

RAPPORT

Tekniskt underlag

Ansökan om ändrade villkor, Delsträcka 14 och 15
E4 Förbifart Stockholm



Trafikverket

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

Konfidentialitetsnivå: 1 Ej känslig

Dokumenttitel: Tekniskt underlag - Ansökan om ändrade villkor

Författare: Forssberg Ola, PRtaö

Dokumentdatum: 2025-06-19

Ärendenummer: TRV 2025/56404

Kontaktperson: Ola Forssberg

Innehåll

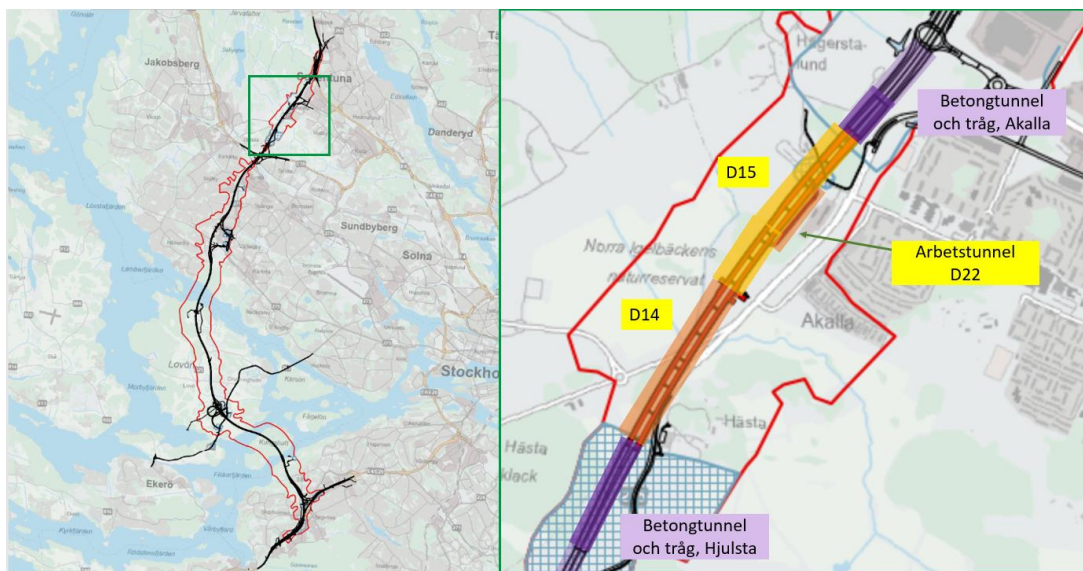
1 Inledning	4
1.1 Beskrivning av anläggningen	4
1.2 Omgivningsbeskrivning.....	5
1.3 Parallellt byggande av tunnelbanan.....	6
2 Kronologisk beskrivning av situationen.....	7
2.1 Tidslinje för delsträcka 15 (D15)	7
2.2 Tidslinje för delsträcka 14 (D14)	9
2.3 Nederbördsserier under Förbifartens byggtid.....	11
3 Förklaringar till variationer i inläckage över tid	14
3.1 Större årstidsvariation än förväntat	14
3.2 Tunnel drivning och inläckagets betydelse för injekteringens utförande.....	16
3.3 Väderberoende injektering och täthet	17
3.4 Anläggning under avsänkta förhållanden	17
4 Bedömning av konsekvenser	20
4.1 Inläckage leder inte alltid till konsekvenser	20
4.2 Observationer i grundvattendata.....	20
Delsträcka D14.....	21
Delsträcka D15.....	23
4.3 Sammanfattning konsekvenser.....	25
5 Kontrollprogram	26
Bilaga A Process för förinjektering.....	27
Bilaga B Urklipp ur kontrollprogram.....	28

1 Inledning

Trafikverkets projekt E4 Förbifart Stockholm ansöker om att få ändrade villkor för två delsträckor av tunneln, D14 och D15, i projektets norra del (längdmätning 27/720-29/000). I detta faktaunderlag beskrivs anläggningen, bakomliggande mätningar, samt övrig information som ligger till grund för ansökan.

1.1 Beskrivning av anläggningen

Ansökan avser Akallatunnelns bergtunneldel, som utgörs av delsträckorna D14 och D15 (figur 1). Bergtunneln är 1 250 meter lång och har utförts med två parallella tunnelrör (de s.k. östra och västra rören) med mellangående tvärtunnlar med ca 100 meters mellanrum. En arbetstunnel (D22) går från Hägerstalund ner till tunnelnivån i den södra delen av D15.



Figur 1 Översikt över området. Prognosticerat påverkansområde (röd linje) och villkorsområden enligt villkor 3 och 4 (Blå linje i norr, blåskrafferat område i söder vid arbetstunneln) i tillstånd i mål nr M 3346-11.

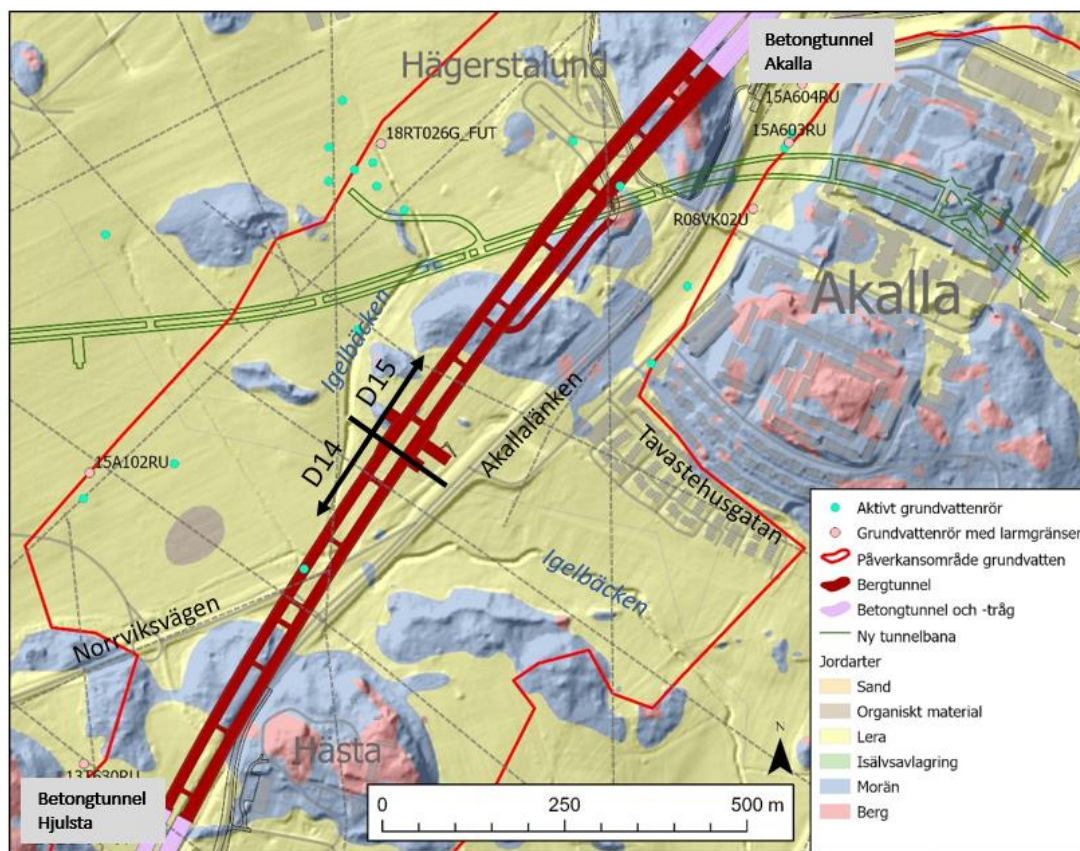
Bergtunneln går mellan två mindre höjder, från Hägerstalund i nordost till Hästa gård i sydväst. I båda ändar ansluter bergtunneln till betongtunnlar (mörklila färg i figuren ovan) som sedan övergår i öppna betongtråg (ljuslila färg i figuren ovan). Norrut är betongtunneln ca 140 meter lång. Söderut sträcker sig betongtunneln 370 meter från bergpåslag. Betongkonstruktionerna är utförda i öppna schakter och i samband med anläggandet sänktes grundvattennivån kraftigt. Avsänkningen omkring betongkonstruktionerna regleras i tillståndet i mål nr M 3346-11 med villkorsområden enligt villkor 3 och 4. Berg- och jordschakt fram till bergtunnelpåslag utfördes innan bergtunneln sprängdes ut.

Grundvattenavsänkningen i schakterna avslutades efter det att bergtunneln var utsprängd.

1.2 Omgivningsbeskrivning

Tunneln går under ett område som är sparsamt bebyggt (figur 2). En kommunal väg (Akallalänken) följer tunnelns sträckning längsmed dess östra kant och passerar i södra delen tvärs över tunneln. Marken består överst av lerjord med genombrytande moränmassor och på höjderna förekommer ställvis berg i dagen. Lerlagren är förhållandevis tunna. Marken är i huvudsak naturmark och jordbruksmark. I anslutning till vägarna utgörs marken av bevuxna vägrenar och trädridåer. Igelbäcken korsar tunneln från norr till söder.

Inom påverkansområdet finns få byggnader. Enstaka byggnader finns bland annat vid Hägerstalund i norr nära det norra bergtunnelpåslaget. I norra delen öster om tunneln, uppe på några berghöjder utanför påverkansområdet, ligger flerfamiljshusen i Akalla. I östra delen av påverkansområdet söder om Akalla finns vid Tavastehusgatan ett radhusområde. Andra anläggningar i området är kommunala vägar. Akallalänken går längsmed hela bergtunneln och förgrenar sig i söder till Norrviksvägen.



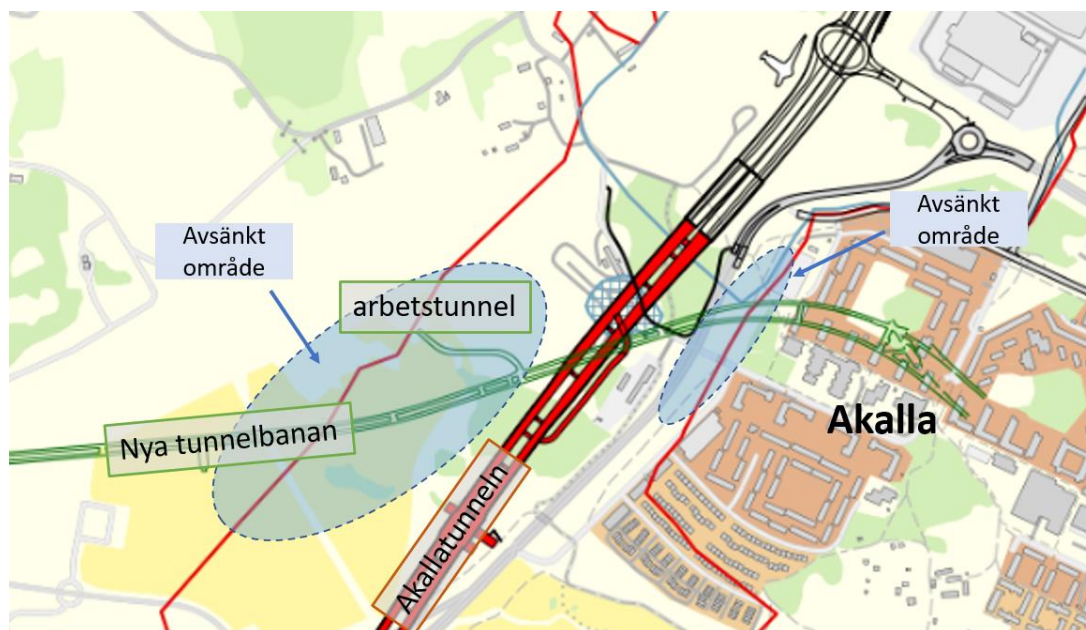
Figur 2 Jordartskarta över området omkring Akallatunneln

1.3 Parallellt byggande av tunnelbanan

I norr passerar Nya tunnelbanan under Akallatunneln (gröna linjer i figur 3). Förvaltningen av utbyggnaden av tunnelbanan (FUT) har byggt tunnelbanetunneln under tiden som, samt efter det att Akallatunneln utfördes.

Strax väster om Akallatunneln, kring FUT:s arbetstunnel, är grundvattennivåerna avsänkta. Avsänkningen sträcker sig delvis in i Förbifart Stockholms påverkansområde. Utifrån tidssamband för dessa avsänkningar och grundvattengradienternas riktning är det tydligt att omgivningspåverkan i huvudsak uppkommit till följd av FUT:s aktiviteter (se kap. 4.3). Tillåten påverkan regleras inom FUT:s miljödom (M 7039-15) och kontrollprogram.

Öster om Akallatunneln är grundvattennivåerna avsänkta i dalgången vid Akallalänken. Även här är avsänkningen i huvudsak orsakad av arbeten med den nya tunnelbanan som går tvärs under dalgången och under Förbifart Stockholms tunnlar (se figur 3). Eventuella skyddsåtgärder för området hanteras inom projektens befintliga tillstånd och diskuteras mellan parterna på gemensamma möten. En åtgärd med permanent skyddsinfiltration diskuteras.



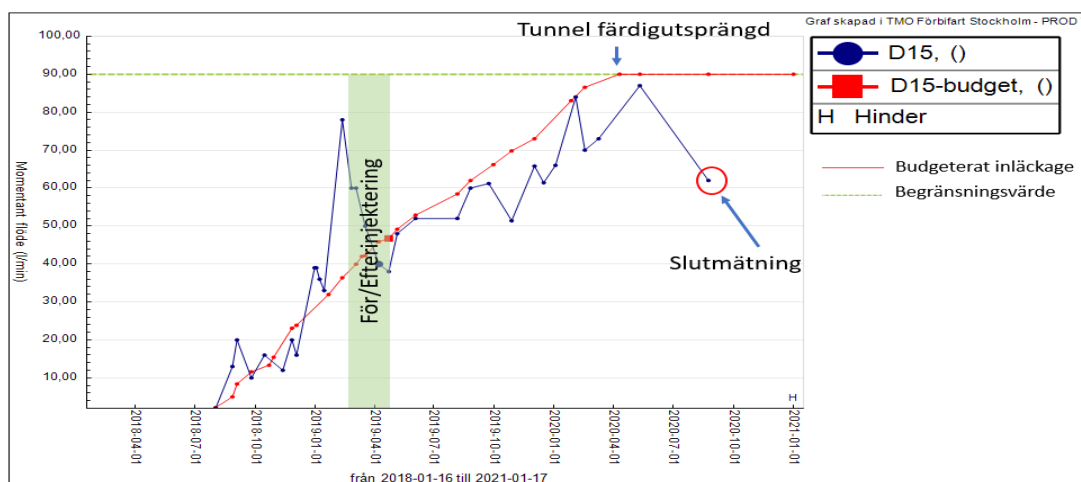
Figur 3 Karta visar nya tunnelbanans passage under Trafikverkets tunnlar i D15. Utbredningen av de avsänkta områdena är ungefärlig.

2 Kronologisk beskrivning av situationen

För att förstå den problematik avseende inläckagevillkoren som uppstått i projektet, behöver en tidslinje för arbetet i tunnlarna redovisas. Redogörelsen ges först för delsträcka D15 (då denna genomfördes först) och sedan för delsträcka D14. I princip är situationen densamma för båda delsträckorna med viss variation i detaljerna. Eftersom villkoren i miljödomen är givna per delsträcka i tunneln görs uppdelningen så även här. För mer information om tunneldrivning se kapitel 3.

2.1 Tidslinje för delsträcka 15 (D15)

Tunneldrivning av D15 påbörjades i augusti 2018 (se figur 4). Berguttaget gjordes från arbetstunneln norrut och söderut i fyra fronter. Inläckaget följde framtagna prognos (budgeterat inläckage) under första halvåret då ungefär 450 m tunnel sprängdes ut. Under vårvintern 2019 passerades en zon med dåligt berg och en kraftig ökning av inläckage uppmättes i det östra tunnelröret. För att komma tillrätta med det höga inläckaget byttes förinjekteringskoncept inför den kvarvarande tunneldrivningen. Trafikverket valde att applicera samma förinjekteringskoncept som arbetats fram för tunnlarna längre söderut i Hässelby och Lunda (delsträckorna D10 – D13)¹. När arbetet i det västra tunnelröret nådde zonen med sämre bergförhållanden, lyckades Trafikverket att med förinjektering i västra röret med extra injektering in under det östra röret täppa till det stora läckaget (figur 4).



Figur 4 Inläckage i D15 innan anläggningsarbeten och inklädnad av tunnelväggar och tak påbörjades i tunneln.

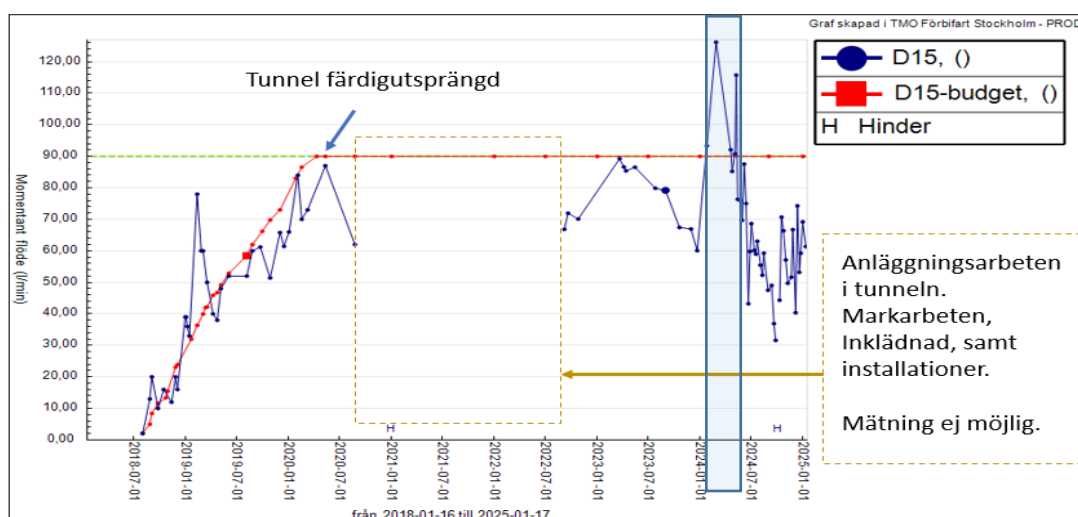
¹ Injekteringsutvecklingen beskrevs i Trafikverkets tidigare ansökan om ändring av tillstånd för delområde D10 "Grimsta, Hässelby södra delen av trafikplats Vinsta". Se M 5194–22.

Tättningsarbetet pågick i samband med tunneldrivningen under ett par månaders tid. Inläckaget höll sig sedan under budgetkurvan under resten av tunneldrivningen inom delsträckan.

Tunneldrivningen var färdig i april 2020. Vid tidpunkten var det svårt att mäta inläckagemängden på grund av stora flöden ifrån Trafikplats Akalla. Även en av tunneldelarna i D15 var svår att mäta på grund av vattenreningsanläggningar och vattenhantering inne i tunneln. Projektet misstänkte därför att tidigare mätningar gett en överskattning av inläckagemängden.

En slutmätning av tunnelns inläckage inför övergången till anläggnings- och installationsskedet anordnades den 24 augusti 2020. En av tunneldelarna i D15 kunde vid tidpunkten inte mätas och istället användes mätvärdet från föregående år för denna del. Övriga tunneldelar mättes efter ett planerat produktionsstopp. Inläckaget konstaterades ligga på 62 l/min, med betryggande marginal till villkorets begränsningsvärde på 90 l/min. Det lägre värdet som uppmättes vid slutmätningen var väntat på grund av produktionsuppehållet och eftersom arbetet med att få undan störningar från trafikplats Akalla varit framgångsrikt. Arbetet med den delen av tunneln kunde därmed gå över i ett nytt skede (anläggnings- och installationsskedet) vilket i detta fall innebar rörläggning, betongarbeten, inklädnad av tunneln (montage av betongväggar och innertak) samt vägbyggnation.

Efter övergång till anläggnings- och installationsskedet kan tunneln inte tätas ytterligare. På grund av de omfattande markarbeten som då utfördes i tunneln går det inte heller att under detta skede mäta inläckaget. Det uppstod således en lucka i mätserierna på nästan två år, då det inte utfördes någon mätning (se figur 5 nedan).



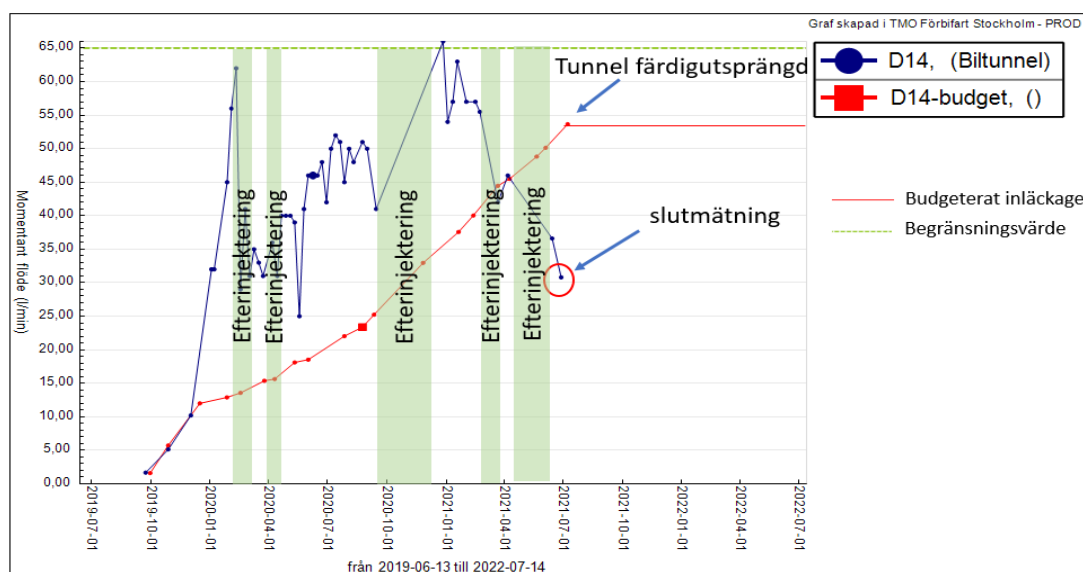
Figur 5 Inläckage i D15 under hela byggtiden inkl. perioden då inläckagemätningar ej kunde utföras. Blå stapel visar period med överskridande av begränsningsvärde för driftskede.

I juli 2022 kunde mätningar återupptas. Inläckaget var vid denna tidpunkt likt det som uppmätts vid slutmätningen, men ökade sedan under hösten 2022. Ökningen första året från juli till januari uppgick till ca 25%. 2023 låg värdet alltjämt under villkorens begränsningskrav på 90 l/min. Under hösten 2023 sjönk det uppmätta inläckaget, för att sedan öka igen i februari 2024. Denna gång var ökningen kraftig och de stora flödena pågick i ca 3 månader.

Variationen i uppmätt inläckage har visat sig vara över 100% mellan högflödes- och lågflödesperioder, från 60 l/min i december 2023 till 130 l/min i slutet på februari 2024. Det har inte kunnat klarläggas om hela denna uppmätta ökning beror på ett faktiskt inläckage. Det kan ha tillkommit störningar via inflöden av vatten i tunnelmynning och genom arbetstunneln. Det kan även ha skett tillförsel av processvatten i samband med arbeten som utförts i tunneln. Bedömningen är emellertid att ökningen till stor del berodde på en ökad nederbörd under vintern 2023/2024, och därmed tilltagande inläckage (se kapitel 3). Begränsningsvärdet överskreds under drygt 3 månaders tid. Under återstoden av 2024 var inläckagemängderna låga och de har inte stigit på samma sätt under vintern 2024/2025.

2.2 Tidslinje för delsträcka 14 (D14)

Tunneldrivningen av D14 påbörjades i september 2019 (se figur 6 nedan). Berguttaget gjordes från D15 söderut i två parallella tunnlar. Tidigt uppstod en situation med höga inläckagemängder. Redan under vårvintern 2020 ökade mätvärdena kraftigt. Åtgärder vidtogs bl.a. genom ett mer omfattande injekteringskoncept. Samma koncept som använts inom D15. Det utfördes även efterinjektering i områden där läckaget var synligt.

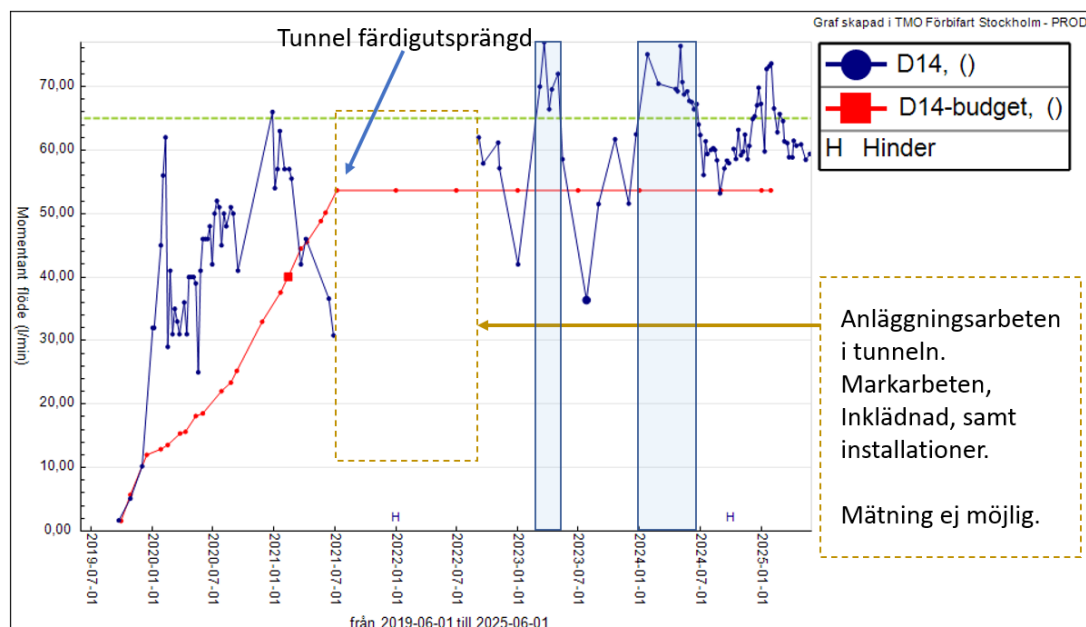


Figur 6 Inläckage i D14 innan anläggningsarbeten och inklädnad påbörjades i tunneln.

De största inläckagen stoppades redan under våren 2020, och tunneln drevs vidare. Under hösten 2020 genomfördes stora efterinjekteringsinsatser utan någon större framgång. Ökningstakten i inläckagemängder kunde dock hållas i schack allt eftersom tunneldrivningen fortlöpte. Nya injekteringsförsök inleddes under våren 2021, vilket gav resultat. Simultant med detta drevs tunneln klart, och de nya tunneldelarna fick oväntat små inläckage. Den totala inläckagemängden sjönk därmed avsevärt i relation till budgeten under våren. Allt eftersom tunneldriften avstannade blev både mätningarna och mätresultaten bättre.

En särskilt noggrann slutmätning med en 72 timmars period av produktionsstopp för att få bort störningar från produktionen genomfördes den 14 juni 2021. Det konstaterades att inläckagen var långt under villkorens krav och beslut togs att tätningssatsen kunde avslutas. Slutmätningen redovisades i kvartalsrapport nummer 24 till länsstyrelsen, där det också beskrivs att tunnelarbetet övergår till anläggnings- och installationsskede. Entreprenören gavs klartecken att påbörja anläggnings- och installationsskedet den 29 juni 2021, d.v.s. påbörja arbetena med att lägga rör, sätta upp dräner och klä in tunneln.

Efter övergång till detta skede kan som tidigare nämnts tunneln inte längre tätas. På grund av omfattande markarbeten går det inte heller att under denna period mäta inläckaget. Det uppstår alltså en lucka i mätserierna på ca ett år, då det ej görs någon mätning (se figur 7).



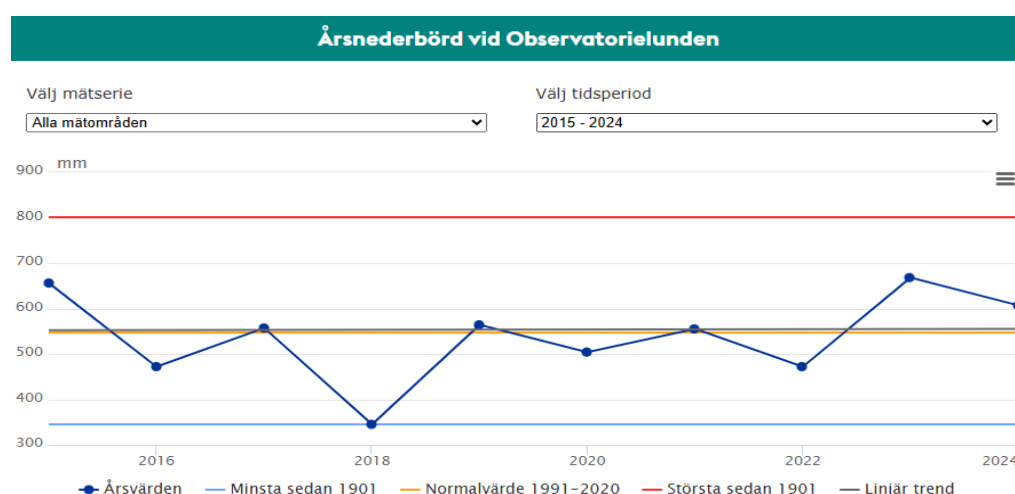
Figur 7 Inläckage i D14 under hela byggtiden. Blå staplar visar perioder av överskridande av begränsningsvärdet för driftskede under längre tid än 3 månader.

I oktober 2022 var tunneln inklädd och inläckagemätning återupptogs. Nu hade inläckaget ökat i omfattning. Mätningarna låg ovan prognos (röd kurva) men alltjämt under villkorens begränsningskrav (grön linje). I april 2023 ökade uppmätt inläckage kraftigt. Flera frågetecken kring detta utreddes, och en teori var att de pågående arbetena i tunneln tillförde stora mängder vatten. Bland annat sprutades betong på inklädnadsduken i tunneln, och vid platsbesök påträffades vattenkranar som stod och rann. Det fanns även misstankar om att vatten läckte in från betongtunneln i Hjulsta, och att ökningen kunde bero på snösmältning och nederbörd. De höga flödena fortsatte under ca 3 månader men avtog sedan under sensommaren och hamnade åter på en trygg låg nivå.

Senhösten 2023 började dock mätvärdena öka på nytt. Denna gång fanns färre störningar i tunneln och mätvärdena bedömdes som pålitliga. Inläckaget förblev högt under nästan 6 månaders tid. Projektet kunde konstatera att tunneln ej klarar tidsbegränsningarna i villkoret, som innebär att inläckaget ej får överstiga värdet 64 liter/min mer än tre månader per 12-månadersperiod.

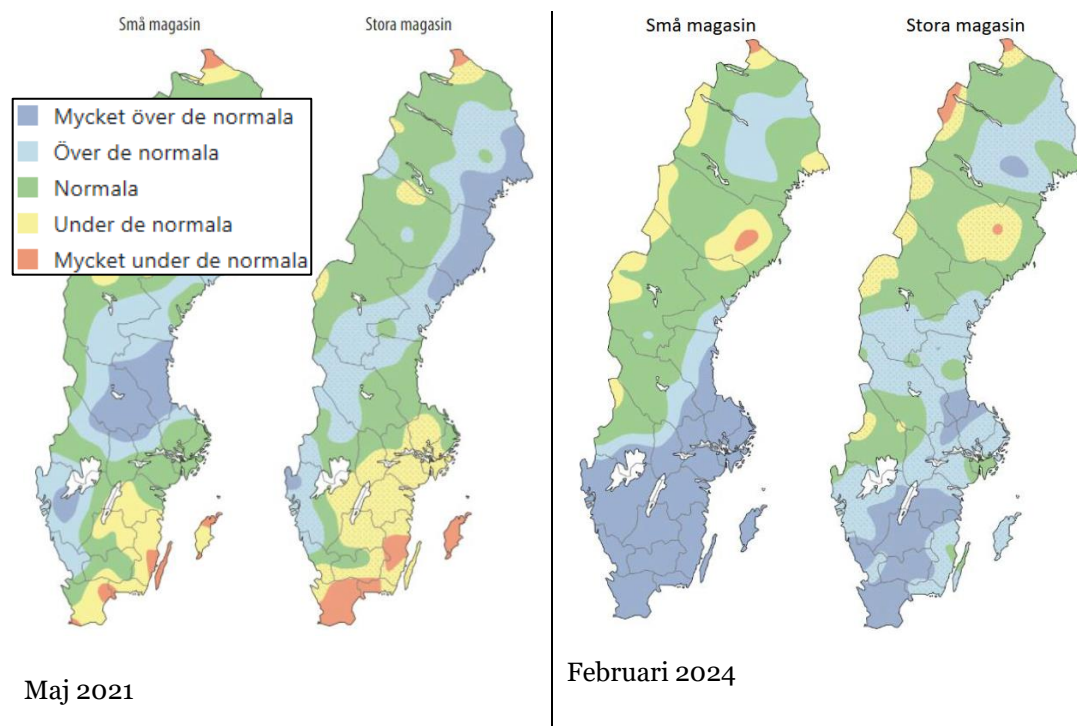
2.3 Nederbördsserier under Förbifartens byggtid

Vattenverksamheterna i Förbifart Stockholm påbörjades i mindre skala år 2015. Bortledning av grundvatten vid Akallatunneln påbörjades omkring 2018. Nederbördsserien i figur 8 visar att perioden från 2016 fram till 2022 var en period med låg nederbörd statistiskt sett, årsmedelvärdena har legat under eller på medelvärdet. Åren 2023 och 2024 var på så vis ett trendbrott. Grafen nedan visar att nederbörden under 2023 låg ca 30% över tidigare byggårs nederbörd (huvuddelen av detta vatten kom under hösten 2023, se figur 10). Även år 2024 sticker ut med höga värden. Nederbörden kom under sen höst, vinter och vår. Det innebär att det fanns stora mängder tillgängligt vatten i omlopp, vilket påverkade grundvattenbildningen och därför också inläckaget till tunneln.



Figur 8 Graf över nederbörd i Stockholmsområdet åren 2015–2024 mätt vid mätstation vid Observatorielunden. Nederbördsmätaren i Observatorielunden är SMHI:s station för nederbörd i norra Stockholm.

På SGU:s kartor över grundvattenmagasinens fyllnadsgrad (figur 9) kan man se effekterna av detta. Under en stor del av byggtiden har grundvattennivåerna i Mellansverige legat under det normala, men under hösten 2023 skedde en generell återhämtning i nivåer som hållit i sig sedan dess. Kartorna nedan visar grundvattensituationen för tiden då slutmätning utfördes i D14 (under försommaren 2021), och tidpunkten för de stora inläckagen våren 2024. Notera att avvikelsen är räknad från årstidsnormalen.



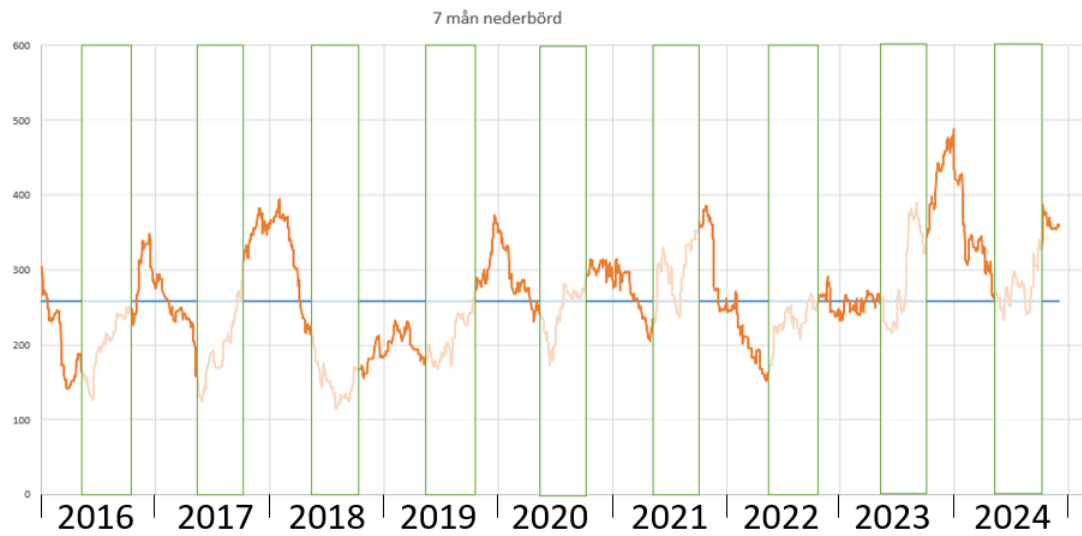
Figur 9 SGU:s kartor över grundvattenmagasinens fyllnadsgrad i jämförelse med årstidsnormalen, för maj 2021 och februari 2024.

Hur det kommer vara framåt i tiden är okänt, men sannolikt kommer nederbörden i genomsnitt vara högre än den varit under byggtiden. Nederbörden kan även komma att öka utöver tidigare variationsmönster till följd av klimatförändringar.

Trafikverkets bedömning är att med oförändrat klimat kommer nuvarande driftskedesvillkor klaras de flesta åren, men överskridas enskilda år. Ett ändrat klimat bedöms öka risken för överskridanden.

Ett annat sätt att påvisa tillgängligt vatten i marken visas nedan. Grafen i figur 10 visar löpande 7 månaders ackumulerad nederbörd. 7 månader är valt för att det är den ungefärliga längden på grundvattenbildningssäsongen, samt att det matchar väl med den fördröjning som observerats mellan nederbörd och inläckage i tunneln. De gröna fälten visar vegetationsperioden när grundvattenbildningen är mycket låg på grund av stort växtupptag. Det viktiga är således hur mycket regn som faller under grundvattenbildningsperioden. Vintern 2023 - 2024 avviker kraftigt med avseende tillgängligt vatten i marken. Endast under vintern 2017 - 2018 var

grundvattenbildningen jämförbar i storlek, och då var tunneldrivningen ännu ej påbörjad.



Figur 10 Kurva över 7 månaders ackumulerad nederbörd.

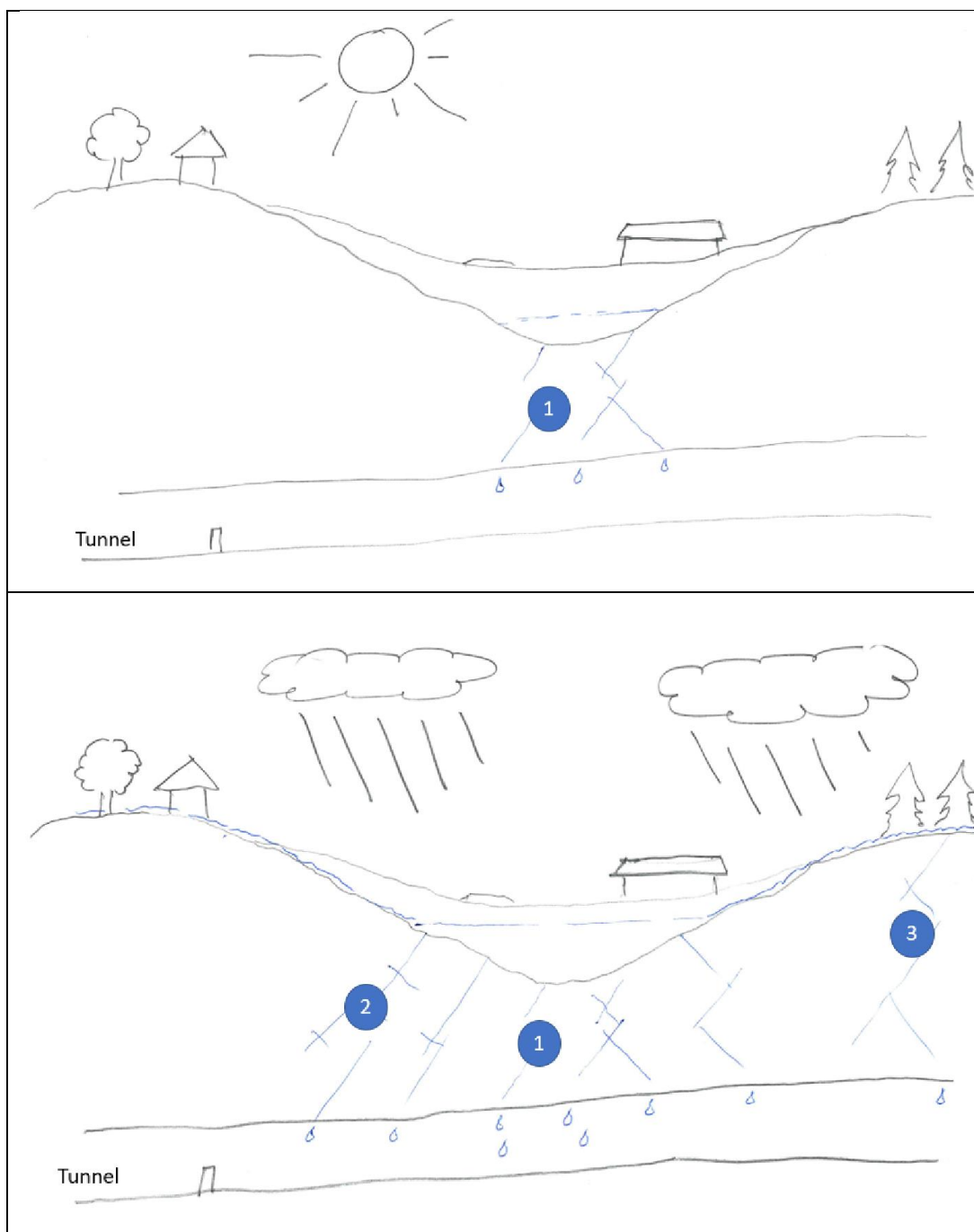
3 Förklaringar till variationer i inläckage över tid

Variationen i inläckage över tid har visat sig vara betydligt större än vad som förutsågs i samband med projekteringen. Detta kapitel ger några möjliga förklaringar till denna variation. Det är emellertid inte möjligt att redogöra för hur stor del var en och av dessa förklaringar har för den sammanlagda variationen.

3.1 Större årstidsvariation än förväntat

I Trafikverkets ursprungliga ansökan om vattenverksamhet från 2014 beskrevs att beräkningar indikerar att inläckaget är okänsligt för olika värden på grundvattenbildning, och att det är uppnådd täthet och bergets egenskaper som bestämmer inläckaget (PM hydrogeologi, sida 21). Erfarenheter från byggskedet har emellertid visat att årstidsvariationen avseende inläckage till bergtunnlar kan vara stor. I både delsträcka D14 och D15 varierar inläckaget till tunneln kraftigt över året och mellan åren. I figur 5 och figur 7 framgår att variationen efter färdigställd tunnel i båda fallen är omkring en dubbling mellan högsta och lägsta noterade värden.

Variationen i inläckage till följd av väder och årstid drivs av flera fysiska processer (se figur 11 nedan). Det gör att sambandet mellan nederbörd och inläckage inte är rakt, och att den kvantitativa variationen är svår att förutse. Två huvudsakliga faktorer är pådrivande vattentryck samt tillgång på vatten. När grundvattennivåerna höjs ökar inläckagen under de permanenta grundvattenmagasinen eftersom det pådrivande trycket ökar (1 i figur 11). Ännu mer påtaglig är dock variationen i områden där permanenta grundvattenmagasin saknas. Dels ökar magasinens utbredning i sidled när grundvattenmängden ökar, vilket kan skapa betydande flöden i magasinens yttre kanter (2 i figur 11). Dels ökar tillflödet från områden med ytligt berg där permanent grundvatten helt saknas under torra perioder. Under torra perioder kan inläckagen vara mycket begränsade på sådana sträckor. När det sedan blir perioder av nederbörd kan tillgången på vatten i berget och därmed inläckagets omfattning öka mångfalt (3 i figur 11).



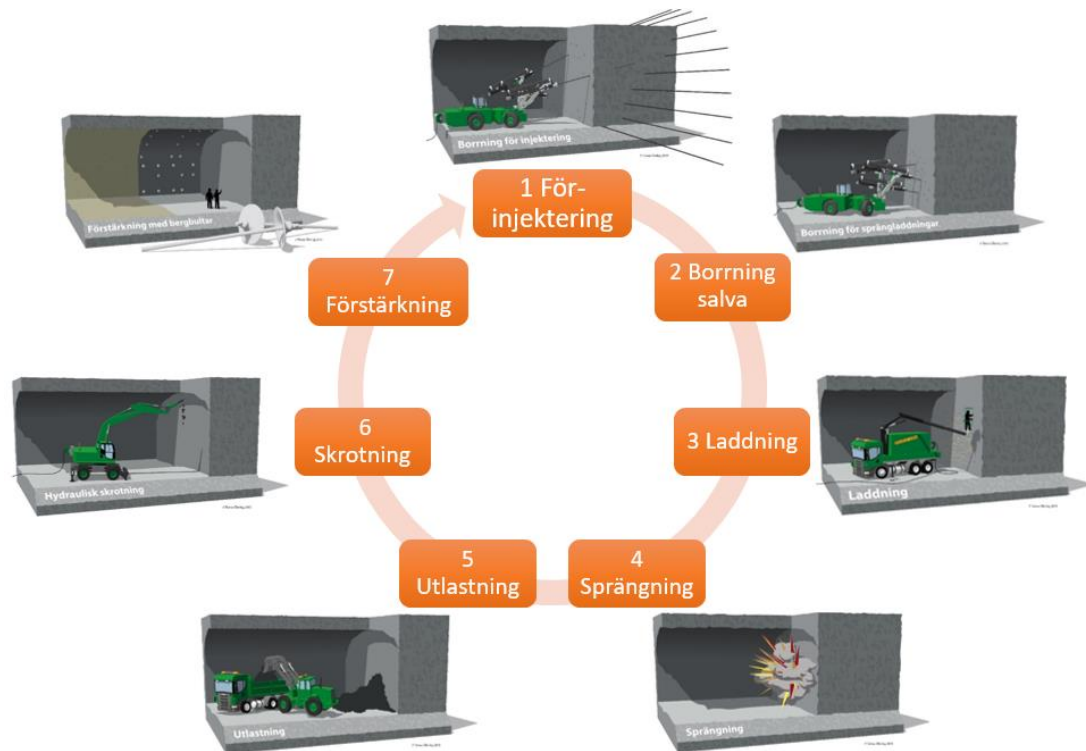
Figur 11 Schematisk illustration av inläckagets variation vid olika årstid och klimatvariation. Beskrivning till figuren finns i texten ovan.

3.2 Tunnel drivning och inläckagets betydelse för injekterings utförande

Tunnel drivning sker året om i en produktionscykel (Figur 12). Av särskilt intresse för denna ansökan är injekteringsmomentet.

Förinjektering

Förinjektering utförs som inledning på tunnel drivningscykeln.



Figur 12 Tunnel drivningscykeln inleds med förinjektering

Eftersom injektering utförs i sprickigt berg, vilken per definition är okänd, slumpmässig och oförutsägbar materia, finns ett stort utrymme för avvikelser både i behov av tätning på varje enskild plats och avseende metodens effektivitet. Injekteringen dimensioneras därför med processutförande, vilket innebär att den faktiska injekteringen utförs och formas efterhand genom att kontrollpunkter mäts och följs upp i processen (bilaga A). Konceptet kallas "aktiv design" eller "observationsmetoden" och innebär att man i olika steg av processen följer upp signaler från bergmassan och utifrån dessa tar beslut om fortsatt injektering.

De viktigaste parametrarna som följs upp är:

a) hur mycket vatten som kommer ur berget i de borrhål man borrar i stufen (tunnelns drivningsfront) inför förinjekteringen. Observation av inkommande vatten används för att avgöra första tätningens utförande.

b) hur mycket cementbruk som trycks in i berget vid injekteringen. Stor åtgång indikerar att berget är i stort behov av tätning.

Som framgår av processbilagan (bilaga A) följer man båda dessa parametrar i den process som leder fram till beslut om att tätningen är tillräcklig.

c) Slutligen borrar vid behov kontrollhål för att observera uppnådd effekt. Dessa testas med vattenförlustmätning, vilket innebär att man trycker in vatten i hålen för att se hur snabbt det rinner ut i berget.

Den ordinarie injekteringen inom förinjekteringen regleras således i huvudsak på parametrar som inte är beroende av att det finns vatten i berget (med undantag av punkt a).

Efterinjektering

Det slutliga resultatet efter förinjekteringen och tunneldrivningen utvärderas emellertid i huvudsak på mängden inläckande vatten. I kontrollprogrammet (se kapitel 5) mäts löpande hur stora mängder vatten som leds bort och vid höga värden identifieras ställen som ska åtgärdas genom att leta dropp och synliga flöden i tunneln. Om dessa flöden är för stora i sektioner av tunneln kan beslut tas att utföra efterinjektering. Efterinjektering innebär att man går tillbaka och borrar upp nya borrhål och utför injektering i redan utsprängd tunnel. I Förbifart Stockholm är efterinjekteringen en del av den åtgärdstrappa som reglerar vilka åtgärder som ska vidtas under projektets byggske. Efterinjektering kan även sättas in vid observation av betydande grundvattensänkning.

Eftersom efterinjekteringen sätts in vid observation av inläckage, innebär det att omfattningen på tunnelns slutgiltiga tätning är beroende på observation av inläckage.

3.3 Väderberoende injektering och täthet

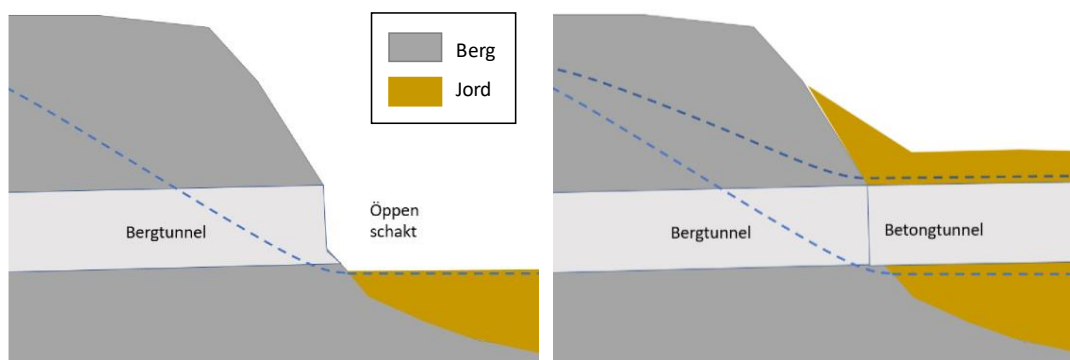
Eftersom inläckagets storlek är väder- och säsongsb beroende, och injekteringen delvis dimensioneras med utgångspunkt i mängden inläckande vatten, betyder det att injekteringens omfattning också är väderberoende.

När vatten i berget saknas finns det inget effektivt sätt att avgöra om den förinjekterade och utsprängda tunneln är tillräckligt tät för att klara inläckagevillkoren över tid. Torrheten kan vara missvisande i och med att den beror på avsaknad av vatten snarare än bergets täthet.

3.4 Anläggning under avsänkta förhållanden

En annan orsak till det ökade inläckaget till Akallatunneln efter tunneldrivningens slutförande är att grundvattnet utanför bergtunnelpåslagen var kraftigt avsänkt i

samband med anläggandet av de anslutande betongtunnlarna. Betongtunnlar anlades i öppna schakter från markytan. Grundvattennivån i schakterna var avsänkt till nivån under betongtunnelns bottenplatta under hela anläggandet. Eftersom bergtunnlarna sprängdes ut under denna period innebär det att det saknades vattentryck mot bergssidan vid genomförandet av bergtunneln, inklusive vid utförandet av injekteringen. Detta får samma effekt på tätningens dimensionering som beskrivs i kap 3.3, eftersom det vid genomförandet saknades vattentryck i berget.

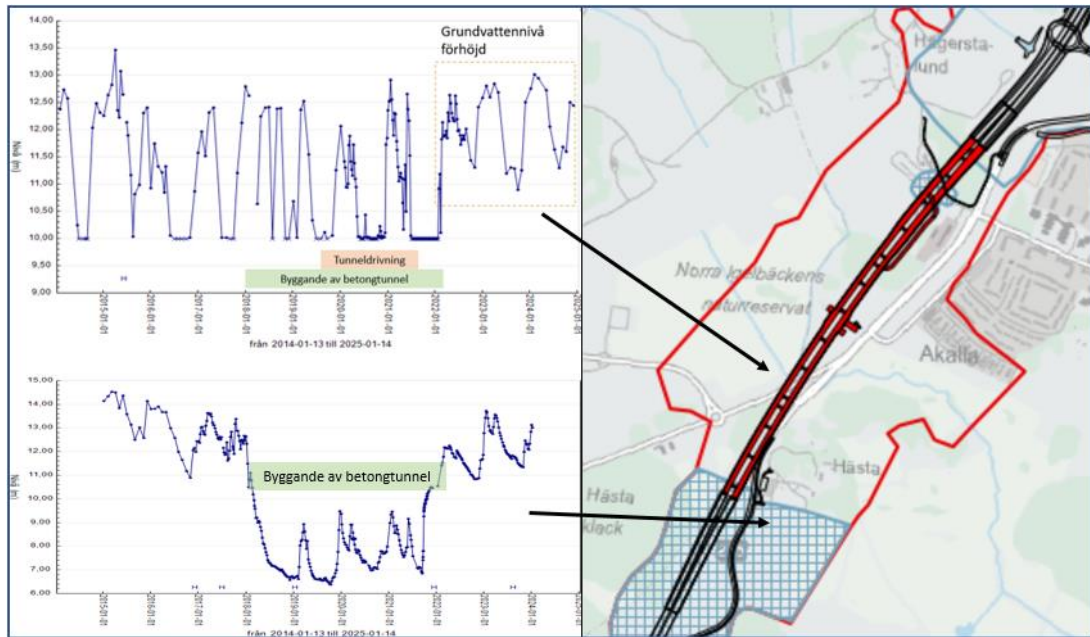


Figur 13a. Schematisk profil med grundvattentryck vid pågående arbeten med betongtunnel. Streckad linje visar ungefärligt grundvattentryck i bergslänten.

Figur 13b. Schematisk profil efter färdigställd betongtunnel när grundvattennivån återhämtats. De två streckade linjerna visar skillnaden i grundvattentryck före och efter återhämtning.

Vid norra mynningen av delsträcka D15 vid Akalla betongtunnel var grundvattnet under tiden för bergtunnelarbetena avsänkta till mellan +12 och +13 m. Efter genomfört arbete blev nivån återställd på ca +16 till +16,5 m. I söder vid D14:s bergtunnelpåslag var nivåerna avsänkta till mellan ca +7 till +9 meter under byggtid, och återhämtade sig efter färdigbyggd tunnel till +11 till +13 m. I båda fallen skedde alltså en grundvattenhöjning utanför påslaget omkring betongkonstruktionerna på ca 4 meter efter att bergtunneln var utförd (se figur 13).

I befintligt miljötillstånd (M3346-11) och kontrollprogrammet för vattenverksamhet tas viss höjd för detta genom att inläckaget från de första 5 metrarna av tunneln inte är inkluderade i inläckagemätningarna. De första 5 metrarna utgör en sträcka som bedömdes vara särskilt känslig för förändring i vattentryck precis utanför bergtunnelpåslaget. Det har emellertid visat sig att en sådan tryckförändring, av allt att döma, kan påverka inläckagen längre in än 5 meter. Särskilt i södra tunnelmynningen, vid D14 tycks den återhämtade högre grundvattennivån inte enbart ha påverkat grundvattennivåerna i bergtunnelpåslagets närhet, utan grundvattennivån höjdes även långt in över tunneln (se brun streckad box i figur 14 nedan).



Figur 14 Grundvattennivåer i två grundvattenrör vid den öppna schakten samt ovan tunneln. Pilarna visar grundvattenrörens läge. Brun streckad box i övre graf visar att grundvattennivån höjts sommartid efter tunnelns färdigställande.

4 Bedömning av konsekvenser

4.1 Inläckage leder inte alltid till konsekvenser

Inläckage och bortledning av grundvatten utgör inte en fara i sig för omgivningen, men kan förvisso medföra negativa effekter. Den primära effekt som kan uppstå vid inläckage är grundvattensänkning och konsekvenser av grundvattensänkning kan vara exempelvis sättningar i mark med efterföljande skador på byggnader, eller förändringar i naturmiljö. Beroende på det komplexa hydrogeologiska systemet, och dess robusthet, behöver emellertid inte grundvattenbortledning leda till att grundvattennivåer sänks. Det kan också vara så att grundvattennivån sjunker men att det inte medför någon negativ konsekvens, till exempel om det inte finns något objekt som tar skada. I dessa fall uppstår inte heller något problem för omgivningen. Inläckagevillkor ska därför ses som en proxy-parameter för kontrollen av omgivningspåverkan.

Det kan vara värt att notera att inläckage också kan leda till tekniska komplikationer i tunneln om inläckagen är stora eller på fel plats. Det kan påverka tunnelns installationer och beständighet med effekter på underhåll och driftsekonomi. Därför beaktas underhållsaspekten redan vid tunnelproduktionen, vilket kan leda till att man väljer att tätar tunneln även av tekniska anledningar, också när det inte föreligger problem med omgivningspåverkan.

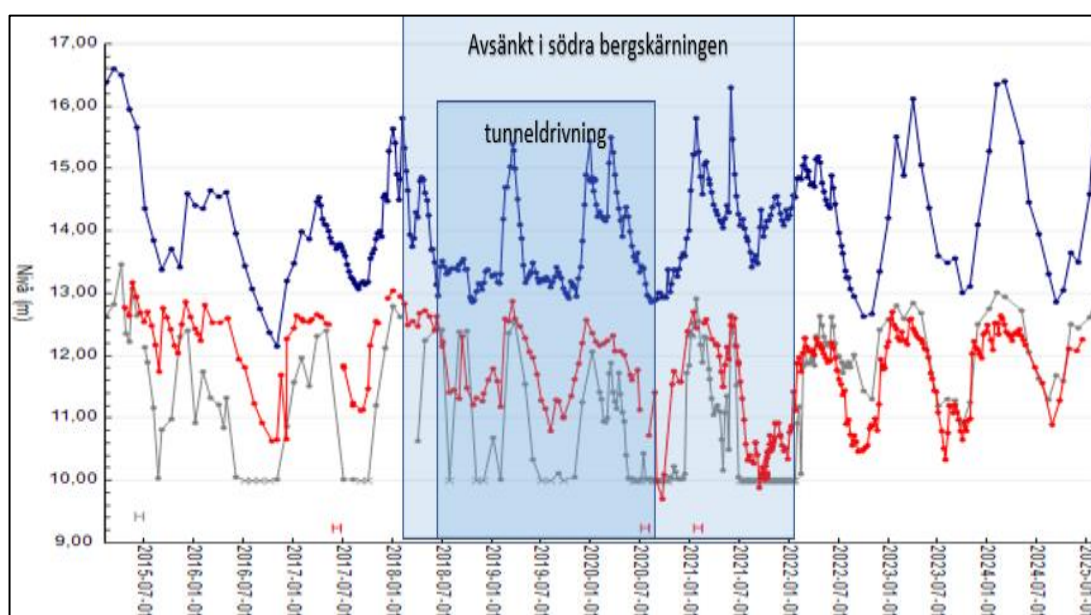
4.2 Observationer i grundvattendata

På nästkommande sidor följer en redovisning av grundvattenvariationer före, under och efter tunnelarbetena.

I figurerna i respektive stycke har rörens läge markerats med samma färg som tillhörande grundvattengraf.

Delsträcka D14

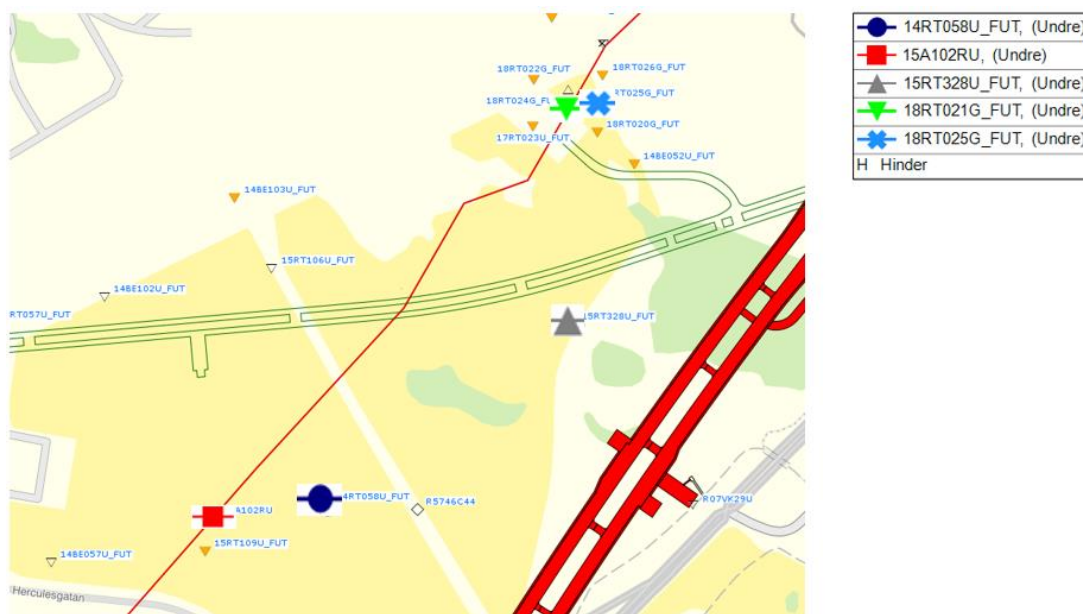
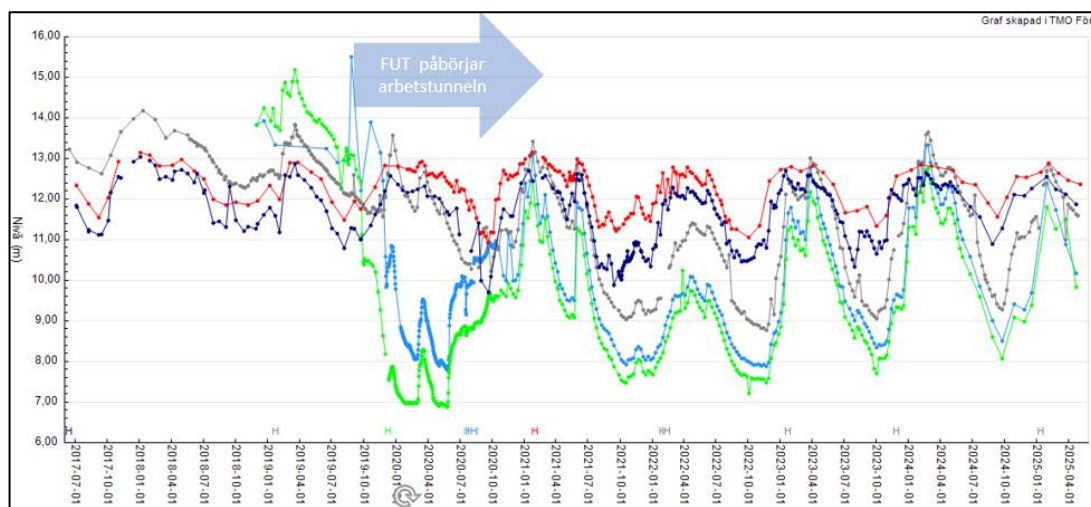
Figur 15 visar att grundvattennivåerna ovan bergtunnelns delsträcka D14 har påverkats i låg utsträckning av tunneln, men i något större utsträckning av omkringliggande arbeten. Nivåerna ovan tunneln har vintertid varit mer eller mindre oförändrade genom hela mätperioden. Det blå röret nära bergtunnelpåslaget ser ut att ha varit påverkat i samband med anläggandet av betongtunneln, men nivåerna har mer eller mindre återgått till tidigare variationsmönster efter färdigställandet. Det grå röret rakt ovan tunneln var oförändrat fram till och med att grundvattenbortledningen avslutades i schakten vid bergtunnelpåslaget. Därefter ökade nivån sommartid. Det röda röret i nordväst är påverkat sommartid, vilket beror på vattenverksamheten vid Tunnelbanans arbetstunnel och huvudtunnlar vilket förklaras tydligare nedan.



Figur 15 Grundvattennivåer ovan tunneln. Transparenta rutor i grafen visar tidsperioder då tunnel D14 drivs, och då grundvattenbortledning pågår i schakten söder om tunnelpåslaget.

Tunnelbanans påverkan i nordväst

Under tiden som Akallatunneln drevs ut och anläggningsarbeten utfördes skedde utbyggnad av tunnelbanans arbetstunnel och huvudtunnlar. I Figur 16 nedan syns påverkan tydligt från dessa arbeten. Ljusblå och ljusgrön kurva faller kraftigt vid anläggandet av tunnelbanans arbetstunnel i oktober 2019. Påverkan i övriga rör mot sydväst och in i Akallatunnelns påverkansområde uppstår succesivt. Det kan konstateras att redan första året efter tunnelbanebygget inletts sjunker nivåerna i rör 14RT058U (mörkblått) och 15RT328U (grått) till lägre nivåer än tidigare uppmäts. Man ser också att en tydlig gradient uppstår åt nordväst mot arbetstunnelns avsänkning.

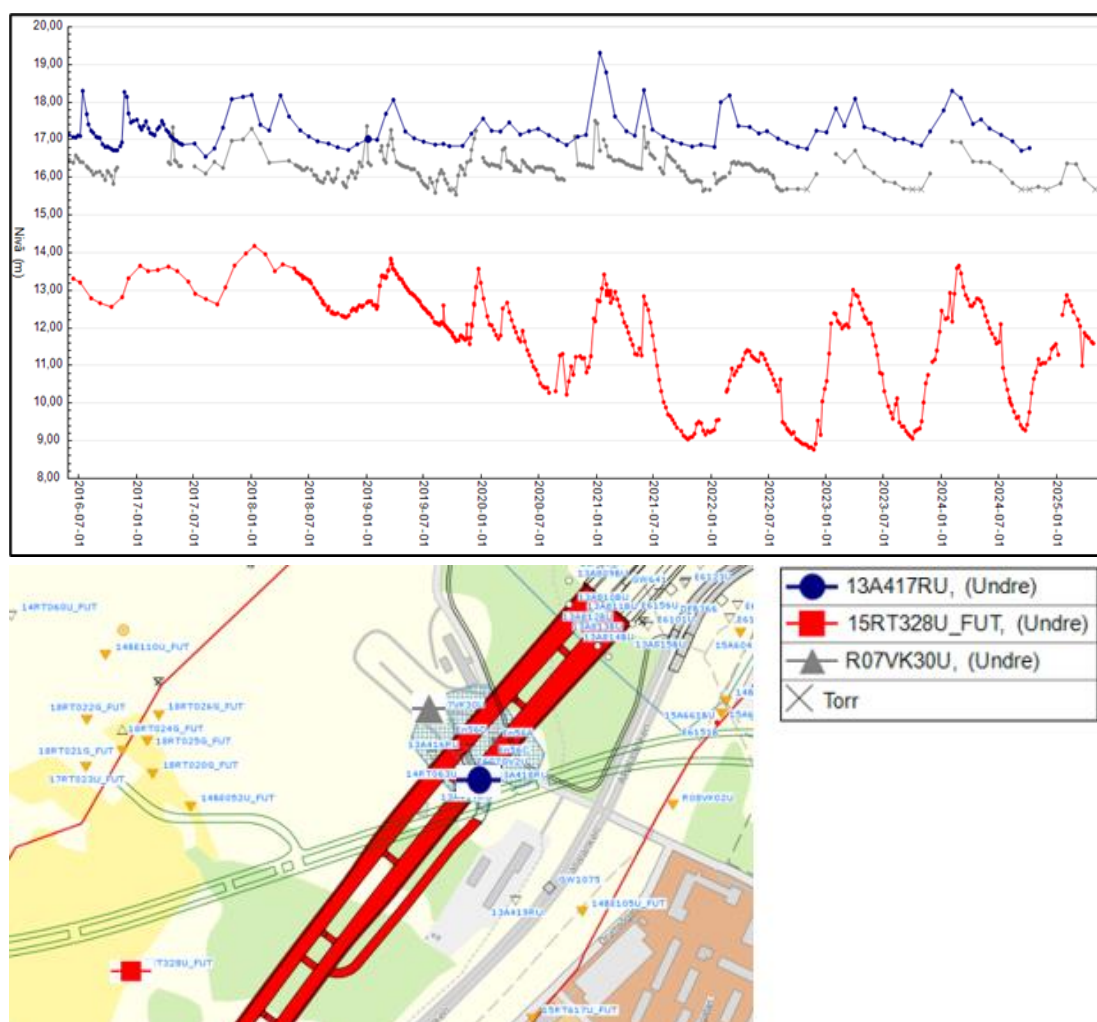


Figur 16 Grundvattennivåer nordväst om tunneln.

Delsträcka D15

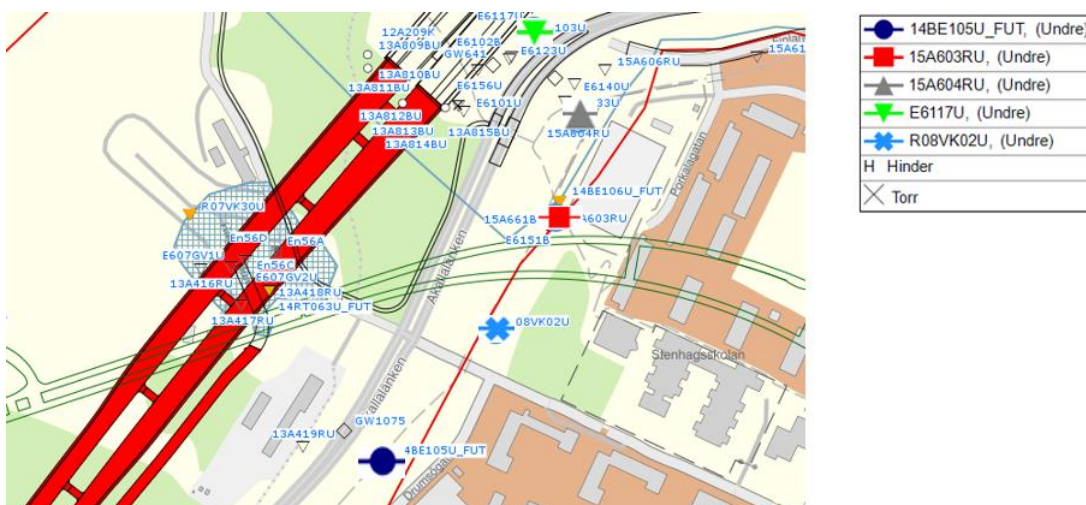
Figur 17 visar grundvattennivåerna ovan bergtunnelns delsträcka D15. Ovanför Trafikverkets bergtunnel delsträcka D15 syns ingen påverkan. Blå och grå kurva i Figur 17 visar nivåer ovan tunneln vid Hägerstalund, med försumbar påverkan under hela perioden. Röd kurva visar ett grundvattenrör strax väster om tunneln. Detta rör är påverkat av tunnelbaneutbyggnaden vilket beskrivits noggrannare i föregående kapitel.

Vid Trafikverkets betongtunnel i norr har grundvattennivåerna varit avsinkta men återgått till nivåerna före projekten påbörjades. I dalgången öster om D15 vid Akallalänken är grundvattennivåerna påverkade. Påverkan tillskrivs i huvudsak utbyggnaden av tunnelbanan, men Trafikverkets projekt kan ha viss bidragande påverkan. Påverkan i dalgången öster om tunneln samt vid bergtunnelpåslaget beskrivs mer utförligt nedan.



Figur 17 Grundvattenrör ovan delsträcka D15.

Även grundvattennivån under Akallälänken, öster om D15, har påverkats under byggtiden. Situationen är komplex eftersom att många arbeten pågått simultant, se figur 18. Röda transparenta rutor visar Trafikverkets tunneldrivning samt arbetet i det öppna schaktet norr om bergtunneln. Blå ruta visar tidsperioden för tunneldrivning av nya tunnelbanan in under Akallälänken.



Grön kurva i figur 18 visar grundvattennivån i Akalla betongtunnels öppna schakt norr om bergtunnelpåslaget. När grundvattenbortledning avslutas i schakten stiger nivån där över nivåerna vid Akallalänken. Gradienten byter riktning vilket syns tydligast i och med att grön och grå kurva byter plats. Man ser också tydligt hur grundvattennivåerna i dalgången sjunker (röd och ljusblå kurva) allt eftersom tunnelbanans arbeten fortskrider. Under hela perioden som grundvattennivåerna i schakterna vid Akalla betongtunnel var avsänkta pågick omfattande infiltration i området runt betongtunneln och trafikplatsen, vilket fortgår än idag. De låga

grundvattennivåerna 2024 uppstod i samband med att all infiltration var avstängd under en period.

Den komplexa situationen gör att det inte går att dra några säkra slutsatser avseende om Akallatunneln bidragit till avsänkningen i Akallälänken idag, men tendensen med ökande avsänkning även efter Trafikverkets avslutade bergtunneldrivning och att nivåerna är som lägst rakt ovan tunnelbanans korsning av Akallälänken indikerar att Tunnelbanan är huvudorsak till kvarvarande avsänkning. En lösning med permanent infiltration i området diskuteras gemensamt mellan projekten inom ramen för projektens kontrollprogram.

4.3 Sammanfattning konsekvenser

Som beskrivits i föregående kapitel är grundvattenpåverkan från Akallatunnelns bergtunneldelar, D14 och D15, obetydlig. Detta trots att tunnlarna har drivits ut under en period med torr väderlek. Ingen skadlig påverkan har observerats ovan tunnlarna som kan knytas till bergtunneldrivningen och inläckaget.

Den extra tätning som utförts i samband med tunneldrivningsfasen i D14 och D15 motiverades vid utförandet i huvudsak baserat på observationer av inläckage, och inte av observation av omgivningspåverkan och risk för skador. Eftersom inläckaget är väderberoende (se kap 3) innebär det att mer resurser och tid skulle ha lagts på tätningen av tunneln om den hade byggts under en blötare period.

Trafikverket har med Akallatunneln byggt en tunnel som är tillräckligt tät för att skydda omgivningen. Detta till en lägre kostnad och med mindre materialåtgång än om tunneln hade byggts under en period med mer nederbörd. Nackdelen är att Akallatunneln idag, sett utifrån de juridiska begränsningsvärdena i villkoren för D14 och D15, inte är tillräckligt tät. Det större inläckaget leder emellertid inte till någon skadlig omgivningspåverkan.

Den grundvattenpåverkan som trots allt uppstått under genomförandetiden finns i dalgångarna på sidorna av tunnelns sträckning, och har en påvisbar koppling till arbetena med Nya Tunnelbanan. Viss påverkan kan ha skett även från Trafikverkets bergtunnlar, men det finns inget sätt att ta reda på dess exakta andel eller omfattning. Det är inte heller en fråga av vikt för denna ansökan eftersom denna påverkan hanteras på ett fullgott sätt inom de båda projektens kontrollprogram, både avseende uppsikt och åtgärder. Det finns i vart fall inte något behov av ytterligare täthet i Trafikverkets bergtunnlar för att hantera situationen.

5 Kontrollprogram

Trafikverket har upprättat kontrollprogram för vattenverksamheten (diarie-nummer: TRV 2015/85179). En karta ur kontrollprogrammet framgår i bilaga B. Resultaten av uppföljningen redovisas kontinuerligt till länsstyrelsen i Stockholms län.

Följande moment ingår i kontrollprogrammet:

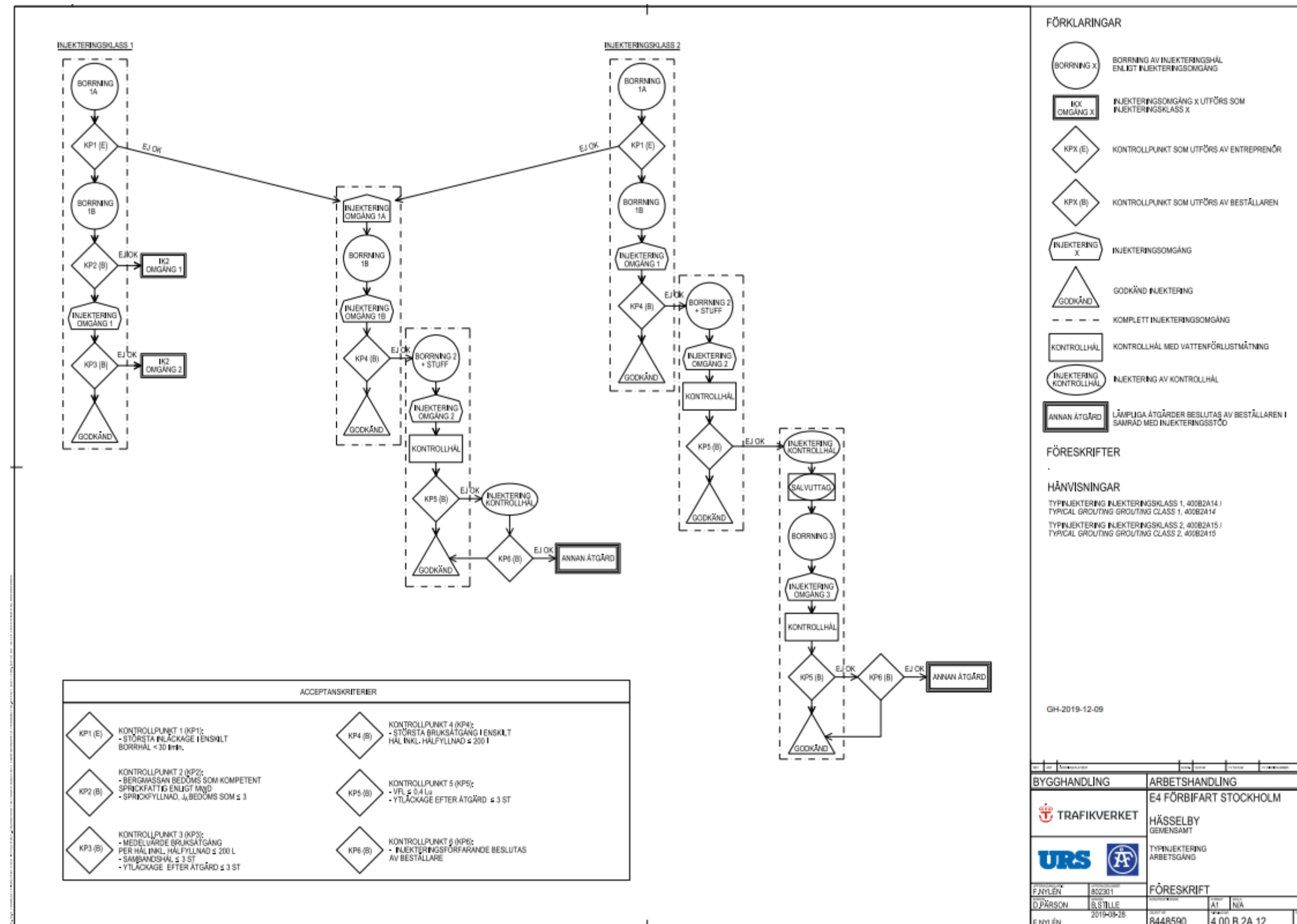
- Grundvattennivåer - Mätning av grundvattennivåer i befintliga grundvattenrör. I kontrollprogrammet finns larmnivåer för grundvatten angivna vilka tagits fram baserat på mätningar under ostörda förhållanden. När nivåerna underskrids ska orsaken utredas och åtgärder vidtas om risk för skada förekommer och det inte kan uteslutas att arbetena med Förbifart Stockholm har orsakat grundvattensänkningen.

Grundvattennivåer har ibland legat under larmnivåerna, till exempel till följd av torra väderförhållanden eller verksamhet i omgivande projekt. Undantaget området öster om bergtunnelns norra ände har ingen skaderisk till följd av grundvattensänkningen identifierats. Grundvattensänkningen i området öster om tunnelns norra ände beror inte på inläckage till Akallatunneln. FUT bedriver infiltration där.

- Beredskap för skyddsinfiltration finns om larmnivåer underskrids och detta riskerar att leda till skador. Temporär infiltration har använts kring de båda trafikplatserna intill Akallatunneln och FUT driver fortsatt infiltration öster om tunnelns norra ände. Akallatunneln har dock inte gett upphov till behov av infiltration.
- Sättningar - Kontroll av sättningsrörelser i mark och byggnader mäts på dubbar monterade på byggnader samt vid markpegel och markspikar. Sättningsdubbar finns öster om tunnelns norra ände.
- Inläckage till tunnelanläggningen - I tunnlarna samlas inläckande grundvatten upp och mäts vid mätdammar.

Kontroller i enlighet med kontrollprogrammet kommer att fortlöpa under tunnelns driftskede och kan vid behov justeras i samråd med tillsynsmyndigheten.

Bilaga A Process för förinjektering



Bilaga B Urklipp ur kontrollprogram

Karta över områdets geologi samt var Trafikverkets grundvattenrör finns placerade. Kartan är hämtad från E4FS2017: 0014
Kontrollprogram vattenverksamhet.

