

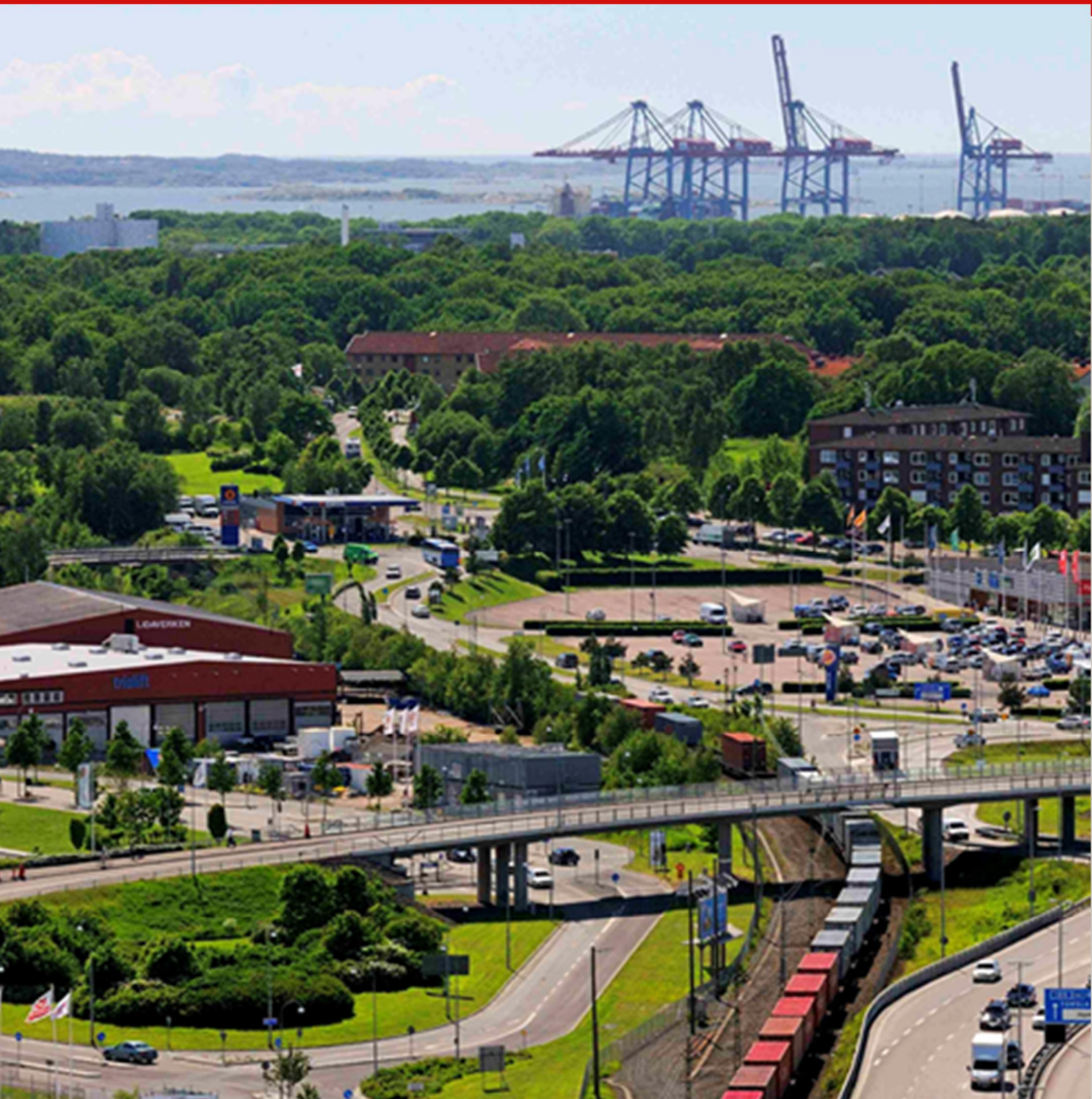
VATTENVERKSAMHET

Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Pölsebo

Teknisk beskrivning

Projektnummer: 108793

2017-05-23



Trafikverket

Postadress: Trafikverket, 405 33 Göteborg

Epost: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Pölsebo, Vattenverksamhet,
Teknisk beskrivning

Författare: Ingvar Rhen, Sweco

Dokumentdatum: 2017-05-23

Dokument ID: 108793-04-010-201

Ärendenummer: TRV 2015/42622

Projektnummer: 108 793

Projektledare: Svante Jonsson, Trafikverket

Uppdragsledare: Lina Magnusson, Sweco

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte	6
1.3	Nomenklatur	7
2	Planerad anläggning	8
2.1	Tunnelsektioner	8
2.1.1	Betongtunnel och betongtråg	8
2.1.2	Bergtunnel	9
2.2	Anläggande av bergtunnlar	9
2.3	Anläggande av betongtunnlar/betongtråg	9
3	Höjd- och koordinatsystem	11
4	Geologiska och geotekniska förutsättningar	11
4.1	Berggrund	12
4.2	Jordarter	12
4.3	Lerans sättningsbenägenhet	13
4.4	Stabilitetsförhållanden	13
5	Hydrogeologiska förutsättningar	14
5.1	Översiktlig beskrivning av hydrogeologiska förhållanden	14
5.1.1	Grundvattenmagasin	14
5.1.2	Grundvattenbildning	14
5.1.3	Grundvattennivåer	14
5.1.4	Grundvattenströmning	15
5.1.5	Grundvattenkemi	15
5.2	Områdesspecifika hydrogeologiska förhållanden och förutsättningar för planerad anläggning	16
5.2.1	Eriksberg – Väst Nordviksgatan	17
5.2.2	Väst Nordviksgatan – Celsiusgatan	17
5.2.3	Celsiusgatan – Bratteråsberget	18
5.2.4	Bratteråsberget	19
5.2.5	Bratteråsberget – Krokängsberget	21
5.2.6	Krokängsberget	22
5.2.7	Väster Krokängsberget/Pölsebo, Pölsebo	23
6	Övriga tekniska förutsättningar	25

7	Beskrivning av planerad vattenverksamhet	26
7.1	Övergripande	26
7.2	Byggskede	26
7.3	Driftskede	26
7.4	Alternativa tekniska åtgärder	27
7.5	Följdverksamheter	27
8	Omgivningspåverkan och skyddsåtgärder	27
8.1	Byggskedet	27
8.1.1	Generellt	27
8.1.2	Avsänkning av grundvattennivåer	28
8.1.3	Dämning av grundvattennivåer	30
8.1.4	Hydrauliskt påverkansområde	31
8.1.5	Processvatten och inläckande grundvatten från bergtunnlar	33
8.1.6	Länshållningsvatten från schakter	34
8.2	Driftskede	36
8.2.1	Dämning av grundvattennivåer	36
8.2.2	Inläckage av vatten till bergtunnlar och bergschakt	38
9	Utförande av kontroller	39
9.1	Exempel på struktur på utförande i ett kontrollprogram	39
9.1.1	Kontrollpunkter	40
9.1.2	Mätintervaller	40
9.1.3	Utförande av mätning	40
9.1.4	Funktionskontroll, underhåll och ersättning av kontrollpunkt	40
9.1.5	Dokumentation och utvärdering	40
10	Referenser	41

Bilagor

Bilaga 1: Kartor – Geologi, avrinningsområden, grundvattenrör

Bilaga 2: Ritningar – Utdrag ur Järnvägsplan

Bilaga 3: Ritningar – Utdrag ur Systemhandling; Byggnadsverk -Planer

Bilaga 4: Ritningar – Utdrag ur Systemhandling; Byggnadsverk -Sektioner

Bilaga 5: Beräkning av inläckage till bergtunnlar, berg- och jordschakt

Bilaga 6: Vattenhantering

1 Inledning

Detta dokument, Tekniska Beskrivning, utgör underlag till ansökan om vattenverksamhet för Hamnbanan Göteborg, Eriksberg – Pölsebo. Dokumentet syftar till att ge en tillräcklig bild av hur projektet Hamnbanan kommer att påverka grundvattenförhållanden och utgör underlag för bedömning vilka miljökonsekvenser som kan förväntas med avseende på förändrade grundvattenförhållanden. Den Tekniska Beskrivningen baseras på material från följande dokument:

- Systemhandling. Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen. Projekterings PM Hydrogeologi (108793-18-080-001).
- Systemhandling. Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen. Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi (108793-18-081-001).
- Systemhandling, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, Teknisk handling Geoteknik (108793-15-010-001)
- PM, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Skandiahammen, Arbetstunnel Bratteråsberget, Teknisk utformning (108793-00-025-002)
- Järnvägsplan. Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Pölsebo. Miljökonsekvensbeskrivning (108793-04-040-001).

Miljökonsekvenser relaterade till Vattenverksamheten beskrivs i mer detalj i följande dokument, som är en bilaga till Vattenverksamhetsansökan:

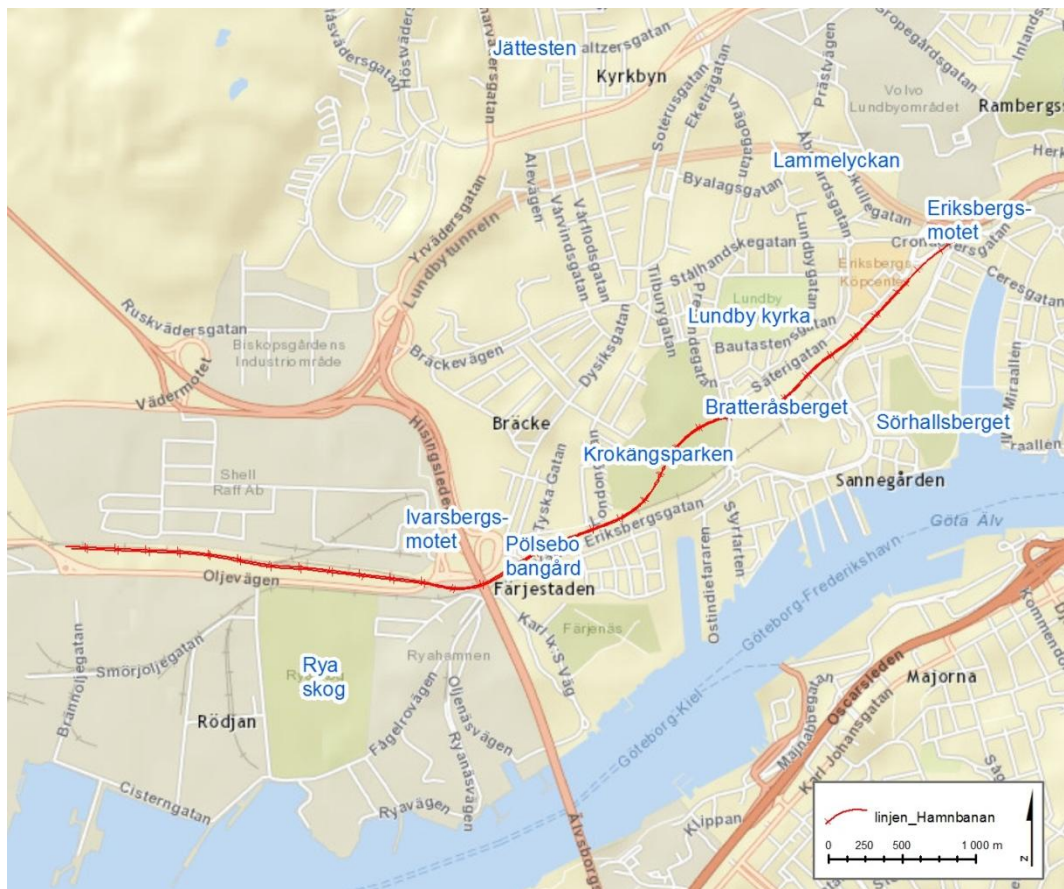
- Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg-Pölsebo, Vattenverksamhet, Miljökonsekvensbeskrivning (108793-04-212-003)

1.1 Bakgrund

Hamnbanan, Eriksberg-Pölsebo, är ett järnvägsprojekt som ska göra det möjligt för fler tåg att trafikera sträckan, i syfte att säkerställa framtida godstransporter till och från Göteborgs hamn och övriga industrier på Hisingen i Göteborg. Figur 1-1 visar en översikt över området. Figur 5-1 visar en översikt med fler detaljer såsom gatunamn.

Göteborgs hamn är Nordens största hamn och ett naturligt centrum för den skandinaviska godstrafiken. Hamnen är utpekad som riksintresse och ca 65 procent av Sveriges containertrafik och 30 procent av landets utrikeshandel går via Göteborgs hamn. Kombinationen sjöfart och tåg är de transportsätt som är mest effektivt ur ett miljömässigt och ekonomiskt perspektiv. Godstågstrafiken ökar i landet och den största ökningen står containertrafiken till och från Göteborgs hamn för. En tredubbling av trafiken till och från hamnen har skett sedan 2001, där en omflyttning av transporter från väg till järnväg bidrar till ökningen. På Hamnbanan går även gods till industrierna Volvo, ST1, Rya, Oljehamnen, Stena Metall m.fl.

Hamnbanan är i dag enkelspårig, med mötesbangårdar vid Pölsebo i västra delen och vid Kville i den östra delen. Den är utpekad som en av de sträckor i järnvägsnätet som har kapacitetsbrist. För att andelen järnvägstrafik och den totala godstrafiken ska kunna öka krävs att Hamnbanan byggs ut till dubbelspår. Detta kommer att medföra att fler tåg kan trafikera sträckan på ett effektivt och miljövänligt sätt.



Figur 1-1. Översikt över platser som omnämns i rapporten.

1.2 Syfte

Syftet med utbyggnaden av Hamnbanan till dubbelspår är att säkerställa kapacitetsbehov för framtida godstransporter på järnväg till och från Göteborgs hamn och övriga industrier på västra Hisingen med rimliga konsekvenser för påverkan på omgivning och kostnader.

Syftet med denna Tekniska Beskrivning (TB) är att redogöra för befintliga förhållanden utmed den planerade etappen av Hamnbanan, Eriksberg-Pölsebo, med avseende på förhållanden relevanta för Vattenverksamhet; såsom hydrogeologiska och geotekniska förhållanden. Underlaget i TB beskriver den planerade anläggningen och planerade åtgärder för att lösa hydrogeologiska utmaningar längs bansträckan. Syftet är att redogöra vattenverksamheten ur tekniskt perspektiv på det som berör tillståndsprovning för vattenverksamhet.

I "Järnvägsplan. Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Pölsebo. Miljökonsekvensbeskrivning" beskrivs samtliga miljökonsekvenser för den aktuella bansträckan och i "Vattenverksamhet, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg-Pölsebo, Miljökonsekvensbeskrivning redovisas relevanta delar av miljökonsekvenser för Vattenverksamhetsansökan. Planförhållanden, naturmiljö mm redovisas i Vattenverksamhet, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg-Pölsebo, Miljökonsekvensbeskrivning.

1.3 Nomenklatur

Avloppsvatten: Enligt Miljöbalken 9 kapitlet 2 § definieras avloppsvatten som "spillvatten eller annan flytande orenlighet" (samt några fler punkter som inte är relevanta för projektet). Länshållningsvatten och dagvatten kan bedömas vara avloppsvatten på grund av dess orenlighet.

Byggskede: Det skede under vilket byggande pågår som kan förändra bortledningen av grundvatten, t.ex. drivning av tunnel, schaktning, mm. Kontrollmätningar görs under byggskede.

Driftskede: Det skede som startar då anläggningen är så pass färdigbyggd att ingen större förändring av grundvattennivåerna längre sker. Kontrollmätningar görs under driftskede.

Förskede: Period innan byggskede startar. Under förskede görs referensmätningar för att få referensdata på valda kontrollpunkter i ett kontrollprogram innan byggskede.

Gränsvärde: Ett värde som inte får överskridas eller underskridas. Åtgärd krävs innan verksamheten får fortsätta.

Kontrollpunkt: Mät punkt som ingår i ett kontrollprogram.

Länshållningsvatten (länshållning, länshålla): Benämning på det vatten som i byggområdet leds bort från byggarbetsplatsen; pumpning eller leds bort på annat sätt. Länshållningsvattnet inkluderar inläckande grundvatten till tunnlar eller schakter, processvatten, nederbörd som faller i schakt samt ytvatten som rinner in. Länshållningsvattnet betraktas som avloppsvatten om vattenkvaliteten är sådant att Miljöbalken kapitel 9 är tillämplig.

Processvatten: Vatten att användas vid borring och injektering samt vid renspolning av tunnlar eller schacters väggar, tunnlar tak och losshållet berg.

Påverkansområde: Det område i jord och berg som kan komma att påverkas av en grundvattenavsänkning, med viss redovisad storlek, p.g.a. planerad grundvattenbortledning. I Hamnbanan sätts denna avsänkning till 0,3 m i jordlager.

Riktvärde: Ett värde som om det överskrids eller underskrids ska leda till åtgärd snarast, men verksamhet får fortgå.

Rörelsemätningar: Mätningar av såväl nivå som koordinater för valda kontrollpunkter som ingår i ett kontrollprogram för att kontrollera eventuella rörelser på skyddsobjekt.

Skyddsobjekt: Byggnader, anläggningar eller miljöer inom påverkansområdet som skulle kunna skadas vid en förändring av grundvattennivån.

Åtgärdsnivåer: I kontrollprogram anges vilka åtgärder som vidtas om mätvärde över eller underskrids. Två mätnivåer anges som kopplas till två olika åtgärdsnivåer. Åtgärdsnivå 1 syftar till att höja beredskap för en eventuell åtgärd. Åtgärdsnivå 2 tas fram utifrån att det finns risk för skador om nivån underskrids/överskrids.

2 Planerad anläggning

Hamnbanan är planerad att byggas ut från nuvarande enkelspår till dubbelspår mellan Eriksbergsmotet och Pölsebo bangård och vidare till Skandiahamnen. Mellan Eriksberg och Pölsebo är den planerade anläggningen till stor del förlagd i tunnel. Totalt utgörs ca 1,1 km av tunnel. Tunneln kommer att utföras som bergtunnel på vissa sträckor och som betongtunnel på andra. Konstruktionstyper längs denna sträcka framgår av Tabell 2-1. Planritningar visas i bilaga 2 Och 3. Anläggningsdelar i den tekniska lösningen beskrivs i Teknisk handling byggnadsverk (2014) som del av Systemhandling.

Tabell 2-1. Konstruktionstyper längs den nya järnvägssträckningen mellan Eriksberg och Pölsebo.

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Från km	Till km	Längd (m)
Eriksberg	Spår på mark	4+100	4+280	180
Väst Nordviksgatan	Stödkonstruktioner/Tråg	4+280	4+400	120
Väst Nordviksgatan – Celsius gatan	Betongtunnel i bergschakt	4+400	4+550	150
Celsiusgatan - Bratteråsberget	Betongtunnel	4+550	4+720	170
Bratteråsberget	Bergtunnel	4+720	4+810	90
Bratteråsberget - Krokängsberget	Betongtunnel	4+810	5+080	270
Krokängsberget	Bergtunnel	5+080	5+290	210
Väster om Krokängsberget/Pölsebo	Betongtunnel	5+290	5+510	220
Pölsebo	Tråg	5+510	5+790	280

2.1 Tunnelsektioner

Hamnbanan omfattar olika byggdelar, som översiktligt beskrivits i Figur 5-1 och Tabell 2-1; såsom tråg, betongtunnel och tunnel i berg. Detaljerade ritningar på planerad konstruktion, enligt Systemhandling, redovisas i bilagor 3 och 4. I bilaga 2 redovisas markutnyttjande och arbetstunnel i Bratteråsberget enligt vad som presenteras i Järnvägsplan. Eventuellt utförs inte arbetstunnel Bratteråsberget om det visar sig vara ett bättre alternativ med en jordschakt strax väster om Bratteråsberget för att nå västra bergplasset i Bratteråsberget. Nedan beskrivs anläggningarna översiktligt.

2.1.1 Betongtunnel och betongtråg

Föreslagen betongtunnelsektion framgår av bilaga 4. Betongtunnelns bredd förväntas bli ca 14 m (15 m platta under tunnel) och höjden ca 9,6 m (under kant betong platta till överkant takdel). Betongtunnelns underkant ligger 2,3 m under rök (räls överkant) med

en packad fyllning under tunnel på ca 0,5 m. Tråg har liknande breddmått som tunnel men ingen takdel.

Spont antas kunna sättas minst ca 1 m utanför betongtunnel när den avslutas i jord. Vid de hydrogeologiska beräkningarna antas att bredd av schakt är ca 20 m. Samma bredd erfordras för betongtråg. Spont mot berg kräver en något bredare schakt, preliminärt i storleksordning 30 m.

För att kunna bygga betongtunnel är ett alternativ att göra en tätkaka av betong mellan spont. Tätkakan dragförankras med pålar.

Betongpålar antas få diameter på ca 270 mm med inbördes avstånd längs tunnel på ca 2,5-3 m. Dragpålar antas få diameter på ca 50 mm med centrumavstånd längs tunnel på ca 3 m.

2.1.2 **Bergtunnel**

Föreslagen bergtunnelsektion framgår av bilaga 4. Bredd förväntas bli ca 12,5 m och höjd ca 9,5 m. Tunnelsula ska ligga minst 1,1 m under rök.

Bergtunnel genom Krokängsberget beräknas kunna nyttja påslagen för bergtransporter.

2.2 **Anläggande av bergtunnlar**

Två bergtunnlar är planerade i projektet med längderna 90 m respektive 210 m. Vid anläggandet kommer berget att sprängas ut under markytan. Arbetet sker etappvis enligt de steg som redovisas nedan. Det tar ca 1 dygn att genomföra alla stegen, varefter man börjar om med det första steget igen.

1. Förinjektering – Sprickor i berget tätas för att förhindra inläckage av grundvatten. Arbetet skapar en "tätskärm" i berget.
2. Borrning, laddning och sprängning – Först borrar hål i berget, längden beror på hur stort avsnitt som ska sprängas ut. Därefter sker laddning och sprängning.
3. Skrotning och förstärkning – Lösa block tas ner och vid behov sker förstärkning av tunnelväggen genom bultning och sprutbetong.
4. Utlastning – Bortsprängt berget lastas och transporteras ut. Massorna är en resurs och kommer i möjligaste mån att användas inom projektet eller inom andra projekt.

För att nå bergtunneln genom Bratteråsberget planeras en ca 100 m lång arbetstunnel, se bilaga 2. Den kommer att användas för borttransport av bergmassor och av schaktmassor och den kommer att stängas helt efter slutförd byggnation.

Vid tunnelbyggnationen används processvatten för att borra, reducera dammspridning före utlastning av bergmassor och för att spola ren bergytan inför kartering av behov av bergförstärkning. Processvattnet leds tillsammans med kvarstående inläckage av grundvatten ut från tunneln och släpps till avloppsnätet för behandling.

2.3 **Anläggande av betongtunnlar/betongtråg**

Schaktning för betongtunnlar och betongtråg kommer delvis att utföras under grundvattenytan. Gjutningen av betongtunnlar och betongtråg kommer att ske i öppna schakter. Vid byggnationen behöver schakterna torrläggas. Arbetet sker i ett antal etapper. För jordschakter är etapperna enligt nedan.

1. Installation av stödväggar – Vid djupa schakter anläggs temporära stödväggar av stål (spont) med syfte att förhindra att schaktväggarna rasar och att förhindra att grundvatten rinner in i schakten. Där sponten ansluter till berg kan ytterligare tätning behövas.
2. Schaktning - Jordmassorna schaktas bort ner till grundläggningsnivå.

3. Grundläggning - Tunneln kommer att grundläggas med pålar på sträckorna mellan Bratteråsberget och Krokängsberget, öster om Bratteråsberget och väster om Krokängsberget. För att hindra att grundvatten tränger upp underifrån i schakterna sker en tätning mellan sponten genom gjutning av en tät betongkaka, varefter schakten töms på vatten. Över betonglagret läggs ett permeabelt gruslager.
4. Byggande av tunnelkonstruktion – Tunneln gjuts med hjälp av armerad betong.
5. Återfyllnad och färdigställande – När gjutningen av tunneln är slutförd läggs jordmassor tillbaka runt tunneln. Sponten dras upp.

För bergschakt mellan Nordviksgatan och Celsiusgatan behövs ingen stödkonstruktion, men punkterna 2-5 beskriver förövrigt motsvarande etapper, förutom att ingen spont behöver avlägsnas enligt punkt 5.

I anslutning till områden där betongtunnel eller betongtråg anläggs och vid tunnelpåslag (övergång bergtunnel – betongtunnel) kan, om inte skyddsåtgärder vidtas, grundvattennivåerna påverkas både i byggskedet och i driftskedet. En förändring i grundvattennivån kan medföra konsekvenser för bl.a. naturmiljön och bebyggelse inom ett bedömt influensområde.

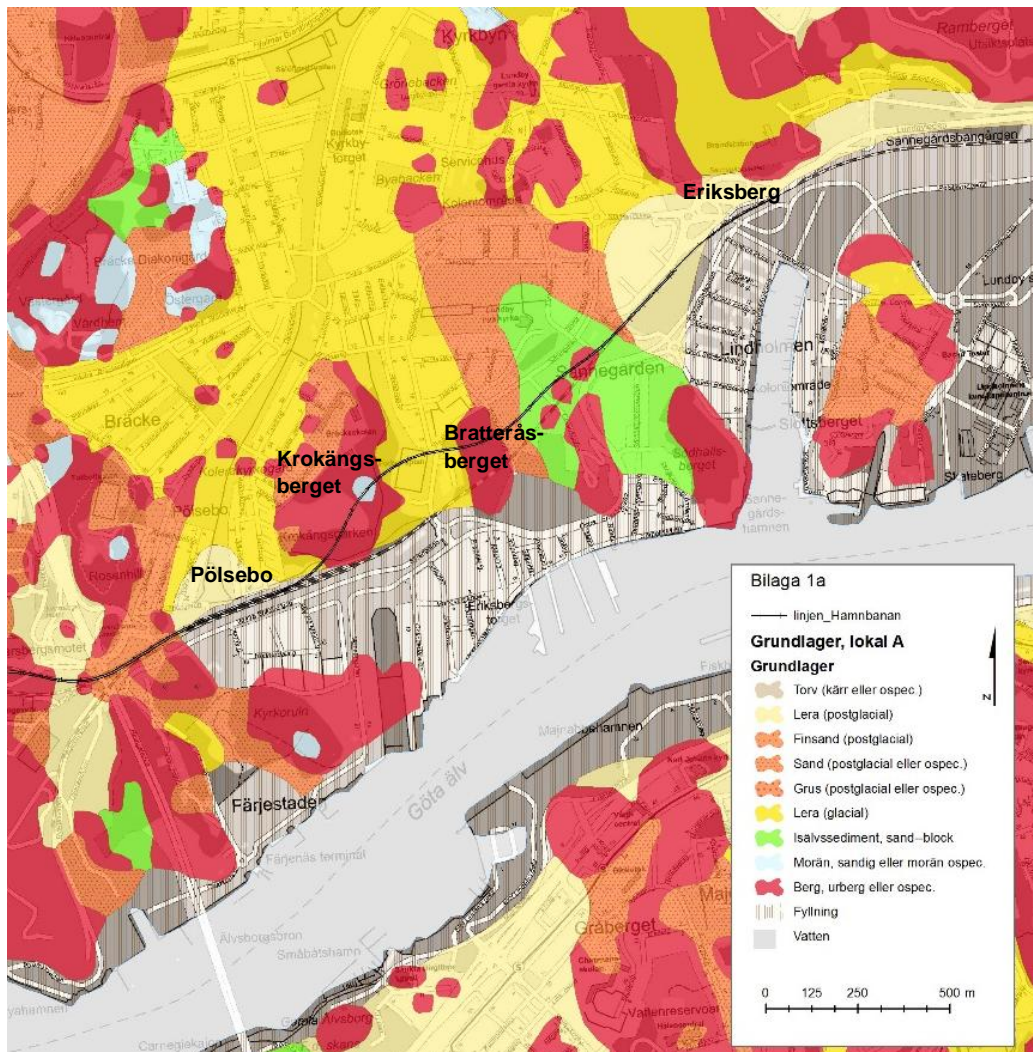
Inläckande vatten och nederbörd till jord- och bergschakter kan betraktas som länshållningsvatten. Länshållningsvattnet renas från slam och eventuell olja innan det släpps till recipient, vilket är dagvattensystemet och vidare till Göta älv.

3 Höjd- och koordinatsystem

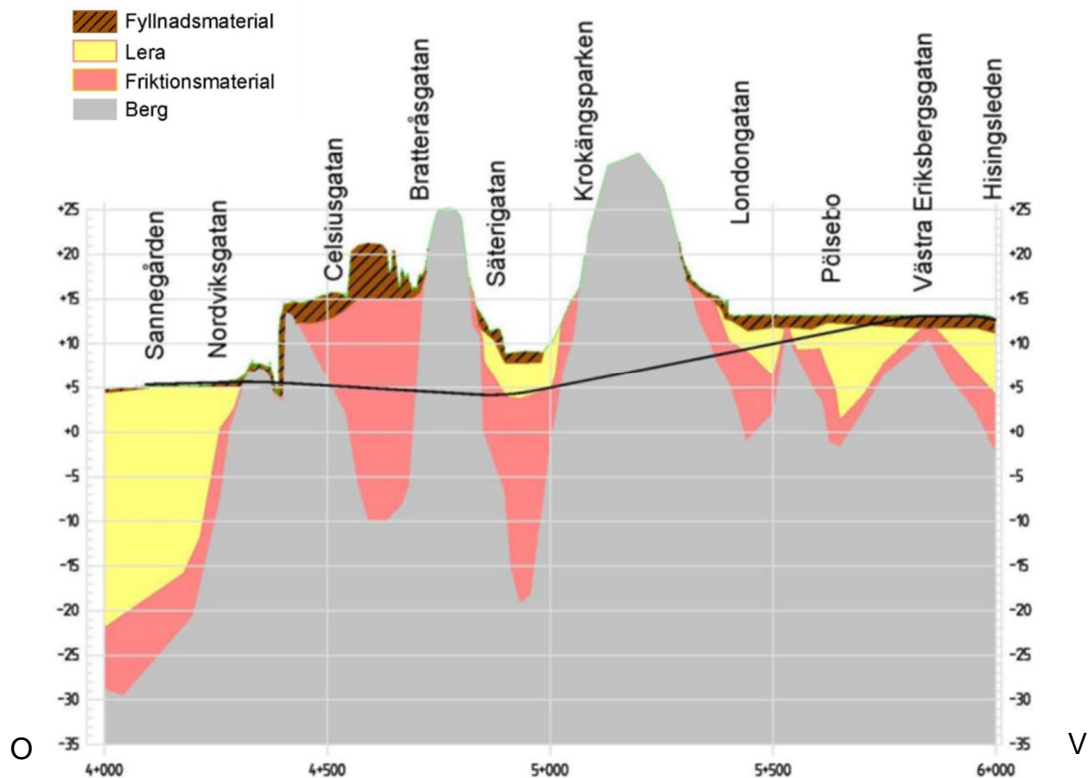
Tillämpat höjdsystem: RH 2000
Tillämpat koordinatsystem: SWE REF 99 12 00

4 Geologiska och geotekniska förutsättningar

Översiktliga geologiska förhållanden framgår av bilaga 1 samt av Figur 4-1 och Figur 4-2. Geologiska förhållanden beskrivs i detalj i MUR – Bergteknik (2014) och MUR – Geoteknik (2014) och geologiska förhållanden sammanfattas nedan.



Figur 4-1. Jordlager och bergblotningar längs den nya järnvägssträckningen (svart linje) mellan Eriksberg och Pölsebo.



Figur 4-2. Schematisk geologisk/geoteknisk profil längs bansträckning mellan Eriksberg(Sannegården) och Pölsebo, illustrerad från öster till väster. Höjd- och längdskala i meter.

4.1 Berggrund

Berggrunden utgörs av kristallina bergarter, gnejs och granit. Berget är ställvis mer eller mindre kraftigt förskiffrat och omvandlad till gnejsgranit.

De vattenförande sprickorna/zonerna i berggrunden finns främst i riktningarna N-S, WNW-ESE, ENE – WSW och NW-SE, men den dominerande riktningen är nord-sydlig. Sprickorna uppvisar medelbrant till brant västlig stupning. Där sönderkrossning och/eller omvandlingen av berget ökar, minskar vattenföring på grund av att lera fyller sprickorna.

Berggrunden, baserat på nya utförda undersökningar och tidigare material, bedöms ur bergbyggnadssynpunkt generellt att vara av god kvalitet. De båda bergtunnlarna går igenom topografiskt markerade bergplintar. Inga större svaghets- eller krosszoner har identifierats. Korta avsnitt med sämre berg som noterats vid kärnbörningar utgörs av smala zoner som inte bedöms påverka byggnationen av tunnlar.

4.2 Jordarter

De jordartsgeologiska förhållandena domineras av områden med lera i lägre partier och av berg i dagen eller berg med tunt jordtäckte i högre belägna områden, se Figur 4-1. Öster om Bratteråsberget finns ett sammanhängande område med isälvsediment i dagen och i anslutning till detta förekommer svallsediment i form av sand.

Lera förekommer både som glacial lera och som postglacial lera (avsatt efter den senaste istiden). Jordlagrens mäktighet varierar i området. Under leran finns friktionsmaterial. I den östra delen av området finns ca 0-3 m fyllnadsmaterial över ca 10 m lera som i sin

tur överlagrar drygt 10 m sand och grus, sannolikt isälvs sediment. Mellan Bratteråsberget och Krokängsparken, finns ca 0-3 m fyllnadsmassor över ca 10 m lera och ca 20 m sand och grus. Väster om Krokängsberget vid Pölsebo utgörs jordlagerföljden av ca 3-7 m lera som underlagras av 3-9 m sand. De geologiska förhållandena beskrivs områdesspecifikt under 5.2.

4.3 Lerans sättningsbenägenhet

Leran i området är i huvudsak normal till svagt överkonsoliderad. Utförda belastningsförsök (CRS) visar en överkonsolideringsgrad (OCR) mellan ca 1,1-1,8, vilket ungefär motsvarar en överkonsolidering med ca 10-30 kPa. Leran är känslig för ökad belastning då detta kan leda till sättningar som inom vissa delar kan pågå under lång tid. Detta beaktas vid all belastning av marken såväl inom som i anslutning till anläggningen t.ex. avseende markuppfyllnader och grundvattensänkningar.

I områden med stora lerdjup, som i början av sträckan vid Eriksberg där lermäktigheten uppgår till mer än 20 m, pågår troligen små krypsättningar som uppskattningsvis är 1-3 mm/år.

I område med isälvsavlagringar/friktionsjord bedöms inga sättningar pågå.

4.4 Stabilitetsförhållanden

Totalstabiliteten i området är idag i huvudsak tillfredställande hög och även för färdig anläggning kommer stabiliteten vara tillfredställande hög när erforderliga åtgärder utförts. Längs vissa sträckor behöver stabilitetshöjande åtgärder, som t.ex. temporära stödkonstruktioner och lastreduktioner, utföras för att klara stabiliteten i byggskedet. Stabilitetshöjande åtgärder behöver även utföras längs vissa sträckor för driftskedet.

5 Hydrogeologiska förutsättningar

Översiktliga geologiska förhållanden framgår av Figur 4-1 och Figur 4-2. Hydrogeologiska förhållanden beskrivs i detalj i MUR – Hydrogeologi (2014).

5.1 Översiktlig beskrivning av hydrogeologiska förhållanden

5.1.1 Grundvattenmagasin

Inom större delen av projektområdet finns det huvudsakliga grundvattenmagasinet i jord i vattenförande lager i morän och/eller sandlager samt i uppsprucken bergyta. Detta utgör ett undre grundvattenmagasin. I lågpartier mellan bergkullar och höjdområden överlagras grundvattenmagasinet av lera och är där ett slutet grundvattenmagasin. Inom dessa områden förekommer även ett öppet grundvattenmagasin i fyllnadsmaterialet som överlagrar leran.

Undantaget från denna uppdelning i ett övre och undre grundvattenmagasin är området mellan Bratteråsberget och Nordviksgatan. Här finns ett större område med isälvssediment (fraktioner från sand till block) i dagen. Det finns också ett antal öppna grundvattenmagasin längre västerut i anslutning till bergsområdena. Dessa områden är viktiga för grundvattenbildningen väster om Krokängsparken.

Under Göta älv finns mäktiga lager av lera som underlagras av friktionsjord. Det undre grundvattenmagasinet längs bansträckningen (se beskrivning ovan) bedöms stå i kontakt med och vara del av detta friktionsjordslager som finns under leran i Göta älvmrådet.

Längs hela korridoren förekommer i berggrunden grundvatten i öppna spricksystem, som även står i hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinet i jordlagren.

5.1.2 Grundvattenbildning

Den planerade bansträckningen Eriksberg – Pölsebo berör fem olika ytavrinningsområden, se bilaga 1. Nybildning av grundvatten inom området sker i huvudsak i randområdena mellan jord och berg, se bilaga 1 eller Figur 4-1, och beror till stor del av områdets karaktär som andelen hårdgjorda ytor, jordarter, anläggningar och dränerande alt. läckande ledningar.

Grundvattenbildningen i Göteborg är generellt liten. Den är beroende av hur stor del av nettonederbörden som avrinner som ytvatten till vattendrag (nettonederbörd = ytvattenflöde + grundvattenflöde). Enligt skattning är nettonederbörden ca 450 mm/år för det aktuella området.

Inom lertäckta områden är grundvattenbildningen betydligt mindre än 450 mm/år, liksom i områden med kristallin berggrund och ringa jordtäckte där ytavrinningen är snabb. Grundvattenbildningen är sannolikt något större i området med isälvssediment öster om Bratteråsberget, jämfört med övriga områden som berörs av Hamnbanan. Detta på grund av att det, enligt SGU, inte finns något ihållande lerlager dokumenterat i detta område.

5.1.3 Grundvattennivåer

Inom utredningsområdet finns befintliga undermarksanläggningar, vilkas exakta lägen och funktion omfattas av sekretess. Dessa anläggningar har sedan länge påverkat grundvattennivåerna i området. Även Lundbytunneln, norr om området, påverkar vattenbalansen inom tillrinningsområdet. Inom området finns ett antal infiltrationsanläggningar för att normalisera de grundvattennivåer som uppkommer till följd av inläckage till undermarksanläggningarna.

Grundvattennivån varierar mycket över året. Denna årsvariation är relativt väl känd nära aktuellt område eftersom Stadsbyggnadskontoret (SBK) i Göteborg Stad utför

långtidsmätningar i några punkter. Den allmänna bilden är att variationen är störst i de högre belägna delarna av avrinningsområdena och något mindre i de lägre delarna, vilket stämmer väl med analyserade data från SBK. Skillnaden mellan de högsta och de lägsta uppmätta grundvattennivåerna är ca 4-5 m inom de övre delarna av det avrinningsområdet som omfattar Pölsebo, Säterigatan och öst om Bratteråsberget. Motsvarande skillnader är ca 2-3 m i de lägre delarna, i närheten av planerad bansträckning. Grundvattenytan bedöms i huvudsak ligga 1–8 m under markytan i jord och 2-11 m under markytan i berg.

5.1.4 Grundvattenströmning

Ett huvudavrinningsområde som berör den del av Hamnbanan som behandlas i denna Tekniska Beskrivning har identifierats, se bilaga 1 figur B1-005. Grundvattendelarna antas här i stort sett sammanfalla med ytvattendelare i området. Ytvattendelare för delavrinningsområden i detta huvudavrinningsområde har identifierats utifrån topografi och höga bergslägen. Grundvattenströmningen i området sker generellt från höjdområden i norr, i riktning ner mot Göta älv i söder.

5.1.5 Grundvattenkemi

Vattenprov i jord har tagits för kemisk-fysikalisk analys i samband med tre provpumpningar genomförda i Pölsebo (väst om Krokängsberget), vid Säterigatan (mellan Krokängsberget och Bratteråsberget) samt öst om Bratteråsberget. Halterna för några analyserade parametrar från vattenprover tagna vid slutet av provpumpningarna redovisas i Tabell 5-1.

Tabell 5-1. Analysresultat från slutet av tre utförda provpumpningar i jordbrunnar.

Parameter	Pölsebo	Säterigatan	Öst Bratteråsberget
pH	6,7	7,3	7,3
Hårdhet (°dH)	13	18	23
Alkalinitet (mg/l)	210	370	400
Järn (mg/l)	3,2	3,3	1,1
Klorid (mg/l)	52	49	68
Sulfat (mg/l)	62	58	120

Vattenprov från bergbrunnar har tagits vid kortare pumpningar i hammarborrhål vid Bratteråsberget (två prover) och Krokängsparken (ett prov). Halterna för några analyserade parametrar redovisas i Tabell 5-2.

Tabell 5-2. Analysresultat från kortare provpumpningar i bergbrunnar. Observera att bara tre prov finns och av dessa bara ett för Krokängsberget, varför det sistnämnda får betraktas som osäkert.

Parameter	Bratteråsberget	Krokängsparken
pH	6,8 och 7,8	7,8
Hårdhet (°dH)	1,1 och 7,3	5,6
Alkalinitet (mg/l)	150 och 180	110
Järn (mg/l)	1,2 och 1,9	11
Klorid (mg/l)	11 och 19	23
Sulfat (mg/l)	8,7 och 16	15

5.2 Områdesspecifika hydrogeologiska förhållanden och förutsättningar för planerad anläggning

Nedan följer en beskrivning av områdesspecifika hydrogeologiska förhållanden längs den aktuella järnvägssträckan inom det område där järnvägen ska gå i tunnel eller tråg. Beskrivningen är uppdelad i olika områden beroende på om den planerade konstruktionen går i betongtunnel/tråg eller i bergtunnel, se Figur 5-1. Tabell 2-1 redovisar även konstruktionstyp för varje delsträcka. Beskrivningarna bygger på resultatet av de undersökningar som har genomförts i samband med arbetet med järnvägsplanen samt geologisk information från SGU.

I de konceptuella modellerna i Figur 5-2 till Figur 5-9 redovisas även schaktdjup och spontdjup samt bergtunnlarnas läge i höjddled.

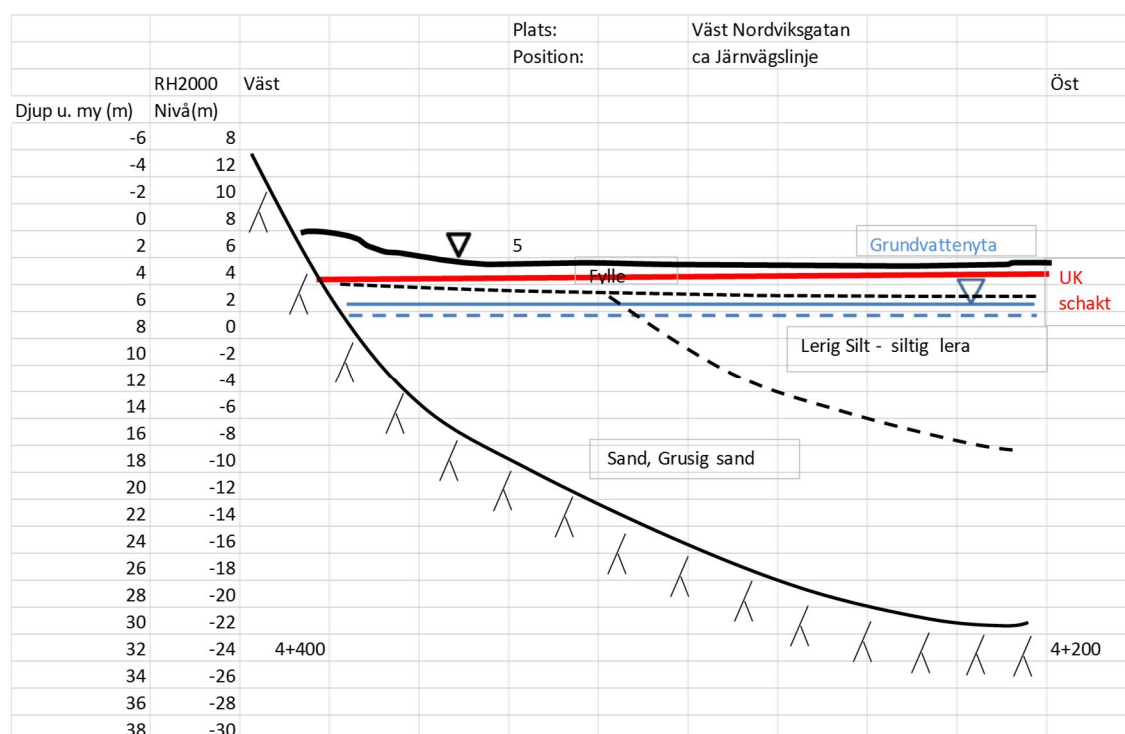


Figur 5-1. Områdesindelning enligt nedanstående beskrivning. Färgerna visar: Grönt=tråg, Röd=betongtunnel och Gul=tunnel i berg

5.2.1 Eriksberg – Väst Nordviksgatan

Vid Eriksberg utgörs konstruktionen av spår på mark som övergår i ett tråg väster om Nordviksgatan. Figur 5-2 visar en konceptuell modell som översiktligt redovisar förhållanden vid planerad bansträckning nära Nordviksgatan. Väster om Nordviksgatan ligger fyllnadsmaterial närmast markytan (ca 0-3 m). Det underlagras av sand och grus ned till berg. Djupet till berg ökar snabbt mot öster. Öster om Nordviksgatan finns lera i ytan. Lerlagrets mäktighet ökar öster ut och det underlagras av mäktiga lager av sand och grus som vilar på berg.

Grundvattennivån ligger drygt 2 m under schaktnivå, vilket innebär att grundvattenförhållandena inte kommer att påverkas av den planerade anläggningen i området.

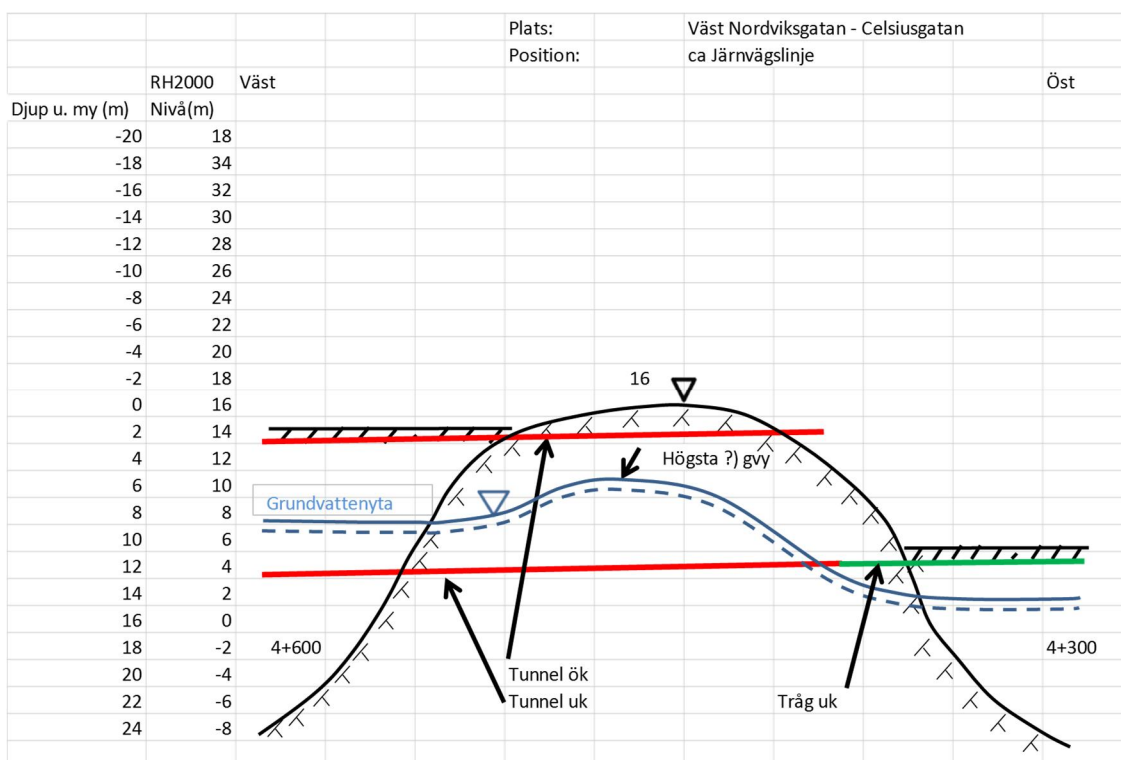


Figur 5-2. Konceptuell modell över lagerföljd vid Nordviksgatan.

5.2.2 Väst Nordviksgatan – Celsiusgatan

Anläggningens konstruktion för den aktuella sträckan utgörs av betongtunnel i bergschakt. Bergsområdet mellan Celsiusgatan och Nordviksgatan bedöms fortsätta österut under Nordviksgatan. Det bedöms vara orsaken till att grundvattennivåerna norr om området där Nordviksgatan korsar planerad bansträckning ligger på nivån +5 m medan grundvattennivån vid bansträckning är ca +1,5 m, se Figur 5-3. Längre västerut ligger grundvattentytan högre inom bergplint och i jordlagren väster om bergplint, se Figur 5-3.

Grundvattennivån i berget är bara delvis känd, men ligger sannolikt över planerad botten på bergschakt.



Figur 5-3. Konceptuell modell över lagerföljd vid Nordviksgatan – Celsiusgatan. Figuren visar även bedömda spont- och schaktdjup vid anläggandet av tunneln/tråg. (? : markerar att uppgiften är osäker)

5.2.3 Celsiusgatan – Bratteråsberget

Konstruktionen i området utgörs av betongtunnel i jordschakt. En konceptuell modell i Figur 5-4 visar förhållanden vid planerad bansträckning mellan Bratteråsgratan och Celsiusgatan.

Området var tidigare en grustäkt som är återfylld med material av okänt ursprung och sammansättning. Djupet till den gamla täktbotten varierar, men tolkningen indikerar att den ligger på nivån ca +9 m. Tolkningen är dock osäker. Fyllnadsmaterial har lagts upp till en nivå över den ursprungliga markytans nivå.

Närmast under markytan finns fyllnadsmaterial/lera med mäktigheten 0 till ca 6 m. Det underlagras av lerig silt/siltig lera som i den centrala delen har mäktigheten från ca 3-4 till 7-12 m. Skikt med förhöjd vattengenomsläpplighet förekommer. Under detta lager finns sand med inslag av grus ner till ca 30 m under markytan. Detta lager vilar på berg. Tolkningen om fyll/silt/siltig lera härrör sannolikt från vad som återfyllts i grustäkten. Grustäktens utbredning och djup har inte framgått av inventerat underlag. SGUs jordartskarta indikerar att grövre friktionsmaterial kan finnas i östra delen medan materialet i den västra delen är mer sandigt. I den övre delen av friktionslagret kan det finnas block enligt SGU (1924). Detta indikeras av att block, som påträffades i samband med täktverksamheten, finns lagda i kanten av den före detta grustäkten.

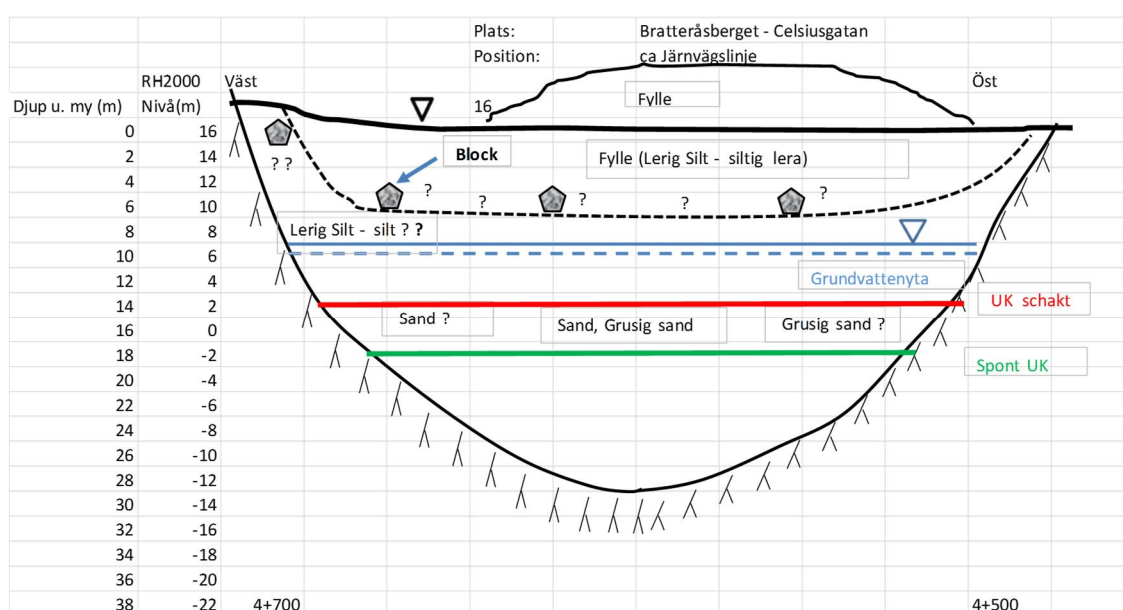
Den vertikala hydrauliska konduktiviteten är sannolikt lägre än den horisontella i lagret med silt, dvs. det är anisotropa egenskaper. Hydraulisk anisotropi kan sannolikt även förekomma i det underliggande sand och grus lagret.

Grundvattenmagasinet i jordlagren sträcker sig sannolikt långt norr- och söderut och grundvattenbildningen bedöms främst ske i randområdena till avrinningsområde 5 och 8, se bilaga 1, B1-005. De närliggande områdena med sand och isälvs sediment är dock

sannolikt mest betydande ur grundvattenbildningssynpunkt. Både norr- och söderut är det undre grundvattenmagasinet sannolikt betydligt bredare än vad det är vid planerad bansträckning, se bilaga 1, B1-005.

Planerad schaktbotten ligger flera meter under uppmätt grundvattennivå i området. Spontdjupet är ytterligare några meter djupare. Detta medför att anläggningen till stor del kommer att ligga under grundvattenytan. Den planerade betongtunneln kommer i driftskedet att medföra att den grundvattenförande sektionen minskar till ca 60 % av den ursprungliga mäktigheten. Under byggskedet minskar den grundvattenförande sektionen ytterligare på grund av spont för schakt. Sätts spont ner till djup som visas i Figur 5-4 minskar vattenförande sektionen till ca 35 % av den ursprungliga mäktigheten. I ett byggskede måste spontdjup detaljstuderas och dämningseffekten kan bli annorlunda än vad som anges ovan.

Anläggningen kan därför påverka grundvattenförhållandena i området om inte åtgärder vidtas för att förhindra detta.



Figur 5-4. Konceptuell modell över lagerföljd. Bratteråsgatan till Celsiusgatan. Figuren visar även bedömda spont- och schaktdjup vid anläggandet av tunneln/tråg. (?, ?? : markerar att uppgiften är osäker.)

5.2.4 Bratteråsberget

Genom Bratteråsberget utförs tunneln som en bergtunnel. Denna ansluter till betongtunnlar på båda sidor av berget.

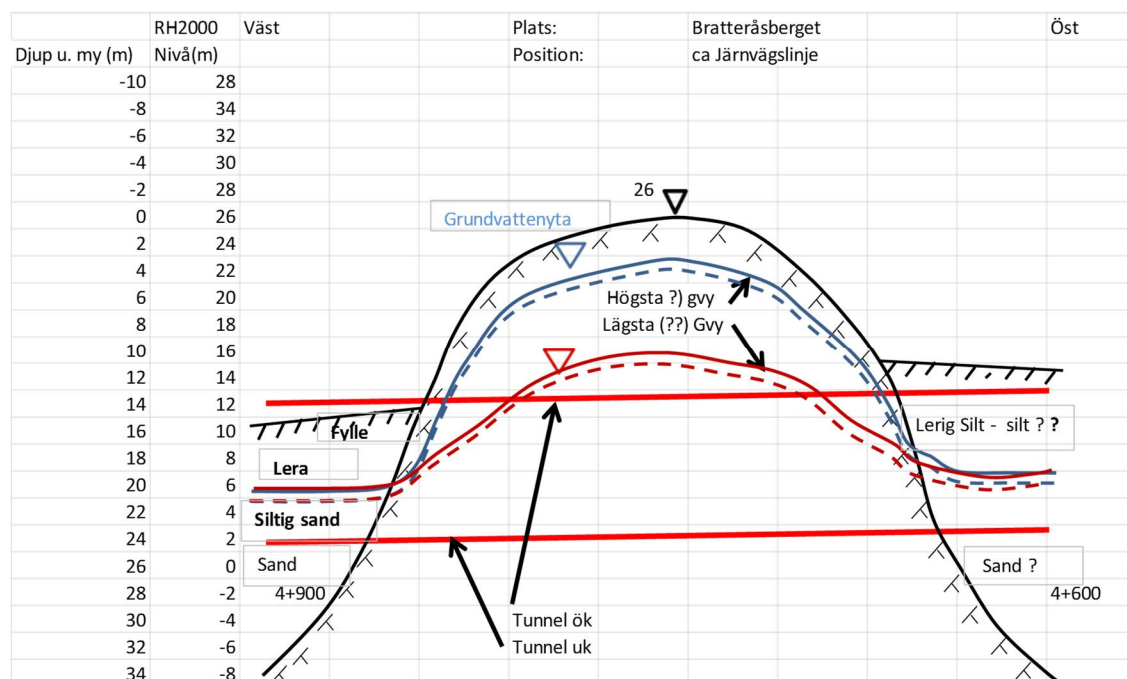
En konceptuell modell i Figur 5-5 och Figur 5-6 visar hydrogeologiska förhållanden vid planerad bansträckning genom Bratteråsberget.

I berggrunden förekommer grundvatten i sprickor. De vattenförande sprickorna och sprickzonerna finns främst i riktningen nord-syd. Sprickorna uppvisar medelbrant till brant västlig stupning. Grundvattennivån i Bratteråsberget är påverkad av befintliga dränerande anläggningar.

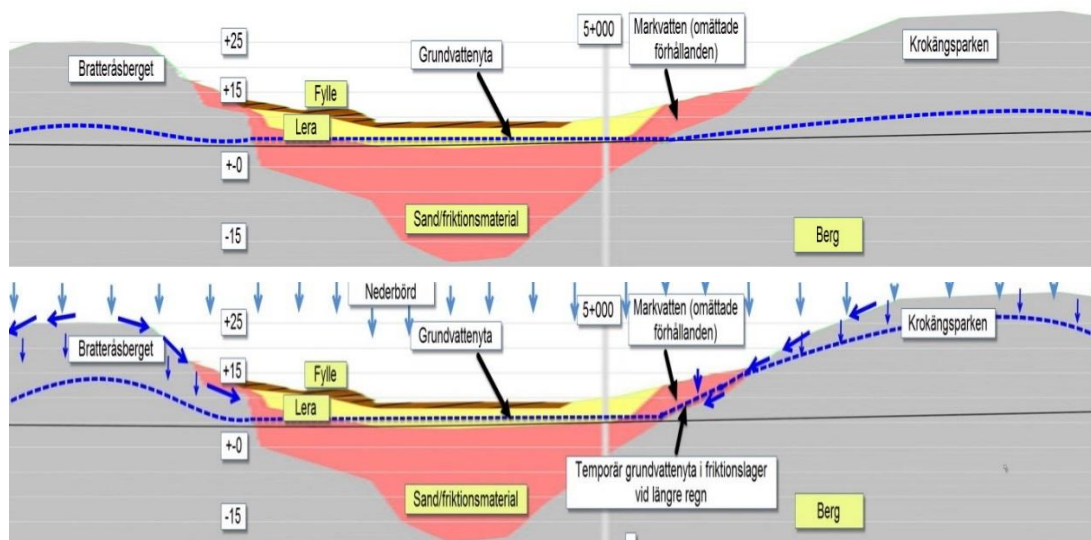
Grundvattennivån i berget varierar med nederbördsförhållandena. Under perioder utan nederbörd ligger grundvattennivån i berget lågt beroende av dränering via sprickor som kommunicerar med omgivande jordlager. Under perioder av mer ihållande regn sker dels en påfyllnad av vatten i de grunda jordfyllda svackorna och dels en direkt avrinning mot omgivande jordtäckta områden. Grundvattennivån i berget höjs under sådana perioder

relativt snabbt, men sjunker sedan undan efter att regnet upphört. I de jordfyllda svackorna finns under långa perioder inget fritt grundvatten, utan vattnet utgörs av kapillärt bundet vatten. Samma förhållanden gäller sannolikt de tunna jordlagren på bergets sidor ner mot de mer mäktiga jordlagren. Under mer ihållande regn genereras ett grundvattenflöde i dessa lager från direkt nederbörd och ytavrinning från bergsområden uppströms jordlagren. En tid efter ett ihållande regn finns bara kapillärt bundet vatten. Dessa förhållanden illustreras i Figur 5-6.

Grundvattennivån i berget är bara delvis känd men ligger sannolikt över planerad botten på tunnel. Det innebär att grundvatten kan läcka in i tunneln genom sprickor.



Figur 5-5. Konceptuell modell över Bratteråsberget. Figuren visar även överkant och underkant på bergtunnel. (? och ?? : markerar att uppgiften är mer eller mindre osäker .)



Figur 5-6. Konceptuell modell över Krokängsberget och Bratteråsberget.

5.2.5 Bratteråsberget – Krokängsberget

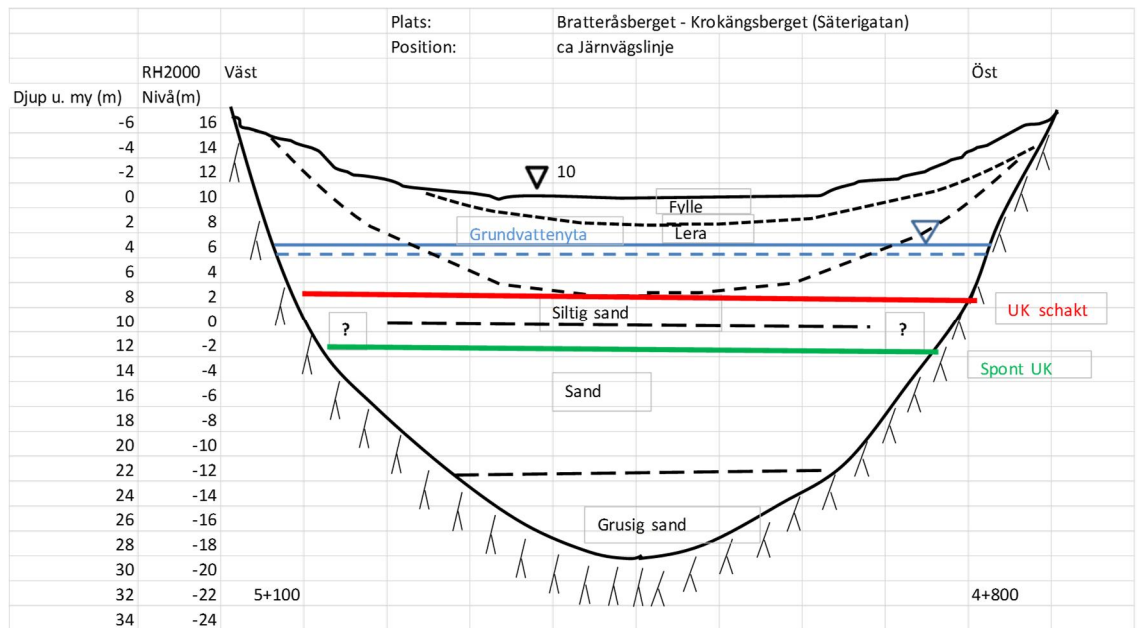
Mellan bergsområdena kommer tunneln att utföras som en betongtunnel i jordschakt. En konceptuell modell i Figur 5-7 visar översiktliga hydrogeologiska förhållanden vid planerad bansträckning. Närmast markytan finns fyllnadsmaterial/lera (djup 0-ca 2 m). Det underlagras av lera/siltig lera som kan beskrivas som lera med siltskikt med varierad mäktighet (i central delen ca 2-8 m). Under leran finns siltig sand (8-10 m) och sand (10-18 m) som i de djupaste delarna övergår till sandigt grus/grusig sand (18-26 m) på berg. Lerlagret tunnare ut och bedöms försvinna helt nära Krokängsberget. Uttunnning av lerlagret bedöms ske även i östra delen mot Bratteråsberget. Friktionsmaterialet under leran bedöms finnas på bergytan över hela dalgången. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan finnas i leran.

Sannolikt är den vertikala hydrauliska konduktiviteten lägre än den horisontella i lagret med lera, men hydraulisk anisotropi kan sannolikt även förekomma i de underliggande sand- och gruslagren.

Grundvattenmagasinet i jordlagren sträcker sig sannolikt långt norr- och söderut och grundvattenbildningen sker till största delen i randområdena till avrinningsområde 5, se bilaga 1, B1-005. Både norr- och söderut är det undre grundvattenmagasinet bredare än vad det är vid planerad bansträckning, se bilaga 1, B1-005.

Planerad schaktbotten ligger flera meter under uppmätt grundvattennivå i området. Spontdjupet är ytterligare några meter djupare. Detta medför att anläggningen till stor del kommer att ligga under grundvattenytan. Den planerade betongtunneln kommer i driftskedet att medföra att den grundvattenförande sektionen minskar till ca 65 % av den ursprungliga mäktigheten. Under byggskedet minskar den grundvattenförande sektionen ytterligare på grund av spont för schakt. Sätts spont ner till djup som visas i Figur 5-7 minskar vattenförande sektionen till ca 40 % av den ursprungliga mäktigheten. I ett byggskede måste spontdjup detaljstuderas och dämningseffekten kan bli annorlunda än vad som anges ovan.

Anläggningen kan därför påverka grundvattenförhållandena i området om inte åtgärder vidtas för att förhindra detta.



Figur 5-7. Konceptuell hydrogeologisk modell över området mellan Bratteråsberget i öster och Krokängsparken i väster. Figuren visar även bedömda spont- och schaktdjup vid anläggandet av tunneln/tråg. (? och ?? : markerar att uppgiften är mer eller mindre osäker.)

5.2.6 Krokängsberget

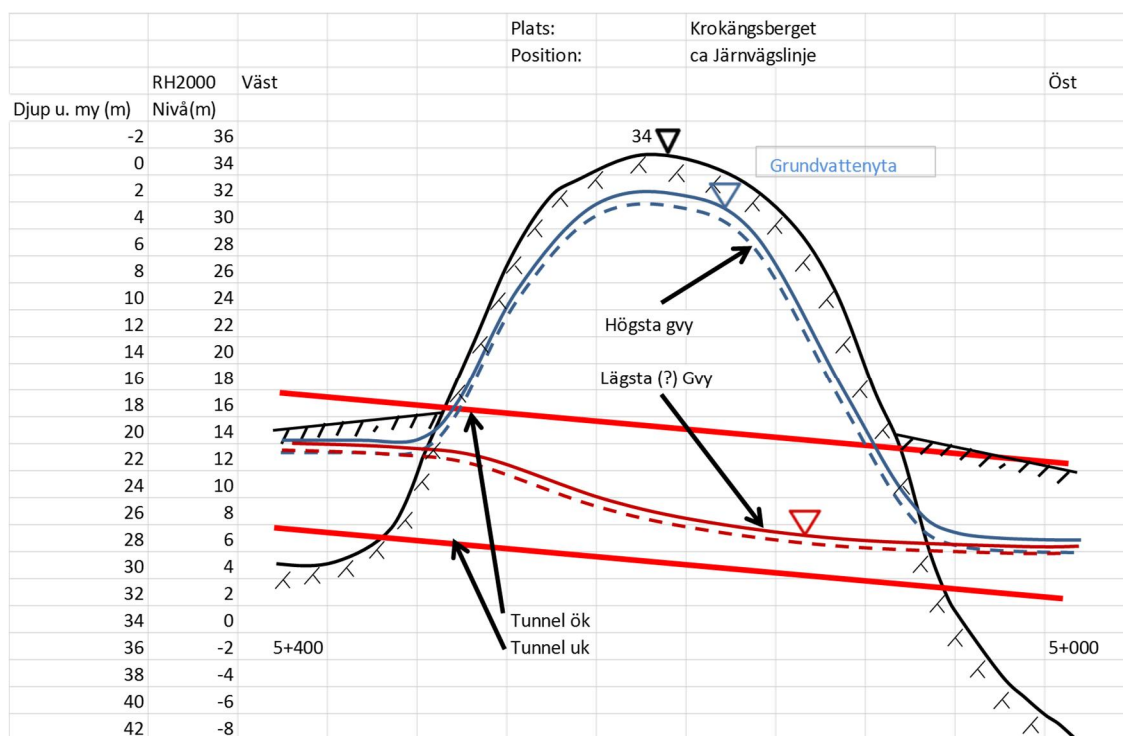
Genom Krokängsberget utförs tunneln som en bergtunnel. Denna ansluter till betongtunnlar på båda sidor av berget.

En konceptuell modell i Figur 5-8 visar översiktligt de hydrogeologiska förhållandena vid planerad bansträckning genom Krokängsparken.

I berggrunden förekommer grundvatten i sprickor. De vattenförande sprickorna/zonerna finns främst i riktningen nord-syd. Sprickorna uppvisar medelbrant till brant västlig stupning. Grundvattennivån i Krokängsberget är påverkad av befintliga dränerande anläggningar.

Grundvattennivån i berget varierar med nederbördsförhållandena. Under perioder utan nederbörd ligger grundvattennivån i berget lågt beroende av dränering via sprickor som kommunicerar med omgivande jordlager. Under perioder av mer ihållande regn sker dels en påfyllnad av vatten i de grunda jordfyllda svackorna och dels en direkt avrinning mot omgivande jordtäckta områden. Grundvattennivån i berget höjs relativt snabbt under sådana perioder, men sjunker sedan undan efter att regnperioden upphört. Mätningar i ett borrhål visar på mycket stora variationer i grundvattennivå, vilket illustreras i Figur 5-8. I de jordfyllda svackorna finns under långa perioder inget fritt grundvatten, utan vattnet utgörs av kapillärt bundet vatten. Samma förhållanden torde gälla de tunna jordlagren på bergets sidor ner mot de mer mäktiga jordlagren. Under mer ihållande regn genereras ett grundvattenflöde i dessa lager från direkt nederbörd och ytvavrinning från bergsområde uppströms jordlagren. En tid efter ett ihållande regn finns bara kapillärt bundet vatten.

Grundvattennivån i berget är bara delvis känd men ligger sannolikt över planerad botten på tunnel. Det innebär att grundvatten kan läcka in i tunneln genom sprickor.



Figur 5-8. Konceptuell hydrogeologisk modell över Krokängsberget. Figuren visar även överkant och underkant på bergtunnel. (? och ?? : markerar att uppgiften är mer eller mindre osäker)

5.2.7 Väster Krokängsberget/Pölsebo, Pölsebo

På Krokängsbergets västra sida övergår bergtunneln i betongtunnel som i sin tur övergår i betongtråg vid sektion 5+510.

En konceptuell modell i Figur 5-9 visar förhållandena vid planerad bansträckning vid Pölsebo. Närmast markytan finns fyllnadsmaterial/lera (djup 0-ca 3 m). Det underlagras av lera/siltig lera som kan beskrivas som lera med siltskikt med varierad mäktighet (från 3 m ner till 4 - 7 m). Under leran finns siltig sand som i de djupaste delarna övergår till en grövre sand med grusinslag (från 4-7 ner till 6-16 m) på berg. Lerlagret tunnare ut och bedöms försvinna helt nära Krokängsberget. Uttunnning av lerlagret bedöms ske även i västra delen och vid det uppstickande berget centralt i området. Friktionsmaterialet under leran bedöms finnas på bergytan över hela dalgången. Tunna skikt med förhöjd genomsläpplighet kan också finnas i leran.

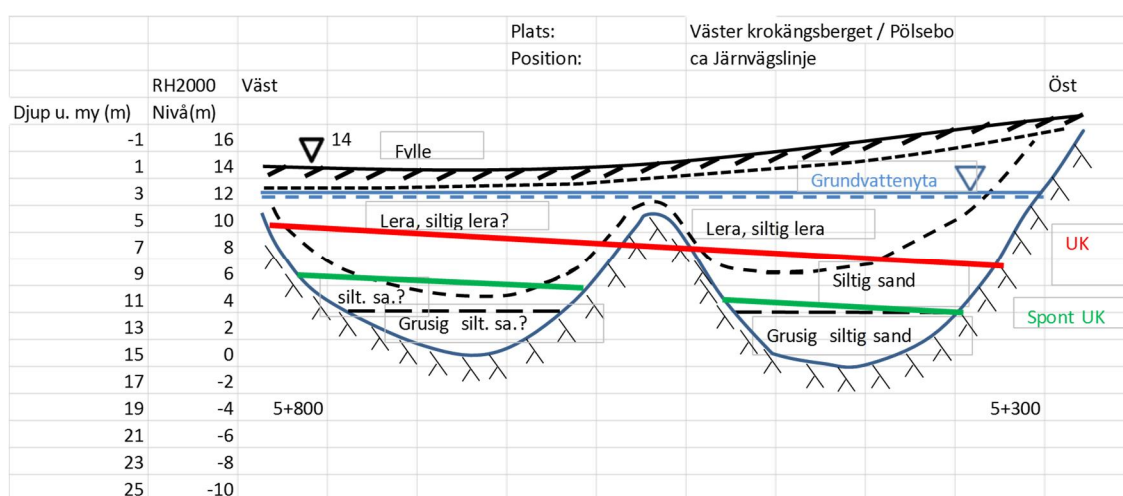
Sannolikt är den vertikala hydrauliska konduktiviteten lägre än den horisontella i lagret med lera och siltig lera, men hydraulisk anisotropi kan sannolikt även förekomma i det underliggande sand- och gruslagret.

Grundvattenmagasinet kan delas upp i två bassänger se Figur 5-9. Jordlagren i den östra bassängen har begränsad utbredning norrut eftersom bergnivån ligger högre där. Grundvattenbildningen sker till stor del genom avrinning från Krokängsberget, men jordlagren norr och väster om magasinet bidrar också. Variationerna av grundvattennivån är dock större och snabbare i den östra delen jämfört med den västra varför bedömningen är att det är främst Krokängsberget som bidrar till den största grundvattenbildningen.

Grundvattenmagasinet i jordlagren i den västra bassängen sträcker sig långt norrut och grundvattenbildningen sker sannolikt främst i den västra delen med sand i markytan inom avrinningsområde 5, se bilaga 1, B1-005. Den östra delen har till stor del grundvattenbildningen inom avrinningsområde 4.

Planerad schaktbotten ligger flera meter under uppmätt grundvattennivå i området, speciellt i den östra delen. Spontdjupet är ytterligare några meter djupare. Detta medför att anläggningen till stor del kommer att ligga under grundvattenytan. Den planerade betongtunneln kommer i driftskedet att medföra att den grundvattenförande sektionen minskar till ca 45 % av den ursprungliga mäktigheten vid östra Pölsebo och till ca 85 % i västra Pölsebo. Under byggskedet minskar den grundvattenförande sektionen ytterligare på grund av spont för schakt. Sätts spont ner till djup som visas i Figur 5-4 minskar vattenförande sektion till ca 0-10 % av den ursprungliga mäktigheten. I ett byggskede måste spontdjup detaljstuderas och dämningseffekten kan bli annorlunda än vad som anges ovan.

Anläggningen kan därför påverka grundvattenförhållandena i området om inte åtgärder vidtas för att förhindra detta.



Figur 5-9. Konceptuell hydrogeologisk modell över området väster om Krokängsparken vid Pölsebo. Figuren visar även bedömda spont- och schaktdjup vid anläggandet av tunneln/tråg. (?markerar att uppgiften är osäker .)

6 Övriga tekniska förutsättningar

På sträckan korsar planerad järnväg ett antal undermarksanläggningar, vilkas exakta läge och funktion omfattas av sekretess. Dessa berörs av utbyggnaden både direkt och indirekt. Några anläggningar kommer att behöva ersättas, innan eller i samband med utbyggnaden av Hamnbanan. Vissa kan kräva restriktioner vid bergschakt och extra bergförstärkningsåtgärder i nya tunnlar. Eventuellt kan även vissa bergförstärkningsåtgärder komma att krävas i dessa befintliga undermarksanläggningar. Utredningar innan byggskede får klargöra behoven av restriktioner och bergförstärkningsåtgärder. Befintliga undermarksanläggningar bedöms påverka grundvattennivåerna längs planerad bansträckning, speciellt i Bratteråsberget och Krokängsberget.

7 Beskrivning av planerad vattenverksamhet

7.1 Övergripande

Byggnationen av Hamnbanan innebär byggverksamhet under nuvarande grundvattenyta. Det innebär dels att grundvatten lokalt behöver ledas bort för att byggnationen ska kunna genomföras och dels att delar av konstruktionen potentiellt kommer att vara dämmande med avseende på grundvattenflödet. Det finns vidare behov av att sänka grundvattennivån i samband med byggskedet i anslutning till planerad järnvägslinje. Vissa av de åtgärder som behövs för att byggnationen ska kunna genomföras på ett säkert sätt är att betrakta som vattenverksamhet. Dessa åtgärder sammanfattas nedan och utvecklas vidare i kommande kapitel.

7.2 Byggskede

Vid drivning av bergtunnlarna kommer grundvatten att läcka in i tunnlarna. Dessutom kommer processvatten att användas vid borrar och injektering samt vid renspolning av tunnlarnas väggar, tak och losshållet berg. Bortledning av inläckande grundvatten samt processvatten kommer att ske genom länshållning.

Inläckaget till bergtunnlarna har beräknats i bilaga 5. För injekterade tunnlar beräknas inläckaget av grundvatten till järnvägstunnel och arbetstunnel genom Bratterås berget vara ca 11 L/min. Motsvarande inläckage till järnvägstunneln genom Krokängsberget är ca 12 L/min. En säkerhetsmarginal på 30 % har lagts på de beräknade värdena för byggskede. Detta på grund av osäkerheter i bedömningar för byggskedet, dels med avseende på påverkan från den parallella drivningen av Gryaabs transporttunnlar, men framförallt beroende på hur högt det pådrivande grundvattentrycket i bergets sprickor är. Inläckagen för byggskedet har därför bedömts till maximalt 15 L/min och 16 L/min (Bratterås resp Krokängsparken).

Vid schakter i jord och berg kommer inläckande grundvatten att ledas bort tillsammans med det processvattnet som nyttjas för arbete i samband med schakterna och det nederbördsvattnet som hamnar i schakterna. Vid nyttjande av standardspont beräknas grundvatteninläckage till schakter i jord till ca 70 L/min till schakt vid Celsiusgatan – Bratteråsberget, ca 40 L/min till schakt vid Bratteråsberget -Krokängsberget och ca 140 L/min till schakt Väster om Krokängsberget/ Pölsebo.

Grundvatteninläckage till schakt i berg, Väst Nordviksgatan – Celsius gatan beräknas till ca 6-60 L/min, beroende på om schakt injekteras eller ej.

Byggnation bedöms inte kunna genomföras genom att enbart sänka grundvattennivån med hjälp av pumpning i brunnar och pumpgröpar så att schakterna blir torra. Detta på grund av att sådan pumpning skulle orsaka stora avsänkningar av grundvattennivåerna, vilket sannolikt skulle medföra alltför negativa konsekvenser för byggnader och växtlighet i omgivningar. För att kunna reglera grundvattennivåerna inom acceptabla nivåer utanför schakterna, installeras såväl pumpbrunnar som infiltrationsbrunnar i lämpliga lägen utanför jordschakterna.

7.3 Driftskede

I driftskedet kommer inläckande grundvatten från tunnlar och schakt att rinna med självfall till lågpunkt för att sedan ledas vidare till dagvattensystemet. Lågpunkt med pumpstation kommer att finnas mellan Krokängsberget och Bratteråsberget i sektion 4+880. Läckaget till bergtunnlarna beräknas vara i samma storleksordning som i byggskedet; för järnvägstunnel och arbetstunnel genom Bratteråsberget; ca 11 L/min och för järnvägstunneln genom Krokängsberget; ca 12 L/min.

Betongtunnlarna kommer att vara täta och bidrar inte till något inläckage som måste avledas.

7.4 Alternativa tekniska åtgärder

I byggskedet för betongtunnlar är det nödvändigt att sänka grundvattennivån i byggschaktet. Det är samtidigt viktigt att upprätthålla grundvattennivåerna inom områden utanför schaktet. För att uppnå detta utförs en teknisk lösning med pumpbrunnar och infiltrationsbrunnar. Sådana anläggningar ingår i den planerade vattenverksamheten. En teknisk åtgärd för detta beskrivs i 8.1.2.

7.5 Följdverksamheter

Följdverksamheter är hantering av vatten, masshantering och krossning av bergmassor.

Det processvatten som används vid drivning av bergtunnlar kommer, tillsammans med inläckande grundvatten, att ledas till avlopps nätet för behandling. Kvävehalten i länshållningsvattnet som genereras vid sprängning kan innehålla höga kvävehalter. Bortledning sker efter avskiljning av partiklar och olja samt pH-justering och kommer att följa de anvisningar som ges av huvudman för va-anläggningen. Mängden vatten som kommer att avledas från respektive bergtunnel har beräknats enligt Tabell 8-2.

I schakterna för betongtunnlar och tråg bildas länshållningsvattnet, d.v.s. processvatten, inläckande grundvatten samt nederbörd. I schakterna blandas vattnet upp med jordpartiklar och med eventuellt spill och markföroreningar. Länshållningsvattnet kommer, efter lokal rening, att avledas via dagvattennätet till Göta älv. All hantering av länshållningsvattnet kommer att ske i enighet med det kontrollprogram som kommer att upprättas inför byggskedet.

Metoder för lokal rening redovisas i bilaga 6.

Hantering av vatten och bergmassor samordnas med motsvarande arbeten i entreprenaden för Gryaabs transporttunnlar. Ingen krossning planeras inom arbetsområdena utan massorna kommer efter transport att krossas på närbelägen krossanläggning.

8 Omgivningspåverkan och skyddsåtgärder

8.1 Byggskedet

Påverkan i form av inläckage, pumpningar och infiltrationer ger effekter på grundvattennivåer och medför flöden som måste hanteras innan de släpps till recipient. Grundvattennivåförändringar och flöden som hanteras ger konsekvenser för på miljö, anläggningar och skyddsobjekt. Dessa konsekvenser diskuteras inte i denna tekniska beskrivning utan redovisas i Ansökan om vattenverksamhet, bilaga 5 Miljökonsekvensbeskrivning.

8.1.1 Generellt

Grundvattennivåförändringar kan eventuellt påverka fastigheter norr och öster om Bratteråsberget, mellan Krokängsberget och Bratteråsberget samt i Pölsebo.

Betongtunnlar och tråg behöver i huvudsak grundförstärkas för att inte skadliga rörelser ska uppkomma och för att inte störande vibrationer ska genereras i driftskedet. Med hänsyn till grundvattensituationen i området behöver åtgärder utföras såväl för byggskedet som för driftskedet.

Under byggskedet kommer djupa schakter, upp till 20 m, att anläggas för byggnation av betongtunnel inklusive bergtunnelpåslag. Omfattande temporära stödkonstruktioner som t.ex. spont i kombination med tätkaka på schaktbotten kan utföras för att stabilisera schaktslänter och undvika grundvattensänkning i området under byggskedet. Tekniska lösningar behöver också utformas så att inte dämning uppkommer under driftskedet då den grundvattenförande jordmaktigheten minskar på grund av betongtunneln vilket kan påverka grundvattenbalansen i området och orsaka höjda grundvattennivåer.

Förutsättningarna för att bygga brunnar för att kunna styra grundvattennivåerna under byggskedet, inom de ramar som fastställs i ett kontrollprogram, bedöms som goda i kombination med spont och med tätkaka av cement på schaktbotten. Andra lösningar, t.ex. utan tätkaka och släntschakt, kräver mer markutnyttjande och kan vara genomförbara på grund av risker.

Det kan finnas svårigheter med att driva ned spont på grund av t.ex. block och fyllnadsmassor. Det kan därför lokalt krävas temporära lösningar under byggskede med pump- och infiltrationsbrunnar för att kunna utföra åtgärder som leder till att spont kan drivas till erforderligt djup. Bedömningen är att det i huvudsak är goda förutsättningar att bygga brunnar, förutom strax väster om Bratteråsberget där friktionsjordlagets mäktighet är begränsat.

Övergångar mellan berg- och betongtunnlar (bergtunnelpåslag) behöver tätas för att motverka inläckage av grundvatten som skulle kunna orsaka oönskade grundvattennivåsänkningar inom ett större område. I bilaga 4 redovisas hur övergångar mellan berg- och betongtunnel utföras enligt systemhandling, vilket är ett exempel på utförande.

Arbetsutförandet ska kompletteras med kontrollprogram som anger parametrar att kontrollera, var kontrollpunkterna finns, kontrollfrekvenser, mätmetoder, rapportering som är kopplade till åtgärder främst i anslutning till schaktområdena, men även i närområdet till schakter under byggskedet. Anläggningen ska tillsammans med skyddsåtgärder utformas så att risk för såväl dämning som grundvattensänkning minskas i driftskedet.

Etappindelning, produktionsplanering och logistik inom arbetsområdena i byggskedet påverkar i hög grad utförandet och kan innebära att åtgärder behöver förändras.

I följande kapitel redovisas bedömd påverkan i mer detalj utifrån de förutsättningar som nämnt ovan.

8.1.2 **Avsänkning av grundvattennivåer**

Jordschakt för betongtunnlar och tråg

Inom bansträckningen finns ett undre grundvattenmagasin i jord av sådan storlek och beskaffenhet att sänkta grundvattennivåer i samband med byggskedet kan medföra att skada uppkommer på bebyggelse och naturmiljö, om inte åtgärder vidtas. Planerade betongtunnlar/betongtråg kommer helt eller delvis att ligga under grundvattennivån.

Om inga skyddsåtgärder genomförs medför detta principiella förändringar i grundvattennivån under ett byggskede. Det vatten som läcker in i schaktet pumpas och leds bort, vilket resulterar i en avsänkning av grundvattenytan uppströms och nedströms schaktet.

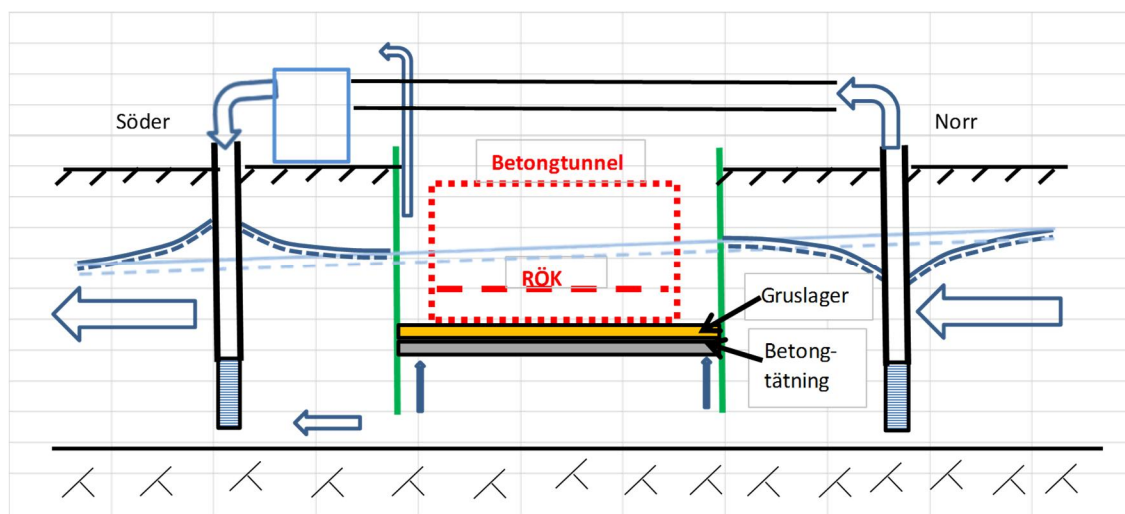
Om inga skyddsåtgärder genomförs i samband med byggskedet beräknas det område som kan komma att påverkas genom grundvattennivåsänkning att sträcka sig minst 1 km från betongtunneln/tråget både i riktning mot norr och mot söder. I projektet kommer skyddsåtgärder att genomföras och det är därför inte aktuellt att redovisa detta påverkansområde närmare.

För att begränsa mark som tas i anspråk används spont på båda sidorna av schaktet. För att begränsa påverkan till följd av inläckage av grundvatten med sänkta grundvattennivåer som följd gjuts en tät betongkaka mellan sponten enligt Figur 8-1. För jordschakter väster om Krokängsberget är det möjligtvis mer fördelaktigt att driva spont ner till berg och utesluta tätkaka.

Sponten i sig begränsar den vattenförande sektion och medför en dämmande effekt på grundvattenströmningen. Under konstruktionsskedet kommer den vattenförande sektionen minska till ca 60 % av den ursprungliga öster om Bratteråsberget, till ca 65 % av den ursprungliga vid Säterigatan och till ca 0-10 % vid östra Pölsebo och ca 20 % i västra Pölsebo. Sätts sponten ner till berg vid Pölsebo minskar givetvis flödet till 0 %.

Under konstruktionsfas installeras ett antal pumpbrunnar norr om schakt för att bibehålla nuvarande grundvattennivåer uppströms konstruktionen. Infiltrationsbrunnar anläggs söder om schakt för återinfiltration av grundvattnet och på så sätt bibehålla grundvattennivåerna nedströms tunnelschakten. Pumpbrunnar och infiltrationsbrunnar anläggs i första hand inom arbetsområdet för järnvägsplanen.

För att sänka grundvattennivån i schakter och samtidigt begränsa avsänkningen av grundvattennivåer utanför schakter och därmed begränsa påverkansområdet föreslås en teknisk åtgärd likt den som redovisas i Figur 8-1 och som beskrivs nedan. Detta är även den åtgärd som beskrivs i Systemhandling. Stora pump- och infiltrationsflöden är nödvändiga vilket kräver många brunnar både av hydrauliska skäl och för att säkerställa att säkerhet för schakten uppnås.



Figur 8-1. Schematisk figur av jordschakt inom spont med tätkaka (grå), samt pumpbrunnar och infiltrationsbrunnar för att bibehålla ostörd grundvattennivå. Ostörd grundvattennivå (ljusblå) och grundvattennivå under byggfas (mörk blå). Tunneln grundläggs på packad fyllning, vilket är det samma som ett gruslager (orange) med högre permeabilitet än omgivningen, för att undvika dämning under driftskedet.

För att ytterligare begränsa påverkansområdet kan inläckaget till schakt minskas genom att en tätkaka av betong gjuts mellan spontväggarna där utgrävning utförts (under vatten) till aktuell schaktbottennivå. En mindre mängd grundvatten kan sannolikt ändå läcka in i schaktet och detta måste pumpas ut.

De tekniska åtgärderna bör sannolikt göras något olika för Hamnbanans delsträckor. Vid Pölsebo är friktionsmaterialet relativt tätt, vilket medför att en WellPoint-lösning sannolikt är att föredra framför pumpning och eventuell infiltration. Mellan Krokängsberget och Bratteråsberget samt öster om Bratteråsberget, mellan Celsiusgatan

och Bratteråsberget är det möjligt att bygga brunnar. Det är inte möjligt att i detta skede i mer detalj precisera var brunnar ska byggas och WellPoints ska sättas. Det krävs en mer detaljerad projektering och planering av byggverksamhet än vad som finns tillgängligt med hänsyn till Systemhandling.

Bergschakt väst Nordviksgatan till Celsiusgatan

Grundvattennivåerna vid Nordviksgatan ligger ca 5-6 m lägre än nivåerna i friktionsjorden strax öster om Bratteråsberget, vilket innebär att bergschakt kan verka dränerande mellan dessa områden om det inte förhindras.

Tätning runt betongtråg mot berg samt ridåinjektering av berg med cementbaserade injekteringsmedel minskar effekterna av denna dräneringsväg. Tätning längs en begränsad sträcka av bergschakt nära Celsiusgatan bedöms vara effektiv för att förhindra oönskad dränering. Tätningen runt betongtunnel och ridåinjektering behöver högst motsvara den genomsnittliga hydrauliska konduktiviteten i normalt kristallint berg i Sverige, dvs. en hydraulisk konduktivitet på $< ca 10^{-7}$ m/s.

Byggandet av bergschaktet medför dels att grundvatten läcker in i bergschaktet under byggskedet och dels att det krävs processvatten för borrningarna. Inläckaget av grundvatten påverkar grundvattennivåerna och process- och inläckande grundvatten i tunnarna måste avledas.

Genom injektering av schaktväggar och botten minskas inläckaget av grundvatten till bergschaktet.

Tunnel genom Bratteråsberget och Krokängsberget

Byggandet av tunnarna medför dels att grundvatten läcker in i tunnel under byggskedet och dels att det krävs processvatten för borrningarna. Inläckaget av grundvatten påverkar grundvattennivåerna och processvatten och inläckande grundvatten i tunnarna måste avledas.

Tunnelpåslagen kan lokalt påverka grundvattenförhållandena på så sätt att marklagren dräneras mot tunnelpåslagen och att jordlagren får något lägre genomsnittlig vattenhalt mot vad som råder idag. Barriär ovan tunnelmynningen under byggskedet kan leda ytavrinningen så att det inte rinner ner i tunnelpåslag utan leds till omgivande marklager. Det minskar risken att träd nära schakt och tunnelpåslag kommer att utsättas för längre perioder än idag med enbart kapillärt bundet vatten.

Tätning av bergtunnlar kommer att utföras genom en kontinuerlig förinjektering på alla bergtunnelsträckor. Övergångar mellan berg- och betongtunnel (bergtunnelpåslag) ska tätas för att motverka inläckage av grundvatten som skulle kunna orsaka oönskade grundvattennivåsänkningar inom ett större område. I bilaga 4 redovisas hur övergångar mellan berg- och betongtunnel utföras enligt systemhandling, vilket är ett exempel på utförande.

Arbetstunnel tätas på motsvarande sätt som tågtunnel. Om jordschakt väljs istället för arbetstunnel för att nå bergpåslag för järnvägstunnel, skall jordschakt utföras på liknande sätt som för schakt för betongtråg mellan Bratteråsberget och Krokängsberget för att minimera omgivningspåverkan.

8.1.3 Dämning av grundvattennivåer

Anläggandet av betongtunnel och betongtråg kan även medföra risk för dämmande effekter på grundvattennivån uppströms konstruktionen och därmed kan grundvattnets flödesvägar påverkas, vilket kan medföra en viss sänkning nedströms konstruktionen. En betongtunnel eller ett betongtråg kommer att minska det grundvattenförande lagrets mäktighet, vilket kan medföra dämmande effekter på grundvattennivån uppströms. I byggskedet kommer spontdjupet att vara djupare än schaktbotten, vilket ytterligare minskar mäktigheten på det vattenförande lagret. Hur stor denna minskning är varierar

mellan olika tunnelsträckor. Höjda grundvattennivåer kan främst påverka värdefulla träd nära tunneln. Trädens anpassningsförmåga till höjda grundvattennivåer är sämre än till sänkta grundvattennivåer. Anpassar sig träden till lägre grundvattennivåer under en längre period genom att trädens rötter söker sig till djupare nivåer, kan träden skadas när grundvattenytan återtar sin ursprungliga nivå.

Dämning uppströms schakt och eventuellt inläckage av grundvatten till schakt motverkar varandra avseende påverkan på grundvattennivåer.

8.1.4 **Hydrauliskt påverkansområde**

Det område som kan beröras av sänkta grundvattennivåer benämns här hydrauliskt påverkansområde. Påverkansområdet definieras som det område inom vilket den beräknade grundvattennivåsänkningen i jordlagren överstiger 0,3 m.

Inläckage till tunnlar, bergschakt och jordschakt kommer att orsaka grundvattensänkningar, vars storlek beror de tätningssättser som görs i tunnlar, bergschakter och jordschakter. Planerade tätningssättser och skyddsåtgärder syftar till mer eller mindre bibehålla de grundvattennivåer som finns idag under såväl byggskede som driftskede.

Även om skyddsåtgärder vidtas i samband med byggskedet går det inte att utesluta att ett litet läckage av grundvatten kommer att ske till framförallt schakten, vilket medför lokalt sänkta grundvattennivåer. Det är inte möjligt att i förväg beräkna storleken på något mer exakt sätt av ett sådant inläckage, men krav kommer att ställas på tätning så att grundvattennivåerna ligger inom gränser som fastställs i kontrollprogrammet för att förhindra omgivningspåverkan.

Med antagande om att grundvattenytan kan sänkas ca 1 m utanför anläggningschaktet under en begränsad tid (maximalt några veckor) utan att risk för sättningar uppstår, kan ett inläckage beräknas. Leran i området bedöms, som tidigare har nämnts, vara normal till svagt överkonsoliderad, varför sättningar kan uppstå om grundvattennivån blir varaktigt avsänkt. Bedömningen är emellertid att en begränsad avsänkning under en begränsad tid, motsvarande del av byggskedet, inte medför bestående sättningar. Därför kan en sådan begränsad avsänkning utgöra underlag för att beräkna ett påverkansområde som ger underlag för ett kontrollprogram.

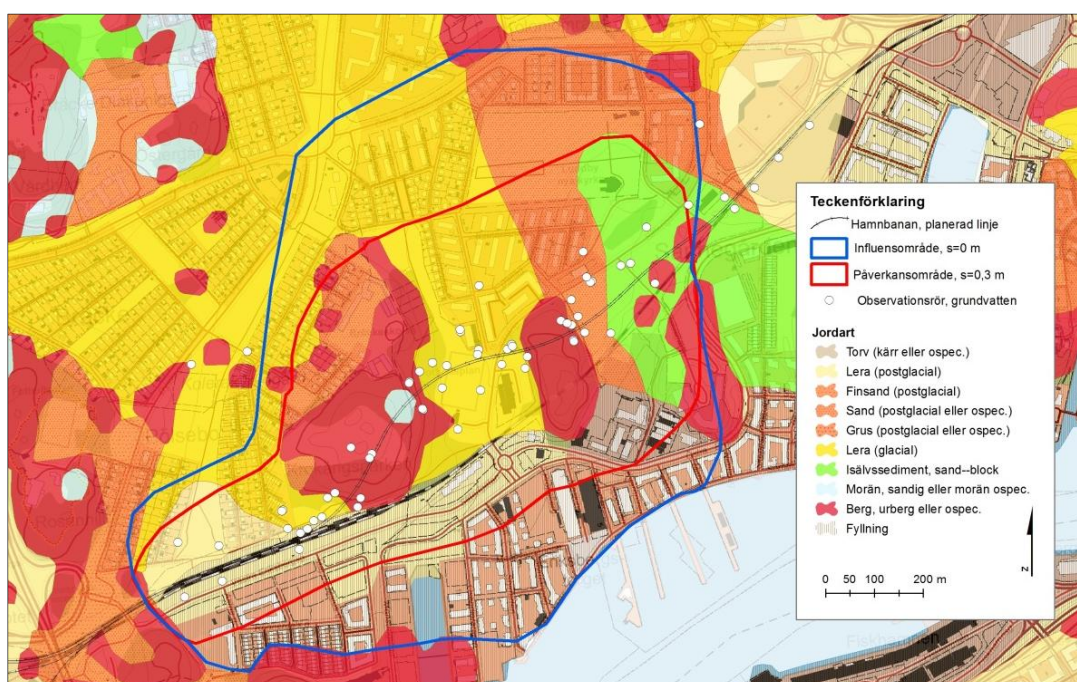
Inläckaget varierar för olika tunnel-sektioner beroende på platsspecifika hydrogeologiska förhållanden. Hydrauliskt påverkansområde har prognosticerats för de olika delsträckorna med betongtunnel/betongtråg, de redovisas i Tabell 8-1, där också flöden redovisas som motsvarar det beräknade påverkansområdet med antagen grundvattensänkning av 1 m utanför spont. Tabell 8-2 redovisar de flöden som beräknas kunna läcka in till tunnlar, bergschakt och jordschakt merhänsyn till planerade tätningssättser.

Inläckage till bergtunnlar bedöms bli mindre än till jordschakter, ca 15 respektive 16 L/min för Batteråsberget och Krokängsberget, se Tabell 8-2. Hydrauliskt påverkansområde bedöms bli mindre än 100 m och i samma storleksordning som under driftskedet, se bilaga 5, eftersom inläckage till tunnarna beräknas vara av ungefär samma storleksordning för bygg- och driftskede.

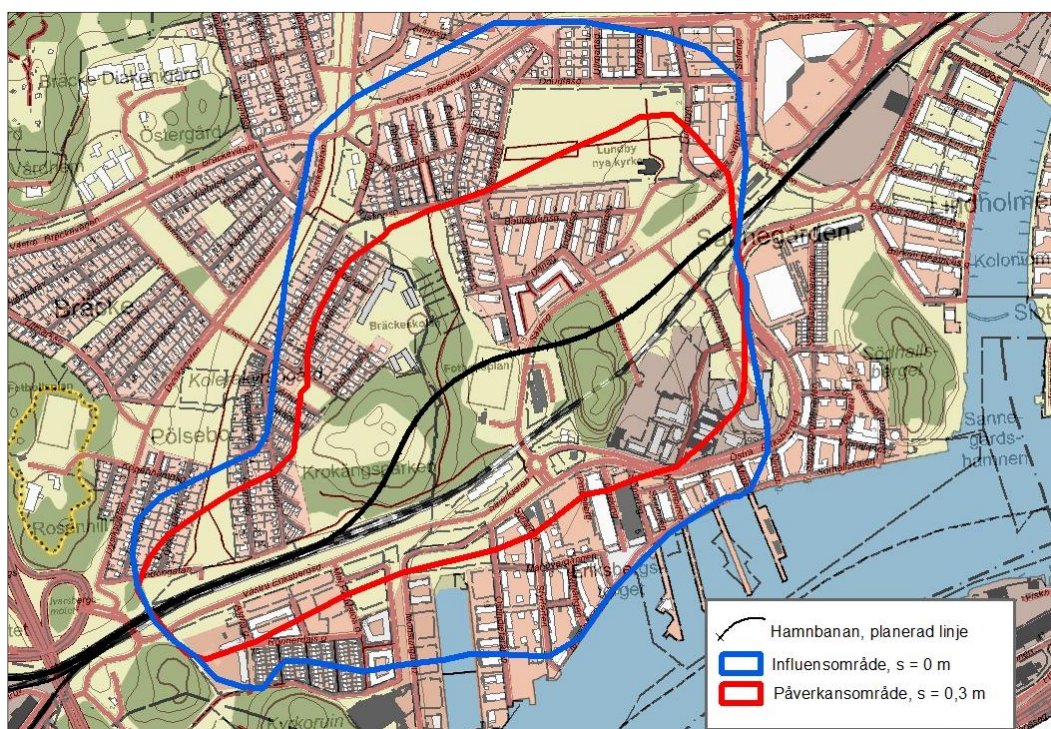
Tabell 8-1. Beräkning av hydrauliskt påverkansområde och flöde mot schakter under byggskedet med antagande om avsänkning utanför spont på i storleksordning 1 m, för sektioner med betongtunnel/tråg när skyddsåtgärder har utförts. OBSERVERA att detta flöde ej motsvaras av det inläckage till schakterna som beräknas ske, utan är bara ett mått på det flöde som kan uppstå vid 1 m avsänkning. Tabell 8-2 visar beräknat inläckage till jordschakt under byggskede. (Påverkansområdet beräknas från schakt mitt.)

Sektion med betong-tunnel/tråg	Längd (m)	Totalt flöde, Q (L/min)	Hydrauliskt påverkansområde r_p (m)
Öster om Bratteråsberget	170	60-420	100-300
Bratteråsberget-Krokängsparken	270	60-360	150-400
Pölsebo, betongtunnel	220	6-30	70-200
Pölsebo, tråg	280	6-30	80-200

Beräknade inflöden till bergtunnlar, som antas injekterade och täta mot betongtunnlar i jord, är väsentligt mindre än de flöden som anges i Tabell 8-2, varför inläckaget till tunnlar har mindre betydelse för att bedöma påverkansområde relativt beräknade flöden till jordschakt. Gränsen för påverkansområde redovisas i Figur 8-2 och Figur 8-3. I figurerna redovisas också influensområdet där avsänkning beräknas vara noll. Beräkningen av maximal påverkan baseras på den högsta skattade hydrauliska konduktiviteten utifrån genomförda provpumpningar i områdena Öster om Bratteråsberget, Bratteråsberget-Krokängsparken samt i Pölsebo.



Figur 8-2 Gränser för det hydrauliska påverkansområdet i byggskedet, vid föreslagna skyddsåtgärder med hänsyn till osäkerhet redovisad som max och min för påverkansgräns. I figuren redovisas även geologin, influensområdet samt befintliga grundvattenobservationspunkter.



Figur 8-3 Gränser för det hydrauliska påverkansområdet i byggskedet, vid föreslagna skyddsåtgärder med hänsyn till osäkerhet redovisad som max och min för påverkansgräns. I figuren redovisas även influensområdet och bebyggelsen i området.

Det beräknade hydrauliska påverkansområdet motsvarar ett område där grundvattennivån kan komma att påverkas under byggskedet av betongtunnlar och betongtråg och där det därför finns risk för att konsekvenser för naturmiljö, bebyggelse mm uppstår. Hur stor risken är beror huvudsakligen på närheten till läckageställena, läckageflöde och skyddsobjektens känslighet samt påverkanstid. Påverkansområdet ska ses som det område som bör beaktas i planering av ett kontrollprogram och bedömningen av vilka naturvärden och fastigheter som kan komma att bli berörda av den planerade vattenverksamheten.

Inom identifierat påverkansområde är det viktigt att kontrollera grundvattennivåerna under projekteringskede, byggskede samt en viss tid under driftskede. För detta krävs ett antal väl placerade observationspunkter för grundvatten. De observationspunkter som redovisas i Figur 8-2 har kompletterats under december 2016, vilket har medfört en heltäckande bild inom det beräknade påverkansområdet med avseende på skyddsobjekt.

8.1.5 Processvatten och inläckande grundvatten från bergtunnlar

Vatten består dels av inläckande vatten till tunnel och dels processvatten som nyttjas för byggproduktion, som kan betecknas som länshållningsvatten. I Tabell 8-2 redovisas beräknat medelflöde av länshållningsvatten. Flödet har beräknats totalt till ca 75 L/min för bergtunnlarna enligt Tabell 8-2. Faktiskt flöde kommer vara något mindre under början av byggskedet eftersom delsträckorna succesivt byggs ut. Momentant kan grundvatteninflödet till bergtunnlar i Bratteråsberget och Krokängsberget vara högre än 15 respektive 16 L/min.

Vid beräkningarna av processvattenbehov har det antagits att ca 0.2-0.3 m³ vatten/m³ vatten behövs per volym berg, och det antas att tunnel byggs under 70-200 dagar.

Länshållningsvatten renas från slam och eventuell olja, samt pH-justeras eventuellt (injektering kan ge förhöjt pH) innan det släpps till avlopps nätet för behandling.

Hantering av länshållningsvatten och beräkning av vilka kvävehalter som sprängningen kan ge på länshållningsvattnet redovisas i bilaga 6.

8.1.6 Länshållningsvatten från schakter

Länshållningsvattnet består av inläckande grundvatten till schakt, nederbörd som faller i schakt samt processvatten som nyttjas för byggproduktion. I Tabell 8-2 och Tabell 8-3 redovisas beräknade länshållningsvattenflöden. I medeltal beräknas länshållningsvattenflödet (grundvatten+processvatten) vara 250 L/minut för jordschakter och ca 98 L/min i bergschaktet enligt Tabell 8-2. Faktiskt länshållningsflöde kommer vara något mindre under början av byggskedet eftersom delsträckorna succesivt byggs ut. Under perioder med nederbörd ökar länshållningsvattenflödet från schakter och uppskattningen av maxflöde som beror av nederbörd är ca 3500 L/min, summerat över alla schakter med antagandet att de är fullt utbyggda, enligt Tabell 8-3. Varaktigheten för maxflödet är beräknad till 2 timmar med återkomsttid 2 år.

Länshållningsvattnet renas från slam och eventuell olja innan det släpps till recipient, vilket är dagvattenssystemet och vidare till Göta älv.

Vid beräkningar av behov av processvatten har det antagits att behovet för bergschakt är ca 0.05-0.15 m³ vatten/m³ berg. Byggtiden uppgår till 70-200 dagar.

Hantering av länshållningsvatten och beräkning av länshållningsvatten som beror av nederbörd redovisas i bilaga 6.

Beräknad mängd processvatten samt inläckande grundvatten till schakterna redovisas i Tabell 8-2.

Tabell 8-2 Beräkning av inläckande grundvatten till schakt för betongtunnel/tråg och till bergtunnel samt beräknad mängd processvatten för byggproduktion. Beräknat inläckage av grundvatten bygger på att de åtgärder som minskar inläckaget har genomförts.

Geografiskt läge	Konstruktionstyp	Längd (m)	Beräknat inläckage (L/min)	Processvatten L/min)	Byggfas tot (L/min)
Eriksberg	Spår på mark	180	0	0	0
Väst Nordviksgatan	Stöd-konstruktioner /Tråg	120	0	0	0
Väst Nordviksgatan – Celsius gatan	Betongtunnel i bergschakt	150	60	38	98
Celsiusgatan - Bratteråsberget	Betongtunnel	170	73	0	73
Bratteråsberget	Bergtunnel Arbetstunnel	90 100	12 3	10 11	22 14
Bratteråsberget - Krokängsberget	Betongtunnel	270	36	0	36
Krokängsberget	Bergtunnel	210	16	23	39
Väst Krokängsberget/ Pölsebo	Betongtunnel	220	99	0	99
Pölsebo	Tråg	280	42	0	42
	Summa tunnel=		31	44	75
	Summa bergschakt=		60	38	98
	Summa jordschakt=		250	0	250

Nederbördsvatten som hamnar i schakterna tillkommer till det länshållningsvatten som ska tas om hand redovisas i Tabell 8-3. Det är beräknade maxflöden, se bilaga 6 för detaljer.

Tabell 8-3. Beräknade maxflöden av länshållningsvatten beroende av nederbörd. Flödet har summerats för de tre olika områdena; öster om Bratteråsberget, mellan Bratteråsberget och Krokängsberget samt väster om Krokängsberget. I = regnintensitet, med varaktighet=120 minuter och återkomsttid 24 månader.

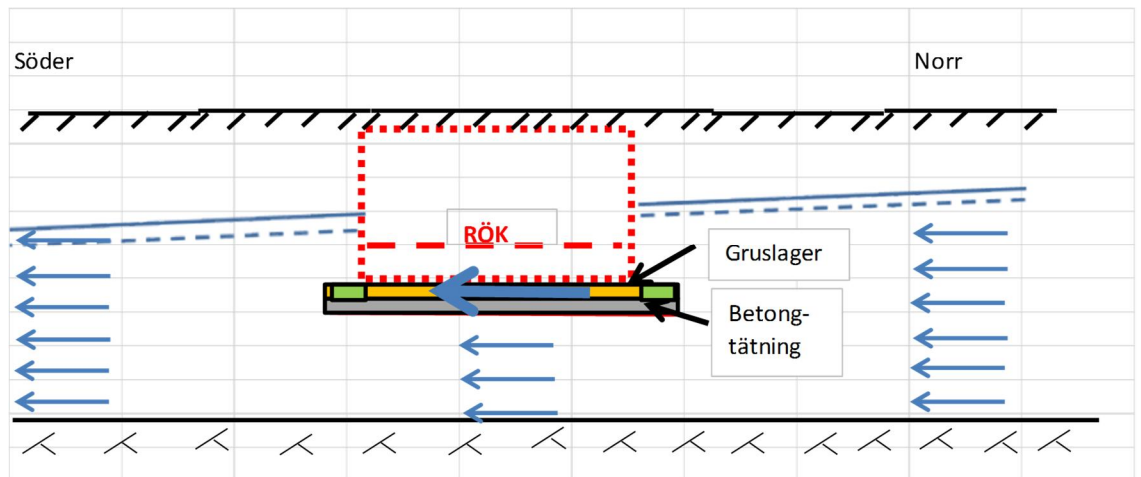
Geografiskt läge/ konstruktionstyp	A (m ²)	I (L/s*ha)	Q (L/s)	Sum. Q (L/s)	Sum Q (L/min)
Väst Nordviksgatan, tråg	3170	26	8.2	30,2	1813
Bergschakt Celsiusg.-Nordviksg.	3963	26	10.3		
Celsiusgatan till Bratteråsberget, btg.-tunnel	4491	26	11.7		
Bratteråsberget till Krokängsberget, btg.-tunnel	5910	26	15.4	15,4	922
Väster om Krokängsberget/Pölsebo- btg.- tunnel	4822	26	12.5	28,5	1709
Pölsebo-tråg	6136	26	16.0		

8.2 Driftskede

8.2.1 Dämning av grundvattennivåer

En betongtunnel eller ett betongtråg kommer till viss del att minska det grundvattenförande lagrets mäktighet och kan därmed orsaka dämning av grundvattenflödet uppströms konstruktionen och ett minskat flöde nedströms. Detta leder till nivåsänkning nedströms. I driftsfasen beräknas den vattenförande sektionen att minska till ca 60 % av den ursprungliga i området öster om Bratteråsberget, till ca 65 % av den ursprungliga mellan Bratteråsberget och Krokängsparken, till ca 45 % av den ursprungliga i Pölsebo öst och ca 85 % av den ursprungliga i Pölsebo väst.

För att bibehålla grundvattennivåer behöver permeabiliteten i jordlagren under betongtunnlar ökas. Genom att utföra en grundläggningssbädd för betongtunneln som har en grövre kornstorlek än det naturliga friktionsmaterialet kan samma genomsläpplighet som det ursprungliga tillståndet bibehållas, se Figur 8-4. Det permeabla lagret, "gruslager" i figuren, kan utföras över eller under tätkakan av betong. Krav på utförande blir dock större om det utförs under tätkakan för att materialet inte ska påverkas negativt genom inträngande av befintligt sandigt och siltigt material underifrån. Ett filter byggs upp på sidorna av gruslagret för att förhindra att befintligt sandigt-siltigt material tränger in i gruslagret (se Figur 8-4). Den hydrauliska konduktiviteten (K) i det permeabla lagret ska vara så hög att flödeskapaciteten i sektionen blir lika stor som före byggnation av betongtunnel/tråg. Gruslagret skyddas från igenslamning under byggskedet med t.ex. geotextil.



Figur 8-4. Schematisk figur tunnel under driftskede. Under tunnel läggs packad fyllning, vilket är det samma som ett gruslager (orange) med högre permeabilitet än omgivningen, för att uppnå krav för driftskede, med övergång med ett materialavskiljande lager (grön) mot naturlig mark och med underliggande tätaka (grå).

Det permeabla lagret kan utformas så att det uppfyller AMAs krav på bärlighet för betongtunnel samtidigt som det har lämplig permeabilitet (PM Hydrogeologi, 2015a). Det är möjligt att enligt AMA välja ett materialskiljande skikt som ska förhindra att det permeabla skiktet sätter igen med tiden.

Konsekvenserna av att det materialskiljande skiktet sätter igen kan beräknas utifrån flödesmängderna som beräknas gå genom det permeabla skiktet (Q_p) och under det permeabla skiktet (Q_n) (i ursprunglig mark). Totala grundvattenflödet $Q = Q_n + Q_p$.

Under naturliga förhållanden är hydrauliska gradienten ca 0,003 till 0,004 mellan Krokängsberget och Bratteråsberget samt öster om Bratteråsberget, mellan Celsiusgatan och Bratteråsberget, se Tabell 8-4. Det innebär att den hydrauliska gradienten under betongtunnel måste öka till knappt det dubbla för att samma vattenmängd, som under naturliga förhållanden, ska passera under tunneln om det permeabla lagret sätter igen. Tunnelbredd är ca 15 m, se bilaga 4. Det medför att, om det permeabla lagret sätter igen kommer grundvattennivån uppströms betongtunnel höjas med ca 0,1 m över den grundvattennivå som motsvaras av naturliga (nuvarande) förhållanden. Dämningsrisken under driftskedet till följd av ett försämrat permeabelt lager är därmed liten.

Tabell 8-4. Beräknat naturligt grundvattenflöde i jordlagren (MUR – Hydrogeologi, 2014).

ID-område	K	A	i	Q	Q	Q
	m/s	m ²	m/m	m ³ /s	L/s	L/min
Bratterås Öst	5,6E-05	2200	0,003	3,7E-04	0,4	24
Säterigatan	4,2E-05	2500	0,004	4,2E-04	0,4	24
Pölsebo - öst	7,7E-06	600	0,002	9,2E-06	0,01	0,6
Pölsebo - väst	1,0E-05	800	0,002	1,6E-05	0,02	1,2
				Summa=	0,8	50

8.2.2 Inläckage av vatten till bergtunnlar och bergschakt

Bergschakt mellan Nordviksgatan och Celsiusgatan

Föreslagna åtgärder för att förhindra att bergschaktet kan bli dränerande för området strax öster om Bratteråsberget mot Nordviksgatan, medför att ingen ökad grundvattenbortledning från jordlagren väster om Celsiusgatan kommer att ske via bergschakten. Förhindras inte att bergschaktet blir dränerande av jordlagren väster om Celsiusgatan kan grundvattennivåerna påverkas vid områdena i närheten av Bratteråsberget-Celsiusgatan, men även vid Nordviksgatan.

Grundvattenflödet till bergschakt, öster om föreslagna tätning i schakt, beräknas bli ca 60 L/min och med tätning av schaktväggar och sula ca 6 L/minut.

Bergtunnel genom Bratteråsberget

Påverkansområdet för grundvattennivåförändringar på grund av inläckage till arbetstunnel och ny tågtunnel i berg blir begränsat om tunnarna injekteras. Totala inläckaget beräknas till; $9+2=$ ca 11 L/min vilket kan jämföras med det naturliga grundvattenflödet i jordkviferen utanför Bratteråsberget som skattats till 48 L/min (MUR, Hydrogeologi, 2014). Betongtunnel kan anses tät i dessa sammanhang och i denna miljö.

Påverkan blir mycket begränsat utanför Bratteråsberget med beräknat inläckage. Influensområdet (med avsänkning > 0 m) med antagande om ca 50 mm/år i grundvattenbildning, beräknas till i storleksordning ca 100 m utanför Bratteråsberget. Avsänkningen närmast Bratteråsberget, som orsakas av inflödet 11 L/min, blir mycket begränsad och avsänkningen i jordlagren närmast Bratteråsberget beräknas bli <0,1 m.

Bergtunnel genom Krokängsberget

Påverkansområdet för grundvattennivåförändringar på grund av inläckage till ny tågtunnel i berg blir begränsat om tunnel injekteras. Totala inläckaget beräknas till; 12 L/min. och beräknas bli <0,1 m.

Påverkan blir mycket begränsat utanför Krokängsberget med beräknat inläckage. Influensområdet (med avsänkning > 0 m) med antagande om ca 50 mm/år i grundvattenbildning, beräknas till i storleksordning ca 100 m utanför Krokängsberget. Avsänkningen i jordlagren närmast Krokängsberget beräknas bli <0,1 m.

9 Utförande av kontroller

Åtgärder för att förhindra att skador uppkommer kräver att vissa kontroller utförs under olika perioder:

- Förskede (innan byggskede): För att få referensmätningar på parametrar som bedömts väsentliga för de kontroller som ska utföras under byggskede och driftskede, exempelvis grundvattennivåer, rörelsemätningar på skyddsobjekt (hus etc.) och parametrar som bedöms relevanta för naturvärden. En besiktning av byggnader och kulturhistoriskt värdefull bebyggelse ger också aktuell status innan byggskede för bedömning om skador uppkommer på grund av aktiviteter under byggskedet.
- Byggskede: För att få mätningar som underlag för att bedöma om de effekter som uppstår under byggskedet ger anledning att genomföra åtgärder för att minska risken för negativa konsekvenser för aktuella skyddsobjekt, exempelvis grundvattennivåer, rörelsemätningar på skyddsobjekt (hus etc.), vibrationsmätningar, bullermätningar och andra parametrar som bedöms relevanta för naturvärden. Ytterligare väsentliga parametrar som ska mätas används att kunna tolka vilka åtgärder som är lämpligast, exempelvis grundvatteninflöde till tunnlar och schakt. Vidare måste totala flöden, slamhalter och vattenkemi mätas regelbundet för att se att vidtagna åtgärder för att hålla sig inom tillåtna halter uppfylls innan vattnet släpps till recipient. Nyttjas brunnar för att pumpa (sänka av grundvattennivån) eller infiltrera vatten (för att höja grundvattennivån) måste flöden för varje brunn kunna mätas för att kunna bedöma relevanta åtgärder (t.ex. rensning av brunn).
- Driftskede: För att få mätningar som underlag för att bedöma om det finns effekter under driftskedet som ger anledning att genomföra åtgärder för att minska risken för negativa konsekvenser för aktuella skyddsobjekt. Inflöde till tunnlar är den centrala mätningen som ger en grund för att bedöma att inga förändringar sker som orsakar fortgående skador. Andra mätningar bör pågå under en period efter byggskede för att bedöma om några förändringar sker, exempelvis mätning av grundvattennivåer och rörelsemätningar på skyddsobjekt (hus etc.). Dessa mätningar är ett stöd för tolkningar av förändringar, men kan inte användas som entydiga indikatorer på att de förändringar som sker under driftskedet beror av det den utförda anläggningen. De kan även bero på annan pågående byggverksamhet. Det är enbart flödet in till tunnlar som kan betraktas som en tydlig indikator på att aktuell anläggning skapar en omgivningspåverkan under driftskede.

Ansvar för kontrollernas genomförande vilar såväl på beställare som entreprenör, samt underkonsulter till dessa i olika delar. För att styra kontrollen upprättas ett kontrollprogram. Ett förslag på kontrollprogram finns som bilaga till ansökan om vattenverksamhet.

Organisatoriskt ansvarar Entreprenör och byggherre (med underkonsulter) för olika delar, vilket ska framgå av kontrollprogrammet.

9.1 Exempel på struktur på utförande i ett kontrollprogram

Nedan ges ett exempel på mätningar såsom det kan se ut för grundvattennivåmätningar.

9.1.1 Kontrollpunkter

Trafikverket föreslår innan byggskede vilka kontrollpunkter som ingår och i samråd med tillsynsmyndighet kompletteras eventuellt kontrollpunkterna.

9.1.2 Mätintervaller

Normalt mätintervall:

Automatiska mätningar: Mätintervall för dataloggrar är 1 timme och manuella kontrollmätningar 1 gång/månad.

Manuella mätningar: 1 gång/månad.

Utökat mätintervall: I kritiska skeden av byggskedet när risken för större inflöden till schakt/tunnlar bedöms föreligga minskas mätintervall för de manuella mätningarna i ett första steg till 1 gång/vecka och i ett andra steg 1 gång/dygn för ett urval av kontrollpunkter som anses betydelsefulla.

9.1.3 Utförande av mätning

Mätning med datalogger: En manuell kontroll sker genom manuell mätning då datalogger töms på data. Avstämning görs vid varje tömning mot tidigare värden. Om det finns misstanke om att grundvattenrör inte fungerar, funktionstestas dessa enligt instruktion för funktionstest.

Manuella mätningar: Varje manuellt mätvärde kontrolleras mot de tre sista uppmätta värdena, både i fält och vid inmatning i databasen. Om det finns misstanke om att grundvattenrör inte fungerar, funktionstestas dessa enligt instruktion för funktionstest.

9.1.4 Funktionskontroll, underhåll och ersättning av kontrollpunkt

Vid misstanke om att grundvattenrör inte fungerar funktionstestas dessa. Funktionskontroll sker genom att uppmätta resultat kontrolleras mot förväntade resultat, vilka bygger på såväl historiska nivåer som prognosticerade nivåer. Därtill sker, om det är lämplig, en jämförelse med omgivande rör. Funktionstest utförs enligt beskrivning i kontrollprogram.

Om kontrollpunkt skadas, t.ex. blir påkörd av fordon, rapporteras detta till beställare med förslag till åtgärd. I normalfallet ska kontrollpunkt ersättas och installeras enligt vedertagen praxis eller Trafikverkets instruktioner.

9.1.5 Dokumentation och utvärdering

Manuella mätningar (lodningar) och mätningar med datalogger läggs in i databas, där mätningar med datalogger korrigeras med hänsyn till lodningar av grundvattennivåer. Grundvattennivåmätningar sammanställs och utvärderas i en årsrapport tillsammans med grafer och kartor.

Tillsammans med övriga regelbundna mätningar görs regelbundet en skriftlig redovisning med grafer som sänds till beställare och beställares ombud enligt vad kontrollprogrammet för driftskede föreskriver.

10 Referenser

- Gustafson G, 2012. Hydrogeology for rock engineers, BeFo.
- MUR – Hydrogeologi, 2014. Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Hydrogeologi, 108793-18-081-001.
- MUR –Bergteknik, 2014. Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Bergteknik, 108793-19-081-001.
- MUR –Geoteknik, 2014. Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Geoteknik 108793-08-081-001.
- Teknisk handling byggnadsverk, 2014. 108793-21-010-001.
- Projekterings PM – Hydrogeologi, 2015. Hydrogeologi (108793-18-080-001)
- PM – Hydrogeologi, 2015a. PM Hydrogeologi - Dränering under tunnel, 108793-18-080-004.
- PM – Hydrogeologi, 2015b. PM Hydrogeologi - Pump/infiltrationsbrunnar, 108793-18-080-005.
- SGU, 1924. (Munthe H, Johansson H E, Sandgren R) Göteborgstraktens geologi. Göteborgs Litografiska Aktiebolag, Göteborg.
- Vattenverksamhet, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg-Pölsebo, Miljökonsekvensbeskrivning (108793-04-212-003)
- 108793-18-080-201, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg – Pölsebo, Vattenverksamhet, Förslag till kontrollprogram

