installation av dubb i byggnader och ledningar samt markpegelrör för kontroll av eventuella pågående sättningsrörelser (eller för att fastslå att sättningar inte pågår). Syftet är att inhämta en mätserie som kan ligga till grund för det kontroller som kommer utföras under byggskedet.

Strax före byggstart kommer besiktning av byggnader att utföras. Denna görs som en del i riskanalysen för vibrationer men fyller även syftet att dokumentera eventuella sättningsrelaterade skador som visar på tidigare eller pågående sättningsrörelser. Avgränsning för inventeringen är 150 m ut från tunnelinjen vid markytan.

Innan byggstart kommer anordningar för att kunna mäta vattennivån i energibrunnar att installeras där det behövs. Det omfattar att gräva fram brunnarna och installera ett mättrör i vilket mätutrustning kan installeras, nedföras utan att skada övriga installationer i brunnarna.

Som underlag för att kunna bestämma eventuell påverkan kommer vattennivån att mätas i förekommande dricksvattenbrunnar. Mätningen utförs med automatisk mätutrustning under en period för att bestämma vattennivå och brunnens funktion, dvs respons på pågående vattenuttag.

4.3 Metodik för bedömning av grundvattenpåverkan

En stor del av Förbifart Stockholms anläggningsdelar byggs under grundvattenytan och grundvattnet kommer att påverkas längs med sträckan. Hur mycket grundvattnet påverkas beror på hur mycket grundvatten som dräneras av de olika anläggningsdelarna, var bortledningen sker och hur mark- och grundvattenförhållandena ser ut längs med sträckan. Det senare omfattar berggrundens och jordlagrens egenskaper samt förekommande verksamheter som påverkar eller kan påverkas av grundvattenförhållandena.

Redovisningen av inläckage och påverkansområde baseras på beräkningar och på erfarenhetsmässiga bedömningar av hur ett schakt eller en bergtunnel påverkar omgivningen och av berggrundens och jordlagrens egenskaper inom aktuellt område. Bedömningen baseras på konceptuella beskrivningar av berggrunden, jordlagrens utbredning, grundvattenmagasinens egenskaper och förekomst av vattendelare. Som underlag har grundvattenmodellering av inläckage och påverkansområde utförts som vägts samman med beräknade vattenbalanser för olika delområden längs sträckan.

Arbetsgången är i korthet att inläckaget och påverkansområdets utbredning i berggrunden beräknas med hjälp av grundvattenmodeller. Sedan upprättas vattenbalanser för olika delområden där inläckaget ingår i underlaget. Slutligen görs en sammanvägd bedömning där kunskap om områdena och erfarenhet av berg- och jordlagerförhållanden vägs in.

Redovisningen av objekt, som kan skadas av en grundvattenpåverkan, baseras på inventering och undersökningar.

4.3.1 Beräkning av inläckage med grundvattenmodeller

Grundvattenmodellering har använts för att beräkna inläckaget till bergtunnlar för huvudtunnlar och ramptunnlar där dessa förekommer samt till frånluftsanläggningar och luftutbytesanläggning. I modellerna har inte utsprängda nischer för eldriftsutrymmen, tvärtunnlar för evakuering mellan tunnelrören (räddningsvägar kommer byggas var 150 meter) medtagits. Inte heller borrhål för ventilation av eldriftsutrymmen eller bortledning av dräneringsvatten ingår. Inläckagevärden som redovisas i kommande avsnitt och i bilagor är således beräknade för huvuddelen av grundvattendränerande anläggningsdelar i berg men inte för samtliga. Bedömningen är att inläckaget till dessa anläggningsdelar ryms inom redovisade värden för inläckaget.

För att beräkna inläckage och utbredning av påverkansområde i berg har generella "tvärsnittsmodeller" upprättats längs hela sträckan med ca 100 meters intervall, kompletterat med vissa tredimensionella specialmodeller för t.ex. luftutbytesstationerna. Tvärsnittsmodellen kan beskrivas som att man skär ut ett 100 meter långt snitt ur tunnelsträckningen och för detta snitt beräknas inläckaget för huvudtunneln och eventuella ramptunnlar som förekommer.

Med *generella* menas att modelluppbyggnaden inte återger de lokala förhållandena, topografi, jordlagermäktigheter etc. så likt verkligheten som möjligt utan bygger på vissa antaganden och "typmiljöer" som får representera de olika lokala förhållandena längs sträckan. Syftet med modellerna är att få fram ett värde på inläckaget och påverkansområdets utbredning i berg som ett underlag för den slutliga bedömningen av påverkan på omgivningen.

Grundvattenmodellernas uppbyggnad och vilken typmiljö som används för olika sektioner längs sträckan redovisas i bilaga 5. Nedan redovisas kort de tre principiella typmiljöer som använts:

1. Hela det översta modellagret är en friktionsjord, 5 meter mäktigt, följt av ett 5 meter ytberglager med 10 gånger högre vattengenomsläpplighet i horisontalled än vertikalled (och övriga berglager). Modellen motsvarar områden med småbruten terräng med lertäckta mindre dalgångar mellan berg- och moränhöjder. Grundvattnet i jord finns i öppna magasin inom berg- och moränområdena eller i slutna magasin under lerjordlagren men med relativt korta strömningsvägar från omgivande berg- och moränhöjder. En sådan modell används t.ex. vid Sätra, Grimsta och sträckan Vinsta till Lunda.
2. En tätande lerlager, 5 meter mäktigt, finns ovanför tunnlar och når ut ca 1100 meter från tunnellinjen. Längre ut övergår denna i en friktionsjord som i modellen ovan. Under lerlagret följer ett 3 meter mäktigt friktionsjordlager. Modellen motsvarar stora lertäckta områden med undre grundvattenmagasin i jord som når ut till omgivande berg- och moränhöjder, som t.ex. på Lovö och Järvafältet.
3. Modellen utgår från nr 1 eller nr 2 ovan men med en korsande svaghetszon. Den 5 meter breda zonen läggs in vinkelrät och når upp till, men inte igenom, ytbergslaget. Konduktiviteten för sprickzonen sätts till 1×10^{-5} m/s, då får en 100 meters sektion inklusive svaghetszonen en vattengenomsläpplighet motsvarande medelkonduktiviteten (ca 1×10^{-7} m/s) enligt redovisningen i avsnitt 3.2 ovan.

Modellernas giltighet

Följande kan gälla avseende tvärsnittsmodellernas giltighet och prognossäkerhet:

- Vid jämförelse är överensstämmelsen god mellan tvärsnittsmodellerna för olika tunneldjup och vedertagna analytiska beräkningsformler [1] som använts i andra större tunnelprojekt, t.ex. Citybanan.
- Beräknat inläckage var förhållandevis okänsligt för olika värden för grundvattenbildning. Det tyder på att - inom rimliga värden för grundvattenbildning - det är berggrundens egenskaper och den täthet som erhålls i den tätade zonen runt bergtunneln som har störst betydelse för inläckagets storlek.
- I modeller där bergtunnlarna korsas av en vinkelrät svaghetszon blev påverkansområdets utbredning längs zonen snarare mindre än för omgivande berggrund i de fall då zonen når upp till grundvattenmagasinet i jord med dess betydligt större förmåga att lagra grundvatten jämfört med berggrunden. Om zonen inte når jordlagren blev utbredning längs zonen större i modellen men detta motsvarar inte de verkliga förhållandena i alla förekommande zoner.

4.3.2 Metodik för vattenbalansberäkning

Vattenbalanser har beräknats för olika delområden som redovisas i områdesavsnitten som rör grundvattenförhållanden och omgivningspåverkan.

Upprättade vattenbalanser utgår från grundvattenbildningen vid markytan inom områden med olika jordarter. Sedan beräknas hur mycket som bedöms kunna komma det undre grundvattenmagasinet och berggrundvattenmagasinet tillgodo. Slutligen sätts detta i relation till det beräknade inläckaget till Förbifart Stockholms anläggningsdelar vid olika täthetsklasser.

Viktigt att notera är att olika syften och behov gör att det finns flera sätt att upprätta och redovisa en vattenbalans. Vattenbalansen tangerar också begreppet vattenomsättning som diskuterades tidigare (avsnitt 2.2) då en vattenbalans med nödvändighet påverkas av hur vattnet strömmar mellan olika magasin eller områden.

Grundvattenbildning och vattenomsättningen i jordlagren och berggrunden varierar under året och mellan olika år. Grundvattenbildning sker främst under vår och höst och variationerna mellan ett "blötår" och ett "torrår"³ kan vara betydande. Kring ett grundvattendränerande objekt märks variationen genom att grundvattenavsänkningen och påverkansområdets utbredning varierar liksom inläckagets storlek.

Upprättade vattenbalanser är en "frysning" av vattenomsättningen och visar en genomsnittlig situation för ett genomsnittligt år. Variationen mellan åren och över ett år behandlas i den sammanvägda erfarenhetsbaserade bedömningen av påverkansområdenas utbredning och hur grundvattnet påverkas inom detta område.

Metodik och använt dataunderlag och parametrar redovisas i bilaga 5. Beräkningarna är utförda med följande avgränsningar och antaganden:

1. Vattenbalansberäkningarna är utförda för delområden som består av ett eller flera mindre delavrinningsområden, avgränsade av höjdryggar (som utgör vattendelare för markvattenflöde och för grundvattenflöde i jord och ytligt i berg). Vissa beräkningsområden, t.ex. inom Järvafältet,

³ Torrår definieras som ett år där SGU:s rapportering redovisar grundvattennivåer mycket under de normala under 4 månader eller mer i följd. Blötår motsvarar då motsatta förhållanden med nivåer mycket över de normala under motsvarande period .

saknar avgränsande höjdryggar. Där har gränsen dragits där utbredningen av påverkansområdet kring Förbifart Stockholms anläggningar som längst bedöms kunna nå ut.

2. Grundvattenbildningen är beräknad för hela markytan med två olika infiltrationsparametrar: för höjdområden med berg- och moränjord och för dalgångar med lerjord enligt nedan [3].

	Normalår
Områden med berg- och moränjord	210 mm/år
Områden med ler- och siltjord	175 mm/år

3. Inom bebyggda områden har grundvattenbildningen reducerats för andelen nederbörd, som avrinner direkt i dagvattensystemen, med hjälp av avrinningskoefficienter framtagna för dimensionering av dagvattenledningar [8]. Koefficienten 0,4 har använts vilket motsvarar radhus, kedjehus eller flerfamiljshus med öppet byggnadssätt (flerfamiljshus utan inbyggda gårdar). För bebyggda områden har alltså grundvattenbildningen i tabellen ovan reducerats med 40 procent.
4. Då bebyggelsen främst består av radhus och flerfamiljshus av ytterstadskaraktär (flerfamiljshus omgärdade av grönytor) har koefficienten för fördelningen av ovanstående grundvattenbildning till olika förekommande grundvattenmagasin antagits vara:
 - a. Inom områden med berg- och moränjord går grundvattenbildningen till det undre grundvattenmagasinet i jord och till berggrundvattenmagasinet.
 - b. Inom områden med tätande lerjordlager, dvs. där de huvudsakliga undre grundvattenmagasinen förekommer, kommer grundvattenbildningen ett övre grundvattenmagasin tillgodo.
 - c. Inom områden där lerjorden bedöms ha ringa mäktighet, dvs. som inte omfattas av utbredningen av de huvudsakliga undre grundvattenmagasinen i jord, bedöms cirka hälften av grundvattenbildningen tillgodogöras det undre grundvattenmagasinet och resterande närliggande övre grundvattenmagasin.
5. Vid dränering av det undre grundvattenmagasinet i jord kan ett visst läckage ske genom lerlagret. Lerlagrets genomsläpplighet sätts till $K = 5 \times 10^{-9}$ m/s. Lerjordens mäktighet bedöms utifrån sonderingar eller uppgifter i den byggnadsgeologiska kartan [10] .

4.3.3 Bedömningsgrund utifrån vattenbalansberäkningarna och grundvattenmodellering

Avrinningen från ett område sker som ett grundvattenflöde och som ett flöde i ytlig mark och i diken/bäckar. I avsnitt 3.1 redovisades att större delen av grundvattenbildningen omsätts i ytliga system och strömmar ut som ytvattenavrinning i diken och dagvattenledningar. Det vill säga att normalt sker den större delen av områdesavrinningen som en ytlig grundvattenavrinning och som ytvattenavrinning och inte som ett grundvattenflöde i djupare jordlager och i berg. En dränering av berggrunden till en brunn eller en bergtunnel skapar en ökad grundvattenströmning till berg och till det undre grundvattenmagasinet i jord, till stor del på bekostnad av den ytliga avrinningen. I

redovisade vattenbalanser beräknas den potentiella grundvattenbildningen vilket är ett annat ord för hur stor andel av områdesavrinningen som skulle kunna ske som en grundvattenbortledning.

Det ska noteras att upprättade vattenbalanser utgår från infiltrationsparameterar (punkt 2 i avsnittet ovan) som utgår från områdesavrinningen och inte utifrån nederbörden. I Stockholmsområdet uppgår nederbörden (netto) till ca 600 – 650 mm/år⁴ och den generella områdesavrinningen till ca 200 – 220 mm/år [4]. Resterande mängd ca 400-450 mm/år är alltså avdunstning och växternas upptag vilket sammanfattas under begreppet, evapotranspiration. Avdunstning och vegetationens vattenupptag ingår alltså inte i vattenbalanserna. Redovisas exempelvis att dräneringen till Förbifart Stockholm anläggningsdelar beräknas uppgå till ca 30 % av områdesavrinningen förutsätts oförändrat växtupptag och avdunstning (dräneringen är då ca 30 % av 200 -220mm/år, dvs ca 60 mm/år).

Den potentiella (eller tillgängliga) grundvattenbildningen, som vattenbalanserna redovisar, är den grundvattenbildning som maximalt bedöms kunna strömma ned till det undre grundvattenmagasinet i jord och till berggrunden. Det motsvarar här alltså inte den totala grundvattenbildning som kan ske vid markytan. Då grundvattenströmningen genom ett lerlager (så kallat läckage) ökar med ökad påverkan av det undre grundvattenmagasinet är den potentiella grundvattenbildningen inte fast utan ökar med ökad dränering av de djupare liggande jordlagren eller berget.

I avsnitt 3.1 fastslogs att inläckaget till en bergtunnelanläggning styrs, bortsett från tunneltätningen, av vattengenomsläppligheten (främst i berggrunden och i kontakten mellan berg och jordlagren) och av mängden tillgängligt vatten (grundvattenmagasinens och grundvattenbildningens storlek). Vattenbalanserna kan då användas till att bedöma grundvattenmodellernas prognosvärde. Förenklat innebär detta att det beräknade inläckaget andel av den potentiella grundvattenbildningen är ett mått på mängden tillgängligt vatten och därmed på risken att i grundvattenmodellerna överskattat mängden tillgängligt vatten.

De beräknade inläckagens andel av den potentiella grundvattenbildningen till det undre magasinet och till berg redovisas som en procentsats och beräkningen hamnar från ca 30 upp till drygt 60 procent (ca 75% inom ett enstaka delområde under byggskedet med en tillfällig arbetstunnel). Av den totala avrinningen uppgår då inläckagets andel till mellan ca 15 och 35 procent. Notera att i tidigare avsnitt 3.1 hänvisades till ett forskningsprojekt [2] och där bortleddes ca 50 procent av den totala avrinningen under flera års tid utan att grundvattenmagasinen tömdes.

För områden där det finns befintliga undermarksanläggningar eller ett större antal brunnar för enskild förbrukning som för Kungshatt, har beräknad grundvattenbildning reducerats med ett bedömt inläckage till dessa brunnar eller anläggningar.

Denna procentsats används för att bedöma grundvattenmodellernas giltighet och prognossäkerheten i beräknat inläckage, påverkansområde och grundvattenavsänkning. Finns det mindre vatten än vad som beräknats i grundvattenmodellerna kan påverkansområdet bli större än beräknat, grundvattenavsänkningen ovanför tunneln kan bli större samtidigt som inläckaget kan bli något mindre än beräknat.

⁴ Enheten för nederbörd mm/år motsvarar antal liter per kvadratmeter under ett år, alltså regnar det 600 till 650 liter per kvadratmeter i Stockholmsområdet på ett år

Dränerings andel av grundvattenbildning till berg- och undre grundvattenmagasin	Konsekvensbedömning
0 – 35 % (gäller för 7 st beräkningsområden)	Vattentillgången är god och upprättade grundvattenmodeller bedöms ha gott prognostiseringsvärde.
35 – 50 % (gäller för 5 st beräkningsområden)	Grundvattendräneringens andel av beräknad potentiell grundvattenbildning är relativt stor. Resultatet av grundvattenmodelleringen ska tolkas med viss försiktighet.
Mer än 50 % (gäller för 6 st beräkningsområden)	Grundvattendräneringens andel av potentiell grundvattenbildning är stor. Resultatet av grundvattenmodelleringen ska tolkas med stor försiktighet. Bedömd omgivningspåverkan ska motiveras med kompletterande argument.

4.4 Underlag för bedömning av påverkan

Nedanstående beslutsmatris används i bedömningen av omgivningspåverkan.

	Berg	Jordlager
Grundvattenmodeller	X	X
Vattenbalans	X	X
Förmodade vattenförande sprickzoner	X	
Vattendelare (grundvattenmagasinens utbredning)		X
Jordlagrens genomsläpplighet, tätande lerlager etc		X

5 Grundvattenberoende objekt

Här redovisas vilka objekt som kan komma att påverkas av en grundvattenbortledning, vilka konsekvenser som kan bli följden samt en gradering av konsekvensen. Beskrivningen och natur- och kulturobjekt och bedömningsgrunder för konsekvensen av en grundvattenpåverkan redovisas i detalj i miljökonsekvensbeskrivningen, MKB för vattenverksamhet.

I kommande områdesvisa avsnitt där omgivningspåverkan orsakat av Förbifart Stockholms olika anläggningsdelar beskrivs redovisas vilka naturobjekt etc. som förekommer och den bedömda grundvattenpåverkan.

5.1 Brunnar för uttag av vatten

Med *brunnar för uttag av vatten* menas brunnar för dricksvattenförsörjning och för bevattning eller djurhållning. En grundvattenbortledning orsakat av Förbifart Stockholm kan påverka vattenbrunnar i berg eller i jord genom minskad uttagskapacitet och en förändrad vattenkvalitet. Bevattningsbrunnar är inte lika känsliga för en förändring av vattenkvaliteten som övriga brunnar. Utagskapaciteten för en brunn avgörs av grundvattentillrinning och brunnens magasineringsförmåga, det vill säga hur mycket vatten som ryms inne i brunnen och som kan användas under kortvariga stora vattenuttag. Vattenkvaliteten avgörs av grundvattnets beskaffenhet, brunnsutförande och närliggande verksamheter, exempelvis jord- eller skogsbruk eller avloppsanläggningar vilka kan påverka vattenkvaliteten.

Grund för att värdera en brunn utgår från brunnens nuvarande status och användning, möjligheter till åtgärd eller ersättning vid en påtaglig påverkan utifrån nedanstående generella värderingsgrunder:

- Ett normalhushåll (5 personer) förbrukar ca 900 l/dygn. Enligt de kommunala VA-verkens branschorganisation, Svenskt Vatten, förbrukar varje hushåll cirka 180 l/person och dygn (varav ca 35 l utgör WC-spolning).
- Enligt miljöbalken är grundvattenuttag större än för 1-2-familjershushåll tillståndspliktig verksamhet. Saknas tillstånd för uttagskapacitet över 1800 l/dygn beaktas detta vid eventuell påverkan.
- Brunnsuttag för bevattning eller djurhållning är tillståndspliktig verksamhet. Finns tillstånd gäller villkoren i detta. För övriga brunnar finns i viss mån rätt till uttagsmängd enligt hävd och uttagsbehovet behöver fastställas för varje enskild brunn.
- Vattenkvaliteten hos enskilda brunnar bedöms enligt Socialstyrelsens allmänna råd (SOSFS 2003:17) om försiktighetsmått för dricksvatten. Där anges vid vilka halter av olika ämnen dricksvatten anses vara tjänligt, tjänligt med anmärkning eller otjänligt.
- Ett borrhål med 15 cm diameter rymmer ca 18 l per meter borrhål. Brunnar djupare än 50 meter under grundvattenytan rymmer alltså en dygnsförbrukning vatten för ett hushåll.

Åtgärder när skador uppstått på brunnar kan vara att fördjupa befintlig brunn, ersätta med nytt brunnsläge, bygga en lågreservoar, installera reningsutrustning, ersätta med ytvattenlösning (kräver ett litet vattenverk) eller inkoppling på kommunalt dricksvattennät.

Trafikverket föreslår följande konsekvensindelning:

Liten konsekvens

Mätbar avsänkning i brunn men ingen märkbar påverkan för uttagskapacitet eller vattenkvalitet⁵.

Måttlig konsekvens

Fritidsfastighet: Utagskapaciteten påverkas genom att brunnen "sinar" vid mycket stora momentana uttag men tillrinningen motsvarar dygnsbehovet. Vattenkvaliteten påverkas inte så att gränsvärde för någon parameter passerats från *tjänligt* till *tjänligt med anmärkning* eller från *tjänligt med anmärkning* till *otjänligt*.

Permanentboende: Utagskapaciteten påverkas så att brunnen "sinar" vid mycket stora momentana uttag under torrår men tillrinningen motsvarar dygnsförbrukningen. Vattenkvaliteten påverkas inte så att gränsvärde för någon parameter passerats från *tjänligt* till *tjänligt med anmärkning* eller från *tjänligt med anmärkning* till *otjänligt*.

Bevattningsbrunn/djurhållning: Tillrinningen motsvarar dygnsbehovet under torrår för djurhållning men lågreservoar för utjämning av dygnsförbrukning kan behövas (gäller brunn utan tillstånd). För bevattningsbrunnar gäller att tillrinningen motsvarar dygnsbehovet under torrår men lågreservoar och viss vattenbesparande bevattningsteknik kan behövas.

Stor konsekvens

Brunnen sinar, uttagskapaciteten sjunker under nuvarande behov, vattenkvaliteten försämras så att någon parameter förändras från *tjänligt* till *tjänligt med anmärkning* eller från *tjänligt med anmärkning* till *otjänligt*. Brunnen behöver ersättas med annan brunn eller annan teknisk lösning för vattenförsörjning.

5.2 Energibrunnar

I en energibrunn överförs värme mellan omgivande berggrund och kollektorslangarna genom vattnet i brunnen. Luft isolerar effektivt och ovanför grundvattenytan sker i princip inget värmeutbyte. För varje meter, som vattennivån i en energibrunn sänks, minskar därför effektutbytet med omgivande berggrund med ca 30-40 W.

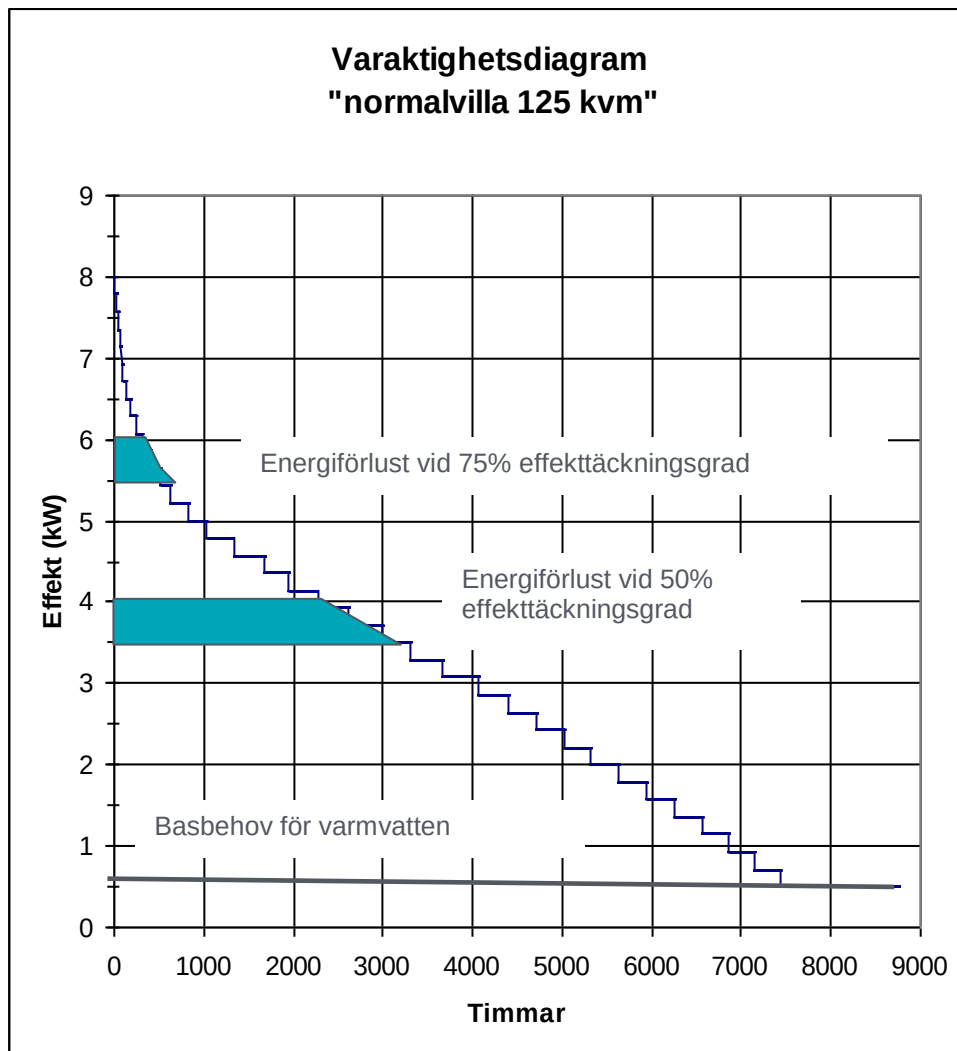
Konsekvensen av detta beror på vilken installerad effekt som krävs för att värma en bostad under perioder med kyla och hur stor andel av denna som värmepumpsanläggningen klarar av. Exemplet i Figur 5.1 nedan visar en "normalvilla" med effektbehovet 8 kW för uppvärmning och varmvatten. Den maximala effekten behövs bara under några 100 timmar vintertid medan den andra ytterligheten är sensommaren då endast varmvattenberedarens effekt på 500 W behövs.

I diagrammet är förlust av 500 W uppvärmningseffekt (motsvarar 12,5 till 16 meter sänkning) markerad för två olika nivåer av effekttäckning hos värmepumpsanläggningen. Överst är 75 procent täckningsgrad, motsvarande 6 kW installerad effekt, och 50 procent täckningsgrad, motsvarande 4 kW installerad effekt. Det markerade ytorna visar den energi (kWh) som förloras, det vill säga det som villaägaren betalar för. Varje ruta i diagrammet motsvarar 1000 kWh.

En grundvattenavsänkning på 12 till 16 meter innebär alltså en årlig energiförlust på:

- 250 kWh om värmepumpsanläggningen har 75 procent effekttäckningsgrad
- 1500 kWh om värmepumpsanläggningen har 50 procent effekttäckningsgrad

⁵ Vattenkvaliteten varierar naturligt över året och beroende på vilken parameter kan upprepade provtagning under olika årstider behövas innan påverkan kan fastställas.



Figur 5.1 Varaktighetsdiagram för en "normalvilla" där energibortfallet, dvs. det som måste ersättas med annan värmekälla, vid två olika effekttäckningsgrader.

Åtgärder när skador uppstått på energibrunnar kan vara att fördjupa befintlig brunn eller fylla den med ett värmeledande material. Till exempel i Tyskland är det regel att fylla brunnen med cement för att undvika att borrhålet sprider föroreningar mellan olika grundvattenmagasin vilket är vanligt förekommande i sedimentär berggrund. Det finns cementkvaliteter som har samma värmeledningsförmåga som granitberg. En nackdel är att kollektorslangar inte kan bytas ut, men enligt uppgift garanterar tillverkaren 50 till 100 års täthet. Alternativt kan hela brunnen eller delen ovan grundvattenytan fyllas med cement eller annat värmeledande material som används i branschen.

Trafikverket föreslår följande konsekvensindelning:

Liten konsekvens

Grundvattenavsänkning i brunn uppmäts till 0-5 meter vintertid (5 meter motsvarar en effektförlust på ca 150-200W).

Måttlig konsekvens

Grundvattenavsänkning i brunn uppmäts till ca 5-10 meter vintertid (10 meter motsvarar en effektförlust på ca 300-450W).

Stor konsekvens

Energibrunnen måste gjutas igen på grund av närhet till vägtunnelanläggningen. Grundvattenavsänkningen i brunnen överstiger 10 meter vintertid.

5.3 Sättningsrelaterad påverkan

5.3.1 Påverkan av en sättningsrörelse

Sättningsrörelser i lerlager kan innebära konsekvenser för byggnaders och andra anläggningars (t.ex. styva ledningar) grundläggning, för ledningar med självfall och allmänt för markförhållanden i form av ojämna ytor (t.ex. större asfalterade parkeringsytor eller parkmark).

Sättningsrörelser orsakad av en grundvattenavsänkning beror på att lerlagrets portryck minskar och därmed trycks lerlagret ihop. En portrycksminskning kan vara orsakad av en grundvattenavsänkning i det undre grundvattenmagasinet men även av ett avsänkt övre grundvattenmagasin (genom asfaltering och bortledning av dagvatten, täckdiken etc). Sättningsrörelser kan också orsakas av en lastökning, dvs. att ett hus eller fyllningsjord trycker ihop lerlagret. Också organisk jord (torv, dy och gyttja) kan kompakteras av en portryckssänkning och även av nedbrytning av växtdelar och annat organiskt material.

Det tar tid att dränera ett lerlager - flera tiotals år - beroende på lerjordens egenskaper men främst på hur mäktigt lerlagret är. Därför är kontroll av grundvattennivån ett effektivt sätt att övervaka risken för sättnings-skador. Eventuell påverkan sker långsamt och tid finns för skadereducerande åtgärder.

Har ett lerlager väl en gång kompakterats kan höjda portrycksnivåer inte göra att marklagret höjs igen. Därför talas det ibland om att lerlagret är överkonsoliderat för dagens portrycksnivå. Då menas att det tidigare utsatts för dränering eller tidigare belastning och dagens grundvattennivåer kan då sänkas till en viss nivå utan att nämnvärda sättningar uppkommer.

Största problemet med sättning i lerjord är att den oftast inte blir lika stor överallt. I lerfyllda dalgångar avtar lermäktigheten ut mot dalgångens sidor och sättningsrörelsen blir alltså normalt störst i dalgångens mitt. När ena halvan av en byggnad står på fast mark (berg eller sand/moränjord) och andra halvan på sättningsbenägen lera säger man att byggnaden utsätts för differentialsättning. Det finns många exempel på att en byggnad, grundlagd direkt på platta på mark, klarar 15-20 cm vid en jämn sättning medan skador kan uppkomma redan vid ett par centimeters differentialsättning.

Nedan listas de objekt som kan påverkas av en sättning och en bedömning av risken för skada och vilken effekt en skada skulle ge upphov till.

Byggnader

Riskområde är områden vid gränsen mot annan jordart; inom den centrala delen av lerområden är risken för differentialsättning mindre. Vid gränsområdena mot omgivande fast mark är lerlagret mestadels tunnare varför sättningsbeloppen samtidigt generellt blir mindre än för lerområdets centrala delar (tjockare lerlager kan totalt sett kompakteras mer än tunnare lager vid en viss grundvattenavsänkning). Redan en mindre sättningsrörelse (3-5 cm) kan ge upphov till skada.

Effekten av en sättning är skador i byggnaders fasader, kärvande dörrar och fönster och i värre fall skador i bärande konstruktioner. Åtgärder är grundförstärkning och reparation av uppkomna skador. Grundförstärkning är också en förebyggande åtgärd som kan vidtas i vissa fall.

Marksättningar kring en byggnad, som är grundlagd med pålar eller plintar/murar till fast jordlager eller berg inom områden med lerjord, kan ge upphov till en ökad belastning för pålarna (så kallade påhängslaster) eller till att håligheter under golv kan uppkomma. För sättningsbelopp upp till 10-20 cm bedöms risken för skadligt höga påhängslaster vara liten.

Effekten av en marksättning som uppkommit invid en fast grundlagd byggnad kan vara problem med skadedjur i håligheter som skapats, nivåskillnader mot anslutande trappor, altaner etc. För håligheter blir konsekvensen störst för de fall där ingen tidigare sättning förekommit.

Ledningar

Sättningskänsliga ledningar kan delas in i två grupper: styva ledningar och självfallsledningar. Ledningar för el och tele/bredband bedöms inte vara känsliga för de sättningsrörelser som möjligen kan tillåtas för andra typer av objekt.

Till styva ledningar hör vatten, avlopp (spill) och dagvatten samt fjärrvärme (fjärrkyla) och gasledningar. Spill- och dagvatten hör också till gruppen självfallsledningar. Större vatten- och fjärrvärmeledningar, så kallade stam- eller huvudledningar, inom ett sättningskänsligt område är med något undantag grundlagda på påldäck eller annat vis grundlagda ned till fast jordart eller berg.

Risk för skada för styva ledningar är därmed främst kopplad till kommunala eller samfälliga ledningar med mindre dimensioner, till spill- och dagvattenledningar samt till enskilda servisledningar som går mellan stamledningen och den enskilda byggnaden. Liksom för byggnader är risken för en skada störst i samband med differentialsättningar, men för en ledning är risken mindre eftersom ledningar har en större flexibilitet än en byggnad.

Risk för bakfall, dvs. att vattnet inte rinner i avsedd riktning, i gemensamma (kommunala eller samfälliga) självfallsledningar bedöms främst för de ledningar där fallet redan från början är dåligt. Men oftast faller terrängen (och strömningsriktningen i självfallsledningar) ned mot de områden där lerlagret är som mäktigast. En sättningsrörelse kan därför förstärka fallet snarare än att orsaka bakfall.

För enskilda servisledningar för vatten och avlopp används idag och sedan en tid plastledning som tål sättningsrörelser bra. Äldre ledningar kan vara av gjutjärn, vilka är mer känsliga också på grund av att de kan vara angripna av korrosion. Risk för skada är främst kopplad till ledningsbrott och inte till bakfall, eftersom fallet från den fast grundlagda byggnaden till anslutningspunkten blir större vid sättning.

Ett ledningsbrott på en kommunal eller samfällig vattenledning kan ge upphov till problem från mindre vattenläckage till totalt bortfall av trycket i ledningarna upp till som mest någon dag. Vatten får då hämtas vid tappställen.

En läcka eller bakfall för en avloppsledning kan ge upphov till utsläpp av avloppsvatten till ledningsgraven eller till stopp i bortledningen av spillvattnet.

För dagvattenledningar är kraven på täthet lägre, och effekten av ett läckage eller ökat läckage till ledningsgraven kan vara ökad belastning på spillvattennätet eller lokalt "vattensjuka" områden. Områdesavrinningen påverkas mer sällan av ett ledningsbrott eller läckage.

Effekten av en skada på servisledning kan vara från diffust läckage vid husgrund till avbrott i vattenförsörjning eller spillvattenbortledning.

Effekten av ett ledningsbrott på en fjärrvärme- eller fjärrkyleledning kan förutom avbrott i energileveransen innebära ett utsläpp av vatten med korrosionsmedel i mark eller till närliggande dagvattensystem.

Jordbruksdränering

Risk för ledningsbrott bedöms vara liten även för större sättningsrörelser (10, 20 cm eller mer). Ledning i form av dräneringsslang är flexibel och tål de differentialsättningar som kan uppstå. Täckdikessystem med betongrör eller äldre keramikrör läggs med kortare rörsektioner varför varje skarv kan ta upp en viss differentialsättning (eventuellt med ett mindre läckage som följd). Risk för bakfall i täckdikessystem bedöms vara liten, då terrängen vanligtvis faller ned mot de områden där lerlagret är som mäktigast och därmed får största sättningsrörelse.

Effekten av en uppkommen skada på områdesdräneringen är "vattensjuka" områden med en mindre skördeavkastning. En skada på täckdikessystemet bör kunna upptäckas under en vegetationsperiod och åtgärdas under följande höst/vinter.

Marksättningar

Ojämn marksättning är inget problem eller något som normalt märks inom naturmark. Asfalteras större ytor kan dock en ojämn marksättning märkas genom att vattenansamlingar uppkommer där marken satt sig. Marksättning inom hårdgjorda eller asfalterade ytor kan ha andra orsaker än grundvattenbortledning, bland annat minskad grundvattenbildning i och med att marken hårdgjorts. Även för asfalterade eller grusade gångvägar kan en ojämn marksättning märkas genom att vägen skevar eller får lokala svackor eller att belysningsstolpar börjar luta.

5.3.2 Konsekvensindelning

Uppkommer en sättningsrelaterad skada som följd av grundvattenbortledning när Förbifart Stockholm byggs eller är i drift kommer Trafikverket att ersätta detta. Ersättningen beror på skadan, objektets ålder och skick etc. enligt gängse regler för skadereglering. Det är därför inte relevant att dela in bedömningsgrunden för konsekvensbedömningen i liten, måttlig eller stor konsekvens utgående från enskilda skador. För skadade enskilda servisledningar kommer Trafikverket i förväg att träffa avtal med entreprenör som inom ett visst antal timmar ska kunna påbörja reparationsarbetet.

En indelning görs istället efter sannolikheten att en skada kan uppkomma om sättningsrörelser inträffar inom ett aktuellt område samt hur stor konsekvens (olägenhet) en uppkommen skada och åtgärdandet av denna innebär för enskilda berörda. Som förtydligande, om mindre marksättning inträffar inom ett område med exempelvis 100 fastigheter och följden blir att servisledningar behöver repareras för 1 -5 fastigheter innebär detta endast en mindre olägenhet för fastighetsbeståndet i sin helhet. För de enskilda där skada uppkommer ersätts dessa med reparerad ledning.

Tabell 5.1 Bedömd sannolikhet och konsekvens för olika indikativa sättningsbelopp

	Liten sannolikhet och/ eller olägenhet	Måttlig sannolikhet och/ eller olägenhet	Stor sannolikhet och/ eller olägenhet
Byggnader med grundvattenberoende grundläggning	0 - 3 cm	3 - 6 cm	> 6 cm
Kommunala eller samfälliga ledningar	0 - 10 cm	10 - 15 cm	>15 cm
Servisledningar	0 - 6 cm	6 - 12 cm	>12 cm
Marksättningar, hårdgjorda ytor	0 - 10 cm	10 - 20 cm	>20 cm
Täckdikessystem	0-20 cm	20 - 40 cm	> 40 cm

I Tabell 5.1 ovan presenteras indikativa sättningsbelopp för de olika skadeobjekten och för respektive nedan föreslagna konsekvensklass.

Liten konsekvens

Sannolikheten för skadlig sättningsrörelse bedöms vara liten utifrån bedömd grundvattenpåverkan och lerjordens egenskaper. Uppkommen sättningsrörelse ger följande konsekvenser:

Inom tätbebyggda områden

- Ingen byggnad med grundvattenberoende grundläggning annat än förråds- eller garagebyggnader (här ingår inte parkeringshus med flera våningar) finns inom området.
- Skada uppkommer på enskilda servisledningar (avbrott eller bakfall) för endast ett mindre antal fastigheter inom området. Uppkommer en skada ska reparationsarbete kunna påbörjas inom ett visst antal timmar. Olägenheten för enskilda fastighetsägare bedöms därmed vara acceptabel. En uppkommen sättningsrelaterad skada, t.ex. skador på servisledningar inom ett område, har en långsam utveckling och förebyggande åtgärder kan då sättas in vid behov för kringliggande fastigheter.
- Risk för synlig påverkan på asfalterade ytor eller gångvägar är liten.

Utanför tätbebyggda områden

- Risk för skada (avbrott eller bakfall) bedöms vara liten men kan inte helt uteslutas uppkomma på täckdikessystem.

Måttlig konsekvens

Utifrån bedömd grundvattenpåverkan och lerjordens egenskaper bedöms vissa sättningsrörelser komma att uppstå inom området.

Inom tätbebyggda områden

- Byggnader med grundvattenberoende grundläggning finns inom området. Risken för skada är relativt liten men kan inte uteslutas.
- Skada uppkommer på enskilda servisledningar för ett relativt litet antal fastigheter inom området. Skada kan inte uteslutas för samfällid eller kommunal stamledning.
- Viss synlig påverkan på asfalterade ytor, gångvägar bedöms uppkomma.

Utanför tätbebyggda områden

- Skada (avbrott eller bakfall) bedöms kunna uppkomma på täckdikessystem fast i mindre utsträckning.

Stor konsekvens

Utifrån bedömd grundvattenpåverkan och lerjordens egenskaper bedöms att skador kommer att uppkomma på vissa ledningar, servisledningar och vissa byggnader.

Inom tätbebyggda områden

- Risk för skada på byggnader med grundvattenberoende grundläggning är relativt stor.

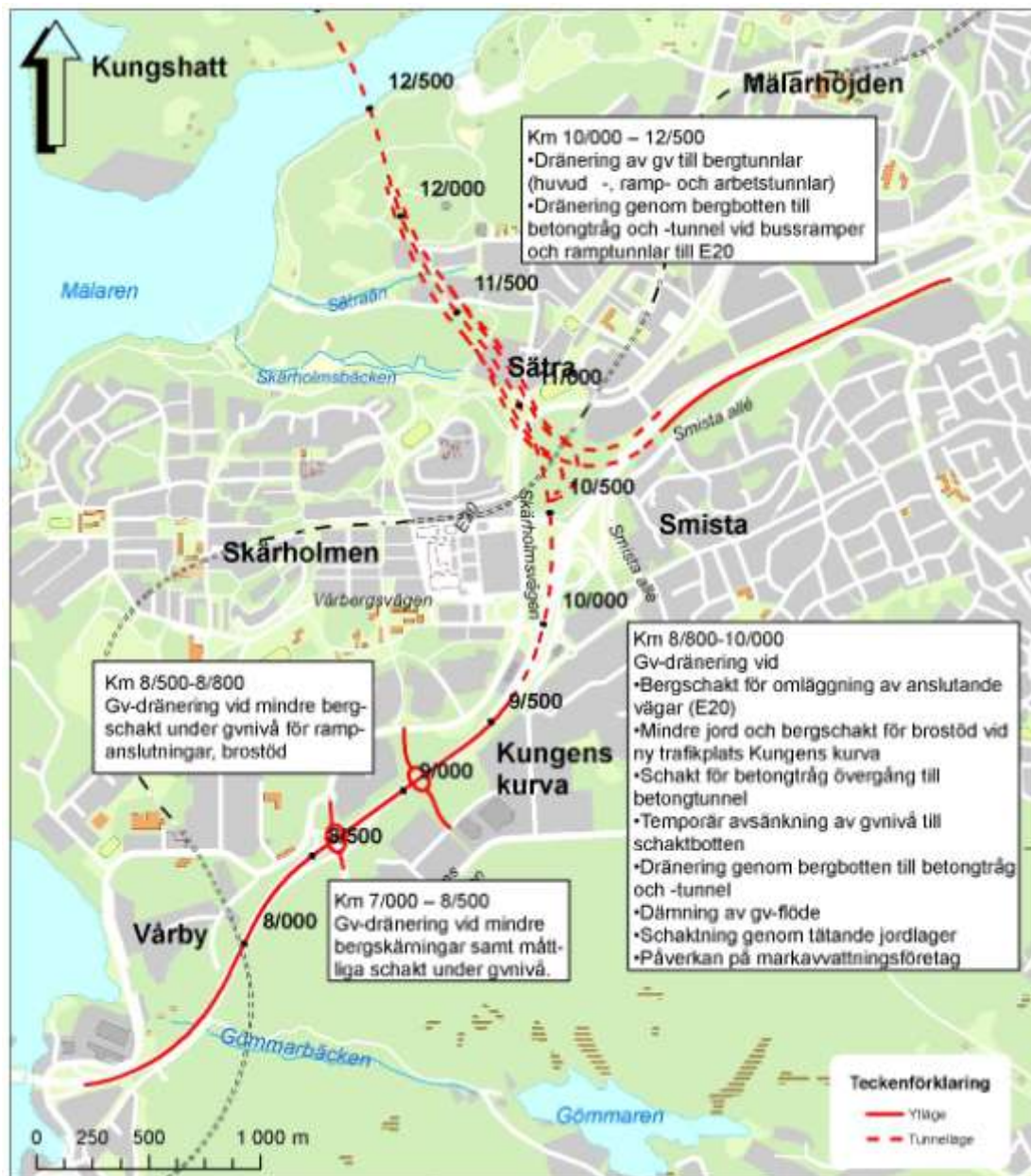
- Skador bedöms uppkomma på ett större antal servisledningar. Risken för skada eller behov av större förebyggande arbeten på gemensamma ledningar är relativt stor.
- Förekommer större asfalterade ytor kan de uppvisa sättningsskador som behöver åtgärdas.

Utanför tätbebyggda områden

- Skada (avbrott eller bakfall) bedöms uppkomma på täckdikessystem i sådan omfattning att större omlägnings- eller reparationsarbeten krävs.

6 Beskrivning Vårby till och med Sättra

Detta avsnitt omfattar området från Vårby fram till Sättrastranden vid Mälaren. Först beskrivs översiktligt den grundvattenpåverkan som Förbifart Stockholm medför. Därefter beskrivs mer detaljerat de olika delarna av området och hur Förbifart Stockholm kommer att byggas. Se vidare beskrivning för respektive anläggningsnummer i *Teknisk beskrivning, TB*.



Figur 6.1 Översiktskarta över Förbifart Stockholms sträckning inom delen Vårby till Sättra samt översiktligt medförande grundvattenpåverkan. För övrig påverkan se Teknisk Beskrivning

För att de områden som beskrivs i följande avsnitt, i figurer och i bifogade kartor lättare ska kunna återfinnas anges i underrubriker och i löpande text uppgifter om den längdmätning som används för att dela in Förbifart Stockholms huvudsakliga vägsträcka. Dessutom anges de identifierade huvudsakliga (undre) grundvattenmagasinen i jord tillsammans med en del vägnamn eller områdesnamn som redovisas i figurer och i kartor. Längst bak i dokumentet finns en utvikbar kartförklaring till de hydrogeologiska kartfigurer som visas under de olika avsnitten. För att skilja den södra delen av handelsområdet vid Kungens kurva från det större området vid Ikea används namnet Lindvretens handelsområde om detta område.

6.1 Geologiska och hydrogeologiska förhållanden

Kartor som visar de hydrogeologiska och geologiska förhållandena finns i bilaga 1.

Från Vårby stiger terrängen upp mot ett höjdområde vid Lindvretens trafikplats med ytligt berg eller endast tunna jordlager (km 8/200 till 8/700). Fortsatt norrut faller terrängen igen ner mot området vid Skärholmens centrum och handelsområdet vid Kungens kurva. Jordlagren vid Skärholmen och Kungens kurva består till stor del av lös lera ovanpå friktionsjord på berg. Inom vissa områden överlagras leran av en organisk jord där tidigare mindre sjöar funnits. Lerlagret varierar från 0 till maximalt cirka 10 meters mäktighet. I den övre delen av lerlagret finns en tunn torrskorpebildning, men i övrigt är leran lös till mycket lös.

Sätraområdet karakteriseras av tre större höjder, där berget ofta går i dagen, åtskilda av två lerfyllda dalgångar - Skärholmsbäckens och Sätraåns dalgångar - som utbreder sig i öst-västlig riktning. Jordlagren vid Sätra är uppbyggda på samma vis som vid Skärholmen: lerlagret varierar mellan 0 till maximalt cirka 17 meter (enligt sonderingar och byggnadsgeologiska kartan [10]) med en lokalt mäktig lera ovan friktionsjord på berg. Jorden i Sätraåns dalgång består av maximalt cirka 5 meter torrskorpelera överlagrande upp till ett cirka 7 meter mäktigt halvfast till fast ler- och siltlager ovan friktionsjord på berg. I dalgångens mitt ligger Sätraån, vars fåra har eroderat ner till friktionsjord/bergytan. Det är Sätraåns djupa bäckfåra som avvattnar det översta lerlagret och skapar det jämförelsevis mäktiga torrskorpelaget.

De undre grundvattenmagasinens friktionsjord har en mäktighet som varierar från 0 till cirka 5 meter. Vid E4/E20 intill bensinstationen vid Ikea och vid Ekholmskopplet på andra sidan E4/E20 är jordarten en sandmorän eller siltig sandmorän dvs. har måttlig till relativt god vattengenomsläpplighet (hydraulisk konduktivitet $1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5}$ m/s). Inom övriga områden förutsätts friktionsjorden vara en moränjord med en hydraulisk konduktivitet mellan $1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-7}$ m/s.

6.1.1 Lerjordens sättningssänslighet

Prov har tagits på lerjordlagrens sättningssänslighet och undersökts på laboratorium (CRS-försök) vid ett antal punkter som listas i nedan. Provtagningspunkternas läge visas i kartbilaga 1 och i figurer i kommande avsnitt 6.2 om omgivningspåverkan.

Hur mycket en lera konsolideras vid en grundvattenavsänkning beror på leran, vattenhalten och framför allt hur mäktigt lerjordlagret är. Redovisade sättningsbelopp ska därför tolkas med viss försiktighet. Utöver punkterna, som redovisas i tabellen nedan, har prover bedömts som tagits vid andra punkter i tidigare utredningar, men för dessa gäller att det är osäkert om dåtidens förhållanden, grundvattennivå etc. fortfarande gäller. Sättningar kan uppstå av andra anledningar än en dränering av det undre grundvattenmagasinet, t.ex. genom belastning av byggnader eller fyllningsjord eller genom nedbrytning av organisk jord.

Tabell 6.1 Beräknad sättning för olika områden med lerjord och grundvattenpåverkan

Grundvatten- magasin	Provtagnings- punkt	Lermäktighet (m)	Avsänkning: 1 m		Avsänkning: 2 m		Avsänkning: 5 m	
			Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år	Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år	Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år
Sätra 1.1	08F020	4.5	0.02	0.03	0.04	0.05	0.12	0.14
Sätra 1.1	09F103	3.5	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sätra 1.2	08F047	3.5	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05
Sätra 1.2	09F071	4	0.13	0.26	0.27	0.36	0.33	0.40
Sätra 1.3	09F076	7	0.04	0.07	0.07	0.14	0.32	0.39
Sätra 1.3	10F001	1.5	<0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
Sätra 2.1	08F059	>6	0.03	0.06	0.06	0.13	0.24	0.28
Sätra 2.1	08F060	15	0.10	0.34	0.18	0.52	0.57	1.16
Sätra 3.1	08F111	7.5	<0.02	0.04	0.04	0.09	0.26	0.41
Sätra 3.1	10F003	7.5	0.03	0.04	0.05	0.08	0.19	0.24
Sätra 3.1	10F002	Endast torrskorpelera	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas
Sätra 5.2	08F055	>6	0.04	0.05	0.07	0.1	0.39	0.47
Sätra 5.2	08F056	11	0.02	0.03	0.05	0.05	0.19	0.29
Sätra 5.2	08F057	4	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.04	0.05
Sätra 5.2	08F061	5.5	0.02	0.03	0.05	0.07	0.27	0.31
Sätra 5.2	08F062	6.2	<0.01	<0.01	0.02	0.03	0.06	0.07
Sätra 5.2	08F063	6.5	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
Sätra 5.4	08F052	11.5	0.03	0.05	0.06	0.14	0.3	0.65
Sätra 5.4	10F004	Endast torrskorpelera	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas
Sätra 5.5	10F005	4	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Sätra 5.5	10F006	Endast torrskorpelera	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas
Sätra 6.1	09F078	3.5	0.12	0.19	0.22	0.30	0.28	0.33

Områdesvis bedömning av sättningskänslighet:

Område Sätra 1.1

Vid grundvattenmagasin Sätra 1.1 bedöms lerområdet norr om E4/E20 vara konsoliderat eller ha ringa mäktighet varför en viss grundvattenavsänkning kan ske utan någon sättningsrörelse av betydelse. För delen söder om E4/E20, dvs. inom handelsområdet vid Lindvreten bedöms lerlagret vara känsligt för en grundvattenavsänkning större än 2 meter.

Handelsområdet Kungens kurva och Skärholmens centrum

Hela området vid Kungens kurva och Skärholmens centrum bedöms ha sättningskänslig lera. Det omfattar områdena Sätra 1.2 till 1.4 och Sätra 2.1. Delar med organisk jord vid markytan kan även påverkas av nedbrytning av den organiska jorden. Området närmast E4/E20 vid längdmätning 9/800 till 10/000 är påverkat av dränering till en befintlig undermarksanläggning och lerjorden bedöms vara konsoliderat för denna påverkan men pågående konsolideringssättningar kan inte uteslutas i detta skede..

Norra Skärholmens centrum

För område Sätra 7.1 vid den norra delen av Skärholmens centrum saknas uppgifter om lerjordens sättningsegenskaper. Den byggnadsgeologiska kartan redovisar enstaka punkter med relativt mäktigt lerlager. Grundvattennivån bör till viss del vara påverkad av tunnelbanan. Då motsatsen inte kan bevisas förutsätts lerjorden inom området vara sättningskänslig.

Sätra

För området där Förbifart Stockholms ramptunnlar kommer att ansluta till E20 norrut (Sätra 3.1) finns uppgifter om sättningskänslig mark (bl.a. längs Smista allé) och området bedöms vara sättningskänsligt. Inom Gillsätraområdet (Sätra 5.2-5.3) finns sex provtagningspunkter med olika karaktär. De tre västligaste punkterna visar på mindre rörelser även vid en större grundvattenavsänkning, medan de tre östligare visar att större sättningsrörelser kan uppstå vid en grundvattenavsänkning överstigande 1-2 meter. Det pågår en grundvattendrainering inom området och konsolideringssättningar har redan inträffat. Det är i detta skede inte klarlagt om sättningar fortfarande pågår.

Sätraåns dalgång och området vidare österut är uppdelat av bergtrösklar i mindre områden med lerjord. Beräknad sättningsrörelse vid provtagningspunkten inom Sätra 5.4 visar att en del av området har sättningskänslig lerjord. För bostadsområdet söder om vattentornet (Sätra 5.5) är lerlagret måttligt och sättningskänsligheten därmed mindre. En provtagningspunkt visar < 3 cm vid 5 meters permanent grundvattenavsänkning.

Området vid Sätravarvet

Inom varvsområdet finns en provtagningspunkt som visar på sättningskänslig lerjord även vid en måttlig grundvattenavsänkning.

6.1.2 Markföroreningar

Någon fullständig inventering eller provtagning av eventuella föroreningar är inte utförd. Viss provtagning har skett inom områden där schaktarbeten kommer att utföras, se provtagningspunkter i kartbilaga 1.

Markföroreningar har påträffats vid följande platser längs sträckan⁶:

- Intill E4/E20, vid läget för den nya trafikplatsen vid Kungens kurva (punkt 08Fo46) har bly och kadmium påträffats i föroreningshalt mellan riktvärdet för KM (känslig markanvändning) och MKM (mindre känslig markanvändning).
- Vid Lindvretens handelsområde (vid Månskärsvägen där ny cirkulationsplats ska byggas) har alifater >C16-C35 påträffats i halt över MKM (punkt 08Fo06).
- Intill Skärholmsvägen i närheten av Sätra bollplan har kobolt och kvicksilverförorening påträffats i halt mellan KM och MKM (punkt 09Fo27).
- Längs E4 norr om Skärholmen i område där breddning ska ske överstiger föroreningshalten riktvärdet för MKM för kobolt vid en punkt (08Fo95) och för PAH-M och PAH-H vid en annan punkt (08Fo107). Vid den sista punkten ligger halten för alifater och aromater mellan KM och MKM.

⁶ - KM (Känslig markanvändning) innebär att marken kan användas till bostäder, odling, daghem m m.

- MKM (Mindre känslig markanvändning) innebär att marken kan användas till kontor, vägar, industri m m.

6.1.3 Berggrundsförhållanden

Berggrunden består mestadels av en medel- till grovkornig sedimentgnejs (tidigare sjösediment som omvandlats till en bergart liknande granit fast med bandad struktur). Mindre partier av granit samt mindre grönstensgångar samt gångar eller diffusa ansamlingar av pegmatit förekommer i gnejsen. Gnejsens bandade struktur (foliation) har en i huvudsak nordostlig orientering (stryker) och lutar (stupar) brant eller medelbrant mot SO. Sprickfrekvensen i berget har i de borrningar som utförts varit 1-4 sprickor per meter borrhål. Sprickfyllnadsmineral domineras av klorit och kalcit. Sprickfyllnadsmineral är lösta mineralsalter i grundvattnet som kristalliserat i öppna sprickor långt senare än då sprickorna bildades.

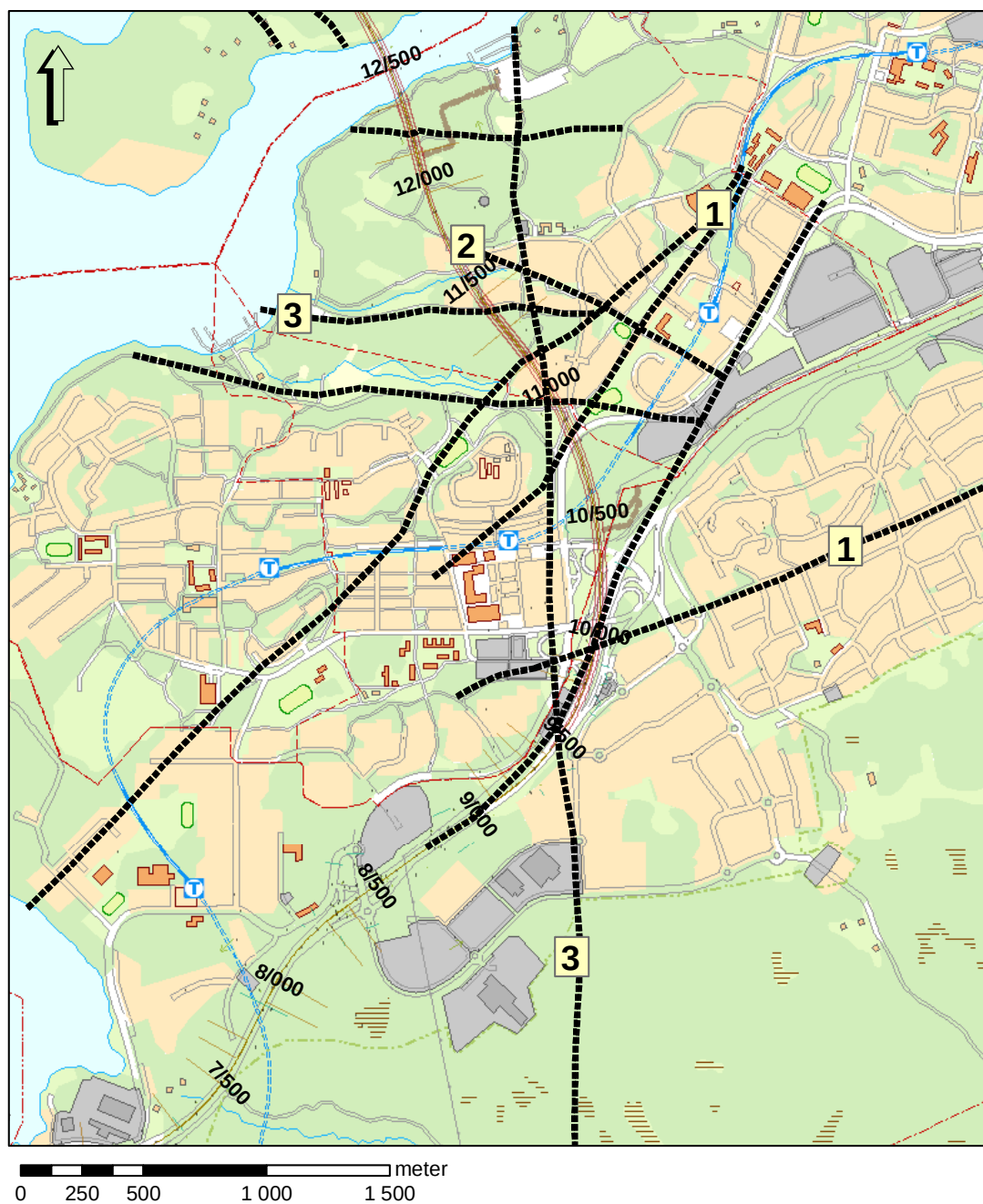
För grundvattenströmning i berg gäller, generellt uttryckt, att en granit oftast är sprödare än gnejs och lättare spricker när den blir utsatt för tryck. Gnejs är mer plastisk (mjuk) vilket ibland kan ses i böljande veckstrukturer i bergskärningar.

Gångar av grönsten eller pegmatit betyder att det ursprungliga berget spruckit upp och fyllts ut av grönsten (en relativt tät bergart) eller pegmatit (en grovkornig relativt vattengenomsläpplig bergart). När den sprickfyllande bergmassan (magma) svalnar spricker omgivande ursprunglig berggrund ofta upp. Vattengenomsläppligheten är därför ofta högre runt en gångbergart än i omgivande huvudsakliga berggrund.

Sprickor och svaghetszoner

I Figur 6.2 nedan redovisas de dominerande svaghetszoner (nr 1 och 2) samt underordnad grupp (nr 3) som påträffats vid borrningar och genom sprickkartering i bergskärningar eller i befintliga undermarksanläggningar eller genom seismik och lineamentstolkning⁷ och som bedömts ha en större utbredning och/eller kunna ha en hög vattengenomsläpplighet. Den första gruppen av sprickor är nära vertikalt stående eller lutar medelbrant åt sydost-sydsydost. Den andra och tredje gruppen sprickor är nära vertikalt stående.

⁷ Seismik är en geofysisk undersökningsmetod, lineamentstolkning innebär att huvudsaklig orientering och förekomst av svaghetszoner i berg tolkas ut från terrängens utseende, ex förekomst och orientering av långsmala dalgångar, bergryggar, branta bergsidor



Figur 6.2 Dominerande svaghetszoner för sträckan Vårby till Sättra.

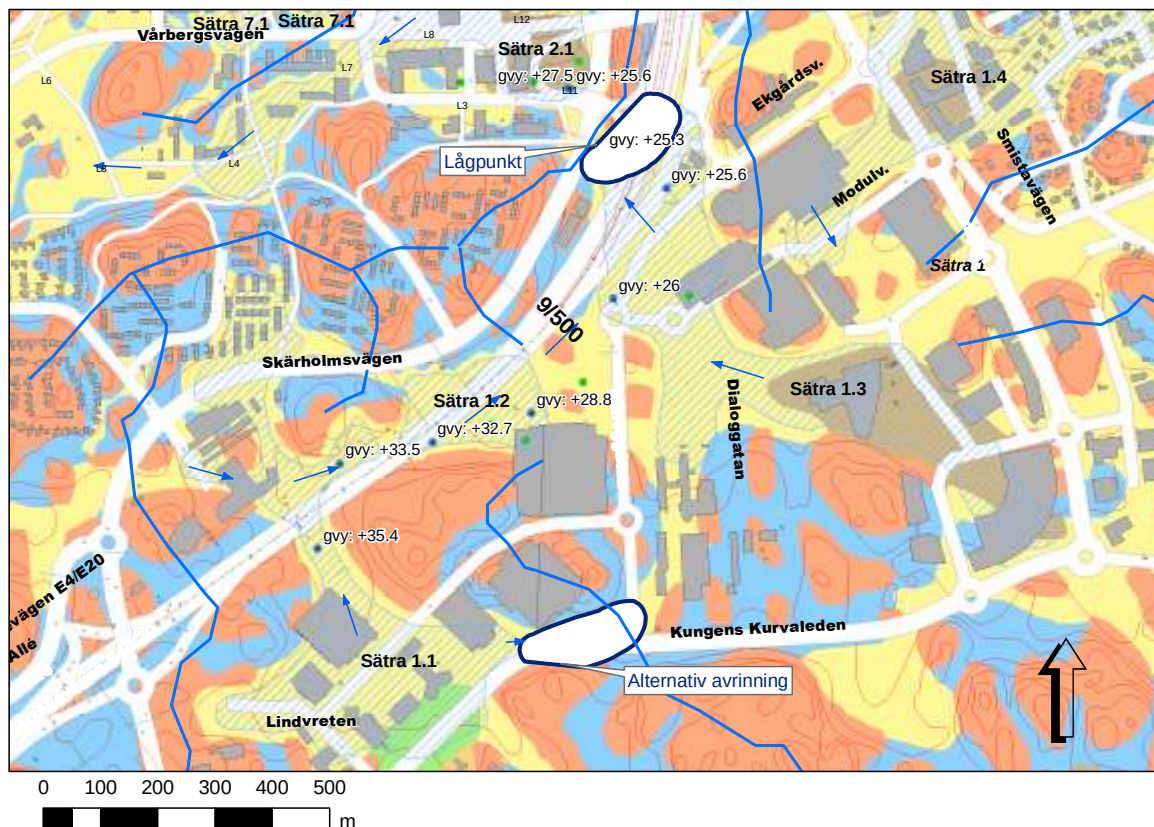
6.1.4 Grundvattenförhållanden

I följande beskrivning finns ett antal figurer som illustrerar speciella förhållanden inom utvalda delar. För hela sträckan hänvisas till kartbilaga 1.

Den inledande delen från Vårby backe från km 7/500 upp till en vattendelare ca km 8/800 norr om Lindvretens trafikplats avrinner i stort sett längs med vägen ned mot Vårby källa vid Spendrups byggeri. Vid längdmätning km 7/500 passerar en bäck som mynnar vid Vårby under E4/E20. Bäckens rinner från området nära sjön Gömmaren men utgör inte sjöns avrinningsväg. Flödet i bäcken är begränsat och har större årstidsvariation än om den börjat vid sjön.

I höjdområdet kring Lindvretens trafikplats, km 8/500 till 8/800, är topografin växlande med berg i dagen eller berg med tunt jordtäckte och lerfyllda svackor. Den befintliga trafikplatsen har inneburit bergschakt för vissa anslutande rampvägar. I området finns inga grundvattenmagasin av betydelse i jordlagren.

Efter vattendelaren vid km 8/800 börjar markytan att falla ned mot det större planare området vid Kungens kurva. Här förekommer flera undre grundvattenmagasin i friktionsjorden där grundvattennivån hålls uppe av bergtrösklar i dalgångarna ned till det närmast nedre liggande grundvattenmagasinet. Det kan liknas vid skålar i en fontän som när de är fyllda rinner över kanten till nästa, lägre skål. Med början söderifrån finns ett grundvattenmagasin (Sätra 1.1) som omfattar större delen av Lindvretens handelsområde och ett område nordväst om E4/E20 följt av ett mindre grundvattenmagasin vid Heron City (Sätra 1.2) som båda avrinner mot norr och det större grundvattenmagasinet vid Kungens kurva (Sätra 1.3), se Figur 6.3 nedan.



Figur 6.3 Grundvattenförhållandena vid Kungens kurva (se utvickbarkartlegend längst bak i dokumentet)

Grundvattenbildningen till området bedöms vara god då omgivande berghöjder är relativt obebyggda. Uppmätta grundvattennivåer nära markytan tyder på att grundvattenmagasinen är opåverkade av dränerande objekt eller av bortledning via dagvattensystem. Grundvattennivån och strömningen mot norr styrs av bergtrösklar under E4/E20 och grundvattennivån faller från cirka +35,5 inom Sätra 1.1 till cirka +30 inom Sätra 1.2 till cirka +26 inom närliggande del av det större grundvattenmagasinet vid Kungens kurva. I äldre utredningar (i samband med utbyggnad av en huvudvattenledning) redovisas en möjlig väg för avrinning längre åt sydost direkt till grundvattenmagasin Sätra 1.3 längs med en "korridor" med lerjord, se Figur 6.3. En grundvattendelare skulle då förekomma direkt söder om grundvattenrör GWH179. En sådan avrinningsväg för grundvattenmagasin Sätra 1.1 påverkar inte bedömningen av omgivningspåverkan orsakad av Förbifart Stockholm.

Tidigare avrann grundvattenmagasinet vid Kungens kurva mot väster genom passagen där det idag finns en gång- och cykelpassage under E4/E20 (vid ca km 9/900) för att sedan vika av mot sydväst och Vårby gård. Idag visar mätningar av grundvattennivån på en lågpunkt vid gång- och cykelpassagen eller strax öster om, dit grundvattnet strömmar både från Sätra 1.3 och från delar av grundvattenmagasinet vid Skärholmens centrum (Sätra 2.1), se Figur 6.3. Lågpunkten i grundvattennivån i jord är orsakad av dränering till dagvattenledningar och till en dagvattentunnel som finns i området. Uppmätt grundvattennivå mellan +25 och +25,5 är i nivå med gångvägens nivå under E4.

Inom handelsområdet vid Kungens kurva avgränsas grundvattenströmningen av höga bergnivåer. I figuren ovan och i bifogad karta redovisas utbredningen av de två huvudsakliga grundvattenmagasinen (Sätra 1.3 och 1.4) och bedömd kontaktväg mellan dessa. Det är inte helt klarlagt om de nordost-sydvästligt orienterade smalare passagerna under Ekgårdsvägen eller Modulvägen utgör vattendelare. Vår bedömning är att bergnivån i passagerna medger ett flöde från Sätra 1.4 till Sätra 1.3 men att en grundvattenpåverkan inom Sätra 1.3 stannar vid bergtrösklarna i passagerna.



Figur 6.4 Grundvattenförhållandena vid Skärholmens centrum (se utvickbarkartlegend längst bak i dokumentet)

FS1 / C:\Users\ann.moller\Desktop\0G14H032.doc / / 2011-06-01 / / (Utskriven 2014-02-18 10:46)

Grundvattenströmningen från Gillsätra (Sätra 5.2) rinner inte mot väster längs med dalgången under Skärholmsbäcken (till Sätra 4.1). Ett stycke ner i dalgången finns en grundvattendelare och uppmätta nivåer visar istället på ett nordöstligt flöde mot Sätra 5.3. Dagens grundvattennivåer visar dock att befintliga VA-tunnlar och dagvattenledningar dränerar delar av området och en lokal lågpunkt för grundvattennivån finns i områdets västra del med uppmätta grundvattennivåer kring +30,5, se Figur 6.5. Närmare Skärholmsvägen ligger grundvattennivåerna marknära kring +32 vilket tyder på att där påverkas inte grundvattenmagasinet i samma utsträckning av någon pågående dränering. Grundvattennivån mellan + 30,5 och +32 är lägre än vid E4:s grundvattenmagasin vid Smista.

Inom Sätra 5.3 finns också undermarksanläggningar, men nivåvariationen (08Fo54RU) är relativt liten, vilket inte tyder på någon större påverkan från anläggningarna eller från en minskad tillrinning från Sätra 5.2. Det beror sannolikt på att området har en stor tillrinning från norr som väl kompenserar för dräneringen.

Den lerjordfyllda dalgången mellan Alsätravägen och Sättragårdsvägen (Sätra 5.4 och 5.5) har relativt stora omgivande grundvattenbildningsområden utan bebyggelse. Någon vattendelare mellan de bägge grundvattenmagasinen är inte utmärkt på bifogade kartor, men nivåskillnaden tyder klart på att höga bergnivåer hindrar ett flöde österut och att grundvattenflödet västerut är styrt av en eller flera bergtrösklar. Nivåskillnaden är så pass stor att markerade sprickzoner i dalgången sannolikt inte har speciellt god kontakt med de olika grundvattenmagasinen i jordlagren. Därmed skulle en dränering av Sätra 5.5 sannolikt inte påverka det högre liggande Sätra 5.4 i någon större utsträckning.

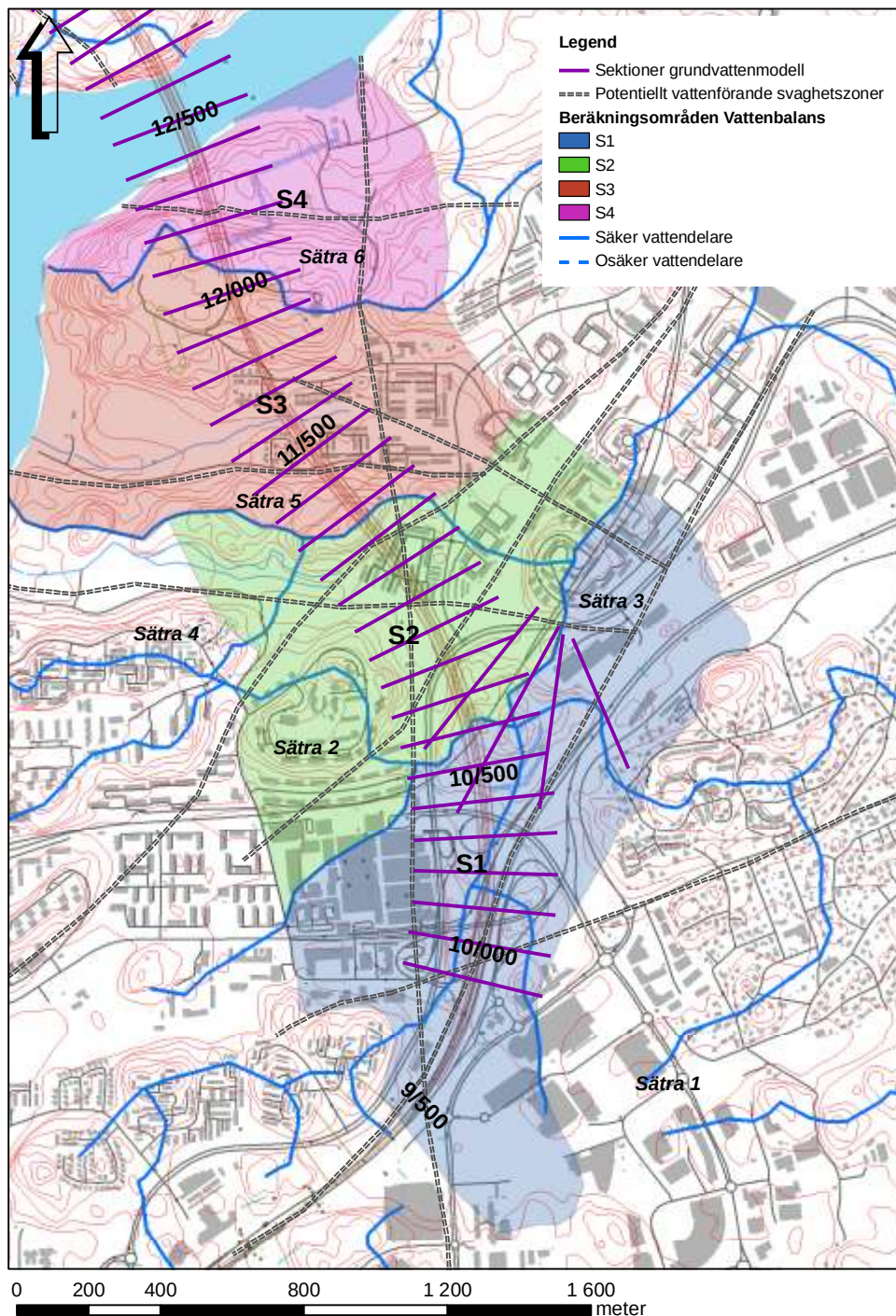
Vid Sättraravet finns en mindre jordfylld dalgång som kanaliserar avrinningen från delar av Sättraberget. Grundvattennivån är inte mätt i området men styrs av Mälarens nivå.

6.2 Bedömd omgivningspåverkan och förslag på skyddsåtgärder

Nedanstående redovisning av omgivningspåverkan beskriver förhållanden med vald fördelning av täthetsklasser längs sträckan men utan effekten av skyddsinfiltration eller annan vidtagen skyddsåtgärd.

Från början av Förbifart Stockholm (km 10/000) går bergtunnlarna ytligt med tunnelbotten från ca 25 meter under markytan sjunkande till ca 45 meter vid km 10/500. Vid trafikplatsen ligger huvudtunnelns botten på ca 60 meters djup medan bussramper och anslutande ramper norrut ligger på en högre nivå men under befintlig tunnelbanetunnel. I området finns andra undermarksanläggningar men de är sekretessbelagda och deras läge kan inte redovisas.

I följande beskrivning av bedömd omgivningspåverkan har delsträckan Skärholmen till Sätra delats in i mindre delområden för vilka vattenbalanser beräknats. Observera att inledande sträcka med enbart grundvattenpåverkan från olika schakt och konstruktioner vid markytan ingår inte i vattenbalansområdena men redovisas naturligtvis i följande bedömning av omgivningspåverkan. Områdena visas i Figur 6.6 nedan. Figuren visar även läget för de grundvattenmodeller som utförts samt för de svaghetszoner som bedömts kunna få betydelse för inläckage och påverkansområdets utbredning. För delsträckan, där vägen går i bergtunnlar, följer redovisningen av omgivningspåverkan delområdenas indelning i figuren nedan.



Figur 6.6 Vattenbalansområden, sektioner för tvärsnittsmodellering samt bedömda svaghetszoner som kan ha betydelse för grundvattenpåverkan

För delområdet har tvärsnittsmodeller upprättats för de sektioner som redovisas i Figur 6.6 ovan. Svaghetszoner med högre konduktivitet har antagits vid ca km 10/900, 11/200 och 11/500 men resultatet är giltigt även för närliggande sektioner om zoner skulle påträffas där i ett senare skede.

6.2.1 Omgivningspåverkan från Vårby till Lindvretens trafikplats, km 7/000-8/500

För den inledande sträckan av Förbifart Stockholm med start i Vårby backe och fram till och med Lindvretens trafikplats uppstår ingen grundvattenpåverkan av betydelse. En breddning av befintlig väg kommer att innebära bergschaktarbeten men dessa utförs där befintlig väg redan inneburit bergschakt. Den enda påverkan blir att dränerande nivå flyttas något längre ut från vägen. Förekommer flacka sprickor, som skulle kunna ge grundvattenpåverkan en större utbredning, torde befintliga schakt redan dränera dessa sprickplan. Någon sänkning av vägprofilen (vägens nivå) och därmed vägens dräneringsledning kommer inte att ske.

Skadeobjekt inom delområdet

Inga objekt som kan påverkas har identifierats.

Förslag på skyddsåtgärder

Inga speciella skyddsåtgärder bedöms behövas.

6.2.2 Omgivningspåverkan vid Lindvretens trafikplats, km 8/500-8/800

Ombyggnaden av Lindvretens trafikplats medför schaktning för brostöd och bergskärningar för rampvägar. Brostöden utförs mellan körfälten och innebär schakt under byggtiden ned ca 2 meter under markytan - helt eller delvis i jordmaterial som idag är underlag (vägunderbyggnad) för dagens E4/E20. Bergskärningar för rampvägar (anl. 112,113) bedöms få maximal höjd på ca 3 meter och ca 2 meter i medelhöjd.

Det finns inget större grundvattenmagasin i jord av betydelse inom området och de schakt för brostöd eller de bergskärningar som breddning/flytt av rampvägar innebär bedöms inte nämnvärt påverka grundvattenförhållanden kring nuvarande trafikplats.

Skadeobjekt inom delområdet

Inga objekt som kan påverkas har identifierats.

Förslag på skyddsåtgärder

Inga speciella skyddsåtgärder bedöms behövas.

6.2.3 Omgivningspåverkan vid ny trafikplats Kungens kurva, km 8/800-9/200

Vattenverksamheten utgörs av schakt under grundvattenytan för brostöd samt bergskärning för anslutande lokalvägar. Läget för cirkulationsplatsens broar och redovisade skärningar i förhållande till grundvattenmagasin och angränsande berg- och moränområden framgår av kartbilaga 1.

Tabell 6.2 Vattenverksamhet vid ny trafikplats, anl. 132

Anl. nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
149, 14E, 14F	Södra bron för cirkulationsplats och södra rampbroar	+35 - +36 *	Dräneringsnivå ca + 34,5	Ingen påverkan
14A, 14C, 14D	Norra bron för cirkulationsplats och norra rampbroar	< +35*	Dräneringsnivå ca +34	Ingen påverkan

*Grundvattennivån ligger utifrån närliggande grundvattenrör på mellan ca +32 till +35

Grundläggning för brostöd utförs med en betongplatta direkt på fast mark eller på pålar. Cirkulationsplatsens södra bro grundläggs på pålar (på grund av större lerlagermaktighet) och den norra bron grundläggs med platta på fast mark. Brostöd för anslutande rampvägar mot söder grundläggs på pålar och rampvägar mot norr med platta på fast mark. Grundläggningsdjupet för betongplattan kommer att vara ca 2 meter under markytan. Det kan inte uteslutas att vid enstaka schakt kan grundvattennivån under leran behöva sänkas upp till ca 2 meter för att förhindra schaktbottenuppträckning. Påverkan gäller alltså även det undre grundvattenmagasinet Sätra 1.1.

Bergskärningar för anslutande vägar och vägomläggning beräknas uppgå till:

- Anslutning mot Skärholmsvägen (anl. 13G), bergskärning på som mest cirka 7 meter med lägsta schaktnivå ca +40,8.
- Anslutning mot Månskärsvägen (anl. 13H), bergskärning på som mest cirka 6 meter med lägsta schaktnivå ca +40,2.
- Flytt av E20 N (anl. 103) mot söder, bergskärning på som mest cirka 8 meter med lägsta schaktnivå ca +32,6
- Flytt av E20 S (anl. 104) mot norr, bergskärning på som mest cirka 7 meter med lägsta schaktnivå ca +32

Bergskärningarna är relativt måttliga i både höjd och utbredning men kan påverka berggrundvattnet i deras närhet. Bergskärningarna utförs helt eller till största del ovanför grundvattennivån i närliggande grundvattenmagasin i jord. Till viss del kan dock vägdräneringen leda bort mark- och grundvatten som annars skulle strömma ned till närliggande grundvattenmagasin i jord, det vill säga Sätra 1.1 och Sätra 1.2.

Under byggskedet sker grundvattenpåverkan från inläckage eller (vid behov) aktiv avsänkning med som mest 2 meter intill schakt inom eller i närheten av schakt för brostöd. Byggtiden för ett brostöd uppgår till ca 2-3 månader och brostöden byggs sannolikt i följd efter varandra. Inom området finns två punkter där lerjordens sättningsegenskaper beräknats varav en, 08F20, visar på sättning rörelser upp mot 0,04 meter vid 2 meters grundvattenavsänkning under 2 års tid. I närheten till planerade schakt finns markförlagda ledningar, men också med bedömd maximal påverkan blir konsekvenserna för dessa små. Förorenad jord har påträffats i en punkt i området (se tidigare avsnitt 6.1.2) och detta kommer att följas upp i samband med markarbetena.

Under driftskedet är det endast den eventuella grundvattenbortledningen via vägdräneringen vid bergskärningarna som kan påverka grundvattensituationen. Påverkan bedöms bli mycket måttlig och inte ge upphov till sänkta grundvattennivåer inom grundvattenmagasinet i jord, Sätra 1.1 eller Sätra 1.2.

Beräknat påverkansområde för vattenverksamheten som Förbifart Stockholm medför redovisas i kartbilaga 1.1.

Skadeobjekt inom påverkansområdet

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade

Områden med sättningkänslig mark (risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm.)

Provtagning av leran visar att mindre marksättningar kan uppkomma vid en grundvattenavsänkning på 2 meter eller mer. Ledningar finns inom påverkansområdet men konsekvensen bedöms bli liten.

Grundläggning

Byggnaderna inom påverkansområdet har inventerats och dessa är fast grundlagda med pålar eller på murar eller plintar till fast botten eller berg.

Förslag på skyddsåtgärder

Planerad vattenverksamhet bedöms inte ge upphov till någon betydande påverkan och inga speciella skyddsåtgärder bedöms nödvändiga annat än ett kontrollprogram enligt nedanstående omfattning:

- mätning av mängd inläckande vatten till schakt, byggskede
- pejling av grundvattennivå, bygg- och driftskede
- sättningskontroll markpegel och dubb, bygg- och driftskede
- provtagning och kontroll av förorening i jord och i grundvattnet

6.2.4 Omgivningspåverkan vid påfarten till E4, påfart mot E20 samt bussramper i Skärholmen, km 9/200 -10/700

Delen omfattar sträckan inom vattenbalansområde S1 där delavrinningsområde Sättra 1.3, Sättra 1.4, Sättra 2.1, Sättra 3.1 ingår. För delen med betongtunnlar och tråg för huvudtunneln (km 9/200 – 9/920) påverkas även grundvattenmagasin Sättra 1:2.

Vattenverksamheten vid påslaget för bergtunnlarna vid Skärholmen (huvudtunneln och ramptunnlarna) utgörs under byggskedet av schakt under grundvattenytan för tråg och betongtunnel samt mindre bergskärningar för omläggning av E20 till och från Stockholm samt även skyddsinfiltration av vatten för att motverka effekten av grundvattendräneringen. För bergtunnlar, bussramper och av- och påslag mot E20 mot Stockholm består vattenverksamheten av inläckage till bergtunnlar, borrhål för friskluftsintag.

Under driftskedet utgörs vattenverksamheten av inläckage till bergtunnlar och andra konstruktioner eller ned till dräneringsnivå kring vissa betongkonstruktioner. Arbetstunneln kommer att stängas och vattenfyllas och medför därför ingen grundvattendränering i driftskedet.

Huvudtunnelns längd inom delområdet är ca 600 meter för vardera norrgående och södergående tunnelrör och ramptunnlarnas längd uppgår till sammanlagt ca 1200 meter. Arbetstunneln vid Skärholmen är ca 360 meter lång. Sammanlagd längd bergtunnel inom delområdet uppgår därmed till ca 2700 meter.

Vattenverksamheten listas i tabellen nedan.

Tabell 6.3 Vattenverksamhet inom sträckan km 9/200 -10/700

Anl. nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
141	Tråg E4 N, S	+29 - +32	Dräneringsnivå + 17,5	Ev dämning
142,143	Betongtunnel E4 N, S	+25 - +26	Dräneringsnivå + 9,5	Grundvattenbortledning
101, 102 11F, 11G 11H, 11I 161, 162, 164	Huvudtunnlar Ramptunnlar mot E20 Ramptunnlar för buss Friskluftintag eldriftsutrymmen		Grundvattendränering, beräknat 100 l/min	Samma som byggskede
291	Arbetstunnel Skärholmen		Grundvattendränering, beräknat 25 l/min	Ingen påverkan
14P	Betongtunnel busspåfartsramp från Skärholmsv. mot E4 N	+26 - +30*	Dräneringsnivå + 28,5	Dräneringsnivå + 29

14Q	Betongtunnel bussavfartsramp från E4 S mot Skärholmsv.	+26 -+30*	Dräneringsnivå + 27,5	Dräneringsnivå + 30
14L	Betongtunnel ramp 11 F (E4 S mot E20 N)	Ca +34,5	Dräneringsnivå + 21,5	Grundvattenbortledning
171	Luftutbytesstation ovanpå 14L betongtunneln	Ca +34,5	Dräneringsnivå + 21,5	Grundvattenbortledning
14M	Övriga konstruktioner ramp 11 F	Ca +35	Dräneringsnivå + 27	Dräneringsnivå + 34
14N	Betongtunnel ramp 11 G (E20 S mot E4 N)	Ca +35	Dräneringsnivå + 15,5	Grundvattenbortledning
14O	Trågm ramp 11 G (E20 S mot E4 N)	Ca +35	Dräneringsnivå + 29,5	Dräneringsnivå + 34

* Bussrampernas betongtunnlar ligger i en berg- och moränslänt utan egentligt grundvattenmagasin. Redovisad grundvattennivå gäller för det undre grundvattenmagasinet nedströms (Sätra 2.1 norra del)

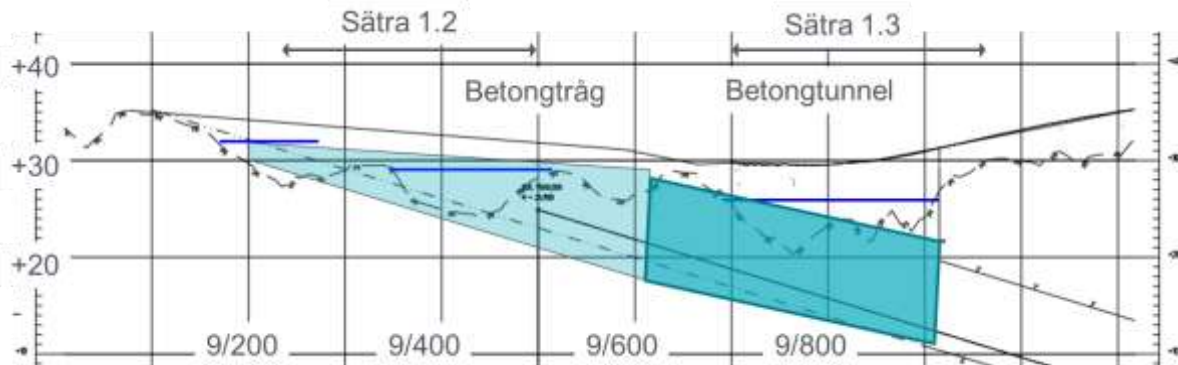
I Figur 6.7 visas en 3D-modell över trafikplatsen där de olika bergtunnlarnas läge i förhållande till varandra visas tillsammans med anläggningsnummer som medför vattenverksamhet. Gränsen för delområde S1 går ungefär längs med tunnelbanan i figuren nedan.



Figur 6.7 3-D modell över trafikplats Kungens kurva med anläggningsnummer för de delar som innebär vattenverksamhet

Omgivningspåverkan vid tråg och betongtunnel (km 9/200-9/920)

Påslaget vid Skärholmen visas schematiskt i figuren nedan där tråg och betongtunnel är inlagt ovanför en bergnivåprofil och ungefärliga grundvattennivåer för Sättra 1.2 och Sättra 1.3.



Figur 6.8 Schematisk längdprofil påslag vid Skärholmen (skala per ruta 100 m i sidled, 10 m i höjddled). Blå streck representerar grundvattennivåer inom jordlagermagasinen, Sättra 1.2 och Sättra 1.3

Byggskede

Hela sträckan för tråg och betongtunnel byggs innanför spont. Schaktet för tråg och betongtunnel börjar ungefär vid km 9/200 och fortsätter fram till ca km 9/920. Den grundvattenpåverkan som kan uppkomma är dämning och förändring av grundvattenströmning och grundvattendränering genom inläckage till schakt (eller aktiv avsänkning direkt utanför sponten).

I början byggs tråget med betongbotten och går ovan eller nära rådande grundvattenyta. Från ca 9/400 övergår betongbotten till en tätad bergbotten (tråget når alltså ned till bergytan) och därefter sker grundvattenpåverkan både i jord och i berggrunden. I fortsättningen når sponten alltså inte ned till schaktbotten utan en ökande andel av schaktet sker i berg fram mot bergtunnelpåslaget. Vid km 9/625, där tråget övergår till betongtunnel, kommer schaktbotten att ligga ca 17 meter under rådande grundvattenyta varav 10 meter under bergytan. Grundvattentrycket vid spontfot (spontens kontakt med bergytan) blir alltså som mest ca 7 meter.

Påverkan inom Sättra 1.2 bedöms bli en viss dämning (som motverkar inläckaget) av grundvattennivån på spontens norra sida och en grundvattenavsänkning på den södra sidan av sponten. Inom Sättra 1.2 finns två undersökningspunkter som visar olika resultat; 08Fo47 visar endast på måttliga sättningsrörelser medan 09Fo71 redovisar rörelser upp mot 0,3 meter redan för 2 meters avsänkning under byggskedet.

Påverkan inom Sättra 1.3 har bedömts med en principiell grundvattenmodell och utbredningen av påverkansområde i jord och i berg bedöms kunna nå ut till ca 100-150 meter från spont. Inom detta område eller strax intill finns sättningskänsliga lerlager varför åtgärder i form av skyddsinfiltration måste förberedas. I samband med schakt för betongtunneln kommer lerlager att schaktas bort vilka skyddar det undre friktionsjordmagasinet och berggrundvattenmagasinet från en ytlig förorening, t.ex. från ett utsläpp i samband med vägtrafikolycka.

Driftskede

För sträckan ca km 9/200 till 9/400 där vägen går i tråg med betongbotten, grundlagd på pålar, bedöms inte konstruktionen hindra grundvattenströmningen eller påverka de bergtrösklar som håller upp grundvattennivån i jord i grundvattenmagasin Sättra 1.1. Skillnaden i grundvattennivåer inom

Sätra 1.2 bedöms bero på en kombination av mindre bergtrösklar som begränsar flödet och jordartens måttliga vattengenomsläpplighet som gör att grundvattennivån följer den stigande bergytan mot söder.

Från ca km 9/400 till ca 9/622 börjar betongkonstruktionens botten sluta an mot berget och kan helt eller delvis dämna ett östligt eller sydöstligt grundvattenflöde uppifrån berg- och moränhöjden norr om vägen. Eventuell dämning kommer att hanteras i byggprojekteringen så att inte grundvattennivån stiger okontrollerat på uppströmssidan. Istället kan grundvattenflödet ledas förbi konstruktionen och bedöms därmed inte nämnvärt påverka grundvattenmagasinet (Sätra 1.3) nedströms tråget.

En möjlighet är att bergschaktet för tråget skapar en flödesväg för grundvattnet från Sätra 1.2 ned till Sätra 1.3 längs med trågets väggar. Uppkommer ett sådant flöde kan grundvattennivån inom Sätra 1.2 komma att sänkas av ned till bergytan (dvs ned till och förbi lerjordens underkant) eller ned till ca +25 . Detta kan hanteras genom att man säkerställer att bergschaktet utanför trågets väggar återfylls med strömningsavskärande fyllning.

Den färdiga betongtunneln kommer mestadels vara helt nedschaktad i berg. Betongtunneln kommer, beroende på byggmetod, antingen att få tätad bergbotten eller betongbotten. Vid driftskedet kommer därmed betongtunneln att vara tät eller få ett inläckage endast genom den tätade bergbotten, vilket kommer att minska grundvattenpåverkan betydligt jämfört med under byggskedet. Vid återfyllnaden mellan bergschakt och betongkonstruktionen kommer ett tätskikt skapas, vilket gör att inget jordgrundvatten ska kunna läcka ned till betongtunnelns bergbotten. Vid återfyllning av massor ovanför betongtunnlarna kommer ett tätande skikt att skapas för att förhindra eventuell föroreningstransport. Utförandet beskrivs i bygghandlingsprojekteringen och kan vara tätande massor eller dikestätning med geomembran eller liknande som projekteras i samband med att vägarna flyttas. Därmed bedöms risken för föroreningsspridning vid eventuellt utsläpp vara liten.

Vattenverksamheten för tråg och betongtunnel samt schakt för brostöd vid GC-passage innebär en avsänkning ned till schaktbottennivå med en utbredning av påverkan som bestäms av effekten av tätningsåtgärder, effekten av strömningsavskärande fyllning etc. I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde gällande både bygg- och driftskedet. Villkorsområdets gräns inom de lerjordtäckta delarna är valt utifrån bedömningen att lerjorden är sättningsbenägen. Här är det troligt att skyddsåtgärder i form av infiltration krävs under byggskedet för att upprätthålla villkorsområdet. För fastigheter inom föreslaget villkorsområde kommer Trafikverket träffa avtal om lämpliga skyddsåtgärder.

Omgivningspåverkan vid betongtunnlar för bussramper

Betongtunnlarna vid bussrampernas anslutning till vägnätet ligger i en sluttning ned mot Smistavägen och norra delen av grundvattenmagasinet Sätra 2.1. Schaktbottennivå ligger i höjd eller över det nedströms liggande grundvattenmagasinet så någon egentlig dränering av detta magasin kommer inte att ske. I stället kan dräneringen vid schaktbotten leda bort delar av tillrinningen till magasinet av den nederbörd som bildar grundvatten inom berg- och moränhöjden. Detta flöde skulle vid driftskedet kunna däckas eller bortledas av den färdiga betongtunneln. Möjligheter finns att kunna fånga upp det uppifrån höjden kommande vattnet och leda förbi konstruktionen och infiltrera det på nedströmssidan.

Bygg- och driftskede

Omgivningspåverkan bedöms bli måttlig i bygg- och liten i driftskedet.

I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring betongtunnlar och schakt gällande både bygg- och driftskedet. Villkorsområdet bedöms vara ansatt med god marginal utifrån bedömd grundvattenpåverkan. Inom villkorsområdet har inga skadeobjekt identifierats.

Omgivningspåverkan vid betongtunnlar, tråg m.m. vid anslutning mot E20

Delområdet Sättra 3.1 påverkas främst av ramptunnelarnas anslutning via betongtunnel och tråg till markytan och påverkan skiljer mellan bygg- och driftskedet.

Byggskedet

Betongkonstruktionerna kommer innebära djupa schakt i jord och ned i berg. Schaktbottennivån kommer vara som mest ca 20 meter under grundvattenytan vid betongtunneln för ramptunneln från E20 mot Stockholm och ca 15 meter som mest för den södra ramptunneln och för luftutbytesstationen. Större delen av sänkningen sker dock i berg som kommer tätas före utschaktningen. Jordlagermagasinen sänks som mest ned till bergets överyta vilket innebär en sänkning med som mest ca 5 meter. En sådan sänkning skulle, enligt beräkningar för provtagningspunkt 10FO03, kunna ge upphov till sättningar upp mot 0,2 meter under byggskedet.

Därmed bedöms grundvattennivån behöva upprätthållas i jordlagren genom skyddsinfiltration om nivån behöver avsänkas utanför sponten för att förhindra risk för jorderosion (siltinträngning till schakt) eller om avsänkning uppkommer av inläckage genom spont.

Markförorening har påträffats inom området för ramptunnelanslutning till E20 (se tidigare avsnitt 6.1.2) och kommer att hanteras i samband med byggskedet.

Driftskede

Som redovisats tidigare byggs betongtunnlarna antingen med tätad bergbotten eller med betongbotten. I driftskedet kommer tunneln då att vara tät eller endast få ett inläckage genom den tätade bergbotten. Betongtunneln ligger dessutom djupt i ett bergschakt med tätade sidor och tätande återfyllnad mellan tunnelväggar och schaktets sidor varför inläckaget bedöms bli måttligt. Området är ett lokalt utströmningsområde för grundvatten från kringliggande högre terräng och påverkansområdet blir måttligt. Ingen grundvattenavsänkning, som skulle kunna ge upphov till sättningar, bedöms uppkomma under driftskedet.

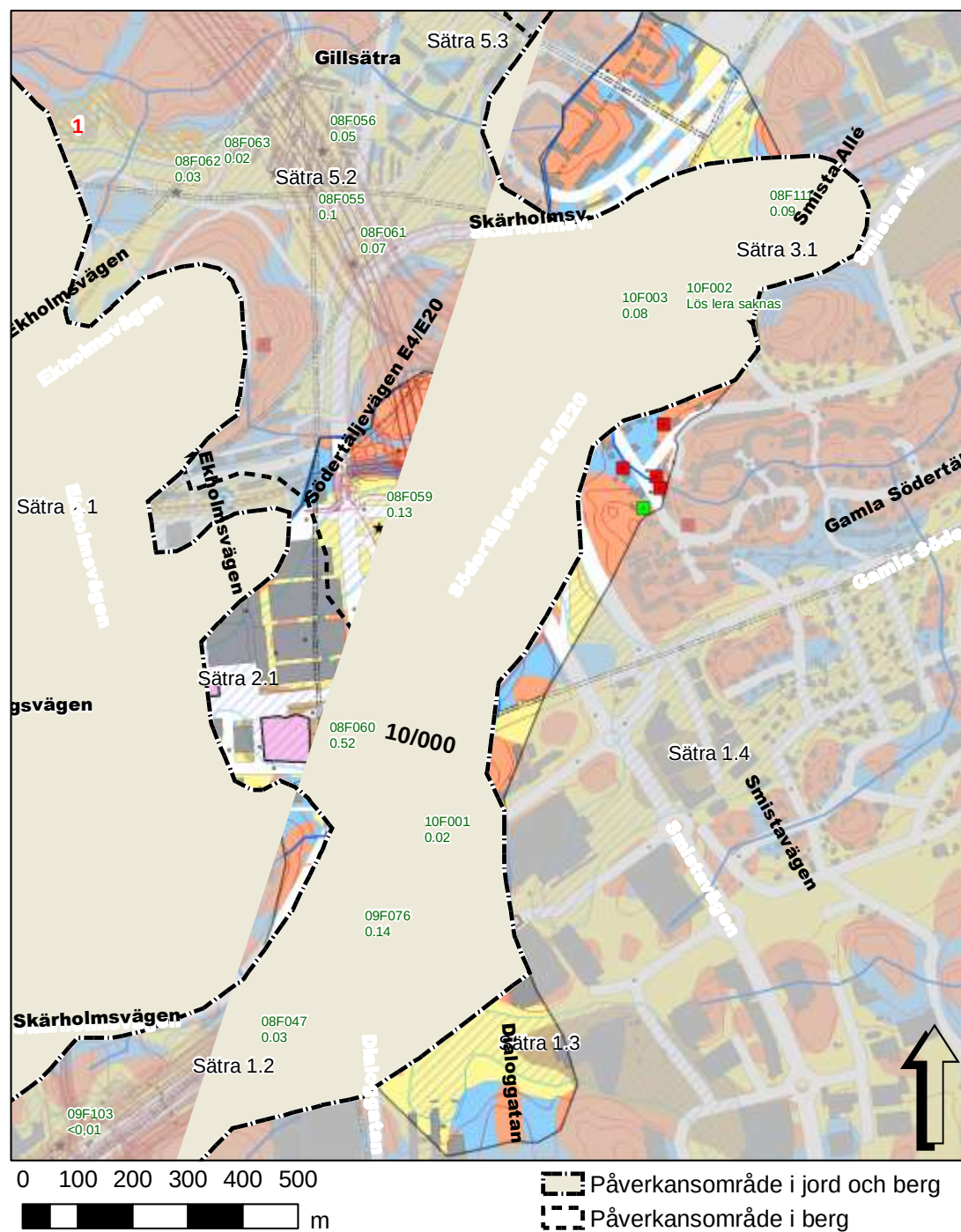
Betongkonstruktionerna bedöms inte dämna något grundvattenflöde i jordlagren då de i huvudsak är orienterade längs med strömningsriktningen, som i området går mot nordost. Vid tråget läggs en dränledning för att förhindra att mark- och grundvatten kan rinna in i tråget och vidare till ramptunnlarna vid höga nivåer. Dräneringsnivå väljs till +34 vilket kan innebära en viss grundvattendränering vid höga nivåer. Detta bedöms inte orsaka någon omgivningspåverkan av betydelse.

Vattenverksamheten för betongtunnel och schakt under grundvattenytan ramptunnelanslutningen mot Stockholm och E20 innebär en avsänkning som mest ned till schaktbottennivå i berg och ned till bergöverytan för överlagrande jordlager. I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde gällande både bygg- och driftskedet. Villkorsområdets utbredning utgår från omgivande bebyggelse och bedömningen att lerjorden är sättningskänslig. Fastigheten Spejaren 1 ingår med nödvändighet i villkorsområden. Större delen av byggnaden är grundlagd med murar eller plintar på berg men en mindre del (den norra delen) är grundlagd med pålar. Här kan ytterligare restriktioner behövas för att förhindra att en grundvattenavsänkning medför påhängslaster på pålarna. Inom villkorsområdets västra del ingår delar av parkeringsytor inom fastigheten Storsättra 1. Då gränsen för villkorsområde definieras som maximalt 0,3 meters avsänkning i jord bedöms inte marksättningar inom ingående delar av parkeringsytan uppkomma.

Omgivningspåverkan kring bergtunnlar

Vattenbalansberäkningen för område S1 visar att inläckaget till bergtunnlarna inklusive arbetstunnel uppgår till knappt hälften av beräknad potentiell grundvattenbildning under byggskedet och ca 35 procent när arbetstunneln vid Skärholmen inte dränerar området. Därmed bedöms

grundvattenmodellerna ha god prognostiseringsvärde men med arbetstunnlar och effekten av olika betongkonstruktionen har påverkansområdet utökats inom delar med grundvattenmagasin i jordlagren, Skärholmens centrum och delar av Smista.



Figur 6.9 Bedömd grundvattenpåverkan inom område S1 för vattenbalansberäkningar

Bergtunnlarnas djup går från ca 20 meter ned till ca 50 meter under markytan. Utförd grundvattenmodellering visar att utbredningen i berg runt bergtunnlarna når ut ca 100-200 meter vid tunnelnivå och att avsänkningen i berg, rakt ovanför tunnlarne kan uppgå till 2–2,5 meter. Längs med E4/E20 finns en svaghetszon som bedöms kunna ha en högre vattengenomsläpplighet än omgivande berggrund. Zonen finns med i den sammantagna bedömningen av påverkansområdets utbredning.

Bygg- och driftskede

Påverkansområdets bedömda utbredning för bygg- och driftskedet redovisas i Figur 6.9 ovan. Figuren visar både påverkansområde i jord och i berg (punktstreckat) och beräknad utbredning i berg (streckat). I figuren redovisas även punkter för sättningsberäkning där sättningsbelopp för 2 meters varaktig grundvattenavsänkning redovisas. Under byggskedet beror påverkan inom grundvattenmagasinen Sätra 1.3, Sätra 2.1 och Sätra 3.1 mycket på påverkan kring schakt för betongtunnlar och tråg. Redovisat påverkansområde är utan eventuell temporär skyddsinfiltration intill områdena för schakt.

Lerjorden bedöms vara sättningskänslig inom samtliga områden med lerjord och undre grundvattenmagasin dvs. Sätra 1.3, Sätra 2.1 och Sätra 3.1.

Skadeobjekt inom påverkansområdet

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade, för läge se kartbilaga 2:

Områden med sättningskänslig mark (risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm.)

Utifrån provtagning bedöms områden med lerjord generellt vara sättningskänsliga. Områdenas utbredning och gränser för berörda fastigheter redovisas i kartbilaga 2.

Skadeobjekt inom redovisade områden med sättningskänslig mark är huvudledningar för vatten, avlopp och fjärrvärme-/kyla (styva ledningar och ledningar med självfall) och servisledningar inom privata fastigheter.

Skadeobjekt är också hårdgjorda ytor för parkering inom Skärholmens centrum, Kungens kurva och vid kontors- och industrifastigheterna längs E4/E20 vid Sätra.

Grundläggning

Vid inventering inom delområdet har ingen byggnad med grundvattenberoende grundläggning påträffats. Sannolikt finns inte heller sådana inom Skärholmen centrum eller inom Kungens kurva då lerjordens egenskaper bör ha varit väl kända när områdena byggdes.

Möjliga skadeobjekt är de byggnader där uppgift om grundläggningssätt saknas på grund av att inga uppgifter om byggnaders grundläggning har påträffats vid inventeringen. Sakägare med avseende på byggnaders grundläggning är fastigheter inom kvarter listade i tabellen nedan.

Tabell 6.4 Inventerad grundvattenberoende eller okänd grundläggning

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Kurvan 5	Inventerat - okänd grundläggning	Sätra 1.3
Måsholmen 16, 25	Inventerat - okänd grundläggning	Sätra 2.1
Kvadraten 2*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Sätra 1.3
Sätra 2:1*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Sätra 3.1 m.fl

**Mindre byggnader, elcentral, VA etc inom gatufastighet eller privat fastighet*

Brunnar

Inom påverkansområdet har fyra brunnar påträffats vid inventeringen, se kartbilaga 2, sammanställning i bilaga 3 och i tabellen nedan. Brunnen inom fastighet Kungens kurva 1:4 ligger intill schakt för betongtunnel vid ca km 9/700. Påverkan bedöms kunna bli en avsänkning upp till ca 10-15 meter under byggskedet och som mest någon meter under driftskedet. Brunnarna inom fastigheterna Stigmannen 14 och 19 vid Smista ingår i en grupp med ca 10-talet energibrunnar i området. Avståndet från huvudtunneln är ca 330 meter och från norrgående ramptunnlar ca 150 meter (egentligen från övergång till betongtunnel). Avsänkning i berg enligt grundvattenmodeller blir mellan 0,5–1 meter i området vilket inte bör påverka effektuttaget mer än marginellt.

Tabell 6.5 Brunnar inom påverkansområdet, vattenbalansområde S1

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8Fo28BE	Kungens Kurva 1:4	Energi	borrad	10-15 m
o8Fo10BE	Stigmannen 19	Energi	borrad	0,5 -1 m
o8Fo11BE	Stigmannen 14	Energi	borrad	0,5 -1 m
o8Fo27BE	Stigmannen 14	Energi	borrad	0,5 -1 m

Markavvattningsföretag

Inom påverkansområdet finns tre markavvattningsföretag, se Tabell 6.6 nedan och kartbilaga 2. Uppgifter saknas för markavvattningsföretaget (Lst diarienummer 1456) men det bör rimligen reglera avvattning av marklagren, företräddelsevis den organiska jorden, och påverkas inte alls av dränering orsakad av Förbifart Stockholm. Markavvattningsföretaget Smista-Norrtorp eller Smista-Juringe bedöms inte påverkas.

Tabell 6.6 Markavvattningsföretag inom påverkansområdet delen Skärholmen till Sättra

Lst ID	Område	Syfte	Lst Dnr, övrigt
1456, 1456	Del av Skärholmens centrum		Handlingar saknas
1453	Smista Norrtorp 8	Dikning av jordbruksmark	Dnr 2_1102
2061	Smista Juringe	Dikning inför avstyckning	Dnr 2_0577

Sammanfattningsvis bedöms inte markavvattningsföretagen påverkas av sökt vattenverksamhet.

Förslag på skyddsåtgärder, km 9/200 - 10/700

Följande skyddsåtgärder och kontroller är eller kan bli aktuella:

- Fördjupad grundläggningsinventering av byggnader med okänd grundläggning och identifiering av större ledningar som bedöms kunna vara grundvattenberoende
- Installation av mätrör för grundvattenpejling i energibrunnar inom påverkansområdet

Skyddsåtgärder vid schakt för påslag vid Skärholmen och vid norrgående anslutning mot E20:

- Förberedelse för skyddsinfiltration i jordlagren invid schakt för betongtunnel inom delen ca km 9/800 – 10/000
- Kontroll av förorening i området för norrgående ramptunnelanslutning till E20
- Återfyllning med täta massor mellan bergschakt och betongtunnel tillsammans och/eller täta diken längs ytförlagda vägar förbi området för att förhindra föroreningsspridning
- Förberedelse för skyddsinfiltration invid schakt för betongtunnel och tråg för norrgående rampanslutningar

Skyddsåtgärder vid bergtunneldelen:

- Utökad tätning, täthetsklass II inom delsträckor:

Huvudtunnel	km 10/600 – 10/700
Ramptunnel E4S till E20 N	km 1/500 – 1/600
Ramptunnel E20 S till E4 N	km 2/000 – 2/100
Bussramp E4S till Skärholmsvägen	km 0/700 – 0/865
Bussramp Skärholmsvägen till E4N	km 0/190- 0/500

6.2.5 Omgivningspåverkan vid Gillsätra/Skärholmsbäckens dalgång, km 10/700 – 11/400

Delen omfattar, förutom bergtunnlar för huvudlinjen, bergtunnlar för bussramper och norrgående rampvägar. Inom området kommer dränvatten från tunneln ledas till VA- stationen vid Skärholmen via ett borrhål från bergtunnlarna till markytan.

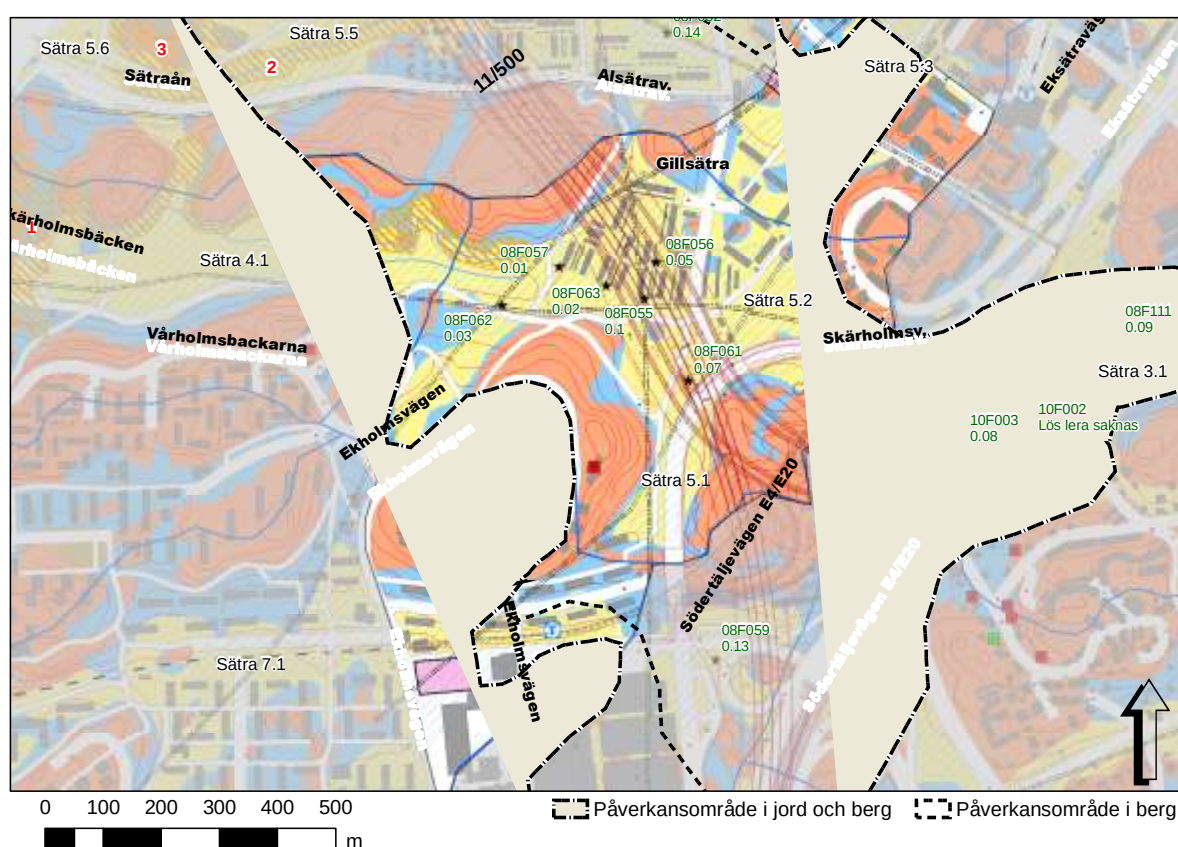
Sträckan omfattar hela vattenbalansområdet S2 med delavrinningsområdena Sätra 5.1, Sätra 5.2, Sätra 5.3, del av Sätra 7.1 och Sätra 4.1. För huvudtunneln ökar djupet mellan markytan och tunnlar, delvis beroende av stigande markyta. Samtliga anslutande ramptunnlar ligger på en högre nivå. Tunnel för tunnelbanan korsar Förbifart Stockholms tunnlar nära den vattendelare som avskiljer vattenbalansområde S1 och S2. Bergtunnlarna kommer att passera under andra befintliga undermarksanläggningar inom området.

Inom delområdet kommer bussrampernas tunnlar att gå samman med de norrgående ramptunnlarna och sammanlagd bergtunnellängd uppgår till ca 3800 meter.

Vattenverksamhet inom området utgörs i bygg- och driftskedet av inläckage till bergtunnlar och till ett borrhål för bortledning av drän- och vägdagvatten från bergtunnlarna till VA-stationen.

Tabell 6.7 Vattenverksamhet vid Gillsättra/ Skärholmsbäckens dalgång

Anl. Nr	Anläggningsdel	Längsmätning	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
101,102 182	Huvudtunnlar borrhål VA station	10/700 -11/400	Grundvattendränering, beräknat 90 l/min	Samma som byggskede



Figur 6.10 Bedömd grundvattenpåverkan inom område S2 för vattenbalansberäkningar

Påverkansområdets bedömda utbredning för bygg- och driftskedet redovisas i Figur 6.10 ovan. Figuren visar både påverkansområdet jord och i berg (punktstreckat) samt utbredningen i berg vid tunnelnivå (streckat) inom beräkningsområde S2 för vattenbalansen. I figuren visas även punkter för sättningsberäkning där sättningsbelopp för 2 meters varaktig grundvattenavsänkning redovisas. Påverkan skiljer sig i stort sett inte mellan bygg- och driftskedet då inga temporära schakt etc. förekommer.

Enligt beräknad vattenbalans kommer grundvattendräneringen orsakad av Förbifart Stockholm att uppgå till drygt hälften av beräknad potentiell grundvattenbildning inom beräkningsområde S2 motsvarande ca en tredjedel av den totala områdesavrinningen. Av ingående grundvattenmagasin

bedöms Sättra 5.1 och Sättra 2 än för övriga längre bort från tunnlarna liggande delarna inom Sättra 5.3, 4.1 och 7.1. Därmed har resultatet av grundvattenmodelleringen tolkats med viss försiktighet.

Huvudtunneln går här ca 60 till 70 meter under markytan och ramptunnlarna ligger ytligare. Utförd grundvattenmodellering visar att påverkansområdet utbreddes ca 300 -400 meter ut i berg vid tunnelnivån. Där korsande sprickzoner lagts till i modellerna blir utbredningen upp till ca 600 meter som mest. Avsänkningen i berg, rakt ovanför tunnlarna beräknas kunna uppgå till ca 2-4 meter och något mindre i sprickzonerna.

Påverkan för de undre grundvattenmagasinen i jord, Sättra 5.1 och 5.2, bedöms bli en sänkt grundvattennivå (medelgrundvattennivå) på som mest ca 2 meter direkt ovan tunnlarna. Provtagning av lerjordens sättningsegenskaper inom Sättra 5.2 visar att en sänkning av det undre grundvattenmagasinet på ca 2 meter ger sättningsrörelser upp mot mellan 0,05- 0,1 meter. Här kan ett annat scenario inte helt uteslutas. Detta är att Sättra 5.2 som är påverkat av befintlig dränering och där någon egentlig avrinning i det undre grundvattenmagasinet till närliggande magasinet inte förekommer kan komma att påverkas mer än vad som beräkningsmodellerna anger. Ett värsta scenario är att grundvattennivån avsänks ned till lerlagrets underkant. Det skulle främst påverka områdets östra delar med de största lermäktigheterna och indikativa sättningsbelopp skull uppgå till mellan ca 0,3m – 0,8 (där lerlagret överstiger 10 meter). Risken för det senare scenariot hanteras genom förberedd anläggning för skyddsinfiltration före tunneldrivning inom delsträckan.

För Sättra 5.3 bedöms påverkan bli måttlig. Under nuvarande förhållanden - med dränering till befintliga undermarksanläggningar - bedöms inte något större grundvattenströmning ske till Sättra 5.3 från Sättra 5.2. Förhållandet förändras således inte av tillkommande dränering orsakat av Förbifart Stockholm. Direkt påverkan via utbredningen i berg, som i sin tur påverkar överliggande jordlager, bedöms bli måttlig då avståndet till tunnlarna är ca 300 meter eller mer. Påverkan för det undre grundvattenmagasinet i jord bedöms därmed inte ge upphov till någon skadlig marksättning, lerlagret är också måttligt inom delen av Sättra 5:3 som ligger närmast Förbifart Stockholm vilket ytterligare minskar risken för en skadlig marksättning.

För övriga grundvattenmagasin i jord, Sättra 4.1 och 7.1 (norra delen av Skärholmens centrum), bedöms påverkan bli mindre, som mest ca 0,5 till 1 meter sänkt grundvattennivå. Här saknas uppgift om sättningsskänslighet men området förmodas vara sättningsskänsligt. Inom Sättra 4:1 finns inga byggnader eller anläggningar som påverkas av en mindre sättningsrörelse, inom Sättra 7:1 bedöms inte grundvattenpåverkans ge upphov till skadliga sättningar men kompletterande grundvattenrör och provtagning av lerjorden kommer att utföras, se förslag till åtgärder nedan.

Skadeobjekt inom påverkansområdet

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade, för läge se kartbilaga 2.

Områden med sättningsskänslig mark (risk för påverkan på ledningar, byggnader mm.)

Hela områdena med lös lera inom påverkansområdet bedöms vara sättningsskänsliga. Utifrån bedömd grundvattenpåverkan blir den största risken för en marksättning inom Sättra 5:2 och Sättra 5:1. För övriga delar, Sättra 5:3, Sättra 7:1 och Sättra 4:1 bedöms risken vara mindre.

Skadeobjekt inom redovisade områden med sättningsskänslig mark är huvudledningar för vatten, avlopp, och fjärrvärme och fjärrkyla samt servisledningar inom privata fastigheter som skulle kunna påverkas av en marksättning. Skaderisk gäller styva ledningar och ledningar med självfall.

Grundläggning

Ingen grundvattenberoende grundläggning av bostadshus eller kommersiella fastigheter har påträffats inom påverkansområdet vid inventeringen.

Inom Gillsätra är garagelängorna grundlagda på platta på mark, dvs. grundvattenberoende grundläggning, och vid besök i området syntes att vissa uppvisar skador som indikerar att marksättningar skett.

Skadeobjekt är de byggnader där uppgift om grundläggningssätt saknas på grund av att de inte har inventerats eller att inga uppgifter om byggnaders grundläggning har påträffats vid inventeringen. Sakägare med avseende på byggnaders grundläggning är fastigheter inom kvarter listade i tabellen nedan.

Tabell 6.8 Inventerad grundvattenberoende eller okänd grundläggning

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ Grundvattenmagasin
Gillsätra	Inventerat – bostadshus är fast grundlagda, garagebyggnader platta på mark	Sätra 5.2
Måsholmen 19, 31	Inventerat - okänd grundläggning	Sätra 7.1
Skärholmen 2:1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Sätra 5.2
Lövsätra 4*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Sätra 5.3
Sätra 2:1*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Sätra 5.2
Måsholmen 26*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Sätra 7.1

* Mindre byggnader inom fastigheten, förråd, elcentral etc.

Brunnar

Inom fastighet Kasholmen 1 finns två energibrunnar. Avståndet från bergtunnlarna är 175 meter och avsänkningen bedöms utifrån grundvattenmodellerna kunna uppgå till ca 1,5 meter vid tunnelnivå till ca 4 meter djupare ned i berggrunden, vilket är en liten påverkan.

Naturobjekt

Skärholmsbäckens dalgång, naturobjekt nr 1 i karta (kartbilaga 2), är klassad som nyckelbiotop. Bäckens bedöms inte påverkas av en minskad avrinning i marklagren.

Förslag på skyddsåtgärder, km 10/700 – 11/400

Inom delar av delområdet bedöms grundvattenbalansen bli ansträngd och dränering till Förbifart Stockholms anläggningsdelar kan innebära mindre marginaler för variationer i grundvattenbildning etc. Därför föreslås konsekvensreducerande skyddsåtgärder som kan hantera ett mer negativt utfall än vad som bedömts mest sannolikt. Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Tätning

- Utökad tätning, täthetsklass II inom hela sträckan omfattande:

Huvudtunneln (hela sträckan)	km 10/700 – 11/400
Ramptunnel E4S till E20 N	km 0/700 – 1/500
Ramptunnel E20 S till E4 N	km 2/000 - 2/750
Bussramp E4S till Skärholmsvägen	km 0/100 – 0/700
Bussramp Skärholmsvägen till E4N	km 0/500 - 1/000

- Ytterligare tätning med alternativa metoder kan vara aktuellt inom delen ca km 10/900 – 11/200

Infiltration

- Utförande av infiltrationsanläggning för det undre grundvattenmagasinet i jord inom delen ca km 10/900 – 11/200

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Komplettering av grundvattenrör och lerprovtagning inom Sättra 7:1, Skärholmens Centrum
- Installation av mätrör för grundvattenpejling i energibrunnar inom påverkansområdet

6.2.6 Område för bergtunnlar och arbetstunnel vid Alsätra, Sättrabäckens dalgång och Sättraberg, km 11/400 – 12/500

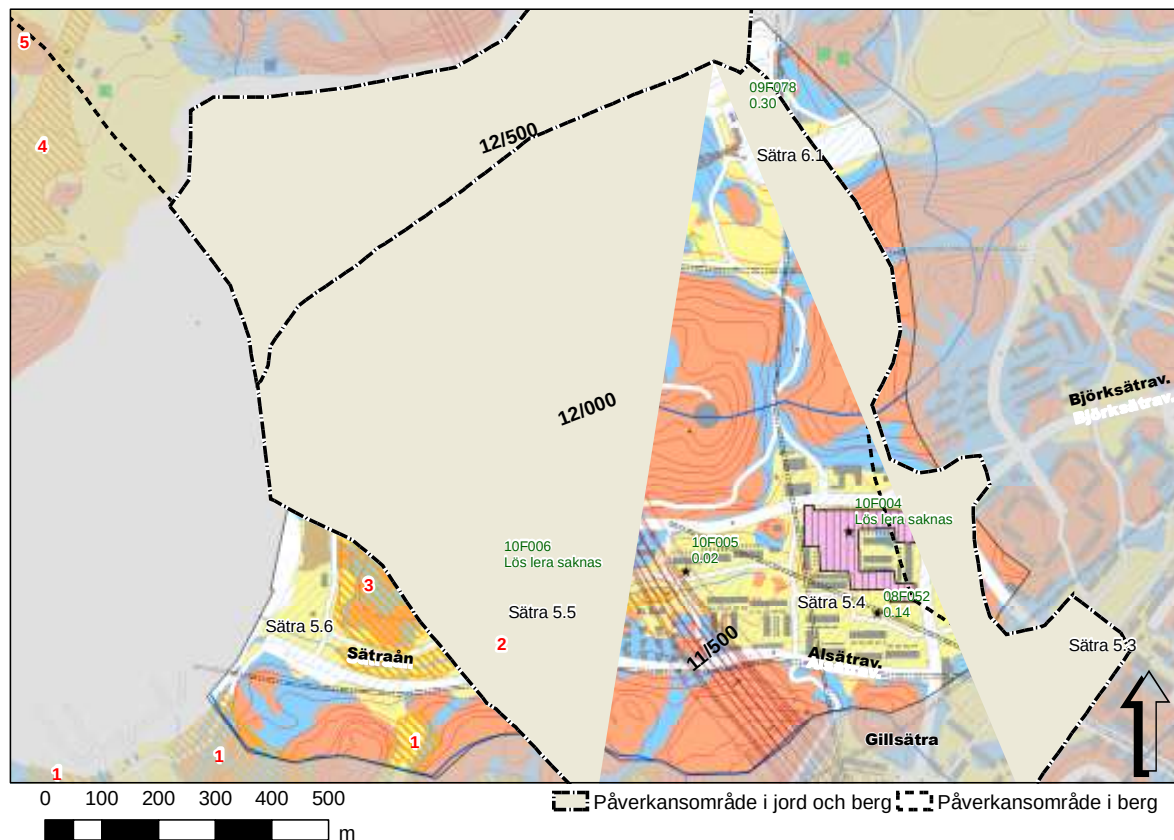
Delen omfattar, förutom huvudtunneln, tunnlar för bussramper och norrgående rampvägar. Sträckan omfattar hela vattenbalansområdet S3 och S4 med delavrinningsområden Sättra 5.4, Sättra 5.5 Sättra 5.6 och Sättra 6.1.

Vattenverksamhet inom området utgörs i bygg- och driftskedet av inläckage till bergtunnlar och till den arbetstunnel som kommer att ansluta till den tillfälliga hamnen vid Sättravarvet. Arbetstunneln kommer att nyttjas för evakuering av brandgaser och grundvattenpåverkan kommer att finnas även i driftskedet. Inom delområdet är huvudtunneln längd ca 1100 meter vardera och ramptunnlarna ansluter till huvudtunneln vid ca km 11/700. Sammanlagd bergtunnellängd uppgår till ca 2800 meter.

Tabell 6.9 Vattenverksamhet inom Sättrabäckens dalgång, Sättraberg

Anl. Nr	Anläggningsdel	Längdmätning	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
201,202	Huvudtunnlar Friskluftintag eldriftsutrymmen	Km 11/400 – 12/500	Grundvattendränering, beräknat 140 l/min	Samma som byggskede
291	Arbetstunnel Sättra		Grundvattendränering, beräknat 40 l/min	Samma som byggskede

Påverkansområdets bedömda utbredning för bygg- och driftskedet redovisas i figuren nedan som redovisar både påverkansområdet jord och i berg (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat) där gränsen skiljer sig åt. I figuren visas även punkter för sättningsberäkning där sättningsbelopp för 2 meters varaktig grundvattenavsänkning redovisas. Arbetstunneln vid Sättra kommer att användas som ventilationstunnel för brandgaser och därför kommer tunneln att läns hållas vid driftskedet. Därmed förändras inte grundvattenpåverkan mellan bygg- och driftskedet inom delområdet.



Figur 6.11 Bedömd grundvattenpåverkan inom område S3 och S4 för vattenbalansberäkningar

Vattenbalansen för vald täthetsklass innebär att dräneringen uppgår till knappt hälften (45%) av beräknad potentiell grundvattenbildning inom beräkningsområde S3 och till drygt hälften inom S4 (Sättra 6.1). Arbetstunneln vid Sättra blir permanent och ingår i vattenbalansberäkningen. För beräkningsområdet S4 ingår inte effekten av grundvattenbildning vid mälärstranden vilket gör att dräneringens andel blir mindre än vad som beräknats. Därmed bedöms resultatet från tvärsnittsmodelleringen väl kunna beskriva grundvattenpåverkan kring bergtunnlarna men en viss försiktighet i tolkningen av omgivningspåverkan inom Sättra 5.4 och Sättra 5.5.

Inför passagen under sundet mellan Sättra och Kungshatt sänks tunnelnivån och ligger mellan 70-110 meter under markytan för att senare kunna passera under sundet Fiskarfjärden. Tunnlarna för bussramperna har anslutits till de norrgående ramptunnlarna och istället för fyra ramptunnlar innebär tvärsektionen inledningsvis två ramptunnlar vid sidan om huvudtunneln på ungefär samma nivå som huvudtunneln under markytan.

Beräknat påverkansområde går ca 400-650 meter ut från tunneln i berg vid tunnelnivå. Den ökade utbredningen, jämfört med tidigare område vid Gillsättra, beror på ökat tunneldjup och på att en svaghetszon har antagits i dalgången. Det ska noteras att - speciellt för djupa bergtunnlar - påverkansområdets utbredning vid bergöverytan är mindre än vid tunnelnivån (se figur 3.1 i avsnitt 3). Det innebär att det område, som påverkar det undre grundvattenmagasinet i jord, är mindre än vad som redovisas för berggrunden. Sedan har bedömningen gjorts att påverkan i jord ändå når ut till eller förbi gränsen för påverkan i berg vid tunnelnivån.

Grundvattenavsänkningen i berg vid bergytan rakt ovanför tunneln beräknas kunna uppgå till mellan 2-6 meter. Med tanke på dräneringens beräknade andel på ca 45 procent av potentiell grundvattenbildning bedöms det undre grundvattenmagasinet i jord kunna sänkas under torrperioder eller torrår med upp till motsvarande belopp eller ca 2-5 meter inom Sätra 5.5 men med en mindre sänkning av årsmedelnivån.

Utifrån uppmätt nivåskillnad mellan grundvattennivån i Sätra 5.4 och 5.5 på ca 10 meter framgår att det undre friktionsjordlagret är uppdelat i flera grundvattenmagasin, åtskilda av en bergtröskel. Det innebär att om grundvattenmagasinet i Sätra 5.5 sänks påverkas inte nödvändigtvis grundvattenmagasin Sätra 5.4 uppströms bergtröskeln.

Påverkan i berg når dock ut till Sätra 5.4 (via sprickzon) och bedöms inom Sätra 5.4 kunna uppgå till ca 1-2 meter. För jordlagermagasinet bedöms grundvattenavsänkningen kunna uppgå till ca 0,5-1 meter. Delar av bebyggelsen är grundvattenberoende grundlagd med platta på mark vilket gör området känsligt för en sättningsrörelse.

Inom delområdet finns två nyckelbiotoper, Sätträbäckens bäckravin samt en lövskogslund närmare Sätträbadet. Vattenföringen i Sätträbäcken beror till en del på tillfört ledningsvatten då tidigare anlagd dagvattenbortledning avsevärt minskat tillrinningen. Dräneringen till Förbifart Stockholm innebär att grundvattenbildningen inom berg- och moränområdena ökar, vilket skulle kunna innebära en något minskad avrinning i de övre marklagren till bäcken. Men sammantaget bedöms inte bäckflödet nämnvärt påverkas och därmed inte vegetationsförhållandena i bäckravinen. Lövskogslunden är belägen vid påverkansområdets gräns och bedöms inte påverkas (se nedan, Skadeobjekt).

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 11/400 – 12/500

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade, för läge se kartbilaga 2.

Områden med sättningskänslig mark (risk för påverkan på ledningar, byggnader mm.)

Lerprovtagningen visar att för flera provtagningspunkter, där lerlagret förmodades kunna vara mäktigt, har det inte funnits lös lera. För en punkt beräknades dock relativt stora sättningsrörelser: 0,14 meter vid 2 meters varaktig sänkning. Sammantaget görs en konservativ bedömning att hela området med lerjord kan vara sättningskänsligt, se kartbilaga 2.

Skadeobjekt inom redovisade områden med sättningskänslig mark är huvudledningar för vatten, avlopp, fjärrvärme och fjärrkyla samt servisledningar (styva ledningar och ledningar med självfall) inom privata fastigheter eller samfälligheter.

Grundläggning

Inom delområdet har grundläggningen inventerats där lerlagrets bedömts kunna vara som mäktigast. Inom kvarteret Bredsätra har delar av bebyggelsen grundvattenberoende grundläggning med platta direkt på mark, men enligt uppgift är det byggnader inom områden där lös lera saknas. Inför områdets utbyggnad gjordes en utredning om grundförhållandena.

Inom fastigheten Gransätra finns två byggnader på ömse sidor om en berg- och moränkulle. Den västra byggnaden, längs med Björksättravägen, har pågrundläggning inom delar på lermark (dvs. ej grundvattenberoende). För den östra byggnaden längs med gång- och cykelvägen saknas grundläggningsuppgifter.

Sakägare med avseende på byggnaders grundläggning är fastigheter inom kvarter listade i tabellen nedan.

Tabell 6.10 Inventerad grundvattenberoende eller okänd grundläggning

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Del av Gransätra	Inventerat - okänd grundläggning	Sätra 5
Delar av kv Bredsätra	Hus grundlagt på platta på lermark	Sätra 5.4
Båtvaggan 1:1* Sätra 2:1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Sätra 6.1

* Byggnader inom Sätra hamn

Naturobjekt

Inom området finns två klassade nyckelbiotoper samt delar av Sättrastrandens naturreservat. Naturreservatet och lövskogslunden vid Sättrabadet (nyckelbiotop, nr 3 i Figur 6.11 ovan och i kartbilaga 2) bedöms inte påverkas av Förbifart Stockholms vattenverksamhet. Sättrabäckens ravin (nr 2 i figur och i karta) kan få en något mindre tillrinning från marklagren då grundvattenbildningen till det undre grundvattenmagasinet i jord och till berg ökar. Bäckens är idag redan starkt påverkad av dagvattenbortledning uppströms och tillförs vatten. Därmed kan eventuell påverkan hanteras med redan befintliga system.

Förslag på skyddsåtgärder, km 11/400 – 12/500

I området finns en relativt god grundvattentillgång på grund av stora grundvattenbildningsområden. Då grundvattenberoende grundläggning har påträffats vid inventering bedöms det ändå finnas ett behov av att förbereda för skyddsinfiltration alternativt tätning med alternativa injekteringsmedel för att begränsa grundvattenpåverkan.

Följande skyddsåtgärder är eller kan bli aktuella inom delsträckan.

Tätning

Utökad tätning, täthetsklass II inom delsträckan förbi Sättraåns dalgång omfattande:

Huvudtunneln	km 11/400 – 11/700
Ramptunnel E4S till E20 N	km 0/400 – 0/700
Ramptunnel E20 S till E4 N	km 2/750 - 3/000

- Ytterligare tätning med alternativa metoder kan vara aktuellt inom delen ca km 11/500 – 11/700

Infiltration

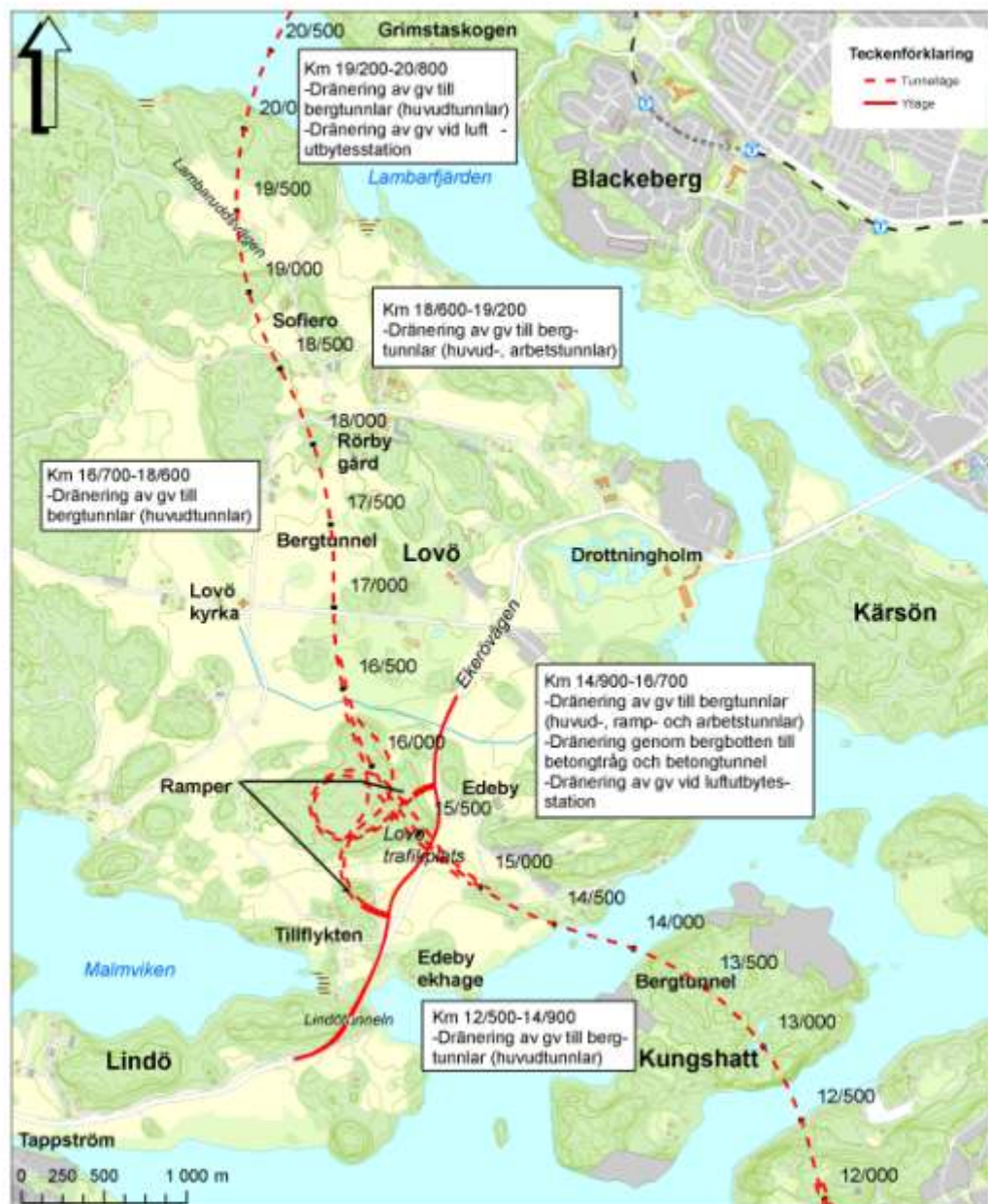
- Förberedande projektering av infiltrationsanläggning för det undre grundvattenmagasinet i jord inom delen ca km 11/500 – 11/700.
- Förberedande projektering av anläggningar (ledning etc) för påfyllning av Sättraån av dräneringsvatten från VA stationen vid Skärholmsvägen.

Övrigt

- Kontroll av flöde i Sättraån

7 Beskrivning Mäläröarna (Kungshatt och Lovö)

Området omfattar Kungshatt och Lovö samt vattenpassager över Mälaren. I området går Förbifart Stockholm i bergtunnel. På Lovö byggs två cirkulationsplatser, vid Edeby och vid Tillflykten. Två arbetstunnlar byggs, en i närheten av cirkulationsplats Edeby och en längre norrut, km 18/500. Sträckan omfattar längdmätning km 12/500 till 20/800. Se Figur 7.1.



Figur 7.1 Översiktskarta över Kungshatt och Lovö med planerad vägsträckning samt översiktligt medförande grundvattenpåverkan. För övrig påverkan se Teknisk Beskrivning

För att läsare lättare ska kunna återfinna de områden som beskrivs i kartor i avsnitten nedan anges i underrubriker och i löpande text uppgifter om den längdmätning som används för att dela in Förbifart Stockholms huvudsakliga vägsträcka (se figuren ovan). Dessutom anges de huvudsakliga (undre) grundvattenmagasinen i jord samt en del vägnamn eller områdesnamn som redovisas i figurer och i bifogade kartor. Längst bak i dokumentet finns en utvikbar kartförklaring till de hydrogeologiska kartfigurer som används i nedanstående avsnitt.

De av Förbifart Stockholms anläggningsdelar som ger eller skulle kunna ge upphov till vattenverksamhet listas i redovisning av bedömd områdespåverkan, avsnitt 7.2. För detaljerad beskrivning av hur de olika delarna ser ut och kommer att byggas, se beskrivning för respektive anläggningsnummer i *Teknisk beskrivning, TB*.

7.1 Geologiska och hydrogeologiska förhållanden

Kungshatt är starkt kuperad med branta stränder och höga berghöjder. En nordväst-sydöstlig dalgång delar ön i en större höglänt nordostlig del och en mindre något lägre sydvästlig del. Inom det nordostliga höjdområdet finns de högsta marknivåerna med berg i dagen längs med stranden mot sydost (mot Sättra) och i höjdområdets nordvästra del. Däremellan finns mindre höjdryggar som delar in området i mindre områden med jordfyllda svackor. I några av dessa har fram till slutet av 1940-talet funnits lertag till ett tegelbruk. I lertagen finns idag vattensamlingar (mindre sjöar).

Lövö karaktäriseras av större sammanhängande berg- och moränjordhöjder längs öns stränder i nord och i väster. På öns södra del finns ett nära öst-västligt berg- och moränområde som sträcker sig från Malmviken norr om Lindö, passerar Söderby och Edeby gård och går vidare fram till Alsviken och Bredablick. Söder om denna berg- och moränhöjd finns ett område med lerjord som indelas av mindre berg och moränhöjder (varav Edeby ekhage är en). Inom detta område visar jordprov att det undre friktionsjordlagret under leran är siltig sandig morän till sandig morän/sandig grus.

Centralt på Lovö finns större sammanhängande område/områden med lerjord som sträcker sig från området vid Drottningholms slott fram till och förbi Lovö kyrka och upp mot Norrby gård. Här visar jordprov att den undre friktionsjorden är en grusig sand eller sand. Det centrala lertäckta området avgränsas mot norr av ett parti med mer småbruten terräng med mindre lertäckta områden omgärdade av mindre höjdparter. Norr om detta område finns ytterligare ett större lertäckt område. Vid Lovös nordöstra strand mot Lambarfjärden återkommer höjder med berg- och moränjord.

I *Figur 7.1* ovan visas berg- och moränområdena som de gröna skogsbeklädda höjdområdena. De tjockare blå linjerna visar var de huvudsakliga vattendelarna går som delar in Lovö i de södra, centrala och norra lerjordsområdena.

Jordlagren i dalgångarna består till stor del av lera ovan friktionsjord på berg. Lerlagren är maximalt upp till ca 15 meter mäktiga. Övre delen består av 1-2 meter torrskorpelera men leran är i övrigt vanligen lös och sättningsbenägen. Friktionsjordens mäktighet varierar vanligen från 0-3 meter men uppgår lokalt till mer än 5 meter.

7.1.1 Lerjordens sättningskänslighet

På Kungshatt har ingen provtagning av lerjord utförts. Den lerjord som förekommer sedan tegeltillverkningen upphört bedöms vara fast.

Inom Lovö bedöms grundvattenförhållandena i stort sett vara opåverkade. De yttligare lerjordlagren är dock påverkade av markavvattning och täckdikning. Sammantaget görs bedömningen att inom områden där det finns lös lera är denna sättningskänslig. Hur stor sättning som kan uppkomma beror på grundvattenavsänkning och på hur mäktigt lerlagret är.

I två områden har prov tagits på lerjorden och analyserats på laboratorium, se *Tabell 7.1*. Inom Lovön 6.4, se Figur 7.6 i avsnitt 7.1.4 nedan, är punkt o8F293 belägen intill Lovö kyrka och den andra centralt inom lerområdet. De bägge provtagningspunkterna inom Lovö 11 är belägna norr om Lambaruddsvägen.

Tabell 7.1 Beräknad sättning för olika områden med lerjord och grundvattenpåverkan

Grundvatten- magasin	Provtagnings- punkt	Lermäktighet (m)	Avsänkning: 1 m		Avsänkning: 2 m		Avsänkning: 5 m	
			Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år	Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år	Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år
Lovön 6.4	o8F293	3.8	<0,01	<0,01	0.02	0.03	0.06	0.07
Lovön 6.4	o8F295	5.5	0.08	0.40	0.27	0.62	0.74	0.81
Lovön 11	o8F262	6.5	0.04	0.06	0.10	0.21	0.62	0.7
Lovön 11	o8F269	11	0.03	0.07	0.06	0.13	0.30	0.64

7.1.2 Markföroreningar

På norra Lovö, vid längdmätning ca km 19/100 – 19/200, finns en slamdeponi där slam som tagits upp i samband med rensning av dammarna vid Drottningsholms slott samt av Badhuskanalen deponerats för avvattning. I slammet har förhöjda halter av tungmetaller påträffats, dels vid provtagning vid deponin under 2009 (bly, kobolt, kvicksilver mellan KM och MKM), dels i själva Badhuskanalen innan muddringen utfördes (krom, nickel kadmium också de mellan KM och MKM)⁸.

Det finns ingen uppgift om att markföroreningar förekommer längs med övrig vägsträckning på Kungshatt eller på Lovö. I anslutning till jordbruksmark och till golfbanan kan förhöjda halter av näringsämnen förmodas i ytliga grundvattenmagasin, men ingen provtagning är utförd som visar detta. Eventuellt kan rester av bekämpningsmedel förekomma.

7.1.3 Berggrundsförhållanden

Berggrunden på Kungshatt och Lovö består mestadels av en grå medel- till grovkornig gnejs av sedimentärt ursprung (tidigare sjösediment som omvandlats till en bergart liknande granit fast med bandad struktur). Delar av Kungshatt har en mer granitisk berggrund och även inom norra Lovö förekommer granitisk berggrund i större omfattning. Vid Lambarfjärden består berget i huvudsak av en rödfärgad granit. Fram till ca km 17/000 har gnejsens bandade struktur (foliation) en i huvudsak ostnordostlig orientering (strykning) och lutar (stupar) vertikalt. Därefter, mellan km 17/000 – 20/150, har foliationen en i huvudsak östlig strykning och stupar brant åt syd. Borrningar som utförts inom området visar att sprickfrekvensen är 1-3 sprickor per meter borrhål, högre i sprickzoner. Enstaka grönstensgångar och gångar eller diffusa ansamlingar av pegmatit förekommer i gnejsen. Sprickmineral domineras av klorit och kalcit. Sprickfyllnadsmineral är lösta mineralsalter i grundvattnet som kristalliserat i öppna sprickor långt senare än då sprickorna bildades.

För grundvattenströmning i berg är, generellt uttryckt, skillnaden mellan granit och gnejs att en granit oftast är sprödare än gnejsen. Det gör att graniten lättare spricker när den varit utsatt för tryck. Gnejsen däremot är mer plastisk (mjuk) vilket ibland kan ses i böljande veckstrukturer i bergskärningar. Rödfärgad berggrund kan bero på ingående mineral (kalifältspat) men kan också vara ett tecken på omvandling i närheten av en svaghetszon.

Gångar av grönsten eller pegmatit betyder att det ursprungliga berget spruckit upp och fyllts ut av grönsten (en relativt tät bergart) eller pegmatit (en grovkornig relativt vattengenomsläpplig bergart).

⁸ KM (Känslig markanvändning) innebär att marken kan användas till bostäder, odling, daghem m m.

- MKM (Mindre känslig markanvändning) innebär att marken kan användas till kontor, vägar, industri m m.

När det sprickfyllande bergmassan (magman) svalnar spricker omgivande ursprunglig berggrund ofta upp, varför vattengenomsläppligheten ofta är högre runt en gångbergart än i omgivande berggrund.

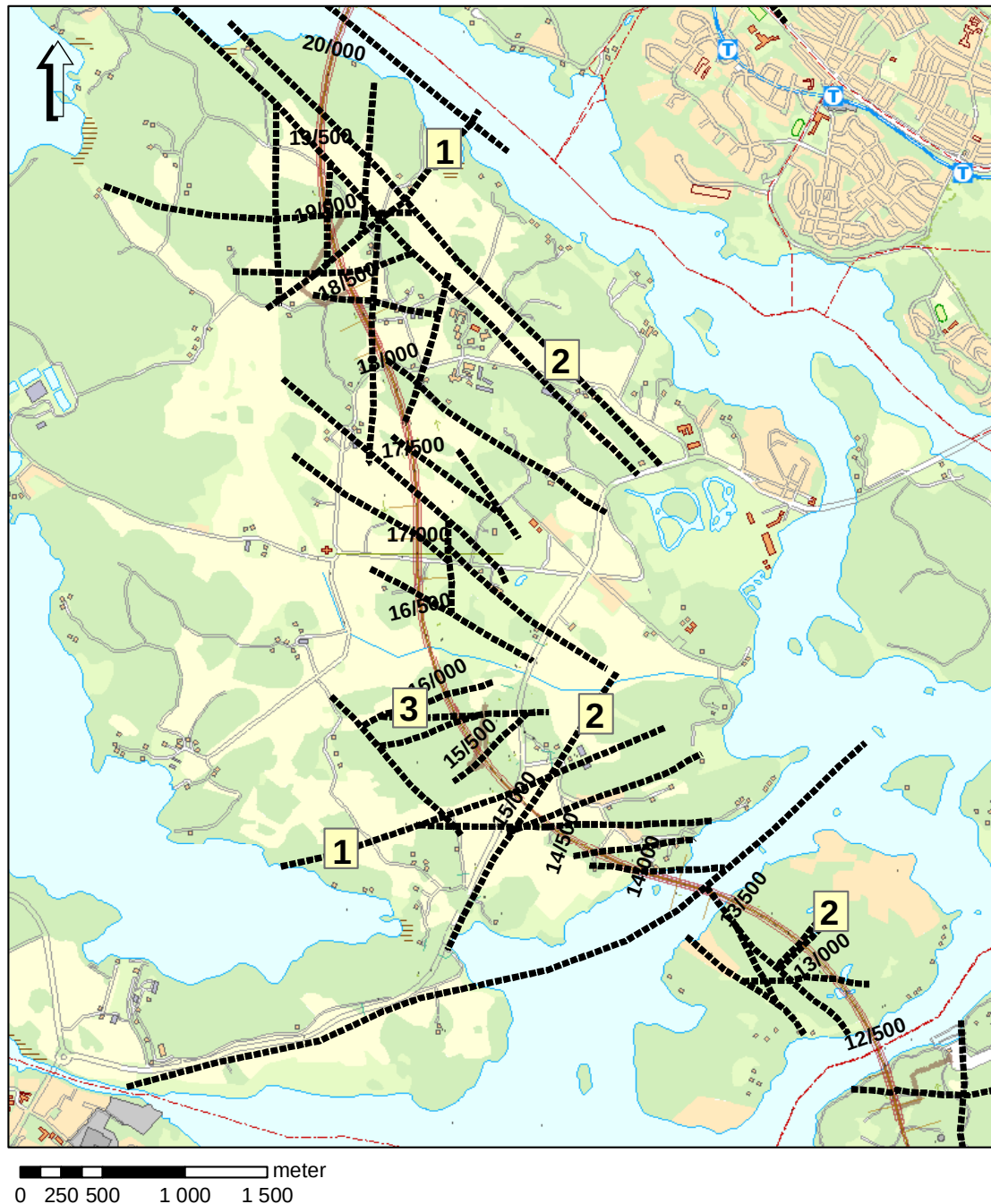
En övergripande indelning av bergartsfördelningen längs sträckan redovisas i nedan.

Längdsektion	Bergart
12/200 – 12/900 (Vattenpassage)	Sedimentgnejs, medel- till grovkornig
12/900 – 13/600 (Kungshatt)	Granitisk gnejs
13/600 – 13/900 (Kungshatt)	Granit, pegmatitgångar
13/900 – 14/300 (Vattenpassage)	Sedimentgnejs, medel- till grovkornig
14/300 – 15/200	Granit/granitisk gnejs, inslag av sedimentgnejs
15/200 – 16/500 (tpl Lovö)	Granit, medel till grovkornig
16/500 – 17/250	Gnejsig granit, medel- till grovkornig med inslag av granit och pegmatit
17/250 - 18/300	Sedimentgnejs, medel- till grovkornig
18/300 - 18/800	Granit, medelkornig
18/800 – 19/150	Sedimentgnejs, medel- till grovkornig
19/150 – 20/150	Granit, medelkornig
20/150 – 20/900 (Vattenpassage)	Granit, rödaktig

Sprickor och svaghetszoner

I Figur 7.2 nedan redovisas riktningar för dominerande svaghetszoner (nr 1 och 2) samt underordnad grupp (nr 3) som påträffats vid borrhningar och genom sprickkartering i bergskärningar eller genom lineamentstolkning⁹. Redovisade sprickzoner bedöms ha en större utbredning och/eller kunna ha en högre vattengenomsläpplighet. Den första och andra gruppen av sprickor lutar nära vertikalt. Under Lambarfjärden visar borrhundersökningar på flera sprickor som ligger nära horisontellt. Observera att i figuren skiljer riktningen för de dominerande sprickriktningarna sig åt för sprickorna vid norra Lovö och för de vid södra Lovö och Kungshatt.

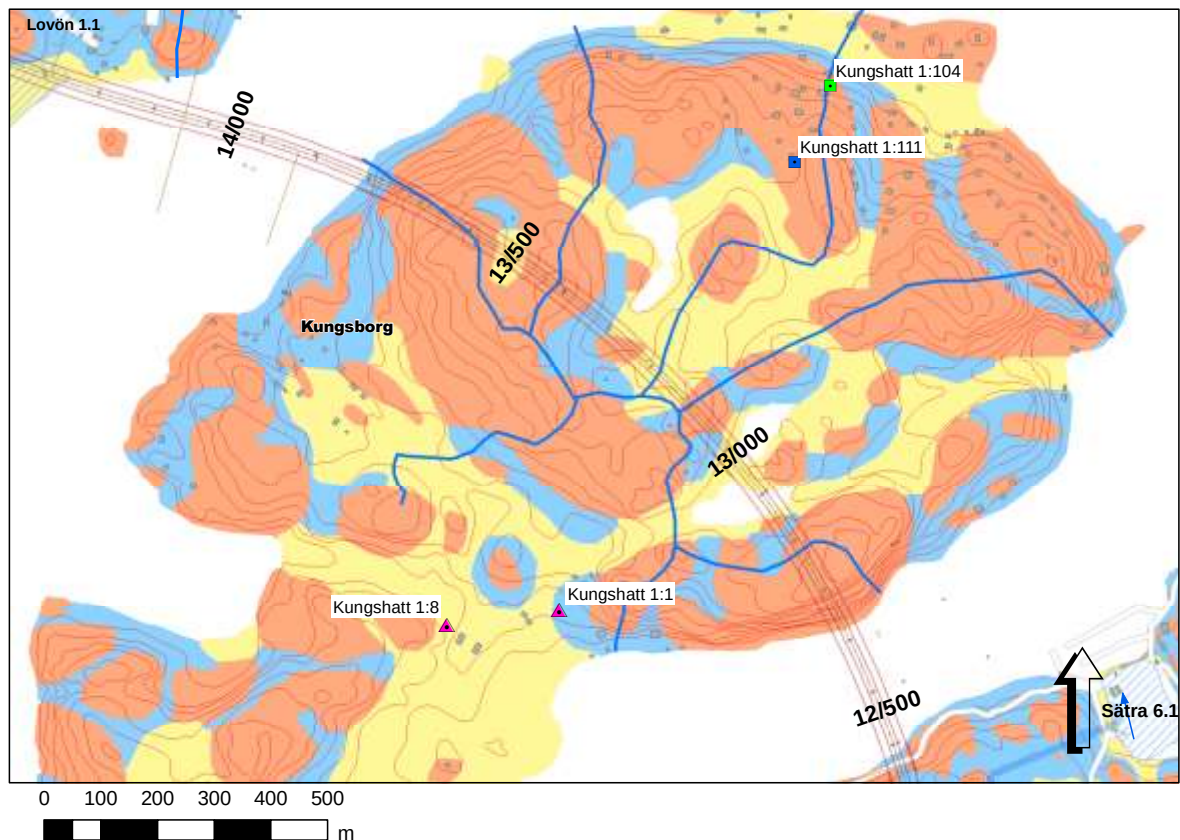
⁹ Lineamentstolkning innebär att huvudsaklig orientering och förekomst av svaghetszoner i berg tolkas ut från terrängens utseende, ex förekomst och orientering av långsmala dalgångar, bergryggar, branta bergsidor



Figur 7.2 Orientering av dominerande svaghetszoner inom delområde Kungshatt, Lovö

7.1.4 Grundvattenförhållanden

Förbifart Stockholm passerar Kungshatt under höjdområdet på öns nordöstra del. De högsta marknivåerna inom höjdområdet bildar en höjdrygg mot svackan, mitt på ön och mot Sättra och bildar en halvmåneformad vattendelare med nära nordsydlig orientering, se Figur 7.3, nedan.



Figur 7.3 Grundvattenförhållandena vid Kungshatt (se utvickarkartlegend längst bak i dokumentet)

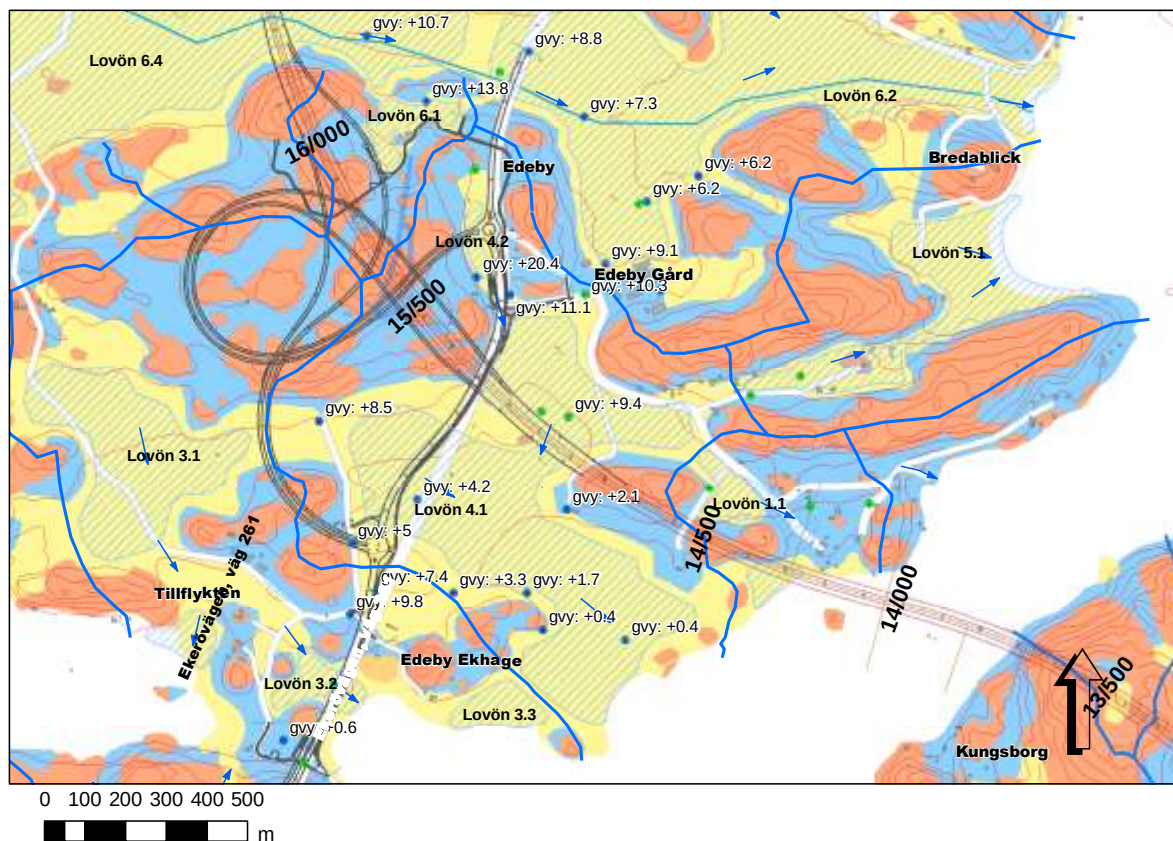
Större delen av nederbörden som faller inom det nordöstra höjdområdet på Kungshatt avrinner mot nordost och ost främst som ett grundvattenflöde i ytliga flödessystem till lokala lågläntare områden uppe på höjden. Bland annat strömmar det ytliga grundvattenflödet till de sjöar som bildats i de tidigare lertagen. Avrinningen från höjdområdet sker sedan som ett grundvattenflöde i mark. Endast sjön längst mot söder har ett synligt utflöde i en mindre bäckfåra, vilken dock var torr vid ett fältbesök i början på augusti 2009. I slänten ner mot den äldre bebyggelsen i svackan finns ett par källutflöden som försörjs av grundvatten från höjdområdets sydvästra del. Källutflödet med ett uppsamlingskärl (beläget norr om källa Kungshatt 1:1 i figuren ovan) befanns vara torr vid fältbesöket.

Vid bebyggelsen finns ett antal bergborrade brunnar, främst inom Kungshättan på öns nordöstra sida och Kungsborg mitt på öns norra sida. Flera av brunnarna är djupa och många har höga fluoridhalter jämfört med ett ytvatten (beroende av bergets mineralsammansättning), vilket visar på liten inblandning av Mälarsvatten. Uppgifter om vattennivåer i brunnar på längre avstånd från stranden inom Kungsborg visar på en grundvattennivå i berg på cirka +10 till +15, motsvarande cirka 5-8 meter under markytan i den centrala svackan nedanför det nordöstra höjdområdet. I fritidshusområdet Kungshättan har vattennivån i två privata brunnar mätts under hösten 2010. Brunnen inom fastighet 1:111 har relativt dålig tillrinning och vattennivån varierade från ca +20 ned till -5 under perioden 15 augusti till 15 september. Den ostörda vattennivån bedöms vara ca +30, dvs. marknära. Brunnen inom 1:104 gav mycket vatten. Här varierade nivån från +8,5 till +7 mellan 15 september och november. Vattennivån ligger därmed ca 5-3,5 meter under mark.

vattenförande skulle en dränering i berg nå upp till friktionsjordlagret ovan berg. Här är grundvattnets trycknivå normalt samma som Mälarens nivå eller högre. En sänkt trycknivå skulle generera ett visst läckage genom leran och bottensediment på samma sätt som på land, men lerlagrets täthet medger endast små flöden.

Den enda förutsättningen för att ett större inläckage av sjövattnen skulle kunna uppkomma är om den undre friktionsjorden har hög vattengenomsläpplighet (dvs. är en grov sand eller grus) och samtidigt når upp till strandzonen där lerlagret är tunt eller saknas helt. Provet har inte tagits på det undre friktionsjordlagret under sjöbotten, men inget tyder på att åsmaterial skulle vara avsatt där Förbifart Stockholm passerar Mälaren. Närmaste regionala stråk med åsmaterial går längre västerut, väster om Lovö, över Lindö och vidare in vid Slagsta och under Albysjön.

Bedömningen är därför att inläckaget under vattenpassagerna kommer motsvara det som skulle uppkomma på land med motsvarande tunneldjup och jordlagerförhållanden och vid passage av en svaghetszon.



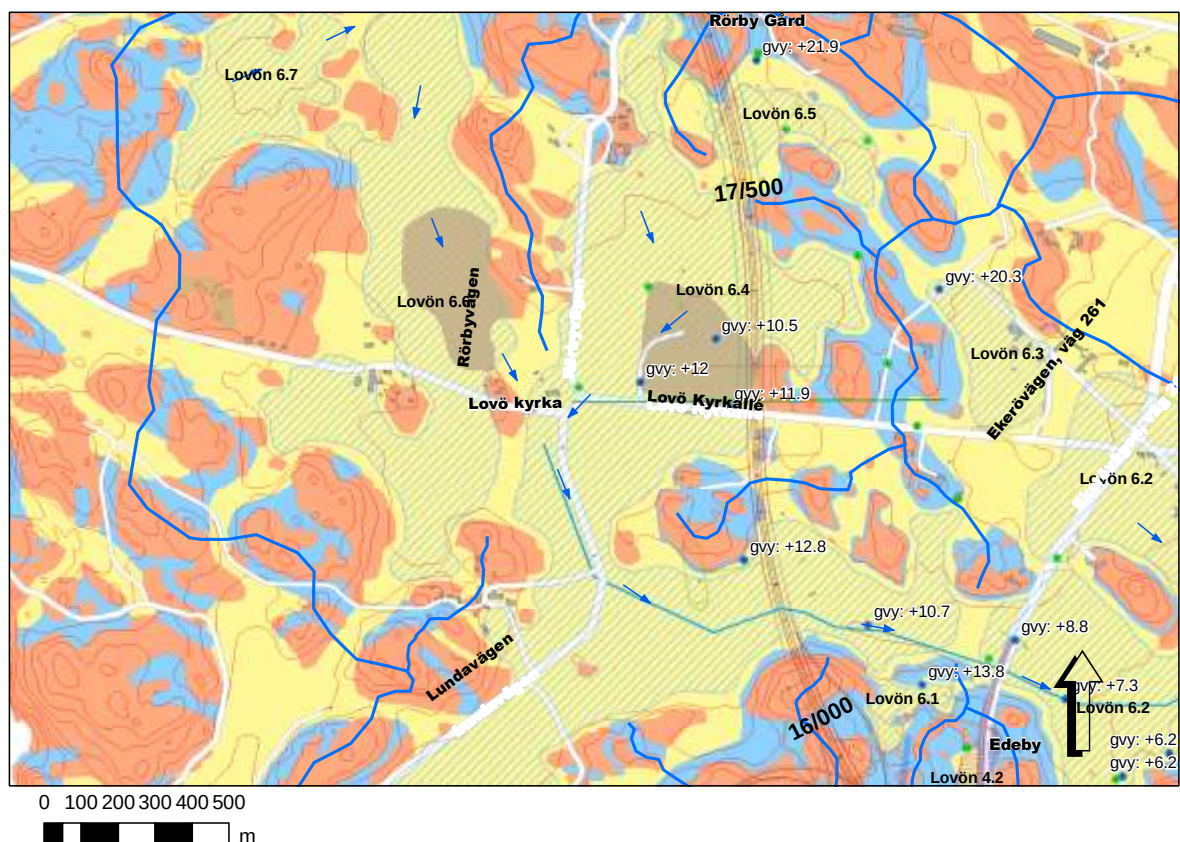
Figur 7.5 Grundvattenförhållandena vid södra Lovö (se utvickarkartlegend längst bak i dokumentet)

Södra delen av Lovö avgränsas av ett mer eller mindre sammanhängande höjdområde med berg i dagen och moränjord som går från Bredablick i öster, via Edeby gård och vidare förbi Söderby gård fram till Malmviken i väster, se Figur 7.5 ovan.

Inom området finns mindre berg- och moränhöjder som översiktligt delar området i olika grundvattenmagasin under tätande lerlager: Lovön 3.1 vid Tillflykten i väster, Lovön 4.1 som är det största delområdet och som främst berörs av Förbifart Stockholm samt de mindre Lovön 1.1 och Lovön

5.1 i öster. Grundvattennivåer varierar från +10 inom den norra delen ned till Mälarens nivå i söder (medelvattennivå +0,3). Edeby gård ligger inte inom något av dessa delområden utan är beläget på den nordöstra sidan om en grundvattendelare inom ett område som avrinner till det dike som avvattnar stora delar av centrala Lovö, se nedan.

Det centrala höjdområdet, där större delen av ramptunnlarna är belägna, är ett betydande grundvattenbildningsområde. Området är cirka en kvadratkilometer stort vilket översiktligt innebär en potentiell grundvattenbildning på 6-8 l/s som årsmedelvärde (motsvarar vattenbehovet för cirka 600-800 enfamiljshus).

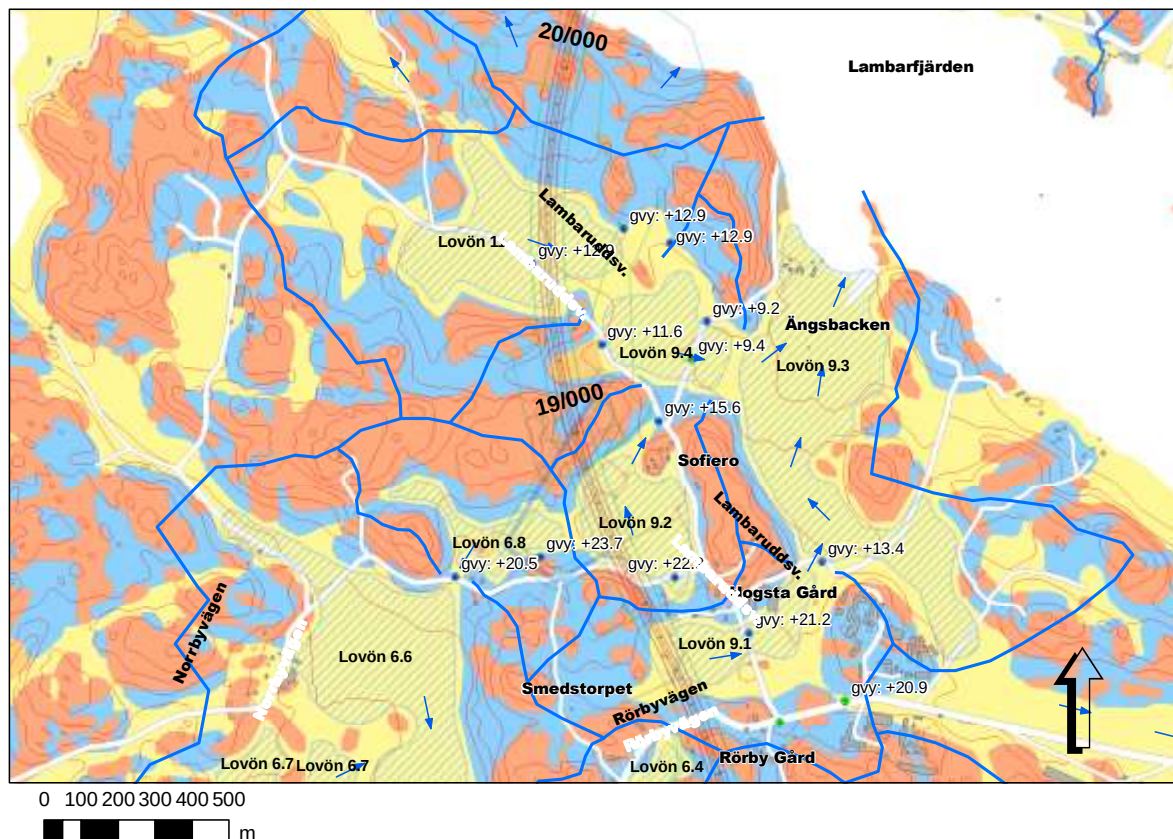


Figur 7.6 Grundvattenförhållandena vid centrala Lovö (se utvecklingskartlegend längst bak i dokumentet)

Den centrala delen av Lovö med golfbanan, området vid Lovö kyrka upp mot Rörby gård och Norrby gård i nordväst består av flera grundvattenmagasin åtskilda av bergtrösklar eller smala dalgångspassager. I Figur 7.6 ovan syns merparten av dem, numrerade Lovön 6.1 till Lovön 6.8. Den del av Förbifart Stockholm som går genom området är cirka 2 kilometer lång. Grundvattennivåer är marknära och inom centrala delar där markytan är lågt belägen är grundvattnet artesiskt. Notera grundvattennivån +10,5 norr om Lovö Kyrkallé. Här är den för grundvattnet naturliga strömningsriktningen mot söder påverkad av pågående grundvattendränering.

Grundvattenströmningen i jord från grundvattenmagasinen inom centrala Lovö sker genom den ca 200 meter breda dalgången, söder om golfbanan, där också diket finns. Större delen av områdesavrinningen bedöms dock ske som ytvattenavrinning i diket.

Det undre magasinets friktionsjord är en sandig grusig morän med relativt hög genomsläpplighet. Lerlagret är mäktigt med mycket lösa och sättningsbenägna leror. Ett markavvattningsföretag täcker stora delar av Lovön 6.6 och 6.4 och diket är en del/följd av detta företag. Området norr om Lovö Kyrkallé med organisk jord är till en del en anlagd våtmark.



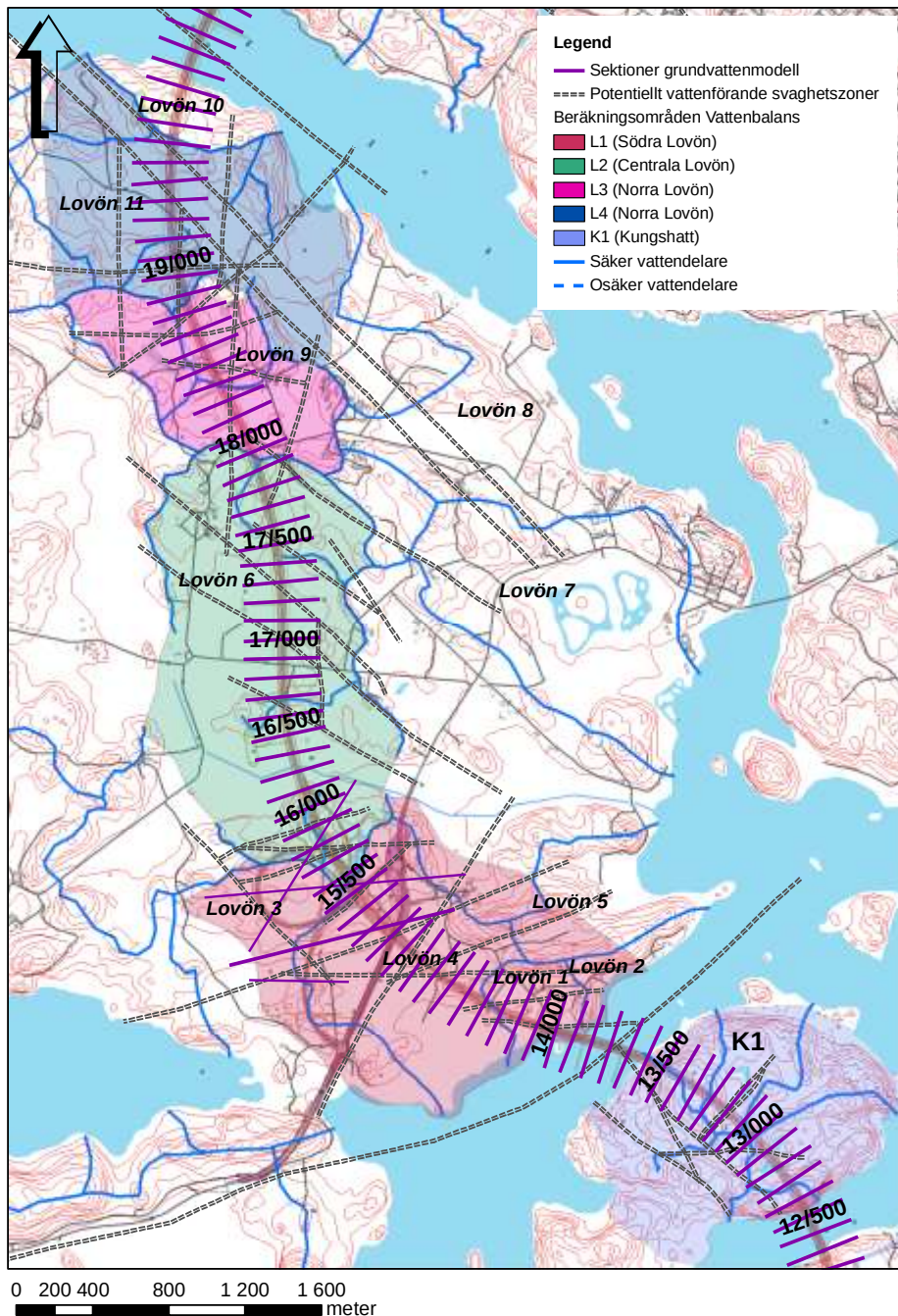
Figur 7.7 Grundvattenförhållandena vid norra Lovö (se utveckbarkartlegend längst bak i dokumentet)

Norr om Rörbyvägen kommer Förbifart Stockholm in i ett område med mindre grundvattenmagasin omgivna av relativt stora grundvattenbildningsområden med berg och moränjord. Dessa magasin (Lovön 6.8, Lovön 9.1 och Lovön 9.2) ligger högre upp i terrängen än det centrala grundvattenmagasinet (Lovön 6.4 och Lovön 6.6) och har grundvattennivåer kring +20 till +22 vilket är betydligt högre än grundvattennivån i tidigare Lovön 6.4 och även i området längre norrut som har nivån kring +12 till +13, se *Figur 7.7*. Avrinningen från dessa mindre magasin styrs av bergtrösklar och/eller avsmalnande dalgångar. Grundvattnet i magasinet nedströms (Lovön 9.3) har nivån ca +13, det vill säga hela 10 meter lägre vilket visar på effekten av dessa bergtrösklar och avsmalnande dalgångar.

Vid norra Lovö passerar Förbifart Stockholm i tunnelläge ett utsträckt nordväst-sydostligt område med lerjord, km 19/200 – 19/500. En mindre höjdrygg, som märks vid markytan genom den åkerholme som finns öster om väglinjen, delar av området i två grundvattenmagasin (Lovön 11 och Lovön 9.4). Avvattning av markytan sker med dikning mot öster. Grundvattenströmningen bedöms ske åt samma håll även om ett mindre flöde från Lovön 11 mot nordväst inte kan uteslutas. Grundvattennivån är marknära. Mot öster (Lovön 9.3) övergår grundvattennivån till att bli artesisk.

7.2 Bedömd omgivningspåverkan och förslag på skyddsåtgärder

I följande beskrivning av bedömd omgivningspåverkan har Mäläröarna delats in i mindre delområden för vilka vattenbalanser beräknats. Områdena visas i Figur 7.8 nedan. Figuren visar även läget för de grundvattenmodeller som utförts och för de svaghetszoner som bedömts kunna få betydelse för inläckage och påverkansområdets utbredning.



Figur 7.8 Vattenbalansområden, sektioner för tvärsnittsmodellering samt bedömda svaghetszoner som kan ha betydelse för grundvattenpåverkan

På grund av vattendjupet och sedimentmaktigheten går bergtunnlarna vid sundet mot Sättra 80 till 90 meter under Mälarens sjöyta. Kungshatts strand stiger brant och bergtunnlarna ligger upp till 130 meter under markytan inom höjdområdet. Sundet mellan Kungshatt och Lovö är inte lika djupt och här stiger tunnelnivån från ca 80 meter till ca 50 vid Lovös strand. Under södra Lovö fram till trafikplats Lovö och vidare under centrala Lovö ligger tunnelnivån ca 40-60 meter under mark. Fortsatt norrut börjar tunnelnivån sänkas inför nästa vattenpassage under Lambarfjärden och faller successivt ned till ca 110 meter under markytan vid Lovös nordöstra strand. Lambarfjärden är djup och här går bergtunnlarna ca 70 till 80 meter under vattenytan.

Modeller med tätande lerjordlager, enligt avsnitt 4.1, används inom intervallen km 15/100 - 15/400, 16/300 - 17/500 och 19/400 - 19/700. Inom dessa intervall har även korsande svaghetszoner med högre konduktivitet antagits. Inom delsträckan finns andra undermarksanläggningar som omfattas av sekretesslagstiftning och inte får redovisas. Dessa anläggningar är inte medtagna i grundvattenmodellerna utan ett bedömt inläckage är medtaget i vattenbalansberäkningarna som redovisas nedan.

För vattenpassagerna har inga specialmodeller upprättats utan inläckaget har beräknats med "jordlagermodeller" där tunneldjupet under Mälarens yta motsvarats av tunneldjupet under grundvattenytan.

Nedanstående redovisning av omgivningspåverkan beskriver förhållanden med vald fördelning av täthetsklasser längs sträckan men utan effekten av skyddsinfiltration eller annan vidtagen skyddsåtgärd.

7.2.1 Omgivningspåverkan vid Kungshatt, km 12/500-14/400

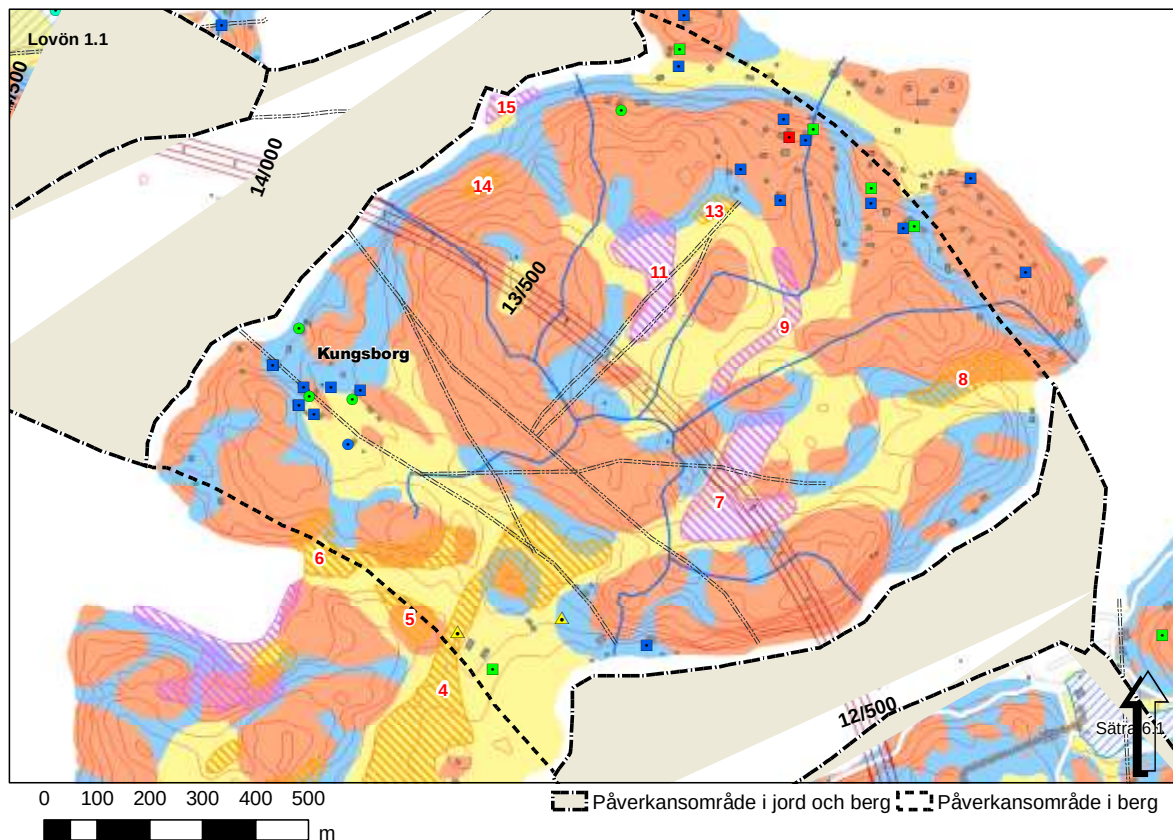
Sträckan omfattar hela vattenbalansområdet K1 samt anslutande vattenpassager. För vattenpassagerna redovisas dock ingen beräknad dränering då ingen negativ omgivningspåverkan uppstår. Därmed innebär dräneringen av grundvattnet till huvudtunneln ingen vattenverksamhet. Vattenverksamhet inom området utgörs i bygg- och driftskedet av inläckage till bergtunnlar under Kungshatt och till ett borrhål för ventilation av ett eldriftsutrymme vid Kungshatts norra strand.

Tabell 7.2 Vattenverksamhet inom Kungshatt

Anl. Nr	Anläggningsdel	Längdmätning	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
201,202	Huvudtunnel	12/750 -13/900	Grundvattendränering,	
262	Friskluftintag eldriftsutrymmen	ca 13/900	beräknat 145 l/min	Samma som byggskede

* Avser sträckan under Kungshatt

Påverkansområdets bedömda utbredning redovisas i Figur 7.9 nedan. Gränsen gäller för påverkan i berg. För jordlagren bedöms påverkansområdet bli mindre.



Figur 7.9 Bedömd grundvattenpåverkan på Kungshatt

Grundvattenbildningen är god inom Kungshatt och enligt vattenbalansberäkningen kommer inläckagets andel av grundvattenbildningen att uppgå till ca 30 procent eller ca 25 procent av den totala avrinningen. Som redovisats ovan strömmar detta grundvatten främst i ytligare system. Bergtunnlarna kommer att gå djupt under höjdområdet, som mest cirka 130 meter. Någon påtaglig påverkan på de ytliga mindre grundvattensystemen uppe i höjdområdet bedöms inte uppkomma. Bedömningen baseras på resultatet av grundvattenmodellerna samt på att berggrunden är förhållandevis tät, vilket de relativt djupa bergbrunnarna visar. Uppmätta grundvattennivåer i bergbrunnarna tyder inte på någon fullständig kontakt med de ytliga systemen.

Naturobjekten inom höjdområdet eller i det mer låglänta området inom den centrala delen av ön bedöms därmed inte påverkas av grundvattendränningen. Det finns ett antal områden med höga naturvärden främst inom höjdområdet, och tillströmningen och deras eventuella grundvattenberoende ska karteras noggrannare i fält innan en slutgiltig bedömning av risk för påverkan kan göras. Sjöarna, som ingår i de identifierade områdena med naturvärden, sänks endast obetydligt under sommarperioden då avrinningen minskar samtidigt med tillrinningen.

Skadeobjekt inom påverkansområdet

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade

Områden med sättningskänslig mark (risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm.)

Inom Kungshatt bedöms ingen lös lera förekomma annat än i låglänta, strandnära områden.

Någon inventering av byggnaders grundläggning är inte utförd på Kungshatt. Mestadels består byggnaderna av fritidshus eller äldre bebyggelse inom fastmarksområden, dvs. utanför områden med lös, sättningsbenägen lerjord.

De äldre byggnader eller fritidshus som förekommer inom områden med lös lera förutsätts ha grundvattenberoende grundläggning eftersom de inte bedöms ha pågrundläggning eller på annat vis vara fast grundlagda.

Grundläggning

Viss bebyggelse inom fritidshusområdet Kungsborg och delar av den äldre bebyggelsen vid tegelbruket kan ha grundvattenberoende grundläggning och vara belägen inom områden med sättningskänslig lerjord.

Brunnar

För närvarande har 26 brunnar för enskild vattenförsörjning inventerats på Kungshatt, de flesta bergborrade. Flertalet försörjer fritidsfastigheter men ett antal försörjer permanenta bostäder. Brunnarna vid Kungsborg på öns nordvästra sida ligger 300-400 meter från tunnlarna. Brunnarna vid Kungshättan är belägna 400-600 meter från tunnlarna. Närmast, ca 250 meter från planerade tunnlar, ligger brunnen vid Kungshatt 1:3.

Uttagskapaciteten bedöms inte påverkas men vattenkvaliteten kan försämrats.

Tabell 7.3 Brunnar vid Kungsborg

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8F158BH	Kungshatt 1:57	Dricksvatten	borrad	ca 3-5 meter
o8F154BH	Kungshatt 1:58	Dricksvatten	borrad	ca 3-5 meter
o8F205G	Kungshatt 1:58	Okänd	grävd	Bedöms ej påverkas
o8F206G	Kungshatt 1:59	Okänd	grävd	Bedöms ej påverkas
o8F207G	Kungshatt 1:61	Okänd	grävd	Bedöms ej påverkas
o8F155BH	Kungshatt 1:61	Dricksvatten	borrad	ca 3-5 meter
o8F157BH	Kungshatt 1:69	Dricksvatten	borrad	ca 3-5 meter
o8F156BH	Kungshatt 1:79	Dricksvatten	borrad	ca 3-5 meter
o8F153BH	Kungshatt 1:84	Dricksvatten	borrad	ca 3-5 meter
o8F208G	Kungshatt 1:85	Dricksvatten	grävd	Bedöms ej påverkas

Tabell 7.4 Brunnar och källor vid äldre bebyggelse, Tegelbruket

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8F151B	Kungshatt 1:1	Okänd	borrad	ca 1 m
o8F204G	Kungshatt 1:1	Okänd	källa	Ev. minskat flöde
o8F152BH	Kungshatt 1:3	Dricksvatten	borrad	ca 5-7 meter
10F152G	Kungshatt 1:8	Okänd	källa	Bedöms ej påverkas

Tabell 7.5 Brunnar vid Kungshättan

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8F242BE	Kungshatt 1:103	Energi	borrad	ca 1 m
o8F220BH	Kungshatt 1:103	Dricksvatten, bevattning	borrad	ca 1 m
o8F163BH	Kungshatt 1:104	Dricksvatten	borrad	ca 1 m
o8F164BH	Kungshatt 1:104	Okänd	borrad	ca 1 m
o8F253BH	Kungshatt 1:109	Dricksvatten	borrad	ca 1 -3 m
o8F221BH	Kungshatt 1:111	Dricksvatten	borrad	ca 1 -3 m
10F152BH	Kungshatt 1:113	Dricksvatten	borrad	ca 1 -3 m
o8F254BH	Kungshatt 1:151	Dricksvatten, bevattning	borrad	ca 1 m
o8F160BH	Kungshatt 1:152	Dricksvatten	borrad	ca 1 m
o8F225BH	Kungshatt 1:44	Dricksvatten	borrad	ca 1 m
o8F167BH	Kungshatt 1:44	Okänd	borrad	ca 1 m
o8F162BH	Kungshatt 1:96	Okänd	borrad	ca 1 m
o8F209G	Kungshatt 1:99	Okänd	grävd	Bedöms ej påverkas

Naturobjekt

På Kungshatt finns många områden med höga naturvärden. I tabellen nedan listas de som redovisas i Skogsstyrelsens GIS-databas *Skogens pärlor* och som ligger inom eller i närhet till bedömt påverkansområde för grundvattenavsänkning till följd av Förbifart Stockholm. Dessa beskrivs närmare i miljökonsekvensbeskrivningen, MKB Vattenverksamhet.

Tabell 7.6 Naturobjekt inom eller i närheten av påverkansområdet Kungshatt, Lovö

Nr	Typ	Namn
4	Nyckelbiotop	Lövriska skogsbryn
5	Nyckelbiotop	Aspskog
6	Nyckelbiotop	Ädellövskog
7	Naturvärden	Lövskog
8	Nyckelbiotop	Ravin
9	Naturvärden	Lövsumpskog
11	Naturvärden	Lövskog
13	Nyckelbiotop	Alsumpskog
14	Nyckelbiotop	Aspskog
15	Naturvärden	Lövskogslund/Hagmarksskog

Förslag på skyddsåtgärder, km12/750 – 13/900

För Kungshatt föreslås skyddsåtgärder med avseende på privat vattenförsörjning och på kontroll av naturobjekt. Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella:

Kontroll och övervakning av grundvattenpåverkan

- Nivåmätning och vattenkvalitetsprovtagning i samtliga brunnar före byggstart

- Förberedelse för nivåmätning i samtliga brunnar, exempelvis installation av mätrör i brunnsock. Installation av automatiska nivåmätare i vissa brunnar med hög vattentillrinning
- Installation av automatisk mätning av konduktivitet (mått på salthalt) i utvalda brunnar

Förberedande åtgärder för ersättning av vattenförsörjning för en eller flera brunnar

Åtgärder omfattar bland annat möte med fastighetsägare, tomtföreningar/samfälligheter inom fritidshusområdena Kungshättan och Kungsborg för diskussion om förutsättningar för och önskemål om en gemensam vattenförsörjning samt övriga frågor som kan ha betydelse för åtgärd vid en uppkommen skada.

7.2.2 Omgivningspåverkan vid södra Lovö, km 14/400 – 16/200

Området omfattar vattenbalansområde L1 med ramptunnlar och anslutande cirkulationsplatser vid Edeby och Tillflykten. Till delsträckan hör även en arbetstunnel och en luftutbytesstation. Sträckan omfattar jordbruksmarken söder om Ekerövägen, Edeby gård och området invid Edebyvägen samt område kring Tillflykten upp mot Söderby gård. Området omfattar vidare trafikplats Lovös anläggningsdelar. Deras inbördes lägen visas schematiskt i 3D-figuren nedan.



Figur 7.10 3D-modell över Trafikplats Lovö

Vattenverksamheten inom delområdet utgörs av inläckage till bergtunnlar för huvudvägar, rampvägar till och från cirkulationsplatserna vid Tillflykten och Edeby samt tillhörande tvärtunnlar för evakuering. Till bergtunnlarna kommer även grundvatten som läcker in till borrhål för ventilation av eldriftsutrymmen och för ventilationsschaktet till luftutbytesstationen.

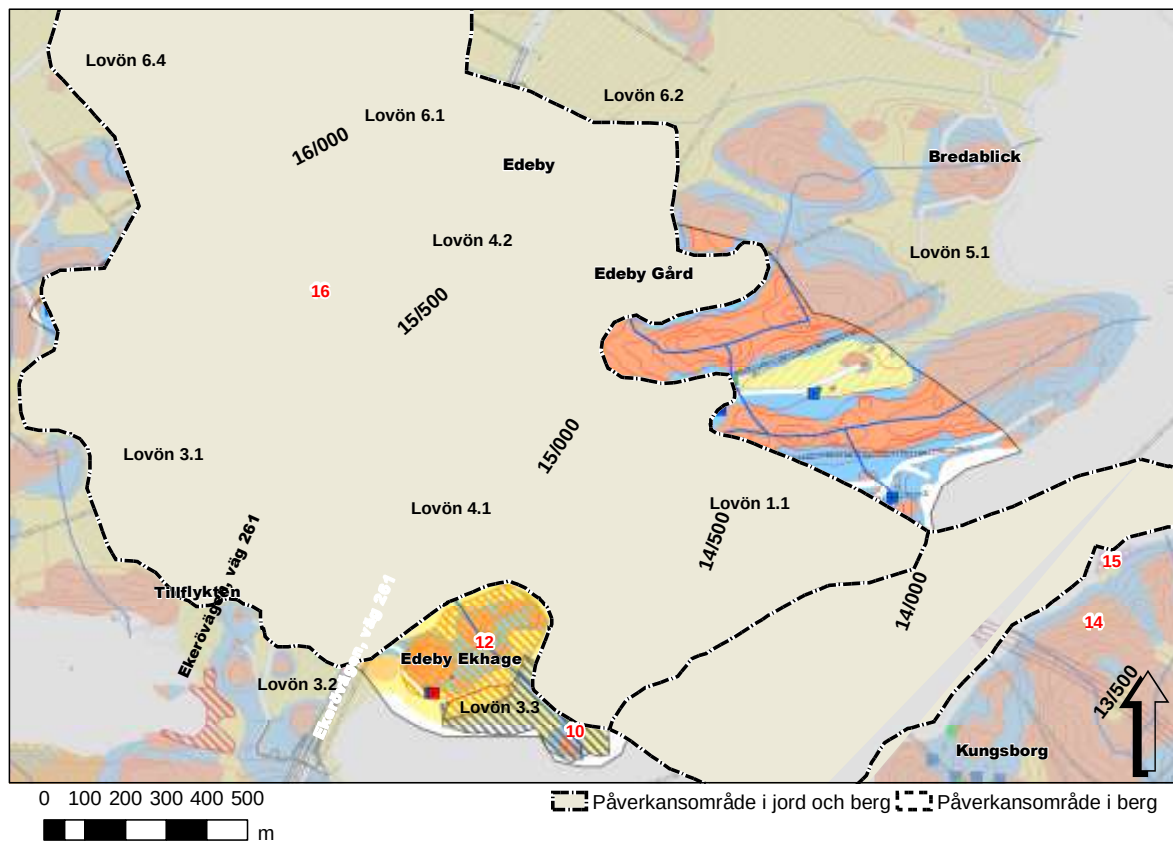
Vid de bägge cirkulationsplatserna Edeby och Tillflykten kommer schakt under grundvattennivån och permanent dränering kring olika betongkonstruktioner att medföra vattenverksamhet.

I tabellen nedan listas anläggningsdelarna och vilken vattenverksamhet de medför i detalj.

Tabell 7.7 Vattenverksamhet inom södra Lovö

Anl. nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
201,202 211 -214 271,272 263,265- 267	Huvudtunnlar Ramp-tunnlar Luftutbytesstation Friskluftintag eldriftsutrymmen		Grundvattendränering, beräknat 240 l/min	Samma som byggskede
292	Arbets-tunnel södra Lovö		Grundvattendränering, beräknat 30 l/min	Ingen påverkan
242	Betongtunnel påfartsramp från Lovö mot E4 S	ca +20	Dräneringsnivå +13,5	Dräneringsnivå +14
243	Betongtunnel avfartsramp från E4 N mot Lovö	ca +20	Dräneringsnivå +12,5	Dräneringsnivå +13
245	Tråg, väster om cirk Edeby	ca +18	Dräneringsnivå +14,5	Dräneringsnivå +15
23E	GC-väg från busshållplats Edeby södergående	+ 19 - +10	Dräneringsnivå +10	Dräneringsnivå +11
249	Schakt för brostöd för bro över GC-väg, söder om cirk Edeby	+ 19 - +10	Dräneringsnivå +9,5	Ingen påverkan
241,244	Betongtunnel avfartsramper från E4 S mot Lovö, från Lovö mot E4	+10	Dräneringsnivå -0,5	Dräneringsnivå -0,5
231, 247	Berg- och betongtunnel Lindö		Dräneringsnivå +4	Dräneringsnivå +4

Påverkansområdets bedömda utbredning för bygg- och driftskedet redovisas i Figur 7.11 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 7.11 Bedömd grundvattenpåverkan på södra Lovö

Påverkan skiljer inte så mycket mellan bygg- och driftskedet även om grundvattendränningen blir något mindre i driftskedet när arbetstunneln återställts (återfyllts) och betongkonstruktionerna är färdigbyggda.

Vattenbalansberäkningen visar att ca hälften (49%) av potentiell grundvattenbildning kan dräneras av Förbifart Stockholm vilket är en relativt stor andel. I beräkningen ingår en tillfällig arbetstunnel och under driftskedet, när arbetstunneln vattenfyllets, minskar dräneringens andel av grundvattenbildningen till ca 44 procent. Dräneringen inom området fördelas inte jämt inom beräkningsområdet utan större delen sker inom norra delen av området för trafikplatsen där ramptunnlar korsar både över och under huvudtunneln. Här kommer även arbetstunnel och luftutbytesstation att anläggas.

Påverkan inom berg- och moränområdet där trafikplatsen anläggs blir komplex. Vissa sprickzoner ovan och i anslutning till bergtunnlarna kommer att dräneras ur helt, vilket samtidigt gör att de slutar leda grundvatten annat än under nederbördstillfällen (en tom/omättad spricka eller en por i ett jordlager kan inte leda vatten om den inte är helt vattenmättad). Det gör att upprättade grundvattenmodeller kan ha överskattat inläckaget till bergtunnlarna samtidigt som grundvattnets trycknivå i berget blir något större än vad modellberäkningarna visar. Vegetationen bedöms bli påverkad av torrare förhållanden inom delar av området medan andra får oförändrade förhållanden där det ytliga jordlagret ovanlagrar tätt berg eller där sprickorna har låg vattengenomsläpplighet.

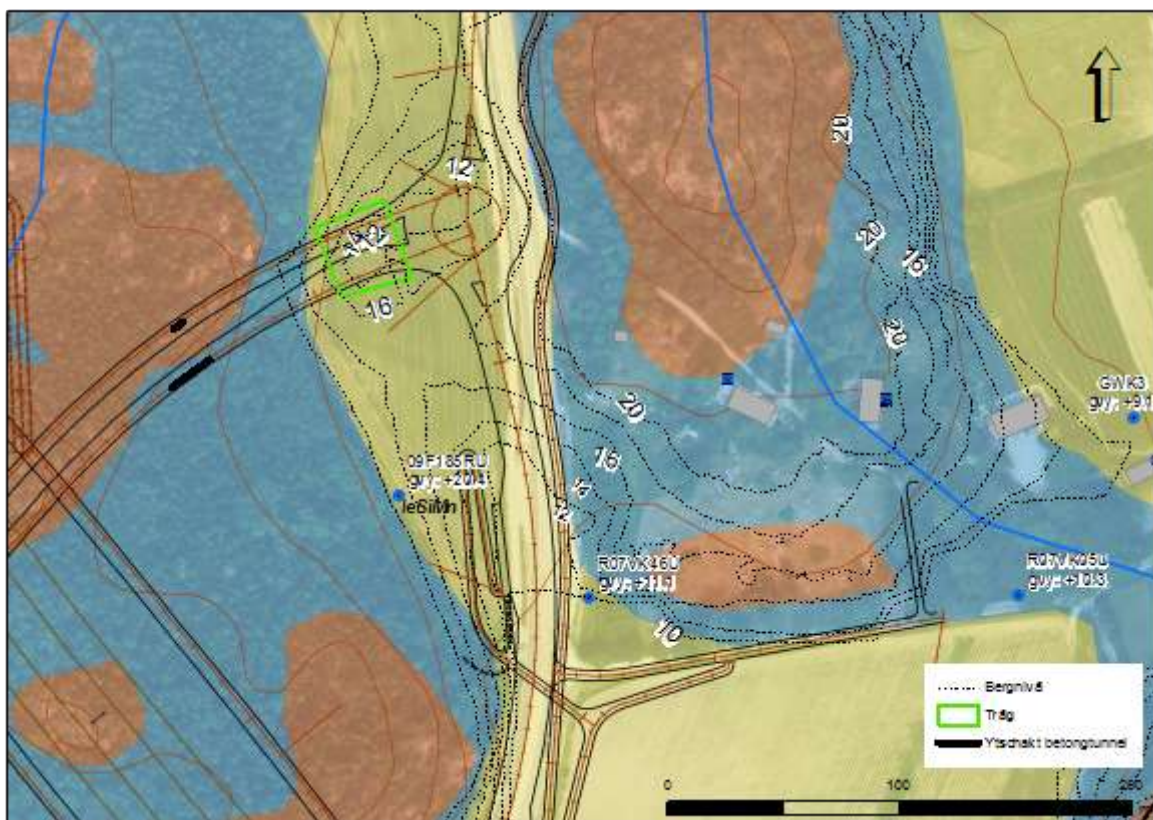
Sättningskänslig jord bedöms finnas där lerlagrets mäktighet överstiger ca 2 meter, dvs. där det finns lös lera under torrskorpelagret vid markytan. Det mäktigaste lerlagret bedöms finnas inom

delavrinningsområde Lovön 4.1 ned mot Mälarens strand, inom Lovön 3.1 och även inom den borte (östliga) delen av påverkansområdet inom Lovön 6.2. Lerlagret inom Lovön 1.1 och delen av Lovön 6.1 nordväst om Ekerövägen är tunnare. Grundvattenavsänkningen i det undre grundvattenmagasinet i jord bedöms kunna uppgå till mellan ca 1-4 meter ovanför tunnellinjen och upp till som mest ca 1 meter där lerlagret är som mäktigast. Därmed bedöms endast mindre sättningsrörelser kunna uppkomma inom Lovön 4.1 och Lovön 6.2. Grundvattennivån i jord inom Lovön 3.1 bedöms inte påverkas så att några sättningsrörelser uppkommer.

Omgivningspåverkan från grundvattendränering vid Edeby cirkulationsplats

För att bättre beskriva omgivningspåverkan vid cirkulationsplats Edeby redovisas de hydrogeologiska förhållandena i detalj i Figur 7.12 nedan. Grundvattenmagasin Lovön 4.2 finns inom en smal svacka i berggrunden som går in som en kil från det lägre liggande lertäckta området (Lovön 4.1). Bergytan har utifrån utförda JB-sonderingar (geoteknisk sondering för att bestämma bergytans läge) en lågpunkt under cirkulationsplatsen, se streckade linjer för bergnivå i figuren. Observationsrören för grundvattennivåmätningar är placerade vid bergsvackans sidor och uppmätta nivåer påverkas av de stigande bergnivåerna och den stigande topografien. I svackans mitt, vid planerad cirkulationsplats, bedöms grundvattennivån vara ca +20 för att sedan sjunka när marknivån faller ned mot det större lertäckta området med jordbruksmark i söder.

Grundvattenutflödet från området till Lovön 4.1 bedöms vara litet. Längs dalgångens sidor finns diken som tar hand om större delen av nederbörden som infiltreras inom morän- och bergområdena.



Figur 7.12 Detaljfigur över geologiska och hydrogeologiska förhållanden vid Edeby trafikplats

Byggskede

Som framgår av Figur 7.12 byggs betongtunnlarna uppe i slänten där bergtäckningen blir för liten för att det ska vara möjligt att fortsätta med bergtunnel. Betongtunnlarna (anl. nr 242, 243) blir bara 5 respektive 20 meter långa och kommer att vara helt nedschaktade i berg ned till nivån +14 resp. +13 (bergytan ligger på ca +28 till +32). Vägen fortsätter sedan i en bergskärning som mynnar ut i intilliggande jordtäckta område (Lovön 4.2) med en bergbottennivå på ca +16. Vägen når dagens markyta, ca +21, framme vid cirkulationsplatsen och här kommer grundvattnet att sänkas ned till ca +15 under byggtiden i samband med schakt.

Berget kommer att vid behov tätas. Bergschakten för betongtunnlar och skärning sprängs ut, men en viss grundvattenpåverkan i form av avsänkta nivåer i närliggande vattenförande sprickor uppkommer. Utbredningen av påverkansområdet bedöms bli lokal inom bergslänten.

Vid schaktet i jordlagren (anl. 245) behöver grundvattennivån lokalt sänkas ca 5 meter. Den grundvattenpåverkan som uppstår blir en dränering av torrskorpeleran vid markytan och viss dränering av det undre grundvattenmagasinet i jord. Det ger en påverkan inom dalgången för bergsvackan, där ett parti med lösare lera bedöms kunna finnas väster om Ekerövägen.

Vid Ekerövägen kommer ett jord- och bergschakt att utföras för en gång- och cykelpassage under Ekerövägen och för anslutningsväg till busshållplats, se Figur 7.12. Där underfarten byggs är marknivån som högst ca +15 (väster om Ekerövägen) och schaktet för brostöd (anl. 249) och gång- och cykelväg blir ca 5 meter som djupast. Grundvattennivån som uppmäts i Ro7VK46U bedöms vara ca +11-+12. Rampvägen till busshållplatsen kommer inledningsvis att innebära ett schakt på ca 7 meter som kommer att skära i kanten av anslutande slänt med en marknivå kring +17. Rampvägens nivå stiger när den viker av mot norr samtidigt som markytan stiger till nivån ca +19. Där rampvägen vänder kommer schaktet vara ca 4 meter i jord. Rampvägens schakter bedöms kunna sänka grundvattennivån med som mest 3-5 meter vilket ger en påverkan för främst grundvattenmagasin Lovön 4.2. För Lovön 4.1 sker schakt och grundvattenbortledning i det övre markvattenmagasinet i torrskorpeleran. Det undre magasinet bör inte påverkas nämnvärt.

Driftskede

För driftskedet ansöks om att få dränera ned till bergbotten vid betongtunnlarna. Dräneringen blir mindre än för det öppna schaktet under byggskedet. Det innebär att omgivningspåverkan blir något mindre men i princip påverkas samma område inom berg och moränhöjden som under byggskedet.

För tråget (anl. 245) söks tillstånd att få avsänka ned till trågbotten, dvs. i praktiken att ersätta tåget med en dräneringsledning längs med vägen.

För gång- och cykelpassagen och anslutande tillfartsväg kommer driftskedet att innebära samma grundvattenpåverkan som för byggskedet. Görs bedömningen under bygghandlingsprojekteringen, att detta skulle generera marksättningar inom Lovön 4.1 som ger konsekvenser för vägkonstruktionen, kan delar av skärningen tätas med en betongkonstruktion.

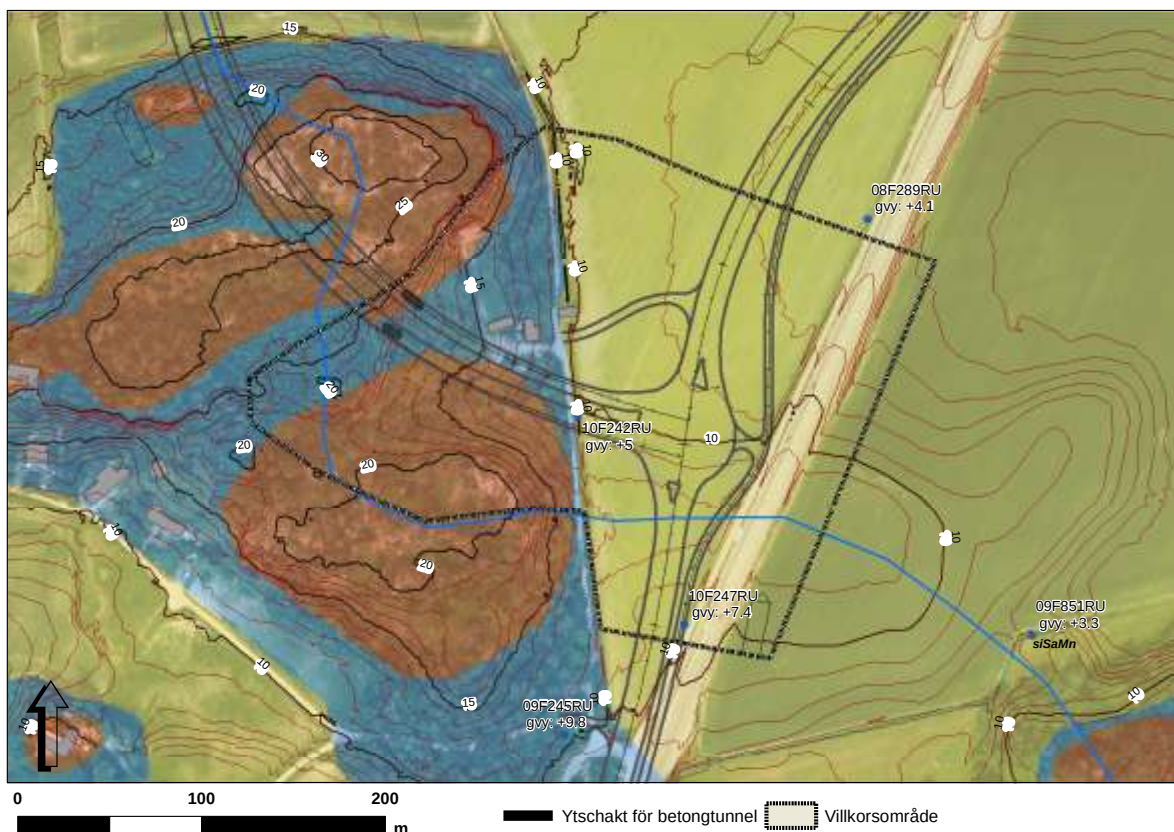
Vattenverksamheten för betongtunnel och schakt under grundvattenytan för GC-underfart och tillfartsväg till busshållplats innebär en avsänkning ned till schaktbottennivå med en utbredning av påverkan som bestäms av effekten av tätningsåtgärder etc. I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring betongtunnlar och schakt gällande både bygg- och driftskedet. Villkorsområdet omfattar den mindre jordfyllda dalsvackan vid cirkulationsplatsen och når upp i bergområdet förbi läget för betongtunnlarna. Mot söder är gränsen för villkorsområdet draget längs med större täckdiken inom åkermarken (bedömda utifrån ortofoto). Eventuella skadeobjekt inom villkorsområdet är allmänna vägar, samt jordbruk.

Omgivningspåverkan från grundvattendränering vid cirkulationsplats Tillflykten

Ramptunnlarna till och från cirkulationsplatsen vid Tillflykten kommer upp till markytan i området där en skjutbana och klubbstuga är belägen (dessa kommer att flyttas österut). Bergtunnlarna för rampvägarna kommer ut i en brant bergsida och behovet av betongtunnlar blir därför begränsat. Betongtunnellängden beräknas till endast ca 10 meter för infartsrampen (anl. 214) knappa 10 meter för utfartsrampen (anl. 211), se Figur 7.13 nedan. Från betongtunnlarna går vägen i ett öppet bergschakt fram mot cirkulationsplatsen som kommer att ligga nedsänkt med vägen på nivån ca +7,5, vilket är ca 2,5 meter under nuvarande markyta. Vägarnas dränering får en ytterligare något lägre nivå. Ekerövägen (anl 261) dras förbi cirkulationsplatsen, också den i skärning mot söder ungefär fram till infarten mot Tillflykten.

Lägsta schaktbottenivå för betongtunnlarna (lika med dränerande nivå) blir +0. Markytan i branten är här ca +18 till +20 och bergshöjden fortsätter upp mot ca +25 till +26. En svagt markerad jordfylld dalgång delar in höjdområdet i två delar och grundvatten förekommer i jordlagret ovan berg efter nederbörd. Under övrig tid bedöms det saknas ett permanent grundvattenmagasin i jord.

Vid övergången till åkermarken visar ett grundvattenrör på en grundvattennivå i jordlagren på ca +5, eller ca 5 meter under markytan. Den relativt djupa grundvattennivån tillsammans med den måttliga nivåskillnaden mot rör 08F289RU, beläget ca 150 meter längre bort, tyder på att det undre friktionsjordlagret är relativt genomsläppligt. Direkt söder om cirkulationsplatsen finns en grundvattendelare i jord och grundvattennivån stiger upp mot nivån ca +7,5 (10F289RU).



Figur 7.13 Detaljfigur över grundvattenförhållandena vid cirkulationsplats Tillflykten. Grundvattennivåer från oktober och november 2010

Byggskede

Under byggskedet medför de tunna jordlagren inom höjdområdet samt det i övriga områden måttliga schaktdjupet att schakt troligen utförs utan spont. Schaktbottennivå i berg blir vid påslaget ca -0,5. Vid cirkulationsplatsen blir bottenivå för bergschaktet ca +6. Det innebär att vid cirkulationsplatsen är schaktbottennivå högre än uppmätt grundvattennivå i jordlagermagasinet. Det ska noteras att grundvattenröret (10F242RU) är nyligen installerat så någon längre mätserie saknas. I grundvattenröret 08F289RU, ca 150 meter nedströms, finns en drygt tvåårig mätserie och där varierar grundvattennivån mellan ca +6,4 ned till ca +2,7. Det finns alltså fog till en bedömning att även vid schaktet för cirkulationsplatsen och anslutande vägar kan grundvattennivå periodvis överstiga bottenivå för schaktet inom den lerjordtäckta delen.

Bergschaktet kommer att tätas med ridå- och botteninjektering. Inom höjdområdet bedöms därmed påverkan bli begränsat till att påverka ovanlagrande jordlager fram till vattendelaren samt ge ett begränsat påverkansområde i berg. Schaktbotten nivå på ca -0,5 ligger endast ca 5 meter under grundvattennivå i omgivande flackare terräng så påverkan bedöms stanna inom höjdområdet där lokala spricksystem kan ha en högre grundvattennivå.

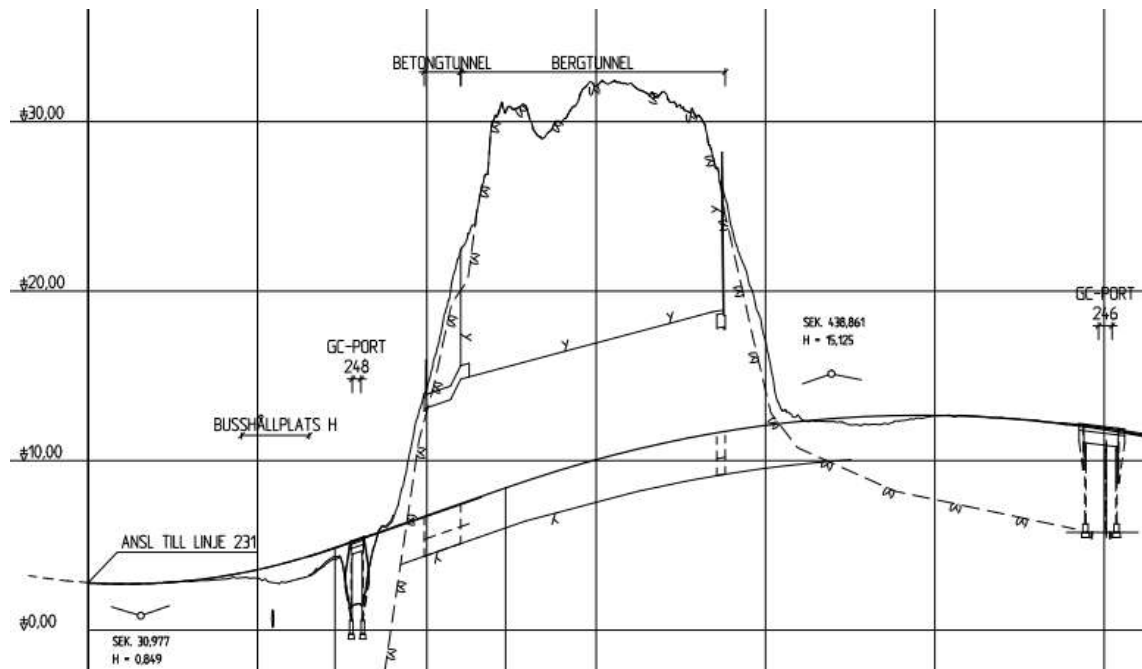
Driftskede

Dräneringsnivå, dvs bergbotten för betongtunnelns botten blir samma som dräneringsnivå för byggskedet med skillnaden att betongtunnlarna och återfyllningen kommer att reducera inläckaget till bergschaktet vilket innebär en minskad påverkan jämfört med byggskedet.

Vattenverksamheten för betongtunnel och schakt under grundvattenytan innebär en avsänkning ned till schaktbottennivå med en utbredning av påverkan som bestäms av effekten av tätningsåtgärder etc. I Figur 7.13 och i kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring betongtunnlar och schakt.

Omgivningspåverkan vid Lindötunneln

Ekerövägen byggs ut med fler körfält och på norra sidan om den befintliga Lindötunneln kommer ytterligare ett tunnelrör att byggas. Tunneln blir ca 200 meter lång och kan byggas utan större schakt i jord. På östra sidan, mot Lindösund och Lovö, inleds tunneln med ca 25 meter betongtunnel och på den västra sidan mot Lindö avslutas bergtunneln med en ca 3 meter lång betongtunnel/portal. Den befintliga och tillkommande Lindötunneln går genom en markerad höjdrygg och bergtäckningen ovanför tunnlar är ca 10- 15 meter som mest. Schaktbotten får nivå ca +4 på den östra sidan och ca +9 vid den västra tunnelmynningen, se figuren nedan.



Figur 7.14 Schematisk profil av Lindötunneln. Lindö till höger och Lindösund/Lövö till vänster.

Byggskede

Bergtunnelns läge i terrängen där omgivande jordtäckta områden i princip ligger lägre gör att påverkan begränsas till berghöjden. Grundvattennivåerna i vattenförande bergsprickor är där redan påverkade av den befintliga tunneln och den tillkommande bedöms inte innebära någon skadlig påverkan på vegetationen ovanför tunnelarna. Det korta öppna schaktet för betongtunnelarna kan ge en viss påverkan på vegetationen i den direkta närheten av schaktet. Grundvattennivån i jord bedöms ligga något över schaktnivån vid tunnelns västra mynning på Lindö. Här faller terrängen mot söder och den nya vägens dränering skulle därmed kunna avleda ett visst grundvattenflöde från höjdryggen mot söder. Denna effekt har dock även befintlig väg och tunnel så någon tillkommande dränering bedöms inte uppkomma.

Därmed bedöms påverkan under byggskedet bli måttlig.

Driftskede

Grundvattenpåverkan under driftskedet blir det samma eller något mindre än för byggskedet. Färdigställandet av betongtunneln vid den östra mynningen återställer det ytliga jordlagret ovan tunneln vilket ger en viss positiv effekt på den allra närmaste vegetationen jämfört med byggskedet.

I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring Lindötunneln. Ingen påverkan av betydelse bedöms uppkomma inom villkorsområdet.

Skadeobjekt inom påverkansområdet

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade:

Områden med risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm.

Området är beläget utanför kommunalt verksamhetsområde för vatten och avlopp och större VA-ledningar saknas inom delområdet. Inom jordbruksmarken förekommer täckdiken som kan påverkas av en marksättning.

Grundläggning

Inventering av grundläggning är utförd men det har varit svårt att få fram underlag i kommunens arkiv. Sannolikt finns ingen dokumentation över grundläggningen i allmänna arkiv. I tabellen nedan är i princip samtliga fastigheter med byggnader inom området som bedömts ha eller skulle kunna ha lös lera.

Tabell 7.8 Byggnader inom lermark med okänd grundläggning inom södra Lovö, vattenbalansområde L1

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Lövö-Edeby 4:1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Lövön 1.1
Lövö-Edeby 4:13	Inventerat - okänd grundläggning	Lövön 4.1
Lövö-Edeby 4:15	Inventerat - okänd grundläggning	Lövön 4
Lövö-Edeby 4:17	Inventerat - okänd grundläggning	Lövön 1
Lövö-Edeby 4:18	Inventerat - okänd grundläggning	Lövön 1
Lövö-Edeby S:1	Inventerat - okänd grundläggning	Lövön 2

Naturobjekt

Natura 2000-området, Edeby ekhage, är beläget intill bedömt påverkansområde. Vid gränsen bedöms grundvattennivån i det undre grundvattenmagasinet i jord som mest avsänkas 0,3 meter vilket inte innebär någon påverkan för ekhagen.

Inom berg- och moränhöjden finns en sumpskog och påverkan för denna bedöms kunna bli stor då tillrinningen av ytligt utströmmande grundvatten minskar.

Nedan visas nyckelbiotoper, naturvärden och sumpskogar som ligger inom eller i närhet till bedömt påverkansområde för grundvattenavsänkning till följd av Förbifart Stockholm. Deras läge visas i Figur 7.11 och i kartbilaga 2. Information har hämtats från Skogsstyrelsens GIS-databas *Skogens pärlor* och beskrivs närmare i miljökonsekvensbeskrivningen.

Tabell 7.9 Naturobjekt inom eller i närheten av påverkansområdet Kungshatt, Lovö

Nr	Typ	Namn
10	Sötvattenstrandäng	Sötvattenstrandäng, betesmark
12	Nyckelbiotop	Betad skog
16	Sumpskog	Fuktskog

Brunnar

Vid Lovös södra strand kommer påverkansområdet att nå ut till bebyggelsen vid Edebyvägen. Där finns ett antal privata brunnar för vattenförsörjning som ligger som närmast ca 150 till 175 meter från tunnellen. De flesta används för vattenförsörjning men det finns uppgift om fyra energibrunnar. Avsänkningen i brunnarna bedöms kunna bli som mest ca 5-7 meter vilket innebär måttlig påverkan för energibrunnarna och liten till måttlig för dricksvattenbrunnarna. För dricksvattenbrunnarna vid Edeby gård, Tillflykten och Söderby gård bedöms avsänkningen bli som mest någon meter vilket innebär liten påverkan.

Tabell 7.10 Bedömd påverkan för brunnar inom södra Lovö

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8F252BH	Lövö-Edeby 4:17	Dricksvatten	Borrad	ca 2-3 meter
o8F250BH	Lövö-Edeby 4:1	Dricksvatten	Borrad	ca 5-7 meter
o8F166BH	Lövö-Edeby 4:1	Dricksvatten	Borrad	ca 2-3 meter
o8F169BE	Lövö-Edeby 4:1	Energi	Borrad	ca 2-3 meter
o8F245G	Lövö-Edeby 4:1	Bevattning	Grävd	<0,5 meter
o8F173BE	Lövö-Edeby 4:7	Energi	Borrad	ca 2-3 meter
o8F170BE	Lövö-Edeby 4:8	Energi	Borrad	ca 2-3 meter
o8F171BE	Lövö-Edeby 4:8	Energi	Borrad	ca 2-3 meter
o8F172BH	Lövö-Edeby 4:8	Dricksvatten, bevattning	Borrad	ca 2-3 meter
o8F214G	Lövö-Edeby 4:8, 4:6, 4:7	Används ej	Grävd	<0,5 meter
o8F238BH	Lövö-Edeby 4:4	Dricksvatten	Borrad	ca 2-3 meter
o8F212G	Lövö-Edeby 4:15	Dricksvatten	Grävd	<0,5 meter
o8F213G	Lövö-Edeby 4:15	Okänd	Grävd	<0,5 meter
o8F177BH	Lövö-Edeby 4:15	Dricksvatten, bevattning	Borrad	ca 1 meter
o8F239BH	Lövö-Edeby 4:12	Dricksvatten, bevattning	Borrad	ca 1 - 2 meter
o8F176BH	Lövö-Edeby 4:11, 4:12, 4:16	Dricksvatten	Borrad	ca 1-2 meter
o8F236BH	Lövö-Edeby 4:1	Dricksvatten	Borrad	ca 1-2 meter
o8F180BH	Lövö-Edeby 4:1	Dricksvatten	Borrad	ca 1-2 meter
o8F247G	Lövö-Edeby 4:1	Dricksvatten	Grävd	<0,5 meter
o8F210G	Lövö-Edeby 4:1	Dricksvatten, djurhållning	Grävd	< 0,5 meter
o8F182BH	Lövö-Edeby 4:2	Dricksvatten	Borrad	ca 1-2 meter
o8F181BH	Lövö-Edeby 4:3	Dricksvatten	Borrad	ca 1-2 meter
o8F178BH	Lövö-Söderby 3:1	Dricksvatten	Borrad	ca 1-2 meter
o8F179BH	Lövö-Söderby 3:1	Dricksvatten	Borrad	ca 1 meter

Markavvattningsföretag

Inga registrerade markavvattningsföretag finns inom delområdet

Stora delar av marken inom påverkansområdet består av jordbruksmark, till mindre del av beteshagar. Inom lermarksområdena bedrivs jordbruk och odling av vallgrödor för slåtter och bete. Vid Mälarens strand intill Edeby ekhage finns beteshagar. Enligt uppgifter från Jordbruksverket odlades inom området under 2008 höstvetete, raps och en mindre areal med vårkorn. Uppgifterna har inhämtats för orientering; de faktiska förhållandena med växelbruk etc. kommer att beaktas vid en eventuell reglering av påvisad skada. Eventuell påverkan föreslås fastställas i en prövotidsutredning (se avsnitt 3.4).

Förslag på skyddsåtgärder, km 14/400 – 16/200

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Tätning

- Utökad tätning, täthetsklass II inom delsträcka:

Huvudtunnlar inom delen

Km 14/600 – 16/200

Ramptunnlar, anl 211-214

Hela sträckan för samtliga ramptunnlar

Infiltration

Utförande av anläggning för permanent skyddsinfiltation till det undre grundvattenmagasinet i jord bedöms inte behövas men förberedelser i form av projektering av överföringsledning från tillfällig hamn vid Malmviken till området för trafikplats Lovö bör utföras för att möjliggöra skyddsinfiltation av sjövattnen under byggskedet. Skulle permanent infiltration behövas, avses dränvattnen från bergtunnlarna användas och ledas via någon av ramptunnlarna.

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Nivåmätning och vattenkvalitetsprovtagning i samtliga dricksvattenbrunnar före tunneldrivning genom delområdet
- Installation av mätrör i energibrunnar för grundvattenpejling mellan ca km 14/300 och 14/800
- Installation av grundvattenrör i övre grundvattenmagasin inom jordbruksmark samt eventuell komplettering av grundvattenrör i undre grundvattenmagasin för kontroll av eventuell påverkan av grundvattennivåer inom jordbruksmark
- Intill Edeby ekhage, km 15/000 utförs kontroll/kartering av vegetation inom sumpskogsområden
- Kontroll/kartering av sumpskog, km 15/800 (naturobjekt nr 16 i figurer ovan och kartbilaga)

7.2.3 Omgivningspåverkan inom centrala Lovö, km 16/200 – 18/000

Området omfattar delar av det stora centrala avrinningsområdet kring Lovö kyrka som avvattnas av diket som passerar kyrkan och går söder om golfbanan och mynnar i Mälaren norr om Bredablick. Området som går upp till Rörbyvägen fram till Rörby gård omfattar vattenbalansområde L2.

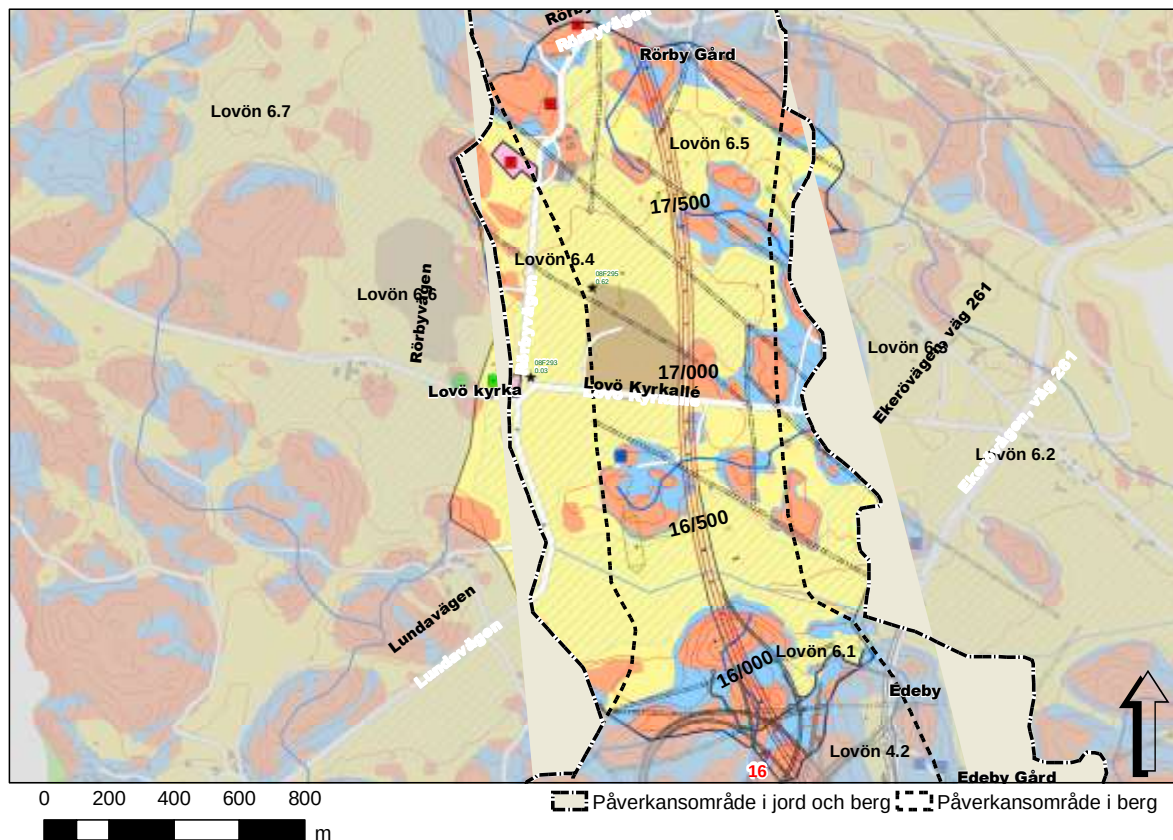
Vattenverksamheten inom delområdet utgörs av inläckage till bergtunnlar för huvudvägar och en mindre del av ramptunnlar till och från cirkulationsplatsen vid Tillflykten innan de ansluter till huvudtunneln. Inom delsträckan finns även ett borrhål för ventilation av ett eldriftsutrymme. Inga schakt eller andra dränerande konstruktioner förekommer vid markytan inom delområdet.

Nedan listas anläggningsdelarna och vilken vattenverksamhet som de medför i detalj.

Tabell 7.11 Vattenverksamhet inom centrala Lovö

Anl. nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
301,302 211, 214 362	Huvudtunnlar Ramptunnlar Friskluftintag eldriftsutrymmen		Grundvattendränering, beräknat 195 l/min	Samma som byggskede

Påverkansområdets bedömda utbredning för driftskedet redovisas i Figur 7.15 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 7.15 Bedömd grundvattenpåverkan, centrala Lovö

Vattenbalansberäkningen visar att ca 50 procent av potentiell grundvattenbildning till berg och det undre grundvattenmagasinet kan dräneras av Förbifart Stockholm. Dräneringens andel av den totala områdesavrinningen är ca 26 procent vilket visar att det finns vatten i området men de stora arealerna med lerjord gör att tillrinningen till det undre grundvattenmagasinet begränsas.

I området har en grundvattenmodell med täckande lerlager och tvärgående vertikala sprickor upprättats. Modellen visar på en utbredning av påverkansområdet i berg på ca 250 till 300 meter ut från tunnellen upp till ca 500 meter i sprickzonerna. Avsänkningen i berg ovanför tunnarna beräknas till ca 3-5 meter upp till 5-7 meter i sprickzonerna. I friktionsjordlagret ovan berg bedöms avsänkningen kunna uppgå till ca 2-4 meter i närheten av tunnarna. Friktionsjorden är en sandjord och därmed relativt genomsläpplig och påverkansområdet i jordlagret bedöms därmed nå ut längre än för berg. Påverkansområdet bedöms inte få en större utbredning under torrår (en serie av torrår) utan troligare är en större avsänkning ovan tunnellen.

Grundvattenpåverkan bedöms kunna ge upphov till konsolideringssättningar på upp till ca 0,2-0,5 meter i närliggande områden med mäktigare lerlager (från km 16/200 till 16/500 och från km 17/000 till 17/300). Inga byggnader eller ledningar finns inom området och endast eventuell täckdikning bedöms kunna påverkas av denna marksättning. Ungefär vid km 17/750 passerar en huvudvattenledning (inom Lovön 6.5). Här bedöms lerlagret mindre mäktigt och marksättningen bli mindre.

Inom delområdet finns endast ett mindre antal brunnar. Brunnarna inom Lovö golfbana ligger utanför bedömt påverkansområdet. Vid km 16/700, ca 200 meter väster om tunnellen (Bergstorp), finns en

bergborrad brunn för dricksvattenförsörjning och avsänkningen i brunnen bedöms kunna uppgå till ca 3-4 meter vilket bedöms innebära liten till måttlig påverkan. Längre norrut vid Barkarby finns ett par energibrunnar. Vid Barkarby gård (Barkarby 3:17) bedöms avsänkningen i berg bli mindre än 1 meter och vid fastigheten norr därom (Barkarby 3:7) ca 2-3 meter som mest.

Inom området för det större undre grundvattenmagasinet i jord, Lovön 6.4, har lerjordens sättningsegenskaper beräknats för två provtagningspunkter. Den ena, intill Rörbyvägen framför Lovö kyrka, visar på endast mindre sättningrörelser upp till 0,07 m vid 5 meters varaktig avsänkning, se punkt 08F293 i Tabell 7.1 under avsnitt 7.1.1. Den andra beräkningspunkten, 08F295, är belägen mer centralt inom det lertäta området och visar på betydligt större sättningrörelser, upp till 0,8 meter vid en varaktig avsänkning på 5 meter. Utifrån dessa punkter bedöms lerjorden inom området Lovön 6.4 allmänt vara sättningsbenäget men marksättningen avtar närmare gränsen för fast mark.

Inom Lovön 6.5 bedöms lerans mäktighet vara mindre men viss sättningsbenägenhet kan inte uteslutas.

Skadeobjekt inom påverkansområdet

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade

Områden med risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm.

En *huvudvattenledning* från Lovö vattenverk löper genom området för grundvattenmagasin Lovön 6.5 och kan därmed vara förlagd inom områden med lös lera där en grundvattenavsänkning för det undre grundvattenmagasinet bedöms uppkomma.

Inom Lovön 6.4 skulle marksättningar kunna påverka täckdiken inom jordbruksmark eller anläggningar vid den konstgjorda våtmarken i området.

Grundläggning

Inventering av grundläggning är utförd men det har varit svårt att få fram underlag i kommunens arkiv. Sannolikt finns ingen dokumentation över grundläggningen i allmänna arkiv. I tabellen nedan är samtliga fastigheter med byggnader inom området som bedömts ha eller skulle kunna ha lös lera.

Grundläggningen för *Lovö kyrka* är undersökt genom arkiveftersökningar i Stadsarkivet. Inga arkivhandlingar från tiden före 2000 finns kvar hos Ekerö pastorat. Kyrkobyggnaden har byggts ut i etapper med den västra delen och kyrktornet byggt på berg medan den östra delen är byggd på morän och lera. I samband med renovering, 1935, byggdes 22 st betongpelare under kyrkans murar ned till fast berggrund¹⁰. Kyrkogolvet kan dock sannolikt vara känsligt för sättningar. Se en mer detaljerad beskrivning i bilaga 4.

Tabell 7.12 Byggnader med okänd grundläggning på lermark inom centrala Lovö, vattenbalansområde L2

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Barkarby 3:17	Inventerat - okänd grundläggning	Lovön 6
Lovö kyrka	Grundförstärkta väggar/ troligen golv på lermark	Lovön 6.4
Lovö Prästgård 3:1	Inventerat - okänd grundläggning	Lovön 6.4
Rörby 1:4*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Lovön 6

*gäller en lada, ett stall- eller en ridhusbyggnad inom fastigheten

¹⁰ Källa Lovö kyrka som byggnadsverk, Berit Wallenberg, Andrén & Holms boktryckeri 1984

Brunnar

Inom delområdet finns endast ett mindre antal brunnar. Brunnarna inom Lovö golfbana ligger utanför bedömt påverkansområde. Vid km 16/700, ca 200 meter väster om tunnelinjen (Bergstorp), finns en bergborrad brunn för dricksvattenförsörjning och avsänkningen i brunnen bedöms kunna uppgå till ca 3-4 meter vilket bedöms innebära liten till måttlig påverkan. Längre norrut vid Barkarby finns ett par energibrunnar. Vid Barkarby gård (Barkarby 3:17) bedöms avsänkningen i berg bli mindre än 1 meter och vid fastigheten norr därom (Barkarby 3:7) ca 2-3 meter som mest.

Tabell 7.13 Bedömd påverkan för brunnar inom centrala Lovö

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
10F151BH	Lovö-Berga 3:1	Dricksvatten	borrad	ca 3-4 meter
o8F194BE	Barkarby 3:17	Energi	borrad	< 1 meter
o8F196BE	Barkarby 3:7	Energi	borrad	ca 2-3 meter
o8F246BE	Barkarby 3:13	Energi	borrad	ca 10 - 15 m

Naturobjekt

Stora delar av marken inom påverkansområdet består av jordbruksmark, till mindre del beteshagar. Enligt uppgifter från Jordbruksverket odlades inom den centrala delen under 2008 mestadels vallgrödor och en del höstvete. Uppgifterna har inhämtats för orientering, de faktiska förhållandena med växelbruk etc. kommer att beaktas vid en eventuell reglering av påvisad skada. Eventuell påverkan föreslås fastställas i en prövotidsutredning (se avsnitt 3.4).

Markavvattningsföretag

Uppgifter om markavvattningsföretag har hämtats från länsstyrelsen i form av en GIS-fil med översiktligt digitaliserade samt inskannade handlingar från tiden då markavvattningsföretagen (torrlägningsföretagen) fastställdes. Redovisad utbredning i kartbilaga 2.5 Grundvattenberoende objekt visar endast översiktligt markvattenföretagets utbredning.

Tabell 7.14 Markavvattningsföretag på Lovö

Lst ID	Område	Syfte	Lst Dnr, övrigt
1418	Norrby - Barkarby – Berga	Avvattning av jordbruksmark	*1801 och *0408

Förslag på skyddsåtgärder, km 16/200 – 18/000

Följande skyddsåtgärder är eller kan bli aktuella inom delsträckan.

Tätning

- Utökad tätning, täthetsklass II inom delsträckan:

Centrala Lovö Km 16/600 till 17/200

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Lovö kyrka bedöms ligga utanför påverkansområdet men har så högt skyddsvärde att speciella kontroller, sättningsmätning, komplettering av grundvattenrör med mera kommer att utföras i samråd med kyrkoförvaltning och tillsynsmyndighet
- Installation av mätrör i energibrunnar för grundvattenpejling, före byggstart
- Nivåmätning och vattenkvalitetsprovtagning i samtliga dricksvattenbrunnar före tunneldrivning genom delområdet
- Installation av grundvattenrör i övre grundvattenmagasin inom jordbruksmark samt eventuell komplettering av grundvattenrör i undre grundvattenmagasin före byggstart för kontroll av eventuell påverkan av grundvattennivåer inom jordbruksmark.

7.2.4 Områdespåverkan inom norra Lovö, km 18/000 – 20/100, passagen av Lambarfjärden km20/100-20/800

Området omfattar vattenbalansområde L4 och L5 samt den mindre delen vid mälärstranden som inte omfattas av vattenbalansberäkningen, se Figur 6.6 i början av avsnitt 7.2. Förbifart Stockholm planeras dras genom ett område norr om Rörbyvägen vid Hogsta och Sofiero där förhållandena växlar mellan skogklädda berg- och moränhöjder och mindre (i förhållande till centrala Lovö) jordbruksarealer inom lerområden. Längre norrut passerar leden den nordväst-sydostliga dalgången vid Lambaruddsvägen och därefter ett mindre berghöjdområde vid Mälärstranden.

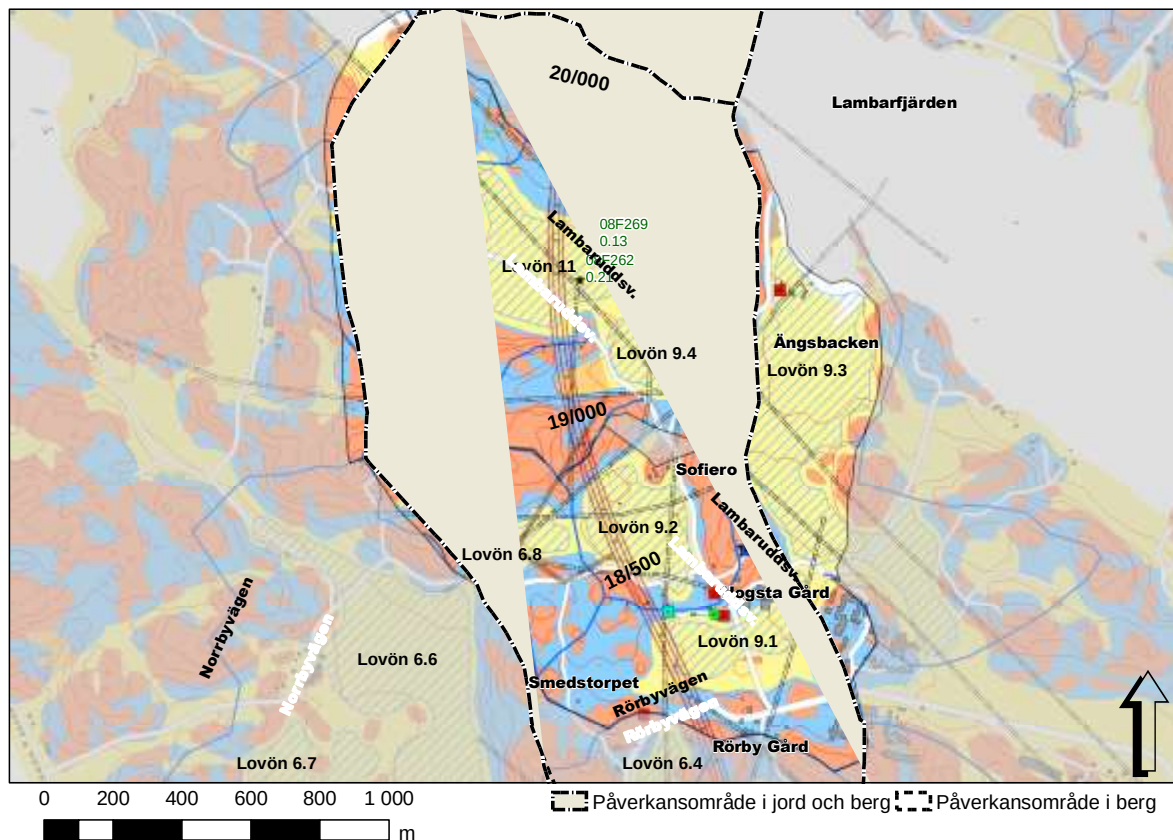
Vattenverksamheten inom delområdet utgörs av inläckage till bergtunnlar för huvudvägar samt tillhörande tvärtunnlar för evakuering. Till bergtunnlarna kommer även grundvatten som läcker in till de borrhål för ventilation av eldriftsutrymmen och för ventilationsschakt tillhörande luftutbytesstationen. Luftutbytesstationen medför ca 200-300 meter långa bergschakt intill huvudtunneln.

Nedan listas anläggningsdelarna och vilken vattenverksamhet som de medför i detalj.

Tabell 7.15 Vattenverksamhet inom norra Lovö

Anl. nr	Anläggningsdel	Längdmätning	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
301, 302 371, 372, 361,364	Huvudtunnlar Luftutbytesstation Friskluftintag eldriftsutrymmen	Km 18/000-20/200	Grundvattendränering, beräknat 265 l/min	Samma som byggskede
391	Arbetstunnel norra Lovö		Grundvattendränering, beräknat 85 l/min	Ingen påverkan

Påverkansområdets bedömda utbredning för driftskedet redovisas i Figur 7.16 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 7.16 Bedömd grundvattenpåverkan inom norra Lovö

Vattenbalansberäkningen visar att ca 70 procent av potentiell grundvattenbildning kan dräneras av Förbifart Stockholm inom beräkningsområde L3 och ca 40 procent inom beräkningsområde L4 under byggskedet med dränering till den långa arbetstunneln.

Arbetstunneln är tillfällig och kommer i driftskedet att vattenfyllas. Vattenbalansen för beräkningsområde L3, utan arbetstunneln, visar att dräneringen av berg- och det undre grundvattenmagasinet uppgår till ca 50 procent av potentiell grundvattenbildning. Det är fortfarande en hög andel av grundvattenbildningen som kommer dräneras även under driftskedet och dräneringen bedöms kunna orsaka stora variationer i grundvattennivå för det undre grundvattenmagasinet i jord inom magasin Lovön 9.2 med sänkta nivåer sommartid. Grundvattenbildningen till berg och det undre magasinet kommer att öka, vilket minskar tillrinningen till de ytliga marklagren inom jordbruksmarken. För beräkningsområde L4 (Lovön 9.4 och Lovön 11) sjunker dräneringens andel till ca 33 procent.

Utan påverkan från arbetstunneln bedöms påverkansområdet i berg nå ut ca 400-450 meter med en avsänkning vid bergytan ovan tunnelarna på mellan 0,5 och ca 3 meter. I området för arbetstunneln når påverkansområdet ca 500 m ut från tunnelarna och avsänkningen blir större, ca 2-5 meter. Utifrån vattenbalansberäkningen bedöms avsänkningen i friktionsjordlagret under lerlagret kunna uppgå till liknande belopp, ca 2-5 meter.

Inom den norra dalgången, vattenbalansområde L4, börjar bergtunnelarna gå djupt under markytan vilket ger ett större påverkansområde. Påverkan bedöms nå ut ca 600 meter upp till ca 750-800 meter i förekommande sprickzoner. Avsänkningen i berg vid markytan beräknas till ca 2,5-6 meter. I det

undre friktionsjordlagret bedöms avsänkningen bli mindre, som mest ca 1-3 meter i närheten av tunnlarna.

Luftutbytesstationen byggs mellan ca km 19/700 till 20/000, dvs inom den norra berg- och moränhöjden vilket bedöms vara ett gynnsamt läge med god grundvattenbildning och närhet till Mälaren. .

Marksättningar bedöms kunna uppkomma inom områden med lerjord. Inom de mindre områdena Lovön 9.1, Lovön 9.2 och Lovön 6.8 har ingen provtagning av lerjordens egenskaper utförts. Här bedöms lerlagret ha begränsad mäktighet vilket ger en mindre total sättningsrörelse, men då det undre grundvattenmagasinet bedöms kunna avsänkas upp till 5 meter kan inte sättningsrörelser upp mot 0,2-0,3 meter uteslutas.

Inom det större lerområdet längs med Lambaruddsvägen bedöms utifrån proverna att sättningsbeloppet blir måttligt, ca 0,1 m, för en grundvattenavsänkning i jord upp mot som mest 2 meter.

Skadeobjekt inom påverkansområdet

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade:

Områden med risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm.

Inom delar av området finns vatten och avloppsledningar. Längs Norrbyvägen, förbi Hogsta gård, går en avloppsledning (självfallsledning) som bedöms i stort sett helt ligga inom fastmarksområde. Marksättningar bedöms inte uppstå vid enskilda fastigheters servisledningar.

En huvudvattenledning från Lovö vattenverk viker av i en nordlig riktning och går parallellt, ca 225 meter väster om Förbifart Stockholm, genom ett område med förmodad lös lera inom Lovön 11.

Inom områden med lös lera skulle marksättningar kunna påverka täckdiken inom jordbruksmark eller grundläggningen av antennenläggningen i området.

Grundläggning

Inventering av grundläggning är utförd men det har varit svårt att få fram underlag i kommunens arkiv. Sannolikt finns ingen dokumentation över grundläggningen i allmänna arkiv. Inom delområdet bedöms bebyggelsen, som består av jordbruk/gårdar och mindre grupper av bostäder, ligga inom fastmarksområden, dvs. utanför områden med lös, sättningsbenägen lerjord förutom en byggnad inom Rörby 2:1.

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
RÖRBY 2:1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Lovön 9

Brunnar

Inom delområdet finns ett antal brunnar för energi- och dricksvattenändamål belägna ca 50–350 meter från tunnellen, se kartbilaga 2.5 och 2.6 *Grundvattenberoende objekt*. I Tabell 7.16 nedan redovisas inom vilken fastighet brunnen är belägen, användningsområde och bedömd påverkan.

Tabell 7.16 Bedömd påverkan för brunnar inom norra Lovö

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8F229BH	Barkarby 3:1	Dricksvatten	Borrad	Ca 1 – 2 m*
o8F248BH	Barkarby 3:1	Dricksvatten	Borrad	Ca 1 – 2 m*
o8F201BH	Barkarby 3:15	Dricksvatten	Borrad	Ca 1 – 2 m*
o8F200BE	Hogsta 4:2	Energi	Borrad	Ca 10 m
o8F233	Hogsta 4:1	Används ej	Borrad	Ca 20 m
o8F198BE	Hogsta 4:18	Energi	Borrad	Ca 10 m
o8F218G	Hogsta 4:18	Okänd	Grävd	Ca 1 m
o8F216G	Hogsta 4:15	Används ej	Grävd	Ca 0,5 m
o8F217G	Hogsta 4:17	Dricksvatten, bevattning	Grävd	Ca 0,3 m
o8F203BE	Hogsta 4:17	Energi	Borrad	Ca 1 m
o8F202BH	Hogsta 4:19	Dricksvatten	Borrad	Ca 2 - 3 m
o8F215G	Hogsta 4:1	Dricksvatten	Grävd	< 0,5 m

* Brunnarna vid Barkarby 3:1 och 3:15 kan påverkas något mer under byggskedet då arbetstunneln är i drift.

Naturobjekt/jordbruk

Inga registrerade markavvattningsföretag finns inom delområdet

Stora delar av marken inom påverkansområdet består av jordbruksmark och beteshagar. Enligt uppgifter från Jordbruksverket från 2008 odlades korn, raps och vallgrödor. Uppgifterna har inhämtats för orientering; de faktiska förhållandena med växelbruk etc. kommer att beaktas vid en eventuell reglering av påvisad skada. Eventuell påverkan föreslås fastställas i en prövotidsutredning (se avsnitt 3.4).

Förslag på skyddsåtgärder, km 18/000 – 20/200

Inom delen förbi Hogsta och Sofiero innebär den långa arbetstunneln att påverkan skiljer relativt mycket mellan byggskedet och driftskedet.

Följande skyddsåtgärder är eller kan bli aktuella inom delsträckan.

Tätning

- Utökad tätning, täthetsklass II inom delsträckan:

Norra Lovö, Hogsta, Sofiero

Km 18/300 till 19/100

- Ytterligare tätning med alternativa metoder eller injekteringsmedel kan vara aktuella inom:

Centrala Lovö, Hogsta, Sofiero

Km 18/500 till 19/000

Infiltration

Projektering av temporär anläggning för skyddsinfiltation invid arbetstunneln vid norra Lovö. Där finns möjlighet att ansluta till vattenledning (anslutning för processvatten kommer att finnas vid arbetstunneln).

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Nivåmätning och vattenkvalitetsprovtagning i samtliga dricksvattenbrunnar före tunneldrivning genom delområdet
- Installation av mätrör i energibrunnar för grundvattenpejling
- Installation av grundvattenrör i övre grundvattenmagasin inom jordbruksmark samt eventuell komplettering av grundvattenrör i undre grundvattenmagasin för kontroll av eventuell påverkan av grundvattennivåer inom jordbruksmark

8 Beskrivning Lambarfjärden – Hästa klack

Området omfattar delen från Lambarfjärden i söder till Hästa klack i norr. Förbifart Stockholm går i tunnel fram till km 26/200 där vägen övergår till bro över Spångaåns/Bällstaåns dalgång och förbi trafikplats Hjulsta vid E18. I Vinsta finns en trafikplats med anslutning till tunneln från två cirkulationsplatser vid Bergslagsvägen. Sträckan omfattar längdmätning km 20/800 till 27/230.



Figur 8.1 Översiktskarta över delen Lambarfjärden till Hästa klack, norr om trafikplats Hjulsta samt översiktligt medförande grundvattenpåverkan. För övrig påverkan se Teknisk Beskrivning

För att läsare lättare ska återfinna de områden som beskrivs i avsnitten nedan, i figurer och i bifogade kartor anges i underrubriker och i löpande text uppgifter om den längdmätning som sträckan är indelad i enligt Figur 8.1 ovan. Dessutom anges de identifierade huvudsakliga (undre) grundvattenmagasinen i jord samt en del vägnamn eller områdesnamn. Längst bak i dokumentet finns en utvecklad kartförklaring till de hydrogeologiska kartfigurer som redovisas under kommande avsnitt.

De av Förbifart Stockholms anläggningsdelar som ger eller skulle kunna ge upphov till vattenverksamhet listas i redovisning av bedömd områdespåverkan, avsnitt 8.2. För detaljerad beskrivning av hur de olika delarna ser ut och kommer att byggas, se beskrivning för respektive anläggningsnummer i *Teknisk beskrivning, TB*.

8.1 Geologiska och hydrogeologiska förhållanden

Området vid Grimsta utgörs av ett större bergparti med höjder på upp till ca +40, genomskuret av flera jordtäckta svackor i nordväst-sydöstlig riktning. En bred dalgång med utsträckning i nordost-sydväst gränsar i norr mot Hässelby slott och Hässelby gård som utbreder sig på ett antal bergsplåtar, ca +35, med mellanliggande jordfyllda, grunda svackor.

Jordtäcket i svackorna varierar mellan 1-5 meter fram till svackan vid Grimsta IP där jorrdjupet är ca 10 meter. Undersökningar visar här på sämre bergkvalitet och ett mer uppsprucket berg. Jorden i de grundare svackorna i Grimstaskogen bedöms i huvudsak vara torrskorpelera överlagrande morän på berg eller enbart morän på berg.

Dalgången med marknivå kring ca +18 med nordost-sydväst riktning från Bergslagsplan ner mellan Grimsta och Hässelby slott har lera med mäktighet på ca 10-15 meter ovan morän, vilket ger uppskattade bergnivåer på ner till ca +5. Den undre friktionsjorden har vid rödrivning konstaterats vara en moränjord med låg vattengenomsläpplighet.

Mellan Hässelby slott och Hässelby gård är svackorna grunda med ca 1-3 meter lera överlagrande morän på berg.

Lövstavägen ligger i en jordfylld dalgång mellan Hässelby gård och Vinsta. Dalgången följer en svaghetszon med nordväst-sydöstlig riktning. Lerdjupet uppskattas till ca 5-10 meter ovan morän på berg.

I området kring nuvarande trafikplats Bergslagsplan är markytan relativt plan, men jorrdjupen därunder varierar kraftigt. Jorden består av ca 1-3 meter fyllning på lera med upp till ca 15 meter mäktighet ovan friktionsjord på berg. Leran är till stor del mycket lös och sättningsbenägen. Vid den planerade södra cirkulationsplatsen är friktionsjorden en sandig morän, dvs. den bör ha en relativt god vattengenomsläpplighet.

Johannelundstoppen är till stora delar uppbyggd av rivningsmassor från 1960-talets Klarakvarter. Redan på 1950-talet låg dock en stenkross inom området och krossmaterial från denna verksamhet kan finnas under rivningsresterna. Toppens högsta punkt är omkring +60.

Från Vinsta i riktning mot Lunda växlar partier med berg och morän med mellanliggande jordfyllda svackor med högt grundvattenstånd och lösa leror. Inom bergpartierna finns flera svackor med enbart morän på berg. Bergpartierna ligger på ca +40 med mellanliggande partier på ca +25. Vid Lundaterminalen (km 24/800-25/000) har två jordprov tagits av den undre friktionsjorden. Bägge visar på en grusig sand, dvs. har hög vattengenomsläpplighet.

Ett jordprov vid Ekvägen (km 25/400) visade på sand, dvs. också här har den undre friktionsjorden en hög vattengenomsläpplighet.

Inom övriga områden förutsätts friktionsjorden vara en moränjord med en hydraulisk konduktivitet mellan 1×10^{-5} – 1×10^{-7} m/s.

8.1.1 Lerjordens sättningssänsklighet

Prov på lerjordlagrens sättningssänsklighet har tagits och undersökts på laboratorium (CRS-försök) vid ett antal punkter som listas i Tabell 8.1 nedan. Hur mycket en lera konsolideras vid en grundvattenavsänkning beror på leran, vattenhalten och framför allt hur mäktig lerjordlagret är. Redovisade sättningssbelopp ska därför tolkas med viss försiktighet till kringliggande områden. Sättningar kan uppstå av andra anledningar än en dränering av det undre grundvattenmagasinet, t.ex. genom belastning av byggnader eller fyllningsjord eller genom nedbrytning av organisk jord.

Tabell 8.1 Beräknad sättning för olika områden med lerjord och grundvattenpåverkan

Grundvatten- magasin	Provtagnings- punkt	Ler- mäktighet (m)	Avsänkning: 1 m		Avsänkning: 2 m		Avsänkning: 5 m	
			Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år	Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år	Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år
Hässelby 1.2	o8W536	6	0.04	0.07	0.7	0.15	0.27	0.32
Hässelby 3	o8F505	2.5	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Hässelby 3	o8F513	10	0.03	0.07	0.06	0.11	0.29	0.55
Hässelby 3.3	o8W537	13	0.04	0.12	0.07	0.22	0.31	0.59
Hässelby 4	o9F532	8.5	0.02	0.04	0.05	0.08	0.02	0.33
Hässelby 4	o9F538	5	0.04	0.06	0.08	0.14	0.19	0.24
Hässelby 4	o9F549	7	0.02	0.03	0.04	0.07	0.22	0.28
Hässelby 4	o9W522	8.5	0.01	0.01	0.03	0.03	0.14	0.20
Hässelby 4	1oF539	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas
Hässelby 5.1	o8T636	8	0.05	0.09	0.1	0.19	0.38	0.43
Hässelby 6	o8T609	1	<0.01	<0.01	lermäktighe t < 2 m	Lermäktighe t < 2 m	lermäktighe t < 5 m	lermäktighe t < 5 m
Hässelby 6	o8T610	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas
Hässelby 7	o8T603	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas
Hässelby 7	o8T607	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas
	o8T608	4.5	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Järva 1	o8T605	7.5	0.05	0.09	0.12	0.19	0.24	0.30
Järva 1	o8T606	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas	Lös lera saknas
Järva 2	o8T601	6.5	0.03	0.06	0.07	0.12	0.24	0.31
Järva 2	1oF602	8.5	0.09	0.25	0.18	0.45	0.55	0.70
Järva 2	1oF601	6.5	0.09	0.21	0.15	0.37	0.52	0.63
Järva 3	o8F599	7	<0.03	0.04	0.06	0.1	0.21	0.25
Järva 4	o8F597	7	<0.03	0.04	0.08	0.14	0.3	0.35
Järva 4	o8T602	2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	lermäktighe t < 5 m	lermäktighe t < 5 m
Järva 9	o8F598	7.5	<0.03	<0.03	<0.03	0.03	0.11	0.14
Järva 9	o8T637	1.5	0.02	0.03	0.07	0.08	lermäktighe t < 5 m	lermäktighe t < 5 m
Järva 9	o8T638	5	0.03	0.04	0.07	0.09	0.09	0.11

Områdesvisa bedömningar av sättningskänslighet:

Grimsta sportfält och Hässelby gård

Inom område Hässelby 1.1 bedöms det undre grundvattenmagasinet vara i stort sett opåverkat. Lermäktigheten är delvis stor och sättningar på drygt 0,1 meter bedöms kunna uppkomma inom delar av området vid en varaktig sänkning av grundvattennivån på 1 meter eller mer. Vid Hässelby gård (Hässelby 1.2) bedöms en varaktig sänkning av grundvattennivån på 0,5-1 meter kunna vara acceptabel medan en avsänkning därutöver ge större marksättningar på 0,15 meter eller mer. Inom delområdet Hässelby 3.3 bedöms leran vara mer sättningsbenägen och endast tåla en mindre varaktig grundvattenavsänkning < 0,5 meter.

Vinsta industriområde

Provtagningen inom Vinsta industriområde är koncentrerad till Bergslagsvägen där också lerjordmäktigheten bedöms vara störst. Industriområdet bedöms utifrån resultaten klara en viss avsänkning av det undre grundvattenmagasinet (upp till 1–1,5 meter) utan att större rörelser uppkommer. Undantaget är den nordvästra delen kring Plaisirvägen där prover visar på större sättningsrörelser vid en varaktig avsänkning på 1 meter eller mer.

Kälvesta

Inom Kälvesta är lerjorden generellt som mäktigast närmare Bergslagsvägen. Där visar provtagning av leran att redan vid ca 1 meters grundvattenavsänkning kan sättningsrörelser på ca 0,1 meter eller mer uppkomma. Inom områdena väster om tunnellen (Järva 7), som är karterade med lerjord, visar provtagning och geoteknisk sondering på tunnare lerlager och lös (dvs. sättningsbenägen) lera saknas i stora delar inom området för grundvattenpåverkan. Inom områden med lerjord kring och norr om Sörgårdsvägen bedöms lermäktigheten generellt vara liten eller måttlig och därmed bedöms endast mindre sättningsrörelser kunna uppstå vid en grundvattenavsänkning upp till ca 1-2 meter.

Lundaterminalen och bostadsområde

Inom Lundaterminalen förekommer mäktiga lerlager och här visar prover att redan 1 meters varaktig grundvattenavsänkning kan ge sättningar upp mot 0,2-0,25 meter. Vid bostadsområdet öster om Bergslagsvägen blir sättningsrörelserna mindre, men en avsänkt grundvattennivå över 1 meter bedöms kunna ge större sättningsrörelser.

Björkeby, Vålberga, Lunda industriområde vid Avestagatan

Inom Lunda industriområde bedöms lerjorden vara konsoliderad för en viss grundvattenavsänkning, upp till ca 1-1,5 meter, utan några större sättningsrörelser. Inom Björkebys villaområden (Järva 9) visar prover på endast mindre rörelser vid 1 meters grundvattenavsänkning och måttliga även vid 2 meters avsänkning. En viss avsänkning bedöms området därmed kunna klara. För Vålbergaområdet (Järva 4) visar den närmast liggande provtagningspunkten på sättningsbenägen lerjord medan den bortre punkten visar på mindre lermäktigheter och små eller inga sättningsrörelser.

8.1.2 Markföroreningar

Någon fullständig inventering eller provtagning av eventuella föroreningar är inte utförd. Viss provtagning har skett inom områden där schaktarbeten kommer att utföras, se provtagningspunkter i kartbilaga 1. Markföroreningar har påträffats vid följande platser längs sträckan¹¹:

- Invid parkeringen vid Johannelunds tunnelbanestation. Jordprov visar PAH-M, PAH-H och kvicksilver i föroreningshalter mellan KM och MKM (provtagningspunkt 09W516).
- Vid området för norrgående ramptunnlars anslutning till Skattegårdsvägen och Bergslagsvägen. Norr om Skattegårdsvägen har jordprov från tre punkter visat på föroreningshalter huvudsakligen under KM (09F502 och 09F506) och som högst mellan KM och MKM (PAH-H i 09F508).
- Invid Bergslagsvägen mellan planerade cirkulationsplatser. Jordprov visar på bly, kobolt och kvicksilver i föroreningshalter mellan KM och MKM (provtagningspunkt 09F543).
- Johannelundstoppen. Enligt provtagningar utförda åt Stockholms stad 1998 förekommer halter av tungmetaller i grundvattnet kring den f.d. tippet [12].

8.1.3 Berggrundsförhållanden

Från Lambarfjärden till Kälvesta (km20/900 – 24/200) varierar den dominerande bergarten mellan granit, gnejs eller mellanliggande gnejsgranit. Berggrunden är medel- till grovkornig. Därefter, från Kälvesta till Hjulsta (km24/200 till 25/900), varierar den dominerande bergarten mellan granit och gnejs av sedimentärt ursprung (tidigare sjösediment som omvandlats till en bergart liknande granit fast med bandad struktur). Här är berggrunden mestadels fin- till medelkornig. Gnejsens foliation (bergartens struktur, ”färgränder”) har en i huvudsak nordvästlig orientering (strykning) och lutar (stupar) brant. Berget är i huvudsak medel- till storblockigt med sprickfrekvens på 1-3 sprickor per meter

Längdsektion

20/900 – 21/200
21/200 – 21/850
21/850 – 22/700
22/700 – 23/600
23/600 – 24/800
24/800 – 25/400
25/400 – 25/600
25/600 – 25/900
(bergtunneln övergår till ytläge)

Bergart

Granit, medelkornig
Gnejsgranit, medel- till grovkornig
Gnejs, medel- till grovkornig
Gnejsig granit, medel- till grovkornig
Gnejsig granit
Granit, fin- till medelkornig inslag av gnejsig granit
Granit
Sedimentgnejs, fin- till medelkornig

Längs hela sträckan förekommer enstaka grönstensgångar samt gångar eller diffusa ansamlingar av pegmatit. Sprickmineral domineras av kalcit och klorit. Sprickfyllnadsmineral är lösta mineralsalter i grundvattnet som kristalliserat i öppna sprickor långt senare än då sprickorna bildades.

För grundvattenströmning i berg är, generellt uttryckt, skillnaden mellan granit och gnejs att en granit oftast är sprödare än gnejsen. Det gör att graniten lättare spricker när den varit utsatt för tryck och den

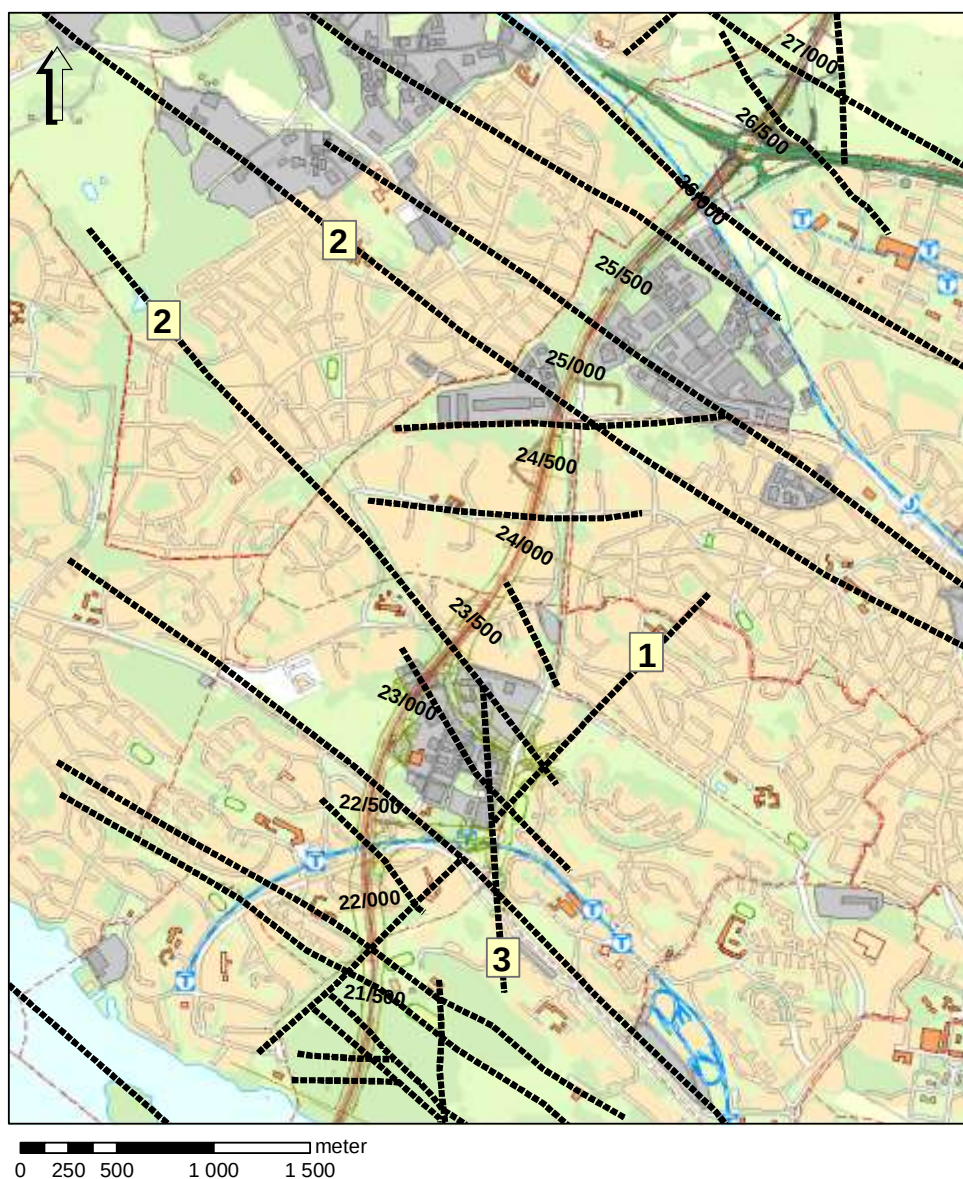
¹¹ - KM (Känslig markanvändning) innebär att området kan användas till bostäder, odling, daghem m m.

- MKM (Mindre känslig markanvändning) innebär att området kan användas till kontor, vägar, industri m m.

kan därför ha större sprickighet än gnejsen. Gnejsen är mer plastisk (mjuk) vilket ibland kan ses i böljande veckstrukturer i bergskärningar.

Gångar av grönsten eller pegmatit betyder att det ursprungliga berget spruckit upp och fyllts ut av grönsten (en relativt tät bergart) eller pegmatit (en grovkornig relativt vattengenomsläpplig bergart). När det sprickfyllande bergmassan (magman) svalnar spricker omgivande ursprunglig berggrund upp. Därför är vattengenomsläppligheten ofta högre runt en gångbergart än i omgivande huvudsakliga berggrund. En övergripande indelning av bergartsfördelningen längs sträckan redovisas nedan.

Sprickor och svaghetszoner



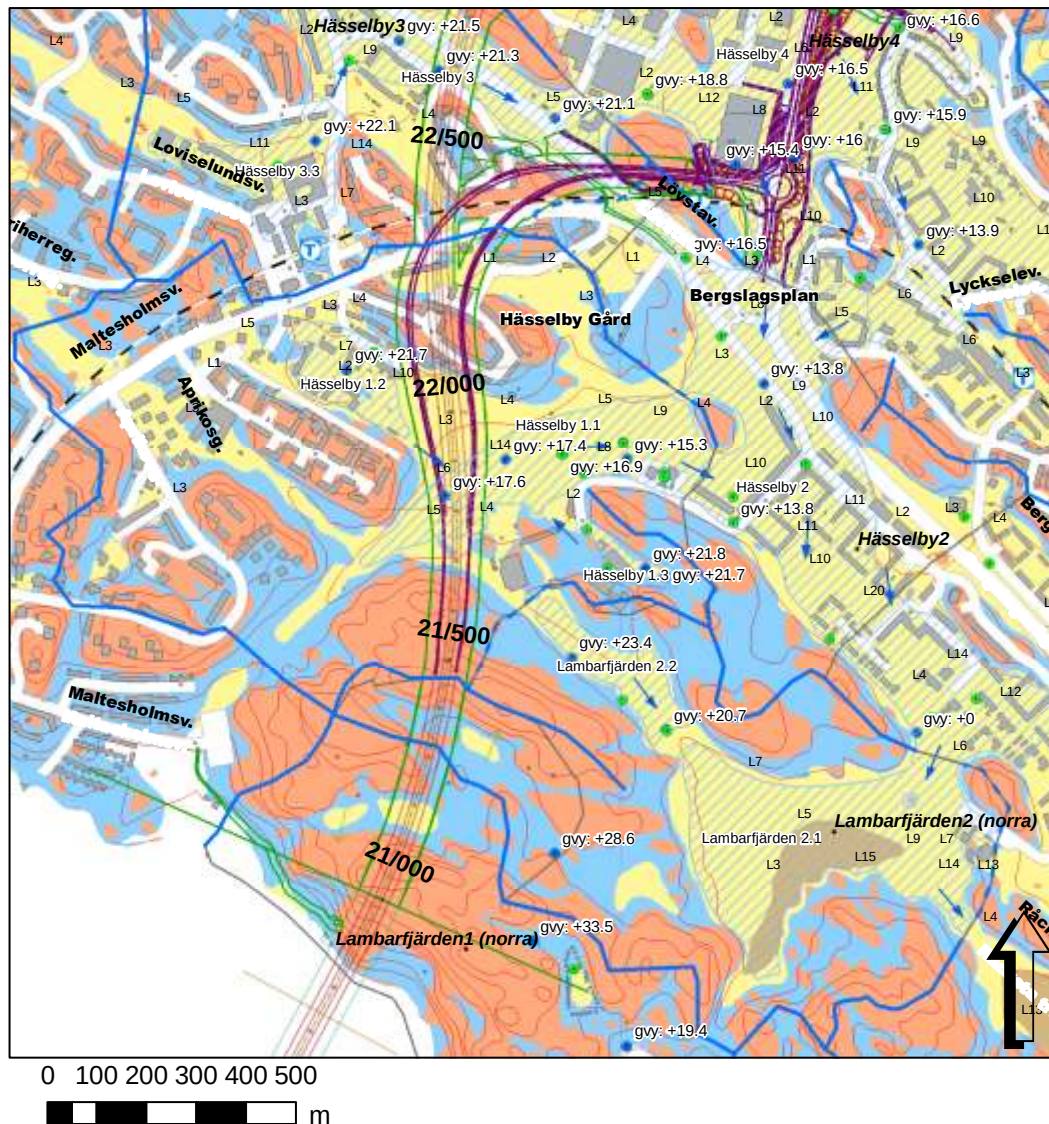
Figur 8.2 Svaghetszoner inom delsträckan Grimsta till Hästa klack, dominerande sprickzonsriktningar och urval av sprickzoner med stor utbredning och eller förmodad högre konduktivitet

I Figur 8.2 ovan redovisas riktningar för dominerande grupper av svaghetszoner (nr 1 och 2) samt underordnad grupp (nr 3) som påträffats vid borrningar, genom sprickkartering i bergskärningar, befintliga undermarksanläggningar eller genom seismik, lineamentstolkning.

Redovisade zoner bedöms ha en större utbredning och/eller kunna ha en hög vattengenomsläpplighet jämfört med andra zoner i grupperna av sprickzoner. Samtliga sprickgrupper lutar vertikalt eller nära vertikalt. Ett flertal sprickor (ej redovisade i figuren) har en i huvudsak horisontell orientering, så kallade bankningsplan.

8.1.4 Grundvattenförhållanden

Förbifart Stockholm passerar västra delen av Grimstaskogen och Grimsta sportfält och går vidare norrut under Hässelby gård, se Figur 8.3 nedan.



Figur 8.3 Grundvattenförhållanden vid Grimsta. (se utvecklingskartlegend längst bak i dokumentet)

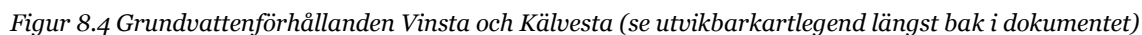
Inom bergpartiet vid Grimsta (km 21/000 – 21/600) finns flera lokala utströmningsområden med sumpskogspartier med mer eller mindre permanent vattenspegel. De syns som mindre områden med lerjord i figuren ovan. Det största sumpskogspartiet avvattnas i ett dike/bäck mot öster (mot grundvattenmagasin Lambarfjärden 2.1) och vidare bort mot Råcksta träsk. Ett annat, något mindre område avvattnas mot Mälaren. Grundvattennivån är marknära eller artesiskt i de lokala lågpunkterna och utströmning sker till de nämnda sumpskogspartierna och diken/bäckar. Närmast Mälaren kan grundvattennivån förmodas vara påverkad av den brant fallande marken med lokala källutflöden.

I de lerjordfyllda bergsvackorna vid Grimsta ridhus och idrottsplats finns ett par mindre sammanhängande grundvattenmagasin med grundvattennivåer varierande mellan ca +20 och +24 (Lambarfjärden 2.2, Hässelby 1.3). Den stora (årstids-)variationen visar på ett begränsat magasin (och tillrinning) och den lägre nivån motsvarar nivån hos styrande bergtrösklar.

Dalgången mellan Grimsta idrottsplats och Hässelby gård har betydligt mindre nivåvariation. Här varierar grundvattennivån mellan cirka +16 och cirka +17,5 vilket är cirka 0,5-1,5 meter under markytan (Hässelby 1.1).

Vid Hässelby gård finns två större slutna grundvattenmagasin i lerområden, ett vid Loviselundsskolan (Hässelby 1.3) med grundvattennivån cirka +20-+22 som avrinner mot Grimsta och ett vid Hässelby torg (Hässelby 3.3) med liknande grundvattennivå som avrinner mot Lövestavägen. En befintlig bergtunnel passerar i närområdet och kan påverka dessa magasin. I området kring Hässelby slott bedöms jordlagren vara tunna och något större grundvattenmagasin under tätande lerlager bedöms inte förekomma.

Ett utsträckt grundvattenmagasin, Hässelby 3.1, förekommer i den jordfyllda dalgången längs med Lövestavägen (km 22/600 – 22/750). Dalgången följer en svaghetszon i berget, men en vattendelare tvärs över dalgången bedöms finnas i området där tunnelbanan passerar vägen. Det sydöstliga grundvattenflödet i jord viker här av mot norr och passerar berghöjden vid Johannelunds tunnelbanestation. Grundvattennivån varierar mellan +20 och +22.



Norr om Johannelundstoppen (km 23/200- 23/300) passeras en mindre dalgång med grundvattennivå mellan +25 till +28 som avrinner mot väster (Hässelby 5.1). Grundvattenmagasinet har liten tillrinning och verkar påverkat av dränering eller minskad grundvattenbildning.

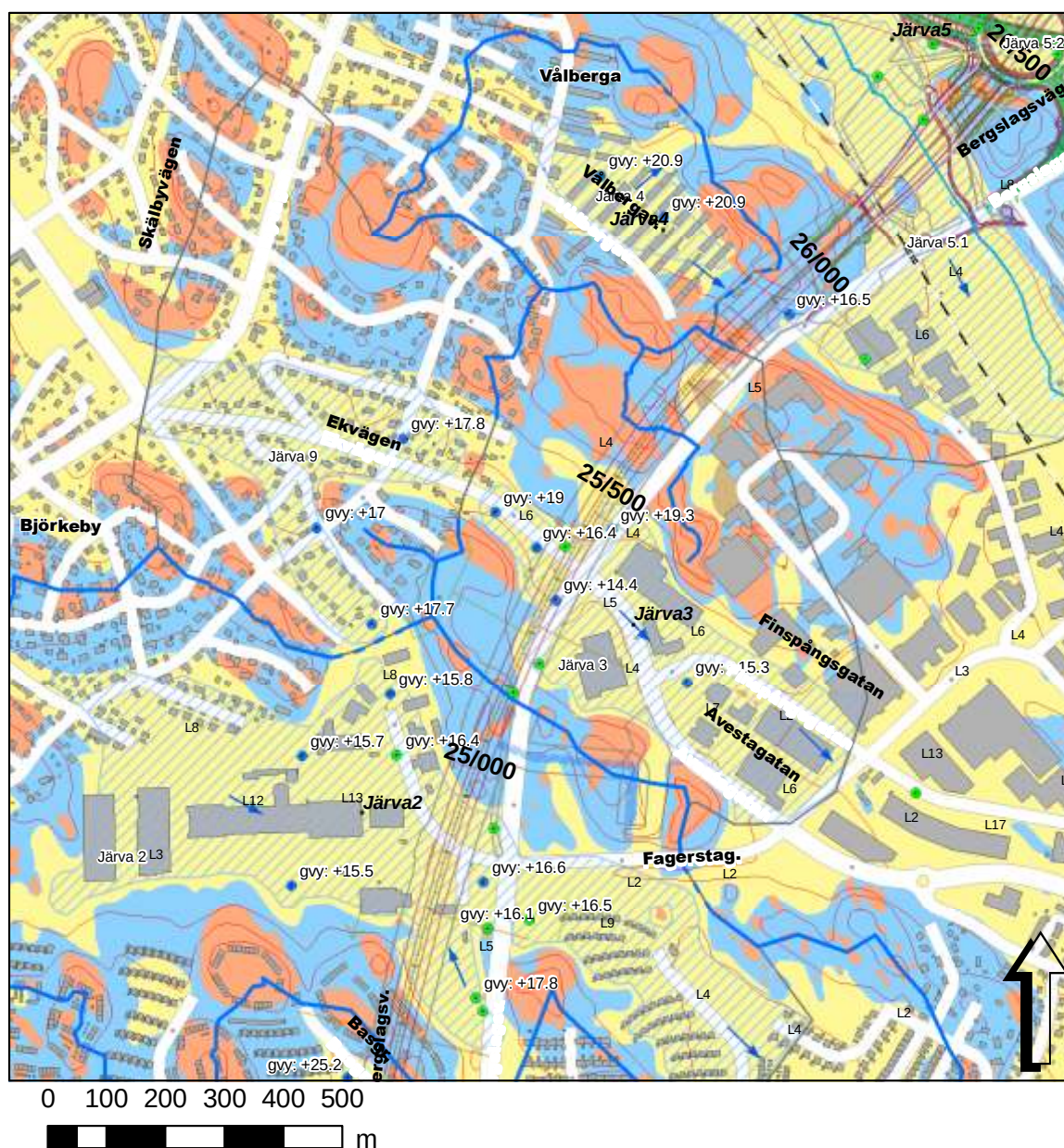
Ett större sammanhängande grundvattenmagasin i friktionsjorden underlagrande leran finns längs med Bergslagsvägen från korsningen med Skattegårdsvägen och till söder om Bergslagsplan, i området för trafikplats Vinsta (Hässelby 4). Provtagning och siktanalys av jordprov från området direkt öster om Bergslagsvägen visade att friktionsjorden är en sandig morän, dvs. relativt genomsläpplig.

Grundvattennivån ligger i norra delen vid Skattegårdsvägen på nivån +17 - +18 och faller till nivån +15- +16 i den södra delen. Grundvattnet avrinner mot söder och mot Bergslagsplan, dels via en passage under Bergslagsvägen, dels mot sydväst under radhusbebyggelsen i västra Vällingby. Mot väster (och utmed linjen för huvudtunneln) stiger bergytan och grundvattennivån följer med upp till nivåer kring +28 i de västra delarna av Vinsta industriområde.

De norrifrån kommande ramptunnlarna följer en bergbetingad grundvattendelare strax norr om Skattegårdsvägen, som avgränsar Vinsta industriområde från bostadsområdet vid Ullvidevägen i Kälvesta. Förbifart Stockholms tunnlar löper i huvudsak väster om det egentliga grundvattenmagasinet (Hässelby 6) som har en grundvattennivå kring +22.

Inom Kälvesta, i området mellan Björnbodavägen och Sörgårdsvägen (öster om km 23/900-24/400), finns ett grundvattenmagasin (Järva 1). Uppmätta grundvattennivåer är cirka +22 inom den centrala delen och upp mot +26 i den norra delen och i väster. Grundvattenströmningen ut från området bedöms ske åt två håll. Den ena strömningsvägen är mot sydost och vidare till dalgången där Nälsta dike går samma väg som dräneringsdiket för tidigare markavvattningsföretag som omfattar området vid Järva 1. Den andra strömningsvägen för grundvattnet är mot nordost (förbi Gänsvägen i figuren ovan). Grundvattennivån uppmäts ca 300 meter öster om Bergslagsvägen till ca +16, dvs. motsvarande den nivå som redovisades längs Bergslagsvägen inom Hässelby 4, längre söderut längs Skattegårdsvägen. Delområdena Hässelby 6 och Järva 1 har alltså ca 6 meter högre grundvattennivå än området öster om Bergslagsvägen.

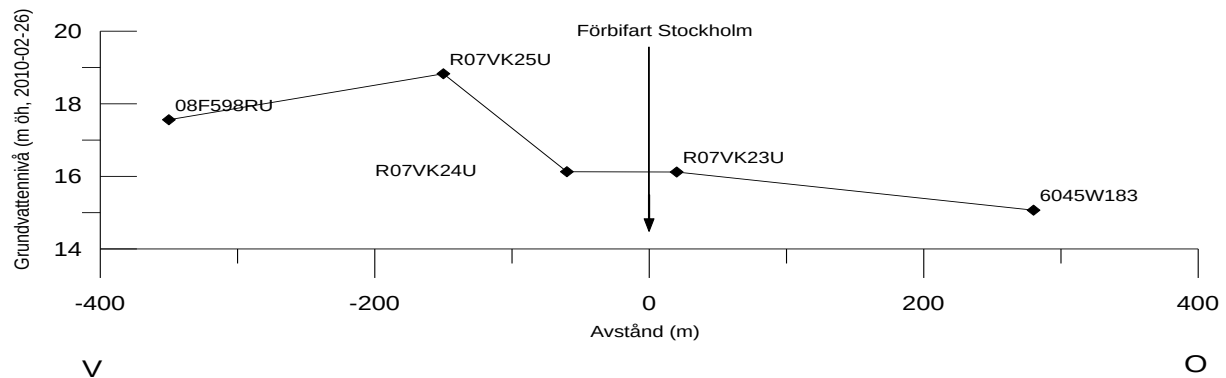
Norr om Sörgårdsvägen (km 24/400-24/600) längs med Basgränd kan möjligen finnas ett begränsat undre grundvattenmagasin som i så fall avrinner mot sydost.



Figur 8.5 Grundvattenförhållanden Lunda, Björkeby (se utveckarkartlegend längst bak i dokumentet)

I området kring Lundaterminalen (kring km 25/000) finns ett större grundvattenmagasin under mäktiga lerlager (>13m som mest) som fortsätter under Bergslagsvägen mot öster. Grundvattennivåerna varierar mellan +15-+18,5 med en amplitud på ca 1,5 meter för de flesta grundvattenrören. Grundvattnets strömningsmönster tyder på att dränering till stor del sker till befintlig bergtunnel och kulvertar i området. De lägsta grundvattennivåerna uppmäts inne på Lundaterminalens område, se figuren ovan, där den lägsta grundvattennivåerna +15,5, +15,7 (mätvärden från augusti 2010). I dalgången upp mot Björkeby i Järfälla bedöms, utifrån uppmätta grundvattennivåer, en vattendelare finnas i närheten av punkten med redovisad nivå +17,7 i Figur 8.5 ovan.

Förbifart Stockholm passerar Ekvägen mellan Järfälla och Lunda industriområde strax väster om nuvarande korsning med Bergslagsvägen. Ytterligare västerut där Björkeby villaområde börjar bedöms det finnas en bergtröskel som delar in dalgången i två grundvattenmagasin (Järva 3 och Järva 9). Grundvattennivån är cirka +16 till +17,5 på båda sidor om grundvattendelaren. Den relativt stora nivåskillnaden mellan rör R07VK25U och R07VK24U, se diagrammet i Figur 8.6 nedan, tyder på en bergtröskel eller en förträngning av grundvattenmagasinet. Via svaghetszonen i berg bedöms det finnas en viss kontakt mellan grundvattenmagasinen Järva 3 och Järva 9.



Figur 8.6 Diagram över uppmätta grundvattennivåer längs med Ekvägen, Avestagatan

Innan Förbifart Stockholm övergår från tunnel till en bro över Spångaån/Bällstaån fram till trafikplats Hjulsta passeras ett grundvattenmagasin (Järva 4) inom Vålberga i Järfälla. Vägen går här först i en betongtunnel som övergår i ett tråg. Grundvattennivå vid planerad väg är cirka +18 och inom Vålberga +22,5. Inom Lunda industriområde finns äldre nivåmätningar i ett rör sydöst om Bergslagsvägen som visar på en grundvattennivå mellan +10 till +12. Avrinningsväg för grundvattenmagasinet vid Vålberga är inte helt klarlagd. Troligen avrinner området mot sydost genom den smalare svacka där Förbifart Stockholm kommer att dras. En alternativ avrinningsväg är mot nordost, se figuren ovan. Avrinning åt båda håll samtidigt är också fullt möjlig.

Spångaån/Bällstaåns dalgång har jordlagermäktigheter på upp till 20 meter. Grundvattennivån vid ån är marknära med nivåer kring +8,5. Grundvattennivån följer sedan markytan och stiger upp till ca +15 i läge för den nya trafikplatsen vid Hjulsta. Höjdområdet vid Hjulsta går ut i en klack på västra sidan om Bergslagsvägen där Förbifart Stockholm kommer att dras. Norr om trafikplatsen består marklagren av torrskorpelera på morän.

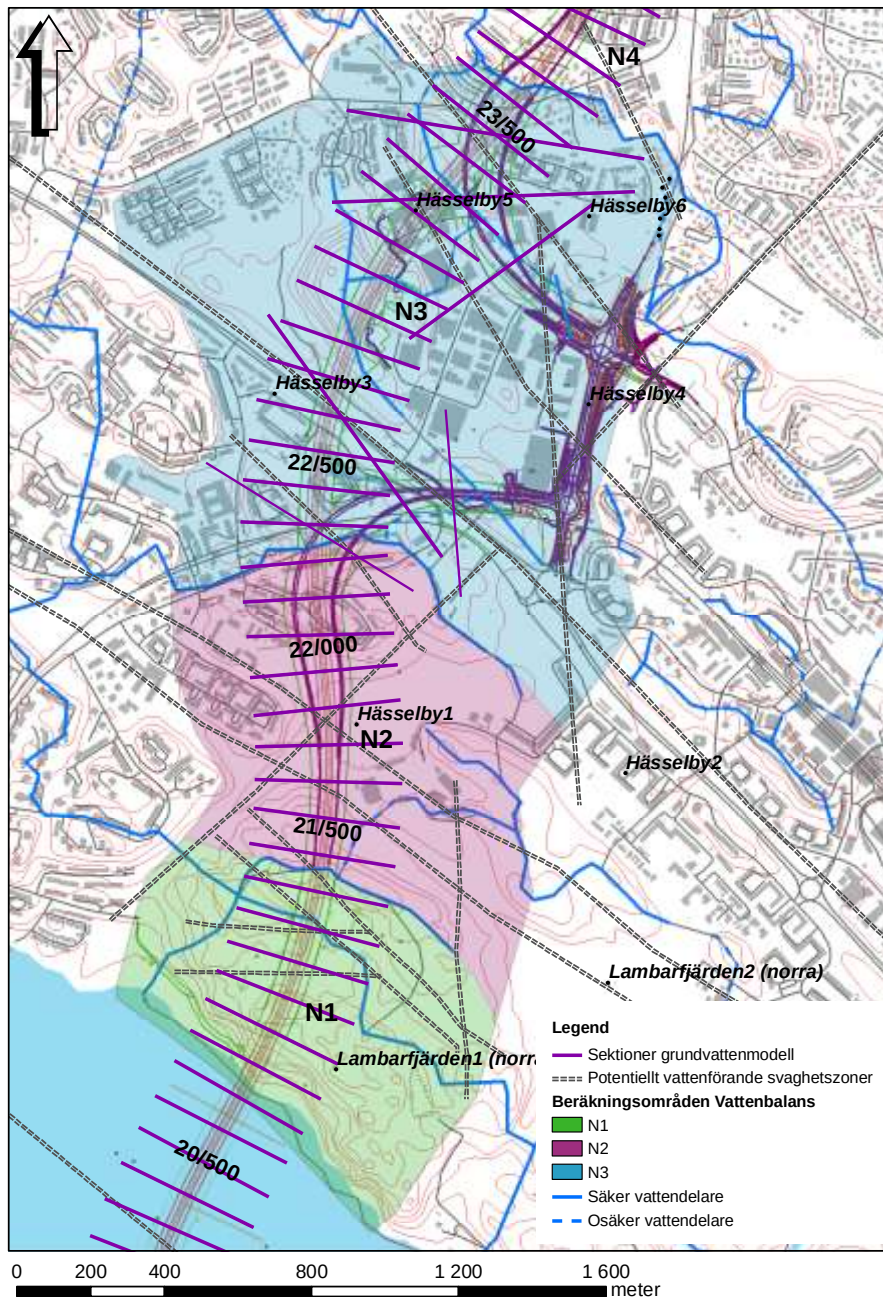
8.2 Bedömd grundvattenpåverkan och förslag på skyddsåtgärder

Nedanstående redovisning av omgivningspåverkan beskriver förhållanden med vald fördelning av täthetsklasser längs sträckan men utan effekten av skyddsinfiltration eller annan vidtagen skyddsåtgärd. För delsträckan redovisar Figur 8.7 och Figur 8.8 nedan vattenbalansområden, sektioner för tvärsnittsm modeller samt bedömda svaghetszoner som kan ha betydelse för grundvattenpåverkan och som tagits med i den sammanvägda bedömningen av grundvattenpåverkan.

Grimstaskogen till Vinsta/Kälvesta, km 20/800 - 23/800

Bergtunnlarna går inledningsvis djupt, ca 70 meter under markytan (vattenytan) vid passagen under Lambarfjärden. Men samtidigt som terrängen från Mälarstranden stiger brant stiger även bergtunnelnivån för att under Grimstaskogens högsta marknivåer (vid ca km 21/100 – 21/300) ligga som mest ca 80 meter under markytan. Tunnelbotten ligger ca 50 meter under markytan vid Grimsta

sportfält där ramptunnlarna fram till den södra cirkulationsplatsen vid trafikplats Vinsta börjar vika av från huvudtunneln. Därefter varierar tunneldjupet under markytan - beroende på terrängvariationer - mellan ca 50-60 meter under mark fram till dess Johannelundstoppen passerats vid ca km 23/200. Därefter ligger tunnelbotten ca 40 meter under markytan.

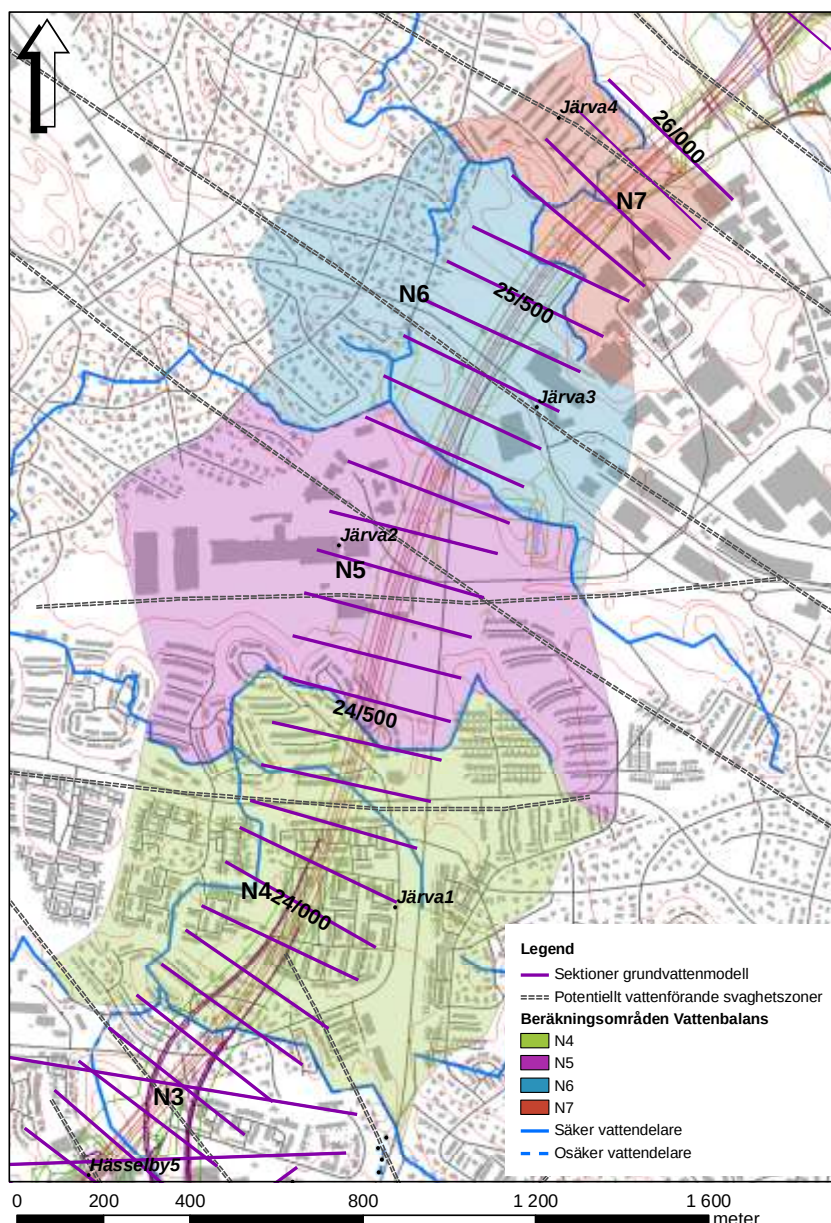


Figur 8.7 Vattenbalansområden, sektioner för tvärsnittsmodellering samt bedömda svaghetszoner som kan ha betydelse för grundvattenpåverkan

För delområdet har påverkan bedömts utifrån redovisade tvärsnittsmodeller enligt figuren ovan. Vid Grimsta sportfält (km 21/700) och passagen av Löfstavägen (km 22/800) har korsande sprickzoner lagts in i modellerna.

Kälvesta (trafikplats Vinsta) till Vålberga, km 23/800 – 26/200

Sträckan omfattar bergtunnlar för huvudlinjen, ramptunnlarnas anslutning till huvudtunneln samt en arbetstunnel vid Lunda och avslutas av betongtunnel och ramp i anslutningen till bron över dalgången vid Sångåån/Bällstaån till trafikplatsen vid Hjulsta. Metodik och bedömningsgrunder för grundvattenpåverkan redovisas i avsnitt 4. Bergtunnlarna går inom delsträckan förhållandevis grunt jämfört med tidigare sträckor, mellan ca 30 och 40 meter under markytan beroende på varierande terräng med dalgångar och mindre höjdområden.



Figur 8.8 Vattenbalansområden, sektioner för tvärsnittmodellering samt bedömda svaghetszoner som kan ha betydelse för grundvattenpåverkan

För delområdet har påverkan bedömts utifrån redovisade tvärsnittsm modeller enligt figuren ovan. Där bergtunnlarna passerar Ekvägen (vägen går ungefär längs med svaghetszonen som korsar

vattenbalansområde N6 i figuren ovan), km 25/300 till 25/600, har en grundvattenmodell upprättats som representerar dalgången med lerjord längs med en svaghetszon tillsammans med omgivande berg och moränområden.

8.2.1 Omgivningspåverkan inom Grimstaskogen vid Mälaren, km 20/800 – 21/450

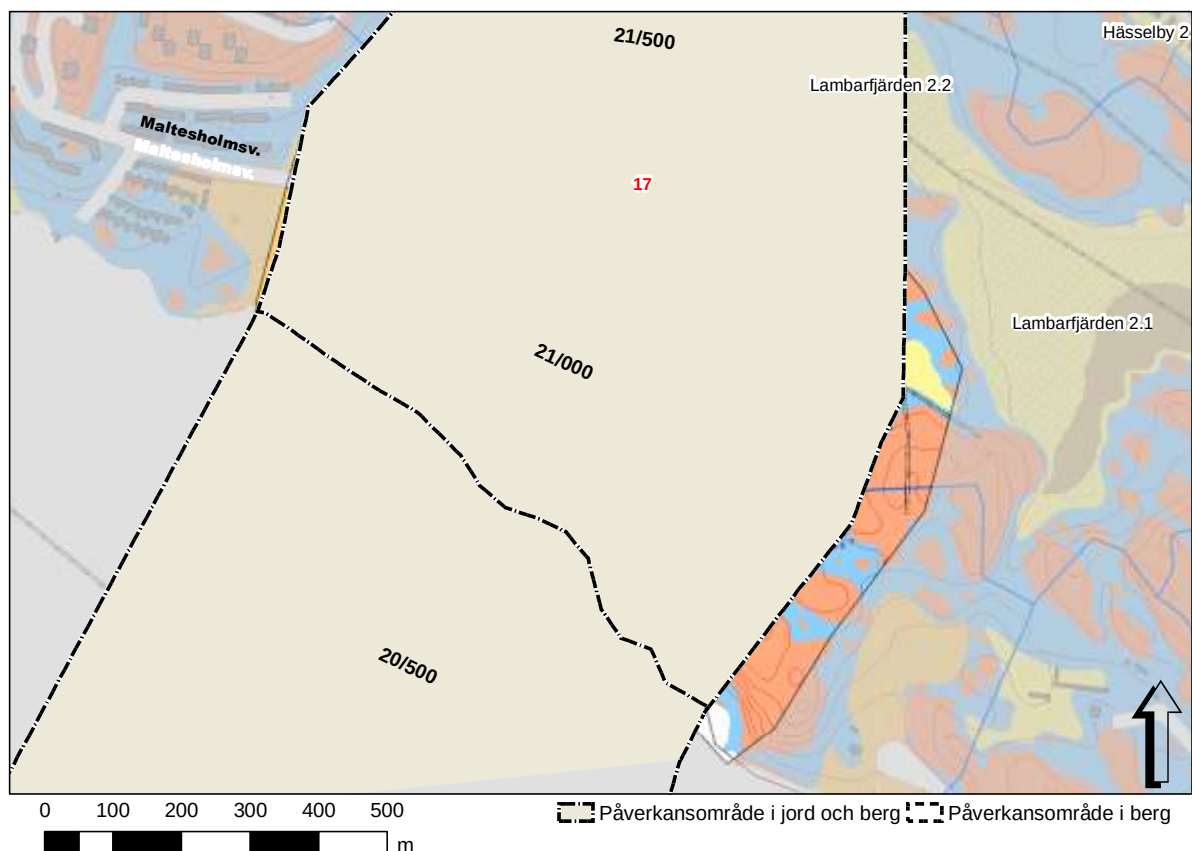
Delen omfattar sträckan inom vattenbalansområde N1 som innefattar området som avrinner direkt mot Mälaren samt den större av sumpskogsområdena som avrinner via diken ned mot Räcksta träsk.

Vattenverksamhet inom området utgörs i bygg- och driftskedet av inläckage till bergtunnlar under Grimstaskogen och till ett borrhål för ventilation av ett eldriftsutrymme vid stranden till Lambarsundet.

Tabell 8.2 Vattenverksamhet inom Grimstaskogen

Anl. Nr	Anläggningsdel	Längdmätning	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
301,302 366	Huvudtunnlar Friskluftintag eldriftsutrymmen	Km 20/800 -21/450 Km ca 20/900	Grundvattendränering, beräknat 70 l/min*	Samma som byggskede

Påverkansområdets bedömda utbredning för driftskedet redovisas i Figur 8.9 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) och utbredningen i berg (streckat).



Figur 8.9 Bedömd grundvattenpåverkan inom Grimstaskogen

Enligt redovisad vattenbalans ovan motsvarar dräneringen till Förbifart Stockholms bergtunnlar ca 30 procent av potentiell grundvattenbildning inom beräkningsområdet för vald täthetsklass. Det pekar på att områdets vattenomsättning kommer vara väl i balans.

Påverkansområdet i berg beräknas nå ut som mest ca 500 meter ut från väglinjen, dvs. ut till den dalsvacka mellan Grimstaskogen och berghöjden vid Hässelby gård och åt sydost en bit förbi kolonistugeområdet som är beläget inom höjdområdet. Den jordfyllda dalsvackan på den nordvästra sidan fungerar i viss utsträckning som en positiv rand då jordlagren kan magasinera mer grundvatten än berggrunden. Områdesgränsen bedöms därför vara robust. I sydost kan området nedanför Grimstabergets höjdområde (vid Kaananbadet) möjligtvis få en viss minskad tillrinning från berghöjden men inte märka av någon avsänkt grundvattennivå.

Inom området finns två sumpskogsområden varav det största, nr 17 i figuren ovan, bedöms ha en viss permanent vattenspegel. Vattennivån styrs av bergtrösklar (höga omgivande bergnivåer) och av dämme i utflödet som avrinner mot Räcksta träsk, delvis via ett grävt dike. Det andra mindre sumpskogsområdet ligger söder om det större området och avrinner mot Mälaren. Grundvattenmodellerna indikerar att avsänkningen i berg vid bergytan kan uppgå från någon meter upp till som mest ca 6 meter. Det betyder inte att marklagren torkas ut. Snarare beror förekomsten av sumpskogar på att dessa jordfyllda bergsvackor har dålig hydraulisk kontakt med underliggande berggrund. Den samlade bedömningen är att sumpskogsområdena endast kommer att påverkas marginellt.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 20/800 – 21/450

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade, för läge se kartbilaga 2:

Brunnar

Inom kolonistugeområdet finns en bergborrad brunn för (sommar)vattenförsörjning. Avsänkningen bedöms bli som mest ca 1 meter vilket inte innebär någon påverkan av betydelse.

Tabell 8.3 Bedömd påverkan för brunnar inom Grimstaskogen

Brunns ID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
10F501B	Grimsta 1:2	Dricksvatten	Borrad	ca 1 m

Naturobjekt

Grimstaskogen är ett naturreservat och i reservatsreglerna finns angivet möjligheten att anlägga Förbifart Stockholm. Inom reservatet finns två sumpskogsområden varav den ena finns med i Skogsvårdsstyrelsens lista över naturvärden, nyckelbiotoper och sumpskogar, se objekt nr 17 i Figur 8.9 och i kartbilaga 2.

Förslag på skyddsåtgärder, km 20/800 – 21/450

Inom Grimstaskogen bedöms inga skyddsåtgärder utöver kontroller behövas. Förutom de generella kontrollerna som beskrivs i kommande avsnitt 11 är följande kontroll aktuell:

- Kontroll/kartering av vegetation inom sumpskogsområden utförs före och under/efter byggskedet.

8.2.2 Omgivningspåverkan, Grimsta sportfält och Hässelby gård, km 21/450 – 22/300

Området omfattar vattenbalansområde N2 vilket inbegriper det större undre grundvattenmagasinet Hässelby 1.1 under Grimsta sportfält samt anslutande mindre magasin Hässelby 1.3 vid Grimsta ridhus och Hässelby 1.2 beläget under Hässelby gård. Delen omfattar även ett mindre undre grundvattenmagasin i jord, Lambarfjärden 2.2, inom den jordfyllda svacka som avrinner mot det större lerområdet i sydost.

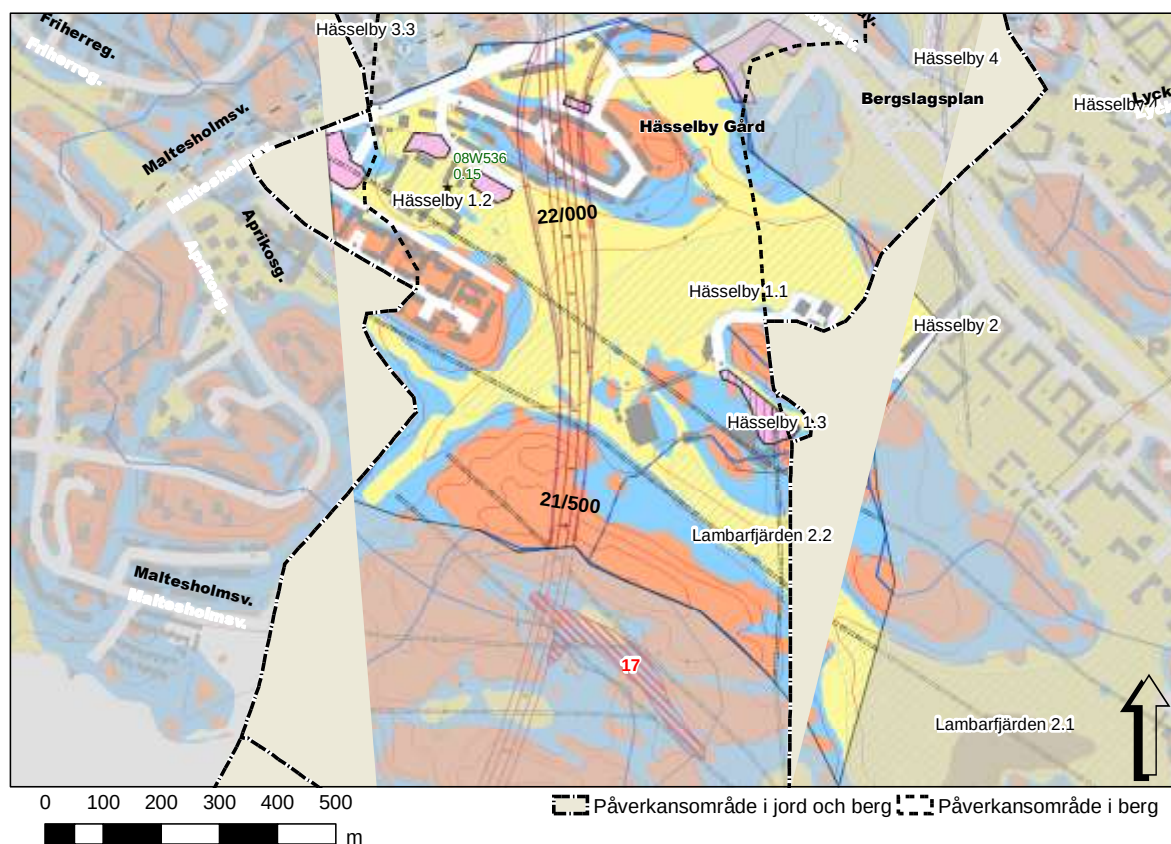
Vattenverksamheten inom delområdet utgörs av inläckage till bergtunnlar för huvudvägar och delar av ramptunnlar till och från cirkulationsplatsen vid Johannelund. Inga schakt eller andra dränerande konstruktioner förekommer vid markytan inom delområdet. Huvudtunnelns längd inom delområdet är ca 850 meter och anslutande ramptunnlarnas längs uppgår till ca 1000 meter. Sammanlagd längd bergtunnel uppgår därmed till ca 2700 meter.

Nedan listas anläggningsdelarna och vilken vattenverksamhet som de medför i detalj.

Tabell 8.4 Vattenverksamhet Grimsta sportfält, Hässelby gård, km 21/450 – 22/300

Anl. Nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
401,402 411, 412	Huvudtunnlar Ramptunnlar		Grundvattendränering, beräknat 85 l/min	Samma som byggskede

Påverkansområdets bedömda utbredning för driftskedet redovisas i Figur 8.10 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 8.10 Bedömd grundvattenpåverkan vid Grimsta sportfält, Hässelby gård

Vattenbalansberäkningarna visar att ca 40 procent av potentiell grundvattenbildning till berg eller det undre grundvattenmagasinet kan dräneras av Förbifart Stockholm inom beräkningsområde N2. Det gör att upprättade grundvattenmodeller har god prognostiseringsvärde.

Påverkansområdet i berg beräknas nå ut ca 325-375 meter från väglinjen upp till ca 425-475 meter i förekommande svaghetszoner. Avsänkningen i berg vid bergytan uppgår i upprättade grundvattenmodeller till ca 1,5-2,5 upp till ca 3 meter som mest ovanför tunnarna. Inom Grimsta sportfält bedöms avsänkningen i jord bli mindre på grund av de relativt stora närliggande grundvattenbildningsområden men kan under torrperioder närma sig beräknad avsänkning i berg. Någon beräkning av potentiella sättningsbelopp för lerjorden är inte utförd men bedöms utifrån jordlagermaktighet kunna uppgå till ca 0,1-0,15 meter vid en permanent avsänkning på 1 meter. Vid Grimsta idrottsplats bedöms lös lera i stort sett saknas eller ha ringa maktighet. Där bedöms sättningsbeloppet kunna uppgå till endast någon centimeter som mest.

Grundvattenmagasinet i jord Hässelby 1.2 har ett rätt begränsat tillrinningsområde och bedöms kunna avsänkas med redovisade belopp under en torrperiod, dvs. som mest 1,5-3 meter. Lerprovtagning indikerar sättningsbelopp på 0,15 meter om grundvattennivån varaktigt sänks 2 meter och upp mot 0,3 meter vid en temporär eller varaktig sänkning på 5 meter.

Det mindre grundvattenmagasinet Hässelby 1.3 vid Grimsta ridhus är beläget drygt 200 meter från tunneln och bedöms inte påverkas nämnvärt.

Inga uppgifter om energibrunnar inom området har framkommit.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 21/450 – 22/300

Inom påverkansområdet finns följande skadeobjekt identifierade (för läge se kartbilaga 2):

Områden med risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm.

En konservativ bedömning är att lermark inom delområdets bedöms kunna ha lös lera och därmed kunna konsolideras vid en grundvattenavsänkning. Därmed är sättningsskänliga ledningar att betrakta som skadeobjekt. Dessa utgörs av dag- och spillvattenledningar med självfall och större styva huvudledningar, t.ex. vatten- och fjärrvärmeledningar. Till skadeobjektsgruppen hör även privata eller samfälliga servisledningar.

Grundläggning

Byggnader finns främst inom området Hässelby 1.2. Där är Loviselundsskolans byggnader fast grundlagda, likaså närliggande radhus. Fastigheter med byggnader med okänd grundläggning redovisas i tabellen nedan.

Byggnaderna inom fastigheten Kvarnhagen 2 med delvis platta på lermark är relativt nybyggda (2000-talet) och förmodas ha kontrollerat lerjordens egenskaper i samband med byggnation

Tabell 8.5 Grundvattenberoende eller okänd grundläggning, Grimsta, Hässelby gård

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Ridhuset 1	Hus grundlagt på platta på lermark	Hässelby 1
Del av Kvarnhagen 1	Hus grundlagt på platta på lermark	Hässelby 1
Del av Porslinsköket	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 1.2
Bokkammaren 7	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 1.2
Hässelby Slott 1	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 1/Hässelby 2
Grimsta 1:2 *	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 1

*mindre byggnader vid idrottsplatsen

Markavvattningsföretag

Markavvattningsföretag Hässelby-Grimsta (Lst ID 1381, 1386, Dnr 2_0774) som omfattar Grimsta sportfält, delar av Vinsta industriområde och Grimsta bedöms inte påverkas av planerad vattenverksamhet.

Tabell 8.6 Markavvattningsföretag inom Grimsta sportfält, Hässelby gård

Lst ID	Område	Syfte	Lst Dnr, övrigt
1381, 1386	Hässelby Grimsta	Torrläggning av åkermark	Dnr 2_0774

Förslag på skyddsåtgärder, km 21/450 – 22/300

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Tätning

- Utökad tätning, täthetsklass II, inom delsträckor:

Km 21/900 – 22/3000	Huvudtunnlar
km 0/235 – 1/340	Ramptunnel Vinsta tpl till E4 S
km 0/000 - 1/185	Ramptunnel E4N till Vinsta tpl

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Fördjupad grundläggningsinventering av byggnader med okänd grundläggning

8.2.3 Områdespåverkan, Lövestavägen, Vinsta industriområde och Vinsta, km 22/300 till 23/800

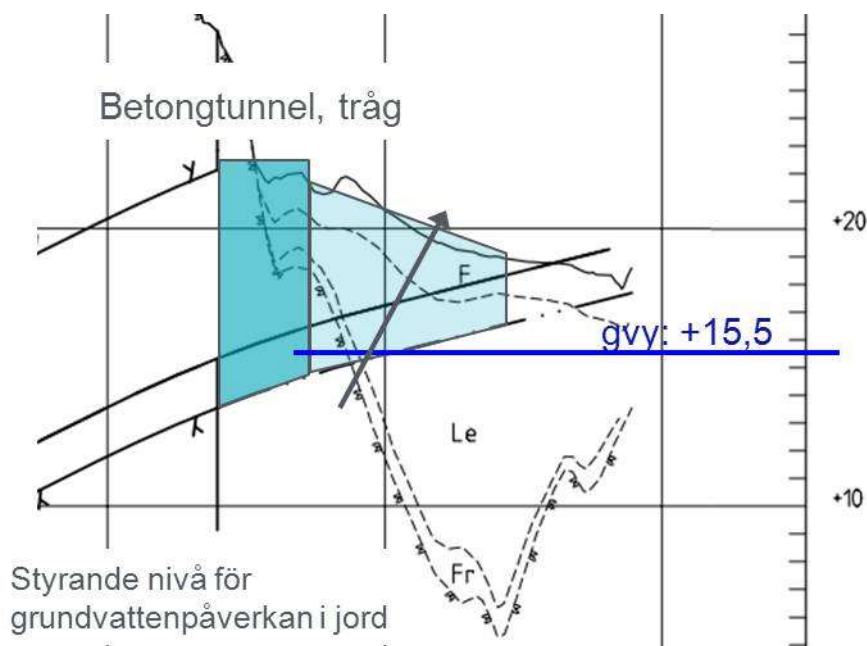
Området utgörs av vattenbalansområde N3 vilket innefattar delavrinningsområdena Hässelby 3 som omfattar Hässelby Gård norr om tunnelbanan, Lövestavägen och bostadsområdet väster om Johannelundstoppen, Hässelby 4 som omfattar Vinsta industriområde, det mindre Hässelby 5 samt Hässelby 6 som omfattar norra delen av industriområdet och delar av anslutande bostadsområden.

Tabell 8.7 Vattenverksamhet inom Vinsta, vattenbalansområde N3

Anl. nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
401,402 411 -414 471,472 464- 466, 468	Huvudtunnel Ramptunnlar Luftutbytesstation Friskluftintag eldriftsutrymmen		Grundvattendränering, beräknat 195 l/min	Samma som byggskede
441	Betongtunnel avfartsramp från E4 N mot Bergslagsvägen	medelnivå: +15.3	Dräneringsnivå +12	Grundvattenbortledning
442	Betongtunnel påfartsramp från Bergslagsvägen mot E4 S	medelnivå: +15.3	Dräneringsnivå +12	Grundvattenbortledning
445	Övriga konstruktioner södra rampanslutningen - tråg	medelnivå: +15.3	Dräneringsnivå +13	Dräneringsnivå +15
44B	Tråg GC-väg	Medelnivå: +16.0	Dräneringsnivå +14	Dräneringsnivå +15
448, 449, 44A	Broar över GC-väg under Bergslagsvägen	Medelnivå: +16.0	Dräneringsnivå +14	Ingen påverkan
443	Betongtunnel avfartsramp från E4 S mot Bergslagsvägen	ca +23	Dräneringsnivå +10.5	Grundvattenbortledning
444	Betongtunnel påfartsramp från Bergslagsvägen mot E4 N	ca +23	Dräneringsnivå +9	Grundvattenbortledning
44C	GC-bro över Bergslagsvägen	medelnivå: +18.9	Dräneringsnivå +16.5	Ingen påverkan
44D	GC-bro över Skattegårdsvägen	medelnivå: +18.9	Dräneringsnivå +16.5	Ingen påverkan

Beskrivning av omgivningspåverkan vid cirkulationsplats Johannelund

Fram till cirkulationsplatsen vid Johannelund kommer ramptunnlarna (anl. 411, 412) fram ur berget söder om Vinsta industriområde vid Johannelunds tunnelbanestation. Påslaget med betongtunnlar och tråg framgår av figuren nedan.



Figur 8.11 Schematisk längdprofil, av- och påfart vid cirkulationsplats vid Johannelund (skala per ruta 100 m i sidled, 10 m i höjled)

Byggskede

Under byggskedet kommer spont för del av betongtunneln och framförallt tråget att delvis begränsa grundvattenflödet från grundvattenmagasin Hässelby 4 söderut mot Bergslagsplan (Hässelby 2), men det bedöms inte innebära någon nämnvärd påverkan på grundvattennivåer.

Vid ett eventuellt behov att sänka grundvattennivån utanför spont ned till schaktbottennivå kommer det undre grundvattenmagasinet att avsänkas ned till +13 som lägst, motsvarande ca 2,5 meter under rådande grundvattenyta. Den undre friktionsjorden är en sandig morän (provtaget vid 09F538), dvs. relativt vattengenomsläppligt. En påverkan bedöms kunna nå ut ca 150 meter om grundvattennivån aktivt sänks utanför sponten och skulle kunna ge upphov till vissa sättningrörelser i närområdet, upp till ca 0,05 meter. Närmaste byggnad norr om vägen är grundlagd på pålar. Även byggnaderna på andra sidan Bergslagsvägen vid Bergslagsplan är fast grundlagda på pålar eller plintar/murar till berg.

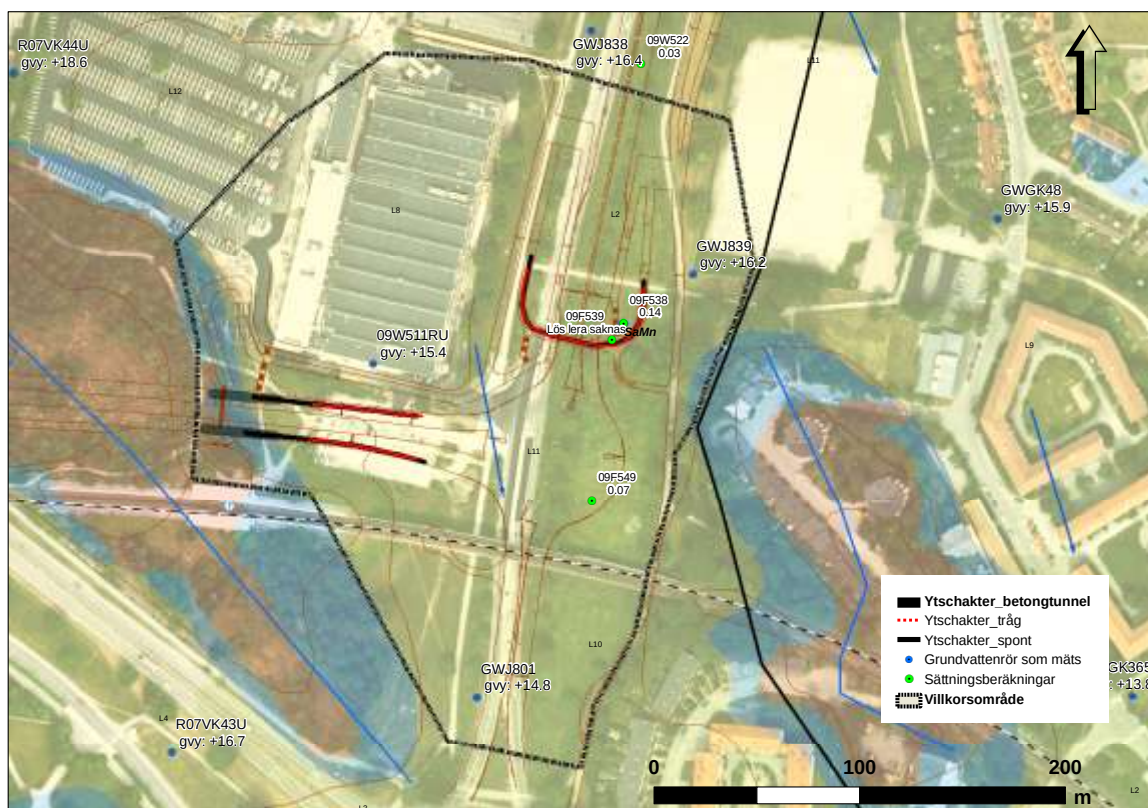
Förorenad jord har påträffats i en punkt i området (se tidigare avsnitt 6.1.2) och detta kommer att följas upp i samband med markarbetena.

Driftskede

Den färdiga betongtunneln kommer mestadels att vara nedschaktad i berg. Betongtunneln kommer, beroende på byggmetod, antingen att få tätad bergbotten eller betongbotten. Ett inläckage genom en tätad bergbotten påverkar grundvattennivån i berg inom den mindre berghöjden vid Johannelunds tunnelbanestation. Berghöjden påverkas av bergtunnlarna och inläckaget till betongtunneln ger ingen nämnvärd tillkommande påverkan.

För grundvattenmagasinet i jord kan en mindre påverkan ske genom inflöde till den del av bergschaktet som ligger utanför betongtunneln. Detta inflöde läcker sedan in till betongtunneln via dess tätade bergbotten eller vidare till bergtunnlarna. Styrande nivå för inflödet är bergschaktsnivån där schaktet övergår till jordschakt, se figuren ovan. Tråget fortsätter sedan i lerjordlagret, se figuren ovan, och vald dräneringsnivå innebär att tråget kortas där påverkan endast uppkommer i eventuellt övre magasin i torrskorpelera och fyllningsjord.

Sammantaget är bedömningen att det undre grundvattenmagasinet i närområdet inte bör sänkas mer än ca 1 meter på grund av grundvattenpåverkan från påslaget och gång- och cykelpassagen under Bergslagsvägen.



Figur 8.12 Grundvattenförhållanden vid cirkulationsplatsen vid Johannelund och gång- och cykelunderfart under Bergslagsvägen

Vattenverksamheten för betongtunnel, tråg och schakt under grundvattenytan innebär en utbredning av påverkan som bestäms av effekten av tätningssåtgärder etc. I Figur 8.12 och i kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring betongtunnlar och schakt. Villkorsområdet är gemensamt för rampanslutning och GC-underfart (dvs anl. 441, 442, 445, 44B, 448, 449, 44A). Områdesgränsen österut är vald för att inga sättningsrelaterad påverkan ska uppkomma inom bebyggelsen öster om Bergslagsvägen. Inom villkorsområdet finns vägar, ledningar samt byggnader inom fastighet Johannelund 4. Byggnaden är grundlagd både med murar/plintar till berg eller på pålar. Pålgrundläggning kan vara känslig för påhängslaster i samband med en grundvattendränering och måste följas upp före byggstart. Det är sannolikt att villkorsområdet måste upprätthållas genom skyddsinfiltration under byggskedet.

Beskrivning av omgivningspåverkan gång- och cykelpassage under Bergslagsvägen

Gång- och cykelvägen passerar under Bergslagsvägen och får en lågpunkt under Bergslagsvägens körfält mot söder och Bergslagsplan. Där kommer en mindre pumpstation ta hand om dagvattnet som rinner till när det regnar. Gång- och cykelvägbanan kommer ha nivån +15,5 som lägst och lägsta dräneringsnivå på ca +15.

Schaktet för gång- och cykelvägen utförs huvudsakligen i lerjordlagret men vid Bergslagsvägens västra sida finns ett område med höga bergnivåer, där bergytan ligger bara ca 2 meter under markytan och viss bergschakt kan komma att behövas. Se även punkten där lös lera saknas i figuren ovan.

Byggskede

Under byggskedet kommer schakt mestadels att utföras i lerjordlagret men med en mindre del i friktionsjord och eller berg. Med tanke på risk för schaktbottenuppträckning och den direkta påverkan på friktionsjorden bedöms det undre grundvattenmagasinet behöva sänkas ned till nivån ca +14 under byggskedet. Det motsvarar en sänkning inom eller direkt utanför spont på ca 2 meter.

Detta skulle kunna ge upphov till sättningar på upp mot 0,05-0,1 meter under byggskedet.

Driftskede

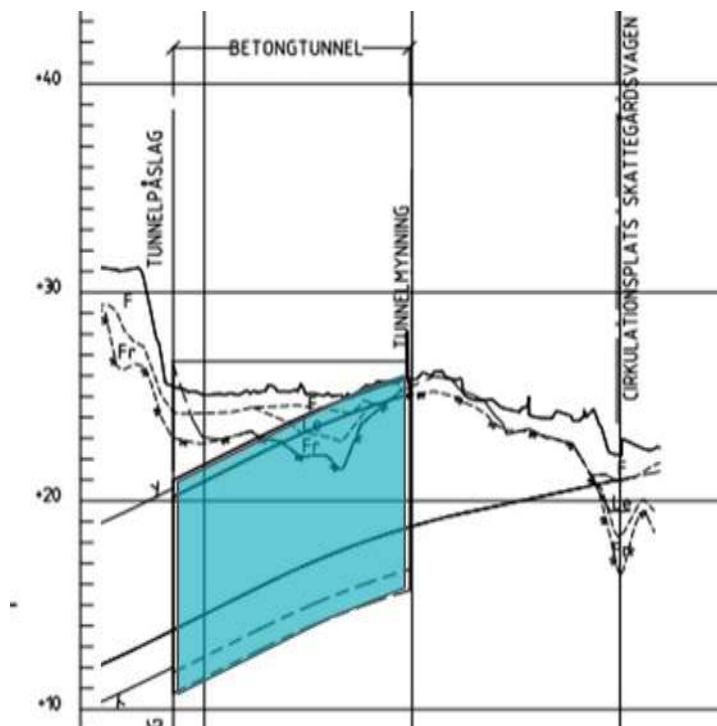
Medelgrundvattennivån i närmast liggande grundvattenrör, GWJ839, är +16,05 (+16,03 för perioden 2007-2010). Röret ligger uppströms gång- och cykelpassagen och medelgrundvattennivån vid gång- och cykelpassagen bedöms vara ca +15,8. Dräneringsnivå +15 innebär således en grundvattenavsänkning på knappt 1 meter.

Tillsammans med påverkan från tunnelpåfarten vid Johannelund bör påverkan på det undre grundvattenmagasinet sänka av grundvattennivån ca 1 meter för det undre grundvattenmagasinet vilket inte bedöms ge upphov till några större sättningsrörelser vid närliggande byggnader.

För villkorsområde se ovan.

Beskrivning av omgivningspåverkan vid cirkulationsplats vid Skattegårdsvägen

Ramptunnlarna mot norr mynnar vid cirkulationsplatsen vid Skattegårdsvägen vid en mindre höjdrygg som delar av område Hässelby 4 och Hässelby 6 strax norr om Skattegårdsvägen. Ramptunnlarna förlorar bergtäckningen ungefär 250 meter från cirkulationsplatsen. Betongtunnlar blir nästan helt nedschaktade i berg, se Figur 8.13 nedan. Ett grundvattenrör, 09F505RU, visar en grundvattennivå i det undre friktionsjordmagasinet kring +23,8 strax söder om betongtunnlarna, dvs. ca 1,5 meter över bergnivån där betongtunnlarna byggs. Vattendelaren mellan Hässelby 6 och Hässelby 4 bedöms ligga strax norr om betongtunnlarna.



Figur 8.13 Schematisk längdprofil vid påslaget för cirkulationsplats Skattegårdsvägen (anl. 443, 444)

Byggskede

Schaktarbetet kommer främst att utföras i berg. Det är osäkert om spont behövs för jordlagren; avståndet till Skattegårdsvägen är ca 30 meter så plats finns att bygga utan spont. Ett visst inläckage till schaktet kan därmed förväntas. Schaktbottennivån blir som lägst ca + 9,5 men för jordlagren blir schaktet som mest ca 2 till 3 meter. Grundvattenavsänkningen blir som mest ca 2 meter närmast schakten. Påverkan bedöms kunna nå ut till fastigheterna direkt söder om Skattegårdsvägen. Dessa är fast grundlagda och grundläggningen påverkas därmed inte av grundvattenbortledningen. Hässelby 6 bedöms inte påverkas.

Vid cirkulationsplatsen utförs mindre schakt för brostöd för broar till gång- och cykelvägar och för anslutande ramper (uppfyllning under gång- och cykelvägarna innan broar tar vid). Dessa bedöms innebära grundvattenavsänkning på som mest ca 2 meter. Förorenad jord har påträffats i området (se tidigare avsnitt 8.1.2) och detta kommer att följas upp i samband med markarbetena.

Driftskede

När betongtunnlarna byggts kommer bergschaktet att återfyllas med delvis tätande massor. Under driftskedet bedöms därmed inläckaget genom betongtunnlarnas tätade bergbotten bli litet och någon påverkan för grundvattenmagasinet i jord bedöms inte uppkomma.

Den övriga sträckan, där rampvägarna går i bergskärning, bedöms inte påverka grundvattenmagasinet i jord vid Bergslagsvägen då skärningen avslutas på nivån ca +21 och grundvattennivån i undre friktionsjordmagasin är ca +19 vid cirkulationsplatsen.

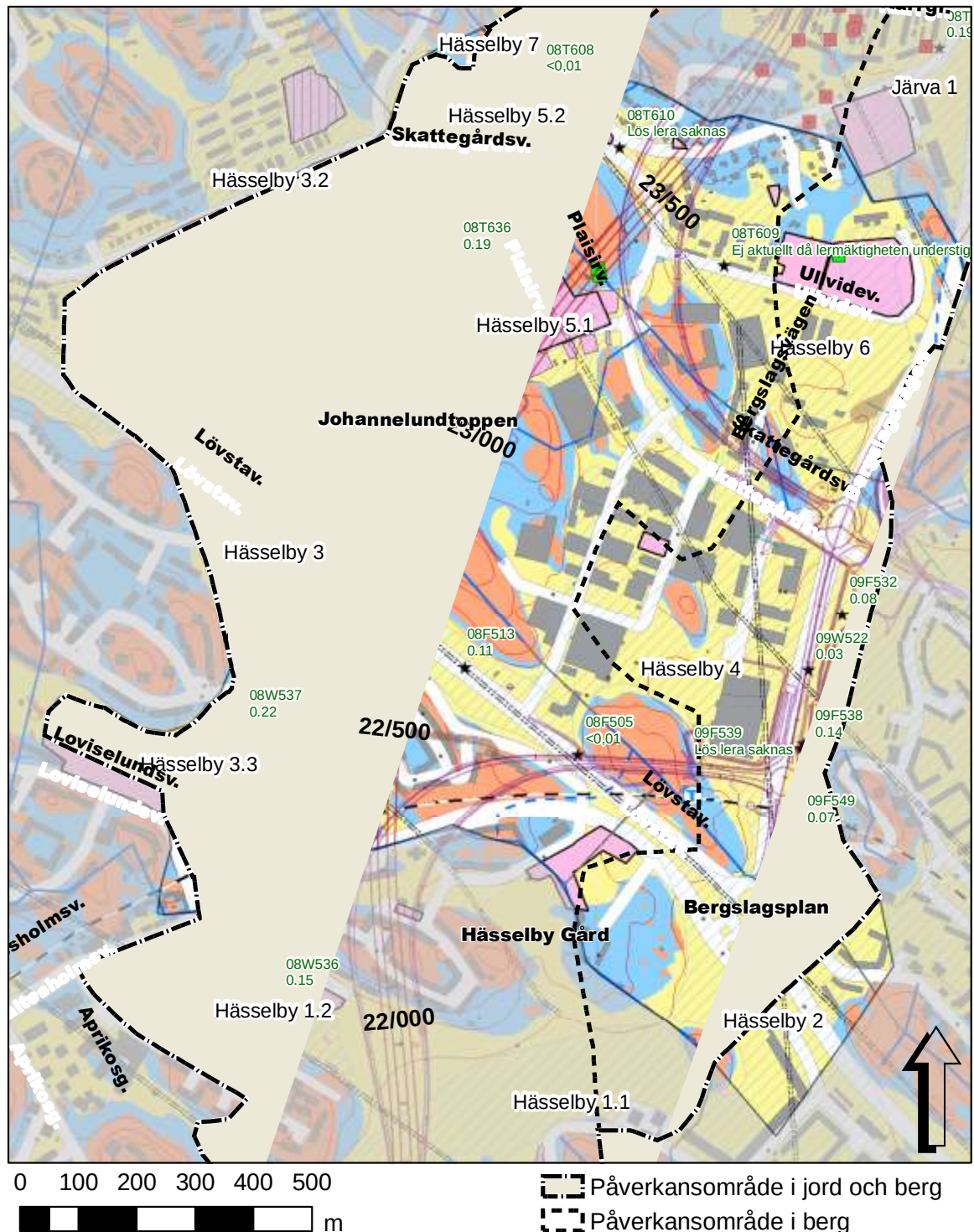
Vattenverksamheten för betongtunnel och schakt under grundvattenytan innebär en utbredning av påverkan som bestäms av effekten av tätningsåtgärder etc. I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring betongtunnlar och schakt. Villkorsområdet är gemensamt för ramptunnelanslutning och GC-broar över Skattegårdsvägen och Bergslagsvägen. Inom villkorsområdet finns vägar, ledningar samt industrifastigheterna, Stenmjölet 1, Stenskarven 7 och 8 samt Förrådet 1 och Förrådet 2. Byggnaderna inom dessa fastigheter är grundlagda på murar eller plintar till berg.

Beskrivning av omgivningspåverkan bergtunnlar

Vattenbalansberäkningarna visar att ca 60 -65 procent av potentiell grundvattenbildning till berg eller det undre grundvattenmagasinet kan dräneras av Förbifart Stockholm vilket är en stor andel. Inom beräkningsområdet, N3, ligger huvuddelen av ramptunnlar för trafikplats Vinsta samt en luftutbytesstation vilket förklarar dräneringens stora andel av potentiell grundvattenbildning.

Notera också att utifrån den statistiska bearbetningen av brunnssdata, bergarter etc som redovisades i avsnitt 3.3 och i bilaga 5 ändras medelvärde för berggrundens konduktivitet från och med Kälvesta och vidare norrut. I grundvattenmodelleringen ansätts från och med längdmätning km 23/300 vattengenomsläpplighet (Kb) 5×10^{-8} m/s för berggrunden i stället för som tidigare 1×10^{-8} m/s.

Påverkansområdet i berg vid tunnelnivån bedöms nå ut ca 275-325 meter kring huvudtunneln upp till ca 400 meter i förekommande sprickzoner. Kring ramptunnlarna, där de viker av från huvudtunneln, beräknas påverkansområdet nå ut ca 50 meter åt sidorna. Avsänkningen i berg rakt ovanför tunneln beräknas till ca 1,5-2 meter där ramptunnlarna går parallellt med huvudtunneln och 4-5 meter inom området med luftutbytesstationen. Beräkningen förutsätter dock att det inte uppstår viss grundvattenbrist inom området under torrperioder, vilket vattenbalanserna pekar mot, varför dessa värden måste bedömas försiktigt. Utbredningen av det sammantagna påverkansområdet tar hänsyn till detta och redovisas för bygg- och driftskedet i Figur 8.14 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 8.14 Bedömd grundvattenpåverkan vid Vinsta industriområde, vattenbalansområde N3

Det mindre grundvattenmagasinet, Hasselby 3.3, vid Hasselby gårds tunnelbanestation och norrut ligger som närmast ca 200 meter från huvudtunneln och ingår i påverkansområdet. Lerprovtagning indikerar att lerjorden är sättningsbenägen med sättningsrörelser på ca 0,1 meter vid 1 meters varaktigt

avsänkning. Avsänkningen i berg vid bergytan blir måttlig på det avståndet från huvudtunneln och området är omgivet av relativt stora grundvattenbildningsområden. Därför bedöms påverkan bli måttlig inom detta område.

Området väster om Johannelundstoppen (Hässelby 3), bostadsområdena vid Skattegårdsvägen, ligger från 350 upp till ca 600 meter från väglinjen men kan beröras perifert av påverkansområdet i berg från tunnelarna och frånluftsstationen. Då vattenbalansen inom hela beräkningsområde N3 bedöms vara ansträngd, kan det inte uteslutas att en mätbar avsänkning i jordlagermagasinet kan uppkomma. Jordlagermaktigheterna varierar stort inom området med bergtrösklar som sannolikt håller uppe grundvattennivåerna i jord i mindre grundvattenmagasin ned mot Lövestavägen. Prover har inte tagits på lerjorden inom området men den förutsätts vara sättningskänslig.

Vinsta industriområde (grundvattenmagasin Hässelby 4) kommer att vara beläget mellan huvudtunneln och ramptunnlar. Påverkan från bergtunnelarna (huvudtunnel och ramptunnlar) påverkar främst den västra delen av Vinsta industriområde där grundvattennivåerna ligger högre än vid Bergslagsvägen. Den östra delen, fastigheterna intill Bergslagsvägen, bedöms inte påverkas direkt av någon avsänkning genom dränering till berg utan möjligen indirekt genom en minskad tillrinning i jordlagren från den västra delen.

Den västra delen av industriområdet vid Plaisirvägen och Packstensgränd (Hässelby 5) ligger mellan två bergpartier i en smal dalgång som fortsätter bort till bostadsområden. Området kommer att dräneras både av huvudtunneln och av den luftutbytesstation som kommer att anläggas i området. Lerjorden är sättningskänslig. Kring Johannelundstoppen har grundvattenförorening påträffats eller kan misstänkas, se tidigare avsnitt 8.1.2, och åtgärder ska vidtas vid markarbetena för luftutbytesstationen om grundvattnet konstateras vara förorenat.

Området Hässelby 6, km 23/400 till 23/800, utgörs av norra delen av Vinsta industriområde och bostadsområden norr om Björnvidevägen. Lermaktigheten bedöms mestadels vara liten men det kan inte uteslutas att det kan finnas partier med lös (sättningsbenägen) lera.

Endast ett fåtal energibrunnar finns inom området då större delen av området är anslutet till fjärrvärme. Ytterligare ett par bergbrunnar samt en grävd brunn har inventerats med okänd eller ingen användning.

En sammantagen bedömning är att även med högsta täthetsklass kan grundvattenpåverkan bli stor inom delar av redovisat vattenbalansområde N3. Det gäller främst det mindre delområdet Hässelby 5 men även Hässelby 4 och i något mindre grad Hässelby 6. Därför bedöms ytterligare åtgärder troligen behövas i form av tätningsinsatser med alternativa tätningsmedel och eller skyddsinfiltration.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 22/300 till 23/800

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade

Områden med risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm.

Inom området varierar lermaktigheten med mäktigare lerlager längs Lövestavägen, Bergslagsvägen och inom delar av bostadsområdet väster om Johannelundstoppen. Även inom området Hässelby 5.1 vid Plaisirvägen visar provtagning på sättningskänslig lerjord. En konservativ klassning görs att hela området med lös lera kan vara sättningskänslig.

Skadeobjekt är styva ledningar, självfallsledning ar och servisledningar där de ansluter till fast grundlagda byggnader.

Grundläggning

Ett fåtal byggnader med grundvattenberoende grundläggning har påträffats inom Vinsta industriområde, Hässelby Gård eller inom området väster om Johannelundstoppen. Ett antal andra byggnader är inventerade utan att uppgifter om grundläggning framkommit vilka redovisas i tabellen nedan. Utöver dessa byggnader är bron för tunnelbanan över Bergslagsvägen att betrakta som sättningskänslig innan uppgifter om grundläggning framkommer som visar på annat.

Tabell 8.8 Grundvattenberoende eller okänd grundläggning inom Vinsta, vattenbalansområde N3

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Kapprocken 1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 2
Springbrunnen 4	Inventerat - okänd grundläggning/blandad	Hässelby 3
Svartvidet	Hus grundlagt på platta på lermark	Hässelby 3
Del av Torparmor	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 3
Vinsta 5:1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby3, 4
Ritväven 1	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 2/Hässelby 4
Singeln 2	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 4
Rödtoppan 7	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 5
Vinsta 9:4	Inventerat - okänd grundläggning / blandad	Hässelby5
Vinsta 9:4	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby5, 6
Don Carlos	Hus grundlagt på platta på lermark	Hässelby 6
Don Juan	Hus grundlagt på platta på lermark	Hässelby 7
Friskyten 9	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 6
Maskeradbalen 3	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 6
Rhenguldet 20	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 6
Rosenkavaljeren 15	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 6
Rosenkavaljeren 16	Inventerat - okänd grundläggning/blandad	Hässelby6
Rosenkavaljeren 18	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 6
Del av Rosenkavaljeren	Inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 6
Trollflöjten 22	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 6
Trollflöjten 28	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 6
Del av Mjölkkammaren 3*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby3
Grimsta 1:2*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby 3
Vällingby 3:9*	Hus grundlagt på platta på lermark	Hässelby 2
Vinsta 10:1*	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hässelby6

*mindre byggnader inom gatumark och eller förrådsbyggnader inom privata fastigheter

Brunnar

Två bergbrunnar finns inom område Hässelby 5, borrade i syfte att försörja ett planerat skyddsrum med vatten. Brunnarna används inte och kan behöva gjutas igen. Ytterligare fyra brunnar har påträffats vid inventeringen, tre bergborrade och en grävd brunn. Att brunnarna är få beror på att stora delar av bebyggelsen är ansluten till fjärrvärme.

Tabell 8.9 Bedömd påverkan för brunnar inom Vinsta och Hässelby, vattenbalansområde N3

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8F502B	BASO 13	okänd	borrad	trol. igengjutning
o8F510B	BASO 13	okänd	borrad	trol. igengjutning
o8F504BE	Torparmor 40	energi	borrad	ca 1 meter
o8F505BE	Torplyckan 12	energi	borrad	ca 2-5 meter
o8F503B	STG 3907	okänd	borrad	ca 1 meter
10F502G	Carmen 9	okänd	grävd	< 0,5 meter

Markavvattningsföretag

Markavvattningsföretagen Hässelby, Dalkarstorp-Nytorp och Ivarkärr-Nälsta ligger inom området men bedöms inte påverkas av planerad vattenverksamhet.

Tabell 8.10 Markavvattningsföretag inom Hässelby, Vinsta

Lst ID	Område	Syfte	Lst Dnr, övrigt
1381, 1386	Hässelby Grimsta	torrläggning av åkermark	Dnr 2_0774
1371	Hässelby	torrläggning av åkermark	Dnr 2_0547
1371	Dalkarstorp Nytorp	torrläggning av åkermark	Dnr 2_0530
1374, 1376, 1382	Ivarkärr Nälsta	torrläggning av åkermark	Dnr 2_0549

Förslag på skyddsåtgärder, km 22/300 till 23/800

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Tätning

För hela sträckan, huvudtunneln och ramptunnlar kommer utökad tätning, täthetsklass II, att utföras.

Ytterligare tätningsåtgärder med alternativa injekteringsmedel kan vara aktuellt inom delar av sträckan.

Infiltration

Utförande av anläggning för skyddsinfiltation till det undre grundvattenmagasinet i jord inom delsträcka:

- km 23/200 till 23/400 Vinsta industriområde (Hässelby 5)

Projektering av temporära anläggningar för infiltration vid schakt i jord för betongtunnlar och tråg samt andra betongkonstruktioner:

- intill schakt för anslutning av ramptunnlar till den södra cirkulationsplatsen vid Vinsta trafikplats

- intill schakt för gång- och cykelpassage under Bergslagsvägen mellan cirkulationsplatserna.

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Fördjupad inventering av byggnader med okänd grundläggning
- Installation av mättrör i energibrunnar för grundvattenpejling

Övrigt

- Provtagning och kontroll av förorening i jord och i grundvattnet vid schakt för anslutning till cirkulationsplatserna Johannelund och Skattegårdsvägen. Vid schakt för luftutbytesstation samt på inläckande grundvatten till bergtunnelanläggningarna

8.2.4 Områdespåverkan inom Kälvesta, Solhem/Lunda, km 23/800 till 24/500

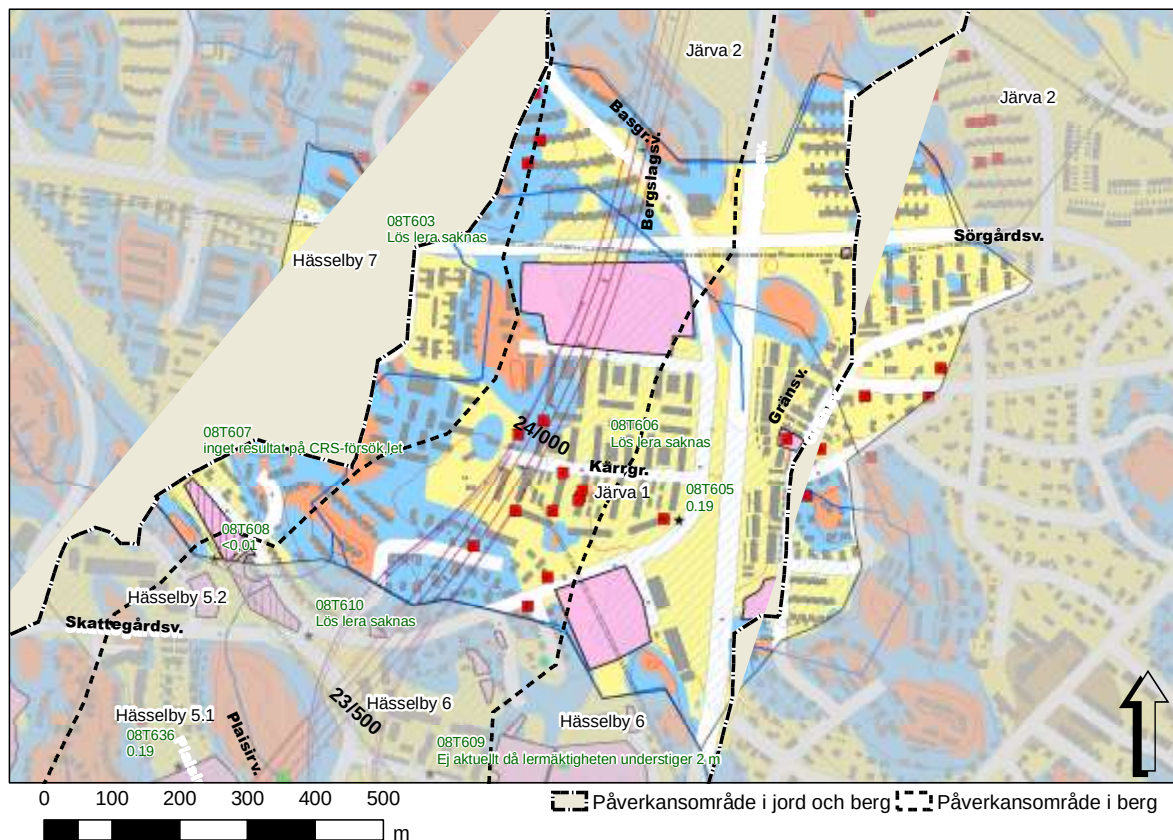
Delen omfattar beräkningsområde N4 för vattenbalans och innefattar delavrinningsområde Järva 1, del av Hässelby 7 samt ett mindre jordtäckt område längs Basgränd norr om Sörgårdsvägen samt delar av bostadsområden öster om Bergslagsvägen. Inom delområdet viker rampen för södergående trafik mot trafikplats Vinsta av från huvudtunneln medan ramptunneln från trafikplatsen mot norr redan har anslutits med huvudtunneln.

Vattenverksamheten inom delområdet utgörs av inläckage till bergtunnlar för huvudvägar och delar av ramptunnlar till och från cirkulationsplatsen vid Skattegårdsvägen. Inga schakt eller andra dränerande konstruktioner förekommer vid markytan inom delområdet. Sammanlagd längd bergtunnlar uppgår till ca 1400 meter.

Tabell 8.11 Vattenverksamhet inom Vinsta, vattenbalansområde N4

Anl. Nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
401,402 413, 414	Huvudtunnlar Ramptunnlar		Grundvattendränering, beräknat 70 l/min	Samma som byggskede

Påverkansområdets bedömda utbredning för driftskedet redovisas i Figur 8.15 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 8.15 Bedömd grundvattenpåverkan vid Kälvesta, vattenbalansområde N4

Vattenbalansen visar att cirka hälften (47%) av den potentiella grundvattenbildningen till berg och det undre magasinet kan komma att dräneras bort av vägtunnlarna. Det innebär att grundvattenmodelleringen ska bedömas med viss försiktighet. Huvudtunneln passerar området relativt marknära och uppkommer viss vattenbrist under torrår bedöms detta inte påverka utbredningen av påverkansområdet (som delvis bestäms av genomsläppligheten) utan ge en större avsänkning ovan tunneln än vad modellberäkningarna visar.

Utförda grundvattenmodeller visar att avsänkningen i berg vid bergytan uppgår till 1-3 meter ovanför tunneln och påverkansområdet når ut ca 100-200 meter i berg vid tunnelnivån. Baserat på vattenbalansberäkningen bedöms påverkan (0,3 meter avsänkning) i jordlagren under torrår kunna nå ut till det undre magasinets gränser inom Järva 1 medan påverkan i jord inom Hässelby 7, som närmast mer än 200 meter från väglinjen, bedöms bli liten.

Påverkansområdet bedöms under normalår knappt nå ut till bostadsområdet i öster på ömse sidor om Sörgårdsvägen (öster om Bergslagsvägen) men däremot kan det ske under torrår (gräns 0,3 meter avsänkning i jord).

Inom det huvudsakliga grundvattenmagasinet Järva 1 visar uppgifter om jordlagren samt utförda sättningsberäkningar att ett stråk längs med västra sidan av Bergslagsvägen har mättigast lerjord och är sättningsbenäget. I norr och mot väster avtar lerjordmättigheten och inom större delen av bostadsområdena är sättningsproblemen mindre eller saknas helt.

Inom områdets nordöstra del, öster om Bergslagsvägen, bedöms lerlagermäktigheten vara måttlig utifrån uppgifter i byggandsgeologiska kartan (2-3 meters mäktighet).

Inom delen av området Hässelby 7, som ingår i beräkningsområdet N4 för vattenbalansen, bedöms inte grundvattenpåverkan innebära några allvarligare konsekvenser för grundläggning eller ledningar då lös lera (sättningsbenägen) saknas eller bedöms vara ha ringa mäktighet.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 23/800 till 24/500

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade

Områden med risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm

Lerlagret bedöms generellt vara mäktigast i anslutning till västra sidan av Bergslagsvägen. Här har provtagning också visat på sättningsbenägen lerjord. För andra områden visar provtagningen att lös lera saknas inom delar av grundvattenmagasin Hässelby 7 mm men en konservativ bedömning är att hela området med lerjord bör betraktas som sättningskänsligt.

Skadeobjekt är styva ledningar, ledningar med självfall och servisledningar där de ansluter till fast grundlagda byggnader. Konsekvensen bedöms, med tanke på att lös lera förmodligen saknas inom stora delar, bli måttlig.

Grundläggning

Inom området har inga uppgifter om grundvattenberoende grundläggning framkommit men för ett par områden och fastigheter är grundläggningssätt okänt då uppgift saknas. Byggnaden inom fastigheten Atle 1 är en elcentral, VA station eller dylikt och byggnaden som ej inventerats inom Delila gäller en mindre byggnad intill den större inom fastigheten.

Tabell 8.12 Grundvattenberoende eller okänd grundläggning inom km 23/00-24/500, vattenbalansområde N4

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Delar av Figaro	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 1
Singoalla	Inventerat - okänd grundläggning/blandad	Järva 1
Holmbjörn	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 1
Sigfast 1	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 1
Atle 1	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 1
Delar av Delila 1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 1
Sigfast 4 (garage)	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 1
Kälvesta 3:1 *	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 1
Kälvesta 3:11 *	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 1
Vinsta 11:1 *	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 1

*mindre byggnader inom gatumark

Brunnar

Det finns ett 10-tal energibrunnar inom området och några kommer vara i farozonen för att behöva tas bort då de kan vara borrhå just där tunnarna kommer att drivas eller ligger inom den så kallade sprängzonen. Men för de flesta brunnarna bedöms påverkan bli måttlig då bergtunnarna går relativt grunt vilket innebär en måttlig grundvattenavsänkning i berg.

Tunnarna bedöms innebära måttlig till stor konsekvens för energibrunnarna väster om Bergslagsvägen och liten till måttlig för energibrunnarna öster om Bergslagsvägen.

Tabell 8.13 Bedömd påverkan för brunnar inom Kälvesta, vattenbalansområde N4

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
10F627BE	Carmen 6	Energi	borrad	ca 1-2 m
10F606BE	Pajazzo 10	Energi	borrad	ca 1-2 m
10F621BE	Mästersångarna 8	Energi	borrad	Ev i sprängzon
08F601BE	Aida 84	Energi	borrad	ca 1 m
08F507BE	Aida 18	Energi	borrad	Ev i sprängzon
10F601BE	Aida 27	Energi	borrad	Ev i sprängzon
08F602BE	Aida 43	Energi	borrad	ca 1-2 m
08F603BE	Aida 42	Energi	borrad	ca 1-2 m
08F604BE	Aida 40	Energi	borrad	ca 1-2 m
10F622BE	Aida 36	Energi	borrad	ca 1-2 m
08F607BE	Sigfast *1	Energi	borrad	<1 m
10F609BE	Traviata 160	Energi	borrad	Ev i sprängzon
08F608BE	Traviata 132	Energi	borrad	Ev i sprängzon
10F625BE	Trubaduren 32	Energi	borrad	ca 1 m
10F610BE	Trubaduren 36	Energi	borrad	ca 1 m
10F624BE	Trubaduren 56	Energi	borrad	ca 1 m

Markavvattningsföretag

Markavvattningsföretag Kälvesta-Ivarkärr (lst ID 1366, Dnr 2_0956) vars syfte anges vara torrläggning av åkermark. Tomter bedöms inte påverkas av grundvattendränningen.

Tabell 8.14 Markavvattningsföretag inom Kälvesta

Lst ID	Område	Syfte	Lst Dnr, övrigt
1366	Hässelby Kälvesta	Torrläggning av åkermark + tomter	Dnr 1_0546
1366	Kälvesta Ivarkärr	Torrläggning av åkermark + tomter	Dnr 2_0956

Förslag på skyddsåtgärder, km 23/800 till 24/500

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Tätning

- Utökad tätning, täthetsklass II, inom hela delsträckan

Infiltration

- Förberedande projektering av anläggning för skyddsinfiltation till det undre grundvattenmagasinet i jord inom delsträckan.

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Fördjupad inventering av byggnader med okänd grundläggning
- Installation av mättrör i energibrunnar för grundvattenpejling

- Fördjupad utredning av brunnar som kan behöva gjudas igen på grund av närhet till tunnlar

För energibrunnarna som är närmast belägna tunnarna kommer den fördjupade utredningen att omfatta en inmätning av brunnarna för att fastställa om de är belägna inom skyddszonen för utsprängning av tunnarna. Oavsett om brunnarna ligger inom skyddszon för sprängning bedöms brunnarna påverkas av bergtunnelanläggningarna och utredningen ska visa på alternativ till åtgärd.

8.2.5 Områdespåverkan inom Lunda, Björkeby villaområde, km 24/500 till 25/100

Delen omfattar beräkningsområde N5 för vattenbalans med delavrinningsområde Järva 2 som innefattar Lunda lastbilsterminal, del av Lunda bostadsområde samt del av villaområde i Björkeby, Järfälla. Inom delområdet finns förutom huvudtunneln en arbetstunnel.

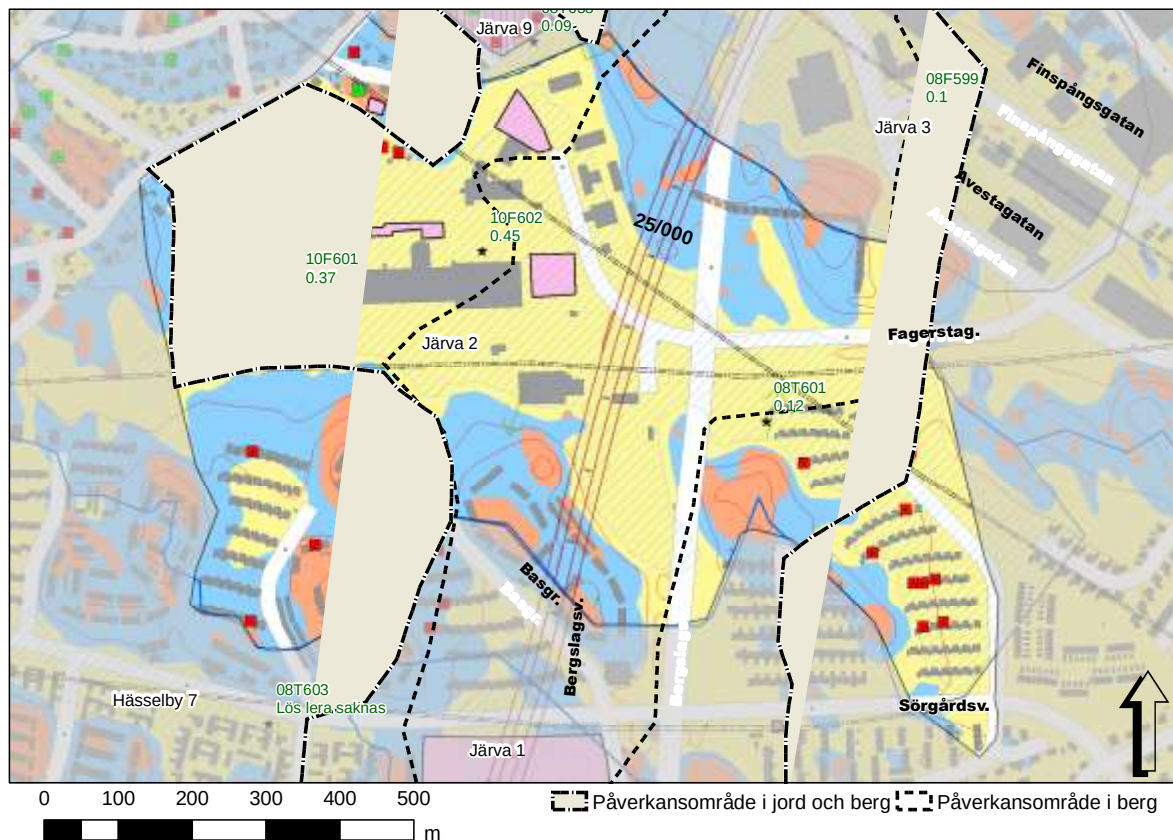
Vattenverksamheten inom delområdet utgörs av inläckage till bergtunnlar för huvudvägar, ett borrhål för friskluftsintag till ett eldriftsutrymme samt en arbetstunnel. Arbetstunnel som blir ca 220 meter lång kommer att vattenfyllas efter byggskedet.

I tabellen nedan listas anläggningsdelarna och vilken vattenverksamhet de medför i detalj.

Tabell 8.15 Vattenverksamhet inom Lunda, vattenbalansområde N5

Anl. nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
501, 502 563	Huvudtunnlar Friskluftintag		Grundvattendränering, beräknat 55 l/min	Samma som byggskede
591	Arbetstunnel Lunda		Ca 15 l/min	Ingen påverkan

Påverkansområdets bedömda utbredning för driftskedet redovisas i Figur 8.16 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 8.16 Bedömd grundvattenpåverkan vid Lunda, vattenbalansområde N5

Vattenbalansen visar att dräneringen av det undre grundvattenmagasinet i jord och i berg beräknas uppgå till ca 50 procent av potentiell grundvattenbildning. Den relativt stora andelen beror till del på att det finns en befintlig tunnel som påverkar delområdet samt att en tillfällig arbetstunnel kommer att förläggas inom området. Vattenbalansen gäller alltså för byggskedet; under driftskedet när arbetstunneln är avvecklad blir dräneringens andel ca 40 procent.

Grundvattenmodeller visar att avsänkningen i berg, vid bergytan, uppgår till ca 2 meter ovanför tunnelnlinjen och att påverkansområdet når ut ca 150-200 meter (300m i svaghetszon) i berg vid tunnelnivån. Vattenbalansberäkningen och att den undre friktionsjorden är en grusig sand (dvs. vattengenomsläpplig) gör att påverkan (0,3 meter avsänkning) i jordlagren bedöms under torrår kunna nå ut till grundvattenmagasinets gräns åt väster och ca 450 meter åt öster.

Lerlagret är mäktigt inom stora delar av området och sättningsberäkningar visar på rörelser upp till 0,3-0,4 meter vid en varaktig avsänkning på 2 meter av det undre grundvattenmagasinet. Enligt uppgift är terminalområdet känsligt för en marksättning eftersom en sättning intill de pålgrundlagda lastkajerna kan försvåra på- och avlastning.

Sammantaget bedöms lerjorden vara känslig för en varaktig grundvattenavsänkning större än ca 0,5-1 m.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 24/500 till 25/100

Inom påverkansområdet är följande skadeobjekt identifierade

Områden med risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm

Lerjorden är sättningskänslig inom Lundaterminalen och vid Lunda bostadsområde öster om Bergslagsvägen. Hela området med lös lera bedöms vara sättningskänsligt och skadeobjekt är styva ledningar och ledningar med självfall samt servisleddningar.

Grundläggning

Inom Skälby villaområde finns ett par byggnader med grundvattenberoende grundläggning och en del andra med okänd grundläggning.

Inom Lundaterminalområdet finns två byggnader med okänd grundläggning; övriga är grundlagda på pålar.

Inom Lunda bostadsområde är grundläggningen inventerad och byggnaderna har blandad grundläggning ned till berg eller fast botten.

Tabell 8.16 Grundvattenberoende eller okänd grundläggning inom Lunda

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Skälby 66:24	Hus grundlagt på platta på lermark	Järva 2
Skälby 66:25	Hus grundlagt på platta på lermark	Järva 2
Skälby 65:13	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 2
Delar av Forsmark	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 2
Lunda 6:1 *	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 2
Lunda 6:4 *	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 2

**mindre byggnader inom gatumark eller vid fotbollsplan.*

Brunnar

Inom Björkeby villaområde och villaområdet vid Lunda finns ett antal energibrunnar. Brunnarna inom påverkansområdet redovisas i tabellen nedan. Brunnarna är belägna utanför det beräknade påverkansområdet i berg. Brunnarna inom Björkeby bedöms påverkas med som mest någon meter och de närmast liggande brunnarna inom Lunda med motsvarande intervall, dvs. en liten till måttlig påverkan. För någon enstaka brunn skulle konsekvensen kunna bli större om brunnen har direkt kontakt med någon av de svaghetszoner i berg som sannolikt finns i området.

Tabell 8.17 Bedömd påverkan för brunnar inom Lunda, Björkeby

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8F619BE	Sigbjörn 10	Energi	borrad	ca 1m
o8F622BE	Sigbjörn *35	Energi	borrad	ca 1m
o8F620BE	Krok *1	Energi	borrad	ca 1m
o8F621BE	Krok *1	Energi	borrad	ca 1m
o8F629B	Skälby 66:26	Okänd	borrad	ca 1m
1oF616BE	Skälby 65:51	Energi	borrad	ca 1m
o8F633BE	Skälby 65:52	Energi	borrad	ca 1m
o8F635BE	Skälby 66:30	Okänd	borrad	ca 1m

Markavvattningsföretag

Markavvattningsföretag Lunda (Lst ID 1351, Dnr 2_0557) vars syfte redovisas vara torrläggning av åkermark och tomter bedöms idag vara inaktuellt och ersatt av avledning via dagvattenssystemet. Markavvattningsföretaget bedöms inte påverkas av en grundvattendränning.

Tabell 8.18 Markavvattningsföretag vid Lundaterminalen

Lst ID	Område	Syfte	Lst Dnr, övrigt
1351	Lunda	Torrläggning åkermark, tomtmark	Dnr 2_0557

Förslag på skyddsåtgärder, km 24/500 till 25/100

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Tätning

- Utökad tätning, täthetsklass II, inom hela delsträckan

Infiltration

- Förberedande projektering av anläggning för skyddsinfiltration till det undre grundvattenmagasinet i jord inom delsträckan, km 24/700 till 25/000 Lunda

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Fördjupad grundläggningsinventering av byggnader med okänd grundläggning.
- Installation av mättrör i energibrunnar för grundvattenpejling

8.2.6 Områdespåverkan vid Ekvägen, Lunda industriområde, km 25/100 till 26/200 samt broar över Spångaån/Bällstaån, Hjulsta trafikplats, km 26/200 – 27/200

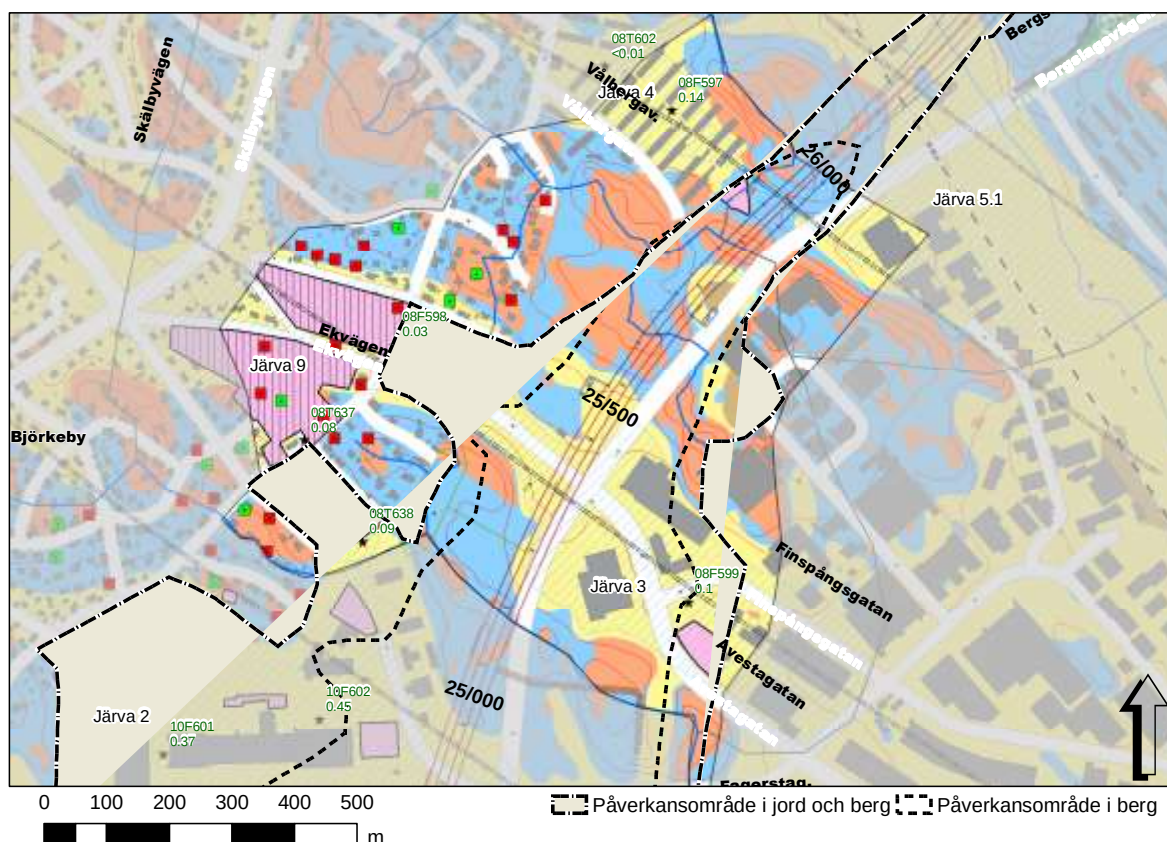
Avsnittet omfattar beräkningsområde N6 och N7 för vattenbalans med delavrinningsområde Järva 3, Järva 4, del av Järva 9 samt del av Järva 5:1 som inbegriper del av villaområdet längs med Ekvägen och del av Lunda industriområde, radhusområdet vid Vålberga samt en del av dalgången vid Spångaån/Bällstaån. Sträckan omfattar huvudtunnlar i berg, anslutande betongtunnel och tråg. Sträckan omfattar även passagen över Sångåån/Bällstaåns dalgång och genom trafikplats Hjulsta på bro samt anslutande rampvägar på bro och bank.

Vattenverksamheten inom delområdet består av inläckage till bergtunnlar för huvudvägar och till schakt för betongtunnel och frånluftsstation. De färdiga betongkonstruktionerna kan, beroende på färdigt utförande mm., både dämma ett grundvattenflöde och medföra ett visst inläckage genom den tätade bergbotten. Vid passagen av Hjulsta förekommer bergskärningar som kan påverka grundvattnet.

Tabell 8.19 Vattenverksamhet inom Lunda, vattenbalansområde N6 och N7 samt Bällstaåns dalgång

Anl.nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
501, 502 563	Huvudtunnlar Friskluftintag		Grundvattendränering, beräknat 60 l/min	Samma som byggskede
546	Betongtunnel inkl påslag för väg E4 söder om Spångaån/Bällstaån, inkl ramper	ca+ 16 söder om betongtunneln ca +20 norr om betongtunneln	Dräneringsnivå +6	Grundvattenbortledning
571	Frånluftsstation	Samma som ovan	Dräneringsnivå +6	Grundvattenbortledning
547	Brostöd för bro över Bällstaåns dalgång	ca + 8	Ca 2 meter under grundvattenytan	Ingen påverkan
517	Rampväg avfart E4N mot Hjulsta		Dräneringsnivå +19	

Påverkansområdets bedömda utbredning för bygg- och driftskedet redovisas i Figur 8.17 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 8.17 Bedömd grundvattenpåverkan Lunda industriområde, Björkeby

Beskrivning av omgivningspåverkan kring bergtunnlar, km 25/100 – 25/920

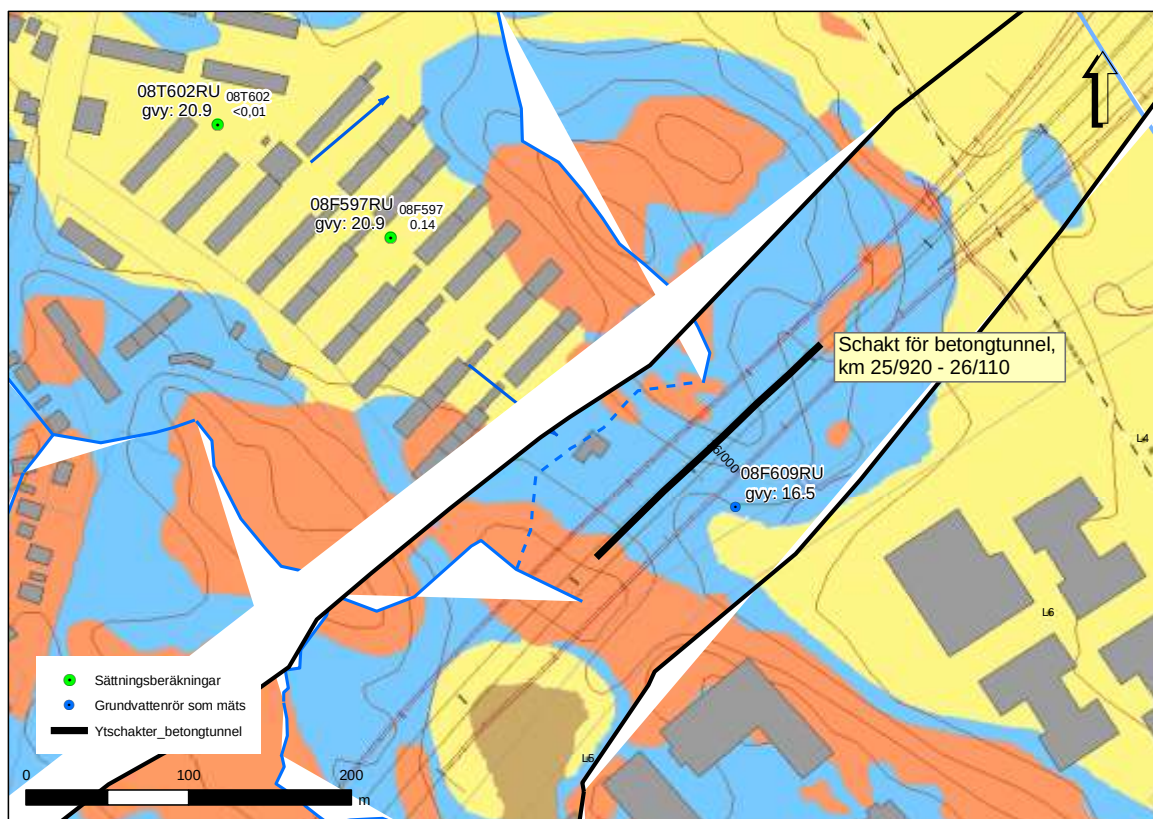
Vattenbalansen beräknar att dräneringen av det undre grundvattenmagasinet i jord och i berg uppgår till ca 30 procent av den potentiella grundvattenbildningen inom beräkningsområde N6 och N7, det vill säga en förhållandevis liten andel.

Påverkansområdet beräknas till ca 100-150 meter och avsänkningen i berg vid bergytan till ca 1-1,5 meter. Då tunnlar initialt ligger ytligt med endast mindre bergtäckning kan avsänkningen i berg lokalt rakt ovan tunneln vara större, ca 3-5 meter. Jordlagret ovan berget är en sand, dvs. vattengenomsläppligt, och påverkansområdet i jord bedöms kunna nå ut något längre än för i berg, som mest ca 250-300 meter.

Prov som tagits på lerjordens egenskaper visar på måttligt sättning-skänslig jord i en punkt inne i Lunda industriområde och endast en mindre möjlig sättningsrörelse för en punkt inom Björkeby villaområde. Inom det senare området har flera villor bedömts ha grundvattenberoende grundläggning (platta på lermark) medan byggnaderna inom Lunda industriområde har grundvattenberoende grundläggning. Inom Vålbergaområdet visar den närmaste punkten på en sättningsrörelse på ca 0,15 meter vid en varaktig grundvattenavsänkning på 2 meter medan 1 meters avsänkning endast skulle ge en liten rörelse.

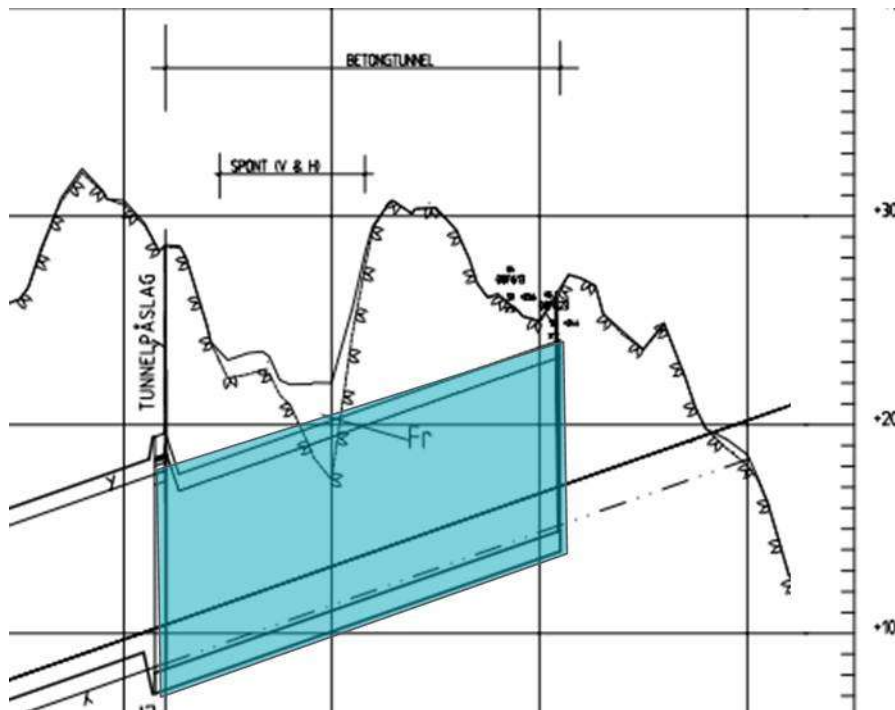
Beskrivning av omgivningspåverkan vid schakt för betongtunnel vid Vålberga

Vid Vålberga övergår bergtunneln till betongtunnel och därmed blir påverkan olika för bygg- respektive driftskede.



Figur 8.18 Omgivningspåverkan vid schakt för betongtunnel innan bro över Spångaån/Bällstaåns dalgång

Under byggskedet kommer schakt i jord och ned i berg att utföras för betongtunnel mellan km 25/920 och km 26/110, se Figur 8.18 ovan. Vägen fortsätter sedan i bergskärning ett stycke före övergång till bro över Bällstaåns dalgång. Jordschakter utförs mestadels utan spont men utmed den första sträckan, mellan km 25/960 och km 26/010, kan spont krävas. Vid km 25/920 blir schaktbottennivån ca +6 och vid km 26/110 har nivån stigit till ca +14. Huvuddelen av schaktet sker i berg; största djup för jordschakt bedöms vara ca 5 meter.



Grundvatteninflöde till schakt kan ske dels genom bergsprickor, dels genom otätheter vid spanten i jord. Grundvattennivån i berg är inte uppmätt men bör ligga kring +25 - +30 inom berghöjderna. Den är uppmätt till +21 väster om schaktet inom Vålberga och ca +17 öster om schaktet. Avsänkningen vid spont uppgår som mest till ca 3-4 meter där jordsvackan är som djupast, se figuren ovan, och trycknivån i berg vid schaktbotten uppgår till som mest ca 20 meter. Samtidigt kan spanten dämna ett sydligt grundvattenflöde genom dalsvackan.

Påverkan i jord bedöms bli måttlig. Spontens dämningseffekt av grundvattenflödet bör kompensera inläckaget och vid förhöjda nivåer bedöms ett utflöde kunna ske via dalgången mot nordost, se strömningspil i Figur 8.18 ovan. Som skyddsåtgärd bör dock grundvattennivåerna följas upp noga under byggskedet inom Vålbergaområdet. Grundvattenmagasinet öster om arbetsplatsen inom Lunda industriområde är inte beroende av tillströmningen från Vålberga och bedöms inte påverkas av byggnation.

Under driftskede kommer betongtunnelns överkant ligga vid ca +20. Betongkonstruktionen skulle därmed kunna dämma flödet något, men samtidigt innebär bergschakt att dalsvackans grundvattenförande bredd i jordlagren ökar. Bedömningen blir att grundvattenutflödet i svackan från radhusområdet återskapas i driftskedet, möjligen med en viss dämning vilket ger något högre grundvattennivåer västerut än idag.

Mot öster faller grundvattennivån och området vid Lunda är inte beroende av flödet genom svackan.

I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring betongtunnel och schakt. Villkorsområdet följer påverkansområdets gräns. Inom området finns en bebyggd fastighet, Lunda 7:3. Lerjorden bedöms vara ringa och ingen grundvattenrelaterad påverkan bedöms uppkomma.

Broar och rampbroar över Spångaån/Bällstaån, Hjulsta trafikplats, km 26/200 – 27/200

Förbifart Stockholm passerar Spångaån/Bällstaåns dalgång på bro och vidare fram till trafikplats Hjulsta. Grundvattenpåverkan uppkommer endast i byggskedet i form av mindre schakt, ca 2 meter under markytan för brostöd. På grund av lerlagrets mäktighet bedöms de flesta schakten kunna utföras utan att grundvattnets trycknivå i det undre magasinet behöver sänkas (dvs. ingen risk för schaktbottenuppträckning). Alltså medför schakten endast viss bortledning av det övre magasinet (markvatten). Grundvattenpåverkan bedöms bli måttlig och endast nå ut ca 50-75 meter från schakten för brostöd.

Huvudvägarna men framför allt den södra rampavfarten (anl. 517), rampvägen från Förbifart Stockholm till trafikplats Hjulsta innebär bergskärning genom den mindre berghöjden norr om Hjulsta. Skärningens nivå blir ca +19 och berghöjden är som högst ca +30. Skärningen blir alltså ca 10 meter vilket kan innebära viss dränering av grundvattnet i berg och i överlagrande jordlager inom höjdområdet.

Påverkan bedöms bli måttlig beroende på att berghöjden redan är utsatt för dränering av tunnel för tunnelbanans vändspår och på att nuvarande sträckning av Bergslagsvägen går i en bergskärning med nivån ca +16. Grundvattenpåverkan orsakat av bergskärningen bedöms endast märkas inom bergklacken.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 25/100 – 27/200

Inom påverkansområdet finns följande skadeobjekt identifierade

Områden med risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm

Lerjorden har provtagits inom Björkeby, Lunda industriområde och Vålbergaområdet och sättningar kan uppkomma vid en grundvattenavsänkning. Utifrån denna provtagning görs bedömningen att områden med lös lerjord generellt har lös sättningsbenägen lera. Området redovisas i kartbilaga 2.

Skadeobjekt inom området är styva ledningar, dvs vatten-, fjärrvärme-, fjärrkyla-, gasledningar samt självfallsledningar, t.ex. dag- och spillvattenledningar. Utöver stomnätet finns anslutande ledningar, servisledningar, inom enskilda fastigheter.

Grundläggning

Vid inventering inom delområdet har grundvattenberoende grundläggning konstaterats för vissa villafastigheter inom Björkebyområdet i Järfälla. I tabellen nedan listas de kvarter eller mindre fastigheter där det finns byggnader med antingen okänd eller grundvattenberoende byggnader. För mer information och läge hänvisas till bilaga 2 och bilaga 3.

Tabell 8.20 Kvarter med byggnader som har okänd eller grundvattenberoende grundläggning

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Delar av Björkeby	Hus grundlagt på platta på lermark	Järva 9
Björkeby 1:181, 1:275	Ej inventerat - okänd grundläggning	
Björkeby 1:164*	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 9
Björkeby 1:165*	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 9
Björkeby 1:166	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 9
Kolsva 2	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 3
Lunda 7:3	Inventerat - okänd grundläggning	Järva 4/Järva 5
Lunda 6:1**	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 3

*garagen är grundlagda med platta på lermark, ** mindre byggnader inom gatumark

Brunnar

Inom Järfälla finns ett antal energibrunnar, den närmaste drygt 200 m från vägtunnlarna. Samtliga brunnar ligger utanför bedömd utbredning av påverkansområdet i berg och konsekvensen för dessa bedöms därmed bli liten.

Tabell 8.21 Brunnar inom påverkansområdet vid Lunda, Björkeby

BrunnsID	Fastighetsbeteckning	Användning	Brunnstyp	Bedömd påverkan
o8F645BE	Björkeby 1:263	Energi	borrad	< 1 m
o8F646BE	Björkeby 1:262	Energi	borrad	< 1 m
o8F648BE	Björkeby 1:261	Energi	borrad	< 1 m
o8F651BE	Björkeby 1:265	Okänd	borrad	< 1 m
10F615BE	Björkeby 1:259	Energi	borrad	< 1 m
10F620BE	Björkeby 1:258	Energi	borrad	< 1 m
o8F655BE	Björkeby 1:257	Energi	borrad	< 1 m
o8F656BE	Björkeby 1:256	Energi	borrad	< 1 m
o8F667BE	Björkeby 1:315	Okänd	borrad	< 1 m
o8F668BE	Björkeby 1:118	Energi	borrad	< 1 m

Markavvattningsföretag

Markavvattningsföretaget vid Spångaån/Bällstaån bedöms inte påverkas nämnvärt. För brostöd nära Spångaån/Bällstaån finns en viss risk för utsläpp av processvatten till ån vid betonggjutning och säkerhetsanordningar/kontroll för att detta inte ska ske måste vidtas under byggskedet. Under driftskedet kommer ingen påverkan att förekomma.

Tabell 8.22 Markavvattningsföretag inom Lunda, Järfälla, Hjulsta

Lst ID	Område	Syfte	Lst Dnr, övrigt
1321	Viksjo – Fastebol tf 1928	Fördjupning vattendrag (Bällstaån) och torrläggning av vattensjuk mark	Dnr 2_0019

Förslag på skyddsåtgärder, km 25/100 – 27/200

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Tätning

- Utökad tätning, täthetsklass II, inom delsträckan, km 25/100-25/920 (hela bergtunneldelen)

Infiltration

Projektering av tillfälliga anläggningar för infiltration vid schakt i jord för betongtunnlar och tråg samt andra betongkonstruktioner:

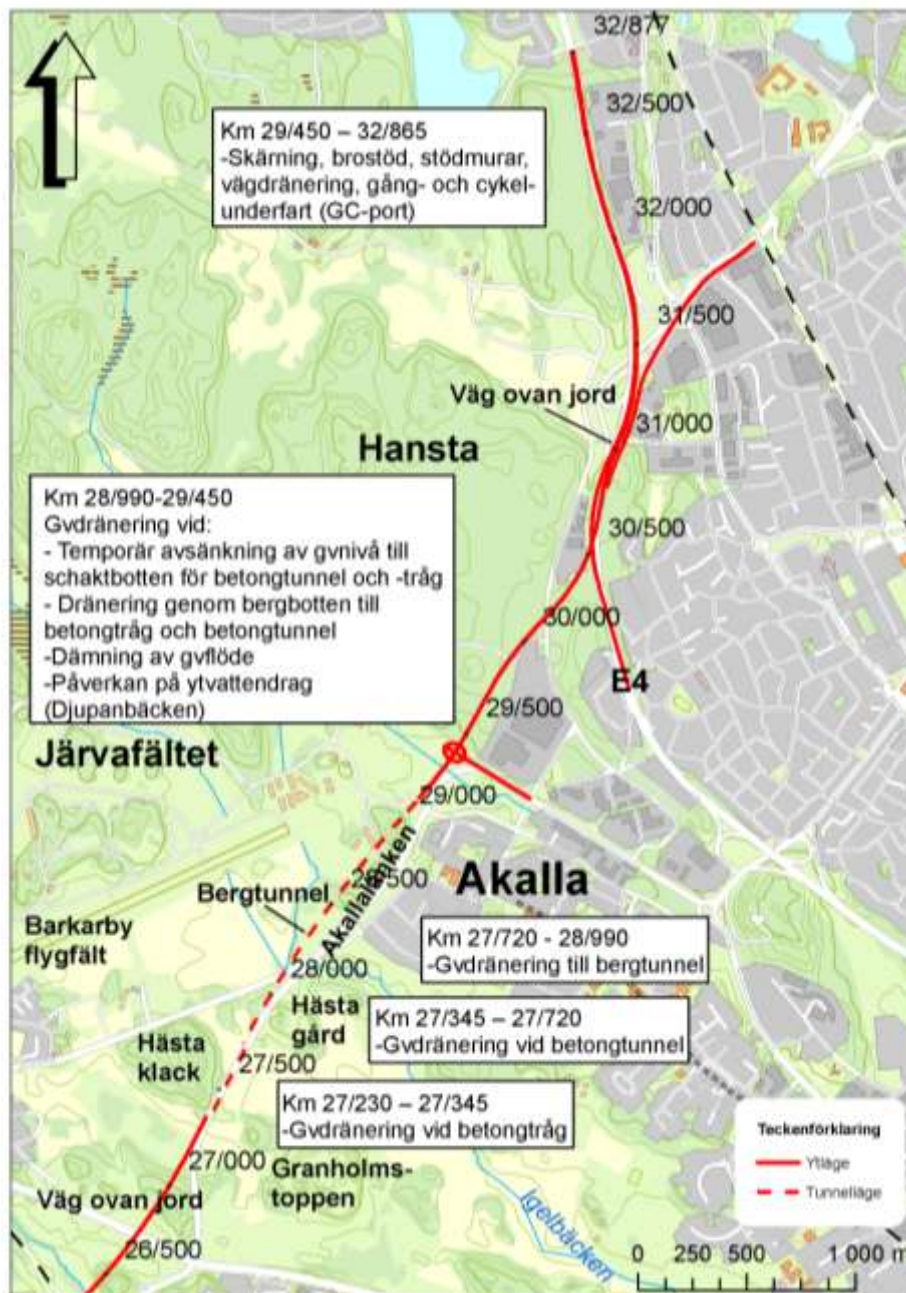
- intill schakt för betongtunnel vid Vålberga, km 25/900

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Installation av mätrör i energibrunnar för grundvattenpejling

9 Beskrivning Hästa klack – Häggvik

Området omfattar den korta tunneln under Järva samt trafikplatserna vid Akalla och Häggvik. Inom delsträckan går vägen på bank, tråg, betongtunnel samt bergtunnel. Vidare ingår schakt för brostöd, gång- och cykelpassager samt omläggning av vägar.



Figur 9.1 Översiktsskarta över Förbifart Stockholms sträckning inom delen Hästa klack till Häggvik samt översiktligt medförande grundvattenpåverkan. För övrig påverkan se Teknisk Beskrivning

Sträckan omfattar längdmätning km 27/200 till 32/865 men grundvattenpåverkan sker bara fram till ca km 31/500. För läsare lättare ska återfinna de områden som beskrivs i avsnitten nedan, i figurer och i kartor anges i underrubriker och i löpande text uppgifter om längdmätning som sträckan är indelad i. Dessutom anges i figurer och bifogade kartor de identifierade huvudsakliga (undre) grundvattenmagasinen i jord tillsammans med en del vägnamn eller områdesnamn. Längst bak i dokumentet finns en utvikbar kartförklaring till de hydrogeologiska kartfigurer som redovisas under kommande avsnitt.

9.1 Geologiska och hydrogeologiska förhållanden

Området mellan trafikplatserna Hjulsta och Akalla karaktäriseras av större lertäckta områden vid Barkarby flygfält och kring Igelbäcken samt mestadels mindre höjder med berg- och moränjord. Lerområdena har marknivå kring +10 till +15 medan höjdområdena Hästa klack och den skapade Granholmstoppen når upp till som mest cirka +45, dvs. ca 30 meter över kringliggande mark.

Dalgången längs med Hanstavägen (Djupanbäckens dalgång) har marknivå kring +17. Där trafikplatsen ska byggas varierar lerlagret från ca 3 meter upp till ca 10 meters mäktighet och bergnivån ligger mellan +2,5 och +5. I den övre delen av leran finns en tunn torrskorpebildning, men i övrigt är den lös till mycket lös och sättningsbenägen. Från trafikplats Akalla fram till trafikplats Häggvik karaktäriseras området av ett större bergparti inom Hanstaskogen med mindre svackor i terrängen. Bergpartiet når som högst upp till +50 och - där vägen passerar - till cirka +35.

Vid trafikplats Häggvik öppnar sig landskapet. Jordtäcket på berg består i huvudsak av morän och tunna lerlager (huvudsakligen torrskorpeleira). I närheten av befintliga vägar finns även fyllningsmassor. Bergnivåer varierar här mellan cirka +18 m och +35 m.

Prov har tagits på det undre friktionsjordlagret vid Hästa gård (km 27/650) och klassas som lerig sandmorän, dvs. en relativt tät jordart. Vid Igelbäckens dalgång (km 28/000) visar prov på en sand eller grusig sand med bedömd god vattengenomsläpplighet. I dalgången där Hanstavägen går, har prov tagits vid flera punkter på friktionsjorden under lerlagret. Även här är jordlagret klassat som en grusig sand eller sandmorän med god vattengenomsläpplighet.

9.1.1 Lerjordens sättningskänslighet

Lerjordlagrens sättningskänslighet har undersökts genom provtagning vid ett antal punkter som listas i *Tabell 9.1* nedan och undersökts på laboratorium (CRS-försök). Provtagningspunkternas läge redovisas i kartbilaga 1 och i figurer under avsnitt 9.2. Hur mycket en lera konsolideras vid en grundvattennivåavsänkning beror på leran, vattenhalten och framför allt hur mäktigt lerjordlagret är. Redovisade sättningsbelopp ska därför tolkas med viss försiktighet till att gälla för kringliggande områden. Sättningar kan uppstå av andra anledningar än en dränering av det undre grundvattenmagasinet, t.ex. genom belastning av byggnader eller fyllningsjord eller genom nedbrytning av organisk jord.

Tabell 9.1 Beräknad sättning för olika områden med lerjord och grundvattenpåverkan

Grundvatten- magasin	Provtagnings- punkt	Lermäktighet (m)	Avsänkning: 1 m		Avsänkning: 2 m		Avsänkning: 5 m	
			Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år	Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år	Sättning efter 2 år	Sättning efter 30 år
Järva 6	o8F684	10.5	0.02	0.10	0.05	0.21	0.40	0.75
Järva 6	o9F694	9	0.05	0.20	0.13	0.44	0.70	1.00
Järva 8	o8F596	5	< 0.01	0.01	< 0.01	0.01	<0.01	0.01
Järva 8	o8F634	6	0.04	0.08	0.08	0.2	0.48	0.58
Hansta 1.1	o8F720	4	0.02	0.02	0.06	0.08	0.12	0.14
Hansta 1.1	o9F713	13.5	0.05	0.2	0.09	0.5	0.17	0.9
Hansta 1.1	o8F730	8.5	0.02	0.08	0.08	0.21	0.45	0.71

Områdesvis bedömning av sättningssänsligheten

Området söder om Hästa klack

Inom område Järva 6, där vägen övergår från vägbank till tråg, är lerjorden sättningssänslig beroende både på lerjordens egenskaper och på att organisk jord överlagrat leran och kan brytas ned och kompakteras vid en grundvattendrainering.

Jordbruksområdet söder om Hästa gård

Här har provtagning inte gjorts av lerjordens sättningsegenskaper. Utifrån uppgifter i byggnadsgeologiska kartan bedöms lerjorden ha måttlig mäktighet, mellan 1-5 meter. Äldre grundvattennivåmätningar visar att området varit påverkat av en tidigare grundvattendrainering och troligen har lerjorden därmed till viss del konsoliderats (kompakterats). Sammantaget bedöms området tåla en viss grundvattenavsänkning (upp till 1-2 meter) utan att någon större sättningssänsrörelse uppstår.

Området vid Igelbäcken

Området bedöms ha sättningssänslig lera (provtagningspunkt o8F634). Vid det närmast liggande radhusområdet i Akalla bedöms inte jorden vara sättningssänsbenägen främst beroende på att leran har liten mäktighet (provtagningspunkt o8F596).

Stordiket, Djupanbäckens/Hanstavägens dalgång

Området bedöms vara sättningssänsligt beroende på lerjordens mäktighet och egenskaper samt på förekomst av organisk jord.

9.1.2 Markföroreningar

Någon fullständig inventering eller provtagning av eventuella föroreningar är inte utförd. Viss provtagning har skett inom områden där schaktarbeten kommer att utföras, se provtagningspunkter i kartbilaga 1. Markföroreningar har påträffats vid följande platser längs sträckan¹²:

- Området för tråg och betongtunnel vid Hästa klack (mellan km 27/320 och 27/620). Jordprover visar på halter av bly och kvicksilver under KM, eller som högst mellan KM och MKM (punkt o9F679).

12 - KM (Känslig markanvändning) innebär att marken kan användas till bostäder, odling, daghem m m.

- MKM (Mindre känslig markanvändning) innebär att marken kan användas till kontor, vägar, industri m m.

- Området vid Norra Kolonnvägen (km 30/000 till 30/420). Jordprover visar på föroreningshalter av krom eller nickel mellan KM och MKM.
- Området där rampanslutning passerar under dagens E4 Uppsalavägen i betongtunnel. Jordprovtagning visar på halter av PAH-H och eller Alifater (C16-C35) mellan KM och MKN (punkt 09F731, 09F735)

9.1.3 Berggrundsförhållanden

Berggrunden under Järvafältet och Hansta/Häggvik består i början av delsträckan av grå fin- till grovkornig gnejs av sedimentärt ursprung. Gnejsens bandade struktur (foliation) har en i huvudsak sydostlig orientering (strykning) och lutar (stupar) brant mot sydväst. Längre norrut domineras berggrunden av en grå/röd medelkornig granit eller en grå medel- till grovkornig gnejsgranit. Berget är i huvudsak storblockigt med sprickfrekvens på 1-2 sprickor per meter.

Enstaka grönstensgångar och gångar eller diffusa ansamlingar av pegmatit förekommer också. Sprickmineral domineras av kalcit och klorit. Sprickfyllnadsmineral är lösta mineralsalter i grundvattnet som kristalliserat i öppna sprickor långt senare än då sprickorna bildades.

För grundvattenströmning i berg är, generellt uttryckt, skillnaden mellan granit och gnejs att en granit oftast är sprödare än gnejsen. Det gör att graniten lättare spricker när den varit utsatt för tryck och därför kan ha större sprickighet än gnejsen som är mer plastisk (mjuk) vilket ibland kan ses i böljande veckstrukturer i bergskärningar. Rödfärgad berggrund kan bero på ingående mineral (kalifältspat) men kan också vara ett tecken på omvandling i närheten av en svaghetszon.

Gångar av grönsten eller pegmatit betyder att det ursprungliga berget spruckit upp och fyllts ut av grönsten (en relativt tät bergart) eller pegmatit (en grovkornig relativt vattengenomsläpplig bergart). När den sprickfyllande bergmassan (magma) svalnar, spricker omgivande berggrund ofta upp varför vattengenomsläppligheten ofta är högre runt en gångbergart än i omgivande berggrund.

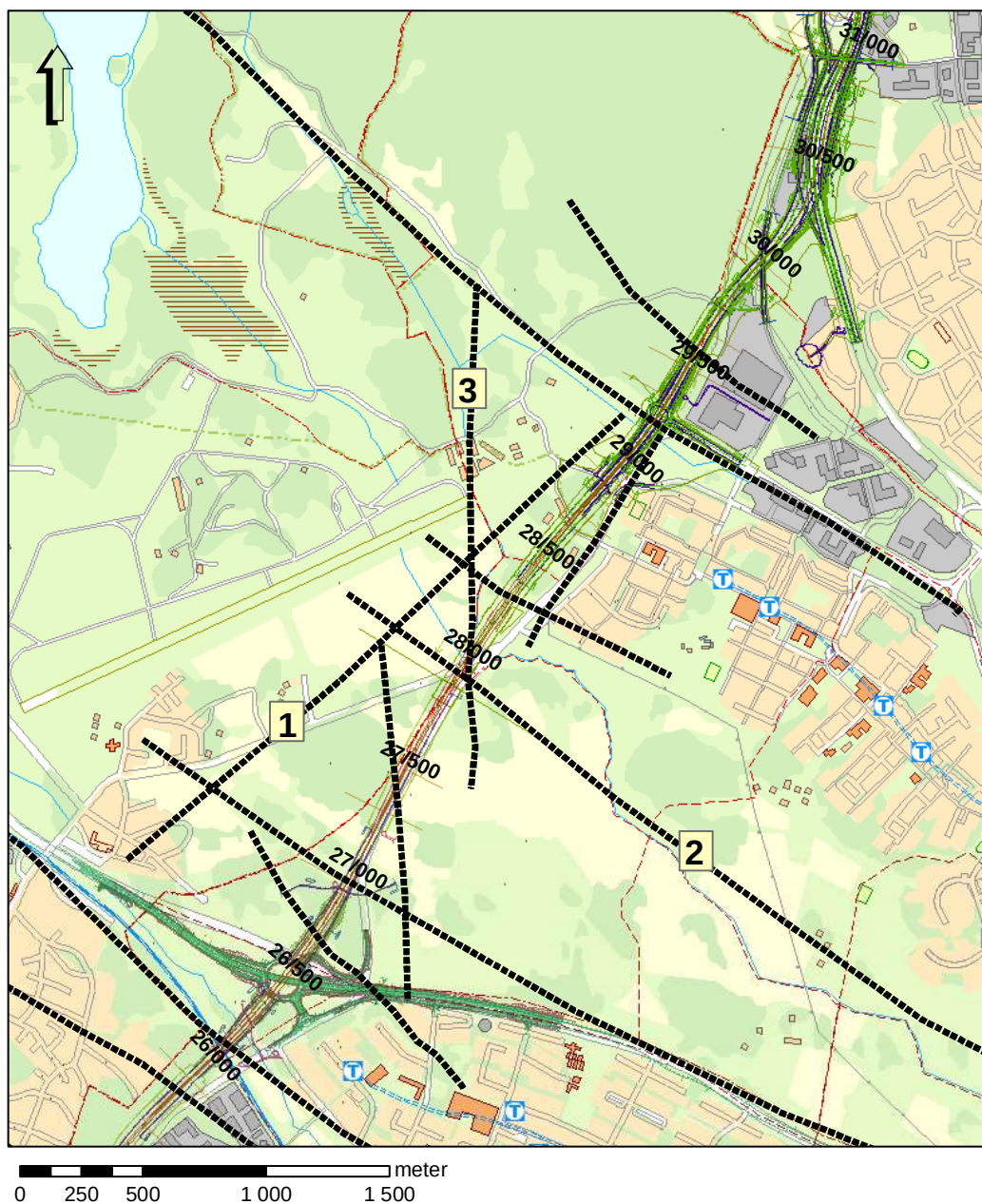
En övergripande indelning av bergartsfördelningen längs sträckan där vägen går i bergskärning eller bergtunnel redovisas nedan.

Längdsektion	Bergart
27/300 – 27/800	Sedimentgnejs, fin- till grovkornig inslag av granit
27/800 – 28/400	Sedimentgnejs, fin- till grovkornig
28/400 – 29/300	Gnejsig granit, medel- till grovkornig
29/300 – 30/000	Granit, storblockig

Sprickor och svaghetszoner

I Figur 9.2 nedan redovisas riktningar för dominerande grupper av svaghetszoner (nr 1 och 2) samt underordnad grupp (nr 3) som påträffats vid borrhningar och genom sprickkartering i bergskärningar eller i befintliga undermarksanläggningar eller genom seismik och lineamentstolkning¹³. Redovisade sprickzoner bedöms ha en större utbredning och eller kunna ha en högre vattengenomsläpplighet än andra sprickor inom samma grupp. Den första gruppen står/lutar nära vertikalt. Den andra lutar brant mot sydväst. Den tredje underordnade gruppen av sprickor lutar brant mot väst. Det har också påträffats en del nära horisontellt orienterade sprickor, så kallade bankningsplan.

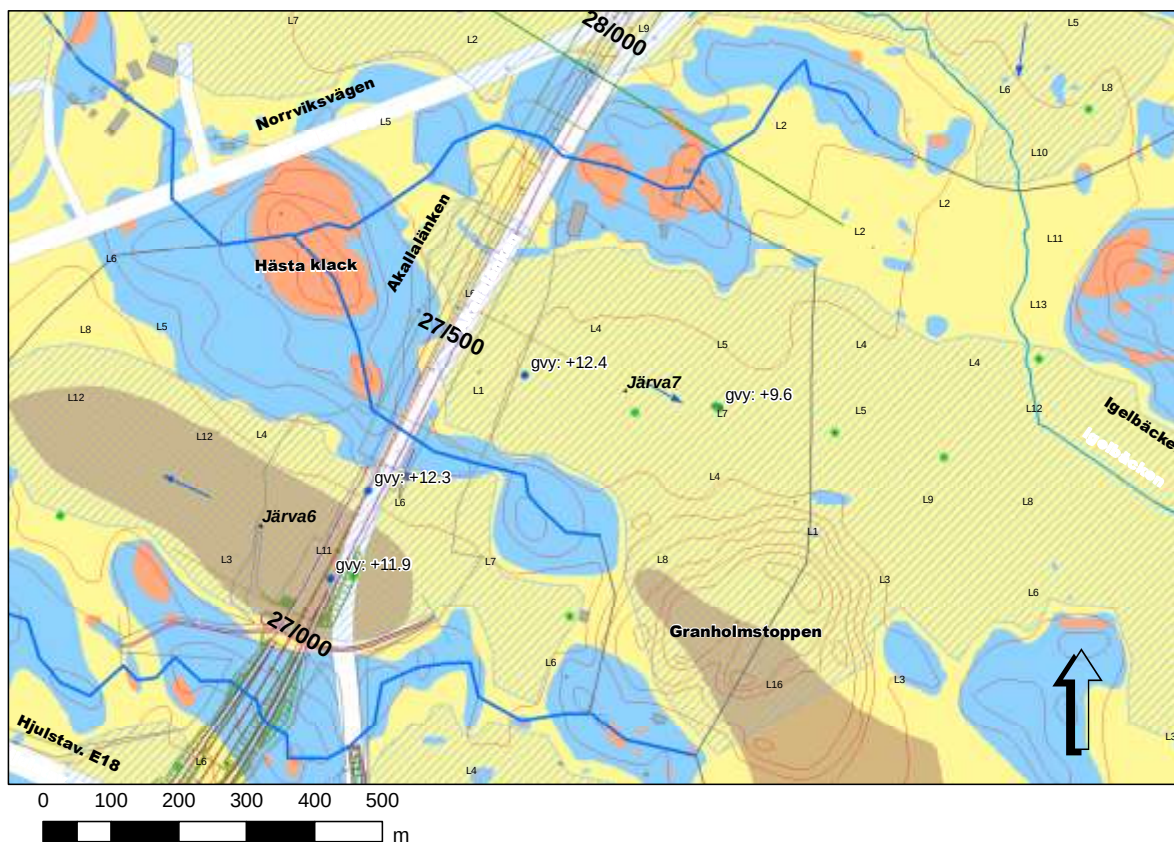
¹³ Seismik är en geofysisk undersökningsmetod, lineamentstolkning innebär att huvudsaklig orientering och förekomst av svaghetszoner i berg tolkas ut från terrängens utseende, ex förekomst och orientering av långsmala dalgångar, bergryggar, branta bergsidor



Figur 9.2 Orientering av dominerande svaghetszoner inom delområdet Hästa klack- Haggvik

9.1.4 Grundvattenförhållanden

Efter trafikplats Hjulsta passerar vägen en mindre höjdrygg som är en vattendelare för grundvattenströmningen i jordlagren, och går vidare fram till ett område med organisk jord vid markytan, dvs. torv, dy eller gyttja/gyttjelera från en tidigare sjö. Området (Järva 6) är utdikat och dikesavrinningen sker mot nordväst. Ytvattenavrinningen når så småningom Spångaån/Bällstaån i höjd med Barkarby station. Grundvattenflödet i det undre grundvattenmagasinet är mer svårbedömt då grundvattenförhållandena under Granholmstoppen är osäkra. Tillgängliga mätningar av grundvattennivåer, +12 till +13 vilket är marknära, visar dock på ett nordvästligt flöde, se Figur 9.3.



Figur 9.3 Detaljfigur över grundvattenförhållandena kring Hästa klack (se kartlegend längst bak i dokumentet)

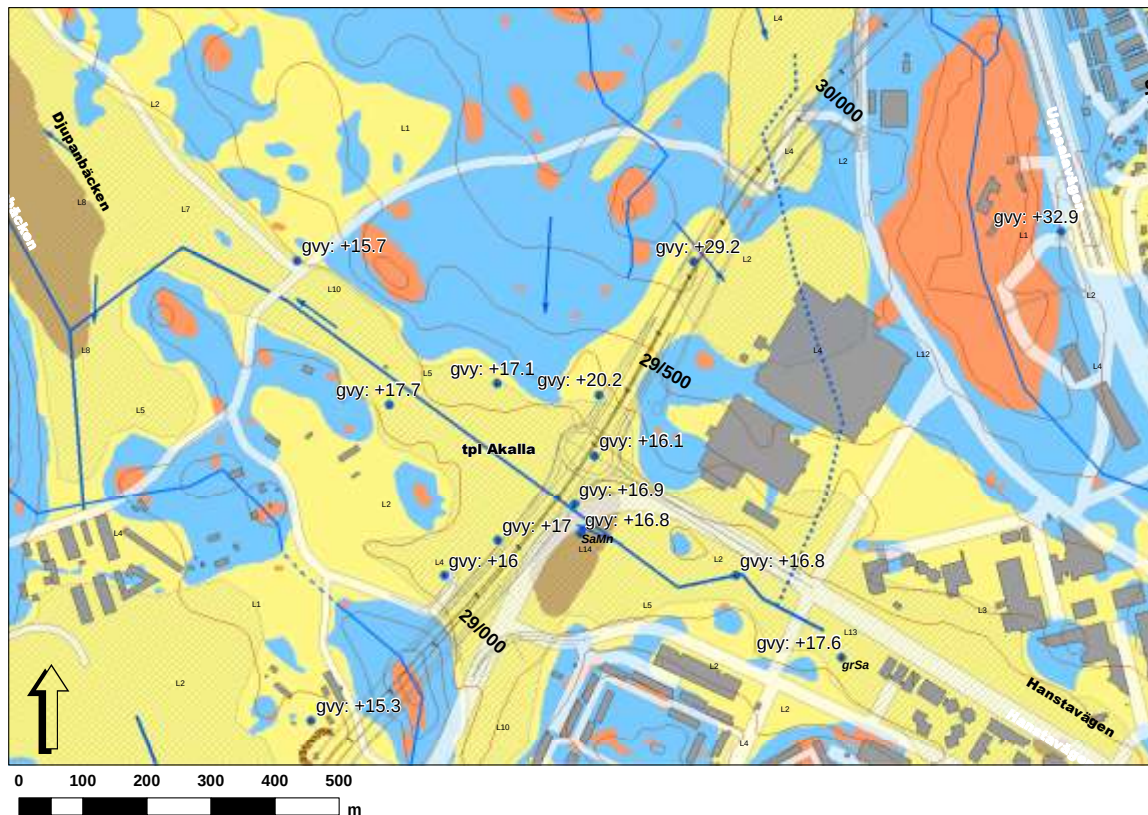
Vidare mot norr finns en bergshöjd, Hästa klack, med en mindre moränrygg som löper mot sydost och Granholmstoppen. Akallälänken passerar här genom en bergskärning och Förbifart Stockholm kommer dras i samma läge fast som en övertäckt betongtunnel. Akallälänken kommer därför att flyttas (åtminstone under byggskedet). Norr om moränryggen går väglinjen längs den västra gränsen av ett lerområde (Järva 7) som öppnar upp och fortsätter mot öster fram till Igelbäcken. Lermäktigheten är lokalt mindre (4-5 meter) än vad det stora öppna fältet skulle kunna tyda på. Grundvattnet strömmar här mot öster och grundvattennivån närmast planerad väglinje är ca +13. Tidigare mätningar visar på stora variationer med som mest ca 7 meters skillnad mellan högsta och lägsta uppmätta grundvattennivå. De låga grundvattennivåerna uppmättes under en period i mitten av 1970-talet, med stor sannolikhet i samband med anläggande av en befintlig bergtunnelanläggning. Årstidsvariationerna är fortsatt stora, 3 meter i grundvattenrör 5846C215 (det närmast liggande grundvattenröret). Detta visar på påverkade grundvattenförhållanden med oförändrade nivåer sett över året men med en lägre nivå sommartid än vad som skulle vara fallet utan dränering till befintlig anläggning.



Figur 9.4 Grundvattenförhållandena vid Igelbäcken (se utvickbarkartlegend längst bak i dokumentet)

Efter Igelbäckens dalgång öppnar sig landskapet mot norr med stora öppna lerjordtäckta ytor fram till Barkarby flygplats. Inte heller här är lermäktigheterna så stora som de öppna plana ytorna antyder. Uppgifter från byggnadsgeologiska kartan redovisar flera punkter med endast 2 till 5 meters lermäktighet, se Figur 9.4. Grundvattennivån i området där Förbifart Stockholm kommer att passera är från +10 till +12,5, det vill säga cirka 2,5 meters nivåvariation. Det är en mindre nivåvariation (amplitud) än i tidigare område men tyder även här på en viss påverkan av befintlig bergtunnel. Igelbäckens flöde är uppmätt vid Barkarby flygfält mellan september 2005 och juni 2006 [6]. Medelvattenflöde var 28 l/s och lågvattenflödet kring cirka 8 l/s (5 % -percentilen för uppmätta värden).

Längre norrut korsar vägtunnlarna en mindre moränhöjd som utgör västra delen av Akalla höjdområde där nuvarande väg, Akallälänken, går fram i en jordfylld svacka. Grundvattennivån vid Akallälänken ligger kring +19 till +20 medan nivån väster om bergpartiet ligger på ca +15 till +17, dvs. ett par meter lägre. I området passeras ytterligare en befintlig bergtunnel.

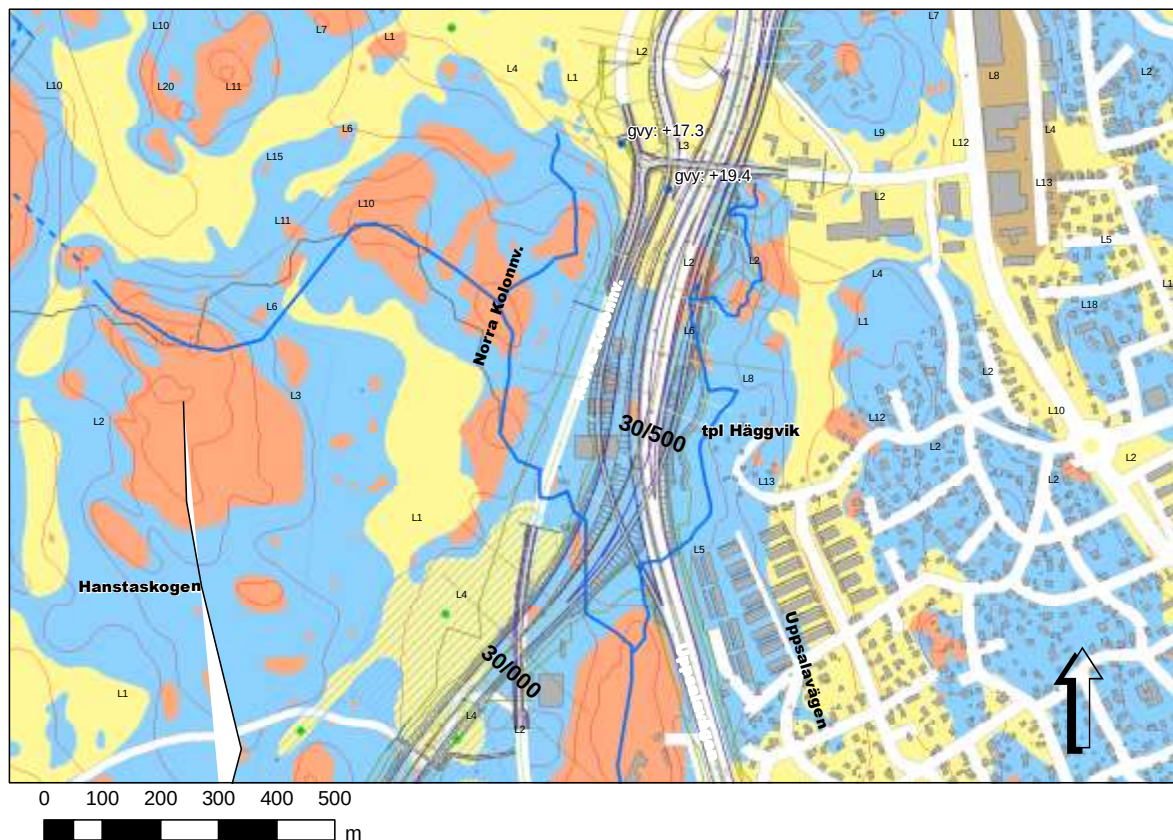


Figur 9.5 Grundvattenförhållandena vid Akalla trafikplats (se utvecklingskartlegend längst bak i dokumentet)

Bergnivån i dalgången där Hanstavägen och Järva motorbana ligger är som djupast längs den norra sidan av dalgången. Den undre friktionsjorden har vid provtagning visats vara sand, troligen utsvallad från Stockholmsåsen som löper genom Sollentuna. Grundvattenbildningen till området har minskat betydligt i och med att dagvatten inom Akalla, Husby och kontors- och industriområdet längs med Hanstavägen leds bort till Järva dagvattentunnel. Dock finns det fortfarande stora grundvattenbildningsområden inom Hanstaskogen vilka rinner till dalgången väster om motorbanan.

Längs dalgången finns ingen tydlig strömningsriktning, se grundvattennivåer i Figur 9.5 ovan. Förmodligen är det undre grundvattenmagasinet påverkat av dränering till dagvattentunneln. Det kan inte heller helt uteslutas att det finns ett grundvattenflöde från området mot sydväst och området vid Barkarby flygfält. En provpumpning av en brunn, borrhärad i trafikplatsens läge, med ca 2 l/s gav en tydlig påverkan i grundvattenrören längst bort mot nordväst och mot sydost i dalgången. Slutsatsen av provpumpningen är att den undre friktionsjorden är mycket vattengenomsläpplig vilket kan ge stort inläckage om inte spalten blir tät.

Ytvattendraget som rinner genom området kallas Stordiket och mynnar i Djupanbäcken som i sin tur rinner ut i Igelbäcken. Ett tillflöde kommer även från Hanstaskogen i norr genom ett anslutande dike strax väster om befintlig väg. Tidigare startade diket uppe i Hanstaskogen och passerade nuvarande industrifastighet med tryckerier, se figuren ovan där denna tidigare sträckning är markerad med streckad linje. Nuvarande områdesdränering, med bland annat bortledning av vägdagvatten från Akallalänken/Hanstavägen, har skurit av det tidigare nordvästliga flödet och dikesdelen öster om Akallalänken avleds idag till Järva dagvattentunnel. Väster om Akallalänken avrinner diket/bäcken som förut mot nordväst.



Figur 9.6 Grundvattenförhållandena vid Häggvik trafikplats (se utvecklingskartlegend längst bak i dokumentet)

Norr om dalgången fram till nuvarande E4 Uppsalaavägen (km 29/500 till 30/200) kommer Förbifart Stockholm att dras genom ett område som idag är ett utströmningsområde för delar av nederbörden som faller inom närliggande del av Hanstaskogen. Detta vatten avrinner i dag, som tidigare nämnts, i ett dike ned till Djupanbäcken. Grundvattennivåerna stiger från ca +21 direkt norr om trafikplatsen till ca +29 vid tryckeriet (km 29/700). I området nordväst om tryckeriet bedöms det finnas ett relativt stort sammanhängande undre grundvattenmagasin med nivåer som varierar mellan ca +30 och +32.

Där Förbifart Stockholm ansluter till befintliga vägar (km 30/500) och vidare norrut finns ett område med bedömt endast tunnare moränjordar mellan två mer eller mindre markerade höjdryggar på ömse sidor om dagens E4. Grundvattenströmningen går här mot norr och grundvattennivån har uppmätts till mellan +18 och +20 söder om Knistavägen, som går under E4, och mellan +16 till +17 väster om nuvarande trafikplats Häggvik. Här börjar ett ytvattendrag som rinner mot nordväst och sjön Ravalen.

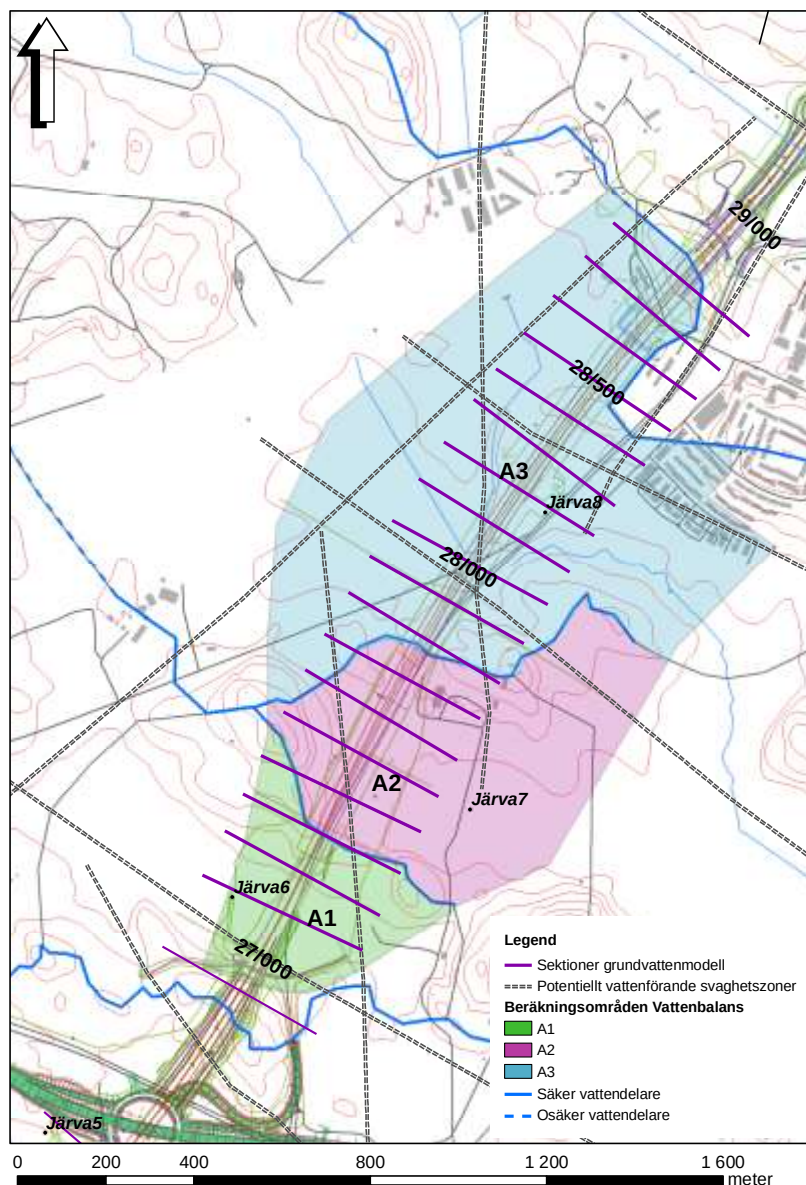
9.2 Bedömd omgivningspåverkan och förslag på skyddsåtgärder

Nedanstående redovisning av omgivningspåverkan beskriver förhållanden med vald fördelning av täthetsklasser längs sträckan men utan effekten av skyddsinfiltration eller annan vidtagen skyddsåtgärd. Undantag är sträckan förbi trafikplats Akalla där redovisat påverkansområde är med vidtagen skyddsinfiltration utanför spanten för betongtunnel och tråg.

Vägen går inledningsvis i tråg och betongtunnel från 27/230 fram till bergtunnelns början vid 27/720. Sträckan med tråg och framförallt betongtunnel är lång jämfört med andra delar av Förbifart Stockholm, trots att tråg och tunnel relativt snabbt når ned till bergytan. Men då bergnivån faller mot

norr dröjer det innan tillräcklig bergtäckning finns för att kunna bygga en bergtunnel. Större del av betongtunneln kommer alltså att helt ligga nedsänkt i berg och under driftskedet inte påverka grundvattenströmningen i jordlagren. Tunneldjupet är här ca 20 meter under markytan. Bergtunneln går sedan ned till som djupast ca 40 meter under markytan för att vid övergången till den norra betongtunneln vid trafikplats Akalla ligga på nivån ca 20 meter under mark (samtliga nivåuppgifter avser tunnelbotten).

I följande beskrivning av bedömd omgivningspåverkan har huvudtunneln under Järva delats in i mindre delområden för vilka vattenbalanser beräknats. Områdena visas i Figur 9.7 nedan. Figuren visar även läget för de grundvattenmodeller som utförts och för de svaghetszoner som bedömts kunna få betydelse för inläckage och påverkansområdets utbredning.



Figur 9.7 Vattenbalansområden, sektioner för tvärsnittsmodellering samt bedömda svaghetszoner som kan ha betydelse för grundvattenpåverkan

9.2.1 Områdespåverkan vid Hästa klack till Hästa gård, km 27/200 – 27/900

Området omfattar delen där Förbifart Stockholm övergår från vägbank till tråg och betongtunnel fram till början på bergtunneln som börjar vid km 27/720, dvs. vattenbalansberäkningsområdena A1 och A2. De delavrinningsområden för grundvattnet som berörs är Järva 6 och Järva 7. Bedömd omgivningspåverkan delas upp i byggskede och driftskede.

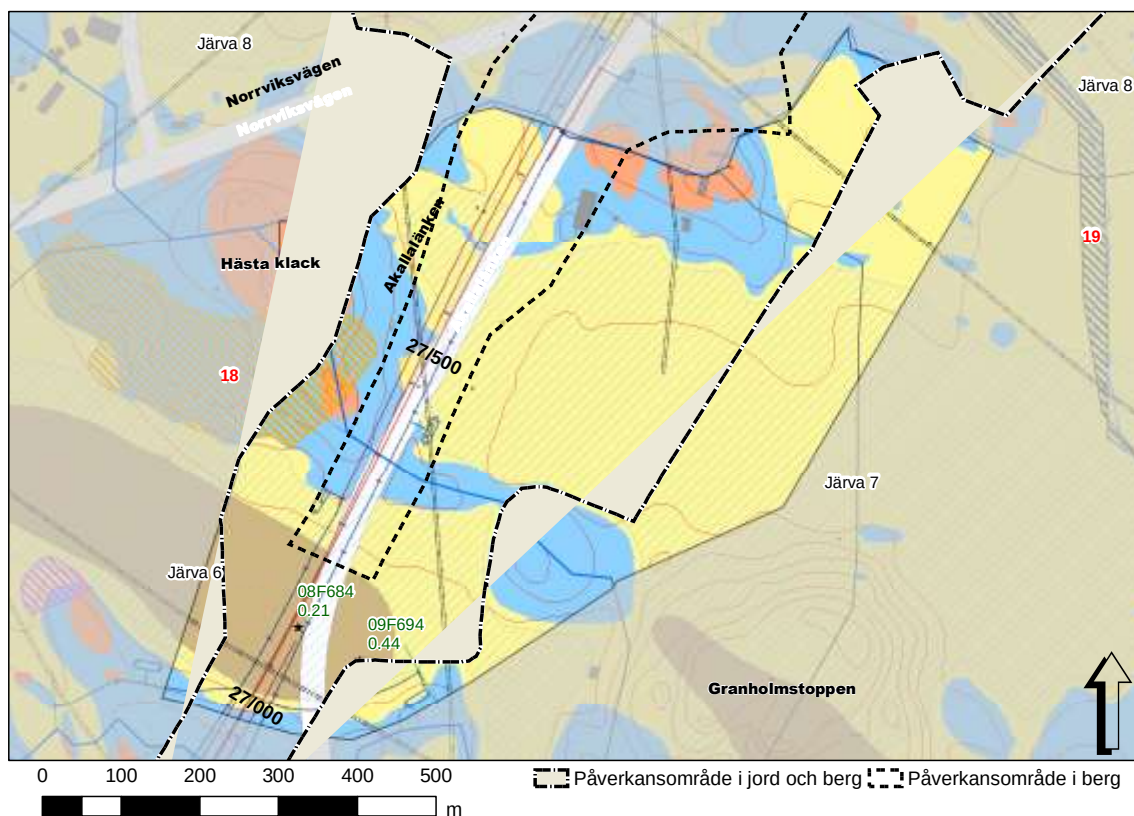
Vattenverksamheten utgörs av schakt i jord och i berg under grundvattenytan för tråg och betongtunnel och grundvattendränering till bergtunneln. Under byggskedet kan sponten kunna dämna ett grundvattenflöde från Hästa klack mot nordost i det undre friktionsjordlagret.

Tabell 9.2. Vattenverksamhet inom sträckan km 27/200 -27/900

Anl. nr	Anläggningsdel	Grundvattennivå/ längdmätning	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
54F	Betongtunnel inkl påslag o tråg för Förbifart Stockholm vid Hästa gård	ca +13,5 (både inom Järva 6 och Järva 7)	Dämning, Dräneringsnivå +12 ned till -7,5	Grundvattendränering delen av tråg och betongtunnel med tätad bergbotten
504 505	Huvudtunnlar	Km 27/720-27/900	Grundvattendränering, beräknat 20 l/min	Samma som byggskedet

Påverkansområdets bedömda utbredning för driftskedet redovisas i

Figur 9.8 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 9.8 Bedömd grundvattenpåverkan vid södra delen av huvudtunneln under Järva

Byggskede

Under byggskedet behövs relativt djupa schakt i jord och ned i berg för att bygga tråg och betongtunnel. Schakten görs innanför spont och även om det kommer att tätas mellan spont och bergyta och ner i berget kring bergschaktet kommer grundvattennivån att påverkas utanför arbetsområdet. För delavrinningsområde Järva 7 kommer även det spontade området längs med Hästa klacks sydöstra sida att skära av delar av grundvattenflödet från berg- och moränområdet där nederbördsvattnet infiltreras till grundvattenmagasinet under lerjorden. Markförorening har påträffats vid provtagning, se tidigare avsnitt 9.1.2 och kommer följas upp i samband med markarbetena.

För delområde Järva 6 bedöms grundvattenpåverkan bli måttlig under byggskedet. Sträckan fram till vattendelaren (km 27/400) som berörs av schaktarbeten är relativt kort, ca 150 meter, samtidigt som stora delar av grundvattenbildningen inom Hästa klack kommer delområdet tillgodo. Lerjorden har konstaterats vara sättningskänslig vid två provtagningspunkter, men en viss sättningsrörelse bedöms området klara då inga egentliga sättningsrelaterade skadeobjekt finns i området.

Nyckelbiotopen inom Hästa klack - med naturvärden som redovisas som senvuxen ek, döda stående och liggande träd - bedöms inte att påverkas alls av Förbifart Stockholms grundvattenpåverkan inom Järva 6 eller Järva 7.

För delområde Järva 7 bedöms grundvattenpåverkan ge upphov till sänkta grundvattennivåer öster om arbetsområdet beroende på den ovan nämnda avskärningen av grundvattenflödet och av inläckage till schaktet. Prov, som tagits av det undre grundvattenmagasinets jordlager, visar på en sandig lermorän som är en relativt tät jordart, varför inläckage till schakt och utbredningen av påverkansområde bedöms bli måttligt.

Området är, som beskrivits i avsnitt 9.1.4, redan påverkat av en befintlig undermarksanläggning som byggdes under 1970-talet. Idag märks detta genom en större nivåvariation över året än vad som normalt kan förväntas. Under åren 2008-2009 var nivåvariationen ca 3 meter i grundvattenrör 5646C215 som är beläget närmast den planerade vägtunneln. Under åren 1975- 1978 var variationen ca 5,5 meter. Därmed bedöms leran vara konsoliderad för en lägre grundvattennivå än dagens och bedöms klara en ytterligare avsänkning på upp till ca 1,5-2 meter utan att ytterligare sättningsrörelser uppkommer. Under byggskedet kommer det att finnas beredskap för skyddsinfiltration om behov uppkommer, dvs. om inläckaget vid spontfot (nedre del av spontan) och ytligt berg blir större än förväntat samtidigt som grundvattenpåverkan blir större.

Bedömt påverkansområde för byggskedet redovisas i

Figur 9.8 ovan.

Driftskede

Under driftskedet bedöms grundvattenpåverkan inom Järva 6 vara mycket begränsad. Större delen av Förbifart Stockholm inom delområdet byggs som tråg med betongbotten och konstruktionen kommer att vara tät. Den andel av inläckage som kan förekomma inom delavrinningsområdet bedöms ge en mycket begränsad påverkan på grundvattennivåerna. I samband med bergschakt för tråg och betongtunneln kan enn flödsväg för grundvattnet öppnas mellan Järva 6 och Järva 7. Grundvattennivåerna är dock i stort sett lika inom grundvattenmagasinet varför ingen förändring av grundvattenströmningen av betydelse bedöms uppkomma.

Inom Järva 7 kommer inte betongtunneln att dämna det undre grundvattenmagasinet i jord i någon större grad. Detta då större delen av sträckan med betongtunnel kommer gå helt nedsänkt i berg.

Inläckaget till betongtunneln (genom tätad bergbotten eller till dräneringsledningar invid betongkonstruktionen) kommer vara mindre än vad som skulle kunna läcka in till en bergtunnel i motsvarande läge. Påverkansområdet bedöms bli mindre i driftskedet än vad som redovisas i

Figur 9.8 ovan.

I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring betongtunnlar och schakt. Villkorsområdet gäller för både bygg- och driftskede. Villkorsområdet följer påverkansområdets gräns och inom området finns främst jordbruks- och naturmark.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 27/200 – 27/900

Inom påverkansområdet finns följande skadeobjekt identifierade:

Områden med sättningskänslig mark (risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm)

Sättningskänsliga ledningar är styva ledningar, dvs. vatten-, fjärrvärme-, fjärrkyla-, gas- samt självfallsledningar, t.ex. dag- och spillvattenledningar. Dessa (och övriga ledningar) redovisas i samlingskartor som å jourhålls av Stockholm Vatten inom Stockholms stad och av övriga kommuners byggnadskontor. Utöver stomnätet finns anslutande ledningar - servisledningar - inom enskilda fastigheter.

Området omfattas av verksamhetsområde för kommunalt vatten och avlopp, även Hästa gård. Sättningskänsliga ledningar kan därmed förutsättas finnas längs Akallavägen och fram till bebyggelsen.

Grundläggning

De kulturhistoriskt värdefulla byggnaderna vid Hästa gård bedöms ligga väl inom fastmarksområde.

Naturobjekt

Inom Hästa klack, väster om betongtunneln finns en nyckelbiotop, nr 18 i Figur 9.8 och i kartbilaga 2. Nyckelbiotopen utgörs av en naturskog vilken beskrivs närmare i miljökonsekvensbeskrivningen, MKB för vattenverksamhet.

Markavvattningsföretag

Enligt tillgängligt underlag från länsstyrelsen finns inga markavvattningsföretag registrerade inom delsträckan. Det är dock klart att diken förekommer för avvattning av jordbruksmark eller annan mark.

Övrigt

Stora delar av marken inom påverkansområdet består av jordbruksmark och beteshagar. Enligt uppgifter från Jordbruksverket (2008) odlas mestadels vall och havre. Inom Järfälla kommun anges fältet norr om nuvarande vägar, Akallälänken och Norrviksvägen, med okänt grödoslag. Relativt stora arealer anges också som betesmark: områden norr om Hästa gård och sydväst om Granholmstoppen, ner mot dagens trafikplats vid Hjulsta. Uppgifterna har inhämtats för orientering. De faktiska förhållandena med växelbruk etc. kommer att beaktas vid en eventuell reglering av påvisad skada.

Förslag på skyddsåtgärder, km 27/200 – 27/900

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Skyddsinfiltration

Projektering av anläggning för skyddsinfiltration till det undre grundvattenmagasinet i jord:

- Vid schakt för betongtunnel, ca km 27/500 – 27/700

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Installation av grundvattenrör i övre grundvattenmagasin inom jordbruksmark för kontroll av ev påverkan av grundvattennivåer inom jordbruksmark.

Övrigt

- Provtagning och kontroll av förorening i mark och i grundvattnet

9.2.2 Omgivningspåverkan Hästa gård till bergtunnelmynning vid Hägerstalund, km 27/900 – 28/990

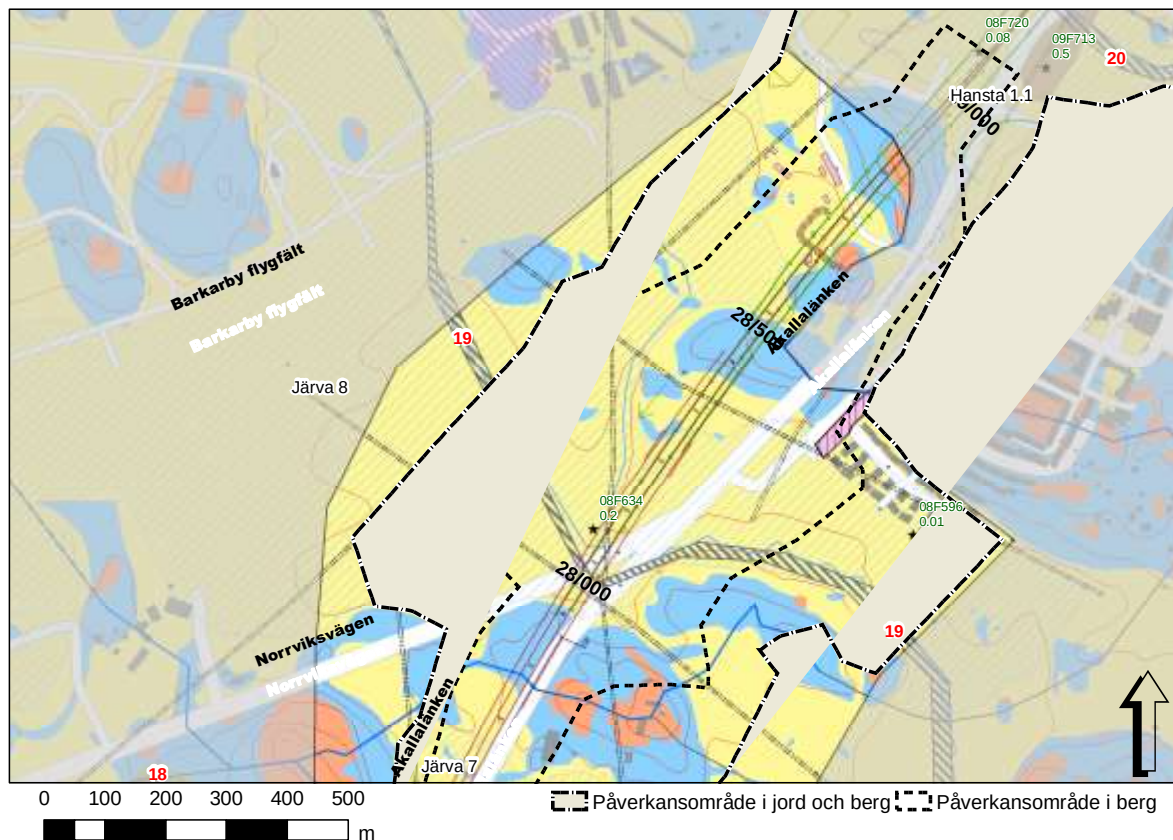
Området omfattar området kring Igelbäcken och Barkarby flygfält markerat i kartor som delavrinningsområde Järva 8. Det markerade området för det undre grundvattenmagasinet i bifogade kartor är mer översiktligt karterad vid dess gränser. Förmodligen har grundvattenmagasinet en större utbredning och kan vara avdelat i mindre delområden av bergtrösklar etc.

Vattenverksamheten inom delområdet består av grundvattendränering orsakat av inläckage till bergtunnlar.

Tabell 9.3 Vattenverksamhet inom sträckan km 27/900 -28/990

Anl. nr	Anläggningsdel	Längdmätning	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
601, 602 661	Huvudtunnlar Friskluftsintag eldriftsutrymme	Km 27/900- 28/990	Grundvattendränering beräknat 80 l/min	Samma som byggskede
691	Arbetstunnel Hägerstalund		12 l/min	Ingen påverkan

Påverkansområdets bedömda utbredning för driftskedet redovisas i Figur 9.9 nedan. I figuren redovisas både det sammanlagda området för påverkan i berg och i jord (punktstreckat) samt utbredningen i berg (streckat).



Figur 9.9 Bedömd grundvattenpåverkan vid Igelbäcken

Inom påverkansområdet finns radhusbebyggelsen vid södra Akalla. Jordbruksmark förekommer och Igelbäckens bäckfåra går genom området.

Grundvattenavsänkningen vid radhusbebyggelsen bedöms kunna uppgå till ca 0,5-0,3 meter vilket inte bedöms ge upphov till någon marksättning av betydelse, se provtagningspunkt 08F596 avsnitt 9.1.1. Inom området finns garagebyggnader med grundvattenberoende grundläggning men dessa bedöms alltså inte påverkas.

Enligt vattenbalansberäkningen kommer tunneln under Järva att dränera ca 50 procent av potentiell grundvattenbildning till berg eller det undre grundvattenmagasinet i jord. Den relativt höga andelen beror på att det är relativt små grundvattenbildningsområden för det undre grundvattenmagasinet och till berg. Andelen av den totala avrinningen beräknas till ca 30 procent.

En viss marksättning bedöms kunna uppkomma främst på västra sidan av Akallalänken (Norrviksvägen). Utifrån provtagningspunkt 08F634 (se avsnitt 9.1.2) bedöms en sättningsrörelse i vägtunnlarnas direkta närhet kunna uppgå till ca 0,2 meter som mest (ca 2 meters grundvattenavsänkning). En huvudvattenledning följer Akallalänken från nordost fram till ca km 28/400 för att sedan vika av mot Järfälla (Barkarby flygfält). Denna bedöms gå inom ett område med tunnare lerlager (ledningen följer de mindre moränområdena som syns i figuren ovan) och ingen marksättning av betydelse bedöms uppstå intill ledningen.

Dräneringen av det undre grundvattenmagasinet kommer inte att innebära någon dränering av Igelbäcken genom botten-sedimenten och lerlagret. En viss indirekt effekt skulle kunna uppkomma genom en minskad tillrinning från omgivande grundvattenbildningsområden. Tillrinningen av

grundvattenbildningsöverskottet inom berg- och moränområdena är dock betydligt mindre än den grundvattenbildning som sker inom lerområdena till det övre magasinet i torrskorpeleran. En något reducerad tillrinning från omgivande höjder innebär alltså inte någon markant skillnad för tillrinningen till Igelbäcken. Beräknad dränering i Tabell 9.3 ovan inom vattenbalansområde A3 uppgår till drygt 1 l/s men endast en mindre del sker i Igelbäckens direkta närhet, att jämföra med uppmätt lågvattenflöde som redovisades i avsnitt 9.1 ovan på 8 l/s. Sammanfattningsvis bedöms inte inläckaget till huvudtunneln under Järva påverka vattenföringen i Igelbäcken av någon betydelse.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 27/900 – 28/990

Inom påverkansområdet finns följande skadeobjekt identifierade:

Områden med sättningskänslig mark (risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm)

Sättningskänsliga ledningar är styva ledningar, dvs. vatten-, fjärrvärme-, fjärrkyla-, gas- samt självfallsledningar, t.ex. dag- och spillvattenledningar. Dessa (och övriga ledningar) redovisas i samlingskartor som å jourhålls av Stockholm Vatten inom Stockholms stad och av övriga kommuners byggnadskontor. Utöver stomnätet finns anslutande ledningar - servisledningar - inom enskilda fastigheter.

Hela området omfattas av verksamhetsområde för kommunalt vatten och avlopp, även Hästa gård och Hägerstalund. Sättningskänsliga ledningar kan därmed förutsättas finnas inom området med lös lera.

Grundläggning

Inom lermarksområdena har byggnaders grundläggning inventerats vid Akalla radhusområde. Flerfamiljshusen inom Akalla är grundlagda inom fastmarksområden. Inom kvarteret Torneå har garagelängorna längs med infartsvägen grundvattenberoende grundläggning. De byggnader som avses inom den stora fastigheten Akalla 4:1 är kring golfbanan väster om Akallalänken.

Tabell 9.4 Kvarter med byggnader som har okänd eller grundvattenberoende grundläggning

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Delar av Akalla 4:1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 8
Torneå	Hus grundlagt på platta på lermark	Järva 8

De kulturhistoriskt värdefulla byggnaderna vid Hästa gård bedöms ligga väl inom fastmarksområde och likaså vid Hägerstalund.

Naturobjekt

Igelbäcken, objekt nr 19 i Figur 9.9 och i kartbilaga 2, går genom påverkansområdet och har höga naturvärden.

Markavvattningsföretag

Enligt tillgängligt underlag från länsstyrelsen finns inga markavvattningsföretag registrerade inom delsträckan. Det är dock klart att avvattning av jordbruksmark eller annan mark förekommer. Delar av Järvafältet avvattnas till Igelbäcken.

Övrigt

Stora delar av marken inom påverkansområdet består av jordbruksmark och beteshagar. Enligt uppgifter från Jordbruksverket, gällande 2008, odlas mestadels vall inom delområdet. Inom Järfälla kommun anges fältet norr om nuvarande vägar, Akallalänken och Norrviksvägen, med okänt grödoslag. Området norr om Hästa gård anges som betesmark. Uppgifterna har inhämtats för orientering. De faktiska förhållandena med växelbruk etc. kommer att beaktas vid en eventuell reglering av påvisad skada.

Förslag på skyddsåtgärder, km 27/900 – 28/990

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Tätning

Utökad tätning, täthetsklass II, inom delsträcka:

- Km 28/100 – 28/600 (passagen under Igelbäcken)

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Fördjupad inventering av byggnader med okänd grundläggning
- Installation av grundvattenrör i övre grundvattenmagasin inom jordbruksmark samt eventuell komplettering av grundvattenrör i undre grundvattenmagasin för kontroll av eventuell påverkan av grundvattennivåer inom jordbruksmark.
- Kontroll av flöde i Igelbäcken uppströms och nedströms passage av huvudtunneln under Järva

9.2.3 Områdespåverkan vid Akalla trafikplats km 28/990 – 30/000

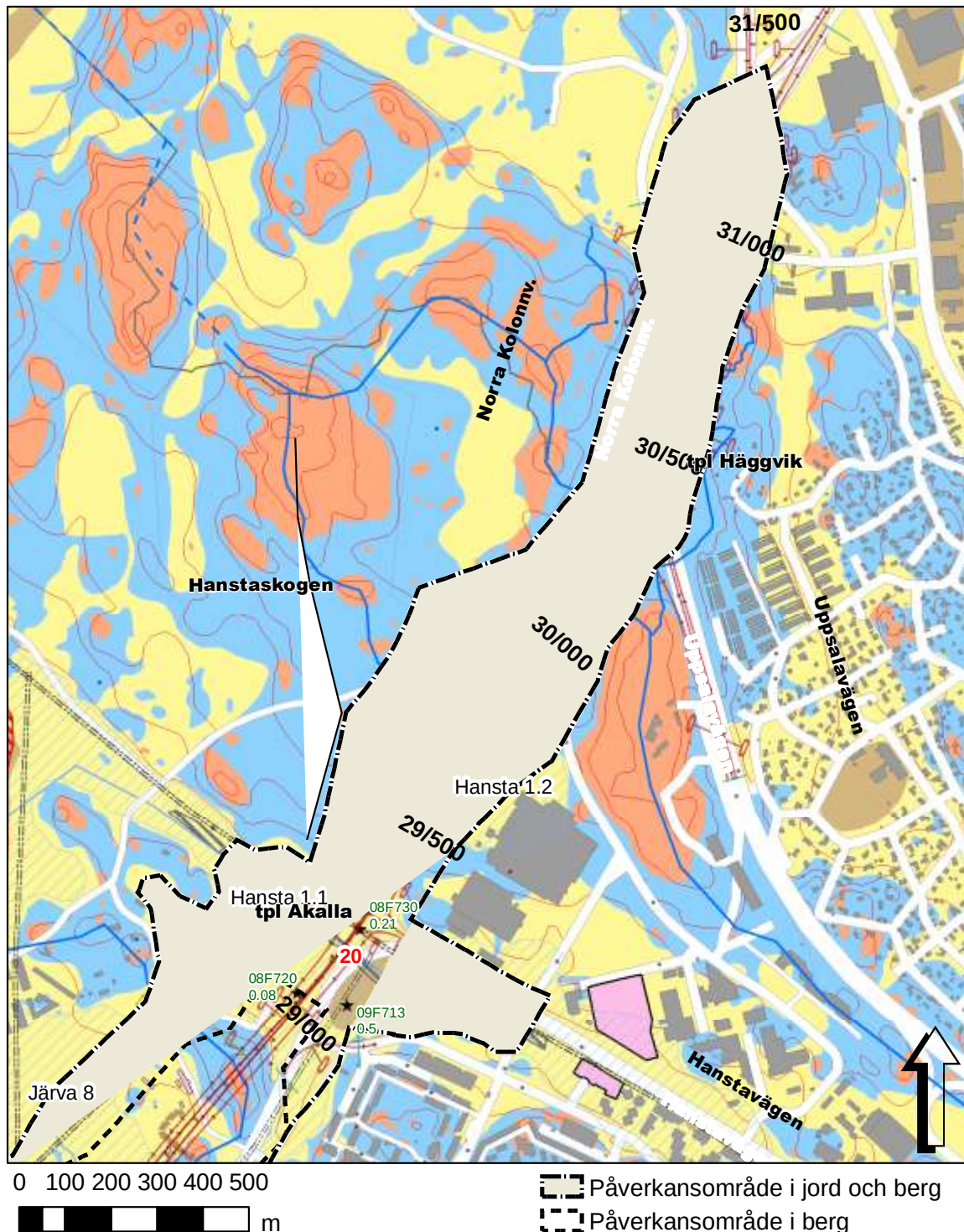
Området omfattar området för trafikplats Akalla med tråg rampvägar och jord- och bergskärning. Inom påverkansområdet finns bebyggelsen vid Hägerstalund, kontor- och industriebebyggelsen vid Hanstavägen och motorbanan. Påverkansområdet omfattar även delar av Hansta naturreservat och i närheten finns Natura 2000 området inom Hanstareservatet.

Vattenverksamheten omfattar schakt under grundvattenytan för betongtunnel och tråg samt dämning av grundvattenmagasin i jord. Delar av sträckan innebär jord- och bergskärning vilket kan påverka grundvattnet. Vattenverksamhet är även påverkan på ytvattendraget, Stordiket, genom avskärning spont och senare tråg.

Tabell 9.5 Vattenverksamhet inom sträckan km 28/990 – 30/000

Anl. nr	Anläggningsdel	Grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
641	Betongtunnel inkl. påslag och tråg för Förbifart Stockholm samt broar över vägen	ca + 17	Dräneringsnivå -3,5 till + 8,5, Dämning av grundvattenmagasin	Grundvattendränning, delar med tätad bergbotten, Dämning av grundvattenmagasin
	Stödmur 29/430-29/510	ca + 22	+11,5 - +13,5	Samma som byggskedet
	Stordiket		Avdelning av ytvattendrag	Samma som byggskedet

Påverkansområdets bedömda utbredning visas i *Figur 9.10* nedan. Redovisat påverkansområde är med skyddsinfiltration under byggskedet och eventuellt under driftskedet (se vidare nedan).



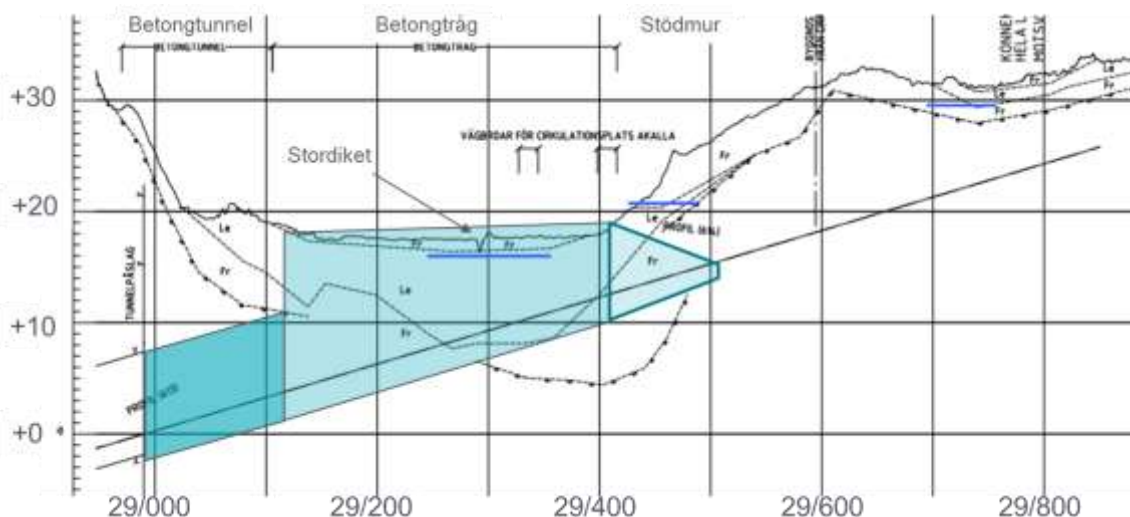
Figur 9.10 Bedömd grundvattenpåverkan vid trafikplats Akalla

Huvudtunnelns bergtunnel övergår till en betongtunnel där bergtäckningen ovan tunnlarna blir för liten inom den mindre berg- och moränhöjden vid Hägerstalund. Betongtunneln blir ca 150 meter lång och övergår sedan i ett tråg fram till att bergnivån åter stiger på den nordöstra sidan om dalgången vid

Hanstavägen och motorbanan. Anledningen till att betongtunneln inte fortsätter längre är att anslutande rampvägar fram till trafikplats Akalla stiger snabbare uppåt än huvudvägens vägprofil som visas i figuren nedan.

Från trafikplatsen fortsätter vägen i en skärning som inledningsvis byggs med stödmur men mestadels byggs med bergskärning och jordslänt. Skärningen blir upp till 10 -15 meter som mest.

Generella grundvattennivåer i jordlagren redovisas schematiskt med blå streck i figuren nedan. I dalgången ligger grundvattennivån kring +16,5 för att stiga upp till ca +21 där skärningen utförs med stödmur och ca +29 - +30,5 längre åt nordost.



Figur 9.11 Schematisk längdprofil över betongtunnel och tråg vid Akalla trafikplats.

Byggskede

Under byggskedet kommer schakt i jord och i berg att ske tvärs över dalgången innanför spont mellan km 28/990 fram till ca 29/420. Sponten kommer att skära av det undre grundvattenmagasinet i friktionsjorden och ytvattendraget, Stordiket. För att kunna bygga i torrhet behöver grundvattnet innanför eller direkt utanför spont sänkas upp till som mest ca 20 meter. Tätspont kommer att installeras och tätas mot berg och bergschaktets sidor och botten kommer att tätas.

Då det undre friktionsjordlagret har hög vattengenomsläpplighet och stor utbredning kan en påverkan nå långt ut från trafikplatsen om behov finns att bortleda grundvatten utanför sponten. Effekten av en grundvattenbortledning bedöms bli att marksättningar skulle kunna uppkomma inom kontors- och industriområdet samt att påverkan skulle nå fram till området i dalgången nedanför Natura 2000-området inom Hanstareservatet. Om även påverkansområdet skulle kunna nå in till Natura 2000-området är inte klarlagt men kan inte helt uteslutas. Trafikverket kommer att projektera för skyddsinfiltration under byggtiden och utförd propumpning visar att effektiva infiltrationsbrunnar kan byggas i området. Någon påverkan på Natura 2000-området kommer därför inte att uppkomma. Trafikverket föreslår vidare villkorsområde som säkerställer att skyddsinfiltrationen får önskad effekt, se vidare avsnitt 11.

Lerjorden (och organisk jord) intill trafikplatsen är sättningsbenägen men ingen grundvattenberoende byggnad eller anläggning finns inom området för grundvattenpåverkan. En huvudvattenledning passerar området, men den kommer att läggas om varför ingen påverkan uppkommer.

Påverkan på Stordiket och naturvärden kopplade till denna redovisas under driftskedet nedan.

Påverkan kring bergskärningen redovisas även det under driftskedet nedan.

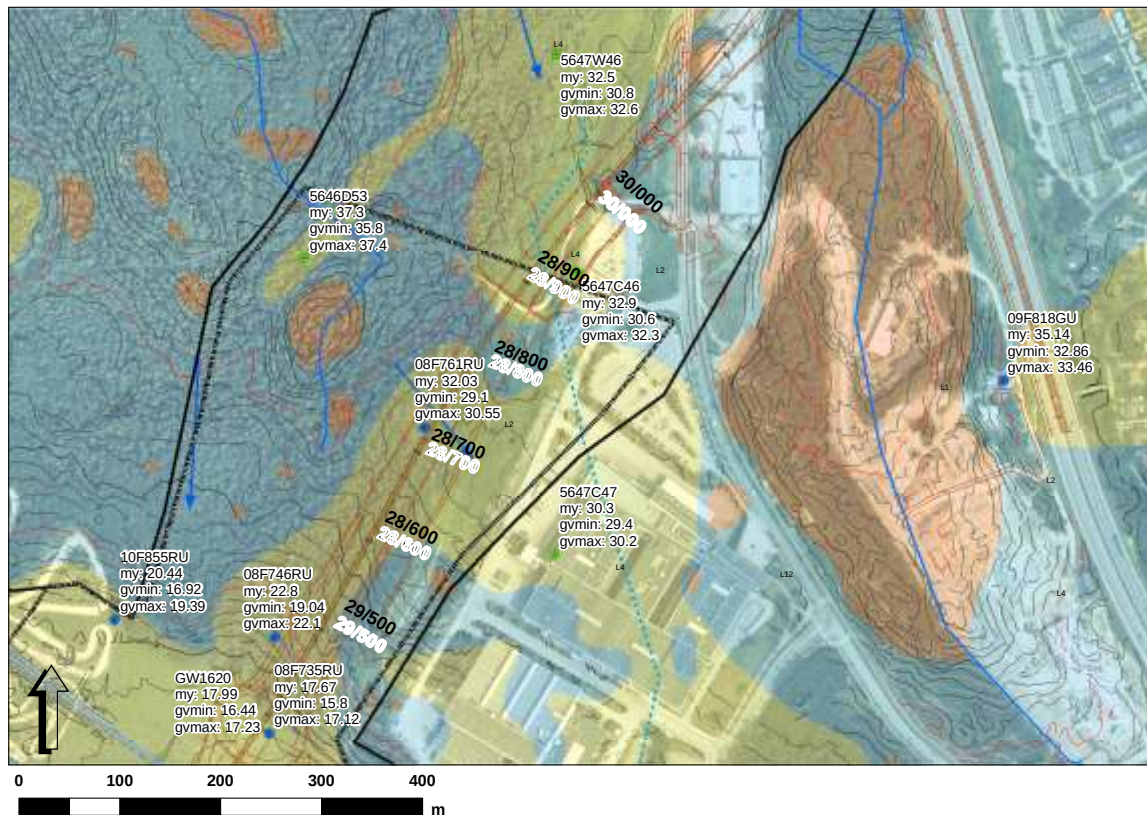
Driftskedet

Tråget kommer mestadels att vara nedschaktat i berg men för en viss sträcka vid trafikplatsen bedöms botten ligga uppe i jordlagren och där byggs tråget med tät betongbotten och förankring med pålar i berg för att förhindra upplyftning på grund av vattentrycket. Grundvattenpåverkan blir ett visst inläckage genom den tätade bergbotten för betongtunnel och tråg men samtidigt kommer tråget att innebära en viss dämning av det undre grundvattenmagasinet. Det undre friktionsjordlagret har hög vattengenomsläpplighet men uppmätta grundvattennivåer visar inte på något större grundvattenflöde under nuvarande förhållanden. Ovanför betongtunneln kan ett grundvattenflöde i jord förekomma. För att motverka dämningseffekter kommer Trafikverket att i byggprojekteringen säkerställa kontakt mellan det undre grundvattenmagasinets delar genom undersprängning och/eller återfyllning med genomsläppliga massor etc. för de delar där tråget byggs med betongbotten.

Som redovisats tidigare medför dagens bortledning av vägdagvatten och anslutningen till Järva dagvattentunnel att den del av Stordiket som är belägen på Akallälänkens östra sida avrinner till dagvattensystemet. En lokal vattendelare i ytvattendraget finns alltså i området mellan vägen och motorbanan (i Akallälänkens närhet). När Förbifart Stockholm byggs kommer denna del av bäcken att skäras av men det innebär alltså inte någon förändring från dagens situation. Ett anslutande dike från norr (ligger inom kraftledningsgatan) kommer att tas bort men ersätts av ett dike norr om trafikplats Akalla längs med berg-/moränskärningen på vägens västra sida. Tillrinningen från norr kommer därmed snarare att öka jämfört med dagens förhållande. Sammantaget bedöms inte vattenföringen i Djupanbäcken minska.

Det finns uppgifter om salamander lever i Stordiket i mindre dammar eller utvidgningar av diket. Läget för detta eller dessa salamanderbestånd är inte klart avgränsade men vissa uppgifter talar för att de ligger inom området för motorbanan. Det är möjligt att salamandrar kan finnas i diket mellan planerad väg och motorbanan men, som redovisats tidigare, bedöms vattenföringen inte minska och därmed blir påverkan liten oavsett läge för dammarna.

Norr om trafikplats Akalla kommer vägen att gå i en djup jord- och bergskärning invid den höjdrygg som utgör Hanstaskogens sydöstra gräns.



Figur 9.12 Mark och grundvattenförhållanden norr om Akalla trafikplats

Större delen av schaktet bedöms vara i berg och schaktdjup under markytan kommer bli enligt nedan:

Längdmätning	Schaktdjup under markytan
29/500	ca 10 meter
29/600	ca 12 meter
29/700	ca 10 meter
29/800	ca 8 meter
29/900	ca 5 meter
30/000	ca 5 meter

Grundvattennivån i jord närmast skärningen sänks av som mest ca 2-3 meter ned till bergöverytan. Jordlagren inom Hanstaskogen bedöms ha växlande mäktighet och jordartskartan visar på berg vid markytan, vilket bedöms begränsa påverkansområdets utbredning i jord. Tillrinnande vatten avleds i ett dike som kommer dras ovanför skärningens slänt och diket kommer leda vattnet ned till Stordiket.

Mellan km 29/800 och 30/000 passerar vägen en mindre svacka med jordlagermäktigheter upp till ett par meter. Här förekommer ett mindre grundvattenflöde i jord från ett lokalt utströmningsområde inom Hanstaskogen, se Figur 9.10 ovan. Grundvattnet är här marknära med nivån ca +30 till +32. Flödet är sydligt under tryckeriet och vidare mot Hanstavägen.

Det finns ingen grundvattenberoende grundläggning inom området nedströms som kan påverkas.

I kartbilaga 1 och 2 redovisas föreslaget villkorsområde kring betongtunnel, tråg och schakt. Villkorsområdet gäller för både bygg- och driftskede. Vid Akalla trafikplats är villkorsområdet valt för att säkerställa att påverkan inte når ut förbi området med motorbanan i nordväst och fram till

bebyggelsen intill Hanstavägen mot sydost. Det är sannolikt att skyddsinfiltration krävs åtminstone under byggskedet.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 28/990 – 30/000

Inom påverkansområdet finns följande skadeobjekt identifierade, för läge se kartbilaga 2.

Områden med sättningskänslig mark (risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm)

Sättningskänsliga ledningar är styva ledningar, dvs. vatten-, fjärrvärme-, fjärrkyla-, gas- samt självfallsledningar.

En huvudvattenledning från Sollentuna och vidare mot Järfälla passerar området. En delsträcka måste läggas om vid trafikplats Akalla. I övrigt finns ledningar för vägdagvatten från Akallalänken och från industriområdet kring Hanstavägen.

Grundläggning

Inom lermarksområden har byggnaders grundläggning inventerats inom kontors- och industriområdet intill Hanstavägen. Flerfamiljshusen inom Akalla är grundlagda inom fastmarksområden. Akallalänken är delvis grundlagd med pålplatta, dvs. vägen har byggts på en betongplatta som i sin tur är grundlagd med pålar till berg eller fast botten.

Tabell 9.6 Kvarter med byggnader som har okänd eller grundvattenberoende grundläggning

Kvarter/Fastighet	Grundläggning	Delområde/ grundvattenmagasin
Delar av Karis	Inventerat - okänd grundläggning	Hansta 1.1
Delar av Malax	Inventerat - okänd grundläggning	Hansta 1.1
Delar av Akalla 4:1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Järva 8
Delar av Akalla 5:3	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hansta 1
Delar av Häggvik 2:1	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hansta
Häggvik 2:13	Ej inventerat - okänd grundläggning	Hansta

Enligt uppgift är kraftledningen som passerar området grundlagd på träpålar och är därmed känslig för en grundvattensänkning i det övre grundvattenmagasinet ovan lerjordlgret.

Brunnar

I SGU:s brunnregister finns bara uppgift om en brunn inom delområdet. Brunnen är angiven som borrarad inom fastigheten Akalla 4:1 (en allmän fastighet för kommunal mark). Brunnens lägesangivelse i brunnregistret anger dock en placering inom fastighet Vanda 3:1 inom parkeringsytan norr om tryckeriet varför brunnens läge måste anses vara osäker.

Naturobjekt

Stordiket som är en del av Djupanbäcken och Igelbäcken har betydelse för vattenföringen nedströms. I diket finns uppgifter om vattensalamander vilket gör det skyddsvärt. Avskärningen bedöms inte ha någon betydelse för vattenföringen i Stordiket. Dikesdelen väster om vägen kommer få ett ökat flöde genom det dike som kommer löpa längs med vägens västra sida längs med Hanstaskogen. Detta dike kommer att återföra det tillrinningsområde inom Hanstaskogen som idag leds till dagvattenledningar i industriområdet.

Utanför påverkansområdet finns ett Natura 2000-område. Det kommer inte att påverkas då påverkansområdets gräns föreslås vara ett villkorsområde för vilket skyddsinfiltration sätts in om grundvattenpåverkan riskerar att överskrida villkorsområdets gränser.

Förslag på skyddsåtgärder, km 28/990 – 30/000

Följande skyddsåtgärder är eller kan vara aktuella inom delsträckan.

Skyddsinfiltration

Utförande av anläggning för skyddsinfiltration till det undre grundvattenmagasinet i jord:

- Vid trafikplats Akalla, ca km 29/300, på båda sidor om spont

Åtgärder vid grundvattenberoende objekt

- Fördjupad inventering av förekomst av salamander i Stordiket
- Fördjupad inventering av byggnader med okänd grundläggning
- Utredning av kraftledningsgrundläggning (pålavskärningsnivå)

9.2.4 Häggvik trafikplats, km 30/000 – 32/850

Området omfattar den avslutande delen av Förbifart Stockholm där den ansluter till nuvarande E4 Uppsalaavägen och till Norrortsleden vid Häggvik. Sträckan börjar ungefär där Norra Kolonnvägen kommer dras över vägen på en ny bro, se Figur 9.10 i avsnittet ovan. Sträckan innebär en del schakt för brostöd, stödmurar och en betongtunnel för passage under E4an samt bergskärning.

Större delen av sträckan går inom område med tunt moränjordlager som är starkt påverkat av dagens E4 med hårdgjorda ytor och avledning av vägdrägningsvatten varför ett sammanhängande grundvattenmagasin i jord inte bedöms förekomma. Först efter ca km 30/800, vid nuvarande trafikplats i Häggvik, förekommer mäktigare jordlager med ett undre grundvattenmagasin.

Vattenverksamhet bedöms vara schakt för betongtunnel under befintlig E4, bergskärning för rampvägen som ansluter till Norrortsleden (vägen längst mot öster) samt nyanläggning av Knistavägen under E4 (km 31/050) och schakt för brostöd för broar över Knistavägen.

Tabell 9.7 Vattenverksamhet inom sträckan km30/000 – 32/850

Anl. nr	Anläggningsdel	Nuvarande grundvattennivå	Påverkan byggskede	Påverkan driftskede
64B	Betongtunnlar, stödmur för väg E4 i tpl Häggvik		Dräneringsnivå: +24	Schakt, inläckage färdig konstr.
615	Avfartsramp från E4 N mot 61b		Dräneringsnivå: +26	Schakt, skärning
636 64F, 64G	Knistavägen under E4, Brostöd för bro E4 över Knistavägen	ca +17 -+19	Dräneringsnivå: ca +16	Samma som byggskedet

Efter km 30/000 kommer vägen främst att gå i ytläge. Vissa delar kräver mindre schakt under grundvattenytan; det kan gälla brostöd, betongtunnlar för rampanslutningar under vägarna in mot Stockholm etc. Vid ca km 30/300 passeras en lokal vattendelare och därefter går vägen mellan två mer

eller mindre markerade höjdryggar, en inom Hanstaskogen och en i Töjnan. Här är grundvattnet redan starkt påverkat av befintliga vägar och den grundvattenbildning som förekommer avrinner mot norr under vägarna till området för befintlig trafikplats för anslutning mellan E4 och Norrortsleden. De schakt och arbeten som kommer att utföras under grundvattennivån är så pass ytliga att påverkansområdet inte kommer att nå förbi de avgränsande höjdryggarna mot Hanstaskogen och Töjnan.

Nuvarande bro där E4 passerar Knistavägen kommer att byggas om. Knistavägen kommer att sänkas ca 2,5 meter under E4 och vägdräneringen kommer sannolikt att innebära en viss dränering av grundvattennivån söder om vägen (dvs. under dagens E4). Påverkan bedöms inte nå ut utanför dagens rampvägar och innebär ingen nämnvärd omgivningspåverkan.

Markförorening har påträffats vid Norra Kolonnvägen och i området för E4/E20, se tidigare avsnitt 9.1.2.

Skadeobjekt inom påverkansområdet, km 30/000 – 32/850

Områden med sättningskänslig mark (risk för påverkan på ledningar, hårdgjorda ytor mm)

Påverkansområdet omfattar främst vägområdet kring dagens E4. Eftersom vägområdet utökas, när antalet vägar och körfält ökar då Förbifart Stockholm ansluter till vägnätet, kommer befintliga ledningar att flyttas och vid behov grundläggas på ett grundvattenoberoende vis. Därmed bedöms inga ledningar vara skadeobjekt avseende grundvattenpåverkan.

Grundläggning

Sträckan går mestadels inom områden utan lös lera. Vid Häggvik finns ett par byggnader inom Häggvik 2:13 vara belägna inom område med förmodad lös lera och därmed utgöra skadeobjekt.

Naturobjekt

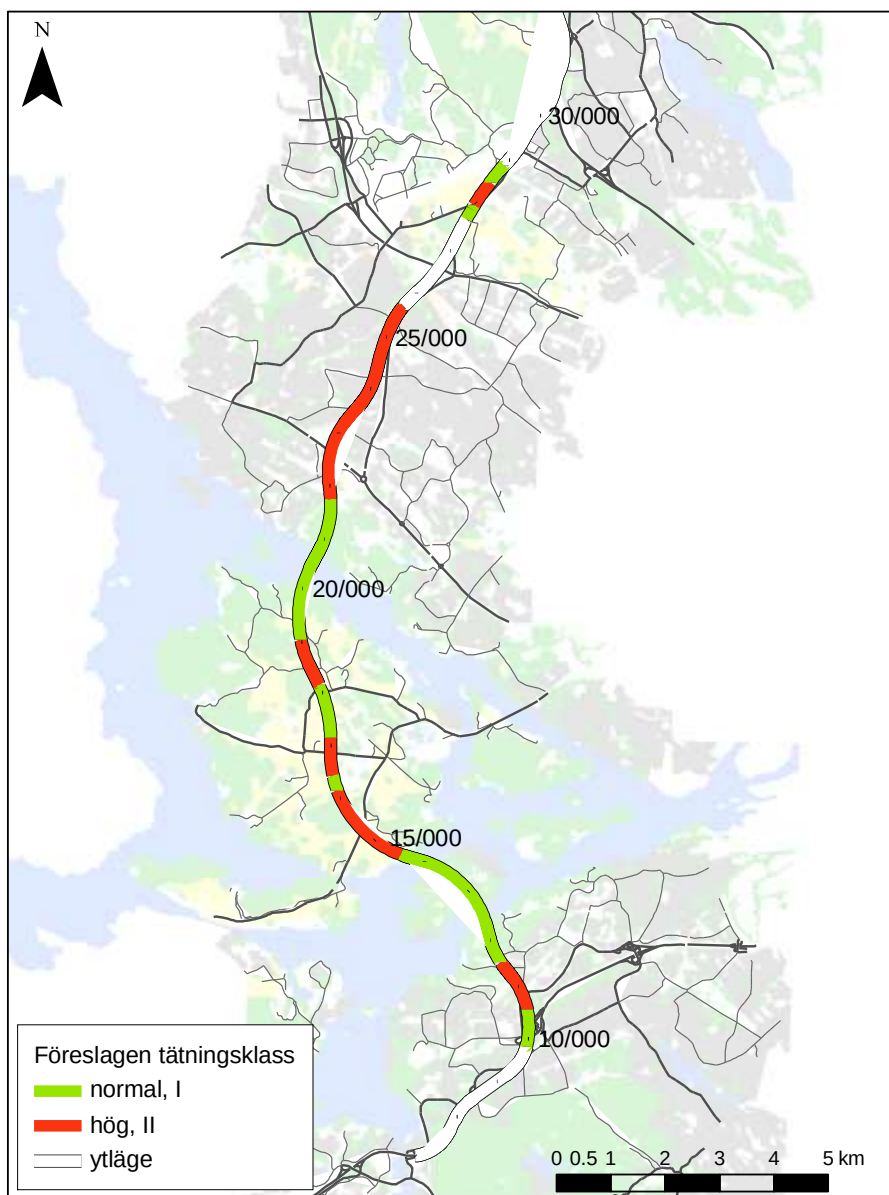
Påverkansområdet bedöms inte nå ut till Hansta naturreservat.

Förslag på skyddsåtgärder, km 30/000 – 32/850

Inga speciella skyddsåtgärder utöver kontroll bedöms vara nödvändiga.

10 Sammanställning av skyddsåtgärder längs Förbifart Stockholm

Fördelningen av vald täthetsklass längs med tunnelsträckan redovisas i Figur 10.1 nedan. Det är för denna fördelning som effekten av grundvattenpåverkan har bedömts i tidigare avsnitt. För vissa sträckor finns angivet att ytterligare tätning kan komma att behövas, alternativt permanent skyddsinfiltration. Om och när sådan ytterligare tätning sätts in bestäms under byggskedet och kommer att beaktas i fortsatt projektering.



Figur 10.1 Fördelning av täthetsklasser längs sträckan

Tätning med hög injekteringsklass är det huvudsakliga åtgärden för att minimera påverkan orsakad av Förbifart Stockholms anläggningsdelar

Ytterligare tätning

Tätning av bergtunnlar betyder inte bara val av tätningsmedel utan i stor grad även hur tätningsförfarandet utförs, antal borrhål, antal injekteringsomgångar etc. Tätning med alternativa injekteringsmedel omfattar tätning med fintättningsmedel utöver cementbaserat injekteringsmedel. Det som främst avser är tätning med silikatbaserade tätningsmedel, dvs medel som baseras på kisel. Fintättningsmedel tätar sprickor med mindre sprickvidd där cementbaserat tätningsmedel inte kan tränga in. Fintättningsmedel kan inte ensamt täta zoner med större öppna vattenförande sprickor. Användningen av fintättningsmedel för en viss tunnelsträcka styrs därför delvis av bergets egenskaper för den specifika sträckan.

De tidigare redovisade täthetsklasserna I och II innebär både ett täthetskrav, dvs ett mål för hur tät den injekterade zonen ska vara ($K_{inj} = 1 \times 10^{-8}$ resp 3×10^{-9} m/s) och ett injekteringsförfarande där täthetsklass I innebär förundersökning och selektiv injektering och klass II innebär kontinuerlig förinjektering i en eller flera omgångar. Viktigt att notera är att uppställda täthetsmål gäller för sträckor av en viss tunnellängd, mellan olika tätskärmar eller kortare delsträckor kan uppnådd täthet variera inom ett visst intervall.

Ytterligare tätning med alternativa tätningsmedel kan behövas där tätning med enbart cementbaserat tätningsmedel inte klarar att täta ned till uppställda mål för en viss specifik sträcka där en grundvattenpåverkan kan ge stora konsekvenser. Det kan även gälla delsträckor med stora skyddsvärden där en avvikelse från prognosticerad grundvattenpåverkan inte får förekomma, exempelvis där stora sättningssrörelser kan uppkomma.

Översiktligt hanteras frågan om ytterligare tätning genom att kontinuerlig kontroll görs av utförd tätskärms täthet, antingen genom kontrollmätning av vattenförlust i borrhål eller genom att noga notera förändringen i mängden inläckande grundvatten.

Ytterligare tätning kan även vara aktuellt om grundvattenmätningarna inom kontrollprogrammet visar på en större påverkan än vad som prognostiserats. Kontrollen av omgivningspåverkan blir då underlag för beslut om förändrad tätning vid tunnelfronten och eventuellt som efterinjektering av redan utsprängd tunnel.

Då tunnelframdriften inom en delsträcka inte nödvändigtvis sker med parallell framdrift i bägge tunnelrören eller samtidigt i ramptunnlar kommer inläckagevillkoren att brytas ned till en vattenbudget per delsträcka och eller per tunnelrör inom en viss delsträcka.

I den områdesvisa redovisningen av påverkan har sträckor identifierats där ytterligare tätning kan behövas.

Sträcka	Område
km 10/900 – 11/200	Sätra, Gillsätraområdet
km 11/500 – 11/700	Sätra, Alsätraområdet
Km 18/500 – 19/000	Centrala Lovö, Hogsta, Sofiero
km 22/300-23/800	Vinstaområdet

Skyddsinfiltration

Skyddsinfiltration är en åtgärd som kan innebära olika nivåer av skydd/riskreducering.

- Finns ett stort skyddsbehov eller är behovet av infiltration uppenbart byggs en färdig anläggning som driftsätts före byggstart.
- Är behovet mer osäkert eller är skyddsbehovet mindre utreds en skyddsinfiltration genom anläggningen projekteras före byggstart.

En färdig infiltrationsanläggning är aktuellt om stora värden riskeras eller om det bedöms att grundvattendräneringen kan komma att bli större än vad det aktuella grundvattenmagasinet klarar utifrån grundvattenbildning etc. Med större dränering än vad ett grundvattenmagasin klarar menas att inom redovisat område för vattenbalansberäkningar finns mindre grundvattenmagasin där påverkan med stor sannolikhet kan bli större än vad grundvattenbildningen och tillrinningen medger.

För en endast förprojekterad infiltrationsanläggning uppkommer en viss uppstartstid innan anläggningen kan tas i drift. För sättningsrelaterade skador innebär detta ingen ökad risk för skada då marksättning har ett långsamt förlopp. Denna skyddsnivå gäller där konsekvensen av en grundvattendränering är mindre, eller där bedömd säkerhetsmarginal utifrån vattenbalanserna är större. Det kan även gälla exempelvis där utfallet av tätspont eller tätinjektering av berg vid schakt eller tunnelanläggning förväntas vara en tillräcklig åtgärd men där viss förberedelse för skyddsinfiltration ändå utförs för att ytterligare minska risk för skada.

I tabellen nedan listas identifierat behov av skyddsinfiltration.

Tabell 10.1 Identifierat behov av skyddsinfiltration

Sträcka	Syfte, åtgärdsnivå
Km 9/800 – 10/000	Installation av temporär skyddsinfiltration i jordlagren invid schakt för betongtunnel
Anslutning till E20 mot Stockholm	Installation av temporär anläggning invid schakt för betongtunnel och tråg för norrgående rampanslutningar
km 10/900 – 11/200	Utförande av infiltrationsanläggning för det undre grundvattenmagasinet i jord
km 11/500 – 11/700	Förberedande projektering av brunnar för skyddsinfiltration i det undre grundvattenmagasinet i jord Förberedande projektering av anläggningar (ledning etc) för påfyllning av Sättraån av dräneringsvatten från VA stationen vid Skärholmsvägen
km 16/000	Förberedande projektering av överföringsledning från tillfällig hamn vid Malmviken till området för trafikplats Lovö som förberedelse för skyddsinfiltration inom södra Lovö
Km 18/500- 19/000	Förberedande projektering av temporär anläggning för skyddsinfiltration vid arbetstunneln vid norra Lovö.
km 23/200 - 23/400	Utförande av anläggning för skyddsinfiltration till det undre grundvattenmagasinet i jord
	Installation av temporär anläggning i området för schakt för anslutning vid Johannelunds cirkulationsplats samt vid schakt för gång- och cykelpassage under Bergslagsvägen mellan cirkulationsplatserna
km 23/800 - 24/500	Förberedande projektering av anläggning för skyddsinfiltration till det undre grundvattenmagasinet i jord
km 24/700 - 25/000	Förberedande projektering av anläggning för skyddsinfiltration till det undre grundvattenmagasinet i jord
km 25/900	Förberedande projektering av temporär anläggning intill schakt för betongtunnel vid Vålberga,
km 27/500 – 27/700	Förberedande projektering av temporär anläggning vid schakt för betongtunnel och tråg
km 29/300	Utförande av infiltrationsanläggning intill schakt för trafikplats Akalla

Övriga åtgärder

Bland övriga åtgärder finns utökade kontroller och provtagning för att fastställa förhållandena före byggskedet för att få en grund till reglering av eventuell uppkommen skada. Det gäller brunnar för vattenförsörjning och energiändamål, jordbruk och olika naturobjekt. Nedan listas de åtgärder som avses utföras före och under byggskedet.

Skadeobjekt	Åtgärd
Grundläggning	Fördjupad grundläggningsinventering av byggnader med okänd grundläggning och identifiering av större ledningar som bedöms kunna vara grundvattenberoende inom redovisat påverkansområde
Energibrunnar	Installation av mätrör i energibrunnar inom påverkansområdet. Nivåmätning före byggskedet.
Vattenförsörjning	Nivåmätning och vattenkvalitetsprovtagning i samtliga brunnar före byggstart Installation av automatisk mätning av elektrisk ledningsförmåga (mått på salthalt) i utvalda brunnar Förberedande åtgärder för ersättning av vattenförsörjning vid eventuell uppkommen skada för en eller flera brunnar på Kungshatt
Jordbruk	Installation av grundvattenrör i övre grundvattenmagasin inom jordbruksmark samt eventuell komplettering av grundvattenrör i undre grundvattenmagasin för kontroll av eventuell påverkan på växttillgängligt markvatten
Naturobjekt	Kontroll/kartering av vegetation inom sumpskogsområden vid Edeby Ekhage Kontroll/kartering av vegetation inom sumpskogsområden inom Grimstaskogen Kontroll av flöde i Igelbäcken uppströms och nedströms passage av huvudtunneln under Järva Fördjupad inventering av förekomst av salamander i Stordiket

11 Sammanställning av underlag för yrkande och villkor

11.1 Underlag för yrkande och förslag till villkorsindelning

Följande yrkande och villkor föreslås för Förbifart Stockholms olika typer av anläggningsdelar:

Bergtunnlar (undermarksanläggningar)

För bergtunnlarna (undermarksanläggningar) yrkas att få leda bort det grundvatten som läcker in. Tillhörande villkor för grundvattenbortledningen föreslås vara inläckagemängd.

För kortare perioder under byggtiden, upp till 3 månader, får nedanstående inläckagemängder överskridas vid exempelvis passage genom någon speciellt svårtätad zon, förutsatt att ingen skadlig omgivningspåverkan uppkommer (säkerställs bland annat genom temporär skyddsinfiltration)

Undermarksanläggningarna omfattar bergtunnlar för huvudvägar och anslutande rampvägar, tvärtunnlar för evakuering och tekniköverföring mellan tunnelrören, olika utsprängda nischer/bergtrum för eldriftsutrymmen, luftutbytesstationer samt borrhål för ventilation och bortledning av dräneringsvatten och vägdagvatten.

Det ska noteras att tvärtunnlar och borrhål för ventilation av eldriftsutrymmen inte är medtagna i de tvärsnittsmodeller som ligger till grund för bedömningen av inläckaget. Dessa anläggningar bedöms ändå kunna ingå i redovisade inläckagemängder men det indikerar att redovisade inläckagemängder kan variera något från de bedömda inom enskilda delsträckor.

Det ska också noteras att beräknade inläckagemängder är beräknade utan effekten av eventuell skyddsinfiltration, dvs. att inläckaget är beräknat för en viss avsänkning av grundvattennivån i berg och i överlagrande jordlager. Tillförs vatten genom infiltration inom ett visst område kan inläckaget öka utan att för den skull någon omgivningspåverkan uppkommer.

Med anledning av ovanstående noteringar föreslås följande villkor:

Villkor för inläckagemängd ställs upp för olika delsträckor. Redovisade inläckagemängder fastställs under en provotid där faktisk inläckagemängd och resulterande omgivningspåverkan fastställs. Inom provotiden ska eventuell skyddsinfiltration sättas in.

Under byggskedet föreslås nedanstående villkorsmängder gälla som underlag för krav på entreprenören och för kontrollprogrammet och det åtgärdsprogram som kopplas till detta. För att kunna styra injekteringsarbetet kommer redovisade inläckagemängder att brytas ned i bygghandlingen till olika så kallade vattenbudgetar för enskilda bergtunnelrör och kortare sektioner.

Separata inläckagevillkor redovisas för de tillfälliga arbetstunnlarna.

Betongtunnlar, tråg och övriga betongkonstruktioner

För betongtunnlar, tråg och andra betongkonstruktioner (brostöd etc.) yrkas tillstånd att som mest få dränera grundvattnet ned till en viss dräneringsnivå under bygg- och driftskedet genom bortledning av inläckande grundvatten.

Betongkonstruktionerna vid de olika tunnelpåslagen kan dränera grundvattnet genom ett visst inläckage genom tätad bergbotten eller genom en aktiv dränering ned till en viss nivå för att säkerställa att grundvatten inte läcker in över framkanten på tråg etc. Vid dessa betongkonstruktioner kan det vara svårt att särskilja inläckande grundvatten från inrinnande dagvatten från anslutande öppna skärningar, tråg eller andra anslutande ytförlagda vägar.

Därför föreslås villkor för maximal påverkan för grundvattennivån kring betongkonstruktionerna under driftskedet istället för inläckagevillkor. Nivåvillkoren formuleras som villkor för maximal utbredning av grundvattenpåverkan (bl.a. med hänsyn till eventuellt omgivande skadeobjekt) vilket redovisas som ett villkorsområde. Inom något av de föreslagna villkorsområdena förekommer fastigheter med byggnader eller anläggningar som kan komma att påverkas av planerad grundvattenbortledning. Trafikverket kommer att träffa avtal med ägarna till dessa fastigheter om lämpliga åtgärder och redovisa ingångna avtal vid kommande huvudförhandling.

Villkorsområdet kontrolleras inom kontrollprogrammet där åtgärdsnivåer bestäms för grundvattenrör ingående i programmet. För byggskedet gäller villkor enligt vad som gäller för temporära schakt i jord och i berg nedan.

Temporära schakt i jord och i berg

För temporära schakt i jord och i berg yrkas tillstånd att sänka av ned till 0,5 meter under schaktbottennivå innanför och vid behov direkt utanför schakt (spont). Dessutom söks tillstånd att få utföra temporär skyddsinfiltration i närområdet för att motverka eventuella skadliga effekter av grundvattenavsänkningen vid schakten.

Tillstånd att sänka av ned till schaktbotten motiveras med att metoder för schaktarbeten bestäms först i upphandling av entreprenörer (bl a för att möjliggöra olika teknikval) samt att grundvattenrelaterade problem som kan uppstå vid schakt, t.ex. schaktbottenupptryckning och jorderosion intill spont, innebär arbetsmiljörisker och måste kunna hanteras genom grundvattenavsänkning.

Som villkor förslås ett villkorsområde enligt ovanstående avsnitt rörande betongkonstruktioner och kontrolleras genom att ansätta åtgärdsnivåer inom kontrollprogrammet. Underskrids en åtgärdsnivå ska skyddsåtgärder sättas in, exempelvis skyddsinfiltration.

11.2 Förslag till villkor

11.2.1 Inläckagevillkor bergtunnlar (undermarksanläggningar)

För driftskedet föreslås följande indelning av mätsektioner för inläckagevillkor samt föreslagna mängder inom dessa områden, se Tabell 11.1 nedan. Summeras föreslagna villkor uppgår det totala inläckaget till 1895 l/min (ca 31 l/s). Notera att vattenpassagerna inte ingår i nedanstående tabell. Under Mälaren innebär grundvattendränningen inte någon omgivningspåverkan som kan skada enskild eller allmän egendom eller natur.

Tabell 11.1 Förslag till sektioner och inläckagemängder som underlag för villkor

Sträcka	Mätpunkt	Läge mät-punkt	Inläckage sektionen (l/min)	Ingående delar	Sträcka
10/000-12/500	Mättdamm Sättrastranden	12/500	345	Huvudtunnel, ramptunnlar exkl betongtunnlar	Sättra, tpl Kungens Kurva
12/750 – 13/850	Pumpgrop Kungshatt (282), mätddamm	13/100	145	Huvudtunnlar	Kungshatt
14/450 - 15/600	Mättdamm södra stranden Lovö	14/450	95	Huvudtunnel	Södra Lovö
15/600 - 18/000	Mättdamm centrala Lovö	18/000	355	Huvudtunnel, ramptunnlar exkl betongtunnlar, Luftutbytesstation	Tpl Lovö, centrala Lovö
18/000 - 19/700	Pumpgrop N Lovö (382)	19/700	195	Huvudtunnel, luftutbytesstation	Norra Lovö
19/700-20/150	Pumpgrop N Lovö (382), mätddamm	19/700	80	Huvudtunnel	
20/800 - 22/800	Mättdamm Lambarsund norra sida	20/900	225	Huvudtunnel, södra ramptunnlar	Grimsta Hässelby södra delen av tpl Vinsta
22/800 - 24/000	Mättdamm Lövestavägen	22/800	175	Huvudtunnel, norra ramptunnlar, luftutbytesstation	Vinsta inkl norra delen tpl Vinsta,
24/000 - 24/950	Pumpgrop Lunda (583)	24/950	75	Huvudtunnel	Kälvesta, Lunda,
24/950 - 26/000	Pumpgrop Lunda (583)	24/950	70	Huvudtunnel exkl. Betongtunneldel	Lunda,
27/720 - 28/300	Pumpgrop tunneln under Järvafältet (683)	28/300	55	Huvudtunnel exkl. betongtunneldel	Järva, södra delen
28/300 - 29/000	Pumpgrop tunneln under Järvafältet (683)	28/300	80	Huvudtunnel exkl betongtunnel och tråg	Järva norra delen

11.2.2 Inläckagevillkor arbetstunnlar

För de tillfälliga arbetstunnlarna redovisas förslag till inläckagevillkor i tabellen nedan. Det genomsnittliga inläckaget för de ytligare tunnlar uppgår till 7 l/min och 100 m tunnel och för de djupare har 10 l/min och 100 m tunnel beräknats.

Som redovisats tidigare i inledande avsnitt kommer flera närliggande tunnlar inom samma område att få ett mindre sammantaget inläckage än om tunnlar är mer åtskilda från varandra. För arbetstunnlarna betyder detta att inläckaget kommer att minska vartefter Förbifart Stockholms tunnlar byggs. Detta gäller speciellt i Skärholmen och på södra Lovö där arbetstunnlarna är belägna inom områden med ramptunnlar utöver huvudtunneln.

Tabell 11.2 Förslag till inläckagevillkor arbetstunnlar

Arbetstunnel	Tunnellängd	Tunnelnivå	Beräknat inläckage
Skärholmen	360 m	+30 till -5	25 l/min
Sätra	560 m	+ 5 till -60	40 l/min
Lovö tpl	440 m	+15 till -25	30 l/min
Norra Lovö	850 m	+10 till -65	85 l/min
Lunda	220 m	+10 till -15	15 l/min
Hägerstalund	160 m	+10 till - 5	12 l/min

11.2.3 Villkorsområden betongkonstruktioner, temporära schakt i jord och i berg

Förslag till villkorsområden kring temporära schakt och färdiga betongkonstruktioner som kan dränera grundvattnet redovisas i tabellen nedan och i grundvattenkartorna i bilaga 1. De olika områdenas utbredning bestäms förutom av dräneringsnivå och bedömd grundvattendränning av förekomst av objekt som kan skadas av en temporär eller permanent grundvattendränning. Redovisade områden gäller, om inte annat anges både för bygg och driftskedet. Det vill säga både för temporära schakt och för den färdiga konstruktionen. Skillnaden kan vara att under byggskedet utförs temporär skyddsinfiltration för att kunna upprätthålla villkoret att grundvattnet inte ska vara påverkat av grundvattendränningen orsakat av schaktet eller betongkonstruktionen utanför redovisat villkorsområde.

Tabell 11.3 Tabell över föreslagna villkorsområden kring grundvattendränerande schakt och betongkonstruktioner

Anl.	Område	Anläggningar som omfattas
141-143	Bergtunnelpåslaget vid Skärholmen	Betongtunnel och tråg
14P, 14Q	N Skärholmen vid Skärholmsvägen/Smistavägen	Betongtunnlar för bussramper.
14L,14M, 14N,14O, 171	Smista vid E20	Betongtunnlar och tråg, luftutbytesstation
242,243, 245, 23E, 249	Edeby, södra Lovö	Betongtunnel och tråg Edeby cirkulationsplats, bro för GC-väg och rampanslutning vid Ekerövägen
241, 244	Tillflykten, södra Lovö	Betongtunnlar vid Tillflyktens cirkulationsplats
247	Lindö/Lindösund	Bergtunnel och anslutande betongtunnlar för tillkommande Lindötunnel
41,442, 445, 448,449, 44A, 44B	Vinsta vid Johannelunds tunnelbanestation	Betongtunnlar och tråg vid Johannelunds cirkulationsplats samt tråg och brostöd för GC passage under Bergslagsvägen
443,444, 44C,44D	Vinsta vid korsningen Skattegårdsvägen och Bergslagsvägen	Betongtunnlar och tråg vid Skattegårdsvägens cirkulationsplats samt schakt för brostöd för GC-broar
546, 571	Lunda industriområde, Vålbergaområdet i Järfälla	Betongtunnel inklusive luftutbytesstation intill bro över Bällstaån
54F	Järvaältet vid Hästa gård, Hästa klack	Tråg och betongtunnel vid södra bergtunnelpåslaget för huvudtunneln
641	Trafikplats Akalla	Betongtunnel, tråg och vägsärning/ stödmur

12 Förslag på kontrollprogram

Ett övergripande kontrollprogram kommer att upprättas för att kontrollera den omgivningspåverkan som kan relateras till vattenverksamheten. Kontrollprogrammet tas fram i samråd med tillsynsmyndighet och andra berörda. 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 hela sträckan gäller i tillämpliga delar att utföra/kontrollera:

- Pejling av grundvattennivå, bygg- och driftskede
- Mätning av vattennivåer i vatten- och energibrunnar
- Sättningskontroll markpegel 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

Exempel på övriga kontroller som kan vara aktuella inom delsträckor:

- Installation av mättrör i övre grundvattenmagasin inom jordbruksmark (gäller Lovö och Akalla/Järvafältet)
- Kontroll/kartering av vegetation (vegetationsutveckling) inom Skärholmsbäcken och Sättrabäckens dalgång, Kungshatt, Edeby ekhage, Grimstaskogen (sumpskogsområde), Hansta (salamanderdammar).
- Installation och automatisk registrering av flöde i Igelbäcken uppströms och nedströms passage av huvudtunneln under Järva

Ett kontrollprogram ska innehålla delar som beskriver utförande och mätintervall, utvärderingsmetod med redovisade larm och åtgärdsnivåer, datahantering och redovisningsrutin. Trafikverket kommer att bygga upp en databas, för inrapportering av mätdata, kvalitetssäkring av data och redovisning av resultat och rapportsammanställning.

Efter att en kontrollmätning utförts utvärderas mätvärdet mot upprättade larm/åtgärdsnivåer. Syften med dessa är att tidigt fånga upp förändringar och möjliggöra lämpliga åtgärder. Det är lämpligt att upprätta två larmnivåer, 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 1:

1. En kontrollmätning görs i det eller de grundvattenrör där nivån underskridits samt i närliggande observationsrör. Vid behov görs upprepade mätningar
2. Om kontrollmätningen visar på att avvikelsen kvarstår ska orsaken utredas. Utredningen ska visa på om avvikelsen är naturligt orsakad av rådande grundvattenförhållanden eller om den är orsakad av arbetet med tunneln, eller om annan verksamhet påverkar grundvattennivån.

Konsekvensbedömning och förslag till eventuell åtgärd ska ingå i utredningen.

3. Utredning med förslag lämnas till bygglämnad och kontrollmyndighet

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

1. Omedelbar kontakt med tillsynsmyndighet
2. Pumpstopp vid planerad avsänkning intill spont eller uppstart av skyddsinfiltration under tiden orsaken utreds
3. 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 kontroller 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.

13 Referenser

- [1] *Cementinjektering i hårt berg* SweBeFo rapport K22, M Eriksson H Stille 2005
- [2] *Effekter av grundvattenavsänkning och vattenuttag på grundvattenbildning och vattenkvalitetsutveckling i kristallin berggrund – Slutrapport fas 1 från fältförsök i Äspö och Gårdsjön under perioden 1997 – 2005*; Hultberg, Ericsson, Hultengren, Mossmark; IVL rapport maj 2005
- [3] *Grundvattenbildning i svenska typjordar- översiktlig beräkning med en vattenbalansmetod*, Allan Rodhe et al, 2006
- [4] *Geohydrologiska länskartan*, SGU serie Ah7
- [5] *Hydrogeologi för bergbyggare*, Gunnar Gustafson, Formas 2009
- [6] *Igelbäcken- uppbyggnad av hydrologiskmodell samt beräkningar av vattenbalans, geohydrologi och föroreningar*, Stockholm Vatten DHI, 2008
- [7] *Lovö kyrka som byggnadsverk*, Berit Wallenberg, Andrén & Holms boktryckeri 1984
- [8] *P90 dimensionering av allmänna avloppsledningar*, Svenskt Vatten mars 2004
- [9] *Simulering av transpiration från jordbruksgrödor vid grundvattenavsänkning- Mellanårsvariationer 1980-2006*, Elisabet Lewan, Harry Linnér, SLU 2008
- [10] Stockholms Stads byggnadsgeologiska karta
- [11] *Prövtidsutredning avseende bortledning av grundvatten, mm från Törnskogstunneln (fd Tunbergstunneln)*, Sollentuna kommun, Stockholms län. Beteckning M1451-07 (fd M157-02). Vägverket 2009
- [12] *Utdrag ur undersökningar av nerlagda avfallsupplag i Stockholm*, Andersson Jan-Erik, Tyréns, 1998